

DEPARTMENT OF CHEMISTRY, UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ
RESEARCH REPORT No. 201

**OPPIENNÄTYKSISTÄ OPETUSSUUNNITELMAN
PERUSTEISIIN - LUKION KEMIAN KANSALLISEN
OPETUSSUUNNITELMAN KEHITTYMINEN
SUOMESSA VUOSINA 1918–2016**

JUHANI VASKURI

Esitetään Jyväskylän yliopiston matemaattis-luonnontieteellisen tiedekunnan suostumuksella julkisesti tarkastettavaksi kemian laitoksen auditoriossa KEM4 maaliskuun 24. päivänä 2017 klo 12.

To be presented, by permission of the Faculty of Mathematics and Science of the University of Jyväskylä, for public examination in KEM4, on May 24, 2017 at 12 o'clock noon.



UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ

Copyright ©, 2017
University of Jyväskylä
Jyväskylä, Finland

ISBN 978-951-39-6981-3 (nid)
ISBN 978-951-39-6982-0 (verkkok.)
ISSN 0357-346X

Tekijän osoite	Juhani Vaskuri Kemian laitos Jyväskylän yliopisto jvaskuri@gmail.com
Ohjaajat	Professori Jan Lundell Kemian laitos Jyväskylän yliopisto Professori Maija Aksela Kemian laitos Helsingin yliopisto
Esitarkastajat	FT, dosentti, yliopistonlehtori Terhi Mäntylä Tampereen yliopisto FT, yliopistonlehtori Veli-Matti Vesterinen Turun yliopisto
Vastaväittäjä	Professori Jari Lavonen Opettajankoulutuslaitos Helsingin yliopisto

TIIVISTELMÄ

Vaskuri, Juhani

Oppiennätyksistä opetussuunnitelman perusteisiin - lukion kemian kansallisen opetussuunnitelman kehittyminen Suomessa vuosina 1918–2016

Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2017, 314 s.

Department of Chemistry, University of Jyväskylä Research Report No. 201

ISSN 0357-346X

ISBN 978-951-39-6981-3 (nid.), 978-951-39-6982-0 (verkkoj.)

Kemiasta tuli itsenäinen oppiaine vuonna 1918. Lukion lukusuunnitelmaan kemia tuli vasta vuodesta 1941. Aina 1980-luvun puoleen väliin saakka opetussuunnitelmat olivat valtakunnanhallinnon antamia. Vuodesta 1985 lähtien Koulu- ja Opetushallitus ovat antaneet valtakunnalliset perusteet koulutuksen järjestäjien laatimien ja vahvistamien opetussuunnitelmien pohjaksi.

Tutkimuksen päätavoitteena on kuvata lukion kemian kansallisen opetussuunnitelman kehittymistä Suomen itsenäisyyden alusta tähän päivään saakka. Tutkimuksen teoriaosassa käsitellään eri maissa tapahtunutta kemian opetuksen ja opetussuunnitelman kehittymistä varsin perusteellisesti 1800-luvulta nykypäivään. Siinä tarkastellaan eri oppimiskäsitykset ja opetussuunnitelmamallit. Tätä teoriaa vasten tutkimuksessa peilataan eri aikojen opetussuunnitelmia ja opetussuunnitelman perusteita. Tutkimusaineisto koostuu viranomaisten antamista kansallisista opetussuunnitelmista ja opetussuunnitelman perusteista sekä joukosta määräyksiä, kirjeitä ja mietintöjä sekä muita artikkeleita.

Tämän tutkimuksen metodina käytetään laadullista tutkimusmenetelmää ja aineiston analyysissä teoriaohjaavaa sisällönanalyysia. Aineisto on luokiteltu, analysoitu, pelkistetty, tulkittu ja koottu loogiseksi kokonaisuudeksi. Tutkimuksen luotettavuus on toteutettu triangulaatiota hyödyntäen. Uskottavuus osoitettiin huolellisella ja johdonmukaisella luokittelulla. Lopullinen luotettavuuden vahvistaminen tehtiin vertaisluokituksella ja kahden luokittelijan tulosten perusteella lasketun kappa-arvon avulla.

Tutkimuksen pääkysymykset ovat:

1. Millaisena tavoitteet, sisällöt, menetelmät ja arviointi näkyvät eri opetussuunnitelmauudistuksissa?
2. Miten kemian tieteessä keskeinen kokeellisuus näkyy eri uudistuksissa?
3. Miten kemian opetussuunnitelman päänäkökulmat näkyvät eri uudistuksissa?

Tämä tutkimus on laajin Suomessa luonnontieteiden alueella tehty opetussuunnitelmatutkimus. Se osoittaa opetussuunnitelman (perusteiden) laatimisen seuranneen maailmalla vallinneita, aluksi keskieurooppalaisia, opetuksen virtauksia, mutta toisen maailmansodan jälkeen angloamerikkalaisia opetuksen virtauksia.

Tutkimustulokset osoittavat, että kemian opetuksen tavoitteet ovat muuttuneet vuoden 1941 käytännönläheisistä hyvin teoreettisiksi 1970-luvun opetuksen trendien mukaisiksi tavoitteiksi. Tavoitteisiin tulivat uutena ympäristö- ja yhteiskunnallinen näkökulma, integraatiota biologiaan ja ihmisen korostaminen. Vuodesta 1981 lähtien tavoitteissa korostettiin opiskelijan toimintaa ja yhteyttä arkielämään. Vuoden 2003 perusteissa huomioitiin entistä enemmän arkielämän ilmiöitä, jolloin tavoitteissa näkyivät kokeellisuus ja tutkimuksellinen työtapo. Vuoden 2015 perusteiden tavoitteena on, että opiskelija osaa jäsentää käsityksiään ilmiöistä kemian käsitteiden avulla.

Vuoden 1941 opetussuunnitelman sisällöt olivat varsin väljät ja suppeat, mutta laajenivat seuraavassa opetussuunnitelmassa merkittävästi säilyen laajoina paitsi, että vuoden 1994 perusteissa sisällöt ilmaistiin muista opetussuunnitelman perusteista poiketen hyvin yleisesti. Tämä aiheutti vaikeuksia koulujen opetussuunnitelman laadintaan. Vuoden 2003 perusteissa annettiin kurssien keskeiset sisällöt ja ne muokattiin uuteen järjestykseen. Vuoden 2015 perusteiden sisältöjen laajuus ei eronnut juuri lainkaan edellisestä, mutta järjestystä muutettiin. Sisältöosaan

liitettiin ensimmäistä kertaa kokeellisuuteen kuuluvia asioita ja tutkimuksellista opiskelua painotettiin.

Vuodesta 1941 lähtien kemian opetus on perustunut kokemuksiin, havaintoihin, demonstraatioihin, oppilastöihin sekä induktiiviseen tai deduktiiviseen teorian opetukseen. Menetelmällisesti opetussuunnitelmissa (perusteissa) on siirrytty opettajan esityksestä ongelmalähtöiseen ja tutkivaan opiskeluun, joka tarkoittaa opiskelijan aktiivista tekemistä monipuolisilla menetelmillä.

Opiskelijan arviointi on koko lukion kemian olemassa olon ajan perustunut pääosin koenumeroihin. Todistusarvosanaa on voitu muuttaa jatkuvan näytön tai muun toiminnan perusteella. Vuosien 2003 ja 2015 perusteissa on ohjattu käyttämään kokeellisen työskentelyn tuotoksia ja työskentelyn taitoja arvosananannon osana ja suositeltu opiskelijan itsearvioinnin käyttöä.

Tutkimustulokset osoittavat, että lukion kemian opetuksen kokeellisuus on pääasiallisesti ollut demonstraatioilla havainnollistamista. Oppilastöiden avulla on tutustuttu laboratoriotekniikoihin ja todettu opetettu asia. Vuoden 1994 tavoitteisiin lisättiin kokeellinen tiedon hankinta, sen tulkinta ja käsittely sekä kriittinen arviointi. Opittua tuli soveltaa ongelmanratkaisuun. Kokeellisuus liitettiin myös käsitteen hahmottamiseen. Vuoden 2003 perusteissa kokeellisuuden asema vahvistui edelleen samoin kuin tieto- ja viestintäteknologia. Vuoden 2015 opetussuunnitelman perusteet korostavat tutkimus- ja ilmiölähtöisyyttä. Näiden tuli yhdessä ongelmanratkaisun kanssa kehittää kriittistä luovaa ajattelua ja oppimaan oppimista eli oppijan metakognitiivisten taitojen kehittymistä.

Tässä tutkimuksessa saadut tulokset osoittavat, että sisällön, prosessin ja kontekstin välistä tasapainoa ei ole täysin saavutettu ja suunta on ollut perinteinen sisällöistä kontekstiin. Harmonia tavoitteiden ja tulosten, sisältöjen, menetelmien ja arvioinnin välillä on viimeisissä perusteissa keskiössä. Samoin luonnontieteellinen lukutaito korostuu edettäessä 2000-luvulle. Tieteellinen perusta kemian teorian osalta on ollut riittävä jo 1970-luvulta lähtien. Kemian opetussuunnitelman kehitysryhmiin kaikilla tasoilla opettajat ja kemian opetuksen tutkijat ovat osallistuneet vasta 1900-luvun viimeisillä vuosikymmenillä.

Kemian opetussuunnitelman (perusteiden) merkittävä kehittyminen Suomen itsenäisyyden aikana ilmenee selkeimmin muutoksissa opettajalähtöisestä opiskelusta opiskelijalähtöiseen sekä asiasisällön esittämisestä tiedon prosessoinnin avulla tapahtuvaan omaksumiseen.

Avainsanat: opetussuunnitelma, kemian opetussuunnitelma, kemian opetussuunnitelman perusteet, kemian opetus, tutkimuslähtöinen oppiminen, kokeellisuus, ilmiölähtöinen oppiminen

ABSTRACT

Vaskuri, Juhani

The Development of the National Upper Secondary School Chemistry Curriculum in Finland from 1918 to 2016

Chemistry became an independent subject of study in Finland in 1918, and became part of the upper secondary school curriculum relatively late, only in 1941. Until the mid-1980s, school curricula were issued by the state on a national level. Since 1985, the frame curriculum has been issued by the national education administration (currently Finnish National Agency for Education) to guide the work on school curricula.

The primary objective of this thesis is to investigate how the national curriculum for the teaching of chemistry in upper secondary schools has developed in Finland since the independence (1918) to the present day. The theoretical part of the study is a survey how the teaching methods and the curricula used for teaching chemistry have developed in different countries from the 19th century to the present. It provides an in-depth review of different conceptions of learning and various curricula models. The curricula and the underlying guidelines used in different times are examined against this theoretical background. Research material consists of national curricula issued by education authorities, the underlying frame curricula, and related regulations and amendments, correspondence, reports and other articles.

The methods employed in this study are qualitative research methods and, in the analysis of the research material, theory-based content analysis. The material has been classified, analysed, interpreted and collected into a logical whole. Reliability of results is verified using triangulation, and validity is demonstrated through careful and consistent classification. Final proof of validity is demonstrated using peer classification and a calculated kappa value based on results from two classifiers.

The primary questions of the study are:

1. *How are various objectives, contents, methods, and assessment systems reflected in curricula reforms?*
2. *How is the concept of practical work, often crucial in chemistry, reflected in the curricula reforms?*
3. *How are the primary perspectives of chemistry curricula reflected in the reforms?*

This study is the most comprehensive investigation of natural science curricula conducted in Finland to date. It shows how the curricula and the underlying guidelines generally followed international trends in teaching, initially mid-European but after the Second World War, primarily Anglo-American.

The results of the research show how the objectives of teaching of chemistry changed from the practically oriented goals of 1941 to highly theoretic objectives in line with the 1970s trend. Thereby, the objectives introduced environmental and social perspectives, integration with biology and a special focus on the human being. Since 1981, the objectives emphasised students' active participation and links to everyday life, while the 2003 frame curriculum shifted focus further to everyday phenomena, highlighting practical work and inquiry-based methods. The 2015 frame curriculum aims to give the students the ability to express their understanding of various phenomena using concepts of chemistry.

In the 1941 curriculum, the content was still relatively unfocused and limited, but was expanded considerably in the next curriculum, and remained extensive with the exception of the 1994 frame curriculum, which were – exceptionally – expressed in very general terms, causing difficulty in the production of the actual curricula in schools. In the 2003 frame curriculum, the key content of the various courses was outlined in more detail and the courses were rearranged. The 2015 updates showed no significant change in the scope of the content, but the order was again revised. For the first time, practical work featured in course content, and inquiry-based study methods were highlighted.

Since 1941, the teaching of chemistry has been based on experience, observation, demonstrations, student projects and inductive or deductive teaching of theory. In terms of methodology, curricula and the underlying guidelines have shifted from demonstrations given by the

teacher to solution-oriented and investigative study, based on active student engagement using a rich toolbox of methods.

During the entire history of the teaching of chemistry in upper secondary schools, student assessment has primarily been based on examinations and grades. However, a possibility to adjust final grades based on continuous classroom credit or other achievements has also been available. The 2003 and 2015 frame curricula shift focus to results achieved through experimental work and development of experimental working skills, and highlight the use of student self-assessment.

The results of the research show that in the teaching of chemistry in upper secondary schools, practical work has primarily taken the form of illustrative demonstrations. Student projects have also been used to explore laboratory methods and illustrate the phenomena or the subject at hand. The 1994 frame curriculum introduced the acquisition of data using experimental methods as well as interpretation, processing and critical evaluation of this data. The lessons learned were then to be put to action in problem-solving. The notion of practical work was also explored through reflection of how the concept is perceived. In 2003, the role of practical work was strengthened along with information and communication technology. The 2015 frame curriculum added a foundation of exploratory, phenomenon-based study. Along with problem-solving, the elements were intended to develop critical creative thinking and help 'learning to learn', in other words to develop the metacognitive skills of the students.

The results of the research indicate that the ideal balance between content, process and context is yet to be reached, and that the overall trend has been the traditional shift from content to context. In the latest frame curriculum, however, harmony between objectives and results, content, methods and assessment is highlighted. The role of the ability to comprehend the principles of natural science also becomes stronger in the 2003 and 2015 frame curricula. In terms of theory, the scientific foundation of the teaching of chemistry has been relatively good since the 1970s. Teachers and researchers focusing on the teaching of chemistry have not, however, been represented in the committees in charge of producing the curricula guidelines comprehensively (on all levels) until the final decades of the 20th century.

The strong development of the chemistry curricula and the underlying guidelines during Finnish independence is especially pronounced in the shift from teacher-based study to student-focused processes, and from mere providing of information to learning based on active processing of information.

Keywords: curriculum, chemistry curriculum, frame curriculum, teaching of chemistry, inquiry-based learning, practical work, phenomenon-based learning

ESIPUHE

Suoritettuani lisensiaatin tutkinnon vuonna 1983 jatkoin reaktiokinetiikkaan liittyvän väitöskirjatutkimuksen töitä, mutta kaipasin ilmeisesti tutkijankammiota elävämpää toimintaympäristöä varsinkin, kun olin toiminut muutamia vuosia opettajana ennen paluuta Oulun yliopiston kemian laitokselle. Näin ollen suoritin opetusharjoittelun ja pääsin sen jälkeen Oulun normaalikouluun matemaattisten aineiden lehtoriksi. Väitöskirja-ajatus jäi kuitenkin kytemään, mutta ei enää reaktiokinetiikkaan liittyen vaan kemian opetukseen kohdistuvana. Tämä ajatus siirtyi oppikirjaprojektin ja rehtorin tehtävien takia aina eläkkeelle siirtymisen kynnykselle. Tällöin oli aihekin kypsynyt suurin piirtein tämän tutkimuksen otsikon mukaiseksi. En tosin osannut ajatella, että työstä tulisi näin laaja. Toisaalta en myöskään arvannut, että työni valmistuisi itsenäisyytemme 100-vuotisjuhlavuodeksi.

Väitöstutkimuksen alku on asetettu vuoteen 1918, jolloin kemia sai itsenäisen oppiaineen aseman. Lukion osalta ratkaisevia olivat vuoden 1941 lukusuunnitelma, oppiennätykset ja metodiset ohjeet. Syntymävuoteni 1948 lukusuunnitelma uudistettiin, mutta kemian tuntien osuus ja oppiennätykset eivät muuttuneet. Koska seuraava muutos tuli vasta 1970, opiskelin lukion kemiani noiden oppiennätysten mukaisesti. Mennessäni lukion opettajaksi vuonna 1976 opetin lukion kemian erityisalojen kurssia vuoden 1970 oppiennätysten ja peruskurssia vuoden 1975 päivityksen mukaisesti. Kurssimuotoisen lukion kemian opettamisen aloitin Oulun normaalikoulussa vuoden 1985 opetussuunnitelman perusteiden pohjalta laaditun opetussuunnitelman mukaisesti. Tämä opetussuunnitelma oli suurelta osin vuoden 1981 oppimääräsuunnitelman mukainen. Olin itse kirjoittamassa kahta seuraavaa Oulun normaalikoulun lukion kemian opetussuunnitelmaa. Vuoden 2003 opetussuunnitelman laatimisen aikana johdin lukion rehtorina koko lukion opetussuunnitelmaprosessia, minkä seurauksena syntyi ajatus tutkia lukion kemian opetussuunnitelman kehittymistä. Jäätyäni eläkkeelle 2012 aloitin tämän tutkimusprojektin. Koko ajan oli tarkoitus ottaa mukaan myös vuoden 2015 opetussuunnitelman perusteet, joiden mukaiset opetussuunnitelmat otettiin käyttöön 1.8.2016.

Kiitän ohjaajiani Jyväskylän yliopiston kemian professori Jan Lundellia ja Helsingin yliopiston kemian professori Maija Akselaa asiantuntevasta ohjauksesta. Jan Lundell on kemian laitoksen johtaja ja toimii siten väitökseni kustoksena. Kiitän häntä ennakkoluulottomasta suhtautumisesta iäkkään jatko-opiskelijan tulon Jyväskylän yliopiston kemian laitoksen tohtorikoulutettavaksi. Haluan myös kiittää häntä näkökulmasta, jonka hän toi työhöni sekä järkevästä ja rakentavista kommenteista työn eri vaiheissa. Varsinaisesti väitöskirjaprojektini alkoi keskustelusta Maija Akselan kanssa pari kolme vuotta ennen eläkkeelle siirtymistäni. Kiitän häntä innostamisesta ja tuesta, jota olen häneltä saanut jatkuvasti. Hänellä on erityinen kyky kannustaa, joten saamieni kommenttien jälkeen olen taas jaksanut edetä. Haluan kiittää väitöskirjani esitarkastajia dosentti Terhi Mäntylää ja FT Veli-Matti Vesteristä huolellisesti suoritettusta työstä ja arvokkaista kommenteista. Professori Jari Lavosta kiitän vastaväittäjänä toimimisesta.

Kiitän myös tutkimuksen kielentarkastuksen suorittanutta FM Paula Vaskuria hyvin suoritetusta työstä.

Vaimoani Paula Westerlundia haluan kiittää lämpimästi myötäelämisestä ja ymmärtämisestä. Erityisesti kiitän häntä tutkimukseni lukemisesta ja monista kieleen ja pedagogiikkaan liittyvistä kommentteista. Lisäksi kiitän lapsiani ja muita läheisiä, jotka ovat olleet kiinnostuneita työstäni.

Oulu, helmikuu 2017

Juhani Vaskuri

KUVIOT

Kuvio 1	Spiraaliopetussuunnitelman malli	35
Kuvio 2	Ongelmalähtöinen oppimissykli	53
Kuvio 3	Avainideoiden käsittekarttaesitys	57

TAULUKOT

Taulukko 1	Bloomin taksonomian päivitetty rakenne (Krathwohl 2002) .	16
Taulukko 2	SAC-kurssin viiden ensimmäisen luvun päälinjaus	95
Taulukko 3	Luentoluonnos ja ensimmäisen lukukauden ympäristökemian kurssin aiheet muille kuin pääaineopiskelijoille	98
Taulukko 4	Tehokkaimmat valintakriteerit sosio-luonnontieteellisiin kysymyksiin	109
Taulukko 5	Cohenin kappaa-arvon laskemisessa käytetty matriisitaulukko apusummineen	144
Taulukko 6	Vuoden 1941 opetussuunnitelman tavoite- ja sisältölinjaukset	152
Taulukko 7	Vuoden 1941 opetussuunnitelman metodilinjaukset.....	153
Taulukko 8	Vuoden 1970 opetussuunnitelman tavoitelinjaukset (Komiteamietintö 1970)	158
Taulukko 9	Vuoden 1970 työtapalinjaukset	160
Taulukko 10	Opetuksen arviointi vuoden 1970 opetussuunnitelmassa ...	162
Taulukko 11	Vuoden 1985 opetussuunnitelman perusteiden tavoitelinjaukset (Kouluhallitus 1985a).....	185
Taulukko 12	Pakollisten kurssien oppiaines ja integrointi.....	187
Taulukko 13	Kemian yleiset tavoitelinjaukset (Opetushallitus 1994).....	199
Taulukko 14	Kemian pakollisen kurssin tavoitelinjaukset	200
Taulukko 15	Syventävien kurssien tavoitteiden linjaus	200
Taulukko 16	Vuoden 2003 kemian opetuksen yleisten tavoitteiden linjaus (Opetushallitus 2003)	209
Taulukko 17	Kurssin 1 opetuksen tavoitteiden linjaukset	210
Taulukko 18	Valtakunnallisten syventävien kurssien keskeiset sisällöt...	213
Taulukko 19	Vuoden 2015 kemian opetuksen yleisten tavoitteiden linjaus (Opetushallitus)	221
Taulukko 20	Kurssin 1 opetuksen tavoitteisiin liittyvät linjaukset (Opetushallitus 2015)	222
Taulukko 21	Kurssin 2 tavoitelinjaukset (Opetushallitus 2015)	223
Taulukko 22	Kurssin 3 tavoitelinjaukset (Opetushallitus 2015)	223
Taulukko 23	Kurssin 4 tavoitelinjaukset (Opetushallitus 2015)	223
Taulukko 24	Kurssin 5 tavoitelinjaukset (Opetushallitus 2015)	224
Taulukko 25	Kemian kurssien teoriaan liittyvät sisällöt	225
Taulukko 26	Tavoitteiden, sisältöjen, menetelmien ja arvioinnin esiintyminen eri uudistuksissa 1941–1981	284

Taulukko 27	Tavoitteiden, sisältöjen, menetelmien ja arvioinnin esiintyminen eri uudistuksissa 1985–2015.....	286
Taulukko 28	Kemian tieteessä keskeisen kokeellisuuden näkyminen uudistuksissa 1941–1981.....	289
Taulukko 29	Kemian tieteessä keskeisen kokeellisuuden näkyminen uudistuksissa 1985–2015.....	290
Taulukko 30	Kemian opetussuunnitelman päänäkökulmien näkyminen uudistuksissa 1941–1981.....	291
Taulukko 31	Kemian opetussuunnitelman päänäkökulmien näkyminen uudistuksissa 1985–2015.....	292

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ESIPUHE

KUVIOT JA TAULUKOT

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	OPETUSSUUNNITELMAN PERUSTEIDEN MALLIT.....	3
2.1	Opetussuunnitelman määritelmä ja tehtävä.....	3
2.2	Oppimiskäsityksen kehittyminen	5
2.2.1	Empirismistä herbartianismiin	6
2.2.2	Reformipedagogiikasta konnektionismiin	9
2.2.3	Behaviorismi	12
2.2.3.1	Tylerin perusteet ja kriittinen teoria	14
2.2.3.2	Bloomin taksonomia päivitetystä muodossa esitettynä ..	15
2.2.3.3	Gagnen oppimishierarkia.....	16
2.2.3.4	Behaviorismi ja opetusteknologia	16
2.2.3.5	Behaviorismi Suomessa	17
2.2.4	Kognitiivinen tiede matkalla konstruktivismiin	18
2.2.4.1	Kognitiivisen kasvun teoria	18
2.2.4.2	Skinnerin kritiikki.....	19
2.2.5	Mielekäs oppiminen kielen avulla.....	19
2.2.6	Konstruktivismi.....	20
2.2.6.1	Konstruktivismi ja tieto- ja viestintäteknologia	23
2.2.6.2	Konstruktivismi Suomessa.....	24
2.3	Opetussuunnitelmamallit.....	25
2.3.1	Herbartilainen opetussuunnitelma	26
2.3.2	Reformipedagogien opetussuunnitelmasta tieteelliseen opetussuunnitelmaan	27
2.3.3	Tylerin opetussuunnitelmamalli.....	30
2.3.4	Spiraaliopetussuunnitelma	34
2.3.5	Tavoiteoppimisen malli.....	37
2.3.6	Konstruktivistisesta sosio-konstruktivistiseen opetussuunnitelmaan	40
2.3.6.1	Yhteistoiminnallinen oppiminen.....	45
2.3.6.2	Yhteisöllinen oppiminen	48
2.3.6.3	Ongelmalähtöinen oppiminen.....	52
2.3.6.4	Tutkimuslähtöinen oppiminen.....	59
3	KEMIAN OPETUSSUUNNITELMA.....	65
3.1	Kemianopetus kansainvälisesti	65

3.1.1	Kemian historia ja opetus	65
3.1.2	Kemian opetuksen kehittymisestä eri maissa	68
3.1.2.1	Pohjoismaat, esimerkkinä Tanska	69
3.1.2.2	Kreikka	69
3.1.2.3	Euroopan neuvoston maat 1970-luvun alussa	71
3.1.2.4	Yhdysvallat 1850-luvulta 1920-luvun loppuun.....	72
3.2	Kemian opetussuunnitelmamallit	73
3.2.1	Kemian opetussuunnitelmia 1800-luvulta behavioristiseen kauteen.....	75
3.2.1.1	Yhdysvallat	75
3.2.1.2	Eurooppa.....	78
3.2.2	Behavioristinen kausi	82
3.2.2.1	Eurooppa.....	83
3.2.2.2	Yhdysvallat	84
3.2.3	Kemian konstruktivistinen opetussuunnitelma	88
3.2.4	Kontekstilähtöinen kemian opetussuunnitelma.....	89
3.2.4.1	Saltersin kehittynyt kemia.....	94
3.2.4.2	Yhdysvaltojen kemiaa kontekstissa	95
3.2.4.3	Saksan kemiaa kontekstissa	98
3.2.4.4	Käytännön kemiaa.....	100
3.2.4.5	Teollisuuskemia	102
3.2.4.6	Luonnontiede-teknologia-yhteiskunta.....	105
3.2.4.7	Kestävän kehityksen kasvatusta	109
3.2.4.8	Yhdysvaltojen uudet opetuksen standardit.....	111
3.3	Luvun 3 yhteenveto.....	115
4	KOKEELLISUUS LUKION KEMIAN OPETUKSESSA.....	117
4.1	Kokeellisuuden määrittelyä	117
4.2	Kokeellisuus	118
4.2.1	Oppilastöiden historiaa	118
4.2.2	Oppilastyöt nykyään	120
4.2.3	Laboratorio-opetuksen taksonomia	121
4.2.4	Kokeellisuuden merkitys ja ongelmat.....	122
4.2.5	Miniprojektit	124
4.3	Tieteellinen lukutaito	125
4.4	Oppilastyö, demonstraatio, oppiminen ja motivaatio	128
4.5	Luvun 4 yhteenveto.....	130
5	TUTKIMUS	133
5.1	Opetussuunnitelmatutkimus	133
5.1.1	Opetussuunnitelmatutkimuksen luonne ja rakenne	134
5.1.2	Opetussuunnitelmatutkimuksen muodot.....	134
5.1.2.1	Historiallinen tutkimus.....	135
5.1.2.2	Mikä on dokumentti?	136
5.1.2.3	Dokumenttianalyysi.....	137
5.2	Tutkimuksen päämäärä ja tutkimuskysymykset.....	137

5.2.1	Tutkimuksen päämäärä	137
5.2.2	Tutkimuskysymykset	137
5.3	Tutkimusmenetelmä ja aineiston luokittelu	138
5.3.1	Tutkimusmenetelmä	138
5.3.2	Aineiston luokittelu	140
5.4	Tutkimuksen luotettavuus	142
5.5	Tutkimustulosten analysointi	145
6	TULOKSET	147
6.1	Kemian opetuksen Suomen itsenäisyyden alun varhaiset vaiheet ..	147
6.1.1	Vuoden 1916 fysiikan ja kemian opetussuunnitelma	147
6.1.2	Maanviljelyslukioiden mallilukusuunnitelma	148
6.1.3	Pitkä opetussuunnitelmakeskustelu	148
6.2	Vuoden 1941 opetussuunnitelma oli voimassa lähes 30 vuotta	151
6.2.1	Vuoden 1941 lukusuunnitelma, oppiennätykset ja metodiset ohjeet	151
6.2.2	1940-luvun lopulta 1970-luvun alkuun	154
6.3	Muutoksen aika (1970–1985)	157
6.3.1	Vuoden 1970 opetussuunnitelma	158
6.3.1.1	Tavoitelinjaus	158
6.3.1.2	Sisältölinjaus	159
6.3.1.3	Metodeihin ja sisältöihin liittyvät pedagogiset ohjeet... ..	160
6.3.1.4	Opetustulosten arviointi	163
6.3.1.5	Vuoden 1970 kemian opetussuunnitelman yhteenveto	163
6.3.2	Kohti jakso-opetusta ja kurssimuotoista lukiota	163
6.3.2.1	Vuoden 1975 kemian opetussuunnitelman tavoitteet... ..	164
6.3.2.2	Vuoden 1975 opetussuunnitelman oppiaines	164
6.3.2.3	Vuoden 1975 opetussuunnitelman metodit	166
6.3.2.4	Vuoden 1975 opetussuunnitelman opiskelija-arviointi	167
6.3.2.5	Kemian opetussuunnitelman muutos vuonna 1976	167
6.3.3	Lukion opetussuunnitelmatoimikunnan mietintö	168
6.3.3.1	Tavoitteet	169
6.3.3.2	Kurssisuunnitelmat	169
6.3.3.2.1	Kemian ensimmäinen kurssi	169
6.3.3.2.2	Kemian 2. kurssi	170
6.3.3.2.3	3. kurssi	171
6.3.3.2.4	4. kurssi	172
6.3.3.2.5	Kemian erikoiskurssit ja harjoitustyöt	173
6.3.3.3	Opetusmenetelmät	174
6.3.3.3.1	Työtavat	174
6.3.3.3.2	Opetuksen havainnollistaminen	174
6.3.3.4	Arviointi	174
6.3.3.4.1	Diagnostinen ja formatiivinen arviointi	174
6.3.3.4.2	Summatiivinen arviointi	175
6.3.3.4.3	Arvosanan määräytyminen	175

6.3.4	Vuoden 1981 lukion kemian kurssimuotoinen oppimäärä ja oppimääräsuunnitelma	176
6.3.4.1	Kemian kurssit, tavoitteet ja kurssisuunnitelmat	177
6.3.4.1.1	1. kurssi: Aine ja kemialliset ilmiöt	177
6.3.4.1.2	2. kurssi: Elinympäristömme kemia	178
6.3.4.1.3	3. kurssi: Alkuaineiden kemia	179
6.3.4.1.4	4. Kurssi: Kemiallinen tasapaino	180
6.3.4.1.5	Kemian työkurssi	182
6.3.4.2	Opetusjärjestelyt ja arviointi	183
6.4	Annetusta opetussuunnitelmasta opetussuunnitelman perusteisiin	183
6.4.1	Kemian opetussuunnitelman perusteet vuonna 1985	185
6.4.1.1	Tavoitteet, sisällöt, integrointi ja työtavat	185
6.4.1.2	Opiskelijan oppimistulosten arviointi	189
6.4.2	Huoli matemaattis-luonnontieteellisestä perussivistyksestä	189
6.4.2.1	Yleensä luonnontieteistä	189
6.4.2.2	Kemian tilanteen arvio	191
6.4.2.3	Kemian opetuksen kehittämistoimenpiteet	192
6.5	Uuteen oppimis- ja tiedonkäsitukseen	192
6.5.1	Taustaa kemian opetuksen uudistamiseen	193
6.5.2	Lukion tuntijako	195
6.5.3	Yleisesti opetussuunnitelmauudistuksen tarve	196
6.5.4	Nuorten maailman muutos ja uusi oppimis- ja tiedonkäsitys	197
6.5.5	Fysiikan ja kemian opetussuunnitelmatyö	198
6.5.6	Kemian opetussuunnitelman 1994 tavoitteet, kurssien sisällöt, opiskelun luonne ja opetuksen lähtökohdat sekä arviointi	199
6.5.6.1	Tavoitteet	199
6.5.6.2	Kurssien sisällöt	201
6.5.6.3	Opiskelun luonne ja opetuksen lähtökohta	202
6.5.6.4	Opiskelijan arviointi	203
6.6	Uudelle vuosituohannelle	204
6.6.1	Vuoden 1994 opetussuunnitelman ja tuntijaon toimivuus	204
6.6.2	Kohti uuden vuosituohannen opetussuunnitelmauudistusta	204
6.6.3	Lukiokoulutuksen yleiset tavoitteet ja tuntijako	205
6.6.4	Vuoden 2003 lukion kemian opetussuunnitelman perusteet	207
6.6.4.1	Yleistä	207
6.6.4.2	Oppimiskäsitys	207
6.6.4.3	Opiskeluympäristö ja -menetelmät	207
6.6.4.4	Uudet perusteet muuttavat kemian opetusta	208
6.6.4.5	Perusteiden mukaiset kemian opetuksen tavoitteet	208
6.6.4.6	Keskeiset sisällöt	212
6.6.4.7	Työtavat ja arviointi	214
6.7	2010-luvun opetussuunnitelmauudistuksen tarve	215
6.7.1	Vuoden 2003 opetussuunnitelman perusteiden arviointia	215

6.7.2	Vuoden 2014 lukiokoulutuksen yleiset tavoitteet ja tuntijako	216
6.7.3	Lukion kemian opetussuunnitelman perusteiden laatiminen	218
6.7.3.1	Aikataulu	218
6.7.3.2	Keskustelua ja lausuntoja	218
6.7.4	Vuoden 2015 kemian opetussuunnitelman perusteet	219
6.7.4.1	Yleistä	219
6.7.4.2	Kemian opetuksen tarkoitus, merkitys ja lähtökohta	219
6.7.4.3	Kemian opetuksen tavoitteet	220
6.7.4.4	Sisällöt	224
6.7.4.5	Opetusmenetelmät	225
6.7.4.6	Arviointi	226
6.8	Opetussuunnitelmien (ennen 1985) ja opetussuunnitelman perusteiden vertailua	227
6.8.1	Eri opetussuunnitelmien (perusteiden) tavoitteiden vertailu	227
6.8.2	Sisältöjen vertailu	233
6.8.3	Opetusmenetelmien vertailu	235
6.8.4	Opiskelija-arvioinnin vertailu	238
7	POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	243
7.1	Itsenäisyyden ajan alkuvuosikymmenten kemian opetus	243
7.2	Vuoden 1941 opetussuunnitelma voimassa kolme vuosikymmentä	244
7.2.1	Vuodesta 1941 vuoteen 1948	244
7.2.2	Komiteamietintöjä ilman tulosta	245
7.3	Muutoksen aika	246
7.3.1	Teoreettisuus huipussaan 1970-luvun alussa	246
7.3.2	Vuoden 1975 opetussuunnitelman päivitys	248
7.3.3	Kohti kurssimuotoista lukiota	249
7.4	Siirtyminen opetussuunnitelman perusteisiin 1985	251
7.4.1	Hapuillen opetussuunnitelman laadintaan	251
7.4.2	Leikolan komitean mietinnöt	252
7.5	Uuteen oppimis- ja tiedonkäsitteeseen	254
7.5.1	Vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteet	254
7.5.2	Opetussuunnitelman perusteet aiheuttivat ongelmia	256
7.6	Uudelle vuosituhannelle	256
7.6.1	Vuoden 2003 opetussuunnitelman perusteet	256
7.6.2	Opetussuunnitelman ennakkotyö ja toteutumisen seuranta	258
7.6.3	Lukion kemian luonne Norjan, Ruotsin ja Suomen opetussuunnitelman perusteissa	259
7.7	Vuoden 2015 opetussuunnitelman perusteet	259
7.8	Yhteiskunta ja kansallinen opetussuunnitelma	261
7.9	Kemian opetussuunnitelman päänäkökulmat	264

7.9.1	Sisällön, prosessin ja kontekstin välinen painotus opetussuunnitelmissa	264
7.9.2	Tavoitteiden ja tulosten, sisältöjen, pedagogiikan ja arvioinnin välinen harmonia	267
7.9.3	Tieteellinen lukutaito ja luonnontieteellinen perusta	271
7.9.4	Opetussuunnitelman kehittämisryhmä	273
7.10	Kemian opetuksen tulevaisuuden arviointia	275
7.11	Johtopäätökset	276
7.12	Väitöstutkimuksen merkitys ja jatkotutkimukset	279
8	YHTEENVETO	281
9	LÄHTEET	295
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Maailmalla opetussuunnitelmatutkimuksella on pitkät perinteet. Tutkimusta on tehty niin yleisesti kuin luonnontieteiden ja kemiankin opetussuunnitelmista. Tämä väitöskirjatutkimus kuuluu opetussuunnitelmatutkimuksen kenttään ja on laajin luonnontieteissä tehty tämän alan suomalainen tutkimus. Sen teoriaosassa tarkastellaan opetussuunnitelmien pohjana olevia eri oppimiskäsityksiä, eri aikoina vallinneita opetussuunnitelmamalleja sekä luonnontieteiden ja erityisesti kemian opetussuunnitelmia, joiden tutkimus on merkittävästi laajentunut 1960-luvulta lähtien. Aikaisemmista suomalaisista kemian opetussuunnitelman perusteisiin liittyvistä tutkimuksista voidaan mainita esimerkiksi tutkimus, jossa vertaillaan kemian luonteen esiintymistä Norjan (2006), Ruotsin (2000) ja Suomen (2003) kemian opetussuunnitelman perusteissa (Vesterinen ym. 2009).

Kemian opetus otettiin mukaan Suomen valtion oppikoulujen lukusuunnitelmaan virallisesti vuonna 1918. Siinä kemia ei enää ollut fysiikan osana, vaan itsenäinen oppiaine (Malmio 1934). Kemian opetus oli tosin suunnattu keskikoulun viimeisille luokille, ei siis lukioluokille. Viikkotuntimäärä ilmoitettiin yhteisenä fysiikalle ja kemialle. Näin ollen kemian oppiennätyksiä (opetussuunnitelman osa, joka sisältää lähinnä tavoitteet ja sisällöt) ei vielä kirjoitettu lukion osalta vuonna 1918 annettuun väliaikaiseen opetussuunnitelmaan. Lukion kemian opetus sai vielä odottaa yli kaksikymmentä vuotta pääsyä lukion oppiaineiden joukkoon.

Vuoden 1941 lukusuunnitelmaan lukion kemia sai fysiikan kanssa yhteisen tuntimäärän, joka piti jakaa fysiikan ja kemian kesken. Oppiennätykset määräsivät kemian tuntien sijoittelun, tavoitteet ja sisällöt yleisellä tasolla, mutta metodiset ohjeet olivat varsin yksityiskohtaisia. Vasta 1970 saatiin seuraava kemian opetuksen asemaa parantava lukusuunnitelma lisätunteineen. Uudet oppiennätykset olivat tavoitteiltaan ja sisällöiltään hyvin teoreettiset. Niihin sisältyi tarkat metodiset ohjeet. Aivan uutena opetussuunnitelmaan liitettiin arviointiosa. Tämän valtakunnallisen opetussuunnitelman mukaan kemian opetus suunnattiin kemian aloille aikoville. Vähitellen 1970-luvun aikana siirryttiin koko ikäluokkaa palvelemaan opetussuunnitelmaan. 1980-luvun alussa otettiin käyttöön kurssi- muotoinen lukio, jonka neljästä kemian kurssista kaksi oli kaikille yhteisiä.

Vuonna 1985 siirryttiin uuteen käytäntöön, jonka mukaan valtioneuvosto antoi lukusuunnitelman sijaan tuntijaon ja lukiokoulutuksen yleiset tavoitteet. Näiden perusteella Kouluhallitus laati opetussuunnitelman perusteet. Paikallisella tasolla (kunnissa) laadittiin ja vahvistettiin opetussuunnitelmat, joiden oli täytettävä perusteissa vaaditut normit. Tämä käytäntö on jatkunut yli kolmekymmentä vuotta. Tänä aikana on annettu vuoden 1985, 1994, 2003 ja 2015 opetussuunnitelman perusteet. Vuoden 1985 perusteet noudattivat tavoiteoppimista. Myöhemmät perustuvat konstruktivistiseen oppimiskäsitykseen.

Tässä tutkimuksessa vertaillaan toisiinsa eri opetussuunnitelmien (1918 lähtien) ja perusteiden (1985 lähtien) tavoitteita, sisältöjä, menetelmiä ja arviointia. Tutkimuksessa tarkastellaan myös yhteiskunnan ja opetussuunnitelmaprosessin välistä eri aikoina tapahtuvaa vuorovaikutusta. Lisäksi pohditaan eri opetussuunnitelmien ja perusteiden sisällön prosessin ja kontekstin välistä suhdetta, tavoitteen ja oppimistulosten, sisältöjen, opetusmenetelmien ja arvioinnin välistä harmoniaa, luonnontieteellisen lukutaidon ja tieteellisen perustan kehittymistä sekä opetussuunnitelman kehittämisryhmän kokoonpanoa eri aikoina. Lopuksi arvioidaan tulevaisuuden opetussuunnitelmaa ja pohditaan tulevia tutkimuksia, joiden aiheisiin tämä väitöstutkimus antaa virikettä.

Tässä tutkimuksessa rajoitutaan tarkastelemaan valtakunnallisia eli kansallisia opetussuunnitelmia, joita lukioiden tuli noudattaa sellaisenaan, sekä vuodesta 1985 lähtien opetussuunnitelman perusteita. Paikalliset opetussuunnitelmat on jätetty tarkastelun ulkopuolelle. Opetussuunnitelma-käsitteellä tässä tutkimuksessa tarkoitetaan valtakunnallista tai kansallista opetussuunnitelmaa. Vaikka lukion kemia tuli virallisesti luku- ja opetussuunnitelmaan vuonna 1941, on tarpeellista käsitellä myös itsenäisyyden alkuvuosikymmenet, sillä on tärkeää saada kokonaiskuva alkuvuosista lähtien.

Opetussuunnitelman perusteissa käytetään lukiolaisesta nimitystä opiskelija. Siksi tässä tutkimuksessa käytetään johdonmukaisesti opiskelija-termiä, kun tarkoitetaan lukiolaista. Tietyt tilanteet vaativat kuitenkin oppija-termin käyttöä opiskelijan tilalla. Lisäksi joissakin lainauksissa ”puhutaan” oppilaasta. Samoin tässä työssä käytetään vakiintunutta oppilastyö-termiä, jonka tilalla on toisinaan laboratoriotyö tai harjoitustyö. Tässä tutkimuksessa esiintyvä kokeellisuus on käsiteltävä laajassa merkityksessä, ellei toisin mainita. Toisinaan opetusmenetelmän tilalla käytetään menetelmää tai työtapaa. Arviointiin ei paneuduta enempää kuin mitä se esiintyy opetussuunnitelmissa ja perusteissa, sillä se olisi kokonaisen uuden tutkimuksen aihe.

Tässä väitöskirjassa on johdannon lisäksi kuusi lukua ja yhteenveto. Toisessa luvussa käsitellään opetussuunnitelman määritelmiä, oppimiskäsityksiä ja opetussuunnitelmaproblematikaa. Kolmannessa luvussa tarkastellaan kemian opetusta ja kemian opetussuunnitelmia kansainvälisesti. Neljännessä luvussa syvennytään kemian opetuksen kokeellisuuden eri puoliin. Viidennessä luvussa käsitellään opetussuunnitelmatutkimusta, tämän tutkimuksen päämäärää ja tutkimuskysymyksiä, tämän tutkimuksen tutkimusmenetelmää ja aineiston luokittelua sekä tutkimuksen luotettavuutta ja tutkimustulosten analysointia. Kuudennessa luvussa kuvataan lukion kemian opetussuunnitelmien ja opetussuunnitelman perusteiden kehittymistä noin sadan vuoden aikana. Seitsemännessä luvussa arvioidaan ja vertaillaan opetussuunnitelmaprosessia ja kemian opetussuunnitelman päänäkökulmia eri aikoina, arvioidaan kemian opetuksen tulevaisuutta, pohditaan tutkimuksen merkitystä ja jatkotutkimusmahdollisuuksia sekä esitetään johtopäätökset. Yhteenveto-osassa esitetään teoreettisen viitekehyksen pääkohdat ja tutkimustulokset sekä tutkimuksen osoittamat ydinasiat.

2 OPETUSSUUNNITELMAN PERUSTEIDEN MALLIT

Tämän kokonaisuuden luvussa 2.1 määritellään opetussuunnitelma ja sen tehtävä. Luvussa 2.2 käsitellään oppimiskäsitysten kehitystä empirismistä sosio-konstruktivismiin. Luvussa 2.3 tarkastellaan opetussuunnitelmamalleja.

2.1 Opetussuunnitelman määritelmä ja tehtävä

Alun perin sanan curriculum (opetussuunnitelma) käyttö oli sekä Saksassa että Englannissa yhteneväinen. Sittemmin anglosaksisessa kirjallisuudessa se säilytti aikaisemman merkityksen, mutta Saksassa se korvattiin 1700-luvun aikana sanalla suunnitelma ja edelleen sanalla Lehrplan (opetussuunnitelma). Filantroopit, kuten Herbart, käyttivät tätä uutta sanaa 1800-luvun alussa (Kansanen 1999). Herbartin kehittämänä Saksassa ja Pohjoismaissa tuli käyttöön didaktiikan kolmijakoinen käsitys, joka perustui Comeniuksen traditioon. Hän määritteli ”Didactica Magnassa” didaktiikan siten, että se sisälsi kolme elementtiä: ”omnes omnia docere”. Työkaluina didaktisen tutkimuksen ja teorian alueella olivat sisältö, oppija ja opettaja. Comeniuksen traditio tarkoitti kaiken opettamista kaikille aina mikrokosmoksista makrokosmokseen saakka. (Hopman & Riquarts 2000)

Uudistettaessa koulua 1800-luvun alussa Itävallassa, Preussissa ja Etelä-Saksassa syntyi tarve teoreettiselle systeemille, joka mahdollisti valtion ohjauksen, jonka pohjalta opettajat ohjattiin toimimaan koululuokassa. Didaktiikan avulla erityisesti opettajanharjoitusoppilaitoksissa näitä ohjeita opetettiin ja kehitettiin. Tuohon aikaan valtionjohto ja muut valtion laitokset julkaisivat opetussuunnitelmaohjeita. Näitä ohjeita ei tosin käytetty kovin laajasti. Toisaalta tuolloin opettajankoulutuksen laajeneminen loi markkinat sitä tukevalle kirjallisuudelle, lähinnä menetelmäkirjallisuudelle. (Hopman & Riquarts 2000).

Curriculum otettiin uudelleen käyttöön Saksassa 1960-luvun jälkipuoliskolla opetussuunnitelman (Lehrplan) uudistettuna versiona. Kansanen mukaan arkkitehteina olivat Blankertz ja Robinsohn. Kansanen mukaan Robinsohn toi opetussuunnitelman suunnitteluun uuden lähestymistavan, joka oli merkitykseltään laajempi kuin aikaisempi opetussuunnitelma (Lehrplan). Tämä sovellus pohjautui John Deweyltä saatuun reformipedagogiikan amerikkalaiseen ideaan, ja sen keskipisteenä oli yksityinen oppilas ja hänen oppimiskokemuksensa. Robinsohn esitti ajatuksensa vuonna 1967 teoksessaan ”Bildungsreform als Revision des Curriculum”. Blankertz puolestaan kuvasi vuonna 1969 eroja näiden kahden termin välillä saksalaisesta näkökulmasta. Lehrplan oli tullut yhä enemmän opettajan aktiviteettiorganisoinnin työkaluksi. Uusi opetussuunnitelman (curriculum) käsitys puolestaan keskittyi jokaiseen opiskelijaan ja hänen oppimiseensa yksilönä (Blankertz 1972). (Kansanen 1999)

Näin ollen curriculum-tyyppinen opetussuunnitelma määriteltiin oppimiskokemuksilla. Tyypillistä eri määritelmille oli keskittyminen yksityiseen opiskelijaan ja hänen oppimiskokemuksiinsa, jotka hänen piti kohdata aikanaan koulussa (Hosford 1973). Jos tarkastellaan curriculum-tyyppistä opetussuunnitelmaa sen laajimmassa merkityksessä, se koostuu kaikista kouluajan organisoiduista kokemuksista, siis myös niistä kokemuksista, joita ei tietoisesti suunnitella, mutta jotka tapahtuvat koulussa. (Jackson 1992)

Termin opetussuunnitelma (curriculum) ymmärtäminen antoi kaiken kaikkiaan perustan koulutusohjelmalle, joka sisälsi monivivahteisempia opetussuunnitelman muutosten ja kehittämisen piirteitä. Edellä esitetyt periaatteet olivat päteviä myös yksityisissä oppiaineissa ilmeneville kehitysongelmille. Kokonaisuus oli tärkeää. Olennaista oli tehdä ero oppiaineen sisällön ja koulun kokonaisuohjelman välillä, vaikka usein oppiaineen syllabusta pidettiinkin (Lehrplan) opetussuunnitelmana. Syllabuksessa rajoituttiin tarkastelemaan lähinnä aineen sisältöä tai tietorunkoa, joka haluttiin opettaa. Opetussuunnitelman (curriculum) tulisi olla yhtäpitävä opetuksen päätehtävän kanssa, jolle kokonaisuus rakennettaisiin. Jotta opetussuunnitelma olisi käytännönläheinen ja vaikuttava, sen täytyisi tarjota paljon enemmän kuin käsityksen tietosisällöstä tai koulussa opetettavista aiheista. (Kelly 1999)

Piilo-opetussuunnitelmalla tarkoitetaan sellaisia asioita, joita opiskelijat oppivat koulussa perinteisten käytäntöjen vuoksi, joiden mukaan suunnitellaan ja organisoidaan koulutyötä. Näitä asioita voivat olla myös tarjotut materiaalit (Venezky 1992), joita ei kuitenkaan sisällytetä suunnitelmaan tai koulujärjestykseen. Tällaisia voivat olla myös sosiaaliset roolit ja asenteet. (Kelly 1999)

Eisnerin mukaan opetuksen tavoitteet pitää spesifioida selvästi seuraavista kolmesta syystä: 1) ne tarjoavat päämäärät, joita kohden opetussuunnitelma pyrkii, 2) kerran selvästi esitetty helpottaa sisällön valintaa ja järjestämistä ja 3) spesifioitaessa sekä käyttäytymistä että sisältöä ne mahdollistavat opetussuunnitelman tulosten arvioinnin. Toisaalta Eisner pyrki osoittamaan, että tällainen tavoitteiden tarkka spesifiointi voi yhtä hyvin häiritä kuin helpottaa opetuksen lopullisia tuloksia ja että tutkimaton uskomus opetussuunnitelmasta, kuten ihmisen aktiivisuudesta muillakin alueilla, voi helposti tulla uskonkappaleeksi, joka tosiasiassa voi estää käsitteen eri toimintoja. (Eisner 1983)

Franklin Bobbitt esitti teoksessaan "Curriculum" (1918), että opetussuunnitelma tarkoittaa kokemussarjaa, joka perustuu aikuisten elämän toiminnoille. Lasten ja nuorten tulee kokea ja oppia näitä asioita ollakseen joka suhteessa aikuisten kaltaisia. Bobbittin mukaan opetussuunnitelma voidaan määritellä kahdella tavalla: 1) se on täydellinen valikoima kokemuksia, sekä suuntaamattomia että suunnattuja, jotka koskevat tapahtuessaan yksilöiden kykyjä tai 2) se on sarja tietoisesti suunnattuja harjoituskokemuksia, joita koulut käyttävät saattaakseen jonkin tapahtuman valmiiksi ja tehdäkseen sen täydelliseksi. Bobbittin ammattikunta kallistui jälkimmäisen merkityksen puoleen. Näin ollen opetus nähtiin yhä enemmän kokemusasiana, ja yleisen yhteisöelämän leikki- ja työkokemuksia

hyödynnettiin yhä enemmän, joten rajalinja suunnatun ja suuntaamattoman harjoituskokemuksen välillä katosi nopeasti. Koulutus täytyi liittää molempiin, myös siihen, jota ei ole suunnattu. (Bobbitt 2004)

Jonesin artikkelin mukaan täsmällinen opetussuunnitelma ja sen mukainen opetus ovat osoittaneet virallisen koulutuksen luonteenpiirteitä, jotka vaikuttavat noin 25 vuoden ikäisenä saavutettavaan yliopistotutkintoon. Opetussuunnitelman täsmällisyys erityisesti matematiikan kursseissa vaikutti lukion opiskelijan lopulliseen arvosanaan enemmän kuin mitkään muut lukioaikaiset tekijät. Tulosten mukaan tämä täsmällisyys ei vaikuttanut kaikkiin samalla tavoin. (Jones 2009)

Suomessa vuoden 1994 Lukion opetussuunnitelman perusteiden mukaan opetussuunnitelma antaa opiskelijalle ja hänen kotiyhteisölleen tietoa mm. lukion tavoitteista, toimintamuodoista ja niistä valinnoista, joita opiskelijan on mahdollista tehdä. Näin ollen opiskelijoilla, kodeilla ja muilla sidosryhmillä on tärkeä tehtävä opetussuunnitelman laadinnassa muun muassa oppilaskuntatoinnin kautta. (Opetushallitus 1994)

Lukion opetussuunnitelman perusteiden 2003 mukaan puhutaan lukiokoulutuksen tehtävästä, jota on luonnehdittu seuraavasti:

”Lukio jatkaa perusopetuksen opetus- ja kasvatustehtävää. Lukiokoulutuksen tehtävänä on antaa laaja-alainen yleissivistys. Sen tulee antaa riittävät valmiudet lukion oppimäärään perustuviin jatko-opintoihin. Lukiossa hankittuja tietoja ja taitoja osoitetaan lukion päättötodistuksella, ylioppilastutkintotodistuksella, lukiodiplomeilla ja vastaavilla muilla näytöillä.

Lukion tulee antaa valmiuksia vastata yhteiskunnan ja ympäristön haasteisiin sekä taitoa tarkastella asioita eri näkökulmista. Opiskelijaa tulee ohjata toimimaan vastuuntuntoisena ja velvollisuuksistaan huolehtivana kansalaisena yhteiskunnassa ja tulevaisuuden työelämässä. Lukio-opetuksen tulee tukea opiskelijan itsetuntemuksen kehittymistä ja hänen myönteistä kasvuaan aikuisuuteen sekä kannustaa opiskelijaa elinikäiseen oppimiseen ja itsensä jatkuvaan kehittämiseen.” (Opetushallitus 2003)

Edellä olevassa lainauksessa esitetyistä asioista monet sopivat kemian opetussuunnitelmaan (vrt. luku 6.3) ja kaikkien opetussuunnitelman perusteiden kemian osuuteen (vrt. luvut 6.4, 6.5, 6.6 ja 6.7).

2.2 Oppimiskäsityksen kehittyminen

Opetussuunnitelmat ovat muuttuneet selkeästi suurten mullistusten seurauksena. Herbartilaisen näkemyksen mukainen opetussuunnitelma menetti jalansijaa anglosaksisessa maailmassa etenkin Pohjois-Amerikassa teollisen vallankumouksen aikana 1900-luvulle tultaessa. Koska piti saada koulutusta suurille masoille, talouselämän keinoja otettiin myös opetuksen käyttöön. Näin syntyi

Thorndiken oppien innoittamana esimerkiksi Bobbittin opetussuunnitelma. (Miettinen 1990)

Seuraava suuri murros tapahtui toisen maailmansodan seurauksena. Euroopassa saksalaissuuntauksen mukainen herbatilaisuus antoi vähitellen tietä Amerikassa Thorndiken konnektionistisesta virtauksesta kehittyneelle behaviorismille (Autio 2003; Miettinen 1990). Suuntauksen ehkä tärkeimpänä opetussuunnitelmateoreetikkona Tyler esitti oman mallinsa (Tyler 1949). Hänen perusteensa pitivät pintansa kymmeniä vuosia. Behaviorismi säilytti pitkään asemansa, mutta jo 1960-luvulla alkoi yhteiskunnallinen liikehdintä, jonka seurauksena kognitiivinen tiede nosti jälleen päätään Piagetin, Brunerin ja muiden ansiosta (Bruner 1960/1977; Gagne 1968b). Lopulta behaviorismi joutui antamaan periksi, koska sen ideologia ei kyennyt toimimaan muun muassa tieto- ja viestintäteknologian mukaisissa oppimisympäristöissä. Täten päädyttiin nykyiseen oppimiskäsitykseen, konstruktivismiin (esim. Tam 2000).

Seuraavissa luvuissa 2.2.1 – 2.2.6 käsitellään edellä mainittuja oppimiskäsitteitä.

2.2.1 Empirismistä herbartianismiin

Luonnontieteellisen ja empiristisen tutkimusparadigman aseman vahvistuminen 1700-luvun alussa merkitsi myös pedagogisessa ajattelussa uusien teoreettisten perusteiden ja tarkastelukulmien esiinnousua, kuten Locke teoksessaan "Some Thoughts Concerning Education" esittää (Locke 1693/1914). Locke epäröi käsitellessään monimutkaisia oivalluksia ja toisten puolesta hankittujen kokemusten kokonaisongelmia. Tällä epäröinnillä oli tärkeä merkitys hänen asenteeseensa tieteellistä tietoa kohtaan. Newtonin tavoin hän yhdisteli filosofien Bacon ja Descartes tieteellisen menetelmän reseptejä. Locke mieltyi Descartesin karteeseeseen teoriaan ja hyväksyi sen matemaattisen demonstraation avulla, vaikka tuo varmuus tai totuus voitiin myös saavuttaa kokemuksen kautta yksinkertaisen oivalluksen avulla. (Bowen 1981)

Pitkälti Locken, Berkeleyyn (1685–1753) ja Humen (1711–1776) ajattelulle rakentuva englantilainen empirismi oli tässä suhteessa varsin keskeisellä sijalla. Tämän vaikutuksia modernin psykologian ja pedagogiikan kehitykseen voi tuskin liioitella. Esimerkiksi Locken ajatukseksi on hahmoteltu, että oivallusten tiede on samansuuntainen hiukkastieteen kanssa. Vuonna 1748 Le Mettrie määräsi muutamia kokonaisvaltaisia työskentelyperiaatteita neuropsykologisten vastausten tarjoamisesta psykologisiin kysymyksiin. Nämä ja muut avaukset eivät johtaneet systemaattiseen tieteeseen Boylen kemian tai Newtonin fysiikan tavoin (Harré 2002). 1700-luvun empiristien keskeisin kiinnostuksen ja tutkimuksen kohde oli tiedon muodostuminen, jonka peruselementeiksi he nostivat ennen kaikkea aistihavainnot, kokemuksen ja oppimisen. (Tähtinen 2009)

1800-luvun alkupuolella saksalaiset hermeneutit kritisivat luonnontieteiden metodologisten ihanteiden epäkriittisiä pyrkimyksiä. Hermeneuttien mukaan sosiaalinen maailma muodostui jostain, missä epäsope on kokonaisvaltaista. Aution mukaan Schleiermacher, yksi varhaisen hermeneutiikan pähähmoista, osoitti pedagogiikan luennoillaan (1826), että opetusteorian tulisi tarjota

opetuksen alan, dialektisen luonnon opetusaktiiviteeteista tietoisille toimijoille aiheistoa. Valistuneen pohdinnan (Besonnenheit) avulla kyettäisiin luomaan ammatillisia ja kontekstiin sidottuja asiaankuuluvia valintoja ristiriitaisten tavoitteiden ja opetuksen intressien joukosta. Tällä tavalla vältettäisiin ennalta määritettyjä jäykkiä toimintaohjeita. (Autio 2003)

Herbart (1776–1841) puolestaan rakensi oman psykologisen teoriansa, jonka perustana oli assosiaatiopsykologia. Empiristien tavoin myös Herbartin mukaan mielen ja tiedon sisältöinä olivat mielteet, jotka hän jakoi havaintoihin ja mielikuviin. Havainnot puolestaan syntyivät ulkomaailman vaikutuksesta aisteihin, kun taas mielikuvia hän piti havaintojen mieleen jättäminä jälkinä. Hänen mukaansa mielteitä toisiinsa liittävä käsite on apperseptio (mielteiden yhteenliittyminen), joka poikkesi assosiaation käsitteestä, koska se tulkitaan uusien mielteiden liittymisenä aikaisempiin mielteisiin. Siksi apperseptiossa tarkastellaan mielteiden yhteenliittymisen vaikutuksia myös tunne- ja tahtoelämään. Herbartilaisen käsityksen mukaan mielikuvien suuri määrä edellyttää luokittelevia yleiskäsitteitä, sillä ilman niitä assosiaatiolakien mukaisesti etenevästä ajattelusta tulisi liian työlästä. Herbartilainen käsitys käsitteenmuodostuksesta ja sen käytöstä on sopuosinnussa Locken ajattelun kanssa. Näin ollen käsitteet uuden tiedon sijaan vain luokittelevat ja ryhmittelevät mielteitä niiden tunnuspiirteiden perusteella. Tiedon muodostamisessa mielteiden runsaus on tärkeintä, sillä tieto muodostuu niistä ja mielteet ovat sen perusyksiköitä. (Miettinen 1984; Murphy 1999; Bowen 1981)

Herbartin opetusopin teoria (Erziehende Unterricht) yhdisteli klassista retorista opetusta modernin psykologian kanssa ja perusteli aktiivista vuorovaikutusta, jonka komponentteina toimivat sisältö, opettaja ja oppija (Hopman & Riquarts 2000; Autio 2003). Herbartiin teki vaikutuksen Newton ja matemaattinen lähestymistapa ymmärtää ulkopuolista niin kutsuttua objektiivista maailmaa. Hän käytti matemaattisia malleja ja algebran yhtälöitä töissään, joissa hän selittää ideoitaan. Herbart eli tällöin luonnontieteellisen taksonomian kautta ja hän imi vaikutteita muun muassa Linnen kasviluokittelusta ja Lavoisierin kemian alkeistutkielmasta "Elementary Treatise on Chemistry" käyttäen niitä hyväksi töissään (Bowen 1981).

Pedagogiikkatermiä Herbart käytti viittaamaan prosessiin, jolla opettaja tuli harkitusti ohjaamaan lasta tietäen, mitä piti tehdä tehokkaimmin, jotta jokaista lasta opetettaisiin huolellisesti yksilönä. Lapsi piti kohdata kokonaisuutena huomioimalla hänen ajattelunsa kokonaisuus ja hänen fyysikaalinen luonteensa, koska kasvatusta oli paljon muutakin kuin vain opetusta informaation jakamista. Herbartin näkemyksen mukainen opetus ei kuitenkaan ollut ainoastaan lapsen mielen kasvattamisprosessi, vaan sen täytyi seurata viittä moraalista ihanetta ja maailman moraalista rakennetta niin, että kaikki lapsen älylliset prosessit olisivat mukana. (Bowen 1981)

Myös Siljander tarkasteli Herbartin moraalikasvatusta teoksen "Allgemeine Pädagogik" (1806) pohjalta. Hänen mukaansa Herbart piti aina moraalisuutta kasvatustehtävän pedagogisena periaatteena. Teoksessaan Herbart

esitti: ”Kasvatuksen ja pohjimmaltaan kaiken päämäärä voidaan yhdistää moraalisuuden ihanteeseen.” Tuossa teoksessa hän kuvasi kasvatuksen tehtävää muun muassa käsitteellä siveellinen luonteenlujuus (Charakterstärke der Sittlichkeit). Tämä voidaan todeta eettisenä luonteenlaatuna itsenäistymisen erikoispiirteeksi, jonka merkinä on tahdonlujuus etsittäessä moraalisesti hyvää. (Siljander 2001, 2012)

Yhdysvalloissa 1800-luvun loppukymmeninä pieni mutta vannoutunut ryhmä herbartilaisuuden kannattajia, kuten McMurry, levitti tehokkaasti Herbartin aatetta Amerikan kouluttajien keskuuteen. Amerikkalaisesta tulkinnasta poistettiin Herbartin holistiset aatteet kokonaan ja joitakin apperseptiopsykologiaan liittyviä osia ja jaksollinen opetus yhdistettiin positivistisen tieteen uusiin käsityksiin (Bowen 1981; Autio 2003). Yritys ajaa tieteellistä perustaa opetukseen johti Herbartin kasvatopsykologian omaksumiseen, vaikka hänen teoriansa muita elementtejä ei hyväksyttykään. Tuohon tarkoitukseen Herbartin apperseptiteoria sopi hyvin. Herbartin innostus yleisiin mielen lakeihin teki hänen teoriansa kelvolliseksi positivistille, mutta myös sopivaksi joukkojen opetuksen tarkoituksiin. Siksi on ymmärrettävää, miksi Yhdysvalloissa preussilainen herbartianismi kelpasi opettajien massaharjoitteluun 1800-luvun lopulla (Autio 2003; Bowen 1981). Aution mukaan se, mitä Hesse (1980) kutsui luonnontieteen käytännölliseksi kriteeriksi, ohjasi Herbartin psykologian apperseption omaksumista. Kasvavassa määrin menestyksellisen ympäristön ennustamisen ja kontrollin kriteeri (Hesse 1980) näytti valtansa luonnontieteissä ja orastavassa teknologiassa teollisuuden valtavine sovelluksineen. (Autio 2003)

Moraalisuutta McMurry ei eritellyt millään tavalla, vaikka opettajat olivat aina vaistomaisesti käsittäneet sen koulutuksen päämääräksi. Saavutusten ohessa oli muitakin päämääriä. McMurryn mukaan opintojen tuli perustua kolmijakoon, joka periytyi Herbartilta ja herbartilaisuudesta: 1) historiaa ja kirjallisuutta opetettiin kuvaamaan ja tähdentämään moraalisia esikuvia, 2) luonnontiedettä opetettiin, jotta ymmärrettiin luonnon ”elämää ja yksiköitä”, 3) lisäksi tuli olla ”muodollisia opintoja” – kielioppia, kirjoittamista ja aritmetiikkaa. Tämä viimeinen ryhmä vei McMurryn mukaan kahdelta ensimmäiseltä pääroolin, vaikka niiden tulisi olla pääosassa. (Dunkel 1969)

Herbartin ajatukset saapuivat Suomeen 1870-luvulla. Ilmeisesti ensimmäinen suomalainen herbartianismin edustaja oli Thiodolf Rein, jonka tutkimuksen ”Psykologi” (Psychology) ensimmäinen osa ilmestyi vuonna 1887. Hän edusti nimenomaan Herbartin psykologiaa. Vuonna 1907, kun Soinin tuli Helsingin yliopiston pedagogisen tieteen professorin virkaan, alkoi herbartianismin nousu suomalaisessa pedagogiikassa. (Kivelä & Siljander 2013)

Vaikka herbartianismi toimi hallitsevassa asemassa Suomen kasvatustieteessä pitkälle 1900-luvulle, alkoi muutoksen merkkejä näkyä jo vuosisadan vaihteessa. Euroopan empiirisiä tutkimusmenetelmiä, joiden mallit ja tärkeimmät vaikutukset tulivat psykologiasta, alettiin kehittää jo ennen 1900-luvun alkua. Suomalaisia tutkijoita vieraili etenkin Hampurissa sijaitsevassa Ernst Meurmannin instituutissa, jossa kehitettiin psykologiaan pohjautuvaa kokeellista kasvatustiedettä. (Kivelä & Siljander 2013)

Esimerkiksi Suomessa ja Saksassa herbatilaisuus vaikutti opetuksen teoriaan ja käytäntöön voimakkaasti toiseen maailmansotaan saakka. Herbartilaisuuden muodolliset opetuksen mallit olivat muodostaneet opettajankoulutuksen perustan ja ne näkyvät vieläkin vaikkakin hienovaraisesti opettajan koulutuksessa. Sodan jälkeen viralliset koulutussuhteet Saksaan heikkenivät, Englanti korvasi Saksan ensimmäisenä vieraana kielenä koulussa. Samalla opetuksen ja opetus suunnitelman autoritaariset lähteet ja kumppanit etsittiin Yhdysvalloista (Autio 2003). Vahva herbartilainen traditio alkoi väistyä tällä tavalla Suomen opettajankoulutuksesta, ja siihen osaltaan vaikutti myös Matti Koskenniemen kirjoittaman didaktiikan oppikirjan käyttöönotto. Koskenniemi oli Suomen johtava opetuksen hahmo 1950- ja 1960-luvulla, jolloin myös koulutuksen yhteiskunnallinen tehtävä alkoi vaikuttaa vahvasti (Carlgren ym. 2006).

2.2.2 Reformipedagogiikasta konnektionismiin

Syy, minkä takia Yhdysvalloissa siirryttiin 1800-luvun lopulla herbartilaisesta psykologiasta tieteelliseen oppimisen psykologiaan, näyttäisi olleen, että apperseptio korvattiin positivismin hengessä opetussuunnitelmassa keskeiseksi tulleella käyttäytymisellä. Herbartianismin arvojen perusjärjestys säilyi luultavasti vielä eteenpäin samana, vaikkakin hienovaraisemmin. Ajattelun ja käytöksen standardisoinnin ideologinen paremmuus toi perusjärjestykseen olennaisen osan hyvän ihmisen ja pystyvän työläisen esimääritystä. (Autio 2003)

Näin ollen Yhdysvalloissa niin sanottu reformipedagoginen liike alkoi vuosisadan vaihteen tienoilla etsiä ratkaisua modernin koulun peruskysymykseen, joka kuului: minkälainen nykyaikaisen koulun tulisi olla kaupungistuvassa ja teollistuvassa yhteiskunnassa? Ratkaisuyritykset olivat kiinnostavia ja myös tarpeellisia vielä nykyistenkin koulutusongelmien ymmärtämiseksi. Toiseksi reformipedagogiikkaan liittyi kasvatustieteellisiä käsitteitä ja ideoita, jotka ovat vakiintuneet opetusopilliseen sanastoon. Tällaisia käsitteitä ovat muun muassa tekemällä oppiminen, oppilaskeskeisyys ja projektimenetelmä. Kolmanneksi reformipedagogiikka innoitti suuriin kokeiluihin ja hankkeisiin, joiden päämääränä oli opetussuunnitelman ja luokkaopetuksen selkeä muuttaminen. (Miettinen 1990)

Reformipedagogiikka oli murroskauden uudistusliike, jonka nousukausi oli 1900-luvun vaihteen molemmiin puolin. Tuolloin Yhdysvaltain julkinen koulujärjestelmä laajeni, vakiintui ja haki muotoaan. Samaan aikaan ratkaistiin teollistumisen, kaupungistumisen ja siirtolaisuuden aiheuttamia ongelmia. Jo varhaisessa vaiheessa se sisälsi Deweyn lapsipsykologiaan perustuvan suuntauksen, Thorndiken konnektionismin ja myöhemmin behaviorismin. Deweytä voidaan pitää reformipedagogiikkaliikkeen pyrkimysten kiteyttäjänä, mutta toisaalta hänen asemansa amerikkalaisessa kasvatustieteessä oli erikoinen. Vaikka hän oli monipuolinen kasvatusteoreetikko, hänen vaikutuksensa koulun opetuskäytäntöihin oli tosiasiaa vähäinen. (Miettinen 1990)

Deweyn filosofisen menetelmän lähtökohtana voidaan pitää, että ajattelu ja ideat syntyivät toiminnasta ja kehittyivät toiminnan paremmaksi hallinnaksi (Dewey 1897). Opittiin siis tekemällä ja tekeminen ei ollut ainoastaan ajattelun

laajentamista, vaan uudelleenarvioinnin ja muuttumisen hedelmällinen tapa. Deweyn kokeilutoiminta hänen perustamissaan laboratorioskouluissa ei ollut vain teoreettisten ideoiden kokeilua, vaan sen avulla kehitettiin teoriaa ja luotiin uudenlaista koulua (Sarason 1971). Dewey pyrki selittämään edistyskäsitystä kasvatusta ja kokeen sekä kokeellisen koulun merkitystä. Tämä päti erityisesti luonnontieteiden opetukseen (Dewey 2001). Hän totesi, että voidakseen antaa älyllisen panoksen opetuksen teorian kehitykselle, edistyskäsityksen pedagogiikan pitäisi olla samalla hypoteesien testausta, edistyskäsityksen pedagogiikan periaatteiden testausta ja käytännön kehitystyötä (Dewey 1957).

Amerikkalaisessa yhteiskunnassa vahvana vaikuttaneen progressivismin tyrehtyessä yhteiskunnallisena liikkeenä myös reformipedagogiikka menetti sosiaalisen ja poliittisen pohjansa toisen maailmansodan jälkeisessä siirtymisessä konservatismiin (Cremin 1961). Bowlesin ja Gintisin mukaan varhaisen reformipedagogiikan demokraattiset periaatteet olivat ristiriidassa teollisuustyön tosiasiallisen kehityksen kanssa. Samaan aikaan kun reformipedagogiikka ajoi yksilöiden yhtäläisiä mahdollisuuksia, demokraattisen yhteistyön periaatteita ja henkisen ja käytännön työn yhdistämistä, teollisuudessa kehittyi ja tuli hallitsevaksi Taylorin tieteellinen liikkeenjohto ja liukuhihnatyön organisoinnin muoto. Näihin kuului pitkälle menevä työnjako, hierarkkinen työorganisaatio sekä työn suunnittelun, valvonnan ja toteuttamisen eriyttäminen (Bowles & Gintis 1976; Kliebard 2004). Kolmanneksi voidaan todeta, että liike alkoi hajota 1920 luvulla kilpaileviin suuntauksiin, joista jokainen viljeli omia uudistuskokeilujaan. (Miettinen 1990)

Lundgrenin mukaan Dewey muotoili pääosin kasvatustieteessä keskeiset periaatteet: individualismin, pragmatismien ja rationalismin. Myöhemmin ne suoranaisesti johtivat rationaalisen opetuksen kehittymiseen (Lundgren 1983). Varhaisessa opetussuunnitelmateoriassa ja kouluhallinnossa sovellettiin Taylorin tieteellisen liikkeenjohtamisen periaatteita ja käytännön menetelmiä opetuksen suunnitteluun. Tämä rationaalisuus poikkeaa täysin ajattelusta, jota Dewey yritti käyttää koulun suunnitteluun. Aivan 1910 luvun alussa saatiin ensimmäiset tieteellisen liikkeenjohtamisen mukaiset esitykset, ja Chicagon yliopiston kouluhallinnon professori Bobbitt oli tämän kehityksen avainhenkilö (Cremin 1961; Kliebard 2004). Hänen teoksensa "Curriculum" (1918) ja "How to Make a Curriculum" (1925) loivat perustan opetussuunnitelmateorian valtavirtaukselle. Myöhemmin Tyler (1949) jatkoi tätä. (Miettinen 1990)

Rationaalisen opetuksen muotoutuminen perustui kolmeen toisiaan täydentävään oppiin: 1) Taylorin tieteellinen liikkeenjohto, 2) tieteellinen kasvatustieteiden oppi, jonka perustana oli kasvatustieteiden psykologi Thorndiken oppimisteoria, konnektionismi, josta kehittyi behaviorismi ja 3) positivistinen kasvatustieteiden sosiologia. Näiden kaikkien yhteisenä "tiedekäsityksenä" oli sosiaalinen kontrolli, ihmisten ja instituutioiden muokkaaminen siten, että tehokkaasti ja häiriöttä toimiva yhteiskunta oli mahdollinen. Tämän tieteen menetelmänä oli tarkka mittaus (Miettinen 1990). Greenon ym. mukaan empirismin mukaisesti Thorndike painotti, että tieto saadaan johdonmukaisesti kokemuksen kautta. Edelleen hän työtovereineen esitti, että konnektionismi käsittelee tietoa hermosolujen kaltaisten

elementtien yhdistymisten mallina, ja että oppiminen on yhdistymisten vahvistamista tai heikentämistä (Greeno ym. 1992).

1900-luvun ensimmäisten vuosikymmenten tieteellisen kasvatusopin ehdottomasti merkittävin hahmo oli Edward Thorndike (1874 – 1949). Hän loi liikkeen oppimisteorian sekä otti käyttöön tämän liikkeen tärkeimmän instrumentin eli opetuksen mittaamisen. Hän myös kehitti testauksen perustaa ja menetelmiä. Thorndike toimi yliopiston opettajana noin neljä vuosikymmentä opettaen kokonaiselle opettajien sukupolvelle konnektionismin periaatteet (Cremin 1961). Hänen merkitystään Leary on kuvannut vuonna 1924 artikkelissaan "The Development of Educational Psychology" seuraavasti:

"Thorndike on joka suhteessa merkittävä nimi modernissa kasvatustieteessä. Hänen käsityksensä ihmisen alkuperäisestä luonnosta (luonteesta), vaikkakaan käsitys ei ole uusi, on tullut hänen tutkimuksensa avulla rikkaammaksi ja sisällöltään tarkemmaksi. Hänen oppimisen lainalaisuutensa on johdettu konkreettista tutkimuksesta, ja ne koskevat sitä, miten eläimet todella oppivat. Nämä lainalaisuudet ovat kaikissa suhteissa yhtä perustavanlaatuisia kelpoisille opetustekniikoille kuin liikkeen lait ovat fyysikalle. Hänen lähestymistapansa yksilöllisten erojen tutkimiseksi on tuottanut lukemattomia konkreettisia muutoksia niin teoriassa kuin käytännössä." (Leary 1924)

Eläinkokeiden tulosten soveltaminen ihmisen oppimiseen ja koulun ongelmien ratkaisemiseen oli perusteltua, mikä oli myöhemmin myös behavioristien ohjelman mukaista. Thorndike kehitti alun perin ärsyke-reaktio-vahvistusketjun, jota behavioristit kehittivät edelleen. (Miettinen 1990)

Thorndiken mukaan oppimista ohjaa kaksi lakia: vaikutuksen ja harjoituksen lait. Vaikutuksen lain mukaan organismi oppii reaktiot ympäristön ärsykkeisiin, jotka johtavat tyydyttävään lopputulokseen. Toisaalta organismi välttää vahvistamasta kielteisiä tuloksia. Harjoitteen toistaminen muodostaa ärsyke-reaktio-vahvistusketjun. Positiivisesta vahvistamisesta, joka perustui hänen luomaansa vaikutuksen lakiin, tuli myöhemmin Skinnerin oppimis- ja opetuskäsityksen perusta. Thorndiken töillä on ollut merkitystä koulun työn muotoutumiselle siirtovaikutuksen ja opetuksellisten mittausten menetelmien kehittämisessä ja käyttöönotossa. (Eisner 1983; Herrnstein 1977; Miettinen 1990)

Edelleen Thorndiken teorian mukaan siirtovaikutus riippuu identtisten elementtien ja tilanteiden samankaltaisuuden asteesta. Judd (1873–1946) oli eri mieltä, kun hän esitti teorian yleistyksiä siirtovaikutuksen perustana. Hänen mukaansa parhaan pohjan yleistämisen opettamiselle tarjosi ihmiskunnan sivistyspääoma, tieteiden ja teorioiden järjestelmä. Opetuksessa tulisikin hänen mukaansa pyrkiä yksittäistietojen ja -taitojen opettamisen sijasta yleistyksen asteelle, tiivistävään yhteenvedoon ja ilmiöiden tarkasteluun erilaisissa yhteyksissä. Juddin työ erosi myös joistakin kognitiivisista siirtovaikutuksen lähestymistavoista, jotka painottavat esittämisen prosessin mentaalista näkökulmaa (Beach 1999). Kuitenkin Thorndiken teoria oli merkittävä siksi, että se muodosti erityisten reakti-

oiden oppimisen psykologisen perustelun, jossa muotoiltiin tietyt käyttäytymistermein ilmaistavat opetustavoitteet. Tätä vahvistaa Bobbittin "The Curriculum"-teoksesta otettu seuraava lainaus (Eisner 1983; Kliebard 2004; Miettinen 1990):

"Keskeinen teoria on yksinkertainen. Inhimillinen elämä koostuu spesifisten toimintojen esityksistä. Koulutus, joka valmistaa elämää varten, valmistaa nimenomaan ja asianmukaisesti näihin spesifisiin toimintoihin. Olivatpa ne miten hyvänsä lukuisia ja erilaisia eri sosiaalisilla luokilla, ne voidaan saada selville. Se edellyttää vain, että mennään ulos tapausten maailmaan ja saadaan selville, mistä yksityiskohdista ne koostuvat. Nämä osoittavat ne kyvyt, asenteet ja arvostukset sekä tiedon muodot, joita ihmiset tarvitsevat. Nämä ovat opetuksen tavoitteita. Niitä on paljon, ne ovat selvästi määriteltyjä ja erillisiä. Opetussuunnitelma on sitten sarja kokemuksia, joita lapsilla ja nuorilla täytyy olla niiden tavoitteiden saavuttamisen polulla." (Eisner 1983)

Kuusi vuotta myöhemmin toisessa kirjassaan "How to Make a Curriculum" Bobbitt operationaalisti teoreettiset väitteensä ja osoitti, kuinka opetussuunnitelman komponentit – erityisesti opetuksen tavoitteet – piti muotoilla. Siinä Bobbitt luetteli yhdeksän aluetta, joilla opetuksen tavoitteet piti spesifioida. Näillä alueilla oli 160 päätavoitetta, joiden asteikko eteni "kyvystä käyttää kieltä kaikilla vaadituilla tavoilla sopivaan ja tehokkaaseen yhteisöelämän kykyyn viihdyttää ystäviään ja vastata ystäviensä ajanvietteestä". Hän ei ollut yksin tässä uskossa, vaan näitä tavoitteita tuli muilta eri aineiden edustajilta moninkertainen määrä. Tämän seurauksena opettajien olisi pitänyt seurata satoja erityistavoitteita, mikä vain lisäsi heidän ahdistusta, ja suuntaus vähitellen tyrehtyi. (Eisner 1983)

Nykyaikaisen elämäntutkimuksissaan Tyler arvioi Thorndiken merkityksen opetussuunnitelmateorialle seuraavasti:

"Thorndike käänsi opetussuunnitelmatutkimuksen pois eri oppiaineiden suhteellisten arvojen pohdinnoista opiskelijoiden oman elämän empiiriseen tutkimukseen, jotta löydetään oppilasaktiiviteetit, jotka voisivat auttaa heitä toimimaan tehokkaammin omassa elämässään." (Tyler 1986, 37)

Toisaalta Tyler arvioi merkittävänä opetussuunnitelmaan liittyvänä tapahtumana Deweyn 1930 ilmestyneessä teoksessa esitettyä selostusta Dewey-koulun toiminnasta seuraavasti:

"Hän raportoi, että kun oppilaat saatiin kiinnostumaan projektista tai oppituntitehtävästä, he ponnistelivat enemmän ja oppivat enemmän, kuin jos projekti tai oppitunti ei ollut kiinnostava." (Tyler 1986, 37)

2.2.3 Behaviorismi

Behaviorismin ensimmäisenä ohjelmanjulistuksena pidetään J. B. Watsonin (1878–1958) artikkelia vuodelta 1913 nimeltään "Psychology as A Behaviorist Views It". Sen mukaan behavioristi katsoo psykologiaa puhtaasti objektiivisena

kokeellisen luonnontieteen haarana. Sen teoreettinen päämäärä on käytöksen ennustaminen ja kontrollointi. Hänen mielestään ihmispsykologiassa on käsitetty virheellisesti, että itsensä havainnointi on vain käytössä olevan psykologian menetelmä, ja että se on tietoisuuden tutkimusta. Tosiasiassa psykologia on käyttäytymisen tutkimusta, ja siksi sen ei tarvitse turvautua tietoisuuden ilmiöihin. Täten eläinpsykologiaa voidaan pitää pätevänä tutkimuskenttänä ihmispsykologiaa varten. Eläinten käyttäytymisen lait täytyy määritellä ja arvioida itsessään ja itseään varten riippumatta niiden yleistyksestä muihin eläimiin ja ihmisiin nähden. Tämä edellyttää tietoisuuden tilojen eliminointia, jolloin poistuu este, joka on olemassa psykologian ja muiden luonnontieteiden välillä mitätöimättä itseään havainnoivaan psykologiaan liittyviä oleellisia ongelmia. Tutkimuksen perusyksiköksi muodostui fyysisen ärsykkeen ja käyttäytymisreaktion välinen yhteys. (Miettinen 1984; Hill 1980; Säljö 2004; Watson 1994/1913)

Behavioristisen ajattelun taustalla olivat venäläisen fysiologi ja psykologi Pavlovin (1849–1936) tutkimuksissaan havaitsemat ehdolliset refleksit. Refleksi-termillä hän kuvasi ärsykkeen ja reaktion välistä yhteyttä tilanteessa, jossa reaktio tapahtui tavallisesta poikkeavalla tavalla. Watsonin mukaan oppiminen oli ehdollistumista, ja hänen mukaansa meillä on tiettyjä synnynnäisiä ärsyke-reaktioyhteyksiä, joita kutsutaan reflekseiksi. Nämä refleksit ovat perinnöllisen käyttäytymisemme valikoima. Ehdollistumisprosessin avulla voidaan kuitenkin luoda uusia ärsyke-reaktioyhteyksiä, jos uudet ärsykkeet esiintyvät yhdessä reaktion aiheuttaneiden ärsykkeiden kanssa. Näin useiden toistojen jälkeen uusi ärsyke voi myös yksin tuottaa reaktion. Watsonin mukaan myös uusien reaktioiden oppiminen on mahdollista esimerkiksi siten, että uusi ja monimutkainen reaktio omaksutaan yhdistelemällä sarja yksinkertaisia refleksiä. Monimutkaisemmat käyttäytymismuodot ovat siis monimutkaisten ehdollistumisprosessien ketjuja. (Hill 1980; Säljö 2004)

Skinner kehitti Watsonin behavioristisia ajatuksia edelleen. Hän piti Watsonin ohjelmaa epäkäytännöllisenä, koska mahdollisten refleksien määrä on kaikille käytännön päämäärille ääretön ja tällainen refleksien kerääminen voisi olla epäkiitollinen tehtävä (Herrnstein 1977). Yleisen vaikutelman vastakohtana Skinner (1938, 10) esitti teoksessaan "The Behavior of Organisms" pessimisminsä täydellisesti ennustavaa käyttäytymistiedettä kohtaan:

"Ennustuksen laatu, jonka se (sellainen tiede) ehdottaa, vaatisi refleksien tyhjentävän luettelon viittauksena koosteeseen, mihin ennustukset voitaisiin tehdä. Luettelo olisi omalaatuinen yksityiselle organismille ja vaatisi jatkuvaa tarkistusta niin kauan kuin organismi eläisi."

Skinner sovelsi rotilla tehtyjä käyttäytymiskokeita ihmisen käyttäytymisen muuttamiseen (opetukseen). Behaviorismin perustana on ulkoisten tekijöiden avulla aiheutettu ärsyke-reaktio-vahvistusketju lukuisine toistoinen (Herrnstein 1977). Ärsyke-reaktiteorian päävaikutus opetukseen on tukenut tiedonkäsitystä spesifisten reaktioiden koosteena, mikä tarkoittaa tiedon muotoa, joka esitetään usein yksityiskohtaisina käyttäytymistavoitteina opetussuunnitelmassa ja arvioinnissa. (Greeno ym. 1992)

Behaviorismin vaikutuksesta ehdollistumista alettiin pitää selityksenä oppimiselle ja sille, miten ihminen muuttuu kokemuksen tuloksena. Ehdollistuminen klassisessa muodossaan oli kuitenkin puutteellinen tapa selittää oppimista ja käyttäytymistä, sillä vain pieni osa ihmisen käyttäytymisestä ja reaktioista on refleksien aiheuttamaa. Henkisten toimintojemme, kuten ajatustemme ja käsitystemme, vaikutus jäi auttamatta behavioristisen tutkimuksen ulkopuolelle. (Säljö 2004)

Greenon ym. mukaan behavioristisessa näkemyksessä tietäminen oli miellelyhtymien kasaantumisen ja taitojen rakenneosien järjestämistä. Oppiminen oli prosessi, jossa miellelyhtymiä ja taitoja hankittiin, ja siirrettiin sellaisessa laajuudessa, että yhdessä tilanteessa opittua käyttäytymistä hyödynnettiin toisessa tilanteessa. Motivaatio oli puolestaan oppijan tila, joka suosi uusien miellelyhtymien ja taitojen muodostumista. Tämä koski ensisijaisesti virikkeitä, jotka noudattivat relevantteja tilanneaspekteja ja reagoivat niihin asianmukaisesti. Behaviorismi oli hankkinut aseman, jolloin tietämistä voitiin luonnehtia vain havaittavien ärsykkeiden ja reaktioiden välisillä kytköksillä. Oppiminen luonnehdittiin kytkösten muodostamisen ja vahvistamisen tai heikentämisen suhteen. (Greeno ym. 1992)

2.2.3.1 Tylerin perusteet ja kriittinen teoria

Vuonna 1949 Tyler esitti omat perusteensa opetussuunnitelmalle, jotka tunnetaan nimellä "Tyler rationale". (Autio 2003) Muun muassa Cohen työtoverineen kirjoitti ne kirjassaan "Research Methods in Education seuraavasti":

1. Mitkä opetuspäämäärät koulun pitäisi yrittää saavuttaa?
2. Mitkä opetuskokemukset voidaan hankkia, jotta on todennäköistä saavuttaa tavoitteet?
3. Kuinka voidaan järjestää nämä opetuskokemukset tehokkaasti?
4. Kuinka voidaan määrittää, onko nämä tavoitteet saavutettu? (Cohen ym. 2011)

Perustana olevien näkemysten mukaan opetussuunnitelma oli kontrolloitu ja kontrolloitava, järjestetty, ennalta määritelty, yhtenäinen, ennustava ja laajasti behavioristinen tuloksissaan – positivistisen ajattelutavan kaikki elementit olivat siis mukana. Tylerin perusteet myötäilivät yhteiskunnan ja koulutuksen modernistien, luonnontieteilijöiden ja johtajien ajattelutapoja, jotka pitivät ideologiaa ja valtaa ongelmattomana. Nämä periaatteet sopivat hyvin Suomessa vuoden 1970 lukion kemian opetussuunnitelmaan (vrt. luku 6.3). (Cohen ym. 2011)

Kriittinen teoria puolestaan pyrki paljastamaan työn erityistilanteissa olevia intressejä ja selvittämään näiden intressien laillisuutta tunnistaen, missä määrin ne palvelivat tasa-arvoa ja demokratiaa. Habermas rakensi vuonna 1972 mallin, jossa hän käsitteli tärkeän tiedon määrittämistä ja ymmärtämistapoja kolmen kognitiivisen intressin ympärillä. Nämä intressit olivat:

1. ennustaminen ja kontrolli
2. ymmärtäminen ja tulkinta
3. vapautuminen ja vapaus. (Cohen ym. 2011)

Habermas nimesi ne tekniseksi, käytännölliseksi ja vapauttavaksi intressiksi. Tekninen intressi (kontrollissa ja ennustettavuudessa) myötäili Tylerin opetussuunnitelmamallia. Käytännöllinen intressi (ymmärtää toisten perspektiivejä ja näkemyksiä) myötäili opetussuunnitelman prosessinäkemyksiä. Vapauttava intressi vaati ideologisten intressien valottamista opetussuunnitelmatyössä, jotta opettajat ja opiskelijat voivat kontrolloida omaa elämäänsä yhteiseksi ja tasa-arvoa edistäväksi hyödyksi. (Cohen ym. 2011)

2.2.3.2 Bloomin taksonomia päivitetystä muodossa esitettynä

1950-luvulla Bloom työtovereineen operationaalisti teoreettiset väitteet rakentamalla kognitiivisen alueen opetustavoitteiden taksonomian ja vuonna 1964 Krathwohl, Bloom ja Masia tekivät saman affektiivisellä alueella (Eisner 1983). Kognitiivisen alueen taksonomia julkaistiin 1956 käsikirjassa "Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals. Handbook I: Cognitive Domain" (Bloom ym. 1956). Siinä tarjottiin huolellisesti kehitetyt määritelmät jokaiseen kognitiivisen alueen hierarkkiseen pääluokkaan. Ne olivat tieto, ymmärtäminen, soveltaminen, analysoiminen, syntetisoiminen ja arvioiminen. Soveltamista lukuun ottamatta jokainen näistä jaettiin vielä alaluokkiin. Alkuperäisessä taksonomiassa oli sekä substantiivi- että verbinäkökulma. Substantiiviksi tai oppiainenäkökulma spesifioitiin tiedon laajoihin alaluokkiin. Verbinäkökulma puolestaan sisällytettiin tiedolle annettuun määritelmään, jonka mukaisesti opiskelijan odotettiin kykenevän muistamaan ja palauttamaan mieleen tietoa. Tämä tuotti yksidimensionaalisuuden tietokategorian kustannuksella viitekehukseen, joka olisi luonteeltaan duaalinen ja siis erilainen muihin taksonomialuokkiin verrattuna. (Krathwohl 2002)

Uusi tiedon dimensio sisältää vanhan taksonomian kolmen pääkategorian sijaan neljä kategoriaa. Kolme niistä on alkuperäisen luokituksen mukaista: tosiasiatieto, käsitetieto ja menettelytapatieto. Neljäs uusi luokka, metakognitiivinen tieto, tarjoaa eroavuuden, jota ei tunnettu laajasti alkuperäisen skeeman kehittämisen aikoihin. Metakognitiivinen tieto sisältää yleistä tietoa kognitiosta samoin kuin tietoisuutta ja tietoa omasta kognitiostaan. Esimerkiksi Suomen vuoden 2015 lukion kemian opetussuunnitelman perusteissa on pyrkimystä metakognition huomioimiseen (vrt. luku 6.7.4). (Krathwohl 2002)

Alkuperäisen taksonomian tavoin päivitetty rakenne on hierarkkinen. Taulukon 1 mukaisesti kognitiivisen prosessin dimension kuuden pääkategorian uskotaan eroavan alimmalta kognitiiviselta tasolta (taso 1) korkeimmalle niin, että "muistaa" on alimmalla ja "luoda" korkeimmalla tasolla (taso 6). Tässä päivitetystä rakenteesta "luoda" on tullut uutena syntetisoinnin tilalle. (Krathwohl 2002)

Affektiivisen alueen taksonomiaan kehitettiin kaikkiaan viisi tasoa. Alin affektiivinen taso on opiskelijan ärsykkeiden vastaanotto, joka vastaa kognitiivisen alueen tietoa, ja jonka hän huomaa passiivisesti. Ymmärtämisestä vastaa affektiivisellä alueella opiskelijan reaktio vaatimusten aiheuttamiin ärsykkeisiin, vapaaehtoinen reagointi näihin ärsykkeisiin ja tästä reagoimisesta johtuva tyydytyksen saaminen. Opiskelijan ilmiön tai aktiviteetin arviointi vastaa kognitiivisen alueen sovellustaitoa niin, että hän reagoi vapaaehtoisesti ja etsii tapoja reagoida.

Analyysin ja synteessin korvaa affektiivisessä systeemissä opiskelijan kaikkiin arvoihin kohdistuva reaktio. Arviointitaitoa vastaava affektiivinen taso on näiden arvojen järjestymistä systeemissä ja lopulta arvokompleksi järjestyy yksinkertaiseksi kokonaisuudeksi. (Krathwohl ym. 1964)

Taulukko 1 Bloomin taksonomian päivitetty rakenne (Krathwohl 2002)

Taso 1	muistaa; kyky palauttaa mieleen, tunnistaa ja jäljittää relevanttia tietoa pitkäkestoisesta muistista
Taso 2:	ymmärtää; kyky rakentaa merkitys suullisista, kirjoitetuista ja graafisista viesteistä tulkitsemalla, esimerkkejä tekemällä, luokittelemalla, yhdistelemällä, päättelemällä, vertaamalla ja selittämällä
Taso 3	soveltaa; kyky käyttää tietoa oikeassa tilanteessa tai panna toimeen toimintaohjeita
Taso 4	analysoida; kyky pilkkoa ongelma pienempiin osiin ja ymmärtää niiden suhteet ja liittää niitä ylipäänsä rakenteisiin ja päämääriin huomaamalla eron
Taso 5	arvioida; kyky arvioida kriteerien ja standardien perusteella tutkimalla ja arvostelemalla
Taso 6	luoda; kyky yhdistellä asioita muodostamaan johdonmukaisia tai toiminnallisia kokonaisuuksia järjestäen elementtejä uusiin malleihin ja rakenteisiin yleistämällä, suunnittelemalla tai tuottamalla

2.2.3.3 Gagnen oppimishierarkia

Gagne arvioi, että oli kaksi tutkimuksen pääalajia, jotka todennäköisesti huolehtivat oppimishierarkiasta (alun perin tietohierarkia). Ensimmäinen tutki kahta hierarkian tasoa kerrallaan ja palautui oikeastaan enemmän tai vähemmän intellektuaalisten taitojen luokittelujen välisen positiivisen siirtovaikutuksen perinteiseksi tutkimukseksi. Toinen puolestaan yritti rakentaa hierarkiaa, joka sovelsi opetuksen pitempään sarjaan ja joka salli ensimmäisen toteutuksen jälkeen mahdollisuuden sopivaan oppimisjärjestykseen, ja etsi mittauksen riippuvuuden (positiivisessa siirtovaikutuksessa) opitusta kokonaisuudesta toiseen. (Gagne 1968a)

Gagnen behavioristisen oppimisen kumulatiivisessa mallissa edetään alemmalta tasolta lähtien niin, että opitut suorituskyvyt ovat erotettavissa toisistaan seuraavasti: 1) ärsyke-reaktioyhdistelmät, 2) ketjut, motoriset ja verbaaliset, 3) moninaiset arvioinnit, 4) käsitteet, 5) yksinkertaiset säännöt ja 6) monimutkaiset säännöt (Gagne 1968b). Lisäksi hän luokitteli oppimistulokset seuraavasti: 1) intellektuaaliset taidot (toimintaohjeellinen tieto), 2) verbaalinen informaatio (selitävä tieto), 3) kognitiiviset strategiat (toimeenpaneuvat kontrolliprosessit), 4) motoriset taidot ja 5) asenteet. Vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteiden taustaksi Meisalo ja Lavonen käyttivät pohjana muun muassa Gagnen malleja (kts. luku 6.5.1). (Gagne 1984)

2.2.3.4 Behaviorismi ja opetusteknologia

Cooperin artikkelin mukaan Skinnerin "Verbal Learning" vuodelta 1950 aloitti ajattelun vallankumouksen, joka oli kognitiiviseen oppimisteoriaan siirtymisen alku. Aluksi todellista opetusteknologian käyttöä sovellettiin behavioristisesti. Opetusteknologiaa kehitettäessä havaittiin, että behaviorismin mukaiset toiminnat sopivat vain muistamista ja ymmärtämistä vaativiin tarkoituksiin

(Miettinen 1990). Samansuuntaista viestiä on tullut Chaselta (1985). Hän suhtautui kriittisesti behaviorismin periaatteiden soveltamiseen opetuksen suunnittelussa tunnistaen kaksi negatiivista behavioristista reaktiota. Behavioristit eivät hyödyntäneet teknologian kehityksessä tietokoneiden käyttöä ja vuorovaikutteista mediaa. Näin ollen ei kehitetty kovin realistisia opetussovelluksia, vaan behaviorismin periaatteiden mukaiset sovellukset johtivat pelkistettyihin ja pilkottuihin ohjelmiin, jotka keskittyvät alemman tasoisiin taitoihin monimutkaisen käsitteellisen käyttäytymisen kustannuksella. (Chase 1985; Cooper 1993)

Jo varhain Bruner (1960/1977) kritisoi ohjelmoitua opetusta, erityisesti sen pieniä askelia ja välitöntä vahvistusta, joita behavioristit pitivät parhaana ohjelmoidun opetuksen menetelmänä. Hän kysyi lyhyesti, mitä opitaan ohjelmoidulla opetuksella. Siksi palattiin kognitiiviseen tieteeseen ja siirryttiin sen kautta konstruktivismiin (Miettinen 1990). Oli siis edistyksellistä siirtyä behaviorismista kognitiiviseen tieteeseen, johon tutkimuksen sekä yksilöllistä oppimista tukevan opetusteknologian kehitys soveltuivat. (Cooper 1993)

2.2.3.5 Behaviorismi Suomessa

Vaikka Suomessa herbartianismi alkoi väistyä toisen maailmansodan jälkeen, empiirinen psykologia saavutti kunnolla suomalaisen kasvatustieteen vasta 1960-luvulla, jolloin uusbehavioristinen oppimispsykologia ja uudet psykologiset tutkimusmenetelmät rantautuivat Suomeen. Monilla tavoin kasvatustieteen alue oli tuolloin uudelleenarvioinnin kohteena. Silloin psykologiaan päin kallistuneet tutkijat vakiinnuttivat suunnan pedagogiikalle, jonka seurauksena psykometriset menetelmät tarjosivat metodologisia malleja kasvatuksen tutkimiseen. Tavoiteteorian muutos sai ratkaisevan sysäyksen tällaisesta oppimispsykologiasta, mikä tarkoitti, että opetustutkimuksen aiheita alettiin analysoida psykologisin käsittein. Samalla kun yhteydet mannermaan kasvatustutkimukseen heikkenivät, Amerikan kasvatustutkimus tarjosi uusia menetelmällisiä työkaluja vahvistaen uuden behavioristisen psykologian mukaisia menetelmiä. Koskeniemi oli poikkeus kritisoiden psykologian käytön laajenemista kasvatustutkimuksen alueella, koska esimerkiksi kokeita ei tehty kouluympäristössä ja perustutkimuksessakin käytettiin enenevässä määrin eläinkokeita (Koskeniemi 1978). (Kivelä & Siljander 2013)

Behavioristinen psykologia ja sen merkitys pedagogiseen tieteeseen 1960- ja 1970-luvuilla aiheutti seuraavat vaikutukset:

1. Behavioristinen psykologia ohjasi keskustelua kasvatustieteen sisällä tavoiteteoreettisiin tutkimuksiin.
2. Kasvatustapahtumissa pedagogisella toimijalla (opettajalla tai kasvattajalla) oli tarkoituksellisesti keskeinen rooli: Tämä pedagoginen toimija oli vastuussa pedagogisen vuorovaikutuksen säätämisestä. (Kivelä & Siljander 2013)

Kasvatustapahtuman tutkijalle ärsyke-organismi-reaktiokytkennät olivat syyseurausketjuja, joita voitiin muotoilla empiirisesti testattaviksi hypoteeseiksi. (Kivelä & Siljander 2013)

2.2.4 Kognitiivinen tiede matkalla konstruktivismiin

Gagne pohti kehitellessään kumuloidun oppimisen periaatteita myös Piaget'n lapsen kehityksen teoriaa. Hänen mukaansa, vaikka lapsen ja ympäristön väliselle vuorovaikutukselle annettiin Piaget'n teoriassa erityinen rooli, muutamissa keskeisissä piirteissä teoria määräsi vain osin oppimiseen myötävaikuttavat tekijät. Malli voitiin vetää yhteen seuraavasti:

1. Intellektuaalinen kehitys on logiikan muotojen edistyksellisen sisäistymisen aines. Kehityksen sarja ilmaisee itsensä ensin motorisen toiminnan avulla, myöhemmin ideoiden konkreettisen pohdinnan kautta ja vielä myöhemmin täydellisen symbolisen esityksen kautta.
2. Kehitysprosessiin vaikuttaa lapsen ja ympäristön välinen vuorovaikutus. Uudet kokemukset sulautetaan olemassa oleviin kognitiivisiin rakenteisiin, ja uudelleen "opitut" rakenteet puolestaan mahdollisesti sopeutuvat ympäristön vaatimuksiin. Siis kokonaisprosessia voidaan tarkastella jonkinlaisena kognitiivisena mukautumisena. (Gagne 1968b)

2.2.4.1 Kognitiivisen kasvun teoria

Bruner esitti Piaget'ltä vaikutteita saaneen kognitiivisen kasvun teorian (1965), jossa hän erotti lapsen älykkyyden kehityksessä kolme vaihetta: 1) passiivinen (enaktiivinen), 2) ikoninen ja 3) symbolinen. Passiivisessa, varhaislapsuuden vaiheessa ympäristö nähtiin sellaisena kuin se ilmeni välittömässä toiminnassa. Ikonisessa, lapsuuden kattavassa vaiheessa todelliset kohteet ja ilmiöt saivat merkityksensä niistä saatavista havainnoista ja mielikuvista. Nuoruusiässä saavutettavassa symbolisessa vaiheessa irrottauduttiin vähitellen havaintoaineksesta ja siirryttiin riippumattomaan abstraktiin ajatteluun pääasiassa kielen avulla. (Bruner 1965/1977, 1966; Gagne 1968b; Johnston 2012; Miettinen 1984)

Brunerin mukaan jokaisen oppiaineen kaikkien pääperiaatteiden opettaminen sekä muistamisen että siirtovaikutuksen kuin myös älyllisen jännitteen kannalta oli ratkaisevan tärkeää. Hänen pedagogisen ajattelunsa keskeisiä huolia olivat, kuinka tuli opettaa eri tieteenalojen tieto ja sen rakenne uusille opiskelijoille. Ratkaistessaan tätä ongelmaa hän nojautui kehityspsykologian ja opetuksen teorian lisäksi myös tiedon sisältöön liittyvään ongelmaan. Tällöin Bruner joutui välttämättä syventymään eri tieteenaloihin saadakseen niistä kehittyneimmät ja kestävimät teoriat opetuksen perustaksi. (Bruner 1960, 1965; Miettinen 1984)

Käsitteiden oppimista pitäisi Brunerin mielestä katsoa aktiivisena hypoteesien muodostamis- ja testaamisprosessina, joissa opiskelija käyttää jotain strategiaa tuottaessaan opittavaa käsitettä koskevia sääntöjä ja testatessaan niiden toimivuutta suhteessa uusiin tilanteisiin. Bruner havaitsi erilaisten strategioiden käytön olevan keskeinen oppimista kuvaava piirre vaativassa käsitteen oppimisprosessissa. Bruner oli osaltaan vaikuttamassa siihen, että oppimista alettiin tutkia suhteessa kognitiivisissa rakenteissa tapahtuviin muodostumisiin ja uudelleenmuodostumisiin. (Lehtinen & Kuusinen 2001)

Kirjassaan "The Process of Education" Bruner esitti rakenteen tärkeyden opetussuunnitelman kehittämisessä. Tämä rakenneteema viittasi tiedonalan perusrakenteiden olemassaolon tärkeyteen opetussuunnitelmien keskipisteenä. Ne

sisälsivät oleellisia käsitteitä, kuten taloustiedon ”kysyntä ja tarjonta” tai historian ”konflikti” tai fysiikan ”energia” ja niiden suhteet. Nämä käsitteet ymmärrettyään opiskelijan on mahdollista ymmärtää monet ilmiöt kyseisellä tiedonalalla, samoin kuin ilmiöt, jotka voidaan kohdata muuallakin. Bruner sanoi:

”Oppimisen ei pitäisi vain johtaa meitä johonkin; sen pitäisi sallia meidän mennä eteenpäin helpommin... mitä perustavampaa laattaa oleva tai olennainen oivallus on, sitä suurempi on sen sovellettavuuden laajuus uusiin ongelmiin nähden.” (Bruner 1960/1977)

Hänen mukaansa näitä perusideoita, kerran tunnistettuina, pitäisi päivittää jatkuvasti ja tutkia uudelleen niin, että ymmärrys syvenee ajan myötä. Tämä hänen esittämänsä periaate tunnetaan spiraaliopetussuunnitelmana, jonka kognitiivinen teoria ennusti. (Bruner 1960/1977; Howard 2007; Johnston 2012)

2.2.4.2 Skinnerin kritiikki

Skinner kritisoi kognitiivisia tiedemiehiä ajattelumallien tietokonesimulaatioista sekä toteutuksesta, missä käytös käynnistetään sisäisesti. Hän perusteli, että varastoinnin ja palauttamisen metaforaa käytettiin väärin, että kokeellisuus ja arviointi korvattiin kokeiden kuvaamisella ja että tunnelmat ja mentaaliset tilat nostettiin käyttäytymisen syiden statukseksi. (Cooper 1993)

Skinner kritisoi myös mielekkäiden rakenteiden konstruoinnista. Kognitiivisen suuntauksen edustajat olettivat rakenteen ilman tarpeellista kokeellista validiteettia. Hän perusteli, että behavioristinen näkemys selitti reaktion aiheuttaman aistimuksen yhtä hyvin kuin kognitiivistien rakenteen abstraktio, ja esitti, että sisäisen mekanismin osoittamisen piti todennäköisemmin tapahtua neurologian kuin kognitiivisen tieteen sisällä. (Cooper 1993)

Kolmas kriittinen alue koski sääntöjen oppimista. Kun organismi oppi säännön, kognitiivisen tieteen edustaja päätteli, että organismi tunsu säännön. Skinner esitti, että ei ole mitään todistetta, että organismi välttämättä tietäisi jotain, tai että toistetulla käytännöllä ja automaattisuuden kehittämisellä sääntö tulisi tarpeettomaksi. (Cooper 1993)

Skinnerin käsityksistä poiketen kognitiivinen näkökulma tietoon painottaa käsitteiden ja eri oppiainosalueilla olevien teorioiden ymmärtämistä sekä yleisiä kognitiivisia kykyjä, kuten perustelu, suunnittelu, ongelmanratkaisu ja kielen ymmärtäminen. (Cooper 1993)

2.2.5 Mielekäs oppiminen kielen avulla

Ausubel työtovereineen esitti oman oppimisen teoriansa lähtökohdan teoksessa ”The Psychology of Meaningful Verbal Learning” (1963). Hän tarkasteli teoksessaan oppimista koskevaa teoriaa keskittyen tutkimaan kielellisessä muodossa esitettyä, tietyn oppiaineen tietoaineuksen omaksumista, ja selitti oppimista erottamalla toisistaan keskeisiä oppimiseen liittyviä käsittepareja, kuten mekaaninen ulkoa oppiminen ja mielekäs oppiminen sekä vastaanottava ja keksivä oppiminen (Miettinen 1984). Mielekkäälle kielen avulla tapahtuvalle oppimiselle on

ominaista se, että opetettava materiaali voidaan liittää yksilön aikaisempien relevanttien tietojen järjestelmään ja sen kognitiiviseen rakenteeseen. (Ausubel ym. 1978)

Ausubelin mukaan mielekäs kielen avulla tapahtuva oppiminen on uuden tiedon assimiloimista (sulautumista) aikaisempaan kognitiiviseen rakenteeseen. Keskeisellä sijalla tässä assimilaatioprosessissa olivat korkealla abstraktiotasolla olevat käsitteet ja periaatteet (engl. subsumers), joilla oli paras tiedon jäsenyskyky, ja jotka loivat pysyvän ja selkeän kognitiivisen rakenteen. Mielekkään oppimisen edellytyksenä oli kuitenkin, että vanhat asiat olivat mielessä loogisesti järjestettynä, ja että uudet asiat esitettiin järkevissä systemaattisessa muodossa ja että opiskelijalla oli halua opiskella sekä liittää uutta opittavaa jo olevaan. Tästä johtuen uuden tiedon oppimisen pääkysymykseksi nousi uuden tiedon ja aikaisempien käsitysten välisen kuilun umpeen kurominen, jota tehtävää varten Ausubel ehdotti käytettäväksi ennakkojäsentäjiä, joiden oli oltava korkeammalla abstraktio- ja yleisyystasolla kuin esitettävä oppiaine. Ennakkojäsentäjien tuli olla myös oppijan ymmärrettävissä ja esitettynä tutuin termein. (Ausubel ym. 1978; Miettinen 1984)

Ausubelin mukaan ennakkojäsentäjien käytöllä oppimista tehostettiin nostamalla opittavasta aineksestä esiin keskeiset yläkäsitteet ja suhteuttamalla ne oppijan aikaisempiin kognitiivisessa rakenteessa oleviin yläkäsitteisiin (Engeström 1984). Ennakkojäsentäjien avulla suhteellisen tuntematon tai tuttu tieto ankkuroitiin aikaisemman tiedon soveltuviin kohtiin selkeästi ja tehokkaasti. Ennakkojäsentäjiä on kahta tyyppiä: esittävät ja vertailevat. Esittävää ennakkojäsentäjää käytettiin, kun oppiaine oli täysin uutta. Tällöin uuden aineksen tärkeimmät ideat ja yläkäsitteet esitettiin pelkistettyinä ja tutuin termein ennakkojäsentäjässä. Puolestaan vertailevaa jäsentäjää käytettiin, kun oppijoilla oli jo pohjatietoja uuden aineksen omaksumiseen liittyen. (Ausubel ym. 1978)

Vuonna 1960 Ausubel on myös esittänyt ajatuksia, jotka viittaavat myöhempään konstruktivistiseen oppimiskäsitteeseen. Hänen mukaansa opetus suunnitelmat voitiin laatia systeemiksi, missä kaikki uusi oppimisen informaatio voitiin yhdistää opiskelijoiden aikaisempaan tietoon, joka oli hankittu formaalisella tai informaalisella oppimisella. (Laanemets 2003)

2.2.6 Konstruktivismi

Konstruktivismi voidaan nähdä kognitiivisten tieteiden tämän hetkisenä haaranä. Muun muassa Deweyn laboratorioskoulussa rakennettiin tietoa lapsen kokemuspööristä (Dewey 1957). Vastaavan tyyppisiä kouluja oli useassa Länsi-Euroopan maassa. Näiden koulujen perustana oleva filosofia pohjautui viime vuosisadan alun Yhdysvaltojen progressiiviseen liikkeeseen sekä Länsi-Euroopan reformipedagogiikkaan, joista on saatu vaikutteita opetukseen ja oppimiseen. (Terwel 1999)

Kognitiivisen tieteen uudelleennousun takana oli suurelta osin sveitsiläinen Piaget (Piaget 1976), jonka kehityspsykologisesta ja tietoteoreettisesta ajattelusta tuli konstruktivistisen tulkinnan perusta. Hänen ajattelussaan oli tärkeää assimilaation (sulautumisen) ja akkommodaation (termi tarkoittaa yksilön olemassa

olevien sisäisten mallien muuttumista niiden ollessa ristiriidassa ulkoisten kokeusten kanssa) toisiinsa kietoutuminen, joka hakee koko ajan tasapainoa. Tämä tietorakenne pyrkii kohti johdonmukaisuutta. Piaget'n ajattelun mukaisesti kognitiivisten rakenteiden kehittyminen perustui toimintaan ja itseohjautuvuuteen. Hänen käsityksensä mukaan kognitiiviset rakenteet muodostuivat aktiivisessa vuorovaikutuksessa ympäröivän maailman kanssa ja näiden konkreettisten tekojen muuttumisesta yleisemmiksi käsitteiksi. (Lehtinen & Kuusinen 2001)

1900-luvun alun teoreetikoista Dewey tarkasteli yksilön ja ympäröivän maailman välistä vuorovaikutusta, kehitystä ja oppimista käytännöllisenä toimintana. Piaget puolestaan päätyi suhteellisen abstraktiin toimintakäsitykseen (Lehtinen & Kuusinen 2001). Venäläinen psykologi Lev Vygotsky otti jo 1930-luvulla mukaan yhteiskunnallisen näkökulman (Vygotsky 1978). Töissään hän näki ihmisen oppivan, kun kulttuurilliset käytännöt ja sosiaalinen vuorovaikutus sekä kieli ajattelun apuvälineenä antavat ihmisen oppimiselle erityislaatuiset mahdollisuudet (van der Veer & Valsiner 1991). Hän kehitti myös sisäistämisen prosessin, jonka mukaan psykologiset prosessit esiintyvät ensin aikuisen ja lapsen välisessä sosiaalisessa vuorovaikutuksessa ja siirtyvät sitten yksilön sisäiseksi ominaisuudeksi (Valsiner 1987). Tämän prosessin hän näki keskeisenä kehityksen mekanismina. Tosin tämäkään ei ollut aivan itsenäinen teoria, sillä Vygotsky lainasi tämän Baldwinin (1895/1906) esittämän ajatuksen (Vygotsky 1978).

Greeno ym. käyttivät Vygotskyn sosio-konstruktivismista nimeä sosiohistorismi. Se painotti, että tieto rakennettiin ihmisryhmien käytännön aktiviteeteissa, kun he olivat vuorovaikutuksessa toisiinsa omassa aineellisessa ympäristössään. Tällöin voitiin puhua osallistumisesta yhteisöjen käytäntöihin. Tästä näkökulmasta katseltuna yksi tietämisen muoto oli ryhmien ominaisuus, kun nämä suorittivat yhteistoiminnallisia aktiviteetteja. Ryhmät koostuivat tietenkin yksilöistä, ja ryhmän harjoituksissaan kokema (kollektiivinen) tietäminen oli vastavuoroinen yksilöiden tietämiselle, joka oli heidän kykynsä osallistua noihin harjoituksiin. Yhteisön harjoitukset tarjosivat erilaisia malleja, jotka järjestivät ryhmien aktiviteetteja ja yksilöiden osallistumista niihin. (Greeno ym. 1992)

Brunerin mukaan konstruktivismi on näkemys siitä, että kaikki olemassa oleva on ajattelusta johtuvaa. Konstruktivismin ydinajatuksen mukaan ajattelu oli konstruoinnin eli rakentamisen väline. Konstruktivismissa on mukana Kantonin näkemys, että kokemuksen avulla saatuun tietoon liittyy siitä erottamaton käsitteellinen komponentti, eli ärsykeinformaation muokkaus, ja sen muuttaminen ymmärrettävään muotoon (Bruner 1960/1977). Konstruktivismin mukaan tiedon oikeutus riippuu näkökulmasta, jonka hyväksymme. Konstruktivismin ydin on rakenteen käsite, missä pelkkä asioiden yhteen liittäminen ei riitä, vaan tiedon oli muodostettava arkkitehtoninen kokonaisuus. Oppija rakentaa ja konstruoi kokemuksista saatua tietoa valikoimalla ja tulkitsemalla informaatiota ja liittämällä sitä aikaisempiin tietoihinsa ja tietorakenteisiinsa. Tämä edellyttää siten opettajalta perusteellista ja syvällistä tiedon hallintaa. (Rauste-von Wright & von Wright 1994; von Glaserfeld 1984)

Konstruktivistisen näkemyksen mukaisesti oppiminen ja tietäminen ovat henkilökohtaisia eivätkä siten puhtaasti tavoitteellisia. Von Glaserfeld kirjoitti vuonna 1984, että oppijat rakentavat ymmärtämistään. Hänen mukaansa he eivät yksinkertaisesti peilaa ja reflektoi sitä, mitä heille kerrotaan ja mitä he lukevat, vaan etsivät merkitystä ja yrittävät löytää säännöllisyyttä ja järjestystä maailman tapahtumiin myös täydellisen informaation puuttuessa (von Glaserfeld 1984). Yleisesti konstruktivismi painottaa tiedon rakentamista. Behaviorismi ja kognitiivinen tiede puolestaan huolehtivat pääasiassa tietämisen tavoitteista (Tam 2000).

Konstruktivistisen oppimiskäsityksen seurauksena konstruktivistisessa pedagogiikassa korostetaan dynaamisuutta ja oppijan valmiudet huomioonottavaa opetusta, jossa oppiminen johtuu oppijan omasta toiminnasta (Rauste-von Wright & von Wright 1994). Perusideana Woolfolkin kasvatopsykologian oppikirjan mukaan on, että oppija rakentaa aktiivisesti oman tietonsa, kuten myös Suomen vuoden 1994 kemian opetussuunnitelman perusteissa esitetään (vrt. luku 6.5.4). Oppijan aivot määrittävät ulkopuolisesta maailmasta sen informaation, mitä hän oppii. Näin ollen oppiminen on aktiivinen ajatteluprosessi, ei vain passiivista opetuksen vastaanottoa (Woolfolk 1987).

Oppimisprosessin aikana oppija vastaanottaa ulkoisen todellisuuden jossain määrin eri lailla riippuen yksilöllisestä maailman kokemisesta, ja siihen liittyvistä uskomuksista (Jonassen 1991). Kuitenkin oppijat voivat keskustella keskenään siitä, miten he ovat ymmärtäneet asian ja jakaa näin ymmärtämistä. Eri oppijoiden päätyminen erilaisiin ratkaisuihin ei ole ongelma, sillä oppijan täytyy kyetä perustelemaan vastauksen toteuttamiskelpoisuus. Oppija on siis oppimisprosessin keskus. Tosin vasta oppijoiden kesken tapahtuva yhteistyö tekee oppimisesta konstruktivistisen. Näin ollen heitä kannustetaan sosiaalisen kontekstin rakentamiseen, jossa yhteistyö luo yhteisön merkityksen, ja jossa opettajat ja opiskelijat ovat oppimisprosessin aktiivisia osanottajia (vrt. luku 6.6.4.2). (Tam 2000)

Konstruktivistisen perspektiivin mukaisesti oppiminen määritellään monimutkaisena vuorovaikutuksena oppijoiden olemassa olevan tiedon, sosiaalisen kontekstin ja ratkaistavan ongelman välillä. Opetus liittyy siten oppijoille tarjottavaan toimintaan yhteistyötilanteessa, jossa heillä on keinot ja mahdollisuudet rakentaa uutta tilannespesifistä ymmärrystä kokoamalla tietoa eri lähteistä. Esimerkiksi vuoden 2015 lukion kemian perusteissa on esitetyn mukaisesta toimintaa (vrt. luku 6.7.4.1). (Tam 2000)

Jonassen (1991) esitti Cooperin mukaan, että konstruktivisti näkee todellisuuden oppijan kokemusten määrääminä. Hän siirtää painotusta ulkoisesta näkemyksestä sisäiseen näkemykseen. Konstruktivistiset näkemykset ovat siten mielen symbolien rakentajia – työkaluja, joita käytetään oppijan todellisuuden rakentamiseen. Von Glaserfeldin (1984) mukaan behavioristisen ja myös kognitiivisen tieteen edustajien näkemys perustui kahteen epäloogiseen näkökulmaan: 1) kaikki, mikä tiedetään, on jonkin riippumattoman hyvin rakennetun maailman kopio ja 2) tämä riippumaton ontologinen todellisuus määrittelee kokemukset. Konstruktivisti puolestaan näkee todellisuuden henkilökohtaisesti rakennettuna

ja näyttää, että henkilökohtaiset kokemukset määrittävät todellisuuden toisin kuin mikään muu ympärillä oleva. (von Glaserfeld 1984; Cooper 1993)

Konstruktivistinen opettaja edellyttää ja hyväksyy oppijan autonomian ja aloitteellisuuden. Hän käyttää laajasti erilaisia materiaaleja, jotka sisältävät alkuperäislähteiden tietoa ja ovat vuorovaikutteisia, ja edellyttää opiskelijoiden myös käyttävän niitä. Tällainen opettaja havainnoi opiskelijoiden käsitteiden ymmärtämistä ennen oman tulkinnan kertomista. Opiskelijoita kannustetaan vuoropuheluun sekä toistensa että opettajan kanssa. Näin opettaja edistää opiskelijan suorittamaa tutkimusta kysymällä harkittuja, avoimia kysymyksiä ja kannustaa opiskelijoita kysymään toisiltaan ja etsimään opiskelijoiden alkuperäisten vastausten jatkokehittelyä. Konstruktivistinen opettaja myös ohjaa opiskelijat kokemuksiin, jotka näyttävät alkuperäisissä käsityksissä ristiriitaisilta, ja kannustaa siten pohdintaan. Hän antaa opiskelijoille aikaa rakentaa yhteyksiä ja luoda metaforaa sekä arvioi opiskelijoiden ymmärtämistä sovellusten ja avoimien tehtävien avulla. Näin ollen opettajan tehtävänä on luoda yhteiselle ongelmanratkaisulle otollinen ilmapiiri. (Tam 2000; Lamon 2013; Brooks & Brooks 1993)

Nykyään opetus kohtaa kaksi haastetta, joista ensimmäinen liittyy käsitykseen oppimisen muuttumisesta. Konstruktivismissa oppimista tapahtuu kaikkialla. Oppiminen on käsitteellistämisen prosessi, jonka avulla informaatio muutetaan tiedoksi tulkinnan keinoin liittämällä se aktiivisesti olemassa olevaan tietorunkoon. Tämä tarkoittaa esitysten produktiivista luomista ja tarkoituksenmukaisten yhteyksien prosessointia. Toinen haaste liittyy tieto- ja viestintäteknologiaan. Sen monipuoliset käyttömahdollisuudet auttavat tiedon hallinnassa ja tiedon rakentamisessa. Se suo myös mahdollisuuksia siirtyä ulkoa ohjatusta oppimisesta itseohjautuvaan. (Salomon ym. 1991; Tam 2000)

2.2.6.1 Konstruktivismi ja tieto- ja viestintäteknologia

Tieto- ja viestintäteknologia on tuonut mukanaan etäopetuksen, tietokoneavusteisen ja -välitteisen opetuksen sekä tietokoneen käytön yleensä tiedon hakemisessa ja prosessoinnissa. Konstruktivistinen lähestymistapa antaa viitekehysten tietokoneavusteiselle opetukselle. Konstruktivismissa voidaan havaita kolme tulkintaa. Ensimmäinen on 1) sisäinen konstruktivismi, joka painottaa oppijan omaa tutkiskelua. Toinen on 2) ulkoinen, joka tunnistaa suoran opetuksen roolin, jossa painotetaan oppijan oman tiedon käsittelyn aktiivista rakentamista. Kolmas on 3) dialektinen, joka painottaa vuorovaikutusta oppijoiden välillä ja myös opettajan kanssa. Sisäisen konstruktivismin mukaiset materiaalit ovat esimerkiksi simulaatioita, multimediaa ja mikromaailmoja. Ulkoisen näkemyksen mukaiset materiaalit sisältävät kurssin oppijoita kontrolloivia kognitiivisia työkaluja ja käytännön moduuleja. Kolmannen materiaalit puolestaan sisältävät tietokonetuetun yhteisöllisen oppimisen ja tuen työkaluja. (Dalgarno 2001)

Tieto- ja viestintäteknologian kehitys on johtanut verkkopalvelujen käyttöön. Lähes joka kodissa ja koulussa on käytössä sähköposti ja Internet. Yhteisöpalvelut, kuten Facebook, ovat myös virtuaalisen oppimisen välineitä. Tieto- ja viestintäteknologia käyttää konstruktivistisia periaatteita tarjoamalla opiskelijoille mahdollisuuksia kommunikoida maailman eri puolilla olevien ihmisten kanssa, hoitaa tutkimuksia, pohtia eri kysymyksiä ja työskennellä yhteistyössä.

Tietokonevälitteisen kommunikaation tulo on sallinut oppijoiden, erityisesti etä-oppijoiden, hyödyntää samaa työtä tekevän ryhmän jaettuja kokemuksia ja mahdollisuuksia mitata omien ideoidensa kestävyyttä toisten käsitysten suhteen. (Tam 2000)

Comeaux työtovereineen tarkasteli tietokonevälitteistä viestintää verkko-opetuksessa ja laajennetussa luokkaopetuksessa. Hänen mielestään ainakin yliopisto-opetuksessa tulisi siirtyä vuorovaikutteisten teknologioiden käytön suuntaan. Näin edistettäisiin perinteistä luokkahuoneopetusta ja -oppimista, ja siirtyminen virtuaalisiin oppimisympäristöihin helpottuisi. (Comeaux 2003)

Tieto- ja viestintäteknologia on väylä tiedon lähteille, yhteisölliseen oppimiseen ja yksilöllisiin saavutuksiin. Vaikka tieto- ja viestintäteknologia ei ole välttämätön komponentti konstruktivistisen oppimisen kehitykselle eikä edes riittävä syy sellaisen oppimisen ilmenemiseen, se tarjoaa keinon, joka kasvattaa mahdollisuutta, että konstruktivistinen oppiminen voi löytää paikkansa (Tam 2000). Myös Salomon työtovereineen mainitsi tieto- ja viestintäteknologian käytön laajenemisen merkityksen pohdittaessa ajattelumaailman aluetta laajemmassa normatiivisessa, teoreettisessa ja käytännöllisessä kontekstissa (Salomon ym. 1988).

2.2.6.2 Konstruktivismi Suomessa

Tiukka empiiris-behavioristinen kausi Suomen pedagogisessa elämässä ei ollut kovin pitkä, vaikkakin se dominoi kasvatustutkimusta kymmenestä viiteentoista vuotta. Siihen kohdistuvat haasteet ilmenivät 1980-luvulla monista eri lähteistä. Syntyi monenlaista väittelyä, joka ei kuitenkaan päätynyt systemaattisesti pedagogisen tutkimuksen tavoitteita koskeviin rakenteisiin. Konstruktivismi eri muodoissaan oli merkityksellisempi kuin kritiikki, joka perustui yleisiin filosofisiin näkökulmiin, erityisesti tavoiteteoreettiseen näkökulmaan. Suomalaisessa pedagogiikassa valtavirran mukaisen konstruktivismiin muodostuminen oli niin sanottua oppimisteoreettista konstruktivismia, jonka keskeiset teesit alkoivat määrittää didaktiikan tutkimuksen aluetta. (Kivelä & Siljander 2013)

Suomessa asteittainen muutos behavioristisesta mallista kohti kognitiivis-konstruktivistista mallia alkoi 1980-luvulla. Aluksi muutos tapahtui kognitiivisen psykologian kehityksen piirissä ja laajeni nopeasti keskusteluksi koulu-uudistuksesta. Siinä yhteydessä alettiin puhua uudesta tiedonkäsityksestä ja uudesta oppimisen ymmärtämisestä, jotka määrittelivät uudet koulutuksen tarkastelukulmat. Ne molemmat perustuivat kognitiivis-konstruktivistiseen ajattelumalliin, perustaan, jolle koulun kehitysprojekteja alettiin rakentaa. Todellinen konstruktivistinen läpimurto tapahtui ennen kaikkea didaktiikan alueella, jossa se saavutti nopeasti suuren suosion 1990-luvulla. (Kivelä & Siljander 2013)

2.3 Opetussuunnitelmamallit

Vuonna 2000 Herne muotoili opetussuunnitelmamallit Stenhousea (1975) ja Kellya (1999) mukaillen neljään malliin sisältömalliksi, tavoitemalliksi, prosessimalliksi ja kehitysmalliksi. 1) Sisältömallia voidaan pitää valikoimana sopivia oppiainesisältöjä, niiden järjestämistä ja niiden mukaista arviointia. Tämän mallin mukaisia suunnitelmia olivat varhaiset syllabus- tai Lehrplan-tyyppiset opetussuunnitelmat, jotka kertoivat tarkasti, mitkä sisällöt piti opettaa missäkin kohdassa opintoja. 2) Tavoiteopetussuunnitelma puolestaan nähtiin päämäärien osoittamisena ja spesifisempinä tavoitteina. Tällaisia opetussuunnitelmia ovat olleet monet 1900-luvun puolivälin jälkeiset suunnitelmat. 3) Prosessiovetussuunnitelmien mukaan opetus ja oppiminen olivat monimutkaisia prosesseja, joista tiedettiin vain vähän ja joita tarkasteltiin vain hypoteettisesti. Tietoa ei siirretty suoraan opettajalta opiskelijoille, vaan opiskelijat vietiin tiedon lähteille etsimään ensikäden todisteilla aktiviteettien avulla. Heitä rohkaistiin käyttämään kokemusperustaansa, tekemään kysymyksiä sekä kehittämään ja testaamaan hypoteeseja avoimessa yhteiskontekstissa. (Stenhouse 1975) Prosessiovetussuunnitelma kuvaa laajojen kasvatuspäämäärien siirtämistä opetusperiaatteisiin, jotka ohjaavat aktiviteettien valintaa ja vuorovaikutusta oppijoiden kanssa. 4) Kehitysmalli on prosessimallin jalostettu muoto, joka puolustaa kehityspsykologien mallien tarjoamien näkemysten käyttöä toteutettaessa toimintaohjeiden periaatteita, jotka tunnistavat kehitystarpeita ja edistävät oppijoiden autonomiaa. Tämä malli sijoittaa yksityisen lapsen ja hänen kehityksensä kasvatuspyrkimysten keskuksen. (Herne 2000; Kelly 1999)

Varsinkin amerikkalaisessa opetussuunnitelmakirjallisuudessa on käsitelty malleja suunnittelua laajemmin. (Herne 2000) Ristiriitaisuuksia tarkasteltiin muun muassa Eisnerin ja Vallencen (1973) teoksessa ”Conflicting Conception of the Curriculum”, jossa eri opetussuunnitelmamalleihin liitettiin erilaisia käsityksiä seuraavasti:

1. Opetussuunnitelma toimii teoreettisrationaalisenä ilmaisuvälineenä sivilisaation intellektuaalisen perinteen siirtämiseen (sisältömalli).
2. Opetussuunnitelman tekeminen toimii teknologisenä ongelmana (tavoitemalli).
3. Opetussuunnitelma mahdollistaa opiskelijoiden saavuttaa täydellinen itsensä toteutuksen potentiaali (prosessimalli).
4. Opetussuunnitelma toimii lasten kognitiivisten prosessien kehityskäytännönä (kehitysmalli).
5. Opetussuunnitelma on sosiaalisen uudistuksen rakentamiskeino.

Viimeiseen kohtaan on vaikuttanut Vallencen mukaan liike, jonka kautta 1960-luvulla siirryttiin sosiaalisesta aktivismista uuden oikeiston ja konservatismiin politiikkaan. (Vallence 1986)

Van Tassel-Baska ja Brown esittivät artikkelissaan ”Toward Best Practice: An Analysis of Efficacy of Curriculum Models in Gifted Education” 11 opetussuunnitelmamallia lahjakkaiden opetuksen alueelle. Malleja on kritisoitu avainpiirteistä, joilla ne vaikuttavat opiskelijan oppimiseen, opettajan käytökseen ja kontekstiin sopimiseen. Näihin sisältyi standardeihin mukautuminen ja se, miten

menetellään lahjakkaiden ja ei-lahjakkaiden oppijoiden ryhmissä. Tekijät myös tarjosivat valikoiman tutkimuksesta johdettuja periaatteita seikoista, joita oli opittu kyseisestä lahjakkaiden opetussuunnitelmasta ja opetuksesta. He päättelivät, että opettajien käytännöllisten toimien valikoima paranee ajan mittaan, toteutetaanpa mitä tahansa opetussuunnitelmaa, joka on analysoitu ja joka sisältää erityisiä integroidun opetussuunnitelmamallin sovelluksia. (van Tassel-Baska & Brown 2007)

Van Tassel-Baska kehitti yhdistetyn opetussuunnitelmamallin erityisesti hyvin kyvykkäitä oppijoita varten. Hän perusti työnsä tutkimustuloksiin ajalta, jona hän työskenteli lahjakkaiden opiskelijoiden kanssa. Siinä on kolme ulottuvuutta: 1) kehittynyt sisältö, 2) korkeantason prosessit ja tulokseen pyrkivä työskentely sekä 3) aineen sisäinen ja aineiden välinen käsitteiden kehittäminen ja ymmärtäminen. Van Tassel-Baska työtovereineen käytti yhdistettyä opetussuunnitelmamallia kehittäessään erityisiä osastoja muun muassa kielten, luonnontieteiden ja matematiikan ydinoppiaineiden alueilla. (van Tassel-Baska & Brown 2007)

Van Tassel-Baskan & Brownin mallin täytyi tarjota sopiva opetussuunnitelman kehittämis- ja suunnittelusysteemi kyvykkäille oppijoille. Mallin täytyi tunnistaa suunnittelun elementit ja näyttää, kuinka nämä toimivat vuorovaikutuksessa opetussuunnitelmaa tuotettaessa. Mallin piti soveltua lahjakkaille lapsille päiväkodista lukioon, ja sen oli oltava pätevä moninaisissa tilanteissa ja oppimisasetelmissä. Sen piti toimia pienryhmässä yhtä hyvin kuin suuressa luokassa. Lisäksi mallin piti muodostaa tapoja, joilla se vastaisi lahjakkaiden opetussuunnitelman ja opetuksen tarpeisiin. (van Tassel-Baska & Brown 2007)

Tutkimuslähtöisen käytännön apu on oleellinen osa vastuullista opetusta. Lahjakkaiden opetuksen pitäisi palvella mallina tällä alueella. Tutkitut opetussuunnitelma- ja opetusmallit ovat osoittautuneet tehokkaiksi niin lahjakkailta kuin muillakin oppijoilla. Niiden johdonmukainen ja täsmällinen käyttö mahdollistaa (lahjakkaiden) oppijoiden optimaalisten oppimistasojen saavuttamisen. (van Tassel-Baska & Brown 2007)

2.3.1 Herbartilainen opetussuunnitelma

Herbartilainen opetussuunnitelma perustuu Zillerin luomaan malliin. Hän pelkisti opetettavan sisällön kokoelmaksi, joka ikään kuin kaadetaan passiivisiin oppijoihin. Tämän mallin mukaisesti jokainen oppitunti seurasi samaa muodollista mallia, jossa sama järjestys toistui tunnista toiseen. Kaikki, mikä voitiin jäljittää käytännön jäykän toimintaohjeen avulla ja oli didaktista, näytti edistävän herbartilaisuutta. (Hopman & Riquarts 2000; LeRitche 1987)

Vuonna 1865 Ziller selitti uudelleen Herbartia teoksessaan "Grundlegung zur Lehre vom erziehenden Unterricht". Mukana oli uusi termi "opetus" (Unterricht), joka merkitsi mekanistista pedagogiikkaa. Teos oli valtava menestys, ja siitä tuli hyvin massiivinen opettajankoulutuksen perusta Preussiin. Ziller kehitti hegeliläistyypin opetussuunnitelman lähinnä kansakouluille. Täydellisen

opetussuunnitelman piti pysyä tietyssä sisältökehyksessä, joka järjestettiin sarjaan arvioituja oppitunteja, joista jokainen noudatti nelivaiheista opetussysteemiä. (Bowen 1981)

Zillerin oppilas Wilhelm Rein kehitti edelleen Herbartin ohjetta oppituntia varten. Herbartin ohjeen mukaan oppitunnin vaiheet olivat seuraavat: selkeä tarkastelu, käsittely, systeemi ja menetelmä. Rein kehitti ohjetta edelleen. Hän jakoi ensimmäisen vaiheen kahteen osaan, valmisteluun ja esittämiseen sekä nimesi seuraavat uudestaan liittämiseksi, yleistämiseksi ja soveltamiseksi. Tämä viisivaiheinen oppituntimetodologia tuli opettajia kouluttavien normaalikoulujen opetussuunnitelman perustaksi Yhdysvaltoja myöten, ja valmistuneet opettajat levittivät sitä edelleen. (Bowen 1981)

Herbartilainen opetussuunnitelma oli selkeästi sisältömalli, jossa opettajille annettiin tarkat ohjeet, missä kohdin mikäkin asia piti ottaa esille. Mallin mukaisesti toimittiin suurimmassa osassa Manner-Eurooppaa aina toiseen maailmansotaan saakka. Anglosaksisessa maailmassa siitä luovuttiin paljon aikaisemmin. (Autio 2003; vrt. Childs 2015) Myös Suomessa noudatettiin sisältömallia Soinisen opetussuunnitelmaopin mukaisesti aina 1940-luvun jälkipuoliskolle. Siinä hän sovelsi pitkälle saksalaisen mallin mukaista Lehrplan-tyypistä opetussuunnitelmaa oppiaineen valinnassa ja järjestelyssä. (Soininen 1931)

Soininen kehitti herbartilaista opetussuunnitelmateoriaa maamme olosuhteisiin sopiviksi Opetusopeissaan I ja II, joista Opetusoppi I oli lähinnä opetussuunnitelmaoppi (Lehrplan). Siinä tarkasteltiin hyvin yksityiskohtaisesti opetusaineen valintaa ja järjestämistä eri aineiden kohdalla. (Soininen 1931)

Opetusoppi II puolestaan oli menetelmäoppi (metodioppi), jossa käsiteltiin muun muassa Herbartin teoriasta otettua mielteiden yhteenliittymistä eli apperseptiota ja metodista kokonaiskäsittelyä, joka näennäisesti poikkesi edellä mainitusta Reinin viisivaiheisesta käsittelystä. Soinisen esityksessä metodinen kokonaisuus muodostui kolmesta vaiheesta: Ensimmäinen on 1) havainnollisuuden aste, johon kuului valmistus sisältäen tehtävän ilmoituksen ja valmistavan keskustelun ja esitys sisältäen varsinaisen esityksen ja syventävän käsittelyn. Toinen vaihe koostui 2) käsitteellisyuden asteesta, johon kuului käsitteiden ja lakien muodostus ja muodostettujen käsitteiden järjestäminen. Viimeisessä vaiheessa oli 3) harjoituksen aste. Tässä vaiheessa asetettiin uusia päämääriä tehtävien avulla, joissa pyrittiin soveltamaan lakeja ja periaatteita. Lisäksi Opetusopissa II annettiin yksityiskohtaisia neuvoja muun muassa työtavoista ja kysymysten muotoilusta. (Soininen 1929)

2.3.2 Reformipedagogien opetussuunnitelmasta tieteelliseen opetussuunnitelmaan

Amerikassa oli jo 1800- ja 1900-luvun vaihteessa tuulia, jotka siirsivät herbartilaista opetussuunnitelmaa syrjään. Reformipedagogit etenkin John Dewey olivat luomassa uusia opetussuunnitelmamalleja. Deweyn malli, jota tämä käytti omissa kokeilukouluissaan, oli lähinnä prosessimalli. (Kelly 1999) Se ei saavuttanut tuohon aikaan menestystä, koska opettajat pitivät sitä vaikeaselkoisena. (Bowen 1981) Puolestaan Thorndike ja hänen seuraajansa saivat vallan Amerikan

opetussuunnitelmamarkkinoilla. (Miettinen 1990) Heidän tunnetuin opetussuunnitelmateoreetikonsa professori Bobbitt esitti malleja opetussuunnitelmien tekemiseen. Teoksessaan ”Curriculum” hän esitti, että opetussuunnitelman tekijän pitää ensin analysoida ihmisluonnetta ja ihmisen toimintoja. Tässä kohdassa opetussuunnitelman tekijän tehtävänä on selvittää valikoima tapoja, kuten taitoja, kykyjä, ajattelunmuotoja, arviointeja, päämääriä ja niin edelleen, joita luokan opiskelijat tarvitsevat tehokasta ammatissa toimimista varten. Tuon lisäksi täydellistä valikoimaa tarvitaan kansalais-, terveys-, virkistys- ja muita sellaisia aktiviteetteja varten. Näin pitäisi kattaa opetuksen tavoitteilla koko ihmiselämän mosaiikki. (Bobbitt 2004)

Koulujen opetussuunnitelmat pyrkivät hyvin pilkottuihin tavoitteisiin, joita ei saavutettu pelkkien suuntaamattomien kokemusten tuloksena, vaan vaadittiin täydellinen valikoima spesifisiä kasvatustavoitteita, jotka jakautuvat kahden osaan. Toinen koostui yleisten kokemusten mukaisista ajatuksista, joita ei tarvinnut harjoitella, ja toinen koostui niistä, joita oli saavutettu vajavaisesti tai ei ensinkään yleisten kokemusten avulla. Jälkimmäiset erotettiin edellisistä vaillinaisuuksien, virheiden ja puutteiden läsnäolon perusteella. Bobbittin mukaan näiden puutteiden korjaamiseen vaadittiin systemaattista suunnattua harjoitusta. Hän laatikin pikkutarkkoja listoja eri oppiaineisiin selvittämään virheitä ja tyyppien määrää. (Bobbitt 2004)

Artikkelissaan ”The New Technique of Curriculum-making” Bobbitt täydentää ja operationaalisti aikaisemmin esittämiään opetussuunnitelman laatimismalleja. Hän painotti, ettei opetus saa olla oppiaineen tiedon varastointia mieleen, vaan toimintaa: aktiviteetteja, huolehtimista ja käyttäytymistä. Ihminen oppi toimintaa toimimalla ja elämää elämällä. Käyttäytyminen ei ollut vain elämän tarkoitus, vaan elämän prosessi ja samalla kasvatuksen tarkoitus ja prosessi. Bobbittin mukaan uuden opetuksen päämäärä oli kaikilla tasoilla auttaa opiskelijoita elämään oikeilla tavoilla suuripiirteisesti ja yltäkylläisesti. Oikean elämän ja täydellisen kasvatuksen ydin tarkoittivat samaa asiaa. Koulutus oli ihmisen kehittämisprosessi. (Bobbitt 1924)

Sen jälkeen, kun saavutettiin koulutuksen toiminnallinen käsitys, mahdollisen tieteellisen tekniikan keskeinen piirre oli täydellisen selvä. Bobbittin mukaan koulutus oli elämään valmistamista ja elämä sarja aktiviteetteja. Siis piti löytää, mitkä aktiviteetit sopivat ihmiselämään ja mitkä voitiin toteuttaa koulutuksen tavoitteilla. Kuten on jo määritelty (Bobbitt 2004), opetussuunnitelma esittää sarjan opiskelijan kokemuksia ja aktiviteetteja, jotka tekivät mahdolliseksi opetuksen tavoitteiden saavuttamisen. Aktiviteettianalyysi yritti löytää erityisentyyppisiä aktiviteetteja, joita ihmisten pitäisi suorittaa tehokkaasti. Analyysin mukaan tehtävät pilkottiin pieniksi yksiköiksi. Tämä sopi hyvin liukuhihnatyön aikakauden tarpeisiin, jotta löydettiin kullekin työläiselle juuri sopiva tehtävä hinnan ääressä. (Bobbitt 1924; Miettinen 1990)

Eisnerin mukaan Bobbitt näytti olevan varsin tietoinen tosiasiaista, että opetussuunnitelman rakentaminen vaati käyttökelpoisten erojen muotoilua. Tällaisia eroja oli opetuksen, leikin ja työn aspektin välillä, ennako- ja päämääräesi-

tyksen välillä sekä yleisen ja ammatillisen opetussuunnitelman välillä vain muutamia, joita hän käytti teoksessaan "Curriculum". Näitä eroja hän käsitteli huolellisesti työssään "How To Make a Curriculum". (Eisner 1967)

Bobbittin mukaan koulutusongelmien ratkaiseminen voitiin tehokkaimmin hoitaa, jos käytettiin tieteellisiä toimintaohjeita - ja hän uskoi tämän olevan mahdollista. Vaikka hänen mielestään kasvatustieteet olivat vielä suhteellisen kehittymättömässä tilassa, voitiin käytössä olevia työkaluja käyttää tuloksellisesti ja eliminoida tuhlaus. Ehkä tärkein työkalu oli tehtävänälyysi. Sen tärkeys perustui oletukseen, että kouluopetuksen piti valmistaa lapsia ottamaan rooli tuottavina aikuisina. Koulu sai tukensa yhteiskunnasta, joten sen tulosten pitäisi palautua täydentämään ja ylläpitämään yhteiskuntaa, joka ensi sijassa mahdollisti koulutuksen. Bobbitt ei nähnyt tätä toimintaa vastakkaisena tai mahdottomana lapsen yksilöllisen tai omaperäisen kehityksen kanssa. Hänen näkemyksessään tavalliset taidot, joita ihminen tarvitsee sosiaalisesti käytännön elämässä, sisältyivät koulun yleiseen opetussuunnitelmaan. Tällaisen opetussuunnitelman tuli hallita koulun ohjelmaa lastentarhasta lukioon. (Eisner 1967)

Ero sen välillä, mitä aikuiset tekevät ja mitä lapset kykenevät tekemään, muodosti kuilun, joka piti ylittää opetussuunnitelman mukaisilla kokemuksilla. Tällaisen opetussuunnitelman rakentamistapa aiheutti lukuisia seurauksia. Ensiksikin laadittujen tavoitteiden kokoelma kasvoi satoihin ja kerran löydettyjä tavoitteita piti arvioida ja asettaa jaksoihin. Toiseksi, koska Bobbit suhtautui väheksyyn siihen, minkä hän uskoi olevan aikaisempien opetussuunnitelmatoimikuntien käyttämiä akateemisia ja epärealistisia oletuksia, hän painotti elämään liittyvien tavoitteiden muotoilua. Siis tavoitteet piti esittää aktiviteetteina. Bobbittille opiskelija ei ollut astia, joka piti täyttää, vaan aktiivinen organismi, jonka piti avautua. Kolmas opetussuunnitelman rakentamisen ongelma oli, ettei kiinnitetty riittävästi huomiota koulutus päämäärien muotoiluun. Vaikka Bobbitt oli tietoinen siitä, että ihmiset kiistelivät koulutuksen päämääristä, hän ei perustellut tätä kysymystä riittävästi. Ilmeni, että hänen olisi ollut järkevää käyttää tieteellisiä toimintaohjeita koulutuksen päämäärien löytämiselle. Yhteiskunnan muuttumisesta johtuen koulutus päämäärien jatkuva tutkiminen olisi ollut opetussuunnitelman kehittämisen tärkein aspekti. Hän ei kuitenkaan ollut mikään yhteiskunnallinen uudistaja. (Eisner 1967)

Kliebardin mukaan Bode hyökkäsi teoksessaan "Modern Educational Theories" (1927) Bobbittin tieteellisen opetussuunnitelman koulukuntaa vastaan. Bode ei todennäköisesti kuitenkaan osannut aavistaa, että koulutuksen tavoitteiden huolellisesta esispesifiointista ja aktiviteettianalyysista tulisi peruspääoma, josta melkein puoli vuosisataa myöhemmin kirjoitettaisiin monia kirjoja ja saataisiin kunniaa ja miljoonien dollarien tulot. Bode kritisoi Bobbittin tieteellistä opetussuunnitelmaa siitä, että se ei johtaisi sosiaalisen elämän paranemiseen. Hän ei tarkastellut ainoastaan sosiaalista merkitystä vaan myös sen vaikutusta lapseen ja pedagogiseen prosessiin itseensä. (Kliebard 1975)

Boden kritiikki oli sekä terävää että kertovaa. Hän väitti esimerkiksi, että tieteellisestä objektiivisuudesta oli tullut yhteiskunnan kokeilu- ja totuusarvojen säilyttämistapa. Bode ei protestoinut tieteellisen opetussuunnitelman mukaista

koulutuksen filosofiaa vastaan, vaan sitä, että se näytti olevan tieteellisten opetussuunnitelmien tekijöiden arvojen naamiointia ja peittelyä. Lisäksi Bobbittin suosituimman tavoiteluettelon kursorinen tutkiminen osoitti myös laajan toiminnanvapauden tavoitteiden erikoistumisen asteessa. (Kliebard 1975)

Tieteellisen opetussuunnitelman tekijöiden kuuliaisuus erikoistumiseen yhdistettiin Thorndiken käsitykseen ymmärryksestä, joka oli moninaisten irrallisten ja yksilöllisten toimintojen kooste. Bode puolestaan näytti olevan sitoutunut paljon laajempaan ajatusprosessien ymmärrykseen, ei pelkästään optimistisempaan käsitykseen harjoituksen siirtovaikutuksesta. (Kliebard 1975)

Käytännön ongelmana oli, että erikoistumistavoitteiden määrä nousi tuhansiin, jolloin oli mahdotonta määrittää, mitkä tavoitteet piti hyväksyä ja mitkä hylätä. Boden mukaan Bobbittin tutkimuksessa Los Angelesin 2000 opettajaa, jotka määrättiin Chicagon yliopiston 1500 graduopiskelijan laatiman luettelon kartoitukseen, olivat ongelmissa. Tavoiteluettelo esitti kyseenalaistamatta toivottuja kantoja ja taitoja partakoneen kunnossa pitämisestä kykyyn kertoa elävästi kiinnostavia tarinoita. Bobbittin tavoiteluettelon tarkastelu osoittaa, että Bode oli olennaisesti oikeassa. Vaikka olisi Boden tavoin kriittinen tieteellisen opetussuunnitelman tekemiseen, ei pitäisi olla kriittinen tieteeseen eikä myöskään koulutusprosessien tieteellisen tutkimuksen merkitykseen. (Kliebard 1975)

Stenhausen ja Kellyn luokittelun mukaan (kts. luku 2.3) voisi ajatella, että Bobbittin opetussuunnitelmat olisivat tavoitesuunnitelmia. Tavoitteet on kyllä pilkottu yksityiskohtaisiksi toimintaohjeiksi, etteivät nämä täysin noudata tavoiteopetussuunnitelman luokittelua. Toisaalta ne eivät myöskään noudata sisältöpohjaisen suunnitelman määrittelyä, puhumattakaan prosessiopetussuunnitelmasta. Tieteellistä opetussuunnitelmaa voidaan siis pitää atomistisena (Kelly 1989; Kliebard 1975; Miettinen 1984).

2.3.3 Tylerin opetussuunnitelmamalli

Selkeä tavoiteopetussuunnitelman teoreetikko oli Tyler, joka esitti ”Rationalensa” vuonna 1949. Teos ”Basic Principles of Curriculum and Instruction” oli hänen päätyönsä, vaikka hänellä oli lukuisia artikkeleja opetussuunnitelman alueelta koskien johtamista, konsultointia, julkaisemista ja opiskelijoita. Kiista, joka koski Tylerin päävaikutuksia opetussuunnitelman alueella, sekä kritiikki, joka oli tähdätty opetussuunnitelman kehittämisen reseptiin, liittyivät teoksen ensimmäiseen lukuun (Kliebard 1970). Tyler painotti, että tavoitteiden valinta oli opetussuunnitelman kehittämisen edellytys. Hän kuvasi kolme kohdetta, joihin nämä tavoitteet liittyivät: opiskelijat, yhteiskunta ja oppiaine. Tämän järjestelyn osuva ominaispiirre oli, että Tyler yritti sovittaa kiistaa kolmen eri tahon kanssa. Nämä olivat 1) edistysmieliset, jotka pitivät opiskelijaa ensisijaisena, 2) rekonstruktivistit, jotka painottivat yhteiskuntaa, ja 3) essentialistit, jotka puolustivat oppiainetta. Tylerin valikoiva kannanotto oli yritys muotoilla konsensusperusta, joka sallisi yksilöiden, joilla oli monenlaisia kasvatustilafilosofioita, työskennellä yhdessä opetussuunnitelman kehitysprosessissa (Antonelli 1972). Edellisessä luvussa (luku 2.2.2) mainittu Habermasin esitys kuuluu tähän joukkoon (Cohen ym. 2011).

Ediger käsitteli lyhyesti Tylerin merkitystä vuonna 2012. Tylerin mukaan tavoitteiden saavuttaminen vaati 1) opettajien ja opiskelijoiden kouluttamista eri opetussuunnitelman alueilla. Heti kun asia oli huolellisesti ratkaistu, 2) opettajien täytyi vastata kysymykseen, mitä oppimisaktiviteetteja tarvitaan, jotta oppijat saavuttaisivat tavoitteet. 3) Tylerin mielestä tuli opettaa erillisiä oppiaineita ja käyttää niissä toisiaan vastaavia (correlated), yhdistettyjä tai integroituja menetelmiä. Jokaisessa hyvässä suunnitelmassa piti vielä huomioida mahdolliset sisältöjen yhtäläisyydet. 4) Arviointiohjeita piti hyödyntää niin, että opiskelijat antaisivat näytön tavoitteiden saavuttamisesta. Tylerin suunnitelma painotti tämän lähestymistavan käyttöä opetussuunnitelman mukaisen opetuksen ja oppimisen suunnittelussa ja toteutuksessa. (Ediger 2012)

Luvussa 2.2.2 esitettiin Tylerin neljä peruskysymystä, joihin oli vastattava suunniteltaessa ja kehitettäessä opetussuunnitelmia. Ne olivat lyhyesti: koulutustavoitteet, sisällöt, menetelmät ja arviointi. Tyler painotti koulutuksen päämäärien ja tavoitteiden selkeää määrittelyä. Hän nimenomaan tarkasteli eri oppiaineiden tavoitteiden ilmoittamista, jotta tiedettiin, mihin aiotaan pyrkiä. Hänen mukaansa päämäärät olivat usein epämääräisiä. Opettaja saattoi esimerkiksi sanoa, että hän pyrki kehittämään hyvin kasvatetun ihmisen ja että hän opetti jotain ainetta, koska se oli oleellista hyvin tasapainoiselle koulutukselle. Päämäärien, joihin pyrittiin, tuli olla sellaisia, että ne eivät olleet kenenkään henkilökohtaisten mieltymysten aiheita. Niillä tuli olla kasvatusfilosofinen tausta sekä tietynlainen informaatio, joka tarjoaisi älyllisemmän perustan filosofian soveltamiselle tavoiteratkaisuja tehtäessä. Tylerin perusteiden vaatimukset olivat vaatimattomat, mutta ajan mittaan hänen ehdotuksensa opetussuunnitelman järkevälle kehittämiselle on nostettu melkein doktriiniseksi statukseksi (Kliebard 1970). Edelleen Kliebard kuvasi, että tämän doktriinin välttämättömin vaihe oli selvästi tavoitteet, koska kaikki muu jatkoi niistä ja odotti tavoitteiden ilmaisuja. Kuten Tyler esitti, ”Jos meidän pitää tutkia koulutusohjelmaa systemaattisesti ja intelligentisti, meidän täytyy olla ensin varmoja siitä, mihin koulutustavoitteissa pyritään”. (Tyler 1949)

Eri koulukuntien välisten kiistojen sovittelun pohjalta Tyler piti opetussuunnitelman tavoitteiden lähteenä opiskelijoita, yhteiskuntaa ja oppiainetta. Hänen mukaansa kasvatus oli prosessi, joka muuttaa ihmisten käyttäytymisen malleja. Käyttäytyminen laajassa merkityksessä sisälsi ajattelun ja tunteet yhtä hyvin kuin avoimen toiminnan. Kun koulutus nähtiin tällä tavalla, koulutustavoitteet edustivat käyttäytymisen laadullista muutosta, jolla koulu yritti vaikuttaa opiskelijoihin. (Tyler 1949)

Kliebardin mukaan Tyler siirtyi tarkastelemaan syitä opiskelijan tutkimisen vähäisyyteen: ”Oppijoiden tutkiminen itsessään pyrki tunnistamaan opiskelijoiden käyttäytymismallien tarpeelliset muutokset, joita koulun pitäisi yrittää tuottaa.” Näin seurasi tarpeiden laaja pohdinta, kuinka ne myötävaikuttivat koulutustavoitteiden määrittämiseen. Tarpeiden käsittäminen opetussuunnitelman kehittämisen perusteeksi ei ollut uusi asia Tylerin käyttäessä sitä vuonna 1949. Se oli ollut opetussuunnitelmakirjallisuuden pysyvä elementti noin kolme vuosikymmentä. Kun sitouduttiin homeostaasin biologiseen käsitteeseen (elimistön

biologinen tasapainotila), termillä "tarpeet" näytti olevan selväpiirteinen merkitys. Nälkä esimerkiksi voitiin kätevästi muuttaa ruuan tarpeeksi. Tyler oivalsi terävästi, että tarpeen käsitteellä ei ole mitään merkitystä ilman normien asettamista, ja että hän kuvasi tutkimuksen tyyppiä, jonka hän kaavaili pääasiallisesti kaksivaiheiseksi prosessiksi: "ensiksi opiskelijan läsnä olevan statuksen löytäminen, ja toiseksi statuksen vertaaminen hyväksyttäviin normeihin, jotta tunnistettaisiin tarpeet tai puutteet." Tämä muotoilu oli virtuaalisesti identtinen sille, mihin Bobbit viittasi puutteina teoksessaan "The Curriculum" vuonna 1918. Tylerin versiossa avaintermi oli "hyväksyttävät normit". Ne eivät olleet itsestään selviä eikä niitä ollut ollut helppo muotoilla. (Kliebard 1970)

Pyrkimys johtaa tavoitteet Tylerin aikaisen elämän tutkimisesta oli vaikea toteuttaa, koska kouluille sysättiin valtavasti kasvanut tietokokonaisuus tieteen saavutusten ja tapahtuneen teollisuuden vallankumouksen takia. Ennen tätä aikaa tarkasteltava materiaalirunko oli riittävän pieni niin, että ei ollut kovin suuri ongelma valita tärkeimpiä kulttuuriperinnön elementtejä. Suunnattoman tiedonkasvun takia koulut eivät löytäneet enää mitään mahdollisuutta sisällyttää ohjelmaansa sitä kaikkea, jonka tiedemiehet hyväksyivät. (Tyler 1949)

Tylerin "Rationalen" (1949) aikoihin oli kaksi yleisesti käytettyä perustetta, joilla analysoitiin sen aikaista elämää. Niiden avulla pyrittiin saamaan koulutustavoitteiden ehdotukset käyttöön. Koska sen aikainen elämä oli niin monimutkaista ja koska elämä muuttui jatkuvasti, oli hyvin tarpeellista keskittää koulutusponnistelut tämän monimutkaisen elämän kriittisiin aspekteihin. Samoin oli keskityttävä niihin aspekteihin, jotka olivat tärkeitä juuri tuona aikana niin, ettei tuhlattu opiskelijoiden aikaa asioihin, jotka olivat tärkeitä puoli vuosisataa aikaisemmin, mutta joilla ei ollut merkitystä nyt eletävänä aikana. Toinen peruste aiheutui tuloksista, jotka liittyivät harjoituksen siirtämiseen. Niin kauan kuin opettajat uskoivat, että opiskelijan olisi mahdollista harjoittaa ajatusmaailmaansa ja yleensä ajattelukykyään sekä käyttää näitä missä tahansa sopivissa olosuhteissa, ei olisi kovinkaan paljon elämän analysoimisen tarvetta. (Tyler 1949)

Kuten Bobbitt, joka kannusti aktiviteettianalyysin käyttöä opetussuunnitelman alueella, myös Tyler suositteli, että elämä jaettaisiin helposti käsiteltäviin luokkiin. Sen jälkeen lähdettäisiin keräämään erilaisia tietoja, jotka voitaisiin kiinnittää näihin luokkiin. Erityisesti yksi Tylerin esimerkeistä oli Bobbittin esityksen kaltainen: "Koulun opiskelijat saivat vanhemmiltaan useita päiviä varten ongelmia, joita heidän täytyi ratkaista aritmeettisesti. Tämän ongelmavalikoiman kerääminen ja analyysi olivat tärkeitä, koska valikoiman tehtävät sisälsivät aritmeettisiä operaatioita ja eräänlaisia matematiikan ongelmia, joita yleisesti aikuiset kohtasivat, ja jotka tulivat aritmetiikan opetussuunnitelmaan". (Kliebard 1970)

Tyler pyrki olemaan Bobbittia tietoisempi perinteisestä kritiikistä, joka tähdättiin tätä lähestymistapaa vastaan. Bode esimerkiksi huomautti kerran, että mikään ihmisten tuntema tieteellinen analyysi ei voi määrittää haluttavuutta tai jonkin tarvetta. Kysymys siitä, tarvitsiko kunta, jossa oli tietty määrä murtovarkauksia, suuremman poliisivoiman vai oliko enemmän murtoja kerrassaan asia, mitä kunta odotti. Tylerin epäsuora vastaus tähän ja muuhun perinteiseen lähestymis-

tavan kritiikkiin vaati perustelua, sillä sen hetkisen elämän oleelliset perustelutkimukset eivät muodostaneet ainoakaan oleellista tavoitteiden johtamisen pohjaa. Tietenkin perustelua vaati myös se, että tutkimuksia täytyi tarkastella hyväksytyä kasvatustutkimusta vasten. (Kliebard 1970)

Essentialistien mukaan oppiaineiden asiantuntijoiden näkemykset piti ottaa huomioon oppimistavoitteiden lähteenä. Tyler toimi sen mukaisesti. Koulun oppikirjoja kirjoittivat tavallisesti aineen asiantuntijat ja kirjat välittivätkin suuresti heidän näkemyksiään. Koulun valmistamat oppiaineiden kurssit olivat tavallisesti ainespesialistien laatimia ja kurssit edustivat heidän käsitystään tavoitteista, joita opiskelijoiden piti saavuttaa. Opetussuunnitelmakomitean (Committee of Ten) raporteilla, joissa tuotiin esiin koulutusnäkömystä vuosisadan vaihteesta (1892) lähtien, oli syvällisin vaikutus Amerikan toisen asteen koulutukseen ainakin kahdenkymmenenviiden vuoden ajan. Oppiaineasiantuntijat laativat nämä raportit sekä esittivät opetussuunnitelman tavoitteet, joita pyrittiin toteuttamaan laajasti tuhansissa toisen asteen kouluissa. (Tyler 1949)

Tylerin mukaan monet ihmiset kritisoivat aineasiantuntijoiden käyttöä perustein, että tavoitteet, joita he ehdottivat, olivat liian teknisiä, liian erikoituneita tai olivat muulla tavalla sopimattomia suurelle määrälle koulujen opiskelijoita. Todennäköisesti monien oppiaineiden asiantuntijoiden esittämien tavoiteluetteloiden sopimattomuus nousi siitä tosiasiasta, että näiltä asiantuntijoilta ei oltu kysytty oikeita kysymyksiä. Asiantuntijat (Committee of Ten) ajattelivat, että pitäisi vastata kysymykseen: millaista perusopetuksen pitäisi olla opiskelijoille, joiden piti suorittaa myöhemmin paljon edistyneemmän tason opintoja. Tätä ei yleensä pitäisi kysyä aineiden asiantuntijoilta toisen asteen opetussuunnitelmaa koskien. Kysymys voisi olla seuraava: Miten aineesi voisi vaikuttaa niiden nuorten ihmisten, koulutukseen jotka eivät jatka alallasi asiantuntijaksi saakka? Jos asiantuntijat osaisivat vastata tällaiseen kysymykseen, he voisivat tehdä suuren vaikutuksen, koska heillä olisi erityisalueen varteenotettavaa tietoa ja monella heistä olisi ollut mahdollisuus nähdä, mitä tämä aine oli vaikuttanut niihin, joiden kanssa he olivat työskennelleet. (Tyler 1949)

Kliebard arvosteli Tylerin esittämiä oppiaineiden asiantuntijoiden ehdotuksia opetussuunnitelmien tavoitteiksi. Hänen mukaansa ne näyttivät mielenkiintoisesti vääristyneiltä ja asiaankuulumattomilta. Ehkä tämä johtui siitä, että Tyler aloitti "Rationalen" kappaleen opetussuunnitelmakomitean (Committee of Ten) roolin ja toiminnan syvällisesti väärin ymmärtäen. Hän luki komitean syyksi tavoitteiden valikoiman, jota hänen väitteensä mukaan olivat seuranneet jatkuvasti tuhannet toisen asteen koulut. Tosiasiassa tavoitteiden käsitettä Tylerin määrittelemässä mielessä ei käytetty, ja todennäköisesti tämä ei myöskään edes tullut komitean jäsenten mieleen. Opetussuunnitelmakomitean esittämät eivät olleet tavoitteita, vaan neljä ohjelmaa: klassiset aineet, latinatieteelliset ja modernit kielet sekä englanti. Jokaisen ohjelman alla oli aineluettelo, joka koostui neljästä oppikurssista. Mukaan oli liitetty eri komiteoiden raportit siitä, mitä sisältöjä ja mitä menetelmiä tulisi käyttää eri oppiaineissa. (Kliebard 1970)

Oppimiskokemusten valintaa ja organisointia Tyler käsitteli niin, että hän tunnisti välttämättömän ongelman, joka oli yhteydessä oppimiskokemuskäsittelyn kanssa, mutta hän ohitti sen nopeasti. Ongelma oli, kuinka opettaja tai opetussuunnitelman tekijä kykenisi valitsemaan oppimiskokemukset, kun ne määriteltiin vuorovaikutuksena opiskelijan ja ympäristön välillä. Määrittelyn avulla oppimiskokemus liittyi opiskelijan käsityksiin, kiinnostuksen kohteisiin ja aikaisempiin kokemuksiin. Tämä osa oppimiskokemusta ei ollut opettajan vallassa valita. Tyler oli kuitenkin hyvin tietoinen siitä, että opettaja voi kontrolloida oppimiskokemuksia ympäristöä manipuloimalla, esimerkiksi järjestämällä tilanteiden virittämistä – tilanteiden, jotka herättivät halutunlaisen käytöksen. Tällaisten halutun käytöksen herättävien tilanteiden käyttö antoi selkeä behavioristisen viestin, vaikka sitä ei pohdittukaan. (Kliebard 1970)

Kliebard käsitteli vielä Tylerin arviointiprosessia. Siinä määriteltiin koulutustavoitteiden laajuus. Tavoitteiden toteaminen ei vain palvellut oppimiskokemusten valinnan ja organisoinnin perusteena, vaan se toimi myös standardina, jota vasten ohjelmaa arvioitiin. Tylerille siten arviointi oli prosessi, jolla täsmätettiin alkuperäiset odotukset käyttäytymistavoitteiden muodossa verrattuna tuloksiin. Sellaisella käsityksellä oli tietty järkevä vetovoima, ja erityisesti vahvistuttuaan teollisuuden malleilla ja systeemien analyysillä se näytti tarjoavan äärimmäisen viisaan ja käytännöllisen tavan arvioida liiketoimen menestystä. Tämä viittasi vahvasti Bobbittin töihin. (Kliebard 1970)

Moitteista huolimatta Tylerin perustelu oli käyttökelpoinen työkalu opetussuunnitelman tekijöille vuosikymmeniksi. Yhtenä syynä tähän oli sen järkevyyden ja johdonmukaisuus. Se oli erittäin sopiva opetussuunnitelman kehittämisen viitekehys. Se sovitteli asianmukaisesti ääritapauksia ja vältti vaaroja, joihin teoreettiset syyllistyivät. Yhdessä merkityksessä Tylerin perustelu oli ehdoton. Jossain muodossa se pysynee aina opetussuunnitelman kehittämisen mallina niille, jotka ymmärtävät opetussuunnitelman monimutkaisena koneistona. Sen avulla hioamaton raakamateriaali, joka tulee lasten mukana kouluun, muuttuu valmiiksi ja käyttökelpoiseksi tuotteeksi. Tylerin mallilla vältetään suunnitelma, joka perustuu minuuttiaikatauluun suurten linjojen sijaan. (Kliebard 1970)

2.3.4 Spiraaliopetussuunnitelma

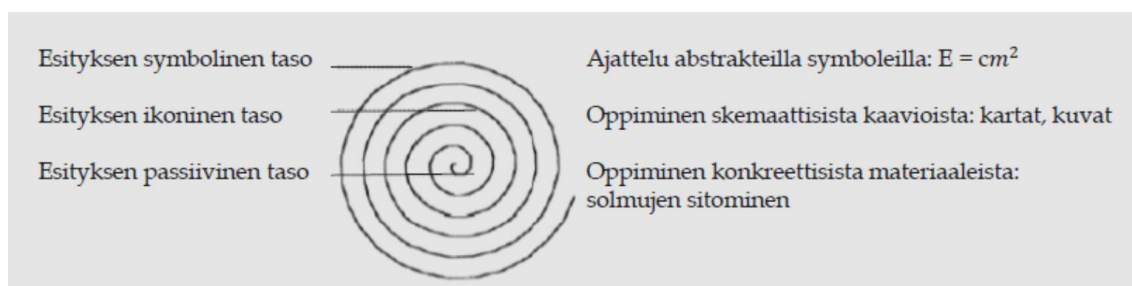
Spiraaliopetussuunnitelmassa aihepiiriä, oppiainetta tai teemaa toistetaan läpi koko kurssin. Spiraaliopetussuunnitelman mukaisessa opetuksessa aihetta kerätään, syvennetään ja aina, kun aiheeseen palataan, lisätään uusi elementti aikaisemmin opittuun (Harden & Stamper 1999). Käsitteen kuvasi Bruner teoksessaan ”Process of Education” (Bruner 1960/1977). Harden ja Stamper ovat koonneet spiraaliopetussuunnitelman periaatteen seuraavaan:

”Minua kosketti tosiasia, että menestykselliset ponnistelut hyvin rakennettujen tietorunkojen, kuten matematiikassa, fysikaalisissa tieteissä ja myös historian alueella, opettamiseksi ottivat metamorfisen spiraalin muodon, jossa ideoiden tai operaatioiden valikoimaan jollain perustasolla lisättiin lähes intuitiivisesti ja hallitusti uutta, jota siten käsiteltiin edelleen ja jäsennettiin uudelleen formaalisemmalla tai

operationaalisemmalla tavalla. Silloin uudet tiedot yhdistettiin entisiin ja tällöin hallittiin asiat yhtä askelta korkeampana formaalisen tai operationaalisen täsmällisesti uudella abstraktion ja kokonaisvaltaisuuden laajemmalla tasolla. Tämän prosessin lopputilassa hallittiin yhdistetty kokonaisuus ja oli saavutettu suuren tietorungon rakenne.” (Harden & Stamper 1999)

Harden ja Stamper ovat kuvanneet spiraaliopetussuunnitelman piirteitä neljällä kohdalla. Ensimmäinen kohta on, että aihepiiri toistuu. Opiskelija toistaa siis aihepiiriä, teemaa tai aihetta lukuisia kertoja kurssin aikana. Toisena kohtana on vaikeustasojen lisääminen, mikä tarkoittaa, että jokaisella kerralla lisätään tavoitteita ja tarjotaan uusia oppimismahdollisuuksia, jotka johtavat lopulta kokonaistavoitteisiin. Kolmanneksi uusi informaatio tai lisätyt taidot yhdistetään suoraan spiraalin aikaisempaan vaiheeseen. Aikaisemmin opittu on edellytys myöhemmälle oppimiselle. Kun uusia tietoja ja taitoja lisätään peräkkäisillä oppitunneilla, ne vahvistavat sitä, mikä tiedetään ennestään ja nivoutuvat aikaisemmin opittuun informaatioon. Neljänneksi opiskelijan tiedot ja taidot lisääntyvät jokaisella kerralla, kunnes lopulliset kokonaistavoitteet on saavutettu. Lisääntyneet tiedot ja taidot voidaan testata arviointikokeilla. (Harden & Stamper 1999)

Eflandin mukaan kognitionäkemyksiä, jotka vaikuttivat 1960-luvun jälkipuoliskolla, voitiin rinnastaa 1980-luvun loppupuolen ja 1990-luvun alun opetussuunnitelmauudistuksiin. Brunerin kehittämän kognition ideoita verrataan monien 1990-luvun vaihteen tutkijoiden teoreettisiin ponnistuksiin. Brunerin näkemys, jota hän nimitti spiraaliopetussuunnitelmaksi, aiheutti kognitiivisten rakenteiden esityksiä. Ne perustuivat hierarkiakäsitykseen, jonka mukaan aikaisemmin opittu tarjoaa perustan myöhemmälle oppimiselle. Tämä malli vaikutti 1960-luvun vaihteessa esimerkiksi ”uuteen matematiikkaan” ja lukuisiin projekteihin fysikaalisissa ja sosiaalisissa tieteissä. Malli voidaan esittää kuvan 1 mukaisesti. (Efland 1995)



Kuvio 1 Spiraaliopetussuunnitelman malli (Efland 1995)

Edelleen Eflandin mukaan spiraali oli käyttökelpoinen tapa kuvata varhaisen oppimisen vaikutusta myöhempään, jossa sisällön spesifisen piirteen jokaisella toistolla spiraali laajenee ja tulee kattavammaksi. Lisäksi se oli käyttökelpoinen tapa selittää kognitiivisia merkityksiä esimerkiksi, kun puutteet varhaisessa oppimisessa ehkäisevät myöhemmän oppimisen kehittymistä. Bruner uskoi, että

varhaiset oppimiskokemukset parantavat enemmän tai vähemmän elämää varten tapahtuvaa myöhemmän tiedonhankinnan tehokkuutta. Jos valmius matemaattiseen tai verbaaliseen oppimiseen ei ole kunnossa ajallaan, lasten saavuttamien perustasojen taidot eivät koskaan kehity täysin. Hän painotti valmiuden rakentamista myöhempää oppimista varten lisäämällä oppiaineen johtavia ideoita lapsen varhaisiin oppimiskokemuksiin. (Efland 1995)

Vuonna 1960 Bruner julkaisi suosituksen hypoteesin, josta tuli opetussuunnitelmauudistuksen eräänlainen tarkistusleima tuon aikakauden ponnisteluille. Hän vakuutti, että mitä tahansa oppiainetta voidaan opettaa tehokkaasti jonkin verran intellektuaalisesti kenelle tahansa lapselle millä tahansa kehitystasolla. Se oli vahva hypoteesi ja oleellinen ajateltaessa opetussuunnitelman luonnetta. Hän kommentoi tarkemmin tätä ideaa kuvaamalla, mitä hän näki lapsissa: ”Oli vain vähäisiä peruseroja heidän älyllisen kasvunsa eri vaiheissa. Jokaisella kehitystasolla lapsella on luonteenomainen maailmankatsomus ja tapa sen selittämiseksi itselleen. Tehtävänä, kun oppiainetta opetetaan lapselle missä tahansa iässä on, että lapsi saa jotain tuon oppiaineen rakenteen esittämisestä oman kehitystasonsa mukaisten katsomistapojen suhteen.” (Bruner 1960/1977) Yleinen hypoteesi, joka juuri esitettiin, on tarkastellun käsityksen peruste, jonka mukaan mikä tahansa idea voidaan esittää hienovaraisesti ja käyttökelpoisesti kouluikäisten lasten ajattelumuodoissa ja nämä esitykset voidaan myöhemmin toistaa tehokkaammin. (Efland 1995)

Cowanin ym. mukaan Bruner näki teoksessaan ”The Education of Culture” matematiikan sekä tietorunkona että tutkimuskäytäntönä. Hän tunnisti kahden eri kansanviisauden olemassaolon. Ensimmäinen näki oppijan mielen tyhjänä tauluna. Toinen teoria tunnisti lapsen ajattelijana. Bruner edellytti, että kaikki lapset tulevat kouluun mukanaan matemaattista intuitiota, mikä tarkoitti numeroiden ja aritmetiikan peruskäsityksiä. Usein ne olivat väärinkäsityksiä niin, että opettajan piti huomata ja korjata nämä intuitiot haastamalla lapsen teorian ja antamalla hänen muuttaa väärinkäsitykset oikeiksi. Siksi heille täytyi antaa mahdollisuuksia käyttää matematiikkaa tutkimuskäytäntönä, jonka avulla päästään keksivään oppimiseen. Tämän ei kuitenkaan pitäisi torjua tosiasioiden ja algoritmien oppimista. Bruner väitti vuonna 1960 esimerkiksi, että laskennallinen käytäntö voi olla tarpeellinen askel matematiikan käsitteellisten ideoiden ymmärtämiselle. (Cowan ym. 1998)

Brunerin spiraaliperiaate vaikutti myös Suomen koulujen 1970- ja 1980-luvun oppimateriaaleihin. Kiinassa on käytetty spiraaliopetussuunnitelmaa, ja Johnstonin mielestä sen ansiosta Kiinassa luonnontieteiden opetus on korkeammalla tasolla kuin Yhdysvalloissa. Opetussuunnitelmien mukaan Yhdysvalloissa kemiaa opetettiin yhden vuoden ajan, jonka jälkeen oli kahden vuoden tauko. Tauon aikana opetettiin biologiaa ja fysiikkaa. Myös Suomessa vuoden 2003 lukion kemian perusteiden orgaaninen kemia noudatti jonkinlaista spiraalia (kts. luku 6.6). (Johnston 2012)

2.3.5 Tavoiteoppimisen malli

Tavoiteoppiminen, joka ilmaistaan englannin kielellä mastery learning tai mastery for learning, on itse asiassa peräisin jo 1920- ja 1930-luvuilta, jolloin useissa opetuksen erityissysteemeissä opiskelijoita vaadittiin osoittamaan formatiivisessa testissä jokaisen oppitunnin hallinta ennen pääsyä uuden aiheen opiskelemaan. Kuitenkin tavoiteoppimisohjelmat tulivat tärkeiksi piirteiksi vasta 1960-luvulla. Silloin useat kouluttajat kehittivät opetusmetodologioita, joissa tavoiteoppiminen näytteli avainroolia. Ehkä tärkein oli Bloomin tavoiteoppiminen (Learning for Mastery). Siinä oppimateriaalit jaettiin pieniin osiin ja opiskelijat suorittivat materiaalin jokaisesta osasta formatiivisen testin. Bloomin tavoiteoppimisen kursseilla opettaja oli läsnä ja opiskelijat etenivät yhtenäisesti opettajan kontrolloimaa vauhtia. Kulikit mainitsevat myös Kellerin personalisoidun opetussysteemin (Personalized System of Instruction), joka poikkesi Bloomin systeemistä mm. siinä, että opettaja ei ollut läsnä ja opiskelijat etenivät omaa tahtiaan. Lisäksi opiskelijan tuli opiskella aineistoa niin kauan, että kykeni osoittamaan sen hallinnan. (Kulik & Kulik 1990)

Bloomin mukaan tutkittaessa yksilöllisiä eroja rajoitettiin monissa ponnisteluissa yksilöiden vertailuun älykkyys-, soveltuvuus ja saavutustesteillä. Nämä testit vertailivat yksilöitä tiettyssä iässä, kouluarvioinnissa tai valittujen kouluaineiden suoritustasossa tietyn kouluvuoden jälkeen. Useimmat näiden standardisoitujen testien normeista olivat yhteydessä aikaan, jonka yksilöt olivat käyttäneet tiettyyn määrään opiskelua. Bloom oli havainnut näiden testien pisteytyksessä suuren hajonnan. Testaustoiminnassa käytettyjen mittarien takia oli vaikeaa asettaa näitä pisteitä absoluuttisiin asteikkoihin. Lopulta ei ollut suoraa tapaa määrittää oppijoiden tasoeroja testipisteiden perusteella. (Bloom ym. 1974)

Tavoiteoppiminen on filosofisesti perusteltu luokkaympäristöjen suunnitteluun tarkoitettu lähestymistapa, josta on väitetty kasvatustutkimuksessa ja kehitysyhteisöissä. Oleellisesti filosofian mukaisesti on väitetty, että sopivissa opetusolosuhteissa käytännöllisesti katsoen kaikki opiskelijat voivat oppia hyvin. Lisävaatimus on, että opettajat osaavat opettaa niin, että kaikki opiskelijat oppivat hyvin. Näin perustellun tavoiteoppimisen pitäisi lisätä opiskelijoiden mahdollisuuksia sekä lyhyt- että pitkäkestoiseen selviytymiseen. Heidän pitäisi kyetä hankkimaan perustason älylliset valmiudet, jotka auttavat varmistamaan, että he voivat aloittaa seuraavan tason opinnot, jotka heidän koulunsa ja aikanaan ammattinsa vaativat heiltä. Edellä esitettyjen älyllisten valmiuksien avulla heidän pitäisi kyetä hankkimaan opiskeluun joitain positiivisia tuntemuksia, jotta he voivat aloittaa seuraavan tason opinnot. Hallitakseen opettamisen opettajien pitäisi parantaa ammatillisen selviytymisen mahdollisuuksiaan. Siksi opettajien pitäisi hankkia kokemusta, jonka avulla heidän toimintansa johdonmukaisesti nostaa mahdollisimman suuren opiskelijajoukon opetuksen korkealle tasolle. (Block ym. 1976)

Bloom työryhmineen uskoi, että aika voi olla käyttökelpoisin tapa määrittää yksilöllistä vaihtelua, erityisesti, jos asetetaan saavutuksille kiinteät kriteerit.

Heidän tavoiteoppimisen tutkimuksensa alkoivat tuottaa kouluoppimisen yksilöllisestä vaihtelusta johtuvia arvioita, joiden saamisessa he käyttivät saavutusten kiinteitä kriteerejä varioimalla aikaa ja annettavaa apua. Heidän mukaansa kulutettu aika (oppimisolosuhteiden muutos) poikkesi suhteessa 5:1. Tämä on alkuperäisen eron hyvä approksimaatio tutkitun ryhmän oppimisnopeuteen. Tätä voidaan pitää hyvin karkeana oppimisen inhimillisen vaihtelevuuden mittarina. Käytettäessä tavoiteoppimista kurssin loppua kohti suhde muuttui 3:1. Kuitenkin tämä viittaa kulutettuun aikaan, mikä tarkoittaa kulutetun ajan ennätystä, kun opiskelija työskentelee oppimistehtävän parissa. (Bloom ym. 1974)

Arlinin (1983) ja hänen työtoveriensa havainnot olivat samansuuntaisia, mutta kertoivat vielä selvemmin ajan tuhlauksesta. Siis vastakohta tavoiteoppimisen teoreetikkojen väitteisiin oli, että yksilölliset erot ajassa ja oppimisnopeudessa pysyivät samana kokeen ajan, joten nopeiden opiskelijoiden täytyi odottaa hitaampia. Näin ollen ryhmäperusteisen tavoiteoppimisen kasvanut suoritushyöty näytti kasvaneen nopeiden oppijien hukka-ajan ja ylimääräisen tukiajan kustannuksella, joten heidän mukaansa tavoiteoppimisen teoreetikkojen pitäisi tarkistaa näiden tulosten huomioonottamista. (Arlin ym. 1983)

Arlin jatkoi seuraavana vuonna aiheen käsittelyä. Hänen mukaansa tavoiteoppimisen teoreetikot esittivät väitteitä oppimisajan vaihtelun vähentymisestä opiskelijajoukossa. Jos väite olisi validi, sillä pitäisi olla kauaskantoisia seurauksia yksilöllisten erojen luonteeseen ja kasvatustulosten yhtäläisyyteen. Nämä väitteet virittivät tuntuva vastustusta. Sen vuoksi Arlin yritti arvioida sekä tavoiteoppimisen puolustajien, että kriitikkojen väitteitä oppimisajan erojen kontekstissa. Keskusteltiin historiallisten väitteiden vakaudesta muuttuvia eroja ja Bloomin ajankohtaisiin tasauskäytäntöihin perustuvaa vaatimusta vastaan. Pääteltiin, että todistuksen paino ei tue muuttuvien erojen hallintatilannetta yhtä vakuuttavasti kuin se tukee pysyvien yksilöllisten erojen tilannetta. Esitettiin, että tämän väittelyn kysymykset kuvaavat yhtä lailla aika- ja suoritusmalleja, jotka voivat olla johdonmukaisia yhteisen opetuksen useimmille lähestymistavoille. (Arlin 1984)

Block työtovereineen puolestaan uskoi, että tärkein heidän tutkimuksensa käytännön seuraus oli, että tavoiteoppimisstrategiat voivat edustaa yhtä noista opiskelijan oppimisen parantumiseen johtaneista pääläpimurroista, joita kasvatuksen tutkimus- ja kehitysyhteisö on etsinyt. Tätä uskomusta ennusti tosiasia, että strategiat ovat kohdanneet täysin tai osin yleiset tutkimuskriteerit, joita muut opetuksen lähestymistavat eivät ole onnistuneet kohtaamaan. Niitä on käytetty kouluissa kaikilla tasoilla, ne ovat tuottaneet tiettyjä kuvaavia tuloksia opiskelijoiden oppimisesta ja niitä on opetettu opettajille. (Block ym. 1976)

Slavin (1987) myös tarkasteli tavoiteoppimista. Hänen mukaansa tavoiteoppiminen viittasi suureen määrään opetusmenetelmiä. Tavoiteoppimisen menetelmien periaatteellinen määrittelyn piti kuvata esityksen kriteeritaso niin, että toteutuksessa säilyi annetun taidon tai käsitteen hallinta, opiskelijan prosessin hallintakriteeriin kohdistuva arviointi ja opetuksen oikeanlaiset ehdot aktivoimaan opiskelijoita, jotka eivät alun perin kohtaa hallintakriteerejä. Bloom myös

painotti vihjeiden, palauteen ja vahvistamisen käyttöä tavoiteoppimisen elementteinä. Nämä kuitenkin eivät olleet yksiselitteisesti määritettyjä luonteenpiirteitä. Ennemmin tavoiteoppimisen lähestymistavan määritti ajan organisointi ja resurssit, jotka varmistivat, että useimmat opiskelijat kykenivät hallitsemaan opetustavoitteet. (Slavin 1987)

Bloom työryhmineen oli kuitenkin löytänyt joitain kognitiivisen alueen todisteita strategian tehokkuudesta. Parhaat tulokset havaittiin testausteoriankursilta, jossa kyettiin käyttämään rinnakkaisia saavutustestejä useiden vuosien kursseilla. Testitulokset olivat parantuneet vuosi vuodelta. Poikkeama keskiarvosta oli ensimmäisenä vuonna hyvin merkitsevä. Strategian affektiiviset seuraukset eivät olleet vastaavalla tasolla, sillä vain pieni osa opiskelijoita pääsi korkeimmalle tasolle, joten ennakkoon laadittu arviointiasteikko jäi saavuttamatta suurimmalta osalta opiskelijoita. Hallinnan täytyi olla sekä opiskelijan omakohdaisen saavutuksen mukaista että koulun tai yhteiskunnan julkisesti tunnustamaa. Julkisen tunnustamisen täytyi tapahtua opettajan tai koulun hyväksymän arvioinnin muodossa. (Bloom ym. 1968)

Monet tavoiteoppimisen arvostelijat (esim. Resnick 1977) ovat ihmetelleet, siirtääkö tavoiteoppiminen yksinkertaisesti vakiomäärän oppimista menestyksekkäiltä suorittajilta vähemmän menestyneille. Todiste tällaisesta arvioinnista ei ole epäjohdonmukainen tuon näkemyksen kanssa, sillä monissa tutkimuksissa positiivisia vaikutuksia havaittiin vain alisuoriutujilla. Tosiasiassa suoritustaitoja ei paranna ryhmäperustainen tavoiteoppiminen. Rutiininomaisesti nähtynä näiden menetelmien tutkimisessa havaittu standardipoikkeaman pieneneminen ja vastaavat alku- ja lopputestien välisen korrelaation väheneminen ovat yksinkertaisesti siirtymän tilastollisia tunnistimia, jotka kuvaavat suoritusta hyvin menestyneiden ja huonosti menestyneiden välillä. Täsmällisemmin sanottuna ryhmäperustainen tavoiteoppiminen kilpailee hallinnan kattavuuden kanssa. Oppimisenopeuden kattavuuden vuoksi sen piti hyödyttää eniten hyvin menestyviä, kun taas korkea hallinta hyödytti eniten alisuoriutujia. Siksi kattavuus-hallintadilemman ratkaiseminen voi tuottaa sivutuotteena Robin Hood -vaikutuksen. (Slavin 1987)

Resnick arvioi kriittisesti tavoiteoppimisen väitteitä, jotka Bloom oli koonnut muutamaksi oletukseksi. Ensimmäinen oletus oli, että mitä tahansa, mikä pitää oppia, voidaan pilkkoa komponentteihin, joiden summa määrittää osaamisen annetulla alueella. Toiseksi ja ydinasiana oli, että kouluoppiminen oli hierarkista. Tämä tarkoitti, että asiat, jotka opetetaan myöhemmissä opetusjaksoissa, eivät ole sattumanvaraisesti valittuja, vaan ne johdetaan aikaisemmista asioista. Näin ollen nämä aikaisemmin opitut asiat olivat edellytys asioille, joita opetetaan myöhemmin. Epäonnistuminen on kumuloituvaa, joten prosessin jatkuessa läpi opetussuunnitelman mahdollisuus päästä mukaan uudelleen tulee aina vain pienemmäksi. Lisäksi koska harvat opiskelijat epäonnistuvat jokaisella peräkkäisellä tasolla, vaihtelevuus kasvoi aina testatussa osaamisessa, kun ryhmä opiskeli opetussuunnitelmassa esitetyt asiat. Tämä oli Bloomin esittämä vaihtelevuus, jota voitiin vähentää tai myös eliminoida sopivilla opetusponnisteluilla eli käytämällä tavoiteoppimisen strategiaa. (Resnick 1977)

Vaikka Bloom saattoi olla liian innostunut päätelmissään, todiste tuki hänen ensimmäistä väitettään, että tavoiteoppimisen toimintaohjeet voivat tehdä mahdolliseksi useimmille opiskelijoille oppia kaiken opetussuunnitelmassa olevan. Kuitenkin toisesta väitteestä, että oppimisnopeuden vaihtelevuus voi ja sen pitäisi kadota tavoiteopettamisessa, Resnick oli toista mieltä. Tavoiteoppimisen strategiat muuttivat koulun järjestelyjä mitä tahansa erityisaihetta varten niin, että jokainen yksilö sai niin paljon aikaa kuin tarvitsi tuon aiheen hallintaan. Jollei ajan vaihtelevuutta todella saada vähennettyä mitättömäksi, tavoiteoppimisen todelliset mahdollisuudet nousevat tärkeiksi huoliksi kasvatuspäämäärille ja tavoitteille. Siis mitä nämä nopeimmat oppijat tekevät ajalla, jota he eivät tarvitse opetussuunnitelman hallintaan. Resnick esitti ratkaisuksi itseohjaavia opetusohjelmia, joita suunniteltiin sekä varmistamaan perusehtojen hallinta opetuksen peräkkäisillä jaksoilla että sallimaan yksityisten opiskelijoiden eteneminen omalla optiminopeudella. Voitiin myös käyttää tietokoneavusteisia ohjelmia. Muuten kurssin kanssa tuli toimia kuten normaalissa opetuksessa kokeineen ja testeineen. (Resnick 1977)

Tästä oli seurauksena, että tavoiteoppimisen tulokset pystyttiin määrittämään oppimistulosten pienempänä hajontana vain opiskeltaessa materiaalia rajoitetulla tavalla. Riippuiko Bloomin väite siitä, että melkein jokaista voitiin opettaa tehokkaasti perustaitojen ja -tietojen rajoitetun aineiston mukaisesti. Hänen hypoteesinsa näytti olevan järkevä ja se olisi myös selkeä sosiaalinen menestys. Olisi sopivaa antaa tunnustusta Bloomille ja muille, jotka olivat työskennelleet tavoiteoppimisen parissa. He osoittivat tietä mallille, jonka avulla voitaisiin ratkaista yksi ahdistavimmista kasvatusongelmista, eriyttämisingelma. (Resnick 1977)

2.3.6 Konstruktivistisesta sosio-konstruktivistiseen opetussuunnitelmaan

Konstruktiiivisesti suuntautunut opetussuunnitelma perustuu agendaan: mitä lapset tietävät, mikä heitä askarruttaa, ja miten opettajien päämääriä ohjataan. Siis tärkeän osan konstruktivistisesti suuntautunutta opetussuunnitelmaa pitäisi olla neuvonpitoa tarkoituksesta. Esimerkiksi matematiikan opettaja ohjaa opiskelijoita hakemaan matematiikan merkitystä vertaamalla ja ratkaisemalla eroavuuksia siitä, mitä he tietävät ja mitä uusi kokemus näyttää merkitsevän. (Lamon 2013)

Harrisin ja hänen työtoveriensa mukaan monet pääperiaatteet ovat yleisiä opettamisen ja oppimisen konstruktivismiin perustuvien lähestymistapojen joukossa, vaikka konstruktivismiin määritelmiä voikin olla yhtä monta kuin on lähestymistapoja ja niiden muunnelmia. Konstruktivistit painottavat tyypillisesti lasten kesken tapahtuvan tiedon aktiivisen rakentamisen tärkeyttä. Lapsen käsitteellistämiskehitys torjutaan, jos hänen ei anneta toimia luonnostaan aktiivisena, itseohjautuvana oppijana, joka rakentaa tietoa kehitykselleen sopivilla tavoilla ollessaan vuorovaikutuksessa havaitun maailman kanssa. Aiempi tieto ja kokemukset ovat uuden oppimisen lähtökohtia. Konstruktivistit painottavat lapsen

täydellistä osallistumista omaan oppimiseensa. Tällaisen täydellisen osallistumisen uskotaan johtavan syvempään ja rikkaampaan ymmärtämiseen ja tiedon käyttöön, siis pääsyn opitun edistämiseen ja soveltamiseen. (Harris ym. 1994)

Konstruktivistiset ehdotukset korostavat opetusperiaatteita, jotka voivat ohjata opetuksen käytäntöjä ja oppimisympäristöjen suunnittelua. Suunnittelukäytäntöjen ei vain pidä mukautua konstruktivistisiin perspektiiveihin, vaan niiden tulee tukea vahvojen oppimisympäristöjen luomista (Tam 2000). Lebow (1993) on summannut konstruktivistisen kehyksen tavalla, joka voi auttaa opetusstrategioiden tulkinnassa. Hänen periaatteensa, jotka esittävät vastauksen kysymykseen, mihin ongelmiin konstruktivistinen filosofia on ratkaisu, ovat:

1. Ylläpitää puskuri oppijan ja opetuskäytäntöjen potentiaalisesti vahingollisten vaikutusten välillä.
2. Tarjota oppimisen konteksti, joka tukee sekä autonomiaa että suhdetta.
3. Sulauttaa oppimisen perusteita oppimisaktiiviteetteihin itseensä.
4. Tukea taitojen ja asenteiden edistämisen avulla tapahtuvaa itsesääätelyä, joka mahdollistaa oppijan vastuun kehittymisen uudistumisprosessissa.
5. Vahvistaa oppijan pyrkimystä sitoutua aiottuihin oppimisprosesseihin, erityisesti rohkailemalla virheiden strategista selvittämistä. (Lebow 1993)

Konstruktivistisesti opiskelevassa luokassa opetussuunnitelma ohjaa prosessiin, jossa syvällisesti perehdytään esillä olevaan aiheeseen. Esimerkiksi opiskelijat oppivat, kuinka luokassa rakennetaan ja luodaan tietoa. Syväymmärtämisen oppiminen on keskeistä. Esimerkiksi opiskelijat voivat opiskella useita kuukausia maan vetovoiman periaatteita tai saaren luonnonmaantiedettä. Opiskelijat pyrkivät asettamaan kysymyksiä ja kehittävät uusia ja monimutkaisempia kysymyksiä. Käyttökelpoisten tietorakenteiden luominen vaatii ponnisteluja ja taroituksellista aktiivisuutta koko laajan jakson ajan. (Lamon 2013)

Steele on tarkastellut artikkelissaan konstruktivistista teoriaa ja käytäntöä opiskelijoiden parissa, joilla on oppimisvaikeuksia. Hänen mukaansa yksi konstruktivistiseen teoriaan liitetty avainoivallisuus on, että oppimisen pitäisi olla merkityksellistä ja sen pitäisi liittyä reaalisen elämän tilanteisiin. Esimerkiksi sosiaalisissa opinnoissa käytetään asianajajan tai tuomarin roolia. Roolileikkien avulla lapset oppivat hyötymään näistä lähestymistavoista. Yleensä aktiivinen oppiminen on tärkeä puoli opetuksen konstruktivistista lähestymistapaa. Kun opiskelijat ovat aktiivisia oppitunnilla, he myös oppivat ja säilyttävät informaation. Esimerkiksi kemian harjoitustyöt ovat käyttökelpoisia erityisesti oppimisvaikeuksista kärsivien opiskelijoiden motivoimiseen. Tällaisia harjoitustöitä voivat olla muun muassa paristot ja monet tieteen käsitteet, jotka voivat tarjota valtavan kiinnostuksen tieteen aiheisiin ja oivalluksiin. Lisäksi korkean tason ajattelutaitojen, sellaisten kuin ongelmanratkaisu ja analyysi, ajatellaan usein olevan liian abstrakteja ja vaikeita opiskelijoille, jotka painivat oppimisongelmien kanssa, vaikka ne ovat tärkeä osa konstruktivistista opetussuunnitelmaa. Kuitenkin lisäohjauksella ja valmistelulla on mahdollista ja tosiasiaassa hyödyllistä tähdentää näitä taitoja tällaisille opiskelijoille. Opettajat voivat ohjata opiskelijoita sitoutumaan monimutkaiseen kirjoittamistehtäviin, tutkimusprojekteihin ja muihin testaus- ja opiskeluaktiiviteetteihin. (Steele 2005)

Varteenotettava vaikeus vastattaessa moniin väitteisiin, jotka tehdään konstruktivismiin nimissä tiedeopetuksen sisällä, on tietää, miten tulkitaan konstruktivismia tai konstruktivistisia ideoita, kun niitä käytetään tässä kontekstissa. Konstruktivismista on monia muunnoksia. Konstruktivistinen opetuskirjallisuus on kuvattu valtavana ja nopeasti kasvavana. Lisäksi väittelyt, jotka käydään näennäisesti opetuksesta tai oppimisesta, tulevat nopeasti sekaviksi, koska ne ovat pohjimmiltaan epistemologisia tai filosofisia kiistoja tieteen luonteesta, tieteellisestä tiedosta tai ulkopuolisen todellisuuden olemassaolosta, jota pitää kuvata tieteen liikeasiana. Phillips pyrki säätämään käsitteellisen tarjonnan määrää. Hän kuvasi eroja niiden välillä, jotka keskittävät huomionsa yksityisten oppijoiden ajatusten kognitiivisiin sisältöihin, jotka painottavat julkisten oppiainosalueiden kasvua ja jotka torjuvat molemmat. (Phillips 1995)

Edelleen konstruktivistit, jotka keskittävät huomionsa siihen, kuinka yksilöt oppivat, voivat poiketa aika syvällisesti ehdotetuista mekanismeista, joihin ne liitetään (Jenkins 2000). Esimerkiksi Piaget ja Vygotsky antoivat varsin erilaiset selitykset tähän aiheeseen. Piaget painotti, että biologiset ja psykologiset mekanismit löytyvät yksityisestä oppijasta, kun puolestaan Vygotsky keskittyi sosiaalisiin tekijöihin, jotka vaikuttivat oppimiseen. (Phillips 1995)

Monille luonnontieteen opettajille opetuksen ja oppimisen konstruktivistinen näkemys on osoittautunut käyttökelpoiseksi malliksi siinä, kuinka oppijoiden käsitteen muutosta voidaan edistää. Tämän lähestymistavan keskeiset periaatteet ovat, että oppijat voivat mieltä uusiin tilanteisiin olemassa olevan ymmärryksensä mukaisesti. Oppiminen tarkoittaa aktiivista prosessia, jossa oppijat rakentavat merkityksen liittämällä uusia oivalluksia heidän olemassa oleviin tietoihin. Nämä periaatteet jaetaan muiden asiaan liittyvien lähestymistapojen kanssa, kuten esimerkiksi sellaisen kuin produktiivinen oppiminen, vaikka opetuksen ja oppimisen seuraukset voivat olla erilaisia. (Jenkins 1995)

Konstruktivistinen teoria on synnyttänyt merkittävän empiirisen tiedon koelman, joka on johtanut monipuolisempaan käsitykseen siitä, kuinka luonnontieteiden oppimista tapahtuu (Osborne 1996). Esimerkiksi Britanniassa hyväksyttiin, että mikä tahansa tiedeopettajankoulutuksen kurssi on puutteellinen ilman viittausta tämän alueen laajaan tutkimukseen. Jotta tiedeopettajankoulutuksessa olisi arvoa, opetustutkimuksen tulosten pitää olla todisteena opettajille ja opettajaopiskelijoille. Lukuisat kirjoittajat ovat esittäneet huolensa tiedeopettajakoulutuksessa ilmenneestä tutkimuksen ja käytännön välisestä aukosta. Esimerkiksi Novak ja Gowin (1984) ovat teoksessa "Learning how to Learn" kritisoineet, että teoria ei ole relevanttia käytäntöön. Kaikki opettajat eivät kuitenkaan pidä tiedeopetustutkimusta realistisena. (Naylor ym. 1999)

Foxin mielestä konstruktivismiin keskeisin ja itsepintaisin väite, jonka mukaan oppiminen on aktiivinen prosessi, oli joko harhaanjohtava tai epätosi. Tiedostamatonta oppimista, aistitunnistamista ja epäsuoraa oppimista on tutkittu hetkellisesti ja dokumentoitu, ja ne näyttävät olevan äärimmäisen tavallisia ja tärkeitä ihmisen mukautumiselle. Miksi sitten konstruktivismiin piti painottaa vain inhimillisen kokemisen yhtä puolta? Fox esittikin, että tämä johtuu sen omasta

reaktiivisesta alkuperästä, kuten oppimisenäkemyksestä, joka asetetaan vastakain behaviorismin ja muiden oppimisen perinteisten näkemysten kanssa. (Fox 2001)

Myös Osborne tarjosi tiedeopetuksen konstruktivismiin kritiikkiä. Kritiikin tarkoituksena oli määrittää ja tunnistaa ei vain heikkouksia, vaan myös konstruktivismiin onnistumisia. Konstruktivistit ovat onnistuneet esimerkiksi siinä, että on saatu tuotetuksi merkittävä kokonaisuus empiiristä tietoa, joka on vaikuttanut tietoomme ja helpottanut tiedeoppimisen vaikeuksien ymmärtämistä. Tämä tieto on myös lisännyt tieteen pedagogiikkaan liittyvien metodologioiden kehittämismahdollisuuksia, unohtamatta tietoisuutta oppijista. Kuitenkin konstruktivismi kärsii virheellisestä instrumentaalista epistemologiasta, joka on tieteen näkemysten ja käytännön sekä tiedemiesten hämäystä. Lisäksi konstruktivismi on sekoittanut tavan, jolla uutta tietoa rakennetaan ja jolla vanhaa tietoa opitaan olettaen, että nuo kaksi tapaa ovat yksi ja sama asia. Näiden virheiden takia se ei tarjoa minkäänlaista ohjausta päätökseen teorioiden, tiedeopetussuunnitelman sisäisen sisällön järjestämisen ja jaksottamisen välillä. Se hylkää kaikki arvot didaktisesta syystä. Konstruktivismi ei ole onnistunut omien rajoitusten tunnistamisessa, minkä vuoksi se on päässyt osalliseksi tutkimusyhteisön ansaitsemattomasta arvostuksesta. (Osborne 1996)

Konstruktivismiin tulee tarjota oppijalle käyttökelpoinen keskiö oppimisprosessin aktiivisena osanottajana. Opettajalle sen tulee antaa valikoima pedagogisia käytäntöjä, jotka kannustavat oppijaa aktiiviseksi. Empiiriset tutkimustulokset välittävät tietoa oppijoiden kehitystasosta ja ovat korvaamattomia opettajien herkistämiseksi tieteellisen ajattelun muodoille. Erityisen tärkeää on, että opettaja on tietoinen lasten ajattelutavasta ja sen alkuperästä. Jos opettajien tulee muuttaa lasten ymmärrystä, heidän pitää löytää tapa, miten se tehdään. Yksinkertaisesti ilmaistuna lasten tiedeopetus ei vain auta tietämään jotain tieteestä, vaan se myös auttaa tietämään jotain lapsesta. Konstruktivistisesta mallista johdettu tutkimus 1990-luvulla on vaikuttanut juuri tähän jälkimmäiseen. (Osborne 1996)

Epäilemättä on tutkijoita, jotka kyseenalaistavat monia kohtia Osbornen kritiikistä. Joku löytää realistisen epistemologisen vaikeasti hyväksyttävän käsityksen myös sen vaatimattomilla rajoituksilla. Toisille sen selvä suhde geneettiseen epistemologiaan aiheuttaa epäilyä (von Glaserfeld 2001). Ei voi olla mitään perustetta teesille, että kaikki tieto on ihmisen rakentamaa. Tuossa merkityksessä me kaikki olemme tyhjänpäiväisiä konstruktivisteja (Osbornen lainaus von Glaserfeldin artikkelista "Questions and answers about radical constructivism (1993)"). Osbornen mukaan tiedemiehet keskittyvät väärin asioihin, kun he normaalin tieteen sijaan pyrkivät esittämään yksityiskohtaisia epistemologisia perusteluja. He toistuvasti ja säännöllisesti vahvistavat, että näillä ajatuksilla on ennakkoiva validiteetti ja ne lisäävät tietämystämme alun perin hatarilta näyttävistä tavoitteista. Tämä on johtanut tieteen kuvaukseen tiedon rakentamis- ja manipulointiprosessina. Näin tehdessään konstruktivistit ovat unohtaneet, että maailma asettaa rajoituksia ihmisen ajattelulle. Ihmisen ajattelu ei kuitenkaan aseta rajoit-

tuksia maailmalle. Lisäksi konstruktivismiin fokus tiedon sosiaalisessa ja inhimillisessä rakentamisessa on johtunut teorioiden instrumentaalisesta näkemyksestä, joka vaatii vain, että ne voivat tarkastella epäonnistumista ja käsitellä huolellisesti tiedeväitteiden mittelyn lopputuloksen mitä tahansa kriteeriä. Vastakohtana on Harrén (1986) huolellisesti laatiman vaatimattoman realistisen kannan tarjoama tieteen näkemys, joka on vertailukelpoisempi ammattilaisten käsityksen kanssa ja lisäksi tarjoaa rajoitetun asetelman tiedeopetussuunnitelman sisältöön ja jaksottamiseen. (Osborne 1996)

Gil-Pérez työtovereineen kysyi, mitä on konstruktivistisen lähestymistavan mukainen epistemologinen suuntautuminen tiedeopetuksessa? Tätä perusteltiin niin, että on mahdotonta muuttaa mitään, mitä opettaja tavallisesti tekee luokassa ilman, että muutetaan epistemologiaa, tiedenäkemyksen käsityksiä siitä, kuinka tieteellinen tieto rakennetaan. Tosiasiassa opettajien spontaani epistemologia sisältää monia vääristymiä ja pelkistyksiä, jotka ovat sosiaalisen kyllästymisen kritiikkittömiä seurauksia ja jotka häiritsevät tiedeopettamisen oikeaa suuntaamista. Tutkimusryhmä kokosi seuraavanlaisia häiriöitä:

1. Äärimmäinen induktiivisen periaatteen käyttö, joka edistää vapaata havainnointia ja kokeellista työskentelyä, ja joka unohtaa hypoteesien tekemisen, sen oleellisen roolin ja tiedon johdonmukaisten kokonaisuusien rakentamisen.
2. Jäykkä näkemys, jonka mukaisesti tieteellinen menetelmä esitetään vaiheiden suoraviivaisena sarjana, jota seurataan askel askeleelta. Kvantitatiivisia kokeita ja kontrollia parannetaan unohtaen – tai myös hyläten ajatuksen – että kaikki liittyy aikomuksiin, luovuuteen ja kokeelliseen rakentamiseen. Tieteellinen tieto esitetään lopputilana ilman viittausta joko ongelmallisiin tilanteisiin tai tiedon rajoituksiin. Tämän jäykän ja dogmaattisen vision torjuminen johtaa joskus äärimmäiseen relativismiin, joka liittyy läheisesti radikaalin konstruktivistisen filosofian väitteisiin.
3. Pelkästään analyttinen visio, joka edistää tutkimusten tarpeellista pirstoutumista ja yksinkertaistumista, mutta mitätöi yhdistämispönnistelut laajempien tietokokonaisuuksien rakentamiseksi eri alueiden välisten rajaongelmien hoitamista varten. Vastakkaisessa suunnassa pitäisi esittää luonnon eheys, ei tieteellisen kehityksen tuloksena, vaan lähtökohtana.
4. Ainoa kasautuva visio, jonka mukaisesti tieteellinen tieto ilmenee lineaarisen kehityksen tuloksena sivuuttaen käännekohtat ja syvälliset uudistukset.
5. Yleismerkityksellinen näkemys, joka esittää tieteellisen tiedon selvänä ja ilmeisenä unohtaen tieteellisten strategioiden ja yleismerkityksellisen perustelun.
6. Hunnutettu ja elitistinen näkemys, jonka mukaisesti mitään erityispönnistelua ei käytetä tekemään tieteestä merkityksellistä ja saavutettavaa. Siis tieteellisen tiedon merkitys jää matemaattisten yhtälöiden taakse.
7. Yksilöllinen näkemys ilmentää tiedettä eristettyjen suurten tutkijoiden aktiivisuutena mitätöiden eri tutkimustiimien välisten yhteistöiminnallisten töiden ja vuorovaikutuksen merkityksen.
8. Sosiaalisesti neutraali näkemys tarkoittaa, että tiede esitetään jonkinlaisena norsunluutornissa olevana yksityiskohtaisesti käsiteltynä. Tällöin unohdetaan monimutkaisen tiede-teknologia-yhteiskuntasuhteen ja kollektiivisten ratkaisujen tärkeys, mikä liittyy sosiaaliset kysymykset tieteeseen ja teknologiaan. Vastakohtana tälle tieteen kontekstista poissa olevalle visiolle on nykyään lukiossa pyrkimys kohti sosi-

aalista pelkistämistä, joka rajoittaa tiede-teknologia-yhteiskuntaongelmien käsittelyn tiedeopetussuunnitelmassa ja unohtaa johdonmukaisen ja muuten oleellisen tieteen aspektien etsimisen. (Gil-Pérez ym. 2002)

Konstruktivistiseen tai mieluummin sosio-konstruktivistiseen opetussuunnitelmaan liittyviä tärkeitä käsitteitä ovat ainakin yhteistoiminnallinen oppiminen (cooperative learning), yhteisöllinen oppiminen (collaborative learning) ja ongelmalähtöinen oppiminen (problem-based learning) sekä tutkimuslähtöinen oppiminen (inquiry-based learning). Näitä kaikkia voidaan pitää oppimisenämyksinä, sillä niiden jokaisen alle voidaan liittää useita mahdollisia opetusmenetelmiä eli työtapoja. (esim. Slavin 1980; Dillenbourg 1999; Hmelo-Silver 2004; Edelson 1999)

2.3.6.1 Yhteistoiminnallinen oppiminen

Yhteistoiminnallinen oppiminen (cooperative learning) on vanha opetusidea. Termi viittaa luokkahuonetekniikkaan, jossa opiskelijat työstävät oppilasaktiiviteettia pienissä ryhmissä ja voivat saada palkitsemista ja tunnustusta, jotka perustuvat heidän ryhmänsä suoriutumiseen. Yhteistoiminnallisen oppimisen menetelmiä on monia aika erilaisia, mutta kaikille niille on yhteistä, että opiskelijat työskentelevät pienissä ryhmissä, joissa he auttavat toinen toistaan oppimaan opiskeltavaa materiaalia. Tavallisesti sitä täydentää opettajan opetus, joka antaa opiskelijoille mahdollisuuksia pohtia informaatiota tai alun perin opettajan esittämiä käytännön taitoja. Toisinaan yhteistoiminnalliset menetelmät vaativat opiskelijoita huomaamaan tai keksimään informaation omin päin. Laboratorio-tutkimus yhteistyön vaikutuksista suoritukseen ja toisiin muuttujiin oli käytössä jo 1920-luvulla, mutta vasta viime aikoina yhteistyön periaatteet on viety käytännön ohjelmiin koulukäyttöä varten ja arvioitu sellaisina. (Slavin 1980, 1991)

Yhteistoiminnallisen oppimisen opetusteknologia voidaan kuvata kolmen oleellisen elementin kombinaationa: tehtävärakenne, palkintorakenne ja valtaraakenne. Tehtävärakenne on joka päivä koulussa tehtävien aktiviteettien yhdistelmä. Toinen ulottuvuus, jossa tehtävärakenteet voivat vaihdella, on käytössä oleva ryhmitysjärjestelmä. Opiskelijat voivat työskentää yksilöllisesti kuvattuja tehtäviä homogeenisissä tai heterogeenisissä pienryhmissä, joissa opiskelijoiden voidaan sallia auttavan toisiaan työssään tai ei. Kummassakin tapauksessa voidaan toimia joko opettajan ohjauksessa tai ilman. (Slavin 1980, 1991)

Johnsonien ja Smithin mukaan yhteistoiminnallinen oppiminen liitetään yhteisölliseen oppimiseen, jota käsitellään luvussa 2.3.6.2. Kuitenkaan kaikki ryhmäpönnistelut eivät ole yhteistoiminnallisia. Opiskelijoiden ryhmiin järjestäminen ja tehtävien jakaminen eivät välttämättä johda yhteistoiminnalliseen oppimiseen. Ryhmäpönnisteluilla on monta mahdollisuutta epäonnistua. Opiskelijoiden istuminen yhdessä voi johtaa kilpailuun lähiryhmityksissä (näennäisryhmät) tai yksilöllisissä suorituksissa (perinteiset oppimisryhmät). Yhteistoiminnallisen oppimisen monimutkaisuus voi osin selittää, miksi sitä pyritään käyttämään vähemmän kuin muita ryhmätyön muotoja, vaikka se olisi tehokkain vaihtoehtojen joukossa. Yhteistoiminnallista oppimista käytetään liian vähän myös, koska moni opiskelija ei tiedä, kuinka työskennellä yhteistoiminnallisesti toisten

kanssa. Vallitseva kulttuuri ja yhteiskunnan palkitsemissysteemit suunnataan kilpailuun ja yksilölliseen työskentelyyn. Koulujen opiskelijat siirtyvät ylemmälle asteelle arvioinnin jälkeen ja vaativat opettajia arvioimaan heitä normiin liitetyn perustein. Usein resurssien puutteen takia ei ole mahdollista järjestää yhteistoiminnallista opiskelua. Suurissa luokissa opiskelijoiden järjestäminen ryhmiin on hankalaa, ja joskus tulokset ovat kaoottisia. Toisaalta opiskelijat eivät vain halua muutosta opetukseen ja painostavat opettajaa jatkamaan perinteisesti. (Johnson ym. 1998).

Luokan palkitsemisrakenne voi myös vaihdella suuresti. Mahdollisia palkintoja voivat olla arviot, opettajan hyväksyntä ja konkreettiset palkinnot. Niiden yleisyys, merkitys ja herkkyys saattavat vaihdella määrään, joka jalostuu työskentelyn aikana. Henkilöiden välisellä palkitsemisrakenteella tarkoitetaan luokkatoverien välisten esitysten merkitystä kokonaisuuden kannalta. Kilpailevassa palkitsemisrakenteessa, sellaisessa kuin Gaussin käyrän mukainen arviointi, yhden opiskelijan menestys edellyttää toisen epäonnistumista. Tätä kutsutaan negatiiviseksi keskinäiseksi riippuvuudeksi, koska opiskelijoiden palkitsemiset yhdistetään toisiinsa negatiivisesti. Kilpailun vastakohtana yhteistoiminta toimii urheilujoukkueiden toiminnan tavoin. Yhteistoiminnassa tai positiivisessa keskinäisessä palkitsemisriippuvuudessa yhden opiskelijan menestys auttaa myös toista menestymään. Kolmas henkilöiden välinen palkitsemisrakenne on palkitsemisriippumattomuus, tai yksilöinti, missä opiskelijoiden päämäärät ovat toisiinsa liittymättömiä. (Slavin 1980)

Luokan valtarakenne puolestaan liittyy kontrolliin niin, että opiskelijat harjoittelevat omia aktiviteettejaan, mitä voidaan verrata opettajien tai aikuisten viritämiin toimiin. Joissain luokissa opiskelijat voivat valita, mitä he opiskelevat, kuinka he oppivat, mitä heidän pitää oppia tai missä järjestyksessä he suorittavat kuvatus tehtävävalikoiman. Joissain tapauksissa opiskelijoilla on sananvalta siinä, kuinka paljon pitää tehdä ansaitakseen tietyn tason. Valtarakenne on suhteellisen yksiulotteinen vaihdellen suuresta opiskelijan autonomiasta suureen opettajan tai koulun säätämään rakenteeseen. (Slavin 1980)

David ja Roger Johnson luokittelivat, mikä on yhteistoiminnallista oppimista ja mikä ei. Tietynlainen ryhmätyöskentely helpottaa oppimista ja kasvattaa luokan elämänlaatua. Toisen tyyppinen puolestaan estää oppimista ja luo luokkaan epäjärjestyttä ja tyytymättömyyttä. Kun käytetään yhteistoiminnallista oppimista tehokkaasti, täytyy tietää, mikä on yhteistoiminnallinen ryhmä ja mikä ei. Johnsonit luokittelivat ryhmät neljään luokkaan. (Johnson & Johnson 1999)

Näennäisessä oppimisryhmässä määrätään työskentelemään yhdessä, mutta opiskelijoilla ei ole minkäänlaista kiinnostusta tekemiseen, ja he uskovat, että heidät arvioidaan kukin oman tasonsa mukaisesti. Puuttuu yhteen hiilen puhaltaminen, ja tulos on vähemmän kuin osien summa, joten opiskelijat pääsisivät parempaan tulokseen yksin työskennellen. (Johnson & Johnson 1999)

Perinteisessä luokan oppimisryhmässä opiskelijat määrätään työskentelemään yhdessä ja hyväksymään, että heidän täytyy tehdä niin. Opiskelijoita arvioidaan ja palkitaan yksilöinä, ei ryhmän jäseninä. Nytkin tiedon jakamisen motivaatio puuttuu, ja jotkut pyrkivät vapaamatkustajiksi tekemällä vähemmän kuin

ryhmätoverit. Myöskään nyt tulos ei yllä koko ryhmän kykyjen maksimitasolle. (Johnson & Johnson 1999)

Yhteistoiminnallisessa ryhmässä opiskelijat työskentelevät yhdessä saavuttaakseen jaetut päämäärät. Opiskelijat etsivät tuloksia, jotka hyödyttävät kaikkia. He pohtivat materiaalia toistensa kanssa, auttavat toisiaan ymmärtämään sitä ja kannustavat toisiaan työskentelemään kovasti. Yksilölliset esitykset merkitään säännöllisesti varmistamaan, että kaikki myötävaikuttavat ja oppivat. Siis ryhmän suoritus on enemmän kuin osiensa summa, ja kaikki opiskelijat toimivat paremmin kuin mihin he yksin pääsisivät. (Johnson & Johnson 1999)

Tehokas yhteistoiminnallinen ryhmä on sellainen, joka kohtaa kaikki kriteerit, jotka yhteistoiminnalliselle ryhmälle asetetaan, ja suoriutuu paremmin kaikista järkevästä sen jäsenistölle asetetuista odotuksista. Sitoutumistaso, joka jäsenillä on toistensa ja ryhmän menestykseen, on kaikkein yhteistoiminnallisimpien ryhmien menestyksen takana. Vain harvat ryhmät saavuttavat koskaan tämän kehitystason. (Johnson & Johnson 1999)

Slavin (1991) esitteli useita menetelmiä toteuttaa yhteistoiminnallista oppimista. Toisaalta Sharan käsitteli artikkelissaan jo noin kymmenen vuotta aikaisemmin osin samoja lähestymistapoja (Sharan 1980). Slavin piti esittämiään lähestymistapoja käyttökelpoisina strategioina parantaa opiskelijan suoritus-asteita monien aineiden arvioinnissa, ryhmän keskinäisissä suhteissa, erityisoppilaiden ja normaalisti edistyvien opiskelijoiden ja itseensä luottavien opiskelijoiden välisissä suhteissa. Lisäksi menetelmien laajalle levinnyt ja kasvava käyttö on osoittanut, että yhteistoiminnallisen oppimisen menetelmät ovat käytännönläheisiä ja vetovoimaisia myös opettajalle. Yhteistoiminnallisen oppimisen kehittämisen, arvioinnin ja levittämisen historia on erinomainen esimerkki koulutustutkimuksesta luotaessa käyttökelpoisia opetusohjelmia. Seitsemän vuotta myöhemmin Johnson ym. näkivät ongelmia yhteistoiminnallisen oppimisen leviämisessä ja toteutuksessa. (Johnson ym. 1998) Erilaiset näkemykset saattoivat johtua mm. uusista opetus suunnitelmista ja paikallisista olosuhteista. (Slavin 1991)

Oppiminen yhteistoiminnallisessa ryhmässä tehtävän tutkimuksen avulla ja mahdollinen pohdinta painottaa opiskelijoiden tietojen keräystä ja monivaiheista prosessia päätyen ryhmätuotossynteesiin. Yhteistoiminnallisen tutkimuksen kehittyneimmät vaiheet sisältävät myös opiskelijoiden tekemää tutkimusaiheiden suunnittelua ja toimintaohjeiden laatimista sekä ongelmanratkaisua koskevien ryhmäprojektien tavoittelua, ja ryhmän luokanlaajuinen integraatio pyrkii saavuttamaan tutkimusaiheeseen laajan perspektiivin. Tämä ryhmätutkimuksen malli voidaan useiden tutkijoiden mukaan suunnitella kuusiaskelisenä toteuttamissarjana seuraavasti:

1. Opiskelijat valitsevat yleisen ongelman sisältä alaiheet, joita opettaja tavallisesti tarkentaa. Sitten opiskelijat järjestäytyvät pieniin 2–6 jäsenen tehtäväorientoituneisiin ryhmiin. Ryhmäkoostumus on perinteisesti ja etnisesti heterogeeninen.
2. Opiskelijat ja opettaja suunnittelevat yhteistoiminnallisesti erityiset oppimisen toimintaohjeet, tehtävät ja päämäärät, jotka yhtenäistävät edellisessä kohdassa valittuja ongelman alaihteita.
3. Opiskelijat suorittavat edellisessä kohdassa muotoillut suunnitelmansa. Oppimisen pitäisi liittyä laajasti aktiviteetteihin ja taitoihin ja

sen pitäisi johtaa opiskelijat erilaisten lähteiden äärelle sekä koulussa että ulkopuolella. Opettaja seuraa tiiviisti jokaisen ryhmän edistymistä ja tarjoaa apua tarvittaessa.

4. Opiskelijat analysoivat ja arvioivat edellisen kohdan mukaisesti saadun informaation ja suunnittelevat, miten se voidaan vetää yhteen luokkatovereille esittämistä varten.
5. Luokan muutamat tai kaikki ryhmät pitävät mielenkiintoisen esityksen tutkituista aiheista, jotta luokkatoverit saavat kosketuksen toistensa työhön ja saavuttavat aiheeseen laajan perspektiivin. Opettaja koordinoi ryhmäesitykset.
6. Opiskelijat ja opettaja arvioivat jokaisen ryhmän myötävaikutusta luokan työhön kokonaisuutena tapauksissa, joissa ryhmät tavoittelevat saman aiheen eri näkökulmia. (Sharan 1980)

Sharanin mukaan Johnsonien teoksessa ”Learning together and alone” (1975) olevasta esityksestä ei selviä ryhmäoppimisen menetelmien toimintaohjeiden yksilöinti, vaikka Sharan päätteli ne opettajan havaintomuistiinpanoista. Sharan löysi nämä kiinnittämällä huomiota tekstissä oleviin yhteistoiminnallisen oppimisen erilaisiin kriittisiin piirteisiin, jotka liittyivät pienryhmätoimintaan. Tämä teksti liitettynä toiminta-alueita ohjaavien tutkimusten kuvauksiin osoitti, että Johnsonien menetelmät käyttivät ryhmäkeskustelua, ja että opiskelijat rakensivat yhteisen tuotteen niin, että yhteistoimintaa oli keinoissa yhtä hyvin kuin päämäärissä. Johnsonit puolustivat myös tutkivaa lähestymistapaa kouluoppimisessa, vaikka heidän empiirisissä tutkimuksissa käyttämänsä tavalliset tehtävät taajasti vaativat pääasiassa informaation mieleen palauttamista ja taitojen oppimista mieluummin kuin ongelmanratkaisua ja tulkintaa. (Sharan 1980)

2.3.6.2 Yhteisöllinen oppiminen

Johnson ym. kuvaavat yhteisöllistä oppimista (collaborative learning) oppimisena, joka korostaa luonnollista oppimista (vastakohtana harjoitukselle, joka on tuloksena hyvin jäsenneyistä oppimistilanteista). Se tapahtuu yhteisön, jossa opiskelijat työskentelevät yhdessä jäsentymättömässä ryhmässä ja luovat omat oppimistilanteensa, vaikutuksena. (Johnson ym. 1998)

Dillenbourg esittää lähestymistapojen kirjon yhteisölliselle oppimiselle. Kun sana tulee yhtä muodikkaaksi kuin yhteisöllisyys, sitä usein käytetään herjaavasti enemmän tai vähemmän kaikkeen. Ongelma tällaiseen liian yleiseen käyttöön on kaksijakoinen. Ensiksi on turha puhua yhteisöllisten tilanteiden kognitiivisista vaikutuksista (oppimisesta), jos mikä tahansa tilanne voidaan merkitä yhteisölliseksi. Toiseksi on vaikeaa erotella samaa sanaa eri tavoin käyttävien kirjoittajien vaikutuksia toisistaan. Siksi Dillenbourg pureutuu tämän määritelmän eri aspekteihin, ei vain toteuttaakseen yhteisöllisen oppimisen korrektein määritelmän, vaan auttaakseen lukijaa panemaan eri vaiheet perspektiiviin. (Dillenbourg 1999)

Yhteisöllisen oppimisen laajin (mutta epätyytyttävinkin) määritelmä on tilanne, jossa kaksi tai useampia ihmisiä oppii tai yrittää oppia jotakin yhdessä. Tämän määritelmän jokainen elementti voidaan tulkita eri tavoin:

1. Kaksi tai useampi voidaan tulkita parina, pienenä ryhmänä (3 – 5 jäsentä), luokkana (20 – 30 opiskelijaa), yhteisönä (satoja tai tuhansia ihmisiä), yhteiskuntana (tuhansia tai miljoonia ihmisiä) ja kaikki sopivat määrittelyyn.
2. Oppia jotakin voidaan tulkita seuraavana kurssina, kurssimateriaalin opiskeluna, oppimisaktiviteettien esittämisenä sellaisena kuin ongelmanratkaisu, jne.
3. Yhdessä voidaan tulkita vuorovaikutuksen eri muotoina: kasvokkain tai samanaikaisesti tietokoneen välityksellä vai ei, ajallaan toistuvana vai ei, onko se todella yhteisponnistelua vai jaetaanko työtä systemaattisella tavalla. (Dillenbourg 1999)

Nämä kolme määritelmän elementtiä määräävät tilan, missä kohdataan tuota yhteisöllistä oppimista: parien oppiminen intensiivisellä samanaikaisella yhteisellä ongelmanratkaisulla tunnin tai kahden aikana, opiskelijaryhmien oppiminen käyttäen sähköpostia yksivuotisen kurssin aikana, ammattiyhteisöjen oppiminen kehittäen erityistä kulttuuria sukupolvien kesken ja niin edelleen. Dillenbourg tutustuu tähän tilaan kolmiulotteisesti: yhteisöllisen tilanteen asteikko (ryhmän koko ja aikajakso), mihin viitataan oppimisena ja mihin viitataan yhteisöllisyytenä. (Dillenbourg 1999)

Yhteisöllisen oppimisen teoria liittyy seuraaviin neljään asiaan: tilanteen, vuorovaikutuksen, prosessien ja vaikutusten määrittämisen kriteereihin. Pääteoriat kattavat neljä näkökohtaa. Avain yhteisöllisen oppimisen ymmärtämiseen on noiden neljän lajin välisissä suhteissa. Ensi vilkaisulla tilanne synnyttää vuorovaikutusmalleja. Nämä vuorovaikutukset käynnistävät kognitiivisia mekanismeja, jotka puolestaan synnyttävät kognitiivisia vaikutuksia. Enimmät suhteet ovat vastavuoroisia:

1. On kaksisuuntainen yhteys tilanteen ja vuorovaikutusten välillä: toisaalta tilanne määrittää olosuhteet, joissa joidenkin vuorovaikutusten pitää todennäköisesti tapahtua, mutta toisaalta muutamien tilanteiden merkitään yhteisöllisiksi, koska vuorovaikutukset, jotka tapahtuivat jäsenten välillä, olivat yhteisöllisiä.
2. On samoin kaksisuuntainen yhteys vuorovaikutusten ja prosessien välillä: tarvitsee vain viitata kognitiiviseen prosessiin määrittääkseen teknisten termien takana olevan vuorovaikutuksen piirteen (synkronisoituvuus).
3. On myös samanlainen yhteys prosessien ja yhteisöllisen oppimisen vaikutusten välillä. Periaatteessa prosessit synnyttävät vaikutuksia. Kuitenkin joitakin prosesseja kuvaavat sellaiset vaikutukset, kuin ”sisäistäminen”. Päinvastoin joitakin vaikutuksia selitetään ryhmäprosessien termeillä, sellaisilla kuin kyky työskennellä ryhmässä. Tämä monimerkityksellisyys ei ole erityistä yhteisöllisen oppimisen alueella: esimerkiksi aiheuttamista voi psykologi pitää prosessina, vaikka neuropsykologi voisi katsoa sen monimutkaisten kemiallisten prosessien tuotteeksi.
4. Monitulkinnallisuus koskee myös luokiteltua kognitiivista teoriaa, missä ryhmätarkastelun tosi oivallus yksikkönä voidaan joko ymmärtää teoreettisena näkökulmana tai vaikutuksen tai suorituksen kuvauksena. (Dillenbourg 1999)

Bruffeen mukaan yhteisöllisessä oppimisessä on neljä tapaa. Yhteisölliseen oppimiseen liittyy, että opettajat eivät tee yhteistoiminnallisen oppimisen mukai-

sia opettajien varmistustoimia opiskelijoiden osallistumisen ja prosessin etene-
misen suhteen. Yhteisöllinen oppiminen määrää vain yhden sosiaalisen roolin –
tallentajan, joka kirjoittaa pohdintojen ja sopimusten raportin ja kertoo sitten ryh-
män puolesta kokonaisuuden luokalle. Muita jaettuja rooleja ei ole. Opiskelijat
toimivat yhdessä ja ryhmänjohto pysyy niin paljon kuin mahdollista opiskelijoien
hallussa. Työn edetessä yhteisöllisen oppimisen pedagogiikka vähentää
opiskelijan tilivelvollisuutta vielä lisää neuvomalla, että opettajat eivät sekaannu
ryhmien työskentelyyn tai että he sekaantuvat vain harvoin ja hyvin määrittel-
lyissä olosuhteissa. Esitetään myös, että opettajat ovat luokassa lyhyen ajanjak-
son ohjaten opiskelijoita selvästi ja yksiselitteisesti hallitsemaan omaa toimin-
taansa ja seuraamaan tehtävää omalla tavallaan. Neuvotaan, että opettajat vas-
taavat kysymyksiin aiheesta, toimintaohjeesta tai sosiaalista rooleista, mutta ryh-
mien pitää omin päin ratkaista ongelmat. Neuvotaan, etteivät opettajat arvioi
ryhmäprosessia – ryhmän sisäisten suhteiden laatua. Opiskelijoita arvioidaan yk-
silöllisesti testaamalla lopputulosta. Yhteisöllinen oppiminen ei poista kilpailua
yksilöiden välillä yhteistoiminnallisen oppimisen tavoin, mutta hyvä organi-
sointi vähentää kilpailua. Lopuksi yhteisöllisen oppimisen pedagogiikka vähen-
tää yhteistoiminnallisen oppimisen tavoitteen varmistamisen vastuullisuutta
kannustamalla toisinajatteluun. Yhteisölliseen oppimiseen liittyy oivallus, että
tehtävän vastustaminen, kapinoiminen opettajaa vastaan ja kaikkien toisten nä-
kemysten kyseenalaistaminen ryhmän sisällä voi olla väistämätöntä ja usein tar-
peellinen oppimisen aspekti. (Bruffee 1995)

Akella esittää yhteisöllisen oppimisen tavoitteet lyhyesti: 1) selitä yhteisöl-
lisen oppimisen käsite ja ulottuvuus, 2) rinnasta ja vertaa yhteisöllistä ja yhteis-
toiminnallista oppimista, 3) pidä yhteisöllistä oppimista työnjakamisen muotona
ja keskustele siitä ja 4) peilaa sitä opetuksen suunnittelijoiden käytännön toteu-
tuksiin. (Akella 2012)

Yhteisöllisessä mallissa ryhmiltä edellytettäisiin melkein täydellistä vas-
tuuta kysymykseen vastaamisessa. Opiskelijat päättävät, olisiko heillä kyllin in-
formaatiota vastata kysymykseen. Jos ei, he etsisivät muita lähteitä, sellaisia ku-
ten aikakauslehdet, kirjat, videot, Internet ja niin edelleen. Ylimääräisen materi-
aalin hankkimistyöt jaetaan ryhmän jäsenten kesken. Ryhmä ratkaisee, kuinka
monta syytä he voivat tunnistaa. (Panitz 1999)

Yhteisöllinen opettaja ei spesifioi määrää, mutta arvioi jokaisen ryhmän
prosessia ja tarjoaa ehdotuksia joka ryhmän lähestymistapaan ja tietoihin yleis-
sellä tasolla. Opettaja toimii esimerkiksi neuvojana ja helpottaa prosessia kysy-
mällä ryhmien tavanomaisista prosessiraporteista, johtaa ryhmäkeskusteluja
ryhmädynamiikasta, auttaa päätöksen teon konflikteissa ja niin edelleen. (Panitz
1999)

Lopputuotteen päättää jokainen ryhmä konsultoituaan opettajan kanssa.
Ryhmien esityksen arviointikeinoista neuvotellaan opettajan kanssa. Prosessi on
hyvin avoin, vaikka pyritään keskeisesti kokonaispäämäärään. Opiskelijat kehit-
tävät hyvin vahvan omistajuuden prosessiin ja vastaavat hyvin positiivisesti to-
siasiaan, että heille annetaan lähes täydellinen vastuu käsitellä heille asetettua
ongelmaa, ja heillä on merkittävä panos omaan arviointiinsa. (Panitz 1999)

Bruffee tunnisti kaksi syytä eroihin yhteisöllisen ja yhteistoiminnallisen oppimisen välillä. Hän esitti: 1) Yhteisöllinen ja yhteistoiminnallinen oppiminen kehitettiin alun perin eri-ikäisten, eri kokemuksilla varustettujen ja itsenäisyyden taitohallinnan tasoilla olevien ihmisten opettamiseen. 2) Käytettäessä kumpaa tahansa menetelmää opettajat pyrkivät tekemään erilaisia otaksumia tiedon luonteesta ja oikeutuksesta (Bruffee 1995). Käytettävä lähestymistapa riippuu opiskelijoiden sivistystasosta. Yhteisöllisyys vaatii tavallista ryhmätyöskentelyä edistyneempää opiskelijan ennakkovalmistelua. Toiset määräävät tekijät ovat opettajan filosofia ja valmistelu. (Panitz 1999)

John Trimbur kokoaa Bruffeen ym. tutkijoiden perusteluja siitä, miten yhteisöllinen oppiminen voidaan erottaa muista ryhmätyön muodoista. Perusteena on, että se ei juuri järjestä opiskelijoita työskentelemään yhteisissä projekteissa yhdessä, vaan tärkeämpää on sitoutua älyllisen pohdinnan ja yhteisen ratkaisemisen projektiin. Yhteisöllisen oppimisen tavoitteiden, joihin sen puolustajat tarttuvat, pitää saavuttaa konsensus avartavan keskustelun avulla. Tämä keskustelu tapahtuu lukuisilla tasoilla – ensin pienissä keskusteluryhmissä, seuraavaksi kokoluokan ryhmissä, sitten luokan ja opettajan välillä ja lopuksi luokan opettajan ja laajemman tietoyhteisön kesken. Bruffeen sosio-konstruktivistisessa pedagogiikassa käytetty kieli konsensuksen saavuttamiseen saa suuremman merkityksen verrattuna sosiaaliseen painoon. Opiskelijat testaavat ja päivittävät keskusteluissaan opettajien, opiskelutovereiden ja ulkopuolisen maailman kanssa sanallista tietoa. (Trimbur 1989)

Nykyään tietokoneavusteinen yhteisöllinen oppiminen on verkossa toimivien ryhmien oppimiskäytäntö. Verkkoryhmien hyödyntäminen opetuksessa vaatii moninaisten tietokoneavusteiseen oppimiseen liitettyjen kysymysten ymmärtämistä, kuten esimerkiksi ryhmälle sopivan pedagogiikan etsimisen ja tietoa siitä, kuinka kommunikaatioteknologia vaikuttaa ryhmänvuorovaikutukseen. Teoreettista ja empiiristä tutkimusta, joka on sopivaa tietokoneavusteisen yhteisölliseen oppimiskäyttöön, kartoitetaan käyttäen kuvailevaa mallia, jonka avulla luokitellaan olemassa olevaa kirjallisuutta. Malli tarjoaa opastusta yliopisto- ja aikuisryhmien tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen aktiviteettien suunnitteluun ja hyödyntämiseen. (Brandon & Hollinshead 1999)

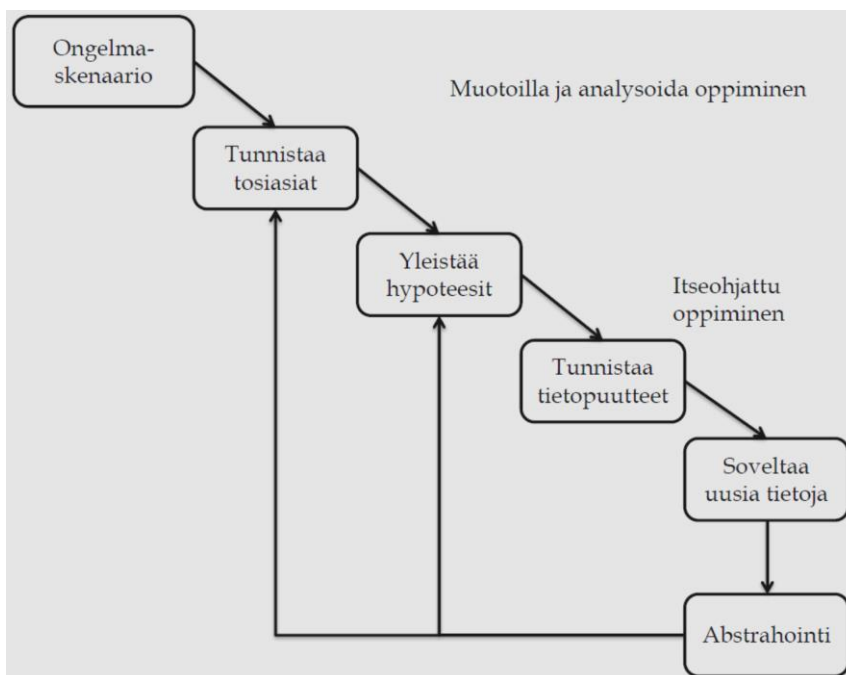
Tietokoneavusteinen yhteisöllinen oppiminen on tiedeoppimisen haara, johon liittyy tutkimusta siitä, kuinka ihmiset voivat oppia yhdessä tietokoneen avulla. Oppimisen vuorovaikutus teknologian avulla näyttää olevan aika mutkikasta. Yhteisöllisyyden sisällyttäminen, tietokonevälitys ja etäopetus ovat tehneet ongelmalliseksi oppimisen todellisen käsittämisen ja etsineet vallitsevia oletuksia, kuinka tutkia sitä. Kuten monilla tieteellisen tutkimuksen aktiivisilla alueilla, tietokoneavusteisella yhteisöllisellä oppimisella on monimutkainen suhde vakiintuneisiin käytäntöihin, sillä se kehittyy tavoilla, jotka ovat hankalia paikantaa, ja se sisältää tärkeitä vaikutuksia, jotka näyttävät yhteen sovittamattomilta. Lisäksi on tärkeää nähdä tietokoneavusteinen yhteisöllinen oppiminen visiona, mitä tietokoneiden avulla on mahdollista tehdä. Stahl työryhmineen kartoitti tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen historiallista kehitystä ja tarjosi perspektiiviä sen tulevaisuuteen. (Stahl ym. 2006)

Teknologiatuettu oppiminen on relevantti opetuksen monipuolistamisen muoto, jota käytetään koulutuksen kaikilla tasoilla päiväkodeista yliopistoon. Luonnontieteiden opetuksessa käytetään yhä enemmän opiskelijoiden pienryhmätoimintaa oppimisen tukena. Opiskelijoita rohkaistaan siihen. Teknologia-tuetun ja pienryhmäoppimisen yhdistäminen on kuitenkin edelleen haaste. (Stahl ym. 2006)

2.3.6.3 Ongelmalähtöinen oppiminen

Oppiminen ongelmalähtöisillä lähestymistavoilla (problem based learning) liittyy kokemuskähtöisen opetuksen puolustamisen pitkään historiaan. Psykologisen tutkimuksen ja teorian mukaan opiskelijat oppivat ongelmanratkaisukokemuksen avulla. Näin he voivat oppia sekä sisältöä että ajattelustrategioita. Ongelmalähtöisessä lähestymistavassa opiskelijat oppivat ohjatun ongelmanratkaisun avulla. Siinä opiskelijat keskittyvät monimutkaiseen ongelmaan, johon ei ole yksinkertaista korrektaa vastausta. Yhteisöllinen työskentely auttaa heitä kehittämään ongelmanratkaisukykyä. He pyrkivät itseohjautuvaan opiskeluun ja soveltavat uusia tietojaan ongelmaan ja peilaavat siihen oppimistaan ja sitä, miten tehokkaasti käyttävät strategioita. Opettaja toimii oppimisprosessin ohjaajana enemmän kuin tiedon tarjoajana. Ongelmalähtöisen oppimisen päämäärät käsittävät opiskelijoiden auttamista kehittämällä joustavaa tietoa, tehokkaita ongelmanratkaisutaitoja, itseohjautuvan oppimisen taitoja, tehokkaita yhteisöllisiä taitoja ja luontaista motivaatiota. Tällä oppimisen alueella on artikkelin tekijän mukaan (Hmelo-Silver 2004) tehty varsin vähän tutkimusta lääketieteen ja lahjakkaiden opetusta lukuun ottamatta. Tärkeä osa ongelmalähtöisen oppimisen agenda on ymmärtää, miten näihin päämääriin päästään vähemmän lahjakkaiden oppijoiden kanssa. Hmelo-Silverin mukaan on löytynyt kuitenkin todisteita, että ongelmalähtöinen oppiminen on opetuksen lähestymistapa, joka tarjoaa mahdollisuuksia auttaa opiskelijoita kehittämään joustavia ymmärtämisen ja elinikäisen oppimisen taitoja. (Hmelo-Silver 2004)

Prosessin suhteen ongelmalähtöisen oppiminen käyttää kuvassa 2 esitettyä oppimissykliä. Siihen ankkuroitu opetus painottaa suunnittelua ja alapäämäärien kehittämistä siten, että opiskelijat voivat suorittaa ongelmanratkaisu tehtäviä helposti hallittavana. Projektilähtöisissä luonnontieteissä opiskelijat sitoutuvat tieteellisiin tutkimussykleihin, kun he suunnittelevat kokeellisia töitä, tekevät ennustuksia, havaintoja ja rakentavat selityksiä, miksi heidän ennustuksensa oli tai ei ollut oikein. Työkaluina ongelmalähtöinen oppiminen käyttää esimerkiksi strukturoitua valkotaulua, jossa on tosiasialuettelo, ideat (tarkoittaa hypoteeseja), opittavat kysymykset ja toimintasuunnitelma auttamassa opiskelijoiden ongelmanratkaisun rakentamista ja oppimista. Puolestaan projektilähtöinen luonnontiede käyttää valikoimaa tietokonelähtöisiä työkaluja opiskelijoiden ongelmanratkaisun tukena. (Hmelo-Silver 2004)



Kuvio 2 Ongelmalähtöinen oppimissykli (Hmelo-Silver 2004)

Chung ja Chow ottivat esiin tutkimuksessaan vaikeudet ja opiskelijoiden nostamat huolet. He pyrkivät muotoilemaan oppimisen viitekehyksen, joka asettaa opiskelijat kumppaneiksi oppimisen ja opetuksen prosessiin. Koska ensimmäisen vuoden yliopisto-opiskelijoilla on vain vähän tietoa ongelmalähtöisen oppimisen metodologiasta, ja he ovat omaksuneet vielä vähemmän itsenäisen oppimisen lähestymistavasta toisen asteen koulutuksessaan, tulisi aineen opetussuunnitelman suunnittelun ottaa tarkasteltavaksi oppimiskäsitykset ja opiskelijoiden oppimistyyliä. Silloin olisi mahdollista kontrolloida oppimiskokemuksia. Artikkelin kirjoittajat valitsivat näiden toimintaoppimisen päämäärien saavuttamisen tämän kolmivaiheisen tutkimuksen aiheeksi. Näiden kolmen alueen erityiset tavoitteet osoitettiin seuraavasti:

- Vaihe 1. Näkemyksen saaminen opiskelijoiden ongelmalähtöisen oppimisen kokemuksista ja oppimiskäsityksistä niin, että
1. tutkitaan opiskelijoiden kommentteja ja palautetta heidän oppimiskokemuksistaan ongelmalähtöisen oppimisen metodologian avulla,
 2. ymmärretään opiskelijoiden oppimiskäsityksiä ja opintoja kuin myös opiskelijoiden ajanvietettä.
- Vaihe 2. Aineen ongelmalähtöisen oppimisen uudistaminen niin, että
3. nimitetään aineen suunnittelutiimi, joka vertaisi valittua opiskelijaryhmää, ja tutorit uudistamaan aineen opetussuunnitelmaa,

4. yhdistetään opiskelijoiden virallinen palaute ongelmalähtöisestä oppimisesta saatuihin kokemuksiin ja oppimiskäsityksiin vaiheen 1 tavoin aineen uudistettuun ongelmalähtöisen oppimisen opetussuunnitelmaan,
5. linjataan oppimis- ja opetusstrategioita opiskelijoiden oppimistyyliin ja kapasiteettiin.

Vaihe 3. Aineen opetuksen toteuttaminen ja arviointi niin, että

6. toteutetaan päivitetty aineen opetussuunnitelma, kun käytetään ongelmalähtöisen oppimisen metodologioita,
7. arvioidaan opiskelijoiden aineen päivitettyjä ongelmalähtöisen oppimisen oppimistuloksia ja aineen laatua oppimisen edistymisestä. (Chung & Chow 2004)

Savery & Duffy (2001) raportoivat konstruktivistisessä viitekehyksessä suoritusta ongelmalähtöisestä oppimisestä. Heidän mukaansa ongelmalähtöisen oppimisen yleinen malli kehitettiin lääketieteen opetukseen varhain 1970-luvulla. Siitä lähtien sitä on jalostettu ja toteutettu yli kuudessakymmenessä lääketieteen opinahjossa. Laajasti levinnyt lähestymistavan versio on ollut kahden ensimmäisen vuoden opintojen opetussuunnitelma, missä se on korvannut perinteisen luentoperustaisen lähestymistavan muun muassa anatomiassa, farmakologiassa ja fysiologiassa. Malli on valittu myös muihin yliopisto- ja lukio-opintoihin. Kuten millä tahansa opetusmallilla, ongelmalähtöisellä oppimiselläkin on monia toteuttamisvaihtoehtoja. Tekijät esittivät yleisen skenaarion käyttäen lääketieteen ympäristöä lähtökohtana ja sitten tutkivat joitain avainelementtejä yksityiskohtaisemmin. (Savery & Duffy 2001)

Kun opiskelijat tulevat lääketieteen opintoihin, heidät jaetaan viiden opiskelijan ryhmiin ja jokaiselle ryhmälle valitaan johtaja. Opiskelijoille esitetään sitten ongelmapotilaan muodossa liittyen sen hetkisiin oireisiin. Opiskelijoiden tehtävänä on diagnosoida potilas ja kyetä tarjoamaan peruste tuolle diagnoosille ja hoitosuositus. Opiskelijat eivät tiedä, mikä ongelma tulee olemaan ennen kuin se esitetään heille. He pohtivat ongelmaa yleistäen hypoteesia perustuen siihen, onko heillä kokemusta tai tietoa tapauksen relevanttien tosiasioiden ja opittavien kysymysten tunnistamiseen. Opittavat kysymykset ovat jonkinlaisia keskustelun aiheita, joiden uskotaan tuovan mahdollista selvyyttä ongelmaan ja joita ryhmä ei tunnu hallitsevan niin hyvin kuin pitäisi. Tapahtuma ei ole täydellinen, ennen kuin jokainen opiskelija peilaa suullisesti sen hetkisiä uskomuksiaan diagnoosista ja ottaa vastuu erityisistä opittavista kysymyksistä. Merkittävää on, että opiskelijoille ei aseteta mitään erityisiä ennakkotavoitteita. Opiskelijat yleistävät opittavat kysymykset (tavoitteet), jotka perustuvat heidän ongelma-analyysiinsä. (Savery & Duffy 2001)

Saveryn ja Duffyn mukaan ongelmalähtöisen oppimisympäristön piirteitä on muun muassa, että opiskelijat ovat aktiivisesti sitoutuneita työskentelyyn autenttisessa käyttöympäristössä tehtävissä aktiviteeteissa. Lähtökohta on, että opiskelijat ovat omien tietojensa rakentajana kontekstissa, jossa he sovelsivat hankittua tietoa. Opiskelijoita kannustetaan ja heidän odotetaan ajattelevan sekä kriittisesti että luovasti ja havainnoivan omaa ymmärtämistään eli metakognitii-

visen tason toimintaa. Merkityksen sosiaalinen selvittäminen on ongelmanratkaisutiimin rakenteen tärkeä osa, ja kunkin tapauksen tosiasiat ovat tosiasioita vasta, kun ryhmä ratkaisee ne. Useimmat autenttisiin tapauksiin perustuvat oppimisstrategiat käyttävät tosiasiatietoa opiskelijan ymmärtämisen testaamisen keinoina. Kuitenkin ongelmalähtöisessä oppimisessä kaikki oppiminen nousee ongelman tarkastelusta. Alusta alkaen oppiminen yhdistetään ja järjestetään ongelman kontekstissa. (Savery & Duffy 2001)

Hmelo-Silverin ja Barrowsin mukaan ongelmalähtöinen oppiminen on aktiivinen oppimismenetelmä, joka perustuu siinä esitettävien ongelmien käyttöön oppimisen ärsykkeenä. Huonosti strukturoidut ongelmat ovat monimutkaisia ongelmia, joita ei voi ratkaista yksinkertaisella algoritmilla. Sellaisilla ongelmilla ei ole väistämättä yksittäistä korrektaa vastausta, vaan vaatii opiskelijaa tarkastelemaan vaihtoehtoja ja tarjoamaan järkeviä perusteluja tukemaan ratkaisua, jonka he yleistävät. Ongelmalähtöinen oppiminen mahdollistaa opiskelijoiden kehittymisen keksivässä ja itseohjautuvassa oppimisessä. Sen empiiriset tutkimukset ovat osoittaneet, että opiskelijat, jotka ovat oppineet ongelmalähtöisesti, kykenevät paremmin soveltamaan tietojaan uusiin ongelmiin ja hyödyntämään tehokkaammin itseohjautuvia oppimisstrategioita kuin opiskelijat, jotka ovat oppineet perinteisten opetussuunnitelmien mukaisesti. (Hmelo-Silver & Barrows 2006)

St Clair-Thompson, Overton ja Bugler tutkivat henkistä kapasiteettia ja työmuistia kemian opiskelussa vertaamalla algoritmista ongelmanratkaisua avoimeen. Erityisesti kiinnosti, olivatko näiden käsiteltävien saavutukset parempia ongelmanratkaisun ennustajia kuin kuvioiden leikkaustestillä arvioitavan henkisen kapasiteetin pisteet. Toinen tavoite oli tutkia, liittyivätkö samat kognitiiviset tekijät, jotka ovat algoritmisen ongelmanratkaisun perustana, myös avoimien ongelmien menestykselliseen ratkaisemiseen. (St Clair-Thompson ym. 2012)

Tuloksista ilmeni, että laskemisen mieleen palauttamisen, monimutkaisen työmuistin tehtävän, jonka otaksutaan perustuvan työmuistin keskeiseen toimeenpanevaan komponenttiin, saavutukset olivat algoritmisen ongelmanratkaisun ja A-tason kemian arviointien paras ennustaja. Laskemisen mieleen palauttaminen samaistui vielä merkittävästi algoritmiseen ongelmanratkaisuun kontrolloitaessa tilastollisesti testipisteitä ja henkistä kapasiteettia arvioivia tuloksia. Tämä oli sopusoinnussa aikaisempien tulosten kanssa. Lisäksi jos opiskelijoiden henkisen kapasiteetin tai työmuistin tarkastelun päämääränä oli ennustaa heidän ongelmanratkaisutaitoaan ja arvosanaansa, silloin tutkijoiden tuli käyttää tehtäviä, jotka koskevat niin informaation prosessointia kuin varastointia. Tällaisia tehtäviä on kehitetty paljon työmuistin multikomponenttimallin kontekstissa. (St Clair-Thompson ym. 2012)

Työryhmä havaitsi algoritmisen ja avoimen ongelmanratkaisun välistä erottumista, joka voi hyvin peilata eroa alemman ja ylemmän tason kognitiivisten taitojen välillä. Tutkimustuloksilla saattaisi olla kemian opettamiseen tärkeitä seurauksia. Kognitiivisia taitoja vaativien arviointien ja kokeiden suunnittelu (esimerkiksi avoin ongelmanratkaisu) voi minimoida opiskelijoiden epäonnistumisen mahdollisuuksia. (St Clair-Thompson ym. 2012).

Ongelmalähtöinen oppiminen vaatii opiskelijoita ottamaan vastuun omasta oppimisestaan. Lähestymistavan mukaisesti opettava opettaja on opiskelijoiden oppimisen ohjaaja ja hänen puuttumisensa opiskeluun vähenee, kun opiskelijat ottavat edistyksellisesti vastuun omasta oppimisprosessistaan. Tätä lähestymistapaa käytetään tyypillisesti pienissä, ohjatuissa ryhmissä, ja se hyötyy oppimisen sosiaalisesta aspektista keskustelun, ongelmanratkaisun ja vertaisopiskelun avulla (Hmelo-Silver 2004). Ohjaaja ohjeistaa opiskelijoita opiskeluprosessiin pannen heidät ajattelemaan syvällisesti ja muodostamaan kysymysten tyyppejä, joita opiskelijoiden pitää kysyä itseltään siis muodostaen kognitiivisen harjoitteen esimerkiksi matematiikassa. (Collins 2006)

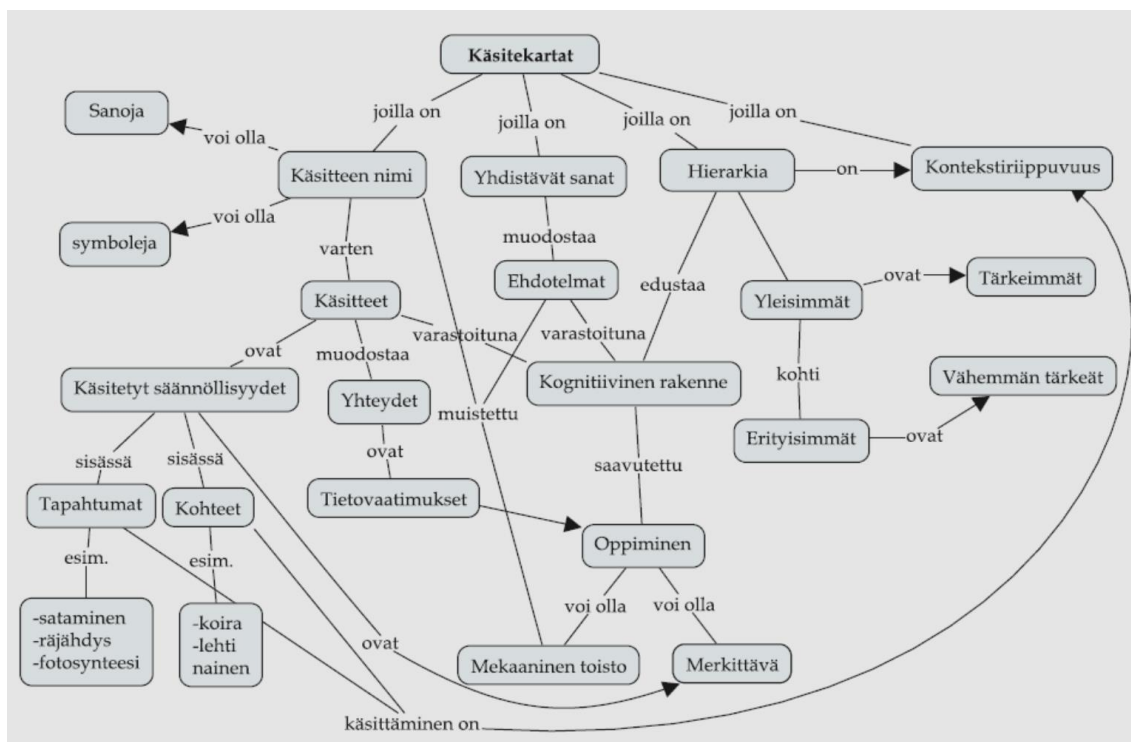
Ongelmalähtöinen oppiminen tarkoittaa monimutkaisten ongelmien oppimista. Ohjaajat tuovat asiantuntijuuden avainaspektit näkyviksi kysymyksillä, jotka kannustavat opiskelijan oppimista mallintamalla, valmentamalla, ja lopulta vähentämällä heidän tukemistaan. Ongelmalähtöisessä oppimisessä ohjaaja on asiantuntijaoppija, joka kykenee muodostamaan hyviä oppimis- ja ajattelustrategioita mieluummin kuin tarjoamaan erityissisältöjen asiantuntijuutta. Rooli on kriittinen, koska ohjaajan täytyy jatkuvasti seurata keskustelua valiten ja toteuttaen tarvittaessa sopivia strategioita. Kun opiskelijoista tulee kokeneempia ongelmalähtöistä oppimista käyttämällä, ohjaajat voivat vähentää huolehtimistaan, kunnes lopulta opiskelijat ottavat paljon heidän kyselevästä roolistaan. Opiskelijat oppivat, koska he sitoutuvat yhteisöllisesti konstruktivistiseen prosessiin. Ohjaajan mallin pitää tarjota käyttömahdollisuuden tätä konstruktivistista prosessointia varten samalla tavalla, kuin hyvien tutor-ohjaajien on perusteltu tekevän. (Hmelo-Silver & Barrows 2006)

Kun opetetaan tieteellistä tutkimusta yksittäisenä askel askeleelta tapahtuvana tieteellisenä menetelmänä, vaarannetaan enemmän kuin vain tieteen luonteen väärinkäsittäminen. Yritettäessä painottaa tieteellisen tutkimuksen neljää pääpiirrettä (huolellinen havainnointi, kriittinen perustelu, mielikuvan tärkeys ja todisteisiin turvautuminen) yksinkertaistetaan näkemystä. Opiskelijoita tulee opettaa havainnoimaan maailmaa huolellisesti, ajattelemaan kriittisesti ja loogisesti sitä, minkä he uskovat olevan totta, ja tärkeintä perustamaan ymmärtämisensä todisteisiin. Tähän pääsemiseksi ongelmalähtöinen oppiminen on tehokas tapa, joka on viime aikoina löytänyt yhä enemmän paikkansa toisen asteen koulutuksen luonnontieteiden kursseihin. Opettajat ovat löytäneet siitä keinon sitouttaa opiskelijoita ja kehittää kriittisen ajattelun taitoja. (Metz 2006)

Parhaimmillaan konstruktivistista oppimista ohjaavat haasteelliset, avoimet ongelmat, opiskelijoiden työskentely yhteisöllisissä ryhmissä, ja näin opettajat muuttuvat ohjaajiksi. Kun opiskelijat työskentelevät yhdessä autenttisten ja mielekkäiden ongelmien parissa, he arvostavat löytämiään todisteita ja arvioivat kriittisesti mahdollisia ratkaisuja. Hyvä ongelmalähtöinen oppimisaktiviteetti kertoo aina muuttuvasta lähestymistapojen ja ratkaisujen valikoimasta. Samanlaisia tapoja myös tiedemiehet käyttävät tutkimusongelmia kohdatessaan. Kun tieteen sisältö lähtee tarve tietää -perustalta, siitä tulee merkittävämpää. (Metz 2006)

Käyttämällä ongelmalähtöistä oppimista päästään luonnontieteissä irti tieteellisestä menetelmän yksinkertaistetusta näkemyksestä. Monimutkaiset ongelmat vaativat kekseliäitä, ilmiölähtöisiä ratkaisuja, jotka saavutetaan kriittisen ajattelun ja kysymysten syvän ymmärtämisen avulla. Tämä tapa lienee paljon parempi kuin luonnontieteiden opettaminen askelittaisena marssina kohti ennalta määritettyä johtopäätöstä. (Metz 2006)

Johnstone ja Otis ovat tarkastelleet, miten käsitekartta toimii ongelmalähtöisessä oppimisessä. Novakin ja Musondan käsitekarttaa mukailleen sen tekeminen voidaan esittää kuvan 3 mukaisesti. Käsitekartoissa on kaikille käsitteille nimet, jotka voivat olla sanoja tai symboleja. Käsitteet puolestaan ovat käsitettyjä säännönmukaisuuksia tapahtumista ja kohteista. Niissä on yhdistäviä sanoja muodostamassa ehdotelmia yhdessä käsitteiden nimien kanssa. Lisäksi käsitteet muodostavat yhteyksiä, jotka ovat tietovaatimuksia ja liittyvät oppimiseen. Ehdotelmat yhdistetään kognitiiviseen rakenteeseen, jossa ne ovat varastoituna.



Kuvio 3 Avainideoiden käsitekarttaesitys perustuu käsitekarttojen käyttöön opinnoissa. Mukailleen Novakin ja Musondan esitystä (Novak & Musonda 1991. American Educational Research Journal 28 (1), 125)

Toisaalta kognitiivinen rakenne on saavutettu oppimisella, joka voi olla joko mekaanista toistoa tai merkittävää. Mekaanisella toistolla muistetaan käsitteiden nimiä ja ehdotelmia. Merkitykselliset asiat puolestaan liitetään kognitiiviseen rakenteeseen. Myös säännönmukaisuudet ovat merkittäviä. Käsitekartoissa on myös hierarkia, joka on yhteydessä ehdotelmiin ja edustaa kognitiivista rakennetta. Hierarkiassa liikutaan yleisimmästä, joka on tärkeintä, erityisimpään, joka

on vähiten tärkeää. Käsitekartoissa on myös kontekstiriippuvuus, joka puolestaan on kohteiden ja tapahtumien ymmärtämistä. Myös hierarkia on kontekstiriippuvainen (Johnstone & Otis 2006).

Ongelmalähtöisellä oppimisella ja käsitekarttatekniikalla on yhdensuuntaiset päämäärät, sillä molemmat perustuvat konstruktivistiseen oppimiskäsitykseen. Lääketieteessä näitä kahta on sovellettu yhdessä pääoppimismalleina. Tämä tarjoaa Johnstonen ja Otisin mukaan mahdollisuuden testata useita hypoteeseja käsitekartan ja ongelmalähtöisen oppimisen vuorovaikutuksen avulla. Näihin liittyy, että opiskelijat, jotka käyttävät käsitekarttoja opinnoissaan ja tarkistuksissaan, esittäisivät paremmin arviointitehtävänsä, kuin ne, jotka eivät käytä. Tutkimus tukee tätä vain lievästi. Lisäksi myös opiskelijoiden, joilla on niin sanotusti hyvä kartta, pitäisi selvittää paremmin kuin he, joilla oli niin sanotusti köyhä kartta. Tämä ei saa tukea, sillä monet opiskelijat, joilla on köyhät kartat, käsittelevät niitä avainten riittävänä valikoimana aukaisemaan hyvin suuria tietokantoja ja nämä opiskelijat suoriutuvat hyvin. Toiset opiskelijat, joilla on huonot kartat, myöntävät, että heillä on löysä ote työhönsä, ja se vaikuttaa heidän karttojensa laatuun. Tämä huonontaa karttojen käytön mahdollisuuksia arvioinnissa. Voi olla, että kartat pitää käsitellä hyvin henkilökohtaisina vain kirjoittajan silmille tarkoitettuina työkaluina henkilökohtaisen päiväkirjan tavoin väärintymärtämisen estämiseksi (Johnstone & Otis 2006)

Arvioinnin päämäärien lisäksi Johnstone ja Otis tarkastelevat näiden kahden mallin toisiaan täydentävää luonnetta. Sekä käsitekartta että ongelmalähtöinen oppiminen aktivoivat ensisijaista tietoa. Edellinen tarjoaa ensisijaisen tiedon visualisointimenetelmän laajojen käsitteiden muotoiluun ja uuden erityisinformaation hankkimiseen. Jälkimmäinen puolestaan aktivoi ensisijaista tietoa soveluksillaan aivoriihitoiminnan aikana. Tämä prosessi myös paljastaa aukkoja tiedoissa. Molemmissa informaatio hankitaan todellisen ongelman kehityksessä. (Johnstone & Otis 2006)

Karttatekniikassa todellisen elämän ongelman käyttö muodostaa kartan ensimmäisen solmun edistämään teoreettisen ja sosiaalisen tiedon yhdistämistä. Ongelmalähtöinen oppiminen käyttää elämän skenaarioita sitomaan uutta informaatiota todennäköisiin muistivihjeisiin ja kasvattamaan opiskelijan kiinnostusta näyttämällä uuden informaation merkityksen työssään. Molemmissa malleissa muokataan ensisijaista tietoa. Käsitekartat tarjoavat rakenteen, johon uutta informaatiota voidaan koota. Prosessin visualisointi sallii sen harkitun integroimisen opiskelijoiden laajenevaan tietokantaan. Ongelmalähtöisen oppimisen fokus on ensisijaisen tiedon muokkaaminen. Opiskelijat aloittavat prosessin siitä, mitä he jo tietävät. Siten he yleistävät siihen pohjautuvia kysymyksiä siitä, mitä heidän pitää tietää ymmärtääkseen kokonaisuuden. (Johnstone & Otis 2006)

Cowanin ja työtovereidensa mukaan Bruner on esittänyt teoksessaan "The Culture of Education" (1996), että metakognitio on "ajattelun ajattelemisen" esitys. Moderni oppimisteoria määrittää opettajan tehtäväksi opiskelijan metakognitiivisten taitojen rohkaisemisen. Rohkaiseminen taitojen kehittämiseen on ominaista reflektoilvalle ammattilaiselle. Moderni pedagogiikka painottaa yhä enemmän näkemystä, että lapsen pitäisi olla tietoinen omasta ajatteluprosessistaan.

Näin ollen pedagogiikan teoreetikon ja myös opettajan tulisi auttaa häntä tulemaan metakognitiivisemmaksi eli tiedostamaan, kuinka hänen oppimisensa ja ajattelunsa kehittyvät opiskeltavassa aineessa. Taitojen saavuttaminen ja tiedon kertyminen eivät riitä. Oppijaa voidaan auttaa saavuttamaan täydet taidot pelaamalla samanaikaisesti, kuinka hän pärjää työssään ja kuinka hänen lähestymistapaansa voidaan kehittää. (Cowan ym. 1998)

Vygotsky väittää teoksessa ”Mind in Society: The development of higher psychological processes” (1978), että reflektoinnin ja itsearviointin taidot kenen tahansa ongelmanratkaisukyvyssä sisäistyvät hitaasti. Prosessia voidaan kuitenkin auttaa vertaiskeskusteluilla ja keskustelulla opettajan kanssa. Toisten opastuksella opiskelijat oppivat opastamaan itseään, ja keskustelu vaihtoehtoisista ratkaisuista toistensa kanssa rohkaisee sisäistä puhetta tai ajattelua. (Cowan ym. 1998)

2.3.6.4 Tutkimuslähtöinen oppiminen

Tutkimuslähtöisestä oppimisesta (inquiry based learning) käytetään luonnontieteiden opetuksessa usein ilmaisua tutkimuksellinen opiskelu. Oppiminen tutkimuksen avulla on ollut pitkään luonnontieteen opetuksen päämäärä, sillä niin varhain kuin vuonna 1910 John Dewey esitti sen tärkeyden. Nykyään tutkimuslähtöinen oppiminen vetää puoleensa huomiota ja aiheuttaa väittelyä hallintoelimityksissä ja politiikassa. Nämä tahot tukevat sen käyttöä. Tästä huolimatta tarvetta on vahvemmalle tutkimukselle ja kriittiselle väittelylle siitä, mitä tutkimuslähtöinen oppiminen tarkoittaa käytännössä ja mikä rooli sillä on erityisesti luonnontieteiden opetukseen innostamisessa. Yeomansin mukaan voidaan esittää monia kysymyksiä: Mitä luonnontieteen opetuksen sektori haluaa saavuttaa tutkimuslähtöisen oppimisen avulla? Mitkä ovat tutkimuksen rajat ja rajoitteet? Kuinka voidaan parhaiten tukea tutkimusjaksoa muilla pedagogiikoilla? (Yeomans 2011)

Edelson työryhmineen otti myös esiin tutkimuksen avoimien kysymysten tavoittelun, joka on luonnontieteiden käytäntöön kuuluva perusasia. Tutkimuslähtöinen oppiminen perustuu ideaan, että tiedeoppimisen pitäisi olla autenttista luonnontieteiden käytäntöä kohti etenevää, mitä jo aiemmin Dewey puolusti. Viime aikoina tutkimuslähtöisen oppimisen tuki on ammennettu kognitiivisen tieteen tutkimuksesta, joka tarjoaa todisteita opetuksen aktiivisuuden tärkeydestä ja autenttisista konteksteista (Greeno, Collins & Resnick 1992). Autenttiset aktiviteetit tarjoavat oppijalle motivaation hankkia uutta tietoa, perspektiivin uuden tiedon liittämiselle olemassa olevaan, ja mahdollisuuden tietojen soveltamiselle. Luonnontieteen oppimiseen on tavanomaisesti liitetty passiivinen tiedon vastaanotto, jonka vastakohtana tutkimus on aktiivista. Aktiivisena tieteellisenä käytäntönä tutkimus tarjoaa myös luonnontieteiden oppimiseen arvokkaan kontekstin. (Edelson ym. 1999)

Koska tutkimuslähtöisen oppimisen määritelmän vaihtelu luonnontieteissä on yhdistynyt tutkimuksen ja myös sen pohtimisen vaikeuksiin, hyväksytyyn määritelmään pitäisi päästä ja käyttää sitä yhdenmukaisesti. Yeomansin mukaan se olisi seuraava: ”Tutkimuslähtöinen luonnontieteiden oppiminen on sellaista, että opiskelija oppii tutkimuksen avulla käyttäen tutkijoiden työskentelytapoja,

sellaisia kuin kysymysten esiin nostamista, tietojen keräystä, perustelua, todisteiden kartoitusta, johtopäätösten tekemistä ja tulosten pohtimista.” Kun opiskelijat oppivat tutkimuksen avulla, he voivat kehittää tieteellistä tietoa ja he voivat myös oppia tutkimuksesta muun muassa luonnontieteellisen prosessia ja kuinka rakennetaan järkeviä, valideja ja täsmällisiä tutkimuksia. (Yeomans 2011)

Tämä määritelmä vaatii, että luonnontieteen opetusta varten otetaan käyttöön tutkimuslähtöiseen oppimiseen soveltuvat pedagogiikat, jotka sallivat opiskelijoiden oppia tutkimuksen avulla. Tärkeää on, että ei rajoiteta opiskelijoiden kokeellisten töiden tai tutkimusten tekemistä ja myös työhön sisällytetään pohdintaa ja toissijaisten lähteiden käyttöä. (Yeomans 2011)

Vuonna 1999 Edelson työryhmineen esitti, että luonnontieteen tutkijoiden tieteellisten käsitteiden tieto, tieteellisten työkalujen ja median ymmärtäminen ja tutkimustaidot nivoutuvat yhteen erottamattomasti. Yritettäessä toteuttaa tutkimuslähtöistä oppimista päämääränä on auttaa opiskelijoita kehittämään tällaista tasalaatuista ehyttä ymmärtämistä. Tutkimukseen osallistuminen voi tarjota opiskelijoille mahdollisuuden saavuttaa kolme toisiinsa liittyvää oppimistavoitetta: kehittää yleistä tutkimuskelpoisuutta, hankkia erityisiä tutkimustaitoja ja ymmärtää luonnontieteiden käsitteitä ja periaatteita. (Edelson ym. 1999)

Ryderin mukaan pohdittaessa koulun luonnontieteitä on yleistä puolustaa tieteellistä tutkimusta. Usein ei kuitenkaan ole onnistuttu erottamaan tieteellisen tutkimuksen oppimistavoitetta (mitä odotetaan opiskelijan oppivan tieteellisen tutkimuksen avulla) lähestymistavan asettamisesta (mitä ovat tutkimusaktiiviteetit, jotka tukevat opiskelijan oppimista). Usein on riittämättömästi yksityiskohtaista tietoa siitä, mitä opetuksen ja oppimisen lähestymistapaa voitaisiin pitää tieteellisenä tutkimuksena, ja kuinka nämä aktiviteetit kiinnittyisivät pitkään opetus- ja oppimissarjaan. (Ryder 2011)

Tieteelliseltä tutkimukselta oppimistavoitteena historian, sosiologian ja tieteen filosofian näkökulmasta voitaisiin odottaa opiskelijoiden oppivan tieteen päämääristä, erilaisista tavoista, joilla tiedemiehet tutkivat ilmiöitä, siitä kuinka he arvioivat havaintojen ja mittausten laatua, siitä kuinka he kehittävät luonnollisen maailman selityksiä ja siitä, kuinka he kommunikoivat ideoistaan ja ratkaisivat kiistansa. Ryder pitää näitä koulun luonnontieteiden tärkeinä oppimistavoitteina. (Ryder 2011)

Termiä tieteellinen tutkimus käytetään myös kuvaamaan opetuksen ja oppimisen lähestymistapaa. Tieteellisen tutkimuksen lähestymistapoja voivat olla havaitseminen, kokeileminen ja lapsen omista tiedoista lähtevä opettajan ohjaama tiedon rakentaminen. Tällainen lähestymistapa on vastakohta välittävän opetus- ja oppimislähestymistavan kanssa, jossa opettaja esittää tieteellistä tietoa opiskelijoille. Määritelmä sisältää hyvin laajan valikoiman erilaisia aktiviteetteja. Tieteellinen tutkimus esitetään usein universaalina ja itsestään selvänä opetuksen ja oppimisen lähestymistapana. (Ryder 2011)

Tiedeopetuksen kehittäminen oli tärkeää 1990-luvulla useista syistä. 1) Modernissa yhteiskunnassa ja entistä kehittyneemmässä taloudessa tarvittiin luonnontieteen ymmärrystä enemmän kuin koskaan aikaisemmin. 2) Arvokasta tut-

kimusta ja teknologian saavutuksia epäiltiin ja jopa ymmärrettiin väärin. 3) Kognitiivisen tieteen prosessi ja opetuksen tutkimus vahvistivat tarvetta ympäristön piristämiseen ja nuorten opiskelijoiden avoimuutta luonnontieteisiin. 4) Opiskelijat ympäri maailman – erityisesti tytöt – menettivät kiinnostustaan luonnontieteisiin sekä oppiaineena että urapolkuna. Tästä seurasi johtopäätös, että tiedeopetus tulisi järjestää uudella tavalla. (Léna 2011)

2000-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä pilottiprojektien menestys ja kansainväliset kokoukset sijoittivat tutkimuksen luonnontieteiden opetuksen parhaimpana pidettyjen pedagogisten lähestymistapojen joukkoon. Oppiminen ymmärtämisen avulla soveltaa aktiivista havainnointia, kyseenalaistamista, kokeilemistä, hypoteesien tekemistä ja itseilmaisua luonnontieteiden sanastoa käyttäen. Huolimatta kiistattomien ja vankkojen tutkimustodisteiden puutteesta kiinnostuneet opiskelijat, vanhemmat ja opettajat näyttivät pilottiprojektien ansiosta, että he halusivat tukea tutkimuslähestymistapaa. Tällaisen pedagogiikan peruseriaatteet eivät olleet uusia, mutta todellinen haaste olisi ympäri maailmaa olevien opiskelijoiden opiskelun toteuttaminen. (Léna 2011)

Lénan mukaan kansainväliset projektit olivat haasteellisia, koska opetus piti sulauttaa kulttuurilliseen ja sosiaaliseen taustaan. Pedagogiset lähestymistavat vaativat paikallista mukautumista ja aikaa tuottaakseen todellisia ja pysyviä parannuksia. Peruskoulun opetussuunnitelmat ovat olleet monissa maissa vertailukelpoisia (Léna 2011), mutta Harlenin mukaan siirryttäessä toiselle asteelle opiskeluun tulee epäjatkuvuuskohta, joka vaikuttaa mahdollisesti opiskelijoiden luonnontieteiden opiskeluun ja asenteeseen negatiivisesti. Tähän saattaa olla syynä vartalon ja aivojen kypsyminen, mikä tuottaa emotionaalisia, kognitiivisia ja sosiaalisia muutoksia. Vaikutus voi olla valtava, kun siirrytään mahdollisesti yhden opettajan opetuksesta tilanteeseen, jossa eri aineita opettaa eri opettaja. Muutosten vaikutusta moititaan notkahtamisesta sekä opiskelua että kouluaineita kohtaan tunnetuissa asenteissa. Tällaista on hyvin dokumentoitu vuosien mittaan monissa maissa. Tähän ongelmaan voitaisiin saada ratkaisu järjestämällä perusasteen ja toisen asteen opettajien välistä yhteistyötä. (Harlen 2010)

Harlenin raportin mukaan ”Inter Academy Panel Science Programme” on kehittänyt usean vuoden ajan tutkimuslähtöisen luonnontieteiden opetuksen aktiviteetteihin liittyvää asialistaa, jonka mukaisesti opettajien pitää toimia:

1. Kysyä kysymyksiä, jotka vaativat perustelua, selvitystä ja pohdiskelua tai reflektointia ja osoittaa kiinnostusta opiskelijoiden vastauksiin.
2. Tarjota opiskelijoille mahdollisuuksia kohdata materiaaleja ja ilmiöitä sekä kokeilla tai tutkia niitä suoralta kädeltä.
3. Järjestää mahdollisuuksia toimintaohjeiden ja tulosten samoin kuin pienissä ryhmissä suoritettavien kokeellisten tutkimusten pohdinnolle.
4. Kannustaa esimerkein suvaitsevuuksiin, molemminpuolista kunnioitusta ja objektiivisuutta pienten ryhmien ja koko luokan pohdintoissa.
5. Tarjota pääsy vaihtoehtoisiin toimintaohjeisiin ja ideoihin pohdintoilla, viittauksilla kirjoihin sekä sellaisilla resursseilla kuin Internet ja muut apulähteet.
6. Asettaa haasteellisia tehtäviä samalla kun tarjotaan tukea niin, että opiskelijat voivat kokea toimivansa kehittyneemmällä tasolla.

7. Rohkaista opiskelijoita kommenteilla ja kysymyksillä tarkistamaan, että heidän ideansa ovat johdonmukaisia käytössä oleviin todisteisiin nähden.
8. Auttaa opiskelijoita tallentamaan havaintonsa ja muun informaation tavoilla, jotka tukevat systemaattista työskentelyä ja selostusten laatimista sisältäen tavanomaisten esitysten ja sopivan sanaston käytön.
9. Rohkaista kriittistä pohdiskelua, kuinka he ovat oppineet, ja kuinka tätä voidaan soveltaa tulevaan oppimiseen. (Harlen 2010)

Näistä kannanotoista ilmenee epäsuorasti edellisessä luettelossa olevan arvokkaita toimia, jotka johtavat hyödylliseen oppimiseen. Toisin sanoen ne viittaavat laajimmassa mielessä otettuna pedagogiikkaan, koska ne sisältävät opetustoimenpiteiden arvoja ja oikeutuksia. Opettajien pitää todennäköisemmin työstää edellä lueteltuja asioita, jotta he vakuuttuvat opiskelijoiden kyvystä saada ensisijaista kokemusta tutkia ja havainnoida ilmiöitä, työskennellä yhteistyöryhmissä, keskustella ja perustella ja niin edelleen. Siis opettajat, jotka nykyään opettavat perinteisesti seuraamalla oppikirjaa, koko luokan työskentelyä ja painottamalla tosiasiatietoa, kohtaavat merkittävän muutoksen näkemyksessään. Heidän tulee ratkaista, mitä opettaminen tarkoittaa ja mitä luokkahuonetekniikoita käytetään, jos he haluavat toteuttaa tutkimuslähtöistä luonnontieteidenopetusta. (Harlen 2010)

Luonnontieteiden tutkimuslähtöisen oppimisen pedagogiikkaan liittyy olennaisesti tutkimuksen osana oleva kokeellisuus. Mikäli opettajat aikovat toteuttaa tutkimuslähtöistä opettamista, tulee luokan sisällä muuttaa monia asioita, vaikka aikaisemmin olisikin tehty kokeellisia harjoitustöitä. Tutkimuslähtöistä opetusta aloittaessaan yksityiset opettajat voivat tuntea voimattomuutta monien esteiden edessä luodessaan koulun opetussuunnitelman sisältöjä ja aikatauluja sekä muuttaessaan testien ja kokeiden luonnetta, koska heidän on autettava opiskelijoitaan suorittamaan kurssit hyväksytysti. (Harlen 2010)

Edelson työryhmineen tarkastelee myös tutkimuslähtöisen oppimisen teknologista tukea. Heidän mukaansa tieto- ja viestintäteknologiat tarjoavat dramaattisia, uusia mahdollisuuksia tutkimuslähtöisen oppimisen tukemiseen. He käyttivät muun muassa Blumenfeldin ym. projektilähtöiseen oppimiseen tarkoitettua artikkelia (Blumenfeld ym. 1991), jossa Blumenfeld työtovereineen esitti, että teknologia voi myötävaikuttaa 1) oppimisprosessiin lisäämällä kiinnostusta ja motivaatiota, 2) tarjoamalla pääsyn informaatioon, 3) sallimalla aktiiviset, manipuloivat esitykset, 4) rakentamalla prosessia taktisella ja strategisella tuella, 5) diagnosoimalla ja korjaamalla virheitä sekä 6) ottamalla huomioon ongelmat oppimisen edistymisessä. (Edelson ym. 1999)

Myös Harlen (2010) Inter Academic Panel -konferenssiraportissaan käsittelee uusia teknologioita ja tutkimuslähtöistä luonnontieteen opetusta. Hänen mukaansa teknologioiden käyttö on dramaattisesti mullistanut tavan, jolla opiskelijat voivat saada todisteita, löytää informaatiota sekundaarilähteistä ja käsitellä tuloksia. Heidän on mahdollista päästä museoiden kokoelmiin Internetin avulla, he voivat kerätä tietoja helpommin kuin ennen pitkältä ajalta automaattisilla välineillä. Myös tietojen vaihto maailman eri puolilla olevien tiedemiesten ja toisten opiskelijoiden kanssa on mahdollista. (Harlen 2010)

Harlenin mukaan tieto- ja viestintäteknologia voi rikastaa opiskelijoiden kokemuksia ja tarjota oivalluksia näistä kokemuksista. He löytävät tehokkaita yhteyksiä uuteen informaatioon ja ideoihin tai käyttävät niitä testatessaan kehittämäänsä malleja. Teknologioilla on myös tärkeä merkitys muun muassa parempien mittaus- ja havaintomenetelmien luomisessa. Siksi on tärkeää, että

1. Tietokonesimulaatioita voidaan käyttää kuvaamaan vaarallisia ja saavuttamattomia prosesseja ja tapahtumia, mutta ne eivät voi koskaan korvata todellista laboratorioaktiiviteettia ja kenttätöitä. Ilmiöistä reaali maailmassa tehty suora havainto on aina oleellinen luonnontieteissä.
2. Kommunikointi tietokoneiden ja älypuhelinien avulla ei voi korvata suoraa kokemusten ja ideoiden jakamista puhumalla, keskustelemalla ja perustelemalla. Välittömällä puhumisella on eri rooli opetuksessa kuin asynkronisella kommunikaatiolla tietokoneen avulla. (Harlen 2010)

Wells löysi tutkimuslähtöisen oppimisen malleja pääasiassa luonnontieteiden alueelta. Hän yleisti, että tutkimuslähtöistä oppimista voidaan käyttää kaikilla opetus suunnitelman aloilla, missä vain on opettajia, jotka uskoen, että oppimisen päämäärä on ymmärtäminen, ovat kokeilleet vuorovaikutteista tutkimuslähestymistapaa ja huomanneet sen olevan ylivertainen opettajajohtoiseen tai muuhun oppilaskeskeiseen oppimiseen nähden. Wellsin mukaan tähän näyttää olevan kaksi syytä. 1) Kaikilla opetus suunnitelman aloilla tiedoksi käsitetään kulttuurillinen rakenne, joka on kehittynyt ajan mittaan opiskelijoiden kokemien tutkimusprosessien ja keskustelujen avulla. 2) Wells toivoo, että kaikilla opetus systemin tasoilla oppimisen ja opetuksen päämäärän tulisi olla oppimista teke mällä, ajattelemalla ja paneutumalla. Tällainen oppiminen liitetään pohdintaan. Tutkimus näyttää Wellsin mukaan olevan tehokkain reitti ymmärtämiseen. (Wells 1992)

Lord ja Orkwiszewski tutkivat biologian tutkimuslähtöistä oppimista niin, että heillä oli vertailuryhmä, joka opiskeli perinteisellä tavalla edeten laboratorioluokassa askel askeleelta. Heidän tutkimuksensa tuki näkökantaa, että opiskelijat oppivat tutkimuksen avulla opetettavista laboratoriotöistä enemmän biologiaa kuin opiskelijat niissä luokissa, joissa edettiin askel askeleelta ohjeen mukaan. He nauttivat tutkimuksesta enemmän kuin perinteisesti opetetut luokkatoverinsa. Vertailussa koeryhmän osanottajat saivat pisteitä johdonmukaisesti paremmin laboratoriotyötesteissä kuin kontrolliryhmän opiskelijat. Tutkimus myös paljasti, että merkittävästi suurempi osa koeryhmän opiskelijoista koki myönteisesti biologian laboratoriotöiden kokemukset verrattuna kontrolliryhmän kokemuksiin. Lisäksi tutkimuksen mukaan opiskelijat, joita opetettiin tutkimuslähtöisellä lähestymistavalla, hankkivat paremmat luonnontiedeasenteet ja perustelutaidot kouluvuoden aikana. Kun luonnontieteiden professorit tarkastelivat opiskelua tutkimushaasteiden kautta (ei ainoastaan materiaalin ymmärtämistä ja muistamista), he huomasivat näiden opiskelijoiden säilyttävän informaation pitemmän ajan. Lisäksi tutkimus opetetut opiskelijat kykenivät sovelta maan oppimaansa uusiin tilanteisiin ja useammin osoittamaan henkilökohtaista kiinnostusta ympärillä olevaan luonnontieteeseen kuin perinteisesti opetetut

opiskelijat tekivät. Heidän mukaansa tutkimus vaalii intoa oppiaineeseen, mitä ei yleisesti tapahdu opettajajohtoisessa opetuksessa. Yager (1991) on esittänyt artikkelissaan "The constructivist learning model: Towards real reform in science education", että tutkimusopettaminen auttaa sytyttämään opiskelijoissa luonnontieteen liekin. Mikäli tutkimusopettamista käytetään johdonmukaisesti, tutkimus edistää osanottajien luonnontieteiden intohimon leimahtamista koko loppuelämän ajaksi. (Lord & Orkwiszewski 2006)

3 KEMIAN OPETUSSUUNNITELMA

3.1 Kemianopetus kansainvälisesti

Luku 3.1 sisältää sekä kemian historiaa ja sen käyttöä kemian opetuksessa että kemian opetuksen ja kemian kehittymistä jokaisen kansalaisen oppiaineeksi. Toisena aihealueena tarkastellaan kemian opetusta muutamissa Euroopan maissa pitempänä ajanjaksona ja Euroopan neuvoston maissa 1960- ja 1970-luvun vaihteissa sekä Yhdysvalloissa 1800-luvun puolesta välistä 1920-luvun loppuun.

3.1.1 Kemian historia ja opetus

Saksalainen runoilija ja näytelmäkirjailija Johan Wolfgang von Goethe, itsekin amatööritiedemies, lausui: "Die Geschichte der Wissenschaft ist die Wissenschaft selbst." Suomeksi tämä kääntyy "Tieteen historia on tiede itse". Ensimmäisen englanninkielisen kemian historian kirjoittivat 1830-luvun alussa skotlantilainen Thomas Thomson, joka oli aktiivinen käytännön kemisti, ja saksalainen August Kekulé, joka kulutti aikaa lukien kemian klassikoita ennen omien alkuperäisten keksintöjensä tekemistä. Kaufmannin mielestä opiskelijoiden oli hyvä oppia varhain, että tiedemiehet, jotka ovat vaikuttaneet heidän ymmärrykseensä atomeista, tulivat monista eri maista. Merkittäviä vaikuttajia ovat olleet edellä mainittujen ja muiden muassa esimerkiksi venäläinen Dimitri Mendelejev ja tanskalainen Nils Bohr. Opiskelijoiden tuli myös ymmärtää, että kansainvälinen yhteistyö näyttelee pääroolia tieteellisessä ajattelussa. Tosiasiassa lukuisten naisten merkitys listalla oli vähäisempi kuin miesvaikuttajien. Kuitenkin he pystyvät herättämään naisten kiinnostuksen tieteeseen, joten ei ole syytä väheksyä sellaisten tiedenaisten kuin Marie Curien ja Lise Meitnerin työtä. (Kaufmann 1987)

Alkemistien ja varhaisten kemistien kulttuurillisten ja filosofisten aikojen ymmärtäminen voi auttaa ymmärtämään sivilisaatiomme kehitystä. Mikä olisi näinä korkean teknologian tieteellisen vaikuttamisen aikoina parempi tapa kehittää oman päivittäisen elämän terveydenhuoltoa kuin kiinnostus kemiaan? Lisäksi osa opiskelijoista pitää kemiaa vaikeana ja abstraktina oppineena, joten he karttavat kemian opiskelua. Voimme rikkoa rajoja tiedemiesten ja maallikoiden välillä hyödyntämällä historiallista perspektiiviä kemian opetuksessa. (Kamsar 1987)

Perinteisten kemiankurssien sisältö on kokenut monia muutoksia yhteiskunnan haasteiden ja kemianteollisuuden aiheuttamien paineiden takia. Kemianteollisuuden useiden vuosikymmenen aikainen kasvu on ollut ilmiömäistä. Monissa maissa 1980-luvun alussa tehdyissä opetussuunnitelmauudistuksissa otettiin käyttöön uusia kemian kursseja, jotka painottivat oppiainetta ja kemian teemoja. Opiskelijoiden, jotka valitsivat kemian kursseja päästäkseen opiskelemaan kemiaa soveltaville aloille, tarpeet olivat lisänneet kurssitavoitteita. Yhteis-

kunnalliset kysymykset liittyen happosateisiin, puhtaaseen veteen, ruuan riittävyYTEEN, parannettuun ruuantuotantoon ja arvioituun synteettiseen tuotantoon olivat kaikkien opiskelijoiden huolena. Kemian käyttö bio- ja lääketeknologioiden ymmärtämiseen ja tutkimukseen loi uusia päämääriä. Usein unohdetaan, että kemia kaikkien tieteiden tavoin on inhimillistä ponnistelua. Kemia opetus historiallisessa perspektiivissä tutustuttaa opiskelijat entisiin ja nykyisiin kemian osaajiin ja heidän työhönsä. Tämä auttaa mahdollisesti suhtautumaan kemiaan avoimemmin. Kemian tulevien ammattikäyttäjien samoin kuin henkilöiden, jotka kohtaavat sattumalta kemian jokapäiväisessä elämässään kuluttajana tai julkisten ratkaisujen tekijöinä, pitää ymmärtää kemian peruseriaatteita ja sovelluksia. Siksi tulee tarjota opetusta tätä varten. (Kamsar 1987)

Skotlannissa 1800-luvulla pyrittiin tuomaan kemia lukion oppiaineeksi. Aluksi se sallittiin vastahakoisesti yhteiskunnan alemmille sosiaaliluokille, jotka ansaitsivat elantonsa käsillään. Vuosisadan lopulla monet koulut olivat ottaneet kemian opetussuunnitelmaan. Muutamat opiskelivat kemiaa, jotta pääsisivät teollisuuteen erilaisilla artesaanitasoilla laboratorioapulaisiksi, kun taas toiset valmistautuivat menemään yliopistoihin ja muihin opistotason oppilaitoksiin jatkaamaan arvosanaopintojaan. Kemiaa opiskeltiin muiden aineiden ohessa yleisen koulutuksen osana. Klassisilla kielillä ja matematiikalla oli ollut aina paikkansa opetussuunnitelmassa niiden väitetyin mielenharjaannuttamiskyvyn takia. Varhain 1900-luvulla luonnontieteet alkoivat asteittain siirtyä pelkästä hyödyllisestä toiminnasta kilpailemaan klassikoiden kanssa opiskelijoiden mielen harjaannuttamisessa. Kemian opetussuunnitelmassa tarjottiin luettelo kaasujen valmistusta ja ominaisuuksia, lakien ja määritelmien luettelo muistettavaksi, joitakin teollisuusprosesseja lämpötilan ja paineen yksityiskohtaista säätämistä varten sekä stoikiometrisia (näennäisen analyttisiä) aivoja hännäviä laskuja. Kokeelliset työt koostuivat valmistuksen ja ominaisuuksien havainnoinnista ja kompleksisuuden vaihtelun analyttisistä harjoituksista. (Johnstone 1993)

1960-luvulla koko läntisessä maailmassa kemianopetus lähti äkillisesti aktiiviseen nousuun. Oppiainesta päivitettiin voimakkaasti ja yleiset kemian periaatteet saivat lisäpanostusta yksittäisten reaktioiden jäädessä enemmän takalalle. Oli myös pyrkimyksiä kohti yksilöllistä keksivää kokeellisuutta ja pois demonstraatioista, vaikka niitäkin käytettiin. Tästä liikkeestä esimerkkeinä olivat kemian opetuksen ohjelmat (mm. "Nuffield Chemistry" Isossa-Britanniassa). (Johnstone 1993)

Vuonna 1960 Greystonen kokouksessa alkoi ideoiden vaihto Pohjois-Amerikan ja Euroopan välillä. Näitä ajatuksia julkaistiin teoksessa "New Thinking in School Chemistry". Uusien ohjelmien kemian sisällöt olivat erinomaisia, vetovoimaisia ja älyllisesti kannustavia, mutta kenelle? Opettajat, jotka oli koulutettu vuosisadan alun niukkojen resurssien suunnitelmien mukaan, löysivät lähestymistavan, joka yhtenäisti ja vapautti heidän oman ajattelunsa. He kuitenkin ymmärsivät väärin oman intonsa opiskelijoidensa intoon verrattuna. Saattoikin kysyä: "Jos ette koskaan ole olleet orjuudessa, kuinka voitte tuntea vapautumisen? Jos tietonne eivät koskaan ole olleet sirpaloituneita, kuinka voitte arvostaa yhtenäistettyjä periaatteita?" (Johnstone 1993)

Vaikka joitakin kyvykkäimmistä kemisteistä liittyi 1960-luvun liikkeeseen, harvat tiesivät riittävästi, miten nuorten kiinnostus kemian opiskeluun saadaan heräämään. Tulos oli surullinen, koska ei saatu aikaan ihmisten kemian tiedonjanoon liittyviä yleistyksiä. Hakeutuminen yliopistojen ja muiden oppilaitosten kemian osastoihin romahti. Kehityksessä mentiin siis väärään suuntaan. Varmistuttaessa, että kemian kokonaisuus säilyi ennallaan, ilmeisesti unohdettiin, että opiskelijoiden oppimisen mallit voivat olla ristiriitaisia aikuisten kemian käsitysten kanssa. Uudella kemialla oli kolme peruskomponenttia: 1) makrokemia sisältäen käsin kosketeltavan, syömäkelpoisen ja näkyvän, 2) puolimikrokemia sisältäen molekyyllisen, atomaarisen ja kineettisen sekä 3) esityksellinen kemia sisältäen symbolit, yhtälöt, stoikiometrian ja matematiikan. (Johnstone 1993)

Käsittelemällä kemiaa ihmisolentojen suorittamana inhimillisenä aktiiviteettina ihmisten toiminnan kontekstissa kemian historia voi palvella siltana koulujen yli, jotka jakavat näitä ihmisen innostuksen eri alueita. Sitä voi myös käyttää motivoimaan opiskelijoita, joita on vieraannuttanut persoonaton, täysin rationaalinen ja looginen lähestymistapa, jota moni kemian oppikirja painotti 1960-luvulla ja osin vielä 1970-luvullakin. Muutamien oppikirjojen sisällöstä huolimatta ei ollut yleismaailmallisesti sovellettavaa tieteellistä menetelmää, eikä kenenkään itseään kunnioittavan opiskelijan pitäisi tyytyä seuraamaan sellaista mekaanisesti kuin automaattia, joka voitiin korvata haluttaessa uudella ilman mitään silmiinpistävää muutosta. Historian sisällyttäminen saattoi auttaa kamppailemaan tätä tieteen näkemystä vastaan. Kemian opettajien tulisi käyttää luonnontieteitä inhimillisten arvojen opettamisessa. (Kamsar 1987)

Kemian historia voi tarjota opiskelijalle hyödyllistä tietoa siitä, miten on mahdollista saavuttaa jokaisen kansalaisen tarvitsema tieteellinen lukutaito (luku 4.3). Esimerkiksi noviisitutkijaa kannustetaan, ettei hän katso suurmiehiä enää jättiläisinä, vaan ihmisolentoina, joilla on inhimillisiä vahvuuksia ja heikkouksia kuin itselläkin. Kun opiskelija oppii, että luovalla tutkijalla ja luovalla taiteilijalla on paljon yhteistä, muodostuu kaivattu yhteys luonnontieteiden ja ihmisyyden välille. Hän tunnistaa omat kykynsä paremmin oivaltaessaan, että intuitio yhtä hyvin kuin logiikka on ongelmanratkaisuun oikeuttava menetelmä, ja että on olemassa erilaisia tutkijoiden persoonallisuuden tyyppejä. Lisäksi hän arvostaa tieteen kansainvälisiä luonteenpiirteitä opittuaan, että millään maalla ei ole keksimisen monopolia. (Kaufmann 1987)

Kemian opettamiseen tieteenhistorian avulla voidaan käytännön kokeita ja keskusteluja käyttää helpottamaan opiskelijan käsitteiden ymmärtämistä, esimerkiksi ilmanpaineesta tai atomeista. Lisäksi luokkaopetuksessa kannustetaan käyttämään opetusmenetelmien (esim. roolileikki ja väittely) yhdistämistä kemian historian eri aiheisiin, jotta varmistetaan tästä lähestymistavasta saatava käytännön hyöty. Todellisessa tieteenhistoriassa tutkijat käyttivät noin 50 vuotta erottaakseen atomi- ja molekyylikäsitteen toisistaan. Tämän päivän kemian opettaja puolestaan käyttää ainoastaan noin 50 minuuttia opettaessaan nämä teoreettiset avainkäsitteet aloittaville opiskelijoille. Siksi ei yllätä, että opiskelijoilla on vaikeuksia atomien ja molekyylien ymmärtämisessä. Tämän voittamiseksi Linin

tutkimuksessa opiskelijoille annettiin mahdollisuus manipuloida atomien ja molekyylien fysikaalisia malleja ja oppia näiden käsitteiden historiallisesta kehityksestä. Tämän menetelmän käyttäminen paransi heidän kykyään ratkaista käsitteellisiä ongelmia. Nämä positiiviset tulokset kannustivat myös muita sisällyttämään opetukseensa kemian historiallisen kehityksen pohdintaa. Lisäksi opiskelijoiden käsitteellisen ongelmanratkaisun alhaisista testipisteistä saatiin tukea Nakhlehin (1993) johtopäätökseen, että tarvitaan lisää käsitelähtöistä kemian opetusta. (Lin 1998)

Jaffe pohti jo vuonna 1938 kemian historiaa ja sen asemaa lukion opetuksessa todeten, että kemian historian kirjallisuus on tuntematonta useimmille opiskelijoille ja myös monille luonnontieteiden opettajille. Moni huomattava ja kaukonäköinen ihminen oli usein todennut, että se oli tuon ajan nuorison tieteellisen koulutuksen epäkohta. Jaffen aikaan tietenkin yleinen tieteellinen informaatio oli yleismaailmallisemmin levinnyt kuin koskaan aikaisemmin. Myös lukioikäisille opetettiin peruseriaatteita, jotka eivät olleet välttämättömiä niin kutsutuille kulttuuri-ihmisille vuosisataa aikaisemmin. Lecky esimerkiksi teoksessaan "Democracy and Liberty" huomautti, että modernien tieteellisten keksintöjen koko alue näytti puuttuvan myös sellaisen tiedemiehen ja valtiomiehen kuin Gladstonen arvoalueelta. Lecky kertoi, kuinka Michael Faradayn yrittäessä selittää Englannin pääministerille uutta sähköntuotannon keksintöään, jossa sähkö tuotettiin mekaanisen liikkeen avulla, oli pääministeri Gladstone ainoa kommentti: "Mutta loppujen lopuksi, mikä sitä käyttää"? (Jaffe 1938)

Jaffen mukaan kemian historian kurssit piti sisällyttää kemian opettajien koulutuksen oleelliseksi vaatimukseksi. Kemian opetussuunnitelmat täytyi kirjoittaa uudelleen tai muokata niin, että ne sisältävät erityisviitteitä noihin historiallisen taustan elementteihin, elämäkertoihin ja tutkimuskertomuksiin käytettäväksi opetuksessa. Poimintoja alkuperäisistä tutkimuksista piti painaa opintokursseihin, joita opettajien odotettiin seuraavan. Oppikirjat täytyi kirjoittaa uudelleen, jotta ne vastaisivat uudelleen kirjoittuja opetussuunnitelmia. Tieteen historiallisten ja kulttuurillisten aspektien kehityksen muita apuja piti myös käyttää. Sellaisia olivat tiedekerhoprojektit, kirjojen luonnokset, huomattavien kemistien kuvat, ja kemianhistorian liittyvät filmisarjat, joita piti tarjota kemialle aloittaville. Kaiken lisäksi kemian opettajan piti olla niin uppoutunut kemian historiaan, niin eläytynyt tieteen kulttuuriarvoon ja niin valpas tieteen edistymiseen, että hän tiedostamatta veisi luokkaansa saman innon. Luonnontieteen harrastamisella olisi näin suuri potentiaalinen merkitys ihmiskunnalle. (Jaffe 1938)

3.1.2 Kemian opetuksen kehittämisestä eri maissa

Koulutuksen vallankumouksen pääkohde oli kasvatuksen (Bildung) käsite, joka oli alun perin lähtöisin saksalaiselta filosofi Immanuel Kantilta ja jota edelleen kehitti filosofi Wilhelm von Humboldt. Tätä käsitettä voidaan käsitellä Olesenin mukaisesti pedagogisena ja didaktisena periaatteena, jolla on ollut voimakas vaikutus lukio- ja yliopisto-opetukseen viimeisen 200 vuoden ajan. Bildung oli Saksassa 1800-luvun alkupuolelta lähtien opetuksen avainkäsite, missä päätavoitteiden piti antaa opiskelijoille: 1) tutkimukseen perustuvaa syvällistä opetusta, 2)

kykyä suorittaa itsenäistä tieteellistä tutkimusta ja 3) suuri määrä tieteellisiä ja filosofisia tietoja kaikissa akateemisissa aineissa niin, että he voisivat toimia arvokkaasti oppineen ja akateemisen yhteisön jäsenenä. (Olesen 2010)

3.1.2.1 Pohjoismaat, esimerkkinä Tanska

Myös Tanskassa ja muissa Pohjoismaissa Bildung on ollut hyvin keskeisessä osassa lukio-opetuksessa 1800-luvun keskivaiheilta lähtien. Monien vuosien ajan Bildung oli aika luonnollinen kasvatuseriaate ja päämäärä kaikessa lukio- ja yliopisto-opetuksessa Pohjoismaissa ja myös useimmissa länsimaissa. Kuitenkin vuoden 1970 jälkeen sen merkitys heikkeni didaktisena ja pedagogisena periaatteena, ensin hitaasti. Vuoden 2000 jälkeen paljon kiivaammalla nopeudella. 2000-luvulla Bildung ei enää ollut keskeistä pohjoismaisessa lukio-opetuksessa. Tämä johtui lähinnä taloudellisista syistä. (Olesen 2010)

Vuonna 1871 Tanskassa lukio-opetus jaettiin kahdeksi linjaksi: 1) historiallis-kielellinen linja, jossa pääaineet olivat klassiset kielet ja historia ja 2) matemaattinen linja, jonka pääaineet olivat matematiikka, fysiikka ja kemia. Kuitenkin molemmilla linjoilla didaktiset ja pedagogiset menetelmät perustuivat Bildungin ideaan. Vuoden 1903 reformissa matemaattinen linja ei kokenut merkittäviä uudistuksia, vaan jatkettiin melkein samalla tavoin aina vuoteen 1963. Kylmän sodan aikana tuli yhä enemmän näkyviin, että länsimaiden täytyi tehostaa ja parantaa matematiikan, fysiikan ja insinööritieteiden opetusta lukiossa, jotta Neuvostoliitto ei voittaisi varustelukilpaa. Tanskan lukioiden ohjelmiin tuli muun muassa Bohrin vetyatomin kvanttimalli ja erityisesti suhteellisuusteorian elementtejä, joiden tuli olla keskeinen ja pakollinen osa kaikkia fysiikan kursseja. Bildungin näkökohdat täytyi integroida kaikkiin lukioaineisiin (Olesen 2010).

Vuonna 1971 uudistettiin jälleen opetusta. Tällöin vähennettiin syllabus-aiheiden aiheita noin 20 prosenttia ja pedagogista periaatetta muutettiin Klafkin kategorisen Bildungin modernin idean mukaiseksi (Klafki 2000). Seuraava uudistusvuonna 1988, jolloin opetussuunnitelmaa pelkistettiin siten, että tärkeät kysymykset jätettiin pois. Tästä seurasi, että niille lukio-opiskelijoille, jotka halusivat jatkaa opintojaan yliopistoissa, saattoi aiheutua ongelmia, kun he aloittivat yliopisto-opintonsa. Nämä ongelmat ratkaistiin alentamalla ensimmäisen opintovuoden tasoa. Vaikka aluksi ei ollut tapahtunutkaan mitään merkittävää katastrofia, oli tällainen kehitys huono, koska Bildungin ideasta luovuttiin yhä enemmän. (Olesen 2010)

1990-luvulla oli vielä vaikeampaa ylläpitää aikaisempia tasoja niin lukio-opetuksessa kuin akateemisessa yliopisto-opetuksessa. Bildung katosi yhä enemmän. Samoin kävi myös Ruotsin ja Norjan matematiikan ja luonnontieteiden opetuksessa. (Olesen 2010)

3.1.2.2 Kreikka

Kreikan koululaitos organisoitiin 1800-luvun puolivälissä kolmitasoiseksi rakenteeksi, jonka korkeimmalla tasolla toisen asteen kouluna oli gymnasium. Sen voidaan katsoa antaneen lukiokoulutusta. Järjestelmä oli lainattu suoraan Baijerin mallista. Järjestelmän osia saatettiin kääntää sanatarkasti saksankielestä asianmukaisen lainsäädäntöelimen kreikaksi. Vaihtoehtoisen polun opetukseen

tarjosivat monet ammatilliset koulut, joilla oli merkittävimmät ja pysyvät opettajien harjoittelukoulut. Näitä pidettiin osana toisen asteen opetusta ja useimmiten ne noudattivat lukioiden (gymnasium) opetussuunnitelmaa. (Tampakis 2012)

Lukion ensimmäisellä kolmella tasolla oli 2 tuntia viikossa luonnonhistoriaa ja fysiikkaa ja päättövuonna kolme tuntia, jolloin myös peruskemia lisättiin oppiaineeksi. Kuitenkaan ei annettu mitään selvityksiä ja ohjeita, kuinka nämä kurssit piti opettaa. Ei myöskään mainittu mitään erityisiä oppikirjoja. Näin ollen nämä oppitunnit kuihtuivat epämääräisyyteen, koska tuon ajan lukion opettajilla oli parhaimmillaan filosofisen tiedekunnan oppiarvo ilman erityistä luonnontieteiden harjoittelua. Näin tilanne jatkui seuraavienkin opetussuunnitelmauudistusten jälkeen. Vasta vuosisadan loppupuolella saatiin analyttisempi luonnontieteiden opetussuunnitelma. Tällöin erityiset oppikirjat otettiin käyttöön. Fysiikkaa ja kemiaa opiskeltiin lukion kahdella ylimmällä luokalla korkeintaan kaksi - kolme tuntia viikossa. (Tampakis 2012)

1880-luvulla vallalla ollut monitoroiva koulu korvattiin herbartilaisella pedagogiikalla, mutta vain epävirallisesti, sillä monitoroiva systeemi jatkui 1900-luvun alkuun saakka. Herbartin pedagogiikka tähtäsi opiskelijan kykyjen kehittämiseen heidän niin sanotun mentaalisen koneistonsa avulla. Aistien, muistin ja käsityskyvyn harjoitus oli painoarvoltaan tärkeintä. Luokkaopetuksessa käytettiin Zillerin opetusaskelten sarjoja, joiden avulla mikä tahansa oppiaine voitiin ja piti oppia. Tällainen herbartilainen pedagogiikka pyyhkäisi Manner-Euroopan ohella Englantiin ja Yhdysvaltoihin. Sitä sovellettiin eri kansallisiin konteksteihin, mutta ei Kreikan tavoin jäykkänä Zillerin mallina. (Tampakis 2012)

Lopulta aivan 1880-luvun viimeisinä vuosina luonnontieteen kurssit saivat pedagogiset ohjeet. Tällöin määritettiin luonnontieteeseen kuuluviksi biologian ja fysiikan ohella kemia. Näiden kurssien avulla opiskelijat oppivat täsmällisyyttä ja löysivät luonnonlait havainnoimalla yksinkertaisia ilmiöitä. Nämä havainnot toimivat toivottuina opetustyökaluina. Yksityiskohtaisista havainnoista saatiin hyötyä ja merkitystä jokapäiväiseen elämään. (Tampakis 2012)

Samoin visuaalista ja kokeellista menetelmää piti käyttää fysiikassa ja kemiassa. Tavallisten ilmiöiden piti johdattaa havaittujen ilmiöiden takana olevien lakien keksimiseen, mieluummin käyttämättä abstrakteja tieteellisiä selityksiä. Kaiken kaikkiaan nämä ohjeet vaikuttivat epätäydellisiltä yrityksiltä liittää herbartilaiset periaatteet luonnontieteiden opetukseen ilman vakavaa annettuun oppiaineeseen kohdistuvaa tarkastelua. Päämäärä näytti olevan kaikkien kurssien erityisen pedagogisen ohjelman toteuttaminen ennemmin kuin aito tahto osoittaa luonnontieteiden kurssien opetusohjeissa olevat puutteet. Huolimatta siitä, että Herbartin alkuperäiset työt painottivat luonnontiedettä, ja että saksalaisissa maissa herbartilaista pedagogiikkaa olivat varhain käyttäneet kuuluisat oppineet, kuten Friedrich Bessel, opetuksen tarpeisiin harjoittaessaan luonnontieteiden opiskelijoita, mitkään näistä kehitystoimista eivät näyttäneet aiheuttaneen kreikkalaista opetukseen liittyvää keskustelua. (Tampakis 2012)

Nyky-Kreikan lukiossa opiskellaan alimmalla tasolla kemiaa 2 tuntia viikossa ja seuraavalla tasolla tunti viikossa. Opiskelijat, jotka aikovat opiskella luonnontieteisiin liittyvällä alalla yliopistossa täytyy lisäksi opiskella kahdella

ylimmällä luokkatasolla kemian syventäviä kurseja, joita opetetaan kaksi tuntia viikossa kummallakin tasolla (Salta & Tzougraki 2004).

Lukion kemian opetussuunnitelma sekä perus- että syventävillä kursseilla painottaa kemian käsitteiden lineaarista kehitystä symbolisella lähestymistavalla. Tämä kehitys viittaa opetusmenetelmiin, joissa lähdetään atomiteoriasta. Siitä edetään sidoksen peruskäsitteisiin mikroskooppisella tasolla ja edelleen aineisiin keskittyen makroskooppiseen tasoon (Gabel 1999). Symbolinen lähestymistapa viittaa opetusmenetelmiin, jotka käyttävät kemiallisia, ja matemaattisia symboleita ja yhtälöitä edustamaan ainetta. Yksi kemian opetussuunnitelman tavoitteista on opiskelijoiden kyky ratkaista algoritmisia kemian tehtäviä ja ongelmia. Opiskelijat käyttävät kemian symboleja kuvaamaan kemiallisia prosesseja yhtä hyvin kuin selvittämään kemiallisten kaavojen tarjoamaa kvalitatiivista ja kvantitatiivista informaatiota. (Salta & Tzougraki 2004)

Kreikassa on keskitetty opetussuunnitelma. Kreikan hallinto ei vain määrää kansallisen opetussuunnitelman standardeja ja sisältöä, vaan se myös määrittelee oppikirjat, opetusmateriaalit ja opetuksen vauhdin. Maan kaikissa kouluissa täytyy seurata samaa opetussuunnitelmaa ja käyttää samoja opetusministeriön hyväksymiä oppimateriaaleja. Luennot, jotka sisältävät keskustelua ja demonstraatioita, ovat yleisiä lukion opettajien enemmistön käyttämiä opetusmenetelmiä. Laboratoriotyökurssit eivät sisälly opetussuunnitelmaan. (Salta & Tzougraki 2004)

3.1.2.3 Euroopan neuvoston maat 1970-luvun alussa

Tarkasteltaessa kemian opetuksen tavoitteita toisen asteen koulutuksessa Euroopan neuvoston maissa (Alankomaat, Belgia, Espanja, Irlanti, Islanti, Italia, Itävalta, Englanti ja Wales, Kypros, Luxemburg, Malta, Norja, Ranska, Ruotsi, Saksan Liittotasavalta, Sveitsi, Skotlanti, Tanska sekä Turkki) 1960- ja 1970-lukujen vaihteessa huomataan, että ne liittyivät kemian lakien ja ilmiöiden tuntemiseen ja tunnistamiseen. Samoin kaikissa maissa hyväksyttiin, että kemian kokeellinen tieto ja sen harjoittelu olivat ensisijaisen tärkeitä. Kemian luonteeseen kuuluu vahva kokeellisuus. Kuitenkaan ennen 1970-luvun vaihdetta ei ollut yleistä rohkaista opiskelijoita tekemään kokeita ja pohtimaan niiden tuloksia. Melkein kaikki maat hyväksyivät, että tieteellisen menetelmän ymmärtäminen pitäisi saavuttaa, ennen kuin opiskelijat lähtevät toisen asteen opetuksesta yliopisto-opintoihin, ja että heidän pitäisi olla valmiita johtamaan teoriaa empiirisistä todisteista, keksiä teorian testausmenetelmä ja arvioida jonkin tulokseksi saadun mallin mahdollisuuksia ja rajoituksia. Edelleen melkein kaikki olivat yksimielisiä sovelletun kemian tärkeyden todentamisesta. Sen pitäisi kuulua opiskelijoiden tieteellisen karrieerin tasoihin. Moni vielä lisäsi tähän ajankohtaisten keksintöjen tiedon ja kemian alojen edistyksen. (Thomson 1972)

Muutamissa Euroopan neuvoston maissa järjestettiin kombinoituja luonnontieteen kurseja myös lukiotasolla. Englannin ja Walesin fysikaalisten tieteiden Nuffield-kurssi on tästä esimerkki. Opiskelijakeskeisistä päämääristä huolehtimisen ohella opiskelijoita pyrittiin valmistamaan pidemmälle menevään opetukseen. Samaan aikaan tarjottiin täydellistä ja liberaalia opetusta. Vaikka nämä kaksi päämäärää eivät olleet yhteen sovittamattomia opetussuunnitelman

sisällön ja opetusmenetelmien suhteen, ei niiden toteuttaminen ollut millään keinoilla yksinkertaisia. (Thomson 1972)

Thomsonin mukaan kemian opetuksen yleisinä päämäärinä esimerkiksi Saksan Liittotasavalta ja myös Itävalta näyttivät painottavan kemian filosofisia аспекteja. Saksan eri osavaltioissa havaittiin toisenlaisiakin painotuksia. Kemistien ja kemian historiaa ei tarkasteltu kovinkaan paljon. Tämä johtui ilmeisesti siitä, että aineen historiallisia аспекteja ei pidetty riittävän merkittävänä päämääränä itsessään, vaan niitä käytettiin apuna oppiaineen joidenkin osien opetuksessa. Haluttiin esimerkiksi kehittää atomiteoriaa historiallisella lähestymistavalla ja näin demonstroida monien erinomaisten luonnontieteilijöiden myötävaikutusta ilman, että näitä vaikutuksia liitettiin peruspäämäärään. Vain harvojen maiden päämääristä ilmeni tuohon aikaan moraalisia ja älyllisiä päämääriä. (Thomson 1972)

Thomson keräsi Euroopan neuvoston jäsenmaiden lukion kemianopetuksen päämääristä seuraavan luettelon:

1. Antaa opiskelijalle sellaiset oppiaineen viitekehyksen mukaiset tiedot kuin kyetä ymmärtämään aineen rakenne ja sen muutokset olosuhteissa, joita kutsutaan kemiallisiksi.
2. Tehdä selväksi opiskelijalle sellaisen tiedon mahdollisuudet ja rajoitukset, ja luoda opiskelijaan vaikutus ja tietoisuus mallista, jonka mukaisesti tämä tieto esiintyy yhteiskunnassa valmistaen häntä teknologisen kauden mukaista elämää varten.
3. Teroittaa opiskelijalle kriittistä asennoitumista teoreettiseen päättelymiseen, joka perustuu kokeellisiin tosiasioihin ja altistaa hänet muutoksille, jotka yhdessä päättelykyvyn kanssa johtavat ajatusten täsmälliseen muotoiluun.
4. Kehittää opiskelijan riittäviä manipulointi- ja kokeellisia taitoja tekemään hänet taitavaksi ja varmaksi ympärillään olevien aineiden tutkimisessa. (Thomson 1972)

Kyselyyn osallistuneet eivät pitäneet tärkeänä sitä, että jokaisen opiskelijan pitäisi opiskella kemian kursseja, jotka sisältävät kaikkia yllä lueteltuja tavoitteita. Opetussuunnitelmauudistus alkoi vasta, kun saatiin luotua tavoitetaksonomia. Näin ollen pääosa työstä täytyi toteuttaa tavoitteet operationaalistamalla. Tämä tarkoitti, että ne toteutettiin opetussuunnitelman sisällön, opetusmenetelmien ja kemian kurssien arvioinnin avulla. (Thomson 1972)

3.1.2.4 Yhdysvallat 1850-luvulta 1920-luvun loppuun

Yhdysvalloissa mahdollisesti tärkein tekijä, jonka takia kemia otettiin mukaan koulun opetussuunnitelmiin, oli amerikkalaisten käytännöllisyyden taju. Kemian suosio kasvoi nopeasti – nopeammin yliopistoissa kuin muissa oppilaitoksissa. Sen asema lukioiden opetussuunnitelmissa toteutettiin päättäväisesti 1800-luvun puolivälissä. Aluksi kemian opetus oli käytännönläheistä, ja laboratoriotyöt pyrkivät dominoimaan. Noin vuodesta 1910 lähtien oli selviä pyrkimyksiä sosiaalisten tavoitteiden kehittämiseksi, tieteen kokeellisten sovellusten painottamiseksi sekä opiskelijoiden tarpeiden ja kiinnostuksen parantamiseksi. (Fay 1931)

Fayn mukaan uuden vuosisadan alussa opetusmenetelmien trendit muuttivat niin, että ne sisälsivät jonkin verran kritiikkiä laboratoriomenetelmää kohtaan. Laboratoriotyöt kuitenkin säilytettiin. Juuri kun kurssin sen aikainen sisältö oli pyrkinyt lähestymään 1800-luvun puolivälin informatiivista ja kokeellista tiedettä, myös luentodemonstraatiot kasvattivat suosiotaan. Useat tavoitetutkimukset olivat osoittaneet, että laboratoriotyöt, huolimatta niiden suuremmasta ajan ja rahan kuluttamisesta, eivät tuottaneet yhtään tehokkaampia tuloksia kuin demonstraatiot. Koulutuksessa luonnontieteiden asemaa selvittävä erityiskomitea päätti, että demonstraatiot olivat laajemmin hyväksytyjä kuin niiden tavanomaisesti myönnettiin olevan. Laboratoriotöiden oppikirjat eivät enää olleet sellaisia taikakaluja kuin mitä ne olivat olleet vuosikymmeniä aikaisemmin. Niiden kirjoittajat jättivät opiskelijoiden muistiinpanoja varten enemmän tyhjää tilaa. (Fay 1931)

Uudelle vuosisadalle tultaessa laajempaan käyttöön tuli uusia kemian opetusmenetelmiä, joiden tarkoituksena oli elävöittää opetusta. Nämä sisälsivät sellaisia tekniikoita kuten projektimenetelmä, teollisuusvierailut, kemiankerhot, dramatisoinnit, ulkopuoliset lukemistot ja erityisraportit. Luokittelu älykkyystestien perusteella ja standardikokeiden käyttö lukion kemiassa olivat myös tuon ajan innovaatioita. Toinen modernin kemianopetuksen alue oli tuolloin rajatut ponnistelut oppiaineen inhimillistämiseksi. Historia- ja elämäkertamateriaalin tuottaminen oli menetelmä, jota käytettiin tehokkaaseen lopputulokseen pääsemiseksi. Onnistunein inhimillistäminen kuitenkin saavutettiin mielenkiintoisempien tyylien ja kiinnostavampien kuvitusten käytöllä, sillä oppikirjojen kirjoittajat olivat omaksuneet erilaisten uusien laitteiden käytön kuvituksen tuottamiseen. (Fay 1931)

Mikään näistä trendeistä ei vaikuttanut samalla tavalla kaikkiin lukion kemian opettajiin ja oppikirjailijoihin. Opetuksen sisältöjen ja menetelmien kasvava erilaistuminen näytti olleen selkeä pyrkimys. Vielä vuosisadan vaihteessa oli kasvava halu välttää standardointia ja hyväksyä kemia missä tahansa lukiossa opiskeltuna yhteiskunnan ja yksittäisen opiskelijan tarpeisiin kuuluvaksi. Jossain määrin yleinen hyväksyntä oli lukion kemian minimivaatimus. Erilaisten opiskelijoiden kiinnostusta ylläpidettiin opettamalla vaihtelevilla tavoilla. Saatavilla oli runsas täydennysaiheiden tarjonta. Ei ollut järkevää syytä, miksi kenenkään lukion opiskelijan täytyisi pitää kemiaa karuna ja kuivana oppiaineena. (Fay 1931)

3.2 Kemian opetussuunnitelmamallit

Luonnontieteet tulivat koulun opetussuunnitelman osaksi 1800-luvulla sekä Euroopassa että Yhdysvalloissa suurelta osin luonnontieteilijöiden tekemien perustelujen takia. Heidän joukostaan voidaan mainita joitakin, jotka puhuivat luonnontieteiden opetuksen puolesta. Esimerkiksi Thomas Huxley, Herbert Spencer, Michael Faraday ja Charles Elliot olivat tällaisia. Humanistit linnoittautuivat op-

piaineisiinsa, joiden ajateltiin ohjaavan jaloimpiin ja arvokkaimpiin oppimistuloksiin. Luonnontieteilijöiden täytyi olla varovaisia perustellessaan luonnontieteiden hyödyllisyyttä ja sitä, etteivät ne olleet liian karkeasti materialistisia ilman korkeampaa hyveellisyyttä. Luonnontieteistä oli tullut tieteen ja teknologian hallitsema alue. Keskusteluissa luonnontieteiden käytännön tärkeydestä todettiin, että luonnontieteet tarjosivat myös älyllistä harjoitusta korkeimmalla tasolla. Tämä ei ollut ainoastaan deduktiivista logiikkaa, joka luonnehti eniten muodollista opetusta, vaan induktiivista luonnollisen maailman havainnointiprosessia ja johtopäätösten tekoa. Opiskelijat oppisivat tämän tavan ajatella, kun he suorittavat itsenäisiä tutkimuksia laboratoriossa. Itsenäisyyden tunne (asenne) auttaisi suojaamaan mahdolliselta mielivaltaiselta kohtuuttomuudelta ja mahdollistaisi heidän osallistumisensa täydellisemmin ja tehokkaammin avoimen demokraattisen yhteiskunnan toimintaan. (DeBoer 2000)

Herronin ja Nurrenbergin mukaan ehkä mikään muu kemian oivallus ei ollut vaikuttanut kemian opetukseen enemmän kuin atomiteoria. Idea, että alkuaineet rakentuvat yksittäisistä atomeista, jotka yhdistyvät määrättyssä suhteessa tuottaen aineita erilaisilla ja toisistaan erottuvilla ominaisuuksilla, tarjosi mentaalisen viitekehyksen, joka nykyäänkin muotoilee kemistin ajatuksia kaikissa kemiallisissa prosesseissa. Samoin kemian opetuksen tutkijan oppimisteorian työ muotoilee tutkijan näkemyksen ja lähestymistavan kemian opetukseen. Ei kuitenkaan ole laajasti hyväksyttyä oppimisteoriaa, joka olisi yhtä hyvin määritelty ja yhtä hyvin esitetty kuin atomiteoria. 1900-luvun kaksi laajaa oppimiskäsitystä, behavioristinen ja konstruktivistinen, ovat muotoilleet kemian opetuksen tutkimusta. Kuten atomiteorian hyväksymisellä oli ollut valtava vaikutus varhaisella 1800-luvulla, niin myös vallitsevan oppimisteorian muuttumisella behaviorismista konstruktivismiin oli merkittävä vaikutus kemian oppimisen tutkimukseen. Muutokset näyttivät ristiriitaisilta. Behavioristisperustainen tutkimus yritti lähestyä oppimista panemalla sen mikroskoopin alle tunnistaakseen keskeiset muuttujat, jotka voisivat taata oppimisen paranemisen. Konstruktivistisperustainen tutkimus puolestaan kumooa tuon keskiön käyttäen kaukoputkea laajentamaan oppimisenäkemyksiä. (Herron & Nurrenberg 1999)

Gilbertin mukaan kemian opetus voi palvella kolmea päämäärää. 1) Se voi tarjota valmiuden henkilöille, joiden pitää huolehtia kemian tutkimuksesta ja/ tai kehityksestä tai olla vastuussa kemiaan perustuvan teollisuuden tuotantoprosesseista. 2) Se voi tarjota väestön tieteellisen lukutaidon. 3) Se voi tiettyyn määrään saakka tarjota esimerkkejä luonnontieteiden saavutuksista. Kuitenkin jokaisen päämäärän tai tarjotun kemian opetuksen täytyy perustua kemian oppiaineeseen järkevään ymmärtämiseen. Tämän ohjeen seuraaminen on ollut vaikeaa, sillä kemian rajat esimerkiksi biologiaan ja fysiikkaan ovat hiuksenhienot. Tätä erikoislaatuista luonnetta on pohdittu kysymällä, voidaanko kemia ontologisesti pelkistää fysiikkaan kuuluvaksi vai ei. Ovatko selityksen muodot erityisiä kemialle, liittyykö lakien luonne kemiaan tai millainen suhde on mikroskooppisten komponenttien ja makroskooppisten ominaisuuksien välillä ja niin edelleen. Kun kemian erikoislaatuinen luonne tulee selvemmäksi, täytyy edelleen ponnistella, jotta vältetään kemian opetussuunnitelmaan, opetukseen ja oppimiseen sekä

opettajankoulutukseen kohdistuvat virheet, joita tehtiin otettaessa käyttöön tieteen filosofia. (Gilbert 2002)

3.2.1 Kemian opetussuunnitelmia 1800-luvulta behavioristiseen kauteen

3.2.1.1 Yhdysvallat

Vuodet 1880–1910 olivat siirtymäkautta koulujen päämäärissä. Käytännölliset ja uskonnolliset painotukset näyttivät tietä mielen harjoittamiselle. Kypsykologia (faculty psychology) ja viralliset määräykset olivat kysytyjä. Lukion kemian opetukseen vaikuttivat henkisen koulukunnan päämäärät, joille laboratoriomenetelmät olivat tarpeettomia (Fay 1931). Kemian oppikirjat olivat collegeprofessorien kirjoittamia ja sisältö järjestetty ennemmin loogisesti kuin psykologisesti. Myös collegelaitos vaikutti siihen, että laboratoriomenetelmää käytettiin lukion kemian luokissa. Amerikan collegeprofessoreihin vaikutti puolestaan tiedeopetuksen eurooppalaiset menetelmät, sillä Harvardin Wolcott Gibbs toi Amerikan opetukseen von Liebigin tutkimuspainotuksen. Kemia oli aluksi lukiossa luonnontieteiden kurssin osa, joka tarkoitti mitä tahansa laajaa laboratoriomenetelmän käyttöä. Kemia erotettiin omaksi oppiaineeksi vasta 1920-luvulla (Sousa 1996). Vuoteen 1880 mennessä laboratoriovälineitä oli vain joissakin lukioissa. Kemian oppikirjojen sisältö painotti lakien ja teorioiden informaatiota. (Blosser 1980; Fay 1931)

Sheppardin ja Robbinsin (2005) mukaan vuosien 1900 ja 1920 välillä luotiin kaksi uutta kurssia. Yleinen luonnontiede (General science) otettiin käyttöön ja siitä tuli nopeasti eniten valittu luonnontiedeaine. Se kohtasi opiskelijat, joille se olisi viimeinen ja usein ainoa luonnontieteiden kurssi. Opiskelijoiden tarpeet synnyttivät esityksen toiselle uudelle kurssille – yleiselle biologialle, jossa erilliset kasvi-, eläintiede, anatomia ja fysiologia sulautettiin yhteen. Kun tunnettiin sekä yleisen luonnontieteen että yleisen biologian kuvailevammia luonteenpiirteitä, ne yleensä sijoitettiin lukion jokaiseen vuoteen ennen kemiaa ja fysiikkaa. (Sheppard & Robbins 2005)

Vuonna 1920 toisen asteen koulujen luonnontieteidenopetuksen uudelleen järjestämisen komitea (The Committee on Reorganization of Science in Secondary Schools), joka oli Koulutuksen kansallisen yhdistyksen (National Education Association) alakomitea, suositteli, että yleistä luonnontiedettä ja biologiaa piti tarjota ennen fysiikkaa ja kemiaa, jotka tarjottaisiin vasta kahtena viimeisenä kouluvuonna. Lisäksi komitea vahvisti käytännön, että pienissä lukioissa fysiikka ja kemia olivat vaihtoehtoisia peräkkäisinä vuosina. Yleinen käytäntö oli myös, että fysiikka tarjottiin ennen kemiaa. Vuoden 1930 tienoilla ei ollut vielä mitään fysiikan ja kemian järjestystä, vaikkakin biologia oli tullut vahvasti toteutetuksi ensimmäisenä. Parin seuraavan vuosikymmenen ajan suosituksia tekivät toiset komiteat muuttaen fysiikan aloituksessa biologian edelle. Kuitenkin vuosien 1890–1945 välillä kemia tuli löytämään määrätyn aseman ennen fysiikkaa, sillä 1930-luvun alkupuolella fysiikkaa alettiin tarjota useimmiten vasta kemian jälkeen. Toisin kuin biologia, jota lähes kaikki komiteat suosittelivat ensimmäiseksi tiedekurssiksi, kemian ja fysiikan suhteellinen paikka siihen nähden jäi

määrittämättä. Kemian ja fysiikan järjestyksen heiluminen ei ollut minkään tietyn koulutuksellisen, tieteellisen tai historiallisen ratkaisun tulos, vaan yksinkertaisesti yksikään komitea ei tehnyt minkäänlaista ehdotusta asiasta. (Sheppard & Robbins 2005)

Vuosina 1910–1938 toisen asteen koulun päätehtävänä jatkui collegeen valmistaminen. Tuona aikana tehtiin muutamia uudistuksia tiedeopetusta kuvailevaan informaatioon eli käytännöllisiin päämääriin. Osa näistä uudistuksista johdettiin toisen asteen koulupopulaation nopeasta kasvusta ja osa tarpeesta auttaa näitä opiskelijoita. Monet opiskelijat pääsivät lukioon, mutta eivät jatkaneet valmistumiseen saakka. Yleistä luonnontiedettä kehitettiin yhdeksännen luokkataso kurssina, jolloin oli toiveena, että tällainen kurssi tarjoaisi sopivan valmistautumisen biologian ja lukiotieteen opiskeluun. Oppiaines keskitettiin fysikaalisiin tieteisiin. Demonstraatiot olivat ensisijainen opetusmenetelmä. Tiedekurssit, joilla oli tämä yleinen painotus, vetivät puoleensa lukion opiskelijoita, ja yleisen kurssin ja biologian osallistujamäärät nousivat, kun taas osallistuminen fysikaalisiin tieteisiin putosi. (Blosser 1980)

Vuonna 1920 kritisoitiin laboratoriotöiden käyttöä suhteessa toisen asteen koulutuksen peruseriaatteisiin: 1) Laboratoriotöiden toimintaohjeet sisälsivät liian paljon kokeita, jotka suunniteltiin ainoastaan tarkistamaan opiskelijoiden jo käsittämiä yleistyksiä ja toistamaan oppikirjaa. 2) Usein tiedot kerättiin niiden itsensä takia eikä niitä enää käytetty. 3) Monet kokeet olivat yksinomaan kvalitatiivisia ja edellyttivät kehittelyä, joka on toisen asteen opiskelijoiden ymmärtämiskyvyn ulkopuolella. 4) Laboratorio- ja luokkatyöskentelyä ei erotettu ainoastaan fyysisesti, vaan älyllisesti. 5) Vihkomuistiinpanojen tekeminen ja tallentaminen eivät palvelleet todellisia päämääriä. Nämä liittyivät yleensä tiedeopetuksen kokeisiin. Tätä kritiikkiä Hurd tarkastelee biologian kannalta, mutta Blosserin (1980) mukaan vastasi myös kemian opetusta. Hurdin (1961) mukaan luokassa tapahtuvaan tiedeopetukseen suositeltiin ongelmalähtöistä projektimenetelmää, koska se lupasi enemmän keskustelua, aktiivisempaa opiskelijoiden osallistumista ja paransi mahdollisuuksia tutkimustyyppiseen oppimiseen. (Hurd 1961)

Kemian tullessa itsenäiseksi oppiaineeksi 1920-luvulla oli opetussuunnitelman mukaan oleellista opiskella alkuaineiden jaksollista järjestelmää, kaasula-keja ja kemiallisten reaktioiden massa- ja tilavuussuhteita. Sousan mukaan atomiteoria ja kemiallinen sidos olivat liian yksinkertaistettuja. Perusmatematiikkaa tarvittiin. Tavallisten alkuaineiden ominaisuuksien ja muutamien reaktioyhtälöiden muistaminen jälleen se vaikutti suurelta osin opiskelijoiden onnistumiseen. (Sousa 1996)

Jo vuonna 1916 tohtori Snedden kritisoi Bobbittin mukaan Yhdysvaltain toisen asteen opetuksen tilaa. Konkreettiset, välittömät päämäärät, jotka kontrolloivat hallinnon ja pedagogisten toimintaohjeiden valtaosaa lukioissa, olivat varsin tuntemattomia arvoiltaan. Niitä ei ollut määritelty inhimillisen hyödyn suhteen. Näytti siltä, että oltiin kykenemättömiä arvioimaan realisointiponnisteluissa saavutettujen tulosten arvoa. Algebraa opetettiin sinnikkäästi muutamilla hyvin määritellyillä tavoitteilla. Yritettäessä todistaa nämä tavoitteet vaivan arvoiseksi epäonnistuttiin. (Bobbitt 1920)

Tällöin standardisoidut fysiikan ja kemian opetuksen lähitavoitteet oli jo kehitetty, mutta mitä todella saavutettiin niiden avulla ihmisen hyvinvoinnin suhteen ei edennyt käytäntöön ympäriryöryän ilmaisuuden sekä sopimattoman ja epä-määräisen yleistämisen takia. Näiden syiden takia opiskelijat ajautuivat opiskelemaan latinaa, ranskaa ja saksaa. (Bobbitt 1920).

Liike vanhojen kielten, matematiikan ja luonnontieteiden, joihin oli pitkään luotettu erinomaisen ajattelun harjoituksen takia, kasvavaa painostusta kohtaan oli epäilemättä vahvistanut fysiikan ja kemian asemaa. Vallinneissa kriiseissä monet koulut ovat pienentäneet lukion opetussuunnitelmansa minimiin. Kuitenkin niin kutsutut tukioppiaineet, fysiikka ja kemia säilyivät latinan, englannin ja algebran ja geometrian rinnalla. Fysiikka ja kemia epäilemättä saivat olla kiitollisuuden velassa paikastaan suosittujen säilyvien aineiden joukossa, vaikka keskimääräinen lukionopiskelija koki vaikeuksia näiden aineiden osaamisessaan. Biologian statusta samoin perusteiden oikeutettuna oppiaineena tuskin kukaan kyseenalaisti. Sen selvät arvot keinona tieteelliselle ajattelun harjoitukselle oikeuttivat sen aseman muodollisten oppiaineiden puolustajien joukossa, sillä biologian opiskelussa ei tarvittu matemaattista kykyä lukion kemian tai fysiikan tavoin. (Curtis 1934)

Vuonna 1936 "The Committee on Correlation of High-School with College Chemistry, Division of Chemical Education" julkaisi "Perusasioiden pääpiirteet lukiokemian viimeistä vuotta varten". Siinä ehdotukset esitettiin jossain määrin tavoitteiden muodossa. Tässä on näiden tiivistelmä:

1. Osoittaa kemian merkitys maalleen.
2. Tarjota perusta Collegen kemialle.
3. Antaa mahdollisuuksia harjoitella havainnointia, täsmällistä ratkaisua ja tieteellistä asennetta.
4. Korreloida selonteon ja kokeen välillä.
5. Pitää laboratoriopäiväkirjaa lyhyesti selvällä englannilla.
6. Rakentaa aikaisempien tieteiden päälle ja yhdistää niihin.
7. Rohkaista referenssien ja tieteiden kausijulkaisujen käyttöä.
8. Antaa mahdollisuus huomata opiskelijoiden tieteelliset kyvyt ja kannustaa heitä niissä.
9. Painottaa periaatteita, jotka liittyvät erityistapauksiin.
10. Käyttää psykologian hyvin vakiintuneita periaatteita. (Lawrence 1955)

Vuonna 1939 Curtis tarkasteli lukion opetussuunnitelmamuutoksia ja totesi niillä olevan kova kiire erityisesti luonnontieteellisissä aineissa, kuten kemiassa. Kiireen aiheutti kurssivalintojen nopea väheneminen, mikä johtui siitä, että useimmat perinteiset kurssit eivät ilmeisesti olleet sopuissa toisen asteen koulutuksen uusien suuntausten kanssa. Siksi oli tärkeää järjestää sellainen opetussuunnitelmauudistus, jota voitaisiin käyttää rohkaisemaan opiskelijoita kemian opiskeluun. Lisäksi mikään askel tähän suuntaan ei saisi joutua kilpailutilanteeseen biologian ja fysiikan kanssa. Curtisin mukaan elettiin aikakautta, jolloin kaikkien kolmen tieteen sovellusten merkitys kasvoi kovasti jokapäiväisessä elämässä, ja siksi näillä kolmella aineella tuli olla selkeä paikka lukion opetussuunnitelmassa. (Curtis 1939)

Tavanomaiset lukion kemian kurssit piti uudistaa, jotta ne tarjoisivat opiskelijoille kemian käytännöntietoja, jotka mahdollistivat heidän paremmin arvoittaa ympäristöään ja sopeutua siihen. Tässä tarkoituksessa opintokurssit piti järjestää uudelleen käytännölliseltä perustalta ja tehokkaammilla menetelmillä, jotka suunniteltiin hyödyntämään laboratorioita. Lisäksi piti käyttää laajemmin projektiopetusta ja suunniteltuja retkiä. Edistyksellisten opintokurssien piti sisältää oppimateriaalia, jota tarkasteltiin keskeisenä, jotta kemiaa ymmärrettäisiin yhdessä sopivien lisämateriaalien kanssa, joilla olisi arvoa opiskelijoiden myöhemmässä elämässä. Lisämateriaalin piti olla paikallisiin olosuhteisiin sopivaa. Sen piti siten olla maaseutuyhteisössä erilaista kuin teollisuusyhteisöissä. Kemian sovellusten painotuksen piti olla yhteisön luonteenpiirteiden mukainen. (Curtis 1939)

Curtis esitti myös yksityiskohtaisen sisältöluettelon, joka sisälsi yleisen kemian asiat, hiilivedyt johdannaisineen, alkuaineet ja yhdisteet ominaisuuksineen ja reaktioineen. Näiden lisäksi piti olla jokapäiväisen elämän sovelluksia valinnaisiksi osioiksi sisältäen muun muassa lääkkeiden ja kosmetiikan kemiaa. Laboratorio-opetuksen menetelmien uudistamisen ongelma haluttujen tulosten saavuttamiseksi oli yksi tärkeimmistä kemian opetuksen huolista. Curtisin mukaan demonstraatio- ja ongelmanratkaisumenetelmien kombinointi näytti vaikuttavan käytännöllisimpänä toimintaohjeena laboratoriotöiden hoitamiseen. Demonstraatiomenetelmää piti käyttää esittämään tärkeitä ilmiöitä ja kokeiluja, jotka olivat oleellisia kurssin minimivaatimusten saavuttamiseksi. Yksilöllisten laboratoriotöiden avulla puolestaan piti kehittää opiskelijoiden haluttuja työskentelytaitoja. Siten myös tämä laboratorio-opetuksen malli voitiin sovittaa kohtaamaan opiskelijoiden tarpeet, kiinnostukset ja kyvyt sekä käytettäväksi projektiopetuksessa. (Curtis 1939)

3.2.1.2 Eurooppa

Herbartin Preussin koululaitokseen luoma opetussuunnitelma perustui hänen kirjoituksiinsa muun muassa teoksessa ”Allgemeine Pädagogik”. Hänelle tärkeää olivat tieto, ennestään olemassa olevat kokemukset ja sosiaalinen vuorovaikutus, jotka näkyivät hänen opetussuunnitelmansa sosiologisessa perustassa. Hänen ajatuksiaan käytti hyväksi myöhemmin Ziller, joka kehitti Saksan herbartilaista opetussuunnitelmaa hyvin kategoriseksi ja pikkutarkaksi ohjeistoksi. Tätä oli opettajan helppo toteuttaa. Herbartin itsensä mielestä piti olemassa olevia oppiaineita käyttää joustavammin, ja hän olisi avannut tien myös kemialle. Toisaalta hän ei olisi lisännyt yhtään yhteiskunnallista ainetta opetussuunnitelmaan. Hän ei myöskään ehdottanut mitään oppiaineiden fuusioita, riippuvuussuhteita tai muuta Zillerin myöhemmin järjestämää. (Blyth 1981)

Herbartin teoriat olivat käsillä muiden 1800-luvun virtausten kuihtuessa keskiluokkaisten liberaalien yhteisöjen kansallisen opetusmallin kehitykseen. Siksi herbartilaisuus koki renessanssin 1800-luvun lopulla. Vaikka se oli keskeisesti ja älyllisesti saksalainen suuntaus, se löysi tiensä muualle Keski-Eurooppaan, Pohjoismaihin ja Britanniaan sekä Yhdysvaltoihin, jossa sen luonteeseen vaikuttava yksilöllisyyden kehitys soveltui erityisesti hyvänä virityksenä taloudellisiin, poliittisiin ja sosiaalisiin ympäristöihin (luku 3.2.1.1). (Blyth 1981)

1800-luvulla matematiikan ja siihen liittyvien tieteiden opetus Euroopan kansallisvaltioiden koulujärjestelmissä ei ollut vielä yleistä, vaikka nämä aineet katsottiin modernin maailman ydintiedoksi. Matematiikan ja luonnontiedeaineiden saavutukset katsottiin taloudellisen kehityksen ja kansallisen menestyksen airueiksi muita opetussuunnitelman aineita enemmän. Kuitenkaan nämä aineet eivät olleet koulun opetussuunnitelmissa keskeisiä. Euroopan kansallisvaltioiden perinteiset lukion opetussuunnitelmat suunnattiin vahvasti klassisten kielten ja kieliopin, retoriikan ja logiikan opiskeluun (vrt. luku 2.2.1). 1800-luvun aikana sellaiset aiheet kuten laskeminen, luvut, aritmetiikka, salakirjoitus ja matematiikka yhtä hyvin kuin moraaliopinnot, luonnontieteet, luonnontutkimus ja alkeistiede tulivat Euroopan koulujen ja myös Pohjois-Amerikan koulujen opetussuunnitelmiin. Niiden merkitys pääsi harvoin arvostuksessa kansallisen tai klassisen kielen lukemisen, kirjoittamisen ja kertomusten tasolle. (Kamens & Benavot 1991)

1900-luvun sarastaessa monien kansakuntien koulujen opetussuunnitelmissa aritmetiikan rinnalla alkoi esiintyä luonnontiedeaineita, ja vahva luonnontieteiden opetuksen vastustus hävisi vähitellen. Nämä opetussuunnitelmuutokset peilasivat kasvavaa ideologista yhteisymmärrystä kansallisvaltioissa, koska menestyksellinen poliittinen liikehdintä vaati uutta yksilön tyyppiä. Tällainen yksilö voitiin luoda valtion ohjaaman koululaitoksen avulla, kun sillä olisi modernit opetussuunnitelman sisällöt. (Kamens & Benavot 1991)

Matematiikan ja luonnontieteen opetussuunnitelmat edustivat klassisia eurooppalaisia opetussuunnitelmia. Kuitenkin ne joutuivat muutospaineeseen teollistumisen ja modernisoitumisen sekä yhteiskunnan teknokraattisten visioiden ja tasa-arvosuuntauksen takia. Vaikka matematiikan opetuksella oli yllättävän pitkä historia, myös klassisissa ohjelmissa, Euroopan luonnontieteiden opetuksella oli vahva yhteys luonnontieteellisen teknologian orastavaan nousuun ja myös teollisuustuotannon laajenemiseen. Tämä opetussuunnitelmauudistuksen aalto, joka alkoi 1800-luvun jälkipuoliskolla, johti lopulta erikoistuneiden toisen asteen matematiikka- ja luonnontiedepolkujen luomiseen varhaisen 1900-luvun Euroopassa. Koska tieteellisen tiedon ja teknologiainnovaatioiden tavoittelu muuttui herrasmiesten harrastuksesta kansallisen armeijan ja teollisuuden työkaluksi, poliittiset vallanpitäjät kasvavassa määrin sisällyttivät luonnontiedeaineita massakoulutuksen opetussuunnitelmiin. Usein näiden aineiden opetussuunnitelmien luominen limittyi laajentuneiden opetusmahdollisuuksien uudistuksiin nuorten joukossa. Tämä uudistus edusti vastausta vaatimuksiin, että teknillisen ja luonnontieteellisen lukutaidon tasoa piti nostaa sekä kansan että erikoistuneemman teknokraattisen eliitin keskuudessa. (Kamens ym. 1996)

Saksassa koulujen modernisointia ei lyöty laimin ja siellä modernia opetussuunnitelmaa kannatettiin erityisesti erityyppisissä reaalikouluissa, jotka tarjosivat hyvän perustan oppiaineissa, joiden arveltiin olevan tarpeellisia erilaiselle talouden tai tekniikan keskijohdolle. Jo 1800-luvun alkupuolella oli luotu yliopistoihin ylioppilastutkinnon (Abitur) kautta johtava lukiojärjestelmä (Gymnasium) (Anderson 2004), jossa oli klassinen opetussuunnitelma. Vuosisadan lopun ja uu-

den vuosisadan alun ajanjaksona ensimmäiseen maailmansotaan saakka oli merkittävä sekoitus perusedellytysten kontrolliin liittyvää äärimmäistä kritiikkiä. Tämän ymmärrettiin olevan militarististen pyrkimysten korostamista, mikä johtui järjestyksen ihailusta ja määrätietoisista ponnisteluista. Näitä voitiin edistää ajalle ominaisella kontrollilla ja edellä kuvatun laisella koulutuksella. (Phillips 2000)

Britanniassa 1860-luvun viralliset tutkimukset paljastivat kaupunkikoulujen suuren kirjavuuden, mikä kuitenkin erosi edellä kuvatusta. Saksassa ja myös Ranskassa valtion lukioiden julkinen luonne teki ne muodollisesti avoimiksi kaikille kansalaisille, mutta Englannissa ja Walesissa arvovaltaisina koulumuotoina ne olivat noin 1840-luvulta lähtien niin sanotusti julkisen koulun muotoa. Ne eivät kuitenkaan olleet valtion kouluja. Ne olivat sisäoppilaitoksia ja avoimia vain perheille, joilla oli varaa maksaa. Tämän systeemin luomisella oli syvällisiä vaikutuksia, joita näkyy vieläkin. Siis Englannin toisen asteen koulujen elitistinen tehtävä poikkesi jyrkästi muista tehtävistä, joiden tuloksena keskiluokan opetukseen vaikuttava valtion väliintulo myöhästyi ja hienojen koulujen määrä lisääntyi. Kuitenkin siltä osin kuin yhteiskunnan tehtävä saatiin hoidetuksi, julkiset koulut olivat hyvin samanlaisia kuten esim. Saksan lukiot. Näistä klassillisista lyseoista ja matematiikkakouluista siirryttiin yliopistoihin, ammatteihin ja yleisön palveluun. Englannin julkisilla koululla oli tietoinen tehtävä, sillä niiden tuli sopeuttaa kansan eri kerroksia toimimaan yhdessä (Anderson 2004)

Luonnontieteitä opetettaessa ensi kerran Englannissa 1800-luvun puolivälissä perusteltiin, että mitään ei voitaisi vaatia opetettavaksi ymmärtämättä jonkin verran luonnontieteitä. Koulun luonnontieteet nähtiin kansalaisuuden osana, vaikka sekä luonnontieteet että kansalaisuus piti tulkita tuohon ajankohtaan sopivalla tavalla. (Jenkins 2006)

Vuonna 1919 Tilden kysyi *School Science Review* -lehdessä: ”Mitä toivomme saavuttavamme enemmän luonnontieteidenopetuksella?” Vastaus oli ”ajattelun kehittämistä ja jonkin verran tiedon antamista maailmasta, jossa elämme, ... pakottamatta oppiaineen käsitteitä ja menetelmän harjoitusta”. Hänen viittauksensa oppiaineeseen ja menetelmään peilasi laajempaa tyytymättömyyttä luonnontieteen opetussuunnitelman kapeuteen teoreettisuuden suhteen, sillä opetuksessa painotettiin tieteellisen menetelmän opettamista (vrt. Childs 2015). Edellisen mukaan tuli kehittää luonnontieteiden kursseja, jotka tarjosivat tietoa sekä insinööreille, kemisteille tai biologeille että kaikille kemiasta kiinnostuneille kansalaisille. Koulun luonnontieteiden opetuksen piti olla sekä laaja-alaista että humanistista. Edellinen edellytti biologian ja geologian aiheiden mukaan ottamista ja jälkimmäinen osoitti tieteen historian ja filosofian suuntaan ja/tai tarjosi historiallisen lähestymistavan omaksumista opetukseen. Halu humanisoida koululuonnontieteitä voitiin nähdä vastauksena kahteen toisiinsa liittyvään vaikutukseen. 1) Luonnontieteillä, erityisesti kemialla, oli suuri merkitys etsittäessä syyllisiä ensimmäiseen maailmansotaan, jota saatettiin pitää muutamien tiedemiesten moraalista epäonnistumisesta johtuvana. 2) Oli toive, ettei tällainen enää toistu, kun osoitetaan suurempaa huomiota koulun luonnontieteiden

den sisällä ilmeneviin inhimillisiin pyrkimyksiin ja arvoihin sekä luonnontieteiden käytön korostamiseen, jotta saataisiin terveellisempiä päätöksiä kuin sodankäynti. (Jenkins 2006)

Saksan 1800-luvun kokemukset tarjosivat malleja, jotka olivat esimerkkeinä muille. Positiivisina puolina on listattu seuraavat piirteet, jotka viehättivät brittihavainnoitsijaa:

1. Johdonmukainen järjestelmällinen opetussäännösten luonne.
2. Valtion roolin yksiselitteisyys.
3. Perusopetuksen korkeat standardit.
4. Ammatillisen koulutuksen pitkä historia ja kehitys.
5. Teknologisen koulutuksen huomioonottaminen ja tutkimus teknillisissä korkeakouluissa.
6. Modernin yliopiston käsitteellistäminen. (Phillips 2000)

Negatiivisina puolina huolehdittiin sellaisista piirteistä kuin

1. valtion väliintulo ongelmiin, joiden jotkut havainnoitsijat näkivät olevan ihmisille ominaisia huolia,
2. virkavaltaisen hallinnon komenteleva luonne,
3. ylikuormittunut opetussuunnitelma ja sen poikkeaminen Humboldtin ihanteista lukion (Gymnasium) tapauksessa ja
4. pyrkimys kohti sokeaa kuuliaisuutta, joka rohkaisi valtiota manipuloidaan opetustaan omiin poliittisiin ja sotilaallisiin päämääriin. (Phillips 2000)

Arvojen vertailussa Saksan esimerkki palveli potentiaalisten poliittisten ratkaisujen varalta sekä niiden tukemista että niistä varoittamista. (Phillips 2000)

Ensimmäisen maailmansodan aikana alkoi esiintyä kritiikkiä tätä saksalaisien mallien matkimista kohtaan. Voimakkaimmin tätä saksalaissuuntausta vastaan kritisoi Leedsin Yliopiston varakansleri Sadler listaten joukon virheitä, joita hän havaitsi englantilaisessa opetuksessa:

1. Täsmällisen standardin puuttumisen ajattelun harjoituksesta ja epäonnistuminen siinä, miten ymmärretään puhtaiden luonnontieteiden arvo ja niiden käyttökelpoisuus elämälle ja teollisuudelle.
2. Vanhempien mielipiteiden epämääräisyys opetuksen ongelmista, mikä näkyy piittaamattomuutena opetuksen laadusta, sekä koulujen arvaamattomasta ja sattumanvaraisesta valinnasta.
3. Epäonnistuminen keskimääräisellä kapasiteetilla varustettujen poikien ja tyttöjen älyllisen kiinnostuksen virittämisessä ja näin tapahtuva kansakunnan mentaalisten voimien tuhlaaminen.
4. Ajattelun tehottomuus luonnontieteitä, teollisuutta ja yleistä hallintoa kohtaan. (Phillips 2000)

Nämä virheet eivät johtuneet Saksasta, mutta näin kritiikille ajasta johtuen löydettiin sopiva kohde. Saksan kansakunnan tarpeita oli palveltu hyvin tarjoamalla opetusta reaalikouluissa ja erityyppisissä ammatillisissa kouluissa. Luonnontieteitä ja teknologiaa oli myös edistetty yhdessä perinteisten yliopisto-oppiaineiden kanssa useissa teknillisissä korkeakouluissa (Phillips 2000).

Weimarin tasavallan vuodet (1918–1933) olivat merkittäviä monien piirien luovuudelle eikä koulutus ollut vähäisin niiden joukossa. Reformipedagogiikka-liike inspiroi monia muiden maiden opettajia. Esimerkiksi amerikkalainen opetuksen uudistaja Neill raportoi mielenkiintoisesti työskentelystään Saksan kansainvälisessä kouluosastossa varhaisella 1920-luvulla. Vuoden 1930 opiskelusta kaksi amerikkalaista kommentoijaa kertoi, että yleisen koulun historiassa ei ole mitään vastaavaa verrattuna Saksan koulukokeiluihin. Heidän koulunsa ovat edenneet jäykästä konservatismista äärimmäiseen radikalismiin yhdessä ainoassa vuosikymmenessä. Opettajat voivat selvittää omia ongelmiaan peilaamalla Saksan kokeiluja, jotka hoidettiin kansallisen itsearviointin ”hehkussa”. Kuitenkin natsismin nousun mukana alkoi Saksan etäännyttämisen pitkä kausi, jolloin opetuksen tutkimus keskittyi korkeiden päämääriensä pilaamiseen tavalla, joka oli mahdollinen vain totalitaarisissa järjestelmissä. (Phillips 2000)

Merton kuvasi vuonna 1938 Saksan tilannetta vuodesta 1933 lähtien. Oli otettu käyttöön tapoja, joita loogiset ja epäloogiset prosessit lähenivät muokataksaan tai vähentääksään tieteellistä aktiivisuutta. Osin tieteen vaikeuttaminen oli poliittisesta rakenteesta johtuvan kansallisen uskomusjärjestelmän muutosten sivutuote. Rotupuhtauden nimissä käytännöllisesti katsoen kaikki henkilöt, jotka eivät kohdanneet arjalaisen syntyperän ja natsipäämäärien mukaisia kriteereitä, eliminoitiin yliopistoista ja tieteellisistä laitoksista. Koska nämä vainot koskivat merkittävää määrää huipputiedemiehiä, kuten Einsteinia ja Meitneria, epäsuorasta rasismista seurasi Saksan tieteen tason heikkeneminen. (Merton 1938)

3.2.2 Behavioristinen kausi

Suuri muutos luonnontieteiden aktiivisessa kehittämisessä alkoi Britanniassa ja Yhdysvalloissa 1950-luvun lopulla ja jatkui aina varhaiselle 1970-luvulle. Se saattoi antaa paljolti uuden merkityksen opetussuunnitelman kehittämiseen ja muutti ammattimaisemmaksi sen toimintaohjeita. Opetussuunnitelman kehityksen käsitettä tuskin rajattiin näihin kahteen maahan, sillä se levisi nopeasti muihin. Muutamat näistä eivät kuitenkaan aloittaneen todella alkuperäistä opetussuunnitelman kehitystä vielä 1970-luvulla. Tämä viivästys aiheutui koulutusimperialismista. Tämä tarkoittaa, että koulumateriaalit vietiin muihin maihin Britannian, Yhdysvaltojen tai Ranskan suunnitelmien mukaisina hieman mukauttaen tai ei ollenkaan, vaikka näissä maissa vallitsivat aika erilaiset sosio-poliittiset ja sosiaaliset koulutustarpeet. Tällaiset erot olivat ilmeisiä kolmannen maailman maissa, jotka olivat juuri itsenäistyneet. (Fensham 1988)

Fensham halusi monin tavoin liittää oman aikansa ja tulevien tiedeopetuksen mahdollisuuksien kiinnostuksen ja aktiivisuuden tuon jakson yhdistettyihin tilanteisiin, tapahtumiin ja tuotteisiin. Vaikka hänen mukaansa 1960-luvun tietämys olisi ollut luonnontieteiden opetussuunnitelmauudistukseen täysin kunnossa, kuitenkin muutamat vaikutukset olivat selvempiä tosiasiaissa vasta 1970-luvulla. Eri perusteissa, joita tarjottiin luonnontiedeopetuksen aktiviteetteihin 1960-luvulla ja myöhemmin 1980-luvulla, oli kaksi samanlaista tavoitetta. Nämä tavoitteet käsitelivät luonnontieteitä hallitsevia työntekijöitä ja tieteellisesti lukuaitoisia kansalaisia. (Fensham 1988)

3.2.2.1 Eurooppa

Toisen maailmansodan jälkeen useimpien Euroopan maiden toisen asteen koulusysteemit järjestettiin ja kehitettiin uudelleen kokonaisvaltaisia linjoja myöten. Tällä uudistuksella oli vaikutusta luonnontiedeaineiden sijoitteluun koulussa toteutettavassa opetussuunnitelmassa. Sillä oli myös vaikutusta tiedemiesten ja erityisesti teknologia-asiantuntijoiden määrän kasvuun. Lisäksi sillä oli merkitystä kohdattaessa kyseisen ajan yhteiskunnan vaatimukset. (Thomson 1972)

Monet maat tarjosivat luonnontiedeaineiden laajan kirjon, joka voitiin opiskella lukion kahtena viimeisenä vuonna. Kemia oli pääosassa useimmissa kombinaatioissa, jotka valittiin. Tämä johtui tosiasiaista, että muutamissa maissa voitiin valita vapaasti vain tiettyjä luonnontiedeaineiden kombinaatioita, mutta ei erillään jokaista tiedeainetta. Tämä todennäköisesti johtui yliopistojen sisäänpääsyvaatimuksista, tai erillinen valinta rajoitti lukujärjestyksessä monien luonnontiedeainekombinaatioiden mahdollisuuksia. (Thomson 1972)

Useimmissa maissa, kuten Hollannissa, joissa kemia oli osa toisen asteen koulun opetussuunnitelmaa, opetettavat aiheet ja käsitteet säätö joko valtio tai muu viranomaisen opetussuunnitelmassa. Jos ei ollut virallista dokumenttia, oli ainakin epäsuora sopimus, joka vaikutti oppikirjoihin ja kokeisiin. Jokainen kemian opetussuunnitelma sisälsi kemian käsitteiden luettelon – alkuaine, yhdiste, atomi, molekyyli, kemiallinen reaktio ja niin edelleen. Nämä muodostivat oppimäärän pääpiirteiden kovan ytimen, joka ei eronnut paljonkaan siirryttäessä maasta toiseen ja joka ei muuttunut oleellisesti edes pitkänä ajanjaksona. (de Vos ym. 1994)

Ennen vuotta 1960 kuvailevassa lähestymistavassa, joka dominoi opetussuunnitelmaan perustuvissa oppikirjoissa, sekä reaktiot että aineet esitettiin yksilöllisesti. Sitä mukaa kuin teoriaa tuli saataville, myös se luokiteltiin systemaattisesti. Epäorgaanisessa kemiassa kuvaukset järjestettiin tavallisesti käsiteltävien alkuaineiden jaksollisen järjestelmän mukaisesti paikkoihin, kun taas orgaanisessa kemiassa oli oma homologisten sarjojen taksonomiansa. Systemaattinen esitys sisälsi yleistyksen sääntöjen muodossa, esimerkkinä suolojen saostuminen tai alkaalien molekyylimassan ja kiehumispisteen välinen suhde. Happojen ja emästen sekä hapettavien ja pelkistävien aineiden kvalitatiivinen pohdinta oli myös osa tätä lähestymistapaa. Vain pieni annos valtavasta ja aina kasvavasta määrästä aineita ja reaktioita voitiin tarkastella käytettävissä olevassa ajassa. Opettajien ja ilmeisesti myös opiskelijoiden keskuudessa vallitsi epätietoisuus monista asioista, vaikka tosiasioita ja sääntöjä käsiteltiin, mutta ei selitetty riittävästi. Tämän syyn takia painotus muuttui kuvailevasta teoreettiseen kemian opetukseen 1960- ja 1970-luvulla. (de Vos ym. 1994)

Opetussuunnitelman sisällön teoreettinen lähestymistapa osoitti kysymykset, kuinka selittää ja ennustaa aineiden olemassaoloa ja reaktioiden tapahtumista kemian teorian perusteella. Ainetta luonnehdittiin makrotasolla sen ominaisuuksien avulla ja mikrotasolla sen molekyylirakenteen avulla. Sidoksen muodostuminen loi rakenneyksiköt (joko molekyylit tai yksikkökopit), joilla oli

tietty energia ja erityinen avaruudellinen atomien järjestäytyminen pääpiirteeseen. Puhdas aine kemiallisessa merkityksessä voitiin määritellä uudelleen mikrotasolla näiden yksiköiden keskinäisen yhtenevyyden suhteen. (de Vos ym. 1994)

Kemian opetussuunnitelman suunnittelu näiden linjojen mukaisesti oli realistista vain, jos valittiin aiheet niin, että ne kyettiin käsittelemään mahdollisimman täydellisesti. Jos esimerkiksi ei keskusteltu kaikista kemiallisen reaktion olosuhteista asianmukaisesti, opiskelijat eivät saaneet täydellistä kuvaa kemiallisista reaktioista, joihin pyrittiin. Tämä rajoitti rakenteen sovellettavuutta käytännössä tulevien kemistien opetukseen. Lukion kemianopetus painottamalla kansalaisuutta, ympäristöä ja yhteiskuntaa voi olla parempaa esimerkiksi sellaisella rakenteella, joka suuntasi kemiallisten prosessien ja tuotteiden tärkeän roolin painottamisen luonnolliseen maailmaan yhtä hyvin kuin synteettiseen. (de Vos ym. 1994)

De Vos työtovereineen käytti opetussuunnitelmien rakennetta niiden viritämisen analysoimiseen. Tutkimus sisälsi sekä menneet että nykyiset opetussuunnitelmat. Myös virittävimmät oppikirjat näyttivät esittävän tämän rakenteen epätäydellisiä versioita. Toisen asteen koulujen kemian opetussuunnitelmien historiallisesta analyysistä oli kiinnostavaa nähdä, kuinka (ja yrittää ymmärtää miksi) rakenteen eri aspektit oli painotettu jollekin ajalle kuuluvaksi. Kemian kehityksellä yhtä hyvin yhteiskunnassa kuin yleisesti on aina ollut vaikutuksensa. (de Vos ym. 1994)

Keskeinen ongelma, joka vähitellen paljastui tästä analyysistä, oli jännite perinteisen sisällön ja koulukemian modernien tavoitteiden välillä. Vaikka sisältö oli perinteen avulla tiedesuuntautunut (ja sellaisena sen hallitsema, mikä näyttää olevan 1800-luvun luonnontieteiden positivistinen käsite), lukion kemian päämäärä oli 1970-luvulla erittäin paljon yhteiskuntaorientoitunut. Tästä näkökulmasta lähtien voidaan nähdä modernin opetussuunnitelman kehittäjien kamppailevan selvittääkseen perinteisestä opetussuunnitelmasta, vaikka se ei ole koskaan esiintynytään puhtaassa muodossa. (de Vos ym. 1994)

3.2.2.2 Yhdysvallat

Ehret (1948) palasi tarkastelemaan kohdassa 3.2.1.2 esitettyä tapausta, jossa "The Committee on Correlation of High-School with College Chemistry" asetti jossain määrin tavoitteiden muodossa "Perusasioiden pääpiirteitä lukiokemian viimeistä vuotta varten". Ehret hahmotteli oman luettelon perusasioista, jotka piti hallita collegen sisäänpääsyyn:

1. Opiskelijoilla on kemian merkityksen arvostus maataan kohtaan.
2. Heillä on kemian perusaiheiden ja periaatteiden minimimäärän syvälliset tiedot niin, että näitä voidaan käyttää collegeopintojen pohjana.
3. Heillä on jonkin verran harjoitusta kontrolloitujen havaintojen tekemisestä, ja validista päättelystä. Toisin sanoen heillä on jotain tietoja tieteellisestä menetelmästä.
4. Opiskelijat kykenevät ilmaisemaan havaintojensa ja päättelyidensä tulokset selvällä englannilla.
5. Heitä on autettu lukion kemian opinnoissa huomaamaan, onko heillä asennetta aineen jatko-opintoihin. Heidän lukion kemian kurssiensa olisi pitänyt auttaa heitä löytämään itsensä.

6. Heidän käsin kirjoittamansa tekstin pitäisi olla helposti luettavaa.
7. Opiskelijat hallitsevat yksinkertaisen aritmetiikan ja alkeisalgebran. Paras tapa varmistaa tämä on, että järjestetään kertauskurssi viimeisenä lukiovuonna sellaisille, jotka tarvitsevat sitä.
8. Opiskelijat ovat hankkineet jonkin verran taitoja laitteiden ja aineiden käsittelyyn.
9. He ymmärtävät, että epärehellisyys ja tiede eivät kulje yhdessä. (Ehret 1948; vrt. Lawrence 1955)

Ramsay ja Howe tekivät johtopäätöksiä ja ehdotuksia 1960–1967 tehdyn tutkimuksensa perusteella. Ne olivat tällaisia:

1. Yleinen terminologia täytyi toteuttaa niin, että yhdessä tutkimuksessa käytettyjä opetusohjeita voitiin käyttää laajasti uudelleen ja verrata toisaalla käytettyjen kanssa.
2. Tarvittiin herkempiä arviointimittareita opettajien tulosten mittaamiseen. Näin oli erityisesti laboratorio-opetuksen ja kenttäkokeusten alueella.
3. Tutkimukset kartoittivat ryhmäopetusta vallitsevana välineenä, joka antaa opettajille enemmän valmistelu-aikaa aiheuttamatta mitään huomattavaa vaikutusta opiskelijoiden tuloksiin.
4. Ohjelmoitu opetus tarjosi tehokkaan menetelmän tiettyjen sisältö-tulosten oppimiseen, mutta sen todellinen asema kokonaisessa opetus-kuvassa jäi epäselväksi.
5. Audiovisuaalista mediaa, filmejä ja televisiota ei pitäisi käyttää niin, että ne veivät täysin opetuksen roolin luokassa, vaan ne pitäisi integroida huolellisesti opetusmalliin.
6. Mitä suurempi opiskelijan aktiivisuus ja osallistuminen olivat käytettäessä audiovisuaalista mediaa, sitä parempia olivat opiskelijan saavuttamat oppimistulokset.
7. Opiskelijoiden ongelmanratkaisu oli yksilöllinen kokemus niin, että sellaisia kokemuksia pitäisi eriyttää kohtaamaan jokaisen opiskelijan tarpeet. Siksi tarvittiin lisäinformaatiota ongelmanratkaisutavoista, joita käytettäisiin sekä yksin että pienissä ryhmissä.
8. Kenttäkokemukset eivät tuottaneet usein merkittäviä oppimissaavutuksia, jos vaadittiin tuloksia, joihin pääsemiseksi ei opetettu tehokkaasti ja vaikuttavasti jollain muulla tavalla.
9. Eri sisältöalueiden integraatio oli tehokasta parantuneiden opiskelijatulosten suhteen, kun ne tarjosivat selvän syyn integraatioon, ja opetus oli tietoisesti suunnattu vaadittuihin oppimistuloksiin. Tämä näytti olevan totta, vaikka integroidun kurssin toteutti yksi tai kaksi tai useampi opettaja.
10. Painotuksen kasvu paikannettiin opettajien ja opiskelijoiden luokkakäyttäytymisen tutkimiseen, ja herkimpiä mittareita kehitettiin tämän kuvaamiseen. Sen jälkeen huomio voitiin suunnata opiskelijoiden ja opettajan välisen vuorovaikutuksen luonteeseen eri opetustilanteissa ja määrittämään opetuksen tehokkuutta.
11. Oppitunnin pituuden muuttaminen salli opettajien innovoida tavoilla, jotka eivät riippuneet oppitunnin standardipituudesta. Nämä innovaatiot näyttivät kasvattavan haluttuja tuloksia. Ajalla, jonka opettaja käytti annetun sisältöalueen opettamiseen, oli yllättävän pieni vaikutus opiskelijoiden sisältötulosten saavuttamiseen. Vaikuttiko se muihin tuloksiin ja tunnettiin tekijät, jotka määrittivät, kuinka opettaja käytti niitä erityisen asian opettamiseen.
12. Täytyi keksiä tapoja tasapainon löytämiseksi luokassa kilpailevien opetusmenetelmien välille niin, että jokaista käytettiin siinä, missä se voi tuottaa halutut tulokset tehokkaimmin. (Ramsay & Howe 1969)

Vuonna 1950 perustettiin "The National Science Foundation" (NSF) tukemaan perusluonnontieteiden tutkimusta, aloittamaan ohjelmia, jotka vahvistavat tieteellistä tutkimuspotentiaalia, ja tukemaan kaikkien tasojen luonnontieteiden opetusohjelmia. Vaikka alkuperäiset aikomukset olivat, että NSF suuntaisi ponnistelunsa tutkimuksen ja opetuksen tukemiseen collegetasolla, ilmaantui useita asioita, jotka johtivat siihen, että NSF:n piti tukea lukion opetussuunnitelman kehitystä. Näin ollen NSF liitettynä luonnontieteiden opettajien uudelleenkoulu- tukseen tiedeyhteisö vastasi vakaviin huoliin, joita sillä oli toisen asteen kou- luissa opettavien luonnontieteiden sisällöstä. Lisäksi Welch (1979) esitti NSF:n huolen luonnontieteiden opiskelijoiden määrästä, joka piti saada kasvamaan, jotta Neuvostoliiton etumatka avaruuden valloituksessa saataisiin kiinni. (Welch 1979)

Kemian opetussuunnitelmaan tuli vuonna 1958 uusi sidoksiin liittyvä kurssi "Chemical Bond Approach" (CBA) ja pian sen jälkeen "Chemical Educa- tion Material Study" (CHEMS). CBA-kurssista komitea totesi esimerkiksi, että onnistunut laboratoriotyö tarkoitti sitä, että opiskelija ei vain kerännyt tietoja la- boratoriossa, vaan myös hankki perusteita näihin tietoihin. Laboratoriokokeet esitettiin tutkittavaksi ongelmina. Aikomus oli, että luonnontieteiden luokka muutettaisiin tekemällä oppimisen tilaksi. (Welch 1979)

Vuonna 1959 Rainey vertasi uutta CHEMS-opetussuunnitelmaa tavan- omaisempaan lukion kemiaan. Hänen havaintojensa mukaan numeraalisissa ja verbaalisissa kyvyissä ei huomattu merkittäviä eroja, joten tältä osin kumpikaan tapa ei ollut ylivoimainen. Lisäksi hän havainnoi kurssia opetuksen aikana huomaten seuraavia eroja: 1) Tavanomaisella kurssilla olevat opiskelijat tuottivat pa- rempia työselostuksia kuin CHEMS-ryhmien opiskelijat. Ne olivat taitavammin laadittuja, täydellisempiä ja sisälsivät paremmat perustelut. Mahdollinen selitys saattoi olla, että CHEMS-luokkien opiskelijat uskoivat, että he toistivat ainoas- taan laboratoriomanuaalien detaljihjeet, vaikka muotoilu sisältäisi heidän omaa tietojen tulkintaa. 2) CHEMS-opiskelijat näyttivät nauttivan enemmän laborato- riotyöstään. Kurssipalautteessa CHEMS-opiskelijat johdonmukaisesti totesivat, että laboratoriotyöt olivat nautinnollisin osa tätä kurssia, kun taas muut opiske- lijat olivat vähemmän johdonmukaisia tällaisen kommentin kanssa. Koska CHEMS -laboratoriokäsikirja oli hyvin järjestetty ja edistyksellinen huolellisesti laadittuine kokeineen, opiskelijat kykenivät varautumaan virheisiin, kun taas opiskelijoiden, jotka tavallisissa luokissa käyttivät avoimia laboratoriotoita, täy- tyi oppia materiaali ja laitetyyppien käyttö erehdysten avulla. Monet tavallisten luokkien opiskelijat paheksuivat sitä, ettei heillä ollut käytössään laboratoriokä- sikirjaa. Jos heilläkin olisi mahdollisuus käyttää käsikirjoja, heidän ei tarvitsi toi- mia yrityksen ja erehdyksen kautta. 3) CHEMS-opiskelijat riensivät rivakammin laboratoriotyöhönsä kiinteän heille annettun aikataulun takia, joka painosti heitä tekemään valmiiksi kaiken materiaalin kouluvuoden aikana. Tavallisen kurssin opiskelijoiden puolestaan ei paineen alla pitänyt lopettaa kokeellista työtä, vaan saivat tutkia muita asioita, jotka liittyivät erityiseen laboratoriossa tehtävään toi- meksiantoon järkevän aikarajan sisällä. 4) Tutkijan kokemuksen perusteella

CHEMS-kurssi tarjosi järkevän ja toimivan lähestymistavan opettaa lukion kemiamia. Jos yksilöllinen työskentely laboratoriossa oli mahdotonta, CHEMS-opetussuunnitelma tarjosi erinomaisen vaihtoehdon pari- tai ryhmätyöskentelyyn. (Rainey 1964)

Yhteiskunnan tasolla luonnontiedejärjestö avasi tien ympäristöhuoliin ja yhteiskunnallisiin ongelmiin. Koulut kutsuttiin ratkaisemaan ongelmia yhä useammin, ja syntyi yhä suurempaa painetta vastuullisuuteen ja tehokkuuteen. Se haastoi kouluihmisiä läpi maan. Kriisien ja haasteiden aikana laitokset pyrkivät siilin tapaan kääntymään sisäänpäin ja etsimään apua tutusta ja turvallisesta. Aikaa ei ollut opetusohjelman laajentamiseen eikä muuttamiseen. Näin ollen esteet opetussuunnitelmamuutokseen vahvistuivat ainakin puhtaan luonnontieteen kurssien CHEMS ja CBA osalta. (Welch 1979)

Keväällä 1963 opetussuunnitelmista vastannut New Yorkin osavaltion opetushallinto nimitti luonnontieteiden neuvoa-antavan komitean luonnontieteiden kurssien alulle pantavien uudistusten päämääriä varten. Komitean jäsenet olivat toisen asteen koulutuksen, collegen, teollisuuden ja tutkimuslaitosten edustajia. Tehtävänannon mukaisesti komitean tuli toteuttaa ohjeet, jotka auttaisivat varsinaisia opetussuunnitelmien uudistuskomiteoita tehtävässään päivittää eri opetussuunnitelmat ajan, yhteiskunnan, luonnontieteiden ja luonnontieteiden opetuksen valossa. (New York State Education Departure 1971)

Tämän toimeksiannon perusteella laadittiin kemian opetussuunnitelma (syllabus), joka tuli voimaan New Yorkin osavaltiossa vuonna 1966. Sisältö antoi tarkat ohjeet siitä, mitä kemian oppimäärään kuului. Se esitteli modernin näkemyksen, jonka piti antaa kemian opiskelijoille soveltuva laaja valikoima taitoja. Aiheiden luonnos tarjosi kemian eheyttävät periaatteet yhdessä niihin liitettyjen tosiasioiden kanssa. Luonnokseen liitetyt periaatteet olivat ihmisen ympäristönsä ymmärtämisen pohjana. (New York State Education Departure 1971)

Aihealueet jaettiin yhdeksään pääyksikköön: aine ja energia, atominrakenne, sidos, jaksollinen järjestelmä, kemian matematiikka, kinetiikka ja tasapaino, happo-emästeoriat, hapetus-pelkistys, sähkökemian ja orgaaninen kemia. Kymmenennen yksikön, reaktioperiaatteiden soveltamisen, piti nivoutua ja integroitua toisiin yksiköihin, koska se sovelsi niitä. Jokainen yksikkö jaettiin spesifisiin aiheisiin, joista jokaiseen yhdistettiin lisämateriaalia. Aihealueiden lisäksi opetussuunnitelmassa oli otsikko "Tulkinnat ja peruskäsitteet", jonka alla hahmoteltiin peruskäsitteet. Otsikon "Täydentävä informaatio" alla tarjottiin peruskäsitteiden vahvistus ja selitykset. (New York State Education Departure 1971).

Edellä esitettyjen sisältöjen perusteella opettajalle jätettiin oikeus käyttää vapaasti mitä tahansa aiheiden järjestystä ja opetustekniikoita, jotka olivat sopivia hänen opiskelijoilleen. Opettajan tuli epäröimättä tuottaa mitä tahansa oppimateriaalia, kun tilaisuus vaati, vaikkakin asiaa käsiteltäisiin syvällisesti myöhemmin oppimäärässä. Opetuksen piti olla vuorovaikutteinen prosessi niin, että opiskelijat saivat sekä esimakua siitä mitä on tulossa, että kertauksen aikaisemmin opetetusta. Mikäli opettaja piti jotain tiettyä oppimateriaalia hyvänä liitettävä-

väksi sopiviin kohtiin oppimäärää, hänen ei tarvinnut jättää sitä pois. Sovellusyksikön prosessista tarvittiin kuvauksia ja niitä voitiin liittää sopiviin kohtiin muissa oppimäärän yksiköissä. (New York State Education Departure 1971)

Jotta opiskelijat kykenivät ymmärtämään ja käyttämään kemian periaatteita, heidän tuli tutustua lukujen merkintätapoihin, merkitseviin numeroihin, yksiköiden metriseen systeemiin, lämpöyksiköihin, dimensioanalyysiin ja suoran ja käänteisen suhteen ymmärtämiseen. Oppimäärän aikavaatimus oli kuusi 45 minuutin tuntia viikossa. Joka viikko tuli olla vähintään yksi kahden tunnin laboratoriotyö. Laboratoriotyö oli suunniteltava kannustamaan opiskelijoita etsimään riippuvuussuhteita. Muutamien laboratoriotöiden piti olla luonnossa tehtäviä kvantitatiivisia töitä. Esitettiin, että laboratoriotöiden yksilölliset ja koko luokan tulokset analysoidaan silloin tällöin niin, että opiskelijat voivat kehittää käsitteitä tarkkuuden ja virheettömyyden suhteen. (New York State Education Departure 1971)

3.2.3 Kemian konstruktivistinen opetussuunnitelma

Tässä luvussa tarkastellaan lyhyesti kemian opetussuunnitelman erilaisia näkemymiä konstruktivistisen oppimiskäsitykseen liittyvistä teoreettisista näkökulmista, kuten pedagogisesta, epistemologisesta ja sosio-konstruktivistisesta näkökulmasta.

Winkin (2006) mukaan pedagoginen konstruktivismi kemiassa on lähtenyt 1970- ja 1980-luvun perustavasta työstä ja yleistynyt kemian opetuksen pohdintojen oleelliseksi osaksi. Konstruktivismilla on tärkeä asema filosofiassa, erityisesti epistemologiassa. Konstruktivismiin läsnäolo on ollut haasteellisista sisältäen ongelmia, jotka voivat olla synnynnäisiä, mikäli pedagoginen konstruktivismi liitetään epistemologiseen konstruktivismiin. Nämä argumentit edustavat vahvaa ja Winkin mielestä tervetulleinta pyrkimystä tehdä konstruktivisteista huoleellisempia ja tiedostavampia siinä, mitä he pohtivat. (Wink 2006)

Wink määrittelee pedagogisen ja epistemologisen konstruktivismiin. Pedagoginen konstruktivismi katsoo yksittäistä oppijaa vain paikkana, missä tieto luodaan ja ylläpidetään. Tieto sidotaan henkilöön, joka luo sen. Henkilön tieto riippuu aina siitä, kuinka henkilö lähestyy oppimiskokemuksia. Sitä hän hankkii aktiivisesti kokemuksen aikana. Saatu tieto integroidaan henkilön entiseen tietoon. Vuorovaikutus toisten ja luonnon kanssa voi vaikuttaa oppijan tiedon rakentumiseen, mutta todellisuus ja yhteisö eivät voi pakottaa tiedon muodostamista. Oppija, opettaja ja opetussysteemi muodostavat sisällön ja prosessin, josta opitaan perustavoilla. Epistemologinen konstruktivismi puolestaan näkee, että tieto on yksilöiden ja ryhmien omista valinnoista ja vuorovaikutuksissa ehkä myös muiden kuin ihmisten kanssa rakentunutta. Sen hyväksyminen, että totuutta ei aina ole, on keskeinen askel kohti jotain tietoa. Jopa vakiintunut tieto edellyttää, että ihminen säilyttää sen tietona ajan mittaan. Edellä oleva käsitetään eri tavoin riippuen kontekstista ja tarpeesta. Ei ole mitään periaatteellista syytä, miksi ei yhdistetä moninaisia tietoja. Peruste, historia ja sosiologiset tekijät, sellaiset kuten sukupuoli ja etnisuus, ovat aina tiedon tekijöitä. (Wink 2006)

Sosiokulttuurillinen perspektiivi tarkoittaa luonnontieteen, sen opetuksen ja luonnontieteen opetuksen tutkimuksen näkemystä inhimillisinä sosiaalisina aktiviteetteina, jotka johdetaan institutionaalisissa ja kulttuurisissa viitekehyksissä. Sosiokulttuurillisen perspektiivin mahdollisuudet luonnontieteiden opetuksessa tarkoittavat sitä, että ihmisten huolenaiheiden tavoitteet nähdään sosiaalisina aktiviteetteina. Lemken (2001) mukaan se tarkoittaa tutkimuksessa sosiaalisten vuorovaikutusten rooliin liittyvien kysymysten muotoilemista luonnontieteiden opetuksessa ja oppimisessa sekä tutkittaessa maailmaa joko luokassa tai tutkimuslaboratoriossa. Se myös tarkoittaa oleellisen teoreettisen painon antamista sosiaaliselle vuorovaikutukselle. Kuten Vygotskyn perinteessä (kts. luku 2.2.6), se on sekä keskeinen ja tarpeellinen oppimisen apuväline. Samoin se tarkoittaa maailman tieteellisen tutkimuksen näkemistä erottamattomana osana luonnontieteilijöiden aktiviteettien sosiaalista järjestämistä. (Lemke 2001)

Yksilöiden välinen sosiaalinen vuorovaikutus joko yhteistoimintana laboratorioissa tai vuoropuheluna luokassa on vain pieni osa yhteiskuntaa. Sosiokulttuurillisen teorian mukaan sellainen yhteistoiminnallinen inhimillinen aktiviteetti on mahdollinen vain, koska me kaikki kasvamme ja elämme laaja-alaisessa sosiaalisessa järjestelmässä tai instituutiossa, joita ovat esimerkiksi perhe, koulu, kirkko ja kuntakeskus. (Lemke 2001)

Sosiokulttuurilliset perspektiivit luonnontieteissä ja niiden opetuksessa nykyisissä muodoissaan johtuvat pääosin sosiaalisten ja ihmistieteiden kehityksestä 1960-luvulla. Koska monet luonnontieteiden opetuksen tutkijat olivat paremmin koulutettuja psykologiassa (erityisesti kognitiivisessa psykologiassa) kuin muiden oppiaineiden tutkijat, auttoi se ymmärtämään heidän eroavuuksiansa. Bruner (1990) tarjosi käyttökelpoisen selityksen sille, miten 1960-luvun lopulla ja 1970-luvulla asetetut kognitiivisen ja sosiaalisen perspektiivin yleisen synteesin alkuperäiset toiveet kehityspsykologiassa romutuivat. 1980-luvulla kognitiivinen tutkimus jätti yhä enemmän huomiotta sosiokulttuurilliset tekijät ja kääntyi erityisesti Yhdysvalloissa kohti karteesista mentalismia (cartesian mentalism). Samaan aikaan tapahtui kuitenkin sosiokulttuurisen tutkimuksen muilla alueilla suuri renessanssi, joka oli hyvin relevanttia luonnontieteiden opetukselle. (Lemke 2001)

On paljon pohdittu konstruktivistiseen asemaan liittyviä etuja. Kritiikki on ollut vaihtelevaa, mutta Taberin (1998) mukaan esimerkiksi Matthews (1993) vastusti sitä ilmeistä relativismia, että oppijoiden vaihtoehtoisille ajatuksille myönnettiin korkea asema. Millar (1989) hyväksyi konstruktivistiset perusteet, mutta kyseenalaisti otaksumat näiden pohjalta johdetuista tehokkaista oppimistyyleistä. Solomon (1993, 1994) puolestaan kritisoi painotusta henkilökohtaiseen tiedon rakentamiseen, joka ilmeisesti vähätteli kouluoppimisen sosiaalista kontekstia (Taber 1998).

3.2.4 Kontekstilähtöinen kemian opetussuunnitelma

Kemian opetus kontekstilähtöisen lähestymistavan mukaisesti on peräisin 1980-luvun alkupuolelta. Jos pitkäkestoisuus on vaikutuksen merkki, silloin konteks-

tien käytön tieteen ymmärtämisen kehityksen lähtökohtana täytyy olla yksi merkittävistä liikkeistä 1900-luvun lopun tiedeopetuksessa. Mahdollisesti ensimmäisenä tällaisena kemian kontekstilähtöisenä kurssina voidaan pitää Yhdysvalloissa 1980-luvun alussa aloitettua ”Kemiaa yhteiskunnassa” -kurssia (ChemCom). Sen tavoitteena oli kiihottaa opiskelijoita kiinnostumaan ja osallistumaan kemian toimintaan. Tämä toteutettiin sulauttamalla kemia yhteiskunnan kehyyseen. Kemian läsnäolo päivittäisessä elämässä nousi tärkeäksi kemian laboroinnin rinnalle. Esimerkiksi sellaiset yhteiskunnalliset ongelmat, kuten ihmeellisten kalakuoleman kohtaaminen yhteisön vedensaannin yhteydessä, virittivät tiedon tarpeen ja ratkaisumahdollisuuksien etsimisen, joka kehysti ja motivoi opiskelijoiden kemian opiskelua. (Heikkinen 2010; vrt. Fensham 1992)

Sutman arvioi vuonna 1992 ChemComin etenemistä. Hänen mukaansa tietyt tavoitteet olivat perinteisempien lukion kemian kurssien tyyppisiä, sillä ChemCom sisälsi peruskemian tosiasiat ja tiedot. Näiden tavoitteiden validius määriteltiin kahden lähestymistavan hyödyntämisenä. Toiset pitivät, että on parempi ymmärtää sopivan tieteellisen informaation tutkimisen tärkeys ennen kuin tekee ratkaisuja yhteiskunnallisista kysymyksistä. Tämä näkökulma heijastaa perinteistä lähtökohtaa. Molemmat näistä liitettiin tiettyyn malliin (The Provus Discrepancy Model), jonka yhteiskuntatieteilijät hyväksyivät laajasti. Malli oli tilastollinen toimintaohje asiantuntijoiden ja kokeneiden henkilöiden mielipiteiden analysoimiseen ja tulkitsemiseen. (Sutman 1991)

Sutman päätti arviointinsa todeten ChemComin validiksi käytettäessä sitä lukion 10. ja 11. tason opiskeluun. Koska ChemCom ei sisällöltään poikennut merkittävästi perinteisistä kemian kurseista, sitä voitiin käyttää korvaamaan niitä. Vaikka siinä ei opiskeltu muodollisesti, ChemComin käyttö oli jonkinlainen vakuutus, joka kuitenkin motivoi kyvykkäimpiä opiskelijoita enemmän kuin niitä, joita piti motivoida perinteisemmillä kursseilla pyrkimään kemian opintojen seuraavalle tasolle. (Sutman 1992)

Britanniassa aloitettiin miltei samaan aikaan kontekstilähtöisen opetuksen projekti, joka sai nimekseen Salters (nimi on johdettu alkuperäisen projektin sponsorin ja myöhempien projektien yhteistyösponsorien mukaan). Sen tarina itsessään on jo kestänyt yli kolme vuosikymmentä eikä pääty vielä. Tarina alkoi vuonna 1983, kun ryhmä opettajia ja tiedekouluttajia tuli Yorkiin keskustelemaan tavoista, joilla kemian vetovoimaa voitaisiin lisätä lukion opiskelijoiden keskuudessa (itse asiassa kyse oli 11–18 vuotiaista, ei vain 16–18 vuotiaista). Tässä kokouksessa päätettiin kehittää viisi kontekstilähtöistä kemian kurssia 13-vuotiaille koululaisille. Nykyisin Saltersin kurssiperhettä on kehitetty kattamaan biologian, kemian ja fysiikan kouluasteilla 11 ikävuodesta 18 ikävuoteen Englannissa ja Walesissa. Lisäksi monia kurseja on otettu käyttöön muissakin maissa, kuten Belgiassa, Hong Kongissa, Uudessa Seelannissa, Venäjällä, Skotlannissa, Espanjassa, Swazimaassa ja USA:ssa. (Bennett & Lubben 2006)

Ehkä menestynein Saltersin kurseista on Saltersin kehittynyt kemia (Salters Advanced Chemistry), joka on tarkoitettu lukioikäisille (17–18 vuotta). Se on kehitetty 1990-luvulla. Kun huomioidaan nuoremmille tarkoitettu kurssi ”Kemia:

Saltersin lähestymistapa” (Chemistry: the Salters Approach), Saltersin kurssi-perhe käsittää Englannissa ja Walesissa koko toisen asteen aina yliopistoon siirtymisen kynnykselle saakka. Koulu voi valita, mitä kursseja heidän opiskelijansa opiskelevat. Yleisesti valitaan kolme viidestä vaihtoehdosta. Kaikkien kurssien pitää täyttää ulkoisesti spesifioidut kriteerit tieteellisen sisällön suhteen, ja melkein kaikilla Saltersin kursseilla on selkeä arviointisysteemi omine kokeineen. (Bennett & Lubben 2006)

Saltersin lähestymistapaan päädyttiin, koska oli huoli tiedeopetuksen käytännöstä ja sen vaikutuksista tiedeaineiden käsityskykyyn. Tuntui, että luonnontieteiden piti tulla vetoavammiksi. Niiden piti olla relevantimpia nuorison kiinnostusalueita ja heidän päivittäistä elämäänsä kohtaan. Niiden piti koskea heitä laajalla valikoimalla aktiviteetteja, joihin nuoret voisivat aktiivisesti sitoutua. Saltersin kurssien kehittämistä ei sitonut mikään erityinen pedagoginen tai kognitiivinen teoreettinen viitekehys. Kehitystiimi vastusti jonkin tietyn opetusteorian tai teoreettisen viitekehäyksen käyttöä. He suunnittelivat kuitenkin laaja-alaisia opetussuunnitelmatutkimuksia (Campbell ym. 1994). Käytännössä Salters-projektit ammentavat lukuisista erilaisista teoreettisista oivalluksista ja näkökannoista. Nämä sisältävät ideoita opetussuunnitelman sisällöstä, nuorison oppimisesta ja siitä, kuinka edistetään ja tuetaan opetuksen muutosta. (Bennett & Lubben 2006)

Kehittäminen riippui kuitenkin kahdesta suunnittelun peruskriteeristä, jotka liittyvät Salters-perheen kaikkiin kursseihin. 1) Oivallusten ja valittujen käsitteiden sekä tutkimuskontekstien pitäisi edistää nuorison arvostusta siihen, miten kemia myötävaikuttaa heidän elämäänsä tai muiden elämään tai auttaa heitä ymmärtämään paremmin luonnollista ympäristöä. 2) Muutettuna operationaaliseen muotoon se tarkoitti, että kurssiyksiköiden tulisi aloittaa opiskelijoiden elämän aspekteilla, joita he ovat kokeneet joko henkilökohtaisesti tai median välityksellä, ja joiden pitäisi tuottaa oivalluksia ja käsitteitä, kun niitä tarvitaan. (Campbell ym. 1994; Bennett & Lubben 2006)

Osbornen ja Collinsin mukaan kemian opetus ja laajemmalla näkökulmalla luonnontieteiden opetus olivat olleet kritiikin kohteina. Lähinnä he näkivät ongelmia kemian ja fysiikan opetuksessa, sillä niistä puuttui selkeä yhteys opiskelijan jokapäiväiseen elämään (Osborne & Collins 2001). Esimerkiksi Gilbert työryhmineen kohdattuaan kemian opetuksen ongelmat löysi viisi siihen liittyvää syytä:

1. Aina kiihtyvän tieteellisen tiedon keräytymisen seurauksena opetussuunnitelmat ovat tulleet sisällöltään ylikuormitetuiksi. Korkean sisältokuorman seuraukset ovat olleet sellaisia, että opetussuunnitelmat ovat liian usein tieteellisestä alkuperästä irrotettujen erillisten tosiasioiden kokoelmia.
2. Opiskelijat eivät tiedä, kuinka heidän pitäisi yhdistää erillisiä tosiasioita kokoelmiin, jotka eivät itse luovuta mitään johdonmukaisen ajatuskeeman muodostumiseen ja anna mitään merkitystä sille, mitä he ovat oppineet.
3. Opiskelijat voivat ratkaista heille esitettyjä ongelmia tavoilla, jotka tarkasti peilaavat tapoja, joilla on opetettu. He epäonnistuvat pahan kerran, kun pitää ratkaista ongelmia käyttäen samoja käsitteitä, mutta eri

tavoin esitettyinä. On tapahtunut vähän tai ei yhtään oppimisen siirto-vaikutusta, joka olisi valmistautumista kemian elinikäiseen oppimiseen tai sen käyttöön jokapäiväisessä elämässä.

4. Jos opiskelijat eivät tunne tarkoitusta, jota varten heidän pitää oppia vaadittu oppiaines, syy ei tule heille relevantiksi. Parhaimmillaan kemia antaa edellytykset tutkimukselle, josta he todella ovat kiinnostuneita, esimerkiksi lääketieteen tutkimukselle.
5. Kemian opetussuunnitelman perinteinen painotus (kiinteä perusta, korrekki selitys ja tieteellinen taitojen kehittyminen) nähdään yhä enemmän kemian kehittyneemmän tutkimuksen riittämättömänä perustana. On myös sopimatonta, jos ei jatka sen tutkimista. (Gilbert 2006; Pilot & Bulte 2006)

Lisäksi Osborne ja Collins pitivät luonnontieteiden opettamista ennen teknologiaan kytkemistä vastaavana, kuin kieliopin opetus olisi ennen kielen käytön harjoittelua Englannin ja Walesin kansallisessa opetussuunnitelmassa. Heidän mukaansa kummassakin tilanteessa tieteen abstraktisuus käytännön merkitykseen liittyen on käsittämätöntä opiskelijoille. Mieluummin he suorittaisivat sellaisia kursseja, joissa lähtökohtana olisi teknologia, joista päädyttäisiin luonnontieteisiin. Ensin pitäisi esittää sovelluksia Saltersin luonnontieteiden tavoin. Kaikkiin muunlaisen opetussuunnitelman kursseihin pitäisi vaatia hyvät perustelut. (Osborne & Collins 2001)

Pilot ja Bulte esittivät, että konteksti on merkityksen antavana instrumenttina keskeinen tapahtuma. Yhdessä monien opetuksen teorioiden käytön kanssa he muotoilivat neljä kontekstin piirrettä uudelleen ja loivat näin kontekstilähtöisen kemian oppimisen saavuttamiskriteerit:

1. Opiskelijoiden täytyy arvostaa miljöötä sosiaalisena, avaruudellisena (spatiaalisena), hetkellisenä harjoitteluyhteisön viitekehyyksenä. Tämän miljöön täytyy olla opiskelijan, joka voi olla erilainen eri iässä ja eri kehitystasolla, lähikehityksen alueella. Sen täytyy selvästi nousta esiin opiskelijoiden jokapäiväisestä elämästä, sosiaalisista kysymyksistä ja opetustilanteista, jotka ovat molemmat muodikkaan tärkeitä.
2. Ollakseen korkeatasoinen oppimistehtävän täytyy selvästi herättää erityisesti käyttäytymisympäristön fokus ja sen täytyy sisältää ongelmia, jotka ovat tärkeiden kemiallisten käsitteiden selviä esimerkkitaupauksia.
3. Opiskelijoiden olisi voitava kehittää spesifisen kemian kielen johdonmukainen käyttö, jonka käyttäytymisympäristö herättää fokukseksi.
4. Opiskelijoiden pitää liittää mikä tahansa keskeinen tapahtuma relevanttiin tilannekohtaiseen taustatietoon niin, että rakennetaan tietoa, joka ensisijaisesti koostuu opiskelijoiden omista oivalluksista. (Pilot & Bulte 2006)

Gilbert puolestaan arvioi näitä seuraavilla kriteereillä: 1) käsitteiden soveltaminen, 2) vastavuoroisuus käsitteiden ja sovellusten välillä, 3) henkilökohtaisen älyllisen aktiivisuuden tarjoaminen ja 4) sosiaaliset ympäristöt (Pilot & Bulte 2006; Gilbert 2006).

Campbell työtovereineen pohti teorian roolia suhteessa Saltersin opetussuunnitelman kehittämiseen. Heidän mukaansa oli mahdollista tuoda esiin kehittämisen teoreettinen asema viitaten luonnontiede-teknologia-yhteiskuntayhteyteen, tieteen prosessien rooliin, sisältövalintojen alkuperään, oppijoiden aktii-

viseen sitoutumiseen sekä taito- ja tutkimuslähtöiseen teoriaan, joka liitetään spesifisten käsitteiden oppimiseen. Muutamat näistä teoreettisista asetelmista vaikuttivat perussuunnittelukriteereihin, mutta muut olivat toissijaisia ja toimivat tarve käyttää -perustalta kehittämistyön aikana. Näin he aloittivat jälkikäteen tapahtuvan suuren luokan opetussuunnitelman kehittämisen analyysin. Tämä analyysi ei vain perustellut oikeutusta teorian sopivalle käytölle, vaan myös tarjosi näkymiä, jotka itsessään sisälsivät opetussuunnitelman kehitysprosessin teoriaa. Suuren luokan opetussuunnitelman kehittäminen ei ollut salainen, kokeellinen aktiviteetti. Se koostui valtavasta resurssien panostuksesta ja kehittäjien etenemisestä. Toiminnan oli myös mahdollista kehittää opettajien arvojen ja tarpeiden mukaista riittävää yhteneväisyyttä. He uskoivat, että tiedeopetuksessa kaikkein tärkeintä oli opetussuunnitelman kehittämisprosessin ja -tapojen teorian niveltäminen. Tämä mahdollisti opettajien muuttua käytäntöjään ja kohdata oivalletut tarpeensa, jotka nousivat joko omasta tyytymättömyydestä tai ulkoisista muutospainista. (Campbell ym. 1994)

Vuonna 1995 American Research Council julkaisi kansalliset luonnontieteiden opetuksen standardit ("National Science Education Standards"). Näiden keskeisten päämäärien mukaan luonnontieteitä tuli opettaa niin, että opiskelijat kykenivät

1. kokemaan luonnollisen maailman rikkauden ja tiedon intohimon sekä ymmärtämään maailmaa,
2. käyttämään sopivia luonnontieteellisiä prosesseja ja periaatteita tehdessään henkilökohtaisia ratkaisuja,
3. sitoutumaan älyllisesti keskusteluun ja väittelyyn luonnontieteiden ja teknologian huolenaiheita koskevista kysymyksistä sekä
4. kasvattamaan taloudellista tuottavuuttaan urillaan tieteellisesti luku-taitoisen henkilön tietojen käytön, ymmärtämisen ja taitojen avulla. (National Research Council 1995)

Nämä standardit vetivät yhteen muutamia oleellisia painotusmuutoksia, jotka olivat hyvin ratkaisevia opetussuunnitelmamuutokselle. Tällainen oli muun muassa oppiaineen aineksen oppiminen tutkimuksen, teknologian ja luonnontieteiden kontekstissa. Kontekstiin piti sisältyä yksilöllinen ja yhteisöllinen perspektiivi, luonnontieteiden historia sekä luonne. (National Research Council 1995; van den Akker 1998)

Kontekstilähtöisen lukion ja ylemmän koulutuksen kemian kehitysprojekteista on kasvanut merkittäviä opetussuunnitelmaohjelmia. Ne alkoivat hyvin eri aikoihin ja nykyisin osasta on tullut jo täysin koulussa toimivia. Toiset taas ovat muutamissa kouluissa kehityksensä alkuvaiheessa. Muutamat käynnistettiin projekteina keskittyen toteutukseen. Joissakin taas keskityttiin enemmän tutkimukseen. Jo aiemmin esitellyn ja seuraavaksi yksityiskohtaisemmin kuvailtavan Saltersin kehittyneen kemian (Salters Advanced Chemistry, UK; lyhyesti SAC), lisäksi on USA:n Kemia kontekstissa (Chemistry in Context; lyhyesti CiC), Israelin Teollisuuskemia (Industrial Chemistry; lyhyesti IC), Hollannin Käytännön kemia (Chemistry in Practice; lyhyesti CiP) ja Saksan Kemia kontekstissa (Chemie im Kontext; lyhyesti ChiK). Näihin liittyvät läheisesti luonnontieteet-teknologia-yhteiskuntakonteksti (Science-Technology-Society; lyhyesti STS) ja kemian

kestävän kehityksen kontekstilähtöinen opetus sekä Yhdysvaltojen seuraavan sukupolven luonnontieteiden opetuksen standardit (Next Generation Science Standards; lyhyesti NGSS). (esim. Bennett & Lubben 2006; Schwartz 2006; Parchmann ym. 2006; Pilot & Bulte 2006; Hofstein & Kesner 2006; Yager 1992; Eilks 2013; Achieve 2013)

3.2.4.1 Saltersin kehittynyt kemia

Saltersin kehittyneellä kemialla (SAC) pyrittiin seuraaviin tuloksiin:

1. Näytetään tapoja, miten kemialla käytetään maailmassa ja työssä, jota kemistit tekevät.
2. Laajennetaan kemian vetovoimaa näyttämällä, kuinka se liittyy ihmisten elämään.
3. Laajennetaan käytettyjen opetus- ja oppimisaktiviteettien valikoimaa.
4. Virkistetään ja haastetaan laajempaa joukkoa opiskelijoita tarjoamalla kemian täsmällistä käsittelyä perustaksi tuleville opinnoille ja tarjotaan kohtuullisia kursseja niille, jotka eivät suorita enempää kemian kursseja. (Bennett & Lubben 2006).

Saltersin kehittynyt kemia kehitettiin alun perin 17–18-vuotiaiden opiskelijoiden kaksivuotiseksi yliopiston esikurssiksi, johon kuului ulkopuolisen tahon asettama loppukoe. Sen jälkeen, kun se otettiin opetussuunnitelmaan vuonna 1990, kurssin suosio on kasvanut tasaisesti opiskelijoiden keskuudessa. Sen alkuperäisestä kehittämisestä lähtien Saltersin kehittyntä kemialla on muunneltu lainsäädännön vaatimusten mukaisesti. Vuonna 2006 sitä tarjottiin sekä moduulivaihtoehtona, jossa pidetään moduulin lopussa ulkopuolinen arviointi, että loppukokeella suoritettavana tutkintovaihtoehtona. Tällöin opiskelijat saattoivat päättää opiskella puolet kurssimateriaalista yhden vuoden kurssina. On huomionarvoista, että muutokset lainsäädännössä yhdistettynä rakenteen paljon yksityiskohtaisempaan erikoistumiseen ja kehittyneiden kurssien kemian sisältöön ovat vähentäneet tarkasteltavia vapausasteita, joita kehittäjillä oli kurssin varhaisissa vaiheissa suhteessa sisältöön ja lähestymistapaan. Siitä huolimatta tuoreimmat julkaisut ovat pysyneet uskollisina alkuperäisen hengen mukaisille suunnittelukriteereille. Esimerkkinä taulukossa 2 esitetään SAC-kurssin päälinjaus ja siinä käytetyt kemialliset ideat. (Bennett & Lubben 2006)

Kontekstilähtöisen lähestymistavan yhtenä tuloksena oli, että tieteelliset oivallukset otettiin käyttöön tarve tietää -perusteella. Toisin sanoen tieteellisiä ideoita käytettiin, kun ne auttoivat selittämään ja parantamaan tutkittavan kontekstin piirteiden ymmärtämistä. Artikkelin kirjoittajien mukaan mitään käsitealuetta ei kehitetty täydellisesti tietyssä erityiskontekstissa, vaan kontekstia saatettiin vaihtaa. Hyvän esimerkin tästä tarjoaa tasapainon käsite. Se esiteltiin Saltersin varhaisissa SAC-kursseissa otsikolla ”Ilmasto reversiibelien reaktioiden suhteen selittää valtamerien hiilidioksidin roolin”. Sen jälkeen se pelkistettiin ”Teräksen tarinaksi”, jossa esiteltiin hapetus-pelkistysreaktioita. Edelleen käsitettä kehitettiin maatalouskulttuurin näkökulmasta selittämään ioninvaihtotasapainoja, jolloin myös tasapainovakiot esiteltiin ja niitä käytettiin. (Bennett & Lubben 2006)

Taulukko 2 SAC-kurssin viiden ensimmäisen luvun päälinjaus ja kemialliset ideat (Bennett & Lubben 2006)

Linjaus	Kemialliset ideat, joita käytetään
Elämän elementit ovat ihmisruumiin, aurinkosysteemin ja maailmankaikkeuden alkuaineiden tutkimus	Ainemäärä Atominrakenne Atomispektroskopia Jaksollinen järjestelmä: jaksollisuus, ryhmä 2 kemiallinen sidos molekyyliden muodot
Polttoaineiden kehittäminen on tutkimus polttoaineista ja panoksesta, jonka kemistit tekevät parempien polttoaineiden kehittämiseksi	Massojen ja moolitilavuuksien reagoiminen Lämpökemia Homologiset sarjat Alkaanit Rakennesisomeria Katalyyysi Entropia (kvantitatiivinen)
Mineraaleista alkuaineiksi on tutkimus bromin ja kuparin erottamisesta ja käytöstä	Ionit liuoksessa massojen ja molaaristen konsentraatioiden reagoiminen Elektronirakenne (s-, p-, ja d-orbitaalit) Reaktioiden tyypit (hapetus-pelkistys, saostus, happo-emäs) Ryhmä 7 Molekyyliset ja jättiläismäiset (verkko-) kovalenttiset rakenteet Aineen ja säteilyn vuorovaikutus
Ilmakehä on kahden tärkeän kemiallisen prosessin tutkimus: otsonikato ylemmässä ilmakehässä ja kasvihuoneilmiö alemmassa ilmakehässä	Halogeenialkaanit Reaktiomekanismit: nukleofiilinen substituutio, radikaalireaktiot Kemiallinen tasapaino
Polymeerivallankumous kertoo additiopolymeerien, joista monet keksittiin sattumalta, tarinan	Additiopolymeerit Alkeenit Reaktiomekanismit: elektrofiilinen additio Alkoholit Geometrinen isomeria Molekyyliden väliset voimat Polymeerien rakenteeseen yhteydessä olevat ominaisuudet

3.2.4.2 Yhdysvaltojen kemiaa kontekstissa

Yhdysvaltojen kemiaa kontekstissa (CiC) suunniteltiin täyttämään alkuvaiheessa olevien, tieteeseen vielä erikoistumattomien yliopisto-opiskelijoiden ja collegeopiskelijoiden (18–20 vuotta) arvosanaohjelmien tarvetta. Kuuden Yhdysvaltojen yliopiston kemian professorin tiimin motivaationa lähestymistavan (CiC) luomiseen oli parantaa amerikkalaisten kemian lukutaitoa. Heidän pohdintojensa perusteella ilmestyi kuusi päämäärää:

1. Motivoidaan opiskelijoita oppimaan kemiaa ja ymmärtämään sen sosiaalista merkitystä.
2. Opetetaan heille kemian peruskäsitteitä.

3. Ohjataan heitä keksimään kemian teoreettisia ja käytännöllisiä merkityksiä.
4. Varustetaan heitä paikantamaan informaatiota ja osoittamaan teknisiä kysymyksiä.
5. Kehitetään analyttisiä taitoja, kriittistä arvostelukykyä ja kykyä arvioida riskejä ja etuja sekä arvioida informaatiota.
6. Tarjotaan käytännönkokemusta kemian ilmiöistä. (Schwartz 2006)

Lähestymistavan käyttö aloitettiin vuonna 1989. Siitä lähtien kirjoja ja muuta materiaalia on käyttänyt suuri määrä opiskelijoita ja opettajia, ja vuonna 2006 markkinaosuus oli 35 %. Se on myös vaikuttanut muihin Yhdysvaltojen kolmannen tason kursseihin (Pilot & Bulte 2006; Schwartz 2006).

Lähestymistavan ymmärtämiseksi on tarpeen tietää jotain Yhdysvaltain opetuksesta. Erikoistuminen tapahtuu Amerikan opetussysteemissä myöhemmin kuin Euroopassa ja muualla maailmassa. Moni toisen asteen tutkinnon suorittanut pääsee yliopistoon ilman ankaraa sitoutumista opintojen erikoistumisalaan. Pääasiassa kaikissa Amerikan collegeissa ja yliopistoissa kaksi ensimmäistä vuotta neljästä (tyypillisesti 18–20 vuoden iässä) sisältää laajan valikoiman oppiaineita. Myös opiskelijoita, jotka ovat varmoja urapäämäärästään, vaaditaan kirjoittautumaan luonnon-, humanististen, yhteiskuntatieteiden ja taiteiden kursseille. Nämä laajat peruskurssit suunnitellaan laajentamaan ja syventämään opiskelijoiden tietopohjaa. Tämän systeemin seurauksena kemian laitokset ottavat vastaan opiskelijoita, joilla on hyvin vähän tai ei ollenkaan kemian tai muiden luonnontieteellisten alojen urasuunnitelmia. He ovat voineet opiskella lukiossa kemiaa vuoden tai eivät ollenkaan. Näiltä opiskelijoilta puuttuu kiinnostus, päämäärä ja valmiudet, ja heidän luonteenpiirteensä ovat usein hyvin erilaisia verrattuna kemian pääaineopiskelijoihin. Koska on vaikea asiamukaisesti palvella molempia ryhmiä samalla kurssilla, muutamat oppilaitokset tarjoavat kemiankurssin, joka on pääasiallisesti tarkoitettu muille kuin pääaineopiskelijoille. Tyypillisesti nämä kurssit kestävät 14 viikkoa ja niissä on kolme viikkotuntia. Tuolloin ne sisältävät noin neljäsosan opiskelijoiden muodollisesta kursikuormasta. Osassa on mukana laboratoriotöitä, osassa ei. Tietyt näistä kursseista ovat innovatiivisia ja tehokkaita; kemiaa kontekstissa kehitettiin juuri tähän tarpeeseen. (Schwartz 2006)

Opetuskokemusten ja "Kemiaa yhteiskunnassa" -kurssin perusteella päätettiin, että päämäärät voitaisiin saavuttaa parhaiten valitsemalla integroivat teemat seuraavasti:

1. tieteen ja yhteiskunnan välinen vuorovaikutus,
2. kemian sanasto ja käsitteet,
3. tieteen luonne ja metodologia,
4. riskien ja etujen analysointi,
5. informaation arviointi,
6. asteikon tärkeys,
7. tiede ihmisen pyrkimyksenä ja
8. kemian asettaminen perspektiiviin. (Schwartz 2006)

Nämä teemat palvelivat virallisen opetussuunnitelman luomisen tarkistuslistana. Ne olivat mukana kurssin sisällöissä, vaikka ne eivät aina olleet selvästi tunnistettavissa. (Schwartz 2006)

Virallisen opetussuunnitelman suunnittelukriteerit ja pedagoginen filosofia kuvattiin lyhyesti seuraavasti:

1. Opetussuunnitelma keskittyy reaali maailman yhteiskunnallisiin ongelmiin ja kysymyksiin merkittävillä kemian sisällöillä.
2. Kemian ilmiöt, tosiasiat ja periaatteet tuotetaan tarpeellisenä informoimaan kontekstin luovien ydinkysymysten tutkimusta.
3. Opetussuunnitelma luo tärkeitä oppiaineidenvälisiä yhteyksiä, erityisesti yhteiskuntatieteisiin.
4. Niin kauan kuin mahdollista kemia opetetaan kemiana.
5. Opetussuunnitelma sisältää kemian ilmiöitä, metodologiaa ja teoriaa.
6. Se integroi laboratorio-, kirjasto- ja luokkatyötä.
7. Opiskelijakeskeinen lähestymistapa painottaa keskustelua ja ryhmätyötä. (Schwartz 2006)

Merkittävästi kiinnitettiin huomiota ongelmanratkaisuun ja kriittiseen ajatteluun (Schwartz 2006).

Arvioinnin osalta voidaan sanoa, että Kemiaa kontekstissa -kurssien opettajien tekemät kokeet sisälsivät laajan valikoiman osioita ja peilasivat monipuolisia tekstiin liittyviä aktiviteetteja ja harjoituksia. Testeissä voitiin kysyä vastausta kemiallisiin tosiasioihin, ratkaisua matemaattisperusteisiin ongelmiin, todisteiden arviointia ja syyseuraussuhteen määrittämistä, riskien tai etujen analyysia ja perustetta poliittisten kysymysten puolesta tai niitä vastaan. Esseekysymykset olivat usein kontekstilähtöisen kurssin opiskelijoiden saavutusten arvioinnin sopivin keino. (Schwartz 2006)

Erityisiä olivat kysymykset, jotka haastoivat opiskelijoita soveltamaan kemiallista tietoaan uusiin konteksteihin. Kontekstilähtöinen opetus sai oikeutettua kritiikkiä siinä, että opiskelijat eivät osanneet yleistää eivätkä siirtää oivalluksiinsa uusiin tilanteisiin. Yksi tapa testata tätä kykyä oli sisällyttää kokeeseen sanomalehtiartikkeli aiheesta, joka on täysin tai osaksi uusi opiskelijoille. Opiskelijoita pyydettiin analysoimaan kriittisesti artikkelia ja kommentoimaan tekstin täsmällisyyttä, johtopäätösten uskottavuutta ja artikkelin puutteita. (Schwartz 2006)

Yhdysvaltojen systeemiin sopi esimerkiksi ympäristökonteksti. Ympäristökemian siirtäminen sen ylätasolta tiettyjen opiskelijoiden valinnaiseksi kurssiksi riippui siitä, miten ympäristökysymykset liittyivät kemian johdantoaiheisiin. Opiskelijoiden tausta sisälsi enintään yhden lukion kemian kurssin. Taulukosta 3 nähdään, että ympäristökysymysten ja kemian teorian välinen yhteys on mahdollinen. Vasemman puoleisessa sarakkeessa luetellaan ympäristökemian tärkeät aiheet: polttoaineet ja energiankulutus, aineiden ominaisuudet vesi- ja ilmakehä. Oikean puoleisessa sarakkeessa puolestaan luetellaan collegen ensimmäisen vuoden kemian monia merkittäviä aiheita: aineen ja energian säilyminen, entropia, sidokset, rakenne, katalyyysi, pH ja muuta. Atomiorbitaalien rakennetta lukuun ottamatta jokainen kemian aihe voitiin esittää vastaavassa ympäristöaiheiden kohdassa. Oli myös mahdollista sitoa kemiallisen sitoutumisen monimutkaisuus polttoaineiden rakenteisiin ja ominaisuuksiin (Swan & Spiro 1995).

Taulukko 3 Luentoluonnos ja ensimmäisen lukukauden ympäristökemian kurssin aiheet muille kuin pääaineopiskelijoille: Otsonista öljypäästöihin (Swan & Spiro 1995)

Ympäristökysymykset	Johdantokemian aiheet
Energia ja yhteiskunta: entropia kriisi ja kierrätys	Aineiden ja energian säilyminen; tehokkuus; moolit
Vety ja polttokenno tulevaisuuden energiasysteemejä?	Elektronit ja atomit; alkuaineiden atomiorbitaalit; jaksollinen järjestelmä ja kemiallinen sitoutuminen
Kaasu ja öljy: kuinka kauan ne riittävät?	Molekyylien muodot; hiilivetyjen kemia; vahasta veteen
Hiilestä muoveihin	Orgaaniset molekyylit ja reaktiot
Uusiutuvat lähteet	Valo ja aine
Aurinkoenergia	Aurinkokennot ja puolijohteet
Aineet, kierrätys	Molekyylien väliset voimat; vetysidos
Ydinenergia, radioaktiivinen jäte, radon	Ydinfissio ja fuusio, isotoopit, radioaktiivisuus
Happosade, pohjavesi	Vesikemia, pH, hapot ja emäkset, neutralisointi, puskurointi
Veden laatu ja puhdistus	Metallit, ravinteet, veden kiertokulku, desinfiointi
Kasvihuoneilmiö	Valo ja lämpö
Otsonisuojaus	Otsonin kemia, katalyyttiset ketjureaktiot
Fotokemiallinen savusumu	Happi; vapaat radikaalireaktiot

3.2.4.3 Saksan kemiaa kontekstissa

Kemiaa kontekstissa -projekti (ChiK) käynnistettiin Saksassa käytyjen kriittisten keskustelujen jälkeen vuonna 1997 toisen asteen koulutuksen kansainvälisten TIMMS ja PISA vertailujen tulosten perusteella. Projektin ensi vaihe noudatti Saltersin kurssien ideoita ja kokemuksia. Päämääränä oli toteuttaa kontekstilähtöisen oppimisen ideoita Saksan liittovaltioiden hyvin erilaisiin koulusysteemeihin sovellettuna. Symbioottista kehittämistä ja toteutumista rakennettiin vahvassa ja yhtäjaksoisessa opettajien ja oppimisyhteisöjen tiedekouluttajien välisessä yhteistyössä, mikä oli tämän projektin tärkein strategia. (Pilot & Bulte 2006)

Kemiaa kontekstissa -lähestymistapa kuvaa, että kontekstit olivat lähestymistavan ja jokaisen opetussuunnitelmayksikön rakenteen lähtökohta. Kriteerit ylikuormituksen välttämiseksi tarjosivat kontekstien merkityksen, kuusi peruskäsitteiden ja neljä tieteellisen kelpoisuuden luokkaa. Lähestymistapa oli vielä vuonna 2006 kehitysprojekti, jonka tehtävänä oli esimerkkisyksiköiden rakenteen kehittäminen ja laajentaminen sekä toisen asteen koulutuksen opetus- ja oppimateriaalien valmistaminen. Lisäksi useita tutkimushankkeita oli vielä käynnissä tämän projektin sisällä. Nämä hankkeet lisäsivät tietoa kontekstilähtöisen opetuksen ja oppimisen suunnittelusta, vaikutuksista ja toteutuksesta. Saksassa val-

litsevan koulujärjestelmän tilan perusteella edellytettiin innovaatioita, jotka voitiin soveltaa 16 osavaltion koulujen eri vaatimuksiin, rakenteisiin ja olosuhteisiin (esim. koskien oppimääriä, toisen asteen kemian oppituntien määrää, taloudellista tukea ja opettajien täydennyskoulutusta). Koska joustava kurssirakenne johti osavaltioiden kouluissa ja luokissa erilaisiin ratkaisuihin, Kemiaa kontekstissa -tutkimusohjelma ei ole voinut selvittää, tuleeko opetus ja oppiminen olemaan parempaa vai ei seurattaessa uuden lähestymistavan reittejä. (Parchmann ym. 2006)

Projektin pääkysymykset tarkastelevat kehitys- ja toteutusprojektin eri aspekteja:

1. Päämääristä ja teorioista päästiin ideaaliseen viitekehykseen. Ensimmäisessä jaksossa opetuksen ja oppimisen päämäärät ja teoriat analysoitiin ja muokattiin käsitteelliseksi viitekehykseksi, jota käytettiin esimerkkiyksiköiden kehittämisen ohjeena. Tärkeä aspekti erityisesti Saksan koulujärjestelmän tarkastelulle oli suunnittelu- ja opetusyksiköiden vaatimus joustavasta rakenteesta. Näin ollen viitekehys voitiin myös hankkia uusille koulusysteemin ohjeille, kuten esim. kansallisille tiedeopetuksen standardeille.
2. Ideaalisesta viitekehyksestä päästiin ensimmäisten toimintayksiköiden viralliseen yksikköoppaaseen ja -suunnitelmaan. Käsitteellisen viitekehysten suunnitteluun osallistui projektiryhmän jäseniä ja muutamia kiinnostuneita opettajia. He testasivat ohjeita normaaleissa luokkatilanteissa. Tuloksia ja vaikutuksia analysoitiin sekä luokan kokemusten kuvauksia kirjattiin muistiin ja jaettiin muille projektiin liittyneille opettajille.
3. Ensimmäisistä kokeiluista päästiin hahmotettuun ja operationaaliseen viitekehykseen. Siis saatiin opetushallinnolta lupa toteuttaa projekti. Aluksi mukana oli 12 osavaltiota, joissa toteutukseen osallistui opettajia ja muita tiedeopetuksen ammattilaisia. Näiden oppimisyhteisöiden tukikeinoina käytettiin ideaalista viitekehystä samoin kuin testattuja esimerkkioppaita ja suurta määrää ylimääräistä materiaalia, kuten kontekstilähtöisiä esimerkkejä, opetus- ja oppimismenetelmien sekä arviointityökalujen monisteita.
4. Operationaalista yksiköistä päästiin kokeiluopetussuunnitelmaan. Oppimisympäristöjen organisoiminen Kemiaa kontekstissa -viitekehysten sisällä kosketti opiskelijoita enemmän kuin tavallisten aiheiden suunnittelun ja tutkimisen kehitysvaiheet. Todennäköisesti kokeiluopetussuunnitelma oli hyvin erilainen verrattuna siihen, mitä opiskelijat ja opettajat olivat kokeneet aikaisemmin: päämäärät eivät enää viitanneet kemian tietojen oppimiseen dominoivasti, vaan opiskelijat tarttuivat esim. tieteen, teknologian ja yhteiskunnan tietosovelluksiin, kysymyksiin ja tulosten esitykseen. (Parchmann ym. 2006)

Näitä edellä kuvattuja prosesseja käytettiin projektin toteutuksen pilottivaiheessa (2002–2005). Sen jälkeen alkoi jatkoprojekti ja pyrki siirtämään kontekstilähtöisiä opetus- ja oppimiskokemuksia vielä useampiin kouluihin ja useammille opettajille esimerkiksi täydennyskoulutuskurssien avulla. Lisäksi Saksaan laadittiin uudet tiedeopetuksen standardit. Sitä varten voitiin kuvata kaksi lisäprosessia tulevaisuutta varten:

1. Kokemusten hankinnasta siirryttiin viralliseen opetussuunnitelmaan. Projektin viitekehysten piti varmistaa esimerkkiyksiköiden suunnittelun avulla, että lähestymistapa sopi Saksan koulusysteemeihin. Tämän kehitystyön ja kokemusten perusteella oppimisyksiköt korjasivat nyt

kaikkien koulujen opetussuunnitelmia pyrkien jatkuvaan kehitykseen kemian opetuksen uusien standardien mukaisesti. Käyttäen kontekstilähtöisten yksiköiden tekemiä oppaita monet ryhmät olivat tulleet tulokseen, että heidän oma näkemyksensä oppimisprosessien aloitukseen ja diagnosiin käytettäviin tehtäviin toimi paremmin.

2. Toteuttamisprojektista siirryttiin levitysprojehtiin. Innovaation muuttamisessa koulun käytännön toiminnaksi täytyi häivyttää sen projektiluonne ja sen piti tulla osaksi normaalia koulusysteemiä. Tämän viimeisen askeleen tukemiseksi täytyi tehokkaita työkaluja ja rakenteita sävyttää ja laajentaa. Oppimisyhteisöjen kokemusten mukaisesti rakennettujen erilaisten työkalujen käyttöä analysoitiin ja niitä myös testattiin täydennyskoulutustilaisuuksissa osana jatkoprojektia. Lisäksi tutkimusprojektien mukanaolo selvitti koulujen yhteistyörakenteita, esim. yrittämällä tukea prosesseja täydennyskoulutuksella. (Gräsel ym. 2004; Parchmann ym. 2006)

Parchmannin työtoveriensa kanssa saamat ensimmäiset tutkimustulokset osoittivat, että opettajat olivat aloittaneet kurssien opetuksen seuraten ideaalisen Kemiaa kontekstissa -viitekehyksen luonnehdintaa. He olivat toteuttaneet kurssit heidän erityistarpeittensa ja olosuhteidensa mukaisesti. Koetun ja saavutetun opetussuunnitelman tutkimuksen tulokset näyttivät positiivisia vaikutuksia, mutta myös vastattavia haasteita. Yhtenä selityksenä havaittuihin ongelmiin saattoi olla Kemiaa kontekstissa -kokonaisuuden yhden tärkeän suunnitteluperiaatteen laiminlyönti. Vaikka kaikki ryhmät suunnittelivat kurssien kontekstilähtöisen opetuksen ja yhdistivät suuren valikoiman opetus- ja oppimismenetelmiä, tuskin yksikään ryhmä oli löytänyt silti hyvää tapaa yhdistää peruskäsitteitä, kuten tarpeellista tiedon siirron abstraktiota. Tässä oli yksi tärkeä parannuskohde projektin seuraavaan vaiheeseen. (Parchmann ym. 2006).

Kemiaa kontekstissa -viitekehyksen parantaminen ongelmia kestävämmäksi vaati enemmän ohjeita. Opettajat ja tutkijat olivat jo kehittäneet jälleen symbioottisella tavalla kahta hanketta, ja ne annettiin ryhmille kokeilun jälkeen. Toinen kuvasi vaiheita onnistuneen kontekstilähtöisen kurssin suunnittelua kohti, toinen yhdisti Kemiaa kontekstissa -ideat ja -periaatteet Saksan kemian opetuksen uusiin standardeihin. Jälkimmäinen ohje sisälsi lisäksi kurssien suunnittelun ja analyysin taulukon (esim. tarkisti asiantuntijoiden ja luokan opiskelijoiden näkökulmasta peruskäsitteiden ja vaatimusten tarve tietää -perustan). Opiskelijoiden oivallusten ja oppimistulosten arviointia tuli tukemaan kompetenssilähtöisten tehtävien systemaattinen suunnittelu. (Parchmann ym. 2006).

3.2.4.4 Käytännön kemiaa

Hollannin Käytännön kemiaa -projekti (CiP) keskittyi epäyhtenäisyyksien vähentämiseen toisen asteen tavallisen kemian opetuksessa. Vastausta etsittiin kysymykseen, miten opetussuunnitelman mukaiset tulokset kohtaavat opiskelijoiden päivittäisen sosiaalisen elämän tarpeet (Pilot & Bulte 2006). Bulte työtovereineen yhdisteli van den Akkerin (1998) näkemyksiä opetussuunnitelman kehittämisestä. Van den Akker luokitteli opetussuunnitelmat kuudeksi malliksi. 1) Ideaalinen opetussuunnitelma edustaa alkuperäistä visiota, perusfilosofiaa, perustelua tai perustana olevaa opetussuunnitelmamissiota. 2) Virallisessa opetussuunnitelmassa tätä vision tallennetta käsitellään yksityiskohtaisesti opetus-

suunnitelmadokumentissa. 3) Ymmärretty opetussuunnitelma antaa opetussuunnitelman kuvauksen siitä, kuinka sen ymmärtävät käyttäjät, erityisesti opettajat. 4) Operationaalinen opetussuunnitelma edustaa luokassa tapahtuvaa todellista opetusprosessia. 5) Kokemusperäinen opetussuunnitelma kuvaa opiskelijoiden todellisia oppimiskokemuksia, ja 6) saavutettu opetussuunnitelma edustaa opiskelijoiden lopullisia oppimistuloksia. Van den Akkerin perustelujen mukaisesti opetussuunnitelmien luokitusjärjestelmä on helpottava analyttinen työkalu, mutta siinä on epäyhentevyyttä uusien ihanteiden ja luokassa tapahtuvan, opiskelijoiden kokeman ja vastaanottaman oppimisen välillä. (van den Akker 1998; Bulte ym. 2006)

Pilot ja Bulte (2006) esittivät yhdessä osassa suunnittelututkimustaan tuloksia, jotka johtivat parempaan opetuksen viitekehysten ymmärtämiseen opetussuunnitelmayksiköissä, jotka käsittivät johdonmukaisen tarve tietää -periaatteen ja perustuivat autenttisiin käytäntöihin. Käyttäen tätä viitekehystä ja muutamia muita yksiköitten esimerkkejä osoitettiin, kuinka kontekstilähtöinen kemianopetussuunnitelma voidaan rakentaa tarve tietää -perustalle. (Pilot & Bulte 2006)

Samoin kuin kolmessa edellisessä Hollannin kontekstilähtöisessä opetussuunnitelmassa tavoitteena oli välttää ylikuormitusta. Käyttäen tarve tietää -periaatetta ratkaistiin, mitkä käsitteet, yhteydet ja toimintaohjeet piti liittää kussakin yksikössä tapahtuvaan aktiviteettien oppimiseen ja opettamiseen. Tyypillisesti näitä käytettiin täydellisen ohjelman suunnittelun lähtökohtana ja kriteerinä. Näin voitiin välttää opetussuunnitelman ylikuormitusta. (Pilot & Bulte 2006)

Opetussuunnitelman suunnitteluprosessi eteni monessa syklissä. Se alkoi niin, että ideaalisen (uuden) opetussuunnitelman vaatimus kohtasi sen, mitä todella tapahtui ajankohtaisessa operationaalisisessa opetussuunnitelmassa, opiskelijoiden ja opettajien kokemuksissa ja siinä, mitä saavutettiin. Tämä opetussuunnitelmaongelmien analyysi oli ensimmäinen vaihe ensimmäisessä syklissä. Analyysi näytti kuvaavan alkavaa ideaalisen, operationaalisen, kokemusperäisen ja saavutetun opetussuunnitelman välistä epäyhentevyyttä. Epäyhentevyys kertoi, että opiskelijoiden abstraktin ja etäisen koulukemian opetussuunnitelman ja toiveen välillä oli ristiriita. Kemian opetuksesta saataisiin relevanttia, merkityksellistä ja tarve tietää -periaatteeseen perustuvaa, kun toimittaisiin alkuperäisen motiivin mukaisesti kontekstilähtöisen opetussuunnitelman kehittämiseksi. Toisessa vaiheessa valittiin sopivat teoreettiset käsitteet ja ne yhdistettiin ideaalisen opetussuunnitelman muutokseen uudelleen suunnitellun esimerkkiopetussuunnitelman virallisen esityksen mukaisesti. Kolmannessa vaiheessa tämä esitys toimi välineenä, jonka avulla kehitettiin, tutkittiin ja levitettiin kontekstilähtöisen opetussuunnitelman tarve tietää -periaatetta. Suunnitteluprosessi tapahtui siten kolmannessa vaiheessa opetussuunnitelma-aineiston kuvauksella, perustana olevalla viitekehyksellä ja sen operationaaliseksi muokatulla tarve tietää -periaatteella. Neljättä vaihetta voitiin kuvata operationaalisen tarve tietää -periaatteen täsmällisenä osoituksena opetussuunnitelman sisällä. Mittarin kehittämistä arvioitiin tutkimalla, ovatko suunniteltu operationaalinen, kokemusperäinen ja saavutettu opetussuunnitelma yhteneviä. (Bulte ym. 2006)

Stolk työtöveineen tarkasteli Hollannin kontekstilähtöistä kemian opetus-suunnitelmaa vuonna 2009 toteamalla vuoden 2000 tilanteen. Monet asiantuntijat ehdottivat kemian sisältöjen sulauttamista kontekstiin, jonka opiskelijat tunnustaisivat. Tämä ehdotus oli Hollannin kemian opettajien, joiden uskomusten mukaan kemian yhteiskunnallisia аспекteja painottava opetussuunnitelma oli parempi (van Driel 2005). Ryhmä myös puolusti keksivää lähestymistapaa, joka koskee opettajia opetussuunnitelman suunnitteluprosessissa. Tämä tarkoitti opettajaverkkojen toteuttamista kontekstilähtöisten kokonaisuuksien suunnitteluun ja arviointiin. Kuten Saksan ChiK -projektissa (Parchmann ym. 2006), ryhmä ehdotti tällaisen innovaatiolähestymistavan käyttämistä uuden kontekstilähtöisen opetussuunnitelman suunnitteluun ja toteuttamiseen. Muutamia vuosia myöhemmin siitä tuli hallinnon asia. (Stolk ym. 2009)

Hollannissa päädyttiin makrotasolla kontekstilähtöiseen opetussuunnitelmaan, jonka ajateltiin osoittavan kemian opetuksen ongelmalliset piirteet. Sen toteutumisen täytyi erikoistua kontekstilähtöisten kokonaisuuksien suunnittelun yleiseen malliin (virallinen opetussuunnitelma makrotasolla). Mikrotasolla opettajien piti ymmärtää innovaation kontekstilähtöinen luonne. Lisäksi opettajien piti kehittää suunnittelutaitojaan osallistumalla uuden opetussuunnitelman kontekstilähtöiseen suunnitteluun. Tämä ammatillinen kehitys myös merkitsi, että opettajilla piti olla varmuus ottaa aktiivinen rooli innovaatioprosessissa. Nämä kolme aspektia olivat opettajien innovaatioprosessiin kelpuuttamisen ainesosat. Näiden ainesosien perusteella muotoiltiin seuraavan kehitysohjelman päämäärät:

1. Opettajat ymmärtävät kemian opetuksen kontekstien käytön. Opiskelijoiden käsitteiden oppiminen tehtiin sekä merkittäväksi että motivoivaksi käyttämällä tuttuja konteksteja niihin liittyvien käsitteiden oppimisen lähtökohtana.
2. Opettajat kykenevät soveltamaan kontekstin tietoja suunniteltaessa uusia kontekstilähtöisiä kokonaisuuksia.
3. Opettajat ovat varmoja roolistaan kontekstilähtöisten kokonaisuuksien suunnittelijoina (Stolk ym. 2009).

3.2.4.5 Teollisuuskemia

Israelin Teollisuuskemia -projektin (IC) päämäärä oli opettaa kemian käsitteitä teollisen kemian kontekstissa, jotta kemiankäsitteet olivat relevanttina aihepiirinä niin opiskelijoille henkilökohtaisesti kuin myös yhteiskunnalle, jossa he elävät. Oppimateriaalit kirjoitettiin tapaustutkimuksina, joista kukin tarjosi syvällisen keskittymisen tiettyyn teollisuuslaitokseen yhdessä teollisuustekniikoiden ja pedagogisten interventioiden kanssa. Tutkimus, kehitys ja opettajien ammatillinen kehittäminen käynnistettiin 1980-luvulla. Parikymmentä vuotta myöhemmin Internetin käyttö informaatiolähteenä ja kommunikaation työkaluna on laajentunut huomattavasti (Pilot & Bulte 2006).

Israelilaisessa koulujärjestelmässä seuraten yleistä kansainvälistä suuntausta monet opiskelijat pitivät kemian opintojaan puutteellisina ja epärelevantteina, ja siksi opiskelijoiden kirjoittautuminen kemianopintoihin joko lukiossa tai korkeammassa koulutuksessa väheni merkittävästi 1980-luvulle tultaessa. Lisäksi tavallinen yleisö ja media pyrkivät ylikorostamaan kemian negatiivista mielikuvaa ja vaarallisia näkökohtia. Tällainen tilanne vähätteli teollisuuskemian

positiivista vaikutusta yhteiskunnalle, vaikka kemianteollisuus tuotti käyttökelpoisia materiaaleja ja tehokkaita teknologioita palvelemaan yksilöitä yhtä hyvin kuin yhteiskuntaa. (Hofstein & Kesner 2006)

Kemian opettaminen, joka ei ottanut huomioon kemianteollisuuden näkökulmia, sivuutti yhden modernin elämän ja sen teknologian saavutusten tärkeimmistä piirteistä. Lisäksi kemian opinnoilla oli myös tärkeä merkitys koulutettaessa tulevia kansalaisia suoriutumaan objektiivisesti sosiaalisista ja eettisistä kysymyksistä yleensä. Erityisesti oli otettava huomioon ympäristövaikutukset. Siksi kemian opetussuunnitelman painotuksen piti muuttua oppiaineen rakenteeseen keskittyvästä lähestymistavasta moniulotteiseen lähestymistapaan. Opiskelijoille tuli tarjota sopivien työkalujen avulla keinoja, joilla he löytäisivät vastauksia ja saisivat näkemystä teollisiin kysymyksiin sekä pystyisivät arvioimaan objektiivisesti näihin kysymyksiin liittyvää informaatiota. Esimerkiksi esitettiin, että kemian opettamisen ja oppimisen tulevan kehityksen pitäisi sisältää seuraavat kuusi yhteen liittyvää ulottuvuutta:

1. Kemian käsitteellinen rakenne.
2. Kemian prosessi.
3. Kemian teknologiset ilmaisut.
4. Kemia henkilökohtaisesti relevanttina oppiaineena.
5. Kemian kulttuurilliset aspektit.
6. Kemian yhteiskunnalliset vaikutukset. (Hofstein & Kesner 2006)

1980-luvulla oli monia yrityksiä kehittää teollisen kemian opetusta esimerkiksi moduuleilla, jotka käsitettiin opiskelijoille relevanteiksi. Sellaisia lukioon kohdennettuja kehitysprojekteja voitiin löytää Britanniasta Campbellin (1994) työtovereineen raportoimana, Etelä-Afrikasta, Irlannista ja Israelista (Nae ym. 1980, 1982), jonka teollisen kemian opetussuunnitelmaa Kesnerin ym. artikkelissa tarkastellaan (Kesner ym. 1997).

Nae työtovereineen (1980) veti yhteen tavoitteita teollisuuskemian sisällyttämisestä säännöllisen lukion kemian kurssin toteuttamiseen seuraavasti:

1. Näytetään kemianteollisuuden tuotannon olevan kemian peruseräiteiden mukainen sovellus.
2. Osoitetaan kemianteollisuuden tärkeys yhteiskunnalle ja taloudelle.
3. Kehitetään teknologia-, talous- ja ympäristötekijöiden perustietoja, jotka koskevat tietyn kemianteollisuudenalan olemusta (Kesner ym. 1997).
4. Esitetään muutamia erityisongelmia, joita kohdataan paikallisessa kemianteollisuudessa. (Nae ym. 1980)

Teollistuneimmissa tai osittain teollistuneissa maissa oli tietenkin hyvin paljon kemianteollisuuden esimerkkejä, joita voitiin käyttää opiskelun kohteina. Kuitenkin kemian saaminen merkittäväksi toisen asteen koulutasolla vaati, että esimerkkitaipaukset täytyi valita niin, että ne täyttivät seuraavat kriteerit:

1. Opintojen pitää perustua selvästi määrättyihin prosesseihin, jotka liitetään kemian kurssin ytimeen.
2. Kuvatun teollisuusprosessin perusteknologia ei saa olla liian vaikeaa ymmärrettäväksi.

3. Taloudellisten ja sosiaalisten näkökulmien täytyy olla selkeitä ja helppoja selittää.
4. Tulee olla mahdollista sisällyttää mukaan keskusteluja aihepiireistä kuten raaka-aineista, työvoimasta, energiavaatimuksista, jätteen hävittämisestä jne. (Nae ym. 1980)

Kemianteollisuuden kehittämisen esimerkkitaustien opettamisprosessi edellytti seuraavia vaiheita Kesnerin ym. (1997) mukaan:

1. Valitaan laitos, joka on opintojen perustana.
2. Kerätään relevantit tiedot vieraillemalla laitoksessa ja eri asemilla olevien työntekijöiden luona haastatellen heitä. Tämä on tarpeen, koska ei ole mitään helposti käytettävää päivitettyä informaatiota, jota voidaan käyttää suoraan teollisuuslaitoksen opettamiseen.
3. Valitaan relevantit aihepiirit ja käsitteet.
4. Luodaan rakennesuunnitelma tai virtauskaavio priorisoiden pääaiheet samoin kuin käsitteiden ja jokaisen aiheen sisältöjen esittämisen yksityiskohdat.
5. Kehitetään oppiaines. (Kesner 1997)

Edelleen Kesnerin ym. mukaan teollisuuslaitoksen valintaan sovelletut esimerkkitaustien perusteena olleet oppimateriaalin kriteerit, olivat seuraavat:

1. Kemian teollisuudella on paikallisesti tärkeä asema, joka perustuu paikkakunnan raaka-aineisiin ja taloudellisiin resursseihin.
2. Opiskelijoiden pitää kyetä ymmärtämään perustana olevat kemian käsitteet ja tietyn teollisuudenalan prosessit.
3. Näiden käsitteiden pitää olla niin ymmärrettäviä kuin mahdollista suhteessa opiskelijoiden tietojen tasoon.
4. Eri alueiden teollisuuden alat pitää valita esimerkkitaustien perustaksi. Maantieteellisen harkinnan perusteella opettajat voivat valita esimerkkitaustat relevanteimmiksi opiskelijoilleen.
5. Teollisuuden alojen pitäisi olla vapaaehtoisia toimimaan yhdessä ja tarjoamaan apua kaikkeen kehitykseen kuin vain tietyn esimerkkitaustien toteuttamiseen (Kesner ym. 1997).

Useimmilla kemian opettajilla Israelissa (ja todennäköisesti myös muualla) oli pähkinä purtavana, jotta he saivat riittävästi harjoitusta opettaa sellaista kurssia, jonka toteuttaminen vaati oppiaineen runsaampaa ennakkokäsittelyä ja jonkinmoista opetusstrategioiden ohjausta. He tarvitsivat myös apua materiaalien ja koelaitteiden hankintaan ja erilaisten teollisuusvierailujen järjestämiseen, mikä oli oleellinen osa tällaista kurssia. Opettajille järjestettiin täydennyskoulutuskursseja, jotka sisälsivät yhden päivän tapahtuman koskien kemianteollisuutta yleensä, kahdeksan joidenkin merkittävien kemianteollisuuden alojen kemistien pitämää luentoa ja vierailuja joihinkin näistä teollisuuslaitoksista sekä neljän päivän erityiskurssin uuden yksikön (kurssin) opettajille. Koulutuksessa keskusteltiin esimerkkitaustasta syvällisesti, harjoitustöitä testattiin laboratoriossa, moninaisesta hallinnosta ja didaktisista ongelmista keskusteltiin. Tämän kurssin valmistamisen aikana luotiin yhteyksiä moniin paikallisiin teollisuuslaitoksiin, jotka auttoivat vierailujen järjestämisessä ja taloudellisen tuen hankinnassa. (Nae ym. 1980, 1982)

3.2.4.6 Luonnontiede-teknologia-yhteiskunta

Luonnontiede-teknologia-yhteiskunta on oppiaineiden välinen tutkimusalue, josta käytetään erilaisia kirjainlyhenteitä ja jolla operoidaan kokonaisia opetussuunnitelmia, kuten Yhdysvaltain ja Kanadan Science-Technology-Society (STS) sekä Britannian Science and Technology in Society (SATIS). Se yrittää selvittää ja ymmärtää monia tapoja, joilla toisaalta moderni luonnontiede ja teknologia muotoilevat kulttuuria, arvoja ja instituutioita, ja toisaalta, kuinka modernit arvot muotoilevat luonnontiedettä ja teknologiaa. Ziman (1980) tunnisti teoksessaan "Teaching and Learning about Science and Society" STS:n opetussuunnitelman lähestymistapana, joka suunniteltiin tarjoamaan perinteisiä käsitteitä ja prosesseja. Tällaisen opiskelun huomattiin olevan sopivampaa ja relevantimpaa tyypillisissä opiskelijoiden elämään vaikuttavissa luonnontiede- ja sosiaaliopintojen ohjelmissa. (Mansour 2009) Yagerin (1990) mukaan STS voitiin määrittellä integroituna luonnontieteiden opetuksen lähestymistapana (Yager 1990). Wraga ja Hlebowitsh (1991) puolestaan määrittelivät STS:n ajankohtaisena opetussuunnitelmana, joka osoittaa laajan joukon ympäristö-, teollisuus-, teknologia-, yhteiskunta- ja politiikkaongelmia. Tämä luonnontiedeopetuksen tuotemerkki tähtäsi pääasiassa kansalaisten valmistamiseen demokraattisessa yhteiskunnassa tapahtuvaa elämää varten. (Wraga & Hlebowitsh 1991) Tällä tavoin STS:n puolustajat ovat osoittaneet arvostusta monille toteutetuille opetussuunnitelman periaatteille.

Heathin (1992) mukaan STS-ohjelmaan voitiin viitata opetuksen lähestymistapana, joka liittyy sopiviin STS-tietoihin, -taitoihin ja -arvoihin. Hänen mukaansa ensimmäinen askel kehitettäessä STS-opetussuunnitelmaa oli STS:n määrittäminen ja odotettavien opiskelijan oppimistulosten tunnistaminen. Toiminnallisesti STS-opetuksessa 1) fokusoitiin kysymyksiä, jotka ovat opiskelijan kiinnostuksen ja sisältöalueiden puolesta ajankohtaisia ja relevantteja, 2) sitoutettiin opiskelijoita ratkaisun tekemisen taitojen ja asenteiden kehittämiseen ja rohkaittiin heitä tekemään tietoisia arviointeja luonnontieteen ja teknologian kysymyksistä, 3) integroitiin monien opetussuunnitelman alueiden opetusta ja oppimista sekä 4) edistettiin luonnontieteellistä, teknologista ja sosiaalista lukutaitoa (Heath 1992).

Heath jatkoi tavasta, jolla vastattiin kysymyksiin: Pitäisikö STS:n olla erottettu kurssi vai pitäisikö se niveltää olemassa oleviin luonnontieteiden, sosiaalialan vai teollisen teknologian opintoihin? Pitäisikö sen alkaa lukiossa vai jo aikaisemmin? Pitäisikö kaikkien opiskelijoiden opiskella STS -sisältöjä vai pitäisikö se rajoittaa erityiselle koulupopulaatiolle? Tällaisiin kysymyksiin vastaaminen ei koskenut vain STS-opetuksen määritelmää, vaan myös muodosti opetussuunnitelman päämäärän, tavoitteet ja tavan, jolla opetetaan. Tehokkaan ja vastuullisen opetussuunnitelman ja opetuksen kehittäminen vaati koulun johtohenkilöitä ja opettajia tekemään yhteistyötä. Uusien STS:n sisältöjen nivomisen opetussuunnitelmaan täytyi olla johdonmukaista hallinnon tasolla tehtävien poliittisten ratkaisujen kanssa. (Heath 1992).

Yager (1990) pohti vielä perinteistä luonnontieteidenopetusta verrattuna STS-opetukseen. Siinä melkein kaikki huomio suunnattiin informaation tutkimiseen. Oli yleistä koulujen opetussuunnitelmien ja opettajien kannalta, että omakuttiin tarkasteltavien luonnontiedeprojektien tärkeys. Silti oli vain vähän todisteita, että perinteiset opetusmenetelmät todella auttoivat oppilaita kehittämään sellaisia taitoja, ja että he osaisivat käyttää tätä opiskeltua tietoa luokan ulkopuolella. Positiivinen asenne ja tietyt luovuuden aspektit olivat tarpeellisia ominaisuuksia STS-opiskeluun osallistuville opiskelijoille. Tällöin kaikki opiskelijat kykenivät säilyttämään tiedon (käyttökelpoisen informaation) ja luonnontieteiden taidot ja prosessit käyttökelpoisina luokan ulkopuolella. Positiivista asennetta ja henkilökohtaista luovuutta rohkaistiin ja pyrittiin käyttämään vaikuttavien sosiaalisten ja teknologisten kysymysten käsittelyssä. Vastakohtana traditionaaliset luonnontieteiden kurssit vähättelivät teknologiaa irrelevanttina, mikä johtui siitä, että teknologian osuus laiminlyötiin määrätietoisesti 1960-luvulla kehitetyissä puhtaiden luonnontieteiden ohjelmissa. (Yager 1990)

STS-solun integroiminen olemassa olevaan kurssiin oli usein ongelmallista, kun opettajat alkoivat hahmotella olemassa olevaan kurssiin esitystä suosikkiaiheesta tai luonnontieteen käsitettä tai informaatiota, jonka he odottivat jakavansa opiskelijoiden kanssa. Havaittiin, että katsottaessa STS-ohjelmaa samoina luonnontieteiden käsitteinä, kuin teksteissä, joihin lisättiin teknologiset ja sosiaaliset ulottuvuudet tässä järjestyksessä, kokemus ei ollutkaan kovin menestyksellinen. (Yager 1990)

STS-reformi tarjosi opetuksen fokuksen. STS:n puolustajat perustelivat, että se, minkä opettaja tekee ja miten sen opettaa, on tärkeämpää viritettäessä opiskelijan oppimista kuin opetussuunnitelman viitekehys. Sellainen ajattelu oli sopusoinnussa konstruktivistisen oppimismallin kanssa. Tämä osoitti, että todelliset oppimistulokset, kun yksilöt rakentavat tavoitteiden ja tapahtumien merkityksen, kohtaavat itsestään. Toisaalta tyypillisessä luonnontieteiden opetuksessa oletetaan, että opettaja (ja/tai oppikirja ja kurssi) voi löytää luonnontieteet (ja teknologian) ja siirtää sen opiskelijalle. Näin ei tapahtunut STS-luokissa. (Yager 1992)

Perusta STS-ponnisteluihin oli, että asioihin perehtynyt ihmisryhmä (citizenry) kehittyi kykeneväksi tekemään välttämättömiä ratkaisuja ajankohtaisista ongelmista ja kysymyksistä sekä toimimaan näiden ratkaisujen mukaisesti. STS merkitsi fokuusoitumista ajankohtaisiin kysymyksiin ja niiden ratkaisuyrityksiin opiskelijoiden valmentamisen parhaina tapoina tulevaa kansalaisen roolia varten. Tämä tarkoitti paikallisten, alueellisten, kansallisten ja kansainvälisten ongelmien tunnistamista opiskelijajoukossa, yksilöllisessä suunnitelmassa ja ryhmäaktiiviteeteissa. Nämä osoittivat tien suunniteltuihin toimintoihin tutkittavien kysymysten ratkaisemiseksi. STS näytti tieteellisen ja teknologisen lukutaidon saavuttamisen suunnan. Painotettiin opiskelijan reaali maailman kysymysten vastuullista ratkaisemista, jossa luonnontieteet ja teknologia olivat komponentteina. Opetussuunnitelma- ja opetusprosesseissa etsittiin tyypillisesti vastauksia esimerkiksi seuraaviin kysymyksiin: Onko se ongelma vai kysymys? Kuinka siitä

tulee ongelma tai kysymys? Mitkä ovat vaihtoehtoiset lähestymistavat sen ratkaisemiseksi? Mitkä ovat vaihtoehtojen soveltamisen potentiaaliset vaikutukset yksilöiden ja/ tai yhteiskunnan tasolla? (Yager 1992)

Mansour lisäsi vielä STS-määrittelijöiden joukkoon Hofsteinin, Aikenheadin ja Riquartsin, joiden määritelmän mukaan STS oli luonnontiedesisällön opettamista teknologisen ja sosiaalisen miljöön autenttisessa kontekstissa, kun puolestaan National Science Teachers Association (NTSA) näki STS:n luonnontieteen opetuksena ja oppimisena inhimillisten kokemusten kontekstissa. Se myös tarkoitti määritys- ja kokemustapoja, joiden avulla perusluonnontieteiden ja teknologian käsitteet oli käsiteltävä yhteiskunnassa. Toisin sanoen se tarkoitti opiskelijoiden perspektiiviin sisältyvien reaali maailman ongelmien käsittelyn käynnistämistä sen sijaan, että käytettäisiin peruskäsitteitä ja -prosesseja. Edelleen Yageria (1996) lainaten STS merkitsi ”opiskelijoista huolehtimista omassa ympäristöissään ja omassa viitekehyksissään” (Yager 1996). Siksi se merkitsi projektin käynnistämistä opiskelijoiden kanssa ja heidän kysymyksillään käyttäen kaikkia olemassa olevia resursseja, jotta päästäisiin ongelmanratkaisuun ja edettäisiin ottamalla käyttöön tarpeelliset toimet yksilöllisesti ja ryhmissä todellisten kysymysten ratkaisemiseksi. (Mansour 2009)

Solbes ja Vilches tutkivat STS-vuorovaikutusta kemian ja fysiikan opetuksessa liittämällä sen luonnontieteiden opetus/oppimismallin tutkimukseen. Kun tällaisia vuorovaikutuksia ei ollut käytössä, voitiin havaita, että opiskelijoilla oli luonnontieteellinen visio. Se siirrettiin maailmasta, jossa he elivät ja jossa heille oli vieras keskinäinen luonnontieteiden, teknologian ja luonnollisen sosiaalisen ympäristön välinen suhde. Myöskään monissa oppikirjoissa STS-vuorovaikutuksia ei saatu esiin. Opettajien enemmistö ei pitänyt vuorovaikutteisia STS-aspekteja tarpeellisena eikä suunnitellut näiden näkökulmien mukaista opetusta. Tämän kaiken takia opiskelijoiden kiinnostus kemiaa ja fysiikkaa kohtaan hävisi, ja ne torjuttiin oppiaineina. (Solbes & Vilches 1997)

Lisäksi työssä kartoitettiin lukioikäisiä ja saadut tulokset analysoitiin. Nämä tulokset vahvistivat, että käytettäessä luokassa STS-vuorovaikutuksellisia työtapoja toteutettiin luonnontiedettä opiskelijoiden ympäristössä elävänä, täydellisempänä ja integroidumpana. Opiskelijat kehittyivät jatkuvasti, ymmärsivät luonnontieteitä paremmin ja saivat niistä reaalisemman kuvan, joka salli heidän ymmärtää paremmin tutkijoiden roolia ja heidän työskentelytapansa. Kaikki nuo yleistivät positiivisia asenteita kemian ja fysiikan opiskelua kohtaan ja kasvattivat opiskelijoiden kiinnostusta opiskeluun. Tutkimuksen tuloksista ilmeni myös, että oli mahdollista muuttaa kemian ja fysiikan oppimista toisenlaiseksi STS-aktiviteetteja lisäämällä. Tällöin opiskelijat voivat rakentaa itse tieteellistä tietoa. Opiskelijat myös yhdistelivät oleellisia аспекteja, jotka vaikuttivat tieteelliseen aktiivisuuteen ja myötävaikuttivat omien tietojensa syventymiseen ja lujittamiseen. (Solbes & Vilches 1997)

Bennett työtovereineen (2006) tarkasteli luonnontiede-teknologia-yhteiskunta -lähestymistapaa esimerkkinä kontekstilähtöisestä opiskelusta. Heidän mukaansa systemaattisilla tarkistusmenetelmillä oli merkittävät mahdollisuudet

niin sanotun yhdistävän tutkimuksen työkaluna. Sellaisena systemaattiset tarkastelut tulivat paljon läheisemmin liitetyiksi kokeellisen hankkeen yhteyteen. Erityisen mielenkiintoista oli intervention kehittäjien osallistumistapa vaikutusten arviointiin, joka kuvasi kysymyksen tulosten validiteettia. Näin ollen heidän mukaansa tutkimustulokset näyttivät olevan riittävän hyvälaatuisia sisällytettäväksi arviointiin. Lisäksi he olivat edenneet riittävästi varmistaakseen, että sekä käytetyt mittarit että käytetyt analyysitekniikat olivat luotettavia ja valideja. Myös tutkijasta aiheutuva harha oli pyritty eliminoimaan. Huolimatta vastalauseista tekijät uskoivat, että artikkelissa esitetyt todisteet tarjosivat luotettavan validin varmistuksen tukemaan kontekstien käyttöä luonnontieteiden opetuksen lähtökohtana. Näin ollen STS-vuorovaikutuksilla kehitettiin luonnontieteiden ymmärtämistä ja saatiin myös merkittäviä parannuksia luonnontieteitä kohtaan tunnetuissa asenteissa. (Bennett ym. 2006)

Eilks työtovereineen on liittännyt kontekstilähtöisen luonnontiedeopetuksen perinpohjaisemman lähestymistavan sosio-luonnontieteellisen kysymyslähtöisen (SSI) luonnontieteiden opetuksen termin alle. Tämä kemian opetussuunnitelmanäkemyksessä suunnattiin vahvasti kemia-teknologia-yhteiskunta opetussuunnitelmapainotuksia (CTS) kohti. Sosio-luonnontieteellisten kysymysten tarkastelut opetuksessa fokusoivat luonnontiedeopetuksen mahdollisten kontekstien erityisyyttä, nimenomaan sosiaalisia kysymyksiä ja huolenaiheita kohti. Ajatus, että edistetään enemmän STS-lähestymistapaan liittyvää opetusta, alkoi 1980-luvulla, kuten edellä on esitetty. SSI-suunnattu luonnontieteidenopetus oli enemmän kuin ainoastaan erityinen muoto kontekstilähtöisiä kemian opetussuunnitelmia. Se oli perinpohjaisempaa STS-opetusajattelua, jonka taustalla oli STS-konteksteja edistämässä luonnontieteiden- tai kemian opetusta. Lisäksi se oli askel sosio-luonnontieteellisten kysymysten perinpohjaiseen orientaatioon osallistuvan oppimisen yleisten kasvatuksellisten taitojen parempaa edistämistä kohti. Osallistuva oppiminen tarkoittaa opiskelijoiden valmentamista demokraattisen yhteiskunnan toimintaan. (Eilks ym. 2013)

Sadlerin mukaan hedelmällisimmät tällaiset osallistumiselle avoimen kemian opettamisen interventiot olisivat sellaisia, jotka kannustaisivat henkilökohtaisiin yhteyksiin opiskelijoiden ja pohdittavien kysymysten välillä. Ne osoittaisivat selvästi väitteiden perustelemisen arvon ja paljastaisivat ristiriitaisiin mielipiteisiin asennoitumisen tärkeyden. Jos opettajat odottavat opiskelijoidensa sitoutuvan sivistyneeseen argumentointiin, opiskelijat tarvitsevat mahdollisuuksia harjoitella väitteiden perustelua, asennoitumista vastakkaisiin tilanteisiin ja argumentoinnin analysointia, jotta heidän tietoisuutensa kasvaa hyvin perusteltuihin argumentteihin nähden. (Sadler 2004) Lyonissa 2011 pidetyn ESERA-konferenssin julkaisussa "Book of selected presentations" (2012) Eilks, Nielsen ja Hofstein pohtivat keskinäisten kysymysten valitsemista osallistuvan oppimisen mahdollisuuksiin. He esittivät autenttisuutta, relevanssia, päättämättä olemista yhteiskunnallisissa arvostusasioissa, potentiaalia avoimeen keskusteluun sekä luonnontieteiden kysymysten ja teknologian yhdistämistä. Tämä on esitetty taulukossa 4. (Eilks ym. 2013).

Taulukko 4 Tehokkaimmat valintakriteerit kemian oppimisen ja potentiaalisten to-
disteiden sosio-luonnontieteellisiin kysymyksiin Eilksin, Nielsenin ja
Hofsteinin (2012) mukaan

Autenttisuus	Ongelma on autenttinen, koska siitä keskustellaan – tosiasiasa – yhteiskunnassa.	Tutkitaan, keskustelaanko ongelmasta tosiasiallisesti joka-päiväisen elämän mediassa (lehdet, TV, Internet...).
Relevanssi	Kysymys on relevantti, koska kysymystä koskevilla yhteiskunnallisilla ratkaisuilla on suora vaikutus opiskelijoiden elämään nyt tai tulevaisuudessa.	Skenaariot hahmotellaan ja harkitaan vaikutuksen suhteen, joka erityisellä yhteiskunnallisella ratkaisulla on, kuinka yksilö voisi potentiaalisesti toimia esimerkiksi kulluttajana.
Arviointia ei määritellä sosio-luonnontieteellisessä arvostuksessa	Yhteiskunnallinen arviointi on päättämättä. Se varautuu erilaisiin näkökulmiin.	Julkista debattia analysoidaan, onko - todella - erilaisia, kiisteltäviä näkökulmia, joita hahmotellaan.
Avoimen keskustelun salliminen	Ongelmista voidaan avoimesti keskustella.	Ajatuskokeista huolehditaan, tarkastellaan, vahingoittaako erilaisten näkökulmien esittäminen henkilöiden ja ryhmien tunnelmaa heidän sosioekonomisen taustansa tai uskonnollisten ja eettisten huolenaiheidensa takia.
Luonnontieteellisten ja teknologisten kysymysten salliminen	Ongelma keskittyy tieteellisten ja teknologisten kysymysten ympärille, joille luonnontieteen ja teknologian ymmärtäminen on keskeistä.	Mediakeskustelu analysoidaan, jotta selvitetään, sivutaanko ja käytetäänkö luonnontieteen ja teknologian peruskäsitteitä suoraan vai epäsuoraan perusteluun.

3.2.4.7 Kestävän kehityksen kasvatus

Kestävän kehityksen kasvatus (Education for Sustainable Development, lyhyesti ESD) liittyy nykyaikaiseen kemian opetussuunnitelmaan. Kuten ihmisoi-
keuksia, myös kestävä kehitys voidaan pitää ihmiselämän ja yhteiskunnan
säätelyn perustana. Näiden ei tarvitse osoittaa kohteen muodostamista, vaan ne
ovat reflektoinnin heuristisina rakenteina. Ne antavat suunnan tutkia ja oppia
prosesseja. Kestävyyden suhteen tämä tarkoittaa, että olosuhteiden, pulmien ja
kohteiden konfliktin, joka on luontainen tässä visiossa, pitää olla johdonmukai-
sesti uudelleen neuvoteltu osanottajien välisessä kaikkiin konkreettisiin tilantee-
siin liittyvässä keskusteluprosessissa (Eilks ym. 2013).

Rakennetun perustan avulla, joka pohjautuu ”Allgemeinbildungin” (ylei-
nen kasvatus) tradition mukaiseen opetuksen ymmärtämiseen, yhteys kestävä
kehityksen ja opetuksen välillä voidaan kuvata seuraavasti: Kestävä kehitys on
opetuksen yleisen mandaatin olennainen piirre, tavoite, jonka pitää kelpuuttaa
menestyvä yleistäminen inhimillistämään ihmiselämän olosuhteet. Opetuksen

perustana oleva käsitys painottaa ihmisenä olemista, joka toimii maailman, ihmistoverien ja itsensä kanssa, sekä itsensä kehittämistä ja itsemääräämistä. Täten opetus viittaa kykyyn myötävaikuttaa refleктоivaan ja vastuulliseen tapaan kestävän tulevaisuuden yhteiskunnan kehittämiseksi. Siksi oppimisen pitäisi valmentaa opiskelijoita toimintaan, joka varmistaa kestävän tulevaisuuden (Burmeister, Rauch & Eilks 2012). Tämä sisältää havainnon, analyysin ja konkreettisen tilanteen arvioinnin luovina ja yhteistoiminnallisina prosesseina. Franz Rauchin (2004) teoksessa "Key issues in sustainable development and learning: A critical review" esitettiin, että oppimistavoitteet fokuoituivat tuloksiin. Ei siis voitu toimia sokeasti ja hyväksyä kriittittömästi toimintaohjeita, vaan niitä täytyi kyetä refleктоimaan. (Eilks ym. 2013)

Burmeisterin ym. (2012) mukaan kestävän kehityksen kasvatuksen fokus on samanlainen kuin saksalaisen Allgemeinbildungin filosofia, joka edustaa 200 vuotta vanhaa Manner-Euroopasta polveutuvaa perinnettä. Se määrittää joidenkin opetusponnistelujen keskeisen tavoitteen ja kuvaa joidenkin virallisten opetusponnistelujen ohimenevät päämäärät opiskelijoiden auttamisessa. Näiden mukaan opiskelijan tavoite on 1) kehittää kykyjä omien kiinnostuksen kohteiden tunnistamiseen ja niiden ilmaisemiseen yhteiskunnallisessa laajuudessa ja 2) osallistua demokraattisen yhteiskunnan sisällä olemiseen vastuullisena kansalaisena tänään ja tulevaisuudessa. Burmeister ym. lainaavat Klafkin kuvaamia kykyjä käyttäen kolmea dimensiota, jotka oli määritetty kapasiteetin kehittymisenä itsemääräämiseen, osallistumiseen ja solidaarisuuden ilmaisemiseen toisilleen yhteiskunnassa. (vrt. luku 3.1.2.1; Klafki 2000) Siksi jollakin aiheella tai kysymyksellä, jonka uskottiin olevan riittävän relevantti opetettavaksi pakollisena virallisessa opetuksessa, pitäisi olla relevanssia tai persoonallista merkitystä opiskelijalle sekä nyt että tulevaisuudessa. Myös opiskelijan itsemääräämisoikeudelle, yhteiskuntaan osallistumiselle ja solidaarisuuden kapasiteetin nousulle tulisi osoittaa mahdollisuuksia. Allgemeinbildung myös haastaa luonnontieteiden opetuksen myötävaikutuksella opiskelijoiden kyvyn elää vastuullisesti maailmassa, josta tulee entistä monimutkaisempi ja johon vaikuttaa yhä enemmän sekä luonnontieteellinen kehitys (sisältäen kemian alan) että teknologia (Hofstein ym. 2011). Luonnontieteiden opetuksen sisältöihin ei kuitenkaan kaivattu muu-
tosta. (Burmeister ym. 2012)

Rauch (2002) käsitteli kestävän kehityksen kasvatuksen monitieteistä luonnetta. Koska sillä oli tieteidenvälinen luonne ja nykyinen ja tuleva relevanssi, hänen mukaansa se tarjoaa ekologisen, ekonominen ja sosiaalisen kestävän kehityksen ongelmien tutkimisen koulujen innovaatioiden lähtökohdaksi. Koska kestävän kehityksen ongelmien tutkimus on kestävydestä ja epävarmuuksista johutuva hyvin monimutkainen haaste, on äärimmäisen tärkeää, ettei langeta yksinkertaistettuihin dogmeihin. (Rauch 2002)

Kestävyysväittelyn nykyinen ja tuleva relevanssi kaikkien sen luontaisten pulmien, epävarmuuksien ja hämminkien kanssa voi muodostaa opetuksessa hedeelmällisen, innovaatioita kehittävän edistävän perustan, joka kohtaa nykyiset sosiaaliset haasteet ja selviytynee niistä aktiivisella ja rakentavalla tavalla. Vaikka

kestävyyssymptomeja käytettäisiinkin keinona innovaatioihin, niistä olisi mahdollista käynnistää myös konkreettisia sosiaalisia kehitysprosesseja. (Rauch 2002)

Kaikki kouluaineet halutaan myötävaikuttamaan kestävä kehityksen kasvatukseen – myös kemia (Burmeister ym. 2012). Kuitenkaan kestävä kehityksen kasvatuksen tavoitteiden ja kemian opetussuunnitelman (syllabus) liittäminen yhteen ei ole kovin helppoa. Eilksin ym. (2013) mukaan näyttää kuitenkin olevan mahdollista sisällyttää kestävä kehitys säännöllisiin kemian opetussuunnitelmiin. Burmeister ja Eilks (2012) kuvaavat yhteiskunnallisesta näkökulmasta, kuinka toteutetaan kestävä kehityksen kasvatuksen tyyppisen opetuksen kemian opetussuunnitelmia. (Eilks ym. 2013)

Kemian opetussuunnitelman sisällä olevassa oppituntien jaksosuunnitelmassa käytetään hyvänä esimerkkinä nykyisessä yhteiskunnassamme tapahtuvaan laajaan muovien käyttöön liittyvää debattia. Käytön hyöty tulee pääasiassa muovien halvasta ja käytännöllisestä hyödyntämisestä. Tämä kohdataan ja tätä selvitetään ympäristön muovijätteen kasvavien määrien ja länsimaista köyhempiin maihin vietyjen jätteiden sosiaalisten ongelmien aiheuttamassa kontekstissa. Tarkasteltaessa muovien käytön moniulotteisia vaikutuksia arviointi on monimutkaista. Tavallisten muovien eri laatuja käyttäen tai vaihtoehtojen etsimistä, kuten biomuoveja tärkkelyksestä, täytyy arvioida monin keinoin, ei vain katsoamalla synteetien ja ominaisuuksien käytännöllisiä ulottuvuuksia. (Eilks ym. 2013)

Esimerkkisuunnitelmassa on oleellista polymeerien tuotannon, niiden ominaisuuksien tutkimuksen tai biomuovien synteetien kemia suhteessa opiskelijoiden elämään. Oppituntien jaksosuunnitelma toimii erityis menetelmänä annettaessa opiskelijoille oppia siitä, että arviointiin kestävyys suhteen olisi löydettävä eri ulottuvuuksien välinen tasapaino ja tulisi käyttää sitä hyväksi. Tämä tarkoittaa käytön arvoa ja käytännöllisyyttä, mutta myös tuotannon, käytön ja erottamisen ekologisia, ekonomisia ja sosiaalisia vaikutuksia. Tässä tapauksessa opiskelijat matkivat kuluttajien testaustoimiston työtä. Opiskelijoiden tulee selvittää eri ulottuvuuksia ja näkökulmia ja keskustella kaikesta, mikä vaikuttaa kokonaisarvioon. Opiskelijoiden on ratkaistava, kuinka suuri prosenttiosuus on kunkin ulottuvuuden painottamisen suhteen, ja mitä niiden kokonaisvaikutuksen arvion pitäisi olla. Nuo ulottuvuudet ovat usein ristiriidassa keskenään. Painotusmuutos voisi vaikuttaa tulokseen myös enemmän kuin yhden ulottuvuuden erilainen arvo. (Eilks ym. 2013)

3.2.4.8 Yhdysvaltojen uudet opetuksen standardit

Vuoden 2013 huhtikuussa saatiin valmiiksi Yhdysvaltojen seuraavan sukupolven luonnontieteiden opetuksen standardit (the Next Generation Science Standards, lyhyesti NGSS). Ne laadittiin melkein 20 vuotta vanhojen standardien perustalle, jotka Yhdysvaltojen tiedeyhteisö (AAAS) oli laatinut luonnontieteellisen lukutaidon ja kansallisen luonnontieteiden opetuksen kriteereiksi (van den Akker 1998). Uusissa standardeissa tarjotaan ohjeita, mitä opiskelijoiden pitäisi tietää ja kyetä tekemään luonnontieteellisen tiedon avulla. Ne suunniteltiin tuomaan uusinta tutkimustietoa opiskelijoiden luonnontieteiden oppimisesta, syvällistä ymmärrystä, opetussuunnitelman muotoilusta ja -synnystä sekä tarjoa-

maan standardien rakenteen, joka painottaa keskeisempien ydinkäsitteiden syvällisempää ymmärtämistä. Maailmassa, missä kaikki on ainoastaan klikkauksen päässä, on tiedon konteksti ja kyky käyttää sitä yhä tärkeämpää. (Cooper 2013)

Kysymykseen, miksi tarvitaan uudet standardit, vastauksena on neljä seuraavaa perustelua:

1. On melkein 20 vuotta, kun kehitettiin edelliset kansalliset opetuksen standardit. Siitä lähtien on tapahtunut paljon edistystä luonnontieteiden ja niiden opetuksen alueella samoin kuin innovaatio-ohjatussa taloudessa.
2. Yhdysvalloissa on ”vuotava 12-vuotinen luonnontieteiden, teknologian, tekniikan ja matematiikan lahjakkuuksien putkisto”, josta liian harvat opiskelijat valitsevat näitä aineita pääaineekseen ja urakseen joka tasolla, joten tarvitaan uudet luonnontieteiden standardit, jotka herättävät ja rakentavat näiden aineiden kiinnostusta.
3. Ei voida menestyksellisesti valmistaa opiskelijoita collegeen, ammatteihin ja kansalaisuuteen, jollei aseteta oikeita ennakko-odotuksia ja päämääriä. Vaikka standardit eivät yksin ole mikään ihmelääke, ne tarjoavat välttämättömän perustan opetussuunnitelman, opetuksen ja arvioinnin paikallisiin ratkaisuihin.
4. Parannettujen 12-vuotisen koulun luonnontieteiden standardien toteuttaminen valmistaa paremmin ylioppilastutkintoon sekä collegen ja ammattien vaatimuksiin. Lisäksi työnantajat haluavat ottaa palvelukseen työntekijöitä, joilla on vahvat luonnontiedelähtöiset taidot – sisältäen erityiset sisältöalueet, mutta myös sellaisia taitoja kuin kriittinen ajattelu ja tutkimuslähtöinen ongelmanratkaisu (Achieve 2013).

Lukiossakaan NGSS ei noudata oppiainejakoista opetussuunnitelmaa, vaan lukion opetussuunnitelmassa on neljä pääteemaa: 1) fysikaaliset tieteet, 2) biotieteet, 3) maantiede ja avaruustiede sekä 4) tekninen muotoilu. Fysikaalisissa tieteissä opiskelijat syventävät neljän alemmilla tasoilla aloitetun ydinidean ymmärtämistä. Nämä ideat sisältävät kemian ja fysiikan useimmat peruskäsitteet, mutta tilaa jätetään myös lukion ylempien tasojen kursseilla tapahtuvalle laajemmalle opiskelulle. Lukion biotieteissä puolestaan kehitetään opiskelijoiden avainkäsitteitä, jotka auttavat heitä löytämään elämään liittyvien luonnontieteiden merkityksen. Niiden opiskelussa lukion opiskelijat rakentavat oppiaineen ydinideoiden, luonnontieteiden ja tekniikan käytäntöjen, ja alemmilla asteilla esiintyneiden moninaisten käsitteiden luonnontieteellistä ymmärtämistä. Vastaavasti maan- ja avaruustieteessä lukiossa pyritään kehittämään opiskelijoiden ydinkäsitteiden ymmärtämistä. Neljännessä teemassa lukion opiskelijoiden odotetaan sitoutuvan tärkeisiin luonnontieteiden, teknologian, yhteiskunnan ja ympäristön rajapinnan globaaleihin kysymyksiin ja soveltamaan erilaisia analyttisiä ja strategisia ajatuksia, jotka mahdollistavat ensisijaisen harjoituksen ja kypsytyksen lisääntymisen. (Achieve 2013)

Lukion suoritusten ennakko-odotukset fysikaalisissa tieteissä muodostuvat aikaisemman koulutason ideoista ja taidoista, ja odotukset liittyvät keskeisesti moniin luonnontieteellisiin käytäntöihin, jotka sisältävät mallien, tutkimussuunnitelmien ja tutkimusten rakentamisen, tietojen analysoinnin ja tulkinnan, matemaattisen ja tietoteknisen ajattelun sekä selitysten rakentamisen, kehittämisen ja käyttämisen. Lisäksi odotetaan, että näitä valmiuksia käytetään ydinideoi-

den ymmärtämisen demonstrointiin. Opiskelijoiden odotetaan myös ymmärtävän monia teknisiä käytäntöjä, joihin sisältyy suunnittelua ja arviointia. (Achieve 2013)

Fysikaalisten tieteiden teemassa on selkeitä kemiaan liittyviä kursseja, jotka ovat otsikoiden "Aine ja vuorovaikutukset" ja "Energia" alla (Achieve 2013). Aine ja vuorovaikutukset ohjeistetaan kysymyksellä, kuinka voidaan selittää aineen rakenne, ominaisuudet ja vuorovaikutukset. Aikaisemmilla tasoilla on jo käsitelty aineita, ja niiden havaittavia ominaisuuksia. Lukiossa käsitellään hiukkastason atomimalleja ja elektronivarausten välisiä vuorovaikutuksia, joita käytetään selittämään aineen rakennetta. Tätä tutkimuslähtöistä ydinkäsitteen kehittämisen pitkäjänteistä käsittelyä nimitetään usein oppivaksi etenemiseksi. (Cooper 2013)

Energiakurssi auttaa opiskelijoita vastaamaan kysymykseen, kuinka energiaa siirretään ja kuinka energia säilyy. Osa kursseista käsittelee fysikaalisia kysymyksiä, mutta kurssi Kemiallinen prosessi ja jokapäiväinen elämä ovat selkeästi kemiaa. Energia ymmärretään kemiaan liittyvänä systeemin kvantitatiivisena ominaisuutena, joka riippuu aineen vuorovaikutuksista systeemin sisällä, ja energian kokonaismuutos jossain systeemissä on aina kokonaisenergia, joka siirretään systeemiin tai siitä ulos. Fysiikan osalta opiskelija kehittää energian ymmärtämistä, joka tapahtuu makrotasolla ja kemiassa atomitasolla, joka selitetään joko hiukkasten liikkeenä tai energian sitoutumisena hiukkasten rakenteeseen, joka voidaan ajatella näillä alueilla tapahtuvaksi varastoimiseksi. Kurssiin liittyvissä suoritusodotuksissa kehitellään lisää moninaisia syiden ja seurausten välisiä käsitteitä, systeemejä ja niiden malleja, energiaa ja ainetta ja luonnontieteiden, tekniikan ja yhteiskunnassa olevan teknologian vaikutusta sekä luonnollista maailmaa. Opiskelijoiden halutaan osoittavan taitonsa mallien kehittämisessä ja käytössä, tutkimusten suunnittelussa ja suorituksessa, ratkaisujen tietoteknologisen ajattelun ja suunnittelun käytössä sekä ydinajatusten ymmärtämisen osoittamiseen liittyvissä harjoituksissa. (Achieve 2013)

Lukion biotieteiden tema sisältää neljä oppiaineen ydinideaa:

1. Molekyyleistä organismeihin: rakenne ja prosessit,
2. Ekosysteemit: vuorovaikutuksia, energia ja dynamiikka,
3. Perinnöllisyys: perimä ja piirteiden muuntelu ja
4. Biologinen evoluutio: yksilö (neutraali alkio) ja moninaisuus. (Achieve 2013)

Lukion biotieteiden oppimäärän tavoitteet yhdistävät ydinideoita, luonnontieteiden ja tekniikan käytäntöjä sekä tieteiden välisiä käsitteitä tukemaan opiskelijoita kehitettäessä käyttökelpoista tietoa, jota voidaan soveltaa luonnontieteellisten aineiden kesken. Vaikka lukion biotieteiden suoritusodotukset kytkevät yhteen erityiskäytäntöjä, joissa on spesifiset oppiaineen ydinideat, opetusratkaisujen pitäisi sisältää monia käytäntöjä, jotka esiintyvät tavoitteiden perustana. (Achieve 2013)

Maantieteessä ja avaruustieteessä opiskelija kehittää kolme oppiaineen ydinideaa. 1) Maan paikka maailmankaikkeudessa -kokonaisuuden tavoitteiden

tulee auttaa opiskelijaa muotoilemaan vastaus kysymykseen, mikä on maailman-kaikkeus ja mikä on maanpaikka siinä. Tähän kokonaisuuteen kuuluu muun muassa alkuräjähdyks. 2) Maan systeemit -tavoitteiden pitää auttaa opiskelijaa muotoilemaan vastaus kysymykseen, miten ja miksi Maa muuttuu jatkuvasti. Kokonaisuus jakaantuu vielä viiteen alakohtaan, joista voidaan mainita veden merkitys maanpinnan prosesseissa. Opiskelija muun muassa mallintaa vesisysteemin eri komponenttien välisiä energiavirtoja, ja kuinka ne vaikuttavat kemiallisiin sykleihin, kuten hiilen kiertokulkuun. Oppiaineiden välisiä käsitteitä ovat syy ja seuraus, aine ja energia, rakenne ja toiminta sekä pysyvyys ja muutos, joita kutsutaan näiden oppiaineiden ydinideoiden järjestyskäsitteiksi. 3) Maa ja ihmisen aktiviteetit -tavoitteet auttavat opiskelijaa vastaamaan kysymykseen, kuinka maanpinnanprosessit ja ihmisen aktiivisuus vaikuttavat toisiinsa. Tämä kokonaisuus jakaantuu neljään alalokeroon: luonnonresurssit, luonnonuhkat, ihmisen vaikutus Maan systeemeihin ja globaali ilmastonmuutos. Tekniikka ja teknologia kuvaavat tässä näkyvästi opiskelijoiden matemaattisen ajattelun käyttöä ja sitä, kuinka he rakentavat ratkaisuja moniin haasteisiin, jotka esiintyvät Maan pitkäaikaisen inhimillisen kestävyys suhteen. Oppiaineiden välisiä käsitteitä, kuten syy ja seuraus, systeemit ja systeemimallit sekä pysyvyys ja muutos, ovat tässäkin järjestyskäsitteitä. (Achieve 2013)

Koska lukiotasolla opiskelijoiden odotetaan sitoutuvan tärkeisiin globaaleihin kysymyksiin luonnontieteiden, teknologian, yhteiskunnan ja ympäristön rajapinnassa, kokonaisuus Tekninen suunnittelu pyrkii tukemaan opiskelijoiden erilaisen analyttisen ja strategisen ajattelun kehittymistä ja tekemään heidän kypsymisensä mahdolliseksi. Ongelman määrittäminen vaatii sekä kvalitatiivista että kvantitatiivista analyysiä. Vaikka lukion opiskelijoiden ei odoteta ratkaisevan ruuan tai puhtaan veden riittävyyden ongelmaa, heidän kuitenkin odotetaan ajattelevan niistä haasteina, jotka voidaan ainakin osittain ratkaista tekniikan avulla. (Achieve 2013)

Tärkeiden globaalien ongelmien mahdollisten ratkaisujen kehittäminen alkaa pilkkomalla ne pienempiin osaongelmiin, joihin voidaan päästä käsiksi tekniikan menetelmien avulla. Arvioimalla mahdollisia ratkaisuja opiskelijoiden ei odoteta vain tarkastelevan laajaa kriteerivalikoimaa, vaan myös tunnistavan, mitä kriteerejä pitää priorisoida. Esimerkiksi väestönturvallisuus ja ympäristönsuojelu voivat olla tärkeämpiä kuin kulut. Opiskelijoiden odotetaan käyttävän sellaisia menetelmiä, jotka ottavat huomioon kriteerivalikoiman ja rajoitukset, yrittävän ennakoita mahdollisia yhteiskunnallisia ja ympäristövaikutuksia sekä testaavan simulaatiomallin validiteettia vertaamalla reaali maailmaan. Yhteydet toisiin luonnontieteiden oppiaineisiin auttavat lukion opiskelijoita kehittämään näitä valmiuksia erilaisissa konteksteissa. Esimerkiksi fysikaalisissa tieteissä opiskelijat ratkaisevat ongelmia soveltamalla tekniikkavalmiuksiaan tietoihin, jotka liittyvät kemiallisten reaktioiden olosuhdetietoihin tai energian muuttumiseen muodosta toiseen. (Achieve 2013)

Edellä esitettyjen tavoitteiden lisäksi standardeissa annetaan kemian sisällöt, jotka ovat kombinoitujen aiheiden esittelyssä. Arviointiin ja oppiaineiden välisten käsitteiden opettamiseen annetaan myös ohjeet. Yleisesti ottaen ohjeet ovat hyvin yksityiskohtaiset. (Achieve 2013)

3.3 Luvun 3 yhteenveto

Luvun alussa kemian opetusta tarkasteltiin kansainvälisesti Euroopassa joidenkin esimerkkimaiden opetuksen ja koulujärjestelmän näkökulmasta. Vastaavasti tutkimuksessa käsiteltiin Yhdysvaltojen kemian opetuksen ja opetussuunnitelman kehityslinjaa 1800-luvulta lähtien. Niin Euroopassa kuin Yhdysvalloissa asetettiin kemian opetussuunnitelmat yleisen pedagogiikan mukaisiin kausiin. Kun Euroopassa vielä pitkälle 1900-luvulle hallitsevana suuntauksena oli herbarianismi, niin Yhdysvalloissa oli jo vuosisadan alussa siirrytty reformipedagogiikan yritysten ohitse niin sanotusti tieteelliseen opetussuunnitelmaan, jonka suuria nimiä olivat muun muassa Thorndike ja Bobbitt. Näiden miesten vaikutus kesti siellä pari vuosikymmentä.

Vähitellen siirryttiin behavioristiseen kauteen, joka vallitsi molemmilla mantereilla vuosikymmeniä. Tähän ajanjaksoon liittyi hyvin aktiivinen luonnontieteiden kehittyminen Britanniassa ja Yhdysvalloissa. Se alkoi 1950-luvulla jatkuen 1970-luvulle ja antoi todennäköisesti opetussuunnitelman kehittämille uuden suunnan ja ammattilaisti sitä. De Vosin mukaan kemian opetussuunnitelmien mukainen lähestymistapa oli ennen 1960-lukua kuvaileva esitys, jossa reaktiot ja aineet tarkasteltiin yksilöllisesti. Tämän mukaan epäorgaanisessa kemiassa kuvaukset järjestettiin alkuaineiden jaksollisen järjestelmän mukaisesti ja orgaanisessa kemiassa oli homologisten sarjojen mukainen oma taksonomiensa. Tästä aiheutui sisällön määrän valtava kasvu. Siksi oli siirryttävä yleisempään esittämiseen, mikä merkitsi painotuksen muuttumista teoreettiseen kemian opetukseen. Opetussuunnitelman sisällön teoreettinen lähestymistapa osoitti kysymykset, miten selitetään ja ennustetaan aineiden olemassaoloa ja reaktioiden tapahtumista kemian teorian perusteella.

Heti toisen maailmansodan jälkeen Yhdysvalloissa oli ponnisteluja kemian opetuksen kehittämiseksi. 1950-luvulla aloitettiin luonnontieteiden kehitysohjelma NSF, vuonna 1958 kemian opetussuunnitelmaan lisättiin kurssi CBA, jossa oli ongelmalähtöisiä ideoita, muun muassa laboratoriotyöt esitettiin ongelmina. Vuonna 1959 liitettiin ohjelmiin jälleen uusi kurssi CHEMS, joka näytti motivoivan opiskelijoita laboratoriotöiden suorittamiseen, nauttimaan niistä, mutta raportoimaan niistä huonommin kuin tavanomaisen kemian kurssin opiskelijat. 1960-luvulla voimakas ympäristöön yhteiskuntaan suuntautuminen alkoi näkyä kemian opetussuunnitelmissa.

Vähitellen siirryttiin konstruktivistiseen kauteen, johon liittyivät monien maiden kontekstilähtöiset lukion kemian opetussuunnitelmat. Näistä käsiteltiin Yhdysvaltain ChemCom ja CiC, Britannian Salters, Saksan ChiK, Hollannin CiP ja Israelin IC. Edelleen siirryttiin sosio-konstruktivistiseen näkemykseen, johon

liittyvät STS ja ESD sekä Yhdysvaltojen seuraavan sukupolven standardit NGSS. Näissä kaikissa on yhteiskunnallinen ulottuvuus ja vastuu ympäristöstä luonnontieteellisen ja teknologisen näkökulman lisäksi. Selvimmin tulevaisuutta tarkastelevat ESD eli kestävä kehitys kasvatus ja NGSS.

4 KOKEELLISUUS LUKION KEMIAN OPETUKSESSA

Luku 4.1 sisältää kokeellisuuden määrittelyä. Luvussa 4.2 käsitellään kokeellisuutta tarkastelemalla oppilastöiden historiaa 1800-luvun lopulta nykyaikaan saakka. Tässä luvussa tarkastellaan myös laboratorio-opetuksen taksonomiaa ja kiinnitetään huomiota kokeellisuuden merkitykseen ja ongelmiin. Lopuksi käsitellään miniprojektiesimerkkiä. Luku 4.3 sisältää tieteellisen lukutaidon esityksen, ja luku 4.4 tarkastelee problematiikkaa: oppilastyö, demonstraatio, oppiminen ja motivaatio. Lopuksi luvusta on lyhyt yhteenveto.

4.1 Kokeellisuuden määrittelyä

Kokeellisuudella (practical work) tarkoitetaan usein luonnontieteiden opetuksen ja oppimisen aktiviteetteja, joissa oppilastöiden avulla pyritään oppimaan käsitteitä, kemian luonnetta, työskentelytekniikoita ja suunnittelemaan kokeita sekä toteuttamaan niitä suunnitelman perusteella. Toisaalta kokeellisuutta voidaan tarkastella myös laajemmin, jolloin se edellä kuvatun toiminnan lisäksi käsittää toissijaisiin tietolähteisiin pohjautuvat tiedot. Tällöin avataan ovi suurelle määrälle aktiviteetteja, joita ovat esimerkiksi kokeelliset tehtävät, jollaisia ovat ylioppilaskokeiden tehtävät ja muut harjoitustehtävät. Näissä opiskelijoita pyydetään analysoimaan ja tulkitsemaan annettuja tietoja taulukosta tai graafisesta esityksestä. (Dillon 2008; Millar 2010)

Voidaan perustella, että opettajan tekemät demonstraatiot sisältyvät yllä olevaan määritelmään, koska ne tarjoavat mahdollisuuksia opiskelijoiden havainnoida luonnontapahtumia. Ne voivat myös saada joitakin luokan opiskelijoita mukaan, kun käsitellään kohteita tai materiaaleja. Usein kuitenkin demonstraatio käsitellään eri luokkana ja kokeellisuutta tarkastellaan opiskelijan, ei opettajan suorittamana aktiviteettina. Kohteiden ja aineiden havainnointi ja käsittely voi tapahtua koulun laboratoriossa ja myös koulun ulkopuolella opiskelijan kotona tai kenttätöissä. (Millar 2010)

Koulun luonnontieteiden kokeellisuuteen liittyy valikoima tavoitteita. Monet tutkijat ovat ehdottaneet erilaisia luokittelutapoja. Hodsonin (1990) mukaan pääasialliset opettajien kokeellisuudelle antamat syyt ovat 1) opiskelijoiden motivoiminen herättämällä mielenkiintoa ja nautintoa, 2) laboratoriotyötaitojen opettaminen, 3) luonnontieteellisen tiedon oppimisen parantaminen, 4) tieteellisen menetelmän oivaltaminen ja asiantuntijuuden kehittäminen kokeellisen opetuksen avulla sekä 5) sellaisten luotettavien tieteellisten asenteiden kehittäminen kuten avoin ennakkoluulottomuus, objektiivisuus ja halukkuus jättää arviointi avoimeksi (Hodson 1990; Millar 2010). Hofstein ja Lunetta tarjosivat vuonna 2004 samankaltaista tavoiteluetteloa, mutta siinä oli muutamia painotuseroja. He ehdottivat, että kokeellisuuden pitää parantaa opiskelijoiden luonnontieteiden

käsitteiden ymmärtämistä, mielenkiintoa ja motivaatiota, tieteellisiä laboratorio-taitoja ja ongelmanratkaisukykyjä, tieteellisen ajattelun tapoja sekä luonnontieteiden luonteen ymmärtämistä (Hofstein & Lunetta 2004).

4.2 Kokeellisuus

4.2.1 Oppilastöiden historiaa

Käytännönläheiset työt ovat olleet koulujen luonnontieteiden opetuksen silmiinpistävä piirre 1800-luvun lopulta lähtien, jolloin luonnontieteet tulivat lukuisten maiden koulujen opetussuunnitelman osaksi. Esimerkiksi Yhdysvalloissa laboratoriotyöt oivallettiin luonnontieteiden opetuksen osaksi 1880-luvulla, kun Harvardin yliopisto vaati laboratoriokemiaa ennakkoehdoksi yliopiston sisäänpääsyyn. Tämä ratkaisu johti radikaaliin muutokseen Yhdysvaltojen koulujen luonnontieteiden opetuksessa. Laboratoriotyöt ovat olleet sen osana siitä lähtien. (Klainin 1988)

Curtisin (1934) mukaan, jos täytyi säilyttää yksilölliset työt 40 minuutin tai korkeintaan 55 minuutin laboratoriotyötunnilla, oli selvää, että monista perinteisistä kokeista piti joko luopua tai niitä piti uudistaa. Jokainen ajatteleva kaksituntisen laboratoriojakson havainnoitsija tuli saada vakuuttuneeksi, että opiskelijat hukkasivat paljon aikaa. Yhden tutkimuksen mukaan saatu tieto osoitti, että kemian lukio-opiskelijat kykenivät todennäköisesti hyvin ohjattuina saavuttamaan yhden tunnin laboratoriojaksossa yksilöllistä menetelmää käyttämällä tuloksia yhtä hyvin kuin samantasoinen ryhmä saavutti vastaavissa kokeissa kaksoistuntin aikana. Curtis kirjoitti, että suunniteltaessa yhden tunnin laboratorioharjoitusta oli hyvä muistaa, ettei opiskelijoiden tarvinnut suorittaa jokaista harjoitustyötä yksin. Piti vain tarjota riittävä määrä yksin suoritettavia kokeita varmistamaan, että jokainen opiskelija saa ainutkertaiset kokemukset. Kuitenkin vaikeimmat ja aikaa kuluttavat harjoitukset voitiin aina edullisemmin esittää opettajan demonstraationa. Seuraava ongelma oli uudistaa harjoitukset, jotka haluttiin yksittäisten opiskelijoiden esittämiksi noin 30 minuutissa. Curtisin mukaan tietyt koulut olivat jo edenneet riittävän pitkälle näiden linjojen mukaisesti onnistuen tehtävässä. Epäilemättä haaste tarjota näitä lyhyitä harjoituksia aiheutti muutamien perinteisten harjoitusten hylkäämisen ja antoi mahdollisuuden tuottaa uusia sopivampia harjoituksia. (Curtis 1934)

Kokeellisuus on ollut kauan osana monien maiden luonnontieteiden opetusta. Sen rooli on vaihdellut havainnollistamisesta ja vahvistamisesta tutkimukseen ja periaatteisiin pääsemiseen. 1960-lukua edeltävissä useimmissa luonnontieteiden opetussuunnitelmissa kokeellisuutta käytettiin ensisijaisesti demonstraatioihin sekä vahvistamaan luonnontieteen kurssin tosiasiallisia tai teoreettisia аспекteja. 1960-luvun ja 1970-luvun uusissa opetussuunnitelmissa siirryttiin laboratorioharjoituksella ja demonstroinnilla tehdystä tunnetun informaation vahvistamisesta esiin nouseviin ongelmiin, tutkimustaitojen kehittämiseen ja keksintömahdollisuuksien hankkimiseen. Vaikka kokeellisuutta on käytetty kauan,

opiskelijoiden kokemusten hankintaan tavoitteista, käsitteistä ja koeohjeista, on myönnetty, että uusien opetussuunnitelmien laboratoriotyöt kehittävät tutkimusoppimista ja kognitiivisia kykyjä. (Klainin 1988; Hofstein 1988; Lazarowitz & Tamir 1994)

Britanniassa ennen 1960-lukua kokeellisuus oli etääntynyt heuristisista periaatteista, joita Armstrong ajoi vuosisadan alkupuolella (esim. Childs 2015). Hänen heuristisessa metodissaan oppimisprosessin piti tulla vetovoimaisemmaksi ja haastavammaksi, koska se aiheutti uteliaisuutta, kiinnostusta ja kokeilunhalua. Laboratoriokokeet olivat muuttuneet melkein täydellisesti havainnollistamiseksi ja varmistamiseksi. Ne pyrittiin palauttamaan heuristisiin päämääriin, kun Klainin (1988) mukaan Kerr (1963) hyvin popularisoidussa tutkimuksessaan esitti, että kokeellisuuden piti olla tiiviisti yhteydessä teoreettiseen työhön. Tällaisiin päämääriin pääsemiseksi voitiin tutkimuksen avulla löytää tosiasioita, ja näin ollen päästä näihin liittyviin periaatteisiin. Edellä esitetty malli, jota joskus on kutsuttu uusheuristiseksi ja joka tunnetaan sellaisista sanoista kuin keksiminen, tutkiminen tai ohjattu keksiminen, sisälsi useiden Nuffield-luonnontiedeprojektien pääpiirteet. (Klainin 1988; Childs 2015)

Nuffield-projektissa oppikirjat sisälsivät lisäkokeita ja opettajat ratkaisivat, voitiinko ne suorittaa. Oppimateriaalin ja kokeiden rakenteella, jolla kokeelliset työt ja tutkimukset esitettiin opiskelijoille ja opettajille, näytti olevan merkitystä. Luettavan materiaalin erottaminen oppikirjaksi ja kokeiden laboratoriotyökirjaksi saattoi vaikuttaa tutkimusten puuttumiseen suoritettaessa kokeellisia töitä. Tällainen jako mahdollisti laboratoriotyön jättämisen huomiotta. (Lazarowitz & Tamir 1994)

Vaikka kokeellisuuden käyttö olisi 1960-luvun lopulla ollut Hofsteinin ja Klainin esittämällä tolalla, niin ikävä kyllä tähän ei ollut päästy edes vuonna 1980 (Hofstein 1988). Edelleen Hofsteinin mukaan hänen ja Lunettan (1982) artikkelissa väitettiin luonnontieteiden opetuksen laboratoriotöihin liittyen, ettei luonnontieteiden opetuksen laboratoriotapahtumien päivittäminen ollut itsestään selvää. Yhtenä syynä tähän epäilykseen oli, että tutkimukset eivät onnistuneet tarjoamaan selviä todisteita ja tukemaan laboratoriotöitä luonnontieteiden opetuksen tehokkaana mediana. Heidän mukaansa päätavoitteet olivat seuraavat:

1. Kartoittaa ja määrittää uudelleen luonnontieteiden laboratorio-opettamisen ja -oppimisen päämäärät.
2. Kartoittaa opetuskäytäntöjä, joita käytetään luonnontieteiden laboratorioissa, ja ehdottaa uusia käytäntöjä kokeiltavaksi tulevaisuudessa.
3. Etsiä luonnontieteiden oppimiskokemuksia, jotka ovat merkittäviä ja vaikuttavia eri opiskelijaryhmille. (Hofstein 1988)

Edellä esitettyjen tavoitteiden takia laboratorioaktiviteetit määritetään järjestettyinä oppimiskokemuksina, joissa opiskelijat ovat vuorovaikutuksessa materiaalien kanssa havaiten ilmiöitä. Järjestetyillä kokemuksilla voi olla erilaisia opettajan tai laboratoriokäsikirjan spesifioimia rakennetasoja, ja ne voivat sisältää suunnittelun ja muotoilun, analyysien ja tulkinnan sekä soveltamisen alueita samoin kuin keskeisen suorittamisen alueen. Tavallisesti opiskelijat suorittavat

laboratorioaktiiviteetteja yksin tai pienissä ryhmissä, ja tällöin määritelmä ei sisällä suuryhmademonstraatioita, luonnontiedemuseovierailuja tai kenttäretkiä. (Hofstein 1988)

1960-luvulla laboratoriotyöt vakiinnutettiin usein keskeiseksi luonnontieteiden opetukseen niin, että ne toteutettiin opetussuunnitelmien mukaisesti aiotussa muodossa. 1970-luvun puolessa välissä luonnontieteiden opettajat ja tutkijat kyseenalaistivat luonnontieteiden laboratorio-opetuksen arvon ja ainakin tehokkuuden. Heidän mielestään tapa, jolla sitä harjoitettiin monissa kouluissa eri puolilla maailmaa, ei ollut oikea. Tämän takia pyrittiin vetäytymään opiskelija-keskeisistä laboratorioaktiiviteeteistä. Vetäytyminen aiheutti suurta huolta kaikille, jotka uskoivat laboratorion tarjoavan luonnontieteiden opetuksen ja oppimisen ainutkertaisen median. (Hofstein 1988)

Hofsteinin mukaan luonnontieteiden opetuksen tulee koskea sekä luonnontieteiden sisältöä että prosessia. Molemmat ovat tärkeitä täydelliselle tiedeopetukselle. Huoli luonnontieteiden prosessin opettamisesta tukee kokeellisuuden tärkeyttä (Lazarowitz & Tamir 1994). Samoin Hofsteinin mukaan on väitetty, että laboratoriotyöt auttavat korjaamaan väärän oivalluksen niin, että tieteellinen informaatio on olemassa vain opittavaksi. Tieteellinen informaatio on arvokasta vain, jos se opitaan ja sitä käytetään. Laboratorio on paikka, missä tietoa voidaan käyttää. Näin ollen tietoa ilmennetään toiminnan keinona, ei vain lopputuloksena. (Hofstein 1988)

Tutkimus ei ole onnistunut näyttämään opiskelijan laboratorionkokemusten ja luonnontieteiden oppimisen välistä yhteyttä. Ei voida myöskään väittää, että laboratorio olisi tehokas ja aikaansaava opetusmedia luonnontieteiden opetuksen päämäärien saavuttamiseksi. Toisaalta on riittävästi tietoa, että laboratorio-opetus voi näyttellä tärkeää osaa näiden päämäärien saavuttamisessa. Sopivat laboratoriotyöt voivat olla tehokkaita edistettäessä loogista kehitystä ja joidenkin tutkimus- ja ongelmanratkaisutaitojen kehittämistä. Ne voivat auttaa käsittely- ja havainnointitaitojen kehittämisessä ja tieteellisten käsitteiden ymmärtämisessä. Ne myös voivat edistää positiivisia asenteita ja ne tarjoavat mahdollisuuksia opiskelijan menestykselle ja vaalivat yhteistoiminta- ja kommunikointitaitojen kehitystä. (Hofstein 1988)

4.2.2 Oppilastyöt nykyään

Konstruktivistinen tietoteoria toteaa, että tietoa ei voi siirtää henkilöltä toiselle, vaan sitä täytyy rakentaa aktiivisesti oppijan toimiessa vuorovaikutuksessa ympäristönsä kanssa. Tällainen toteamus merkitsee, että ympäristön luonne on yhtä tärkeä kuin oppijan luonteenpiirteet, kun se vaikuttaa yksilön opettamiseen, ja ympäristön muuttaminen voi johtaa erilaisiin oppimistuloksiin. Toiminallisessa ympäristössä voidaan määritellä sellaisia ulkoisia vaikutuksia, jotka ovat vuorovaikutuksessa oppijan ja oppimisprosessin kesken. (Domin 1999)

Luonnontieteiden laboratoriotöiden pitäisi mahdollistaa opiskelijoiden tietojen käyttö, yleisten käsitteiden kehittäminen, uusien ongelmien määrittäminen, havaintojen selittäminen ja ratkaisujen tekeminen. Siksi pitää etsiä laboratorio-

opetuksen strategioita, jotka edistävät opetuksen päämääriä. Muutamat päämäärät voidaan saavuttaa tehokkaasti ilman laboratoriossa tapahtuvaa materiaalien käsittelyä. Toisaalta laboratorioiden ja materiaalien käsittelyn eliminointi yleensä saattaa hyvinkin häiritä opiskelijoiden luonnontieteiden luonteen ymmärtämistä ja ehkäistä loogista, käsitteellistä ja affektiivista kehitystä. (Hofstein 1988)

Hofsteinin, Lazarowitzin ja Tamirin mukaan M. Pickering kirjoitti vuonna 1980 artikkelissaan "Are lab courses a waste of time?", että laboratoriokurssien työn pitää tarjota tieteen tekemisen kokemuksia. Kun tuo potentiaali joskus saavutetaan, esteet ovat organisatorisia eivätkä ole itse laboratorio-opetukselle luontaisia. Uudistus on mahdollinen, sillä se ei vaadi paljon taloudellisia resursseja. Tarvitaan vain huolellisempaa suunnittelua ja täsmällistä opetustavoitteiden ajattelua. Tarjoamalla aitoja, loppumattomia tieteellisiä kokemuksia laboratoriokurssi voi muuttaa opiskelijan paremmaksi havainnoitsijaksi, huolellisemmaksi ja täsmällisemmäksi ajattelijaksi ja maltillisemmaksi ongelmanratkaisijaksi. Vaikka tutkijat jatkavat paremmin tiedon ja sopivien toimintaohjeiden todisteiden etsimistä, luonnontieteiden opettajien täytyy tehdä parhaansa, jotta he voivat perustaa opetussuunnitelma- ja opetusratkaisunsa todisteisiin, jotka ovat saatavilla ja jotka voidaan loogisesti päätellä päämäärien, luonnontieteiden luonteen ja ihmisten oppimistavan perusteella. (Hofstein 1988)

4.2.3 Laboratorio-opetuksen taksonomia

Bloom on todennut, että opetussuunnitelman innovaatiot eivät ole uskonasioita, vaan ennemminkin uusia hypoteeseja, jotka pitää testata empiirisesti. Ennen kuin erilaisten laboratorio-opetuksen tyylien empiiristä arviointia aletaan pohtia, täytyy kehittää taksonomia. Domin (1999) käyttää artikkelissaan laboratorio-opetuksen taksonomiaa ja painottaa jokaisen tyylin erottavia piirteitä. Läpi kemian opetuksen historian laboratorio-opetuksessa on vallinnut neljä eri tyyliä: selittävä, tutkiva, keksivä ja ongelmalähtöinen. Nämä tyylit voidaan erottaa tulosten, lähestymistavan ja ohjeiden puolesta. Jonkin laboratoriotyön tulos on joko ennalta tai jälkikäteen määrätty. Selittävillä, keksivillä ja ongelmalähtöisillä töillä kaikilla on ennalta määrätty tulokset. Selittävien oppituntien tapauksessa sekä opiskelijat että opettaja ovat tietoisia odotettavasta tuloksesta. Keksivien ja ongelmalähtöisten töiden tapauksessa tavallisesti vain opettaja tietää odotettavan tuloksen. (Domin 1999)

On olemassa myös erilaisia keinoja, miten valitaan aktiviteetin lähestymistapa. Selittävät ja ongelmalähtöiset työt tyypillisesti seuraavat deduktiivista lähestymistapaa, jossa opiskelijat soveltavat yleistä periaatetta spesifisen ilmiön ymmärtämiseen. Keksivät ja tutkivat oppitunnit ovat induktiivisia; havainnolla erityisiä esimerkkejä opiskelijat johtavat yleisen periaatteen. (Domin 1999)

Kun seurataan jonkin laboratoriotyön toimintaohjetta, suoritus on joko opiskelijoiden suunnittelemaa tai heille jostain ulkoisesta lähteestä (opettaja, laboratoriokäsikirja tai moniste) tarjottua. Tutkivat ja ongelmalähtöiset menetel-

mät vaativat opiskelijoita kehittämään omat toimintaohjeensa. Puolestaan selittävissä ja useimmissa keksivissä töissä toimintaohje annetaan opiskelijoille. (Dominin 1999)

Vuonna 2003 Berg työtovereineen selvitti 190 Uumajan yliopiston opiskelijan joukossa, mitä merkitystä on, jos sama kokeellinen tutkimus tehdään selitettynä tai täysin avoimena. He käyttivät tutkimuksessaan työkaluina Bloomin taksonomiaa, Perryn skeemaa ja Dominin (1999) kokeellisen työskentelyn tyylejä. Bloomin taksonomia on esitetty aikaisemmin (luku 2.2.3.2) ja Dominin laborointityylit yllä. Perry oli kiinnostunut opiskelijoiden älyllisestä ja eettisestä kehityksestä. Erityisesti hän dokumentoi asenteiden kvalitatiivisia muutoksia opetuksen aikana, muutosta dualismista kontekstuaaliseen realismiin. Perryn alkuperäistä, aika monimutkaista ja kokonaisvaltaista skeemaa muut ovat muotoilleet ja yksinkertaistaneet. (Finster 1989, 1991; Berg ym. 2003)

Tutkimuksen tulosten mukaan avoin versio antoi positiivisimmat tulokset. Lisäksi havaittiin, että matalalla tasolla olevat opiskelijat tarvitsivat jonkin verran ylimääräistä apua oman kokeellisen työnsä suunnitteluun ja toteutukseen ja huomiota motivoitiin. Tutkimuskysymystä kehitettiin tutkimuksen aikana koskien uusia oivalluksia, joita saatiin vertailussa ohjatun ja avoimen tutkimusversion välillä. Päivitetty tutkimusversio riippui näistä oivalluksista ja se toteutettiin toimintatutkimuksena (Berg ym. 2003)

Kokeelliseen työhön sovelletulla uudistetulla versioilla näytti olevan positiivisia vaikutuksia erityisesti matalalla oppimistasolla oleville. Tekijöiden mielestä tämä oli hyvin kannustavaa, koska hyviä tuloksia on helppo saavuttaa motivoituneiden ja kypsien opiskelijoiden kanssa, mutta opettajat ja tutkijat kohtaavat ongelmia motivoitumattomien ja kypsymättömien opiskelijoiden kanssa. Töiden ohjaajien saamat uudet oivallukset johtivat positiiviseen kehitykseen kiinnostuksessa opettamiseen ja kykyyn ohjata kokeellisia töitä. Kemian opetuksen tutkimuksen pitäisi luonnollisesti helpottaa uuden tiedon saavuttamista ja kehityksen edistämistä. (Berg ym. 2003).

4.2.4 Kokeellisuuden merkitys ja ongelmat

Monissa maissa laboratoriossa tai luokassa tapahtuvalla kokeellisuudella otaksutaan olevan suuri merkitys. Kuitenkaan se eivät aina vastaa odotuksia. Harlenin raportin mukaan esimerkiksi Millar on määritellyt kokeellisuuden ”jonnain luonnontieteen opetuksen ja oppimisen aktiviteettina”. Siinä opiskelijat havainnoivat ja/tai käsittelevät kohteita tai tutkittavia materiaaleja ja tunnistavat toiminnan myös teoriassa, sillä ”pitää jättää aikaa myös ajattelulle” (Millar 2010). Opettajat pitävät itsestään selvänä, että kokeellisuudella on arvo, mutta tutkijat ovat huomanneet, että ”monissa maissa käytännön toteutukset ovat huonosti suunniteltuja, sekavia ja tuottamattomia” (Harlen 2010).

Millarin mukaan kokeellisella työllä oli vain vähän vaikutusta opiskelijan kykyyn ymmärtää kemiaa. Hänen tutkimuksensa osoittaa, että opiskelijoiden käytännön taidot ovat parempia esimerkiksi laitteiden käytössä ja käytännön ohjeiden toteutuksessa, jos heillä on ollut mahdollisuus harjoitella käytännössä niihin tarvittavia taitoja. Kuitenkin tulokset, jotka liittyivät tutkimustaitoihin, olivat

epäjohdonmukaisia. Millar osoitti harjoitustöiden tehokkuuden eri tyyppisiä ja kuvasi erityisten käytännön aktiviteettien analyysiin tarkoitettua instrumenttia, jota voidaan käyttää parantamaan tehokkuutta. Hän teki johtopäätöksen, että opettajien pitäisi varmistaa, että on muutamia hyvin määritettyjä harjoitustöiden kohteita. Lisäksi hän esitti, että opiskelijoiden tulee ajatella, mitä tekevät, miksi tekevät ja miksi eivät seuraa opetusta tai rutiineja. Yhteyksiä teorian ja havainnoidun tiedon välillä on välttämätöntä pohtia huolellisesti. (Millar 2010; Harlen 2010)

Maissa, joissa on luonnontieteiden opetuksessa kokeellisuuden perinne, kuten Britanniassa, opettajat ja erityisesti muut luonnontieteilijät näkevät kokeellisuuden elinvoimaisena osana luonnontieteiden opetusta. Esimerkiksi "The House of Commons Science and Technology Committee" (2002) kommentoi:

"Näkemyksemme mukaan kokeellisuus, mukaan lukien kenttätyöt, on välttämätön osa luonnontieteen opetusta. Se auttaa opiskelijoita kehittämään luonnontieteen ymmärtämistä sekä arvostamaan sitä, että luonnontiede perustuu todistamiseen ja oleellisten käden taitojen hankintaan, jos opiskelijat haluavat edistyä luonnontieteessä. Opiskelijalle pitäisi antaa mahdollisuus tehdä jännittävää ja monipuolista kokeellista ja tutkivaa työtä". (Abrahams & Millar 2008)

Kuitenkin Abrahams ja Millar kyseenalaistavat tässä vuoden 2008 tutkimusraportissa harjoitustöiden tehokkuuden luonnontieteiden opetuksessa ja oppimisessa. Heidän mukaansa, vaikka monissa maissa opiskelijoiden suorittamat harjoitustyöt ovat oleellinen osa luonnontieteiden opetusta, jotkut tiedeopettajat ja -kouluttajat ovat kyseenalaistaneet niiden tehokkuutta opetus- ja oppimisstrategiana. Heidän tutkimuksensa koski Englannin toisen asteen koulujen kokeellista luonnontieteiden opetusta. Tulosten perusteella opettajien fokus oppitunneilla oli suurelta osin opiskelijoiden olennaisen luonnontieteellisen tiedon kehittämisen ennemmin kuin luonnontieteellisten tutkimusohjeiden ymmärtämisen kehittämisessä. Työskentely oli yleisesti tehokkainta, kun opiskelijat pääsivät tekemään aiottuja fyysisiä toimenpiteitä, mutta paljon vähemmän tehokasta, kun he joutuivat käyttämään aiottuja tieteellisiä ideoita ohjaamaan toimintaansa ja pohdiskelemaan keräämiään tietoja. Todisteita on ollut vähän siitä, että juuri sellaiset tahot, jotka suunnittelevat käytännön aktiviteetteja luonnontieteiden oppitunneille, oivaltaisivat kognitiiviset haasteet havaintojen liittämistä ideoihin. Tehtäviin liittyy harvoin täsmällisiä strategioita, jotka auttavat opiskelijoita soveltamaan sopivia yhteyksiä, tai niitä esitettäisiin luokassa tavoilla, jotka heijastavat oppimisen päämääriä. Tutkimuksessa käytetty analyttinen viitekehys, joka käsitteli kokeellisuuden tehokkuutta, tarjosi kokeellisten tehtävien oppimistarpeen arvioinnin keinot ja tunnisti erityistä tukea vaativat opiskelijat ajattelun ja oppimisen puolesta, jotta opetus olisi tehokasta. (Abrahams & Millar 2008)

Vastaväitteenä teoreettiseen viitekehukseen oli, että kaikki havainnot ovat täynnä teoriaa niin, että ei ollut mitään selvää eroa havaittavien asioiden ja ideoiden välillä. Edelleen Abrahamsin & Millarin mukaan Hanson (1958) perusteli, että myös perushavainnoista tehtävät kannanotot ovat riippuvia havainnoitsijan

teoreettisesta viitekehystä, jos ne ilmaisevat sensurointikokemuksia. Esimerkiksi ero, joka kuvattiin tässä tutkimuksessa tavoitteiden vaikutuspiirin ja havaintojen ja ideoiden vaikutuspiirin välillä, oli sopusoinnussa näiden linjojen mukaisesti. Kaikki havainnot olivat siis jollain tasolla täynnä teoriaa (teorialla (yli)kuormitettuja). Tällainen teoria oli harvoin näkemystä puolustavassa testikonseptissä. Havaittavien kohteiden ja ideoiden välinen ero on arvokas ja tärkeä asia analysoitaessa käytäntöön liittyvien tehtävien tehokkuutta. (Abrahams & Millar 2008)

McDonnellin, O'Connorin and Seeryn tutkimuksen mukaan on lukuisia eri tyyppisiä laboratoriopohjaista opetusta. Selvästi tavallisin on reseptityyppinen laboratoriotyöskentely. Artikkelin tekijöiden laitoksen opiskelijat (yliopistopintojen alussa) tekevät harvoin muita kuin reseptityyppisiä laboratoriotyöitä ennen lopputyötä. Seuraavassa esitetään muutamia tekijöitä, jotka hillitsevät opiskelijoiden oppimista näiden tutkijoiden mukaan:

1. Reseptityyppiset laboratoriotyöt eivät salli opiskelijan ajatella tutkimuksensa suurempia päämääriä, ja tehtävien sarjan pitää seurata aikaisemmin toteutettuja tehtäviä.
2. Arviointi kielletään tosissaan ja laboratoriotyöstä saatua tulosta ei pidä ottaa vakavasti.
3. Opettaja ei informoida siitä, mikä on paras käytäntö.
4. Rajoitetaan sopivimman laboratorio-opetuksen lähteitä. (McDonnell ym. 2007)

4.2.5 Miniprojektit

Opiskelijakeskeiset miniprojektit sallivat monien edellä esitettyjen kysymysten käsittelyn. Vastuun siirtyminen kokeellisen toimintaohjeen suunnittelussa opiskelijoille tarkoittaa, että opiskelijan täytyy olla tietoinen, suunnitteleeko hän tietyn sopivan kokeen, onko se sopiva ja mitä se kertoo hänelle. Siksi opiskelijat alkavat tällöin tutkia kokeen käytettävyyttä ja ajattelevat sitä kokonaisvaltaisen ongelmanratkaisuskenaarion kontekstissa. Tämä on perinteisten laboratorioiden vastakohta. Miniprojekteja arvioidaan osin opiskelijoiden yksilöllisten tutkimuspäiväkirjojen perusteella, joissa he raportoivat perustellen tekemänsä työt. Lisäksi opiskelijat esittelevät työnsä ja tekevät kysymyksiä projektista myös laboratoriotahtumien aikana. He myös esittävät pohdinnan, mitä ovat oppineet ja millaisia hyötyjä ja vaikeuksia he ovat havainneet projekteissa. Tämä tarjoaa siten kokonaisvaltaisempaa arviointia verrattuna perinteisen laboratorio-opetuksen arviointiin. (McDonnell ym. 2007)

Miniprojekteista on tehty muutamia raportteja vaihtoehtona reseptityyppisille töille. Esimerkiksi analyttiseen kemiaan liittyvinä eräät tutkijat pohtivat laboratoriotyöitä, joihin opiskelijat kehittivät omat toimintaohjeet. Tämä on vaihtoehtoinen laboratorio-opetuksen tyyli, joka muuttaa laboratoriokurssin koko painotuksen, ja jolla on merkittävä vaikutus opiskelijoiden oppimiseen. (McDonnell ym. 2007)

Artikkelin tekijät ovat tutkineet Dublinin teknillisessä korkeakoulussa miniprojektien käyttöä kahden akateemisen vuoden ajan. Opiskelijat suorittivat laboratoriotyönsä ryhmissä ja saivat projektit valmiiksi neljässä viidessä kolmen

tunnin tapaamisessa. Opiskelijoille annettiin kontekstiin soveltuvia ongelmia, jotka käsittivät käyttökelpoisia kemian sovelluksia. Toisen vuoden kemian kursilla kehitettiin laaja opiskelijoiden miniprojektisysteemi, jossa opiskelijat saivat miniprojektinsa valmiiksi viiden kolmen tunnin laboratoriosession aikana. Tämä tapahtui samaan aikaan perinteisen laboratoriosession kanssa, jonka opiskelijat saivat työnsä valmiiksi samoihin aikoihin. Artikkelissa kuvataan näitä rinnakkain tehtyjä töitä, ja hyötyjä, jotka saatiin tämän uuden lähestymistavan yhdistämisestä olemassa olevaan systeemiin. Tiedetään, että laboratoriotöiden, joissa opiskelijat yleistivät töiden toimintaohjeen, toteuttaminen tuottaa lukuisia merkittäviä haasteita. Menetelmä vaatii enemmän laboratorioaikaa, kuin normaalisti käytetty ”vanha työ”, mutta tekijöiden mukaan havaitut hyödyt tekevät aikainvestoinnin vaivan arvoiseksi. (McDonell ym. 2007)

Artikkelin kirjoittajat käyttivät ongelmakeskeisiä miniprojekteja onnistuneesti vaihtoehtoisena laboratorio-oppimiskokemuksena parina vuotena. Ohjelmat korvasivat perinteisen laboratoriolähestymistavan ja tarjosivat opiskelijoille virkistäviä tosielämän ongelmia ratkaistavaksi pienissä ryhmissä. Lähestymistapamuutoksien tuloksena havaittiin, että opiskelijat osallistuivat paremmin, myös sitoutuminen ja asenne paranivat. Opiskelijoilta saatu palaute varmisti nämä havainnot. Tekijöiden mielipiteen mukaan miniprojektiin osallistuneet opiskelijat suorittivat paremmin seuraavan vuoden itsenäisen tutkimusprojektin kuin aikaisemmin oli suoritettu. (McDonell ym. 2007)

4.3 Tieteellinen lukutaito

1950- ja 1960-luvuilla vahvin luonnontieteiden opetussuunnitelmaan vaikuttava voima oli miljöoryhmä. Se oli luonnontieteilijöiden tarpeesta ja poliittisilta johtajilta vaadituista pätevyyksistä huolestunut sekä tieteellisen lukutaidon omaava sidosryhmä, joka tuki luonnontieteitä. Blosserin mukaan Schwabin mielestä luonnontieteiden laboratoriotyöt voitaisiin muuttaa tutkimukseksi. Oleellisen osan laboratoriotyöstä pitäisi perustua luonnontieteiden opetusaluetta rikastavaan toimintaan ennemmin kuin vaihtelun tuomisena luokkaopetukseen. Laboratorion demonstroiva toiminta pitäisi alistaa tarjoamaan kouriintuntuvia kokemuksia joistakin käsiteltävistä ongelmista ja hankittavan tiedon vaikeudesta. Johtopäätösten kuvaaminen pitäisi korvata ongelmien kuvaamisella. Laboratoriotyöskentelyn pitäisi myös tarjota tilaisuuksia pienoismallien tekemiseen ja järjestämään houkutusia tutkimuksen malliohjelmiin perehtymiseen. Molemissa esimerkeissä laboratoriotyön tulisi ohjata luokkatyöskentelyä. Sopivasti tutkivassa luonnontieteiden opetussuunnitelmassa pitäisi edelleen Schwabin mukaan olla oleellinen osa epäilyä, vaikka oppikirjojen julkaisijoilla ja opettajilla ei olisikaan halua tähän. Koska normitetut ja laajasti käytetyt kokeet näyttelivät tärkeää osaa määritettäessä opetussuunnitelmaa, tarvittaisiin olemassa olevien tekstien ja kokeiden merkittävää uudelleen muotoilua. Schwab sanoi, että tutkimukselliset opetus- ja oppimistaidot eivät ole yleisiä koulussa; opiskelijat har-

voin ottavat aktiivisen roolin oppimiseen. Siksi luonnontieteiden opettajien ensimmäisen ja päävastuualueen piti olla opiskelijoiden auttaminen oppimaan oppimisessa – tietää, mitä kysymyksiä kysyä tutkimusraportista, milloin kysyä niitä ja löytää kysymysten avulla vastauksia. Schwabin mukaan opiskelija oppii tämän taidon tekemällä. (Schwab 1962; Blosser 1980)

Opettaja piti myös kehittää johtamiseen liittyvissä tutkimusta edistävissä pohdintataidoissa. Edelleen opiskelijoiden osallistuminen todelliseen tutkimukseen, joka kehittää heidän tutkimus- ja älyllisiä taitojaan, oli oleellinen tutkimusopetussuunnitelman komponentti. Se tarjosi opiskelijoille mahdollisuuden tajuta luonnontieteiden henkeä ja edisti luonnontieteiden luonteen ymmärtämistä. Esimerkiksi tieteellinen hanke oli tie, millä luonnontieteilijäin työ, tieteellisten menetelmien moninaisuus ja vuorovaikutussuhde luonnontieteiden, teknologian ja yhteiskunnan välillä toimivat. (Lazarowitz & Tamir 1994; Blosser 1980)

Opettajan piti välttää sellaisia opiskelijoiden tekemiä tutkimuksia, joita ei käsitelty tutkimuksen jälkeen. Koulujen luonnontieteiden kurssien parannusprojektit heijastivat Schwabin painottamia näkökulmia. Näitä projekteja voitiin luonnehtia oppiainekeskeisiksi uudistuksiksi, jotka suunniteltiin suurelta osin kohtaamaan älykkäiden, luonnontieteisiin suuntautuneiden opiskelijoiden tarpeita. Käytettäessä opetussuunnitelmamateriaaleja opiskelijoiden odotettiin tutkivan ja keksivän mieluummin kuin muistavan. Laboratoriotyöstä tuli konteksti, jonka avulla opiskelijat saivat käsityksen kokeellisen työn osuudesta. Painotus oli tieteellisessä tutkimuksessa sekä nominina että verbinä. Koska luonnontieteilijät liitettiin opetussuunnitelmauudistuksiin, nämä materiaalit näyttivät tieteellisten oppiaineiden autenttisemmän kuvan, kuin mitä oppikirjat olivat tehneet monien vuosikymmenien aikana. (Blosser 1980)

Hofstein työtovereineen (2005) käsitteli lukion opiskelijoiden kykyjen kehittymistä. Toimittaessa tutkimustyyppisissä kemian laboratorioissa tulisi kysyä enemmän ja parempia kysymyksiä. Heidän mukaansa monissa tutkimuksissa tutkittiin laboratoriotöiden tehokkuutta luonnontieteiden opetuksessa, jotta helpotettaisiin kognitiivisten, affektiivisten ja kokeellisten päämäärien saavuttamista. On laadittu laajoja katsauksia ja kriittisiä tutkimuksia. (Blosser 1983; Bryce & Robertson 1985; Hofstein & Lunetta 1982, 2004; Lazarowitz & Tamir 1994) Vaikka laboratoriotyöskentelyllä on luonnontieteiden opetukselle erityinen merkitys, näiden katsausten perusteella on selvää, että tutkimus ei ole yleisesti pystynyt näyttämään yksiselitteistä suhdetta laboratoriotyökokemusten ja oppimiskokemusten välillä. Hodson kritisoi vuonna 1990 artikkelissaan laboratoriotöitä. Hän väitti, että niissä ei saatu mitään aikaan ja että ne vain sekoittivat asiat, koska niitä hyvin usein käytettiin ilman selvää ajatusta tavoitteista. Siksi hän ehdottikin, että kiinnitettäisiin enemmän huomiota siihen, mitä opiskelijat todella tekevät laboratorioissa. (Hodson 1990) Samoin Tobin (1990) kirjoitti artikkelissaan, että laboratorioaktiviteettien avulla voidaan oppia ymmärtämään, kuinka kokemukset liittyvät tiedon rakentamisprosessiin samalla, kun tehdään tiedettä. Hän ehdotti myös, että merkittävä oppiminen on mahdollista laboratorioissa, mikäli opiskelijoille annetaan mahdollisuuksia käsitellä laitteita ja materiaaleja, joiden

avulla he kykenevät rakentamaan tietonsa ilmiöistä ja liittämään ne tieteellisiin käsitteisiin. (Hofstein ym. 2005).

Gunstone (1990) esitti, että laboratoriotöiden käyttäminen, jotta opiskelijat saadaan rakentamaan ja muotoilemaan uudelleen tietojaan, oli yksipuolista. Hän myös väitti, että tämä näkemys oli lapsellinen. Todellisuudessa kokeellisten töiden suhteen saatava konstruktivismista johdettu kuva oli monimutkaisempi. (Gunstone 1990) Lazarowitzin ja Tamirin mukaan laboratoriossa tapahtuu oppimista, jos opiskelijoille annetaan riittävästi aikaa ja mahdollisuuksia keskusteluun, vuorovaikutukseen ja reflektointiin (Lazarowitz & Tamir 1994). Gunstonen (1990) mukaan tätä lähestymistapaa käytettiin liian vähän, koska luonnontieteiden laboratoriossa opiskelevat opiskelijat osallistuivat ensisijaisesti teknisiin aktiviteetteihin. Heillä oli harvoin mahdollisuuksia metakognitiivisiin aktiviteetteihin. (Gunstone 1990) Hofsteinin ym. mukaan Baird (1990) viittasi näihin metakognitiivisiin taitoihin oppimistuloksina, jotka liittyivät tiettyihin opiskelijoiden tietoihin toimintoihin, tietynlaisen oppimisen muokkaamiseen ja soveltamiseen, jotka voivat parantaa ymmärtämistä. (Hofstein ym. 2005)

Hofsteinin mukaan Israelissa kehitettiin tutkimustyyppistä kokeellisuutta varten noin 100 työtä, jotka kohdennettiin lukion kahdelle viimeiselle luokalle. Nämä on yksityiskohtaisesti esitetty Hofsteinin ja työtovereiden vuonna 2004 ilmestyneessä artikkelissa (Hofstein ym. 2004). Melkein kaikki oli integroitu lukiossa opettavien avainkäsitteiden viitekehykseen. Tällaisia olivat muun muassa hapot ja emäkset, stoikiometria, hapettuminen ja pelkistyminen, sidosenergia, kemiallinen tasapaino ja reaktion nopeus. Näitä tutkimustyyppisiä töitä on käytetty nyt jo vuosien ajan Israelin koulukemian laboratorioissa. Näiden avulla kontrolloidaan esimerkiksi opettajien ammatillista kehittymistä, opiskelijoiden laboratoriossaavutuksen suhteen tapahtuvaa jatkuvaa arviointia sekä ajan, materiaalien ja laitteiden kohdentamista tutkimustyyppisten töiden suorittamiseen. (Hofstein ym. 2005).

Tutkimustyyppiset työt jaetaan kahteen vaiheeseen: esitutkimusfaasi ja tutkimusfaasi. Esitutkimusvaiheessa suoritetaan suurelta osin kokeita laboratorioskäsiokirjan ohjeiden mukaisesti. Tämä esitutkimusvaihe antaa opiskelijoille hyvin rajoitettuja tutkimustyyppisiä kokemuksia. Tutkimusvaiheessa opiskelijat puolestaan saavat avoimempia kokemuksia relevanttien kysymysten ja hypoteesien tekemisestä, kysymysten valinnasta lisätutkimukseen, kokeiden suunnittelusta, suorittamisesta (sisältäen havaintojen tekemisen) ja tulosten analysoimisesta sekä johtopäätösten tekemisestä. Ajatellaan, että tämä vaihe sallii opiskelijoiden kokea ja oppia luonnontieteitä enemmän ymmärtäen sekä harjoitella metakognitiivisia kykyjään. Lisäksi se tarjoaa heille mahdollisuuden rakentaa tietojaan tekemällä todellista tieteellistä työtä. Tässä vaiheessa opiskelijoita pyydetään laatimaan tiettyyn tieteelliseen ilmiöön liittyvä hypoteesi. Opiskelijoiden tulee muotoilla relevantteja kysymyksiä, jotka koskevat heidän havaitsemiaan ilmiöitä. Ehdotettujen kysymysten tulee olla linjassa hypoteesin kanssa. Sopivan tutkimuskysymyksen valinnan tulee palvella lisätutkimusta ja siihen sopivan kokeen suunnittelemista tutkimaan tätä kysymystä. (Hofstein ym. 2005)

4.4 Oppilastyö, demonstraatio, oppiminen ja motivaatio

Kokeellisuuden käytön alusta saakka on ollut kaksi koulukuntaa, joista toinen on pitänyt demonstraatiota ja toinen oppilastöitä oppimisen kannalta parempana. Aikaisemmissa tämän väitöstyön luvuissa on myös esitetty tutkimuksia, jotka ovat pitäneet oppimisen kannalta samantekevänä, kumpaa lähestymistapaa käytetään. Tällöin on usein kallistuttu demonstroinnin kannalle, koska se on kuluiltaan ja ajankäytöltään edullisempaa.

Oppilastöiden käytön hyväksyvien tutkijoiden joukossa on havaittu myös kriittisiä näkemyksiä. Yleensä on vastustettu keittokirjamaisia töitä, joiden tuloksista ei tehdä kovinkaan paljon johtopäätöksiä. Useiden tutkijoiden mukaan pitää pyrkiä avoimempiin töihin, niiden pohdintaan ja sen avulla tehtävään kemiantiedon rakentamiseen (Hofstein & Lunetta 2004). Työt on myös valittava niin, että ne ovat melko täydellisesti reaali maailmasta eli ei vain varmisteta esimerkiksi jonkin käsitteen tai mallin aikaisemmin selvitettyä olemassaoloa. Näin kehitetään korkeamman tason ajattelumalleja. Lisäksi jotkut tutkijat ovat puuttuneet järkevään töiden valintaan. Muun muassa Hodson kritisoi oppilastöitä huonosti suunnitelluiksi ja kuvasi niiden käyttöä opetusarvoltaan surkeasti suunnitelluiksi, sekaviksi ja puutteellisiksi (Hodson 1990). Edelleen teorialähtöisyys on yhtä käyttökelpoinen luonnontieteiden opetuksessa kuin kokeellisuus. (Dillon 2008)

On ilmeistä, että perinne ja mukavuudenhalu säilyttävät vanhanaikaisia menetelmiä. Tyytymättömyys luonnontieteiden opetussuunnitelman suureen sisällön määrään sekä mekaanisen oppimisen painottaminen ovat aiheuttaneet debattia vuosikausia luonnontieteiden opetuksen suhteen. Tämä yllytti 1980-luvun puolivälissä luonnontieteiden opettajia pyrkimään uusiin lähestymistapoihin. Tämä siirtymä tapahtui osin luonnontieteiden prosessien merkitysten kasvun tuloksena ja sen mukaisesti, kuinka niitä voitaisiin opettaa ja arvioida. (Dillon 2008)

Monet luonnontieteiden opettajat uskovat kokeellisuuden johtavan parempaan oppimistulokseen: todennäköisesti ymmärretään ja muistetaan paremmin asiat, jotka on tehty kuin asiat, joista on vain kerrottu. Lisäksi opettajat tietävät kokemuksestaan, että opiskelijat pitävät kokeellisia tehtäviä muita oppituntiaktiviteettejä mukavampina. Usein opiskelijat eivät kuitenkaan kokeellisuuden avulla opi asioita, joita heidän haluttaisiin oppivan. (Millar & Abrahams 2009)

Tehokas käytännön todiste kokeellisuuden käytöstä on tutkimus, jonka mukaan opiskelijoiden täytyy käsitellä sekä ideoita että materiaaleja koulun laboratoriossa. Näin ollen kokeellisten töiden ohessa on aina syytä jättää aikaa ajatteluun (hand-on and mind-on). Opiskelijoiden tulee ymmärtää luonnontieteiden luonnetta. Heidän on käsitettävä oppilastöiden rajoitukset ja arvo. Opiskelijat siis rakentavat tietoa ratkaisemalla todellisia mielekkäitä ongelmia, sillä kokeellisuus on osa heidän jokapäiväistä elämäänsä. (Lunetta ym. 2007; Dillon 2008)

Millar käsitteli myös tätä kysymystä. Hänen mukaansa opettajan tulee olla tietoinen kohteen, havaittavien asioiden ja ideoiden yhteyksien muodostamisesta. Tämä yhteys edellyttää ensin kokeellisia tehtäviä ja auttaa sitten häntä

suunnittelemaan sellaisia tehtäviä, jotka ottavat tämän edellytyksen yhä täsmällisemmin huomioon. Tämä puolestaan vaatii, että opettaja analysoi hyvin huolellisesti kokeellisten tehtävien tavoitteet, joihin hän sitoutuu. Näin hän tulee myös tietoisemmaksi opiskelijoidensa kognitiivisista haasteista. Kokeellisuuden parantaminen auttaa opettajaa olemaan paljon paremmin selvillä kokeellisten tehtävien tavoitteiden oppimisesta. (Millar 2004)

Hodson esitti vuonna 1990 viisi syytä, miksi kokeellisia töitä kannattaa käyttää. Yksi näistä oli, kuten on esitetty tämän luvun alussa, että ne motivoivat herättämällä kiinnostuksen ja nautinnon (Hodson 1990). "The House of Commons Science and Technology Committee" (2002) vaati samoin kokeellisuutta, joka on absoluuttisen oleellista innostuksen luomisessa. Abrahams (2009) kirjoitti, että Banduran mukaan termejä motivoida ja kiinnostaa on käytetty usein kirjallisuudessa tarkoittamaan samaa asiaa. Kuitenkin hänen mukaansa on selkeä ero motivaation, joka on sisäinen pyrkimys, ja mielenkiinnon, joka on jollain tavalla tapahtuvaa lumoutumista, välillä (Bandura (1986) teoksensa "Social foundations of thought and action: A social cognitive theory" sivulla 243). Esimerkiksi Lazarowitz & Tamir (1994) väittivät, että kokeellisuus motivoi opiskelijoita vedoten useiden tutkijoiden tuloksiin, vaikka nämä tutkimukset keskittyivät melkein yksinomaan kysymykseen opiskelijoiden mielenkiinnosta mielummin kuin motivaatiosta. Tosin yksi tutkija näistä käytti termiä motivaatio, vaikkakin vain kerran. (Abrahams 2009)

Vaikka kaikki eivät ole vakuuttuneita kokeellisuuden tehosta oppimiseen ja motivaatioon, Abdullahin, Mohamedin and Ismailin tutkimus kertoo, että sekä opettajat että opiskelijat, jotka olivat tutkimuksessa mukana, suhtautuivat mikroskaalan kokeiluihin positiivisesti. Tällä työskentelymenetelmällä opiskelijat saavuttivat kemian käsitteiden ymmärtämisessä merkittäviä tuloksia. On osoitettu, että mikroskaalan kokeilut ovat ainakin yhtä tehokkaita autettaessa opiskelijoita ymmärtämään kemian käsitteitä kuin perinteisen mittakaavan kokeelliset työt. Kuitenkaan ei ole huomattu mitään merkittäviä eroja opiskelijoiden asenteisiin ja motivaatioon. Tämä voisi johtua tosiasiaista, että molemmat ryhmät olivat hyvin sitoutuneita tekemään kokeellisia töitä. Ainoa ero oli käytettyjen laitteiden koossa ja lähestymistavassa: yksilöllinen versus ryhmä. Pitäen mielessä mikroskaalankokeiden edut turvallisuuden, taloudellisuuden, ympäristön ja koenopeuden suhteen tällainen työskentely tarjoaa todisteen tehosta niin, että kaikki edellä mainitut edut saavutetaan ilman tarvetta maksaa liikaa esimerkiksi materiaalikuluja. (Abdullah ym. 2008)

Shacharin ja Fischerin mukaan monet teoreetikot ovat kehittäneet päämääräohjattua lähestymistapaa selittämään oppimisen motivaatiota. Heidän mukaansa käytös ja motivaatio riippuvat merkityksestä ja tulkinnasta, jonka oppimiskokemus saa aikaan. Tämä oletamus kertoo, että opiskelijoiden käsitykset erityisen oppimistehtävään liittyvän työn ja teoreettisen oppilaitosympäristön painottamien saavutusmäärien suhteen esittävät suurta osaa määritettäessä oppimisen motivaatiota. (Shachar & Fischer 2004)

Edelleen Shacharin ja Fischerin mukaan kemian opetuksessa yhteistoiminnallisella ryhmätutkimusmenetelmällä saavutetaan positiivisia vaikutuksia opiskelijoiden oppimisen motivaatiotasoon. Menetelmä painottaa tutkimusta, vuorovaikutusta ja tulkintaa. Niiden ajatellaan olevan opiskelijoiden sisäiseen motivaationkehitykseen vaikuttavia tekijöitä. Tutkimuksen toimintaohjeet suunnitellaan kannustamaan sisäistä motivaatiota painottamalla itsenäisyyden ja vastuun korkeaa tasoa valittaessa tutkimusprojektin menetelmää. Näin saadaan merkittävää tukea ryhmätovereilta ja sitä myös tarjotaan heille. (Shachar & Fischer 2004)

Tutkimuksen tekijöiden mukaan ilmeni, että opiskelijoiden teoreettisiin saavutuksiin voidaan vaikuttaa positiivisesti ryhmätutkimuksessa käytettävällä yhteistoiminnallisella oppimisella. Kuitenkaan motivaation myötävaikutus ei näytä vaativan vain jatkuvaa altistusta uuteen menetelmään, vaan merkittäviä muutoksia monissa kouluympäristön näkyvissä piirteissä, jotka määräävät koulun organisaatiokulttuurin ja sen vaikutukset opiskelijoiden oppimiseen ja motivaatioon. (Shachar & Fischer 2004)

4.5 Luvun 4 yhteenveto

Väitöstutkimuksen kemian opetuksen ja opetussuunnitelman kokeellisuutta kuvaavan osan taustaksi selvitettiin kirjallisuudesta muun muassa kokeellisuuden määrittely, oppilastöiden historiaa ja nykyisyyttä, laboratorio-opetuksen taksonomiaa sekä kokeellisuuden merkitystä ja ongelmia. Toisaalta käsiteltiin tieteellistä lukutaitoa sekä vielä problematiikkaa: oppilastyö, demonstraatio, oppiminen ja motivaatio.

Kokeellisuus voitiin määritellä joko luonnontieteiden opetuksen ja oppimisen aktiviteetteina, joissa oppilastöiden avulla pyritään oppimaan käsitteitä, kemian luonnetta, työskentelytekniikoita ja suunnittelemaan ja toteuttamaan koikeita tai laajemmin niin, että avataan ovi suurelle joukolle muita aktiviteetteja, kuten demonstraatiot, kokeelliset tehtävät, analysointitehtävät ja muut tehtävät, joissa tulkitaan taulukoita tai graafisia esityksiä.

Monissa maissa oppilastyöt vakiintuivat 1960-luvulla luonnontieteiden opetussuunnitelmien keskeiseksi työtavaksi. Seuraavalla vuosikymmenellä monet kyseenalaistivat oppilastöiden arvon ja tehokkuuden ja vetäytyivät laboratoriotöistä. Kuitenkin esimerkiksi Hofstein (1988) esitti, että sopivat laboratoriotyöt voivat olla tehokkaita edistettäessä loogista kehitystä sekä tutkimus- ja ongelmanratkaisutaitojen kehittymistä. Lisäksi ne voivat auttaa käsittely- ja havainnointitaitojen kehittymistä sekä tieteellisten käsitteiden ymmärtämistä. Nykyisen konstruktivistisen käsityksen mukaisesti luonnontieteiden laboratoriotöiden pitäisi parantaa opiskelijoiden informaation käyttöä, kehittää yleisiä käsitteitä, määrittää uusia ongelmia, auttaa selittämään havaintoja ja tekemään ratkaisuja. Siksi pitäisi etsiä laboratorio-opetuksen päämääriä edistäviä strategioita.

Laboratorio-opetuksen taksonomialla tarkoitetaan laboratorio-opetuksen tyylien empiiristä arviointia, kuten Bloom teki luodessaan oman taksonomiensa.

Kemian opetuksen historian ajan laboratorio-opetuksessa on vallinnut neljä tyyliä: selittävä, tutkiva, keksivä ja ongelmalähtöinen. Selittävillä, keksivillä ja monilla ongelmalähtöisillä töillä jokaisella on ennalta määrätyt tulokset, jotka ainakin opettaja tietää. Tutkivat ja ongelmalähtöiset menetelmät vaativat opiskelijaa kehittämään oman toimintaohjeensa.

Kokeellisen työskentelyn merkitys ei useinkaan vastaa siihen asetettuja odotuksia. Teknisesti työn suorittaminen sujuu, kun on ollut paljon aikaa käytännön harjoiteluun. Tutkimustaitoihin liittyvät tulokset ovat kuitenkin epäjohdonmukaisia. Opettajien pitäisikin varmistaa, että käytetään muutamia sopivia harjoitustöitä, ja opiskelijoiden pitäisi ajatella tekemistään pohtien sen yhteyttä teoriaan. Toisin sanoen laboratoriossa opitaan, jos opiskelijoille annetaan paljon aikaa ja mahdollisuuksia vuorovaikutukseen ja reflektointiin, jotta saadaan käynnistetyksi keskustelu. Kuitenkin opiskelijat osallistuvat ensisijaisesti teknisiin aktiviteetteihin, ja vain harvoin on mahdollisuuksia metakognitiivisiin prosesseihin. Tutkimustyyppiset työt, joissa mahdollisimman avoimesti tutkitaan jotain aihetta, palvelevat metakognitiivisten kykyjen kehittämistä.

Koko kemian opetuksen historian ajan on vaikuttanut kaksi koulukuntaa: toinen on pitänyt oppilastöitä parempana oppimisen kannalta, toinen taas demonstraatioita. Tutkimusten perusteella on kuitenkin oppimisen kannalta samantekevää, kumpaa tapaa käytetään. Oppilastöiden kannattajienkin joukossa kriittisyyttä käytettävien töiden suhteen. Heidän mielestään pitäisi siirtyä entistä avoimempiin töihin, niiden pohdintaan ja sen avulla tehtävään kemian tiedon rakentamiseen. Vaikka usein sanotaan kokeellisten töiden parantavan motivaatiota, niin todellisuudessa tarkoitetaan, että ne herättävät mielenkiinnon. Motivaatiotutkimuksissa ei ole huomattu selvää eroa kokeellisuuden hyväksi. Kuitenkin eräät tutkijat ovat havainneet, että yhteistoiminnallisessa ryhmässä suoritettu tutkiva laboratorio-opiskelu saattaa parantaa myös motivaatiota.

5 TUTKIMUS

5.1 Opetussuunnitelmatutkimus

A Curriculum...is the enterprise par excellence where the line between subject matter and the method grows necessarily indistinct.

-Jerome Bruner

Tällä Jerome Brunerin toteamuksella Arthur L. Costa aloittaa teoksen "Toward the Thinking Curriculum: Current Cognitive Research, 1989 ASCD Yearbook" esipuheen. Myöhemmin samassa esipuheessa tarjotaan tutkimuksen taustaksi sellaisia kysymyksiä kuin:

1. Mitkä tutkimuksen työkalut ovat tärkeitä ja miksi?
2. Miksi tutkimus- ja ajattelutavat ovat tärkeitä kouluaineiden ymmärtämiseksi opettamisessa?
3. Miten ajattelutavat leikkaavat aineen tietopohjan kanssa?
4. Mitkä opetusprosessit kehittävät parhaiten oppiaineiden käsitteitä opiskelijoissa? (Costa 1989)

Opetussuunnitelmaratkaisujen tekijöille asetetaan vielä lisäkysymyksiä:

1. Kuinka paljon aikaa pitäisi olla käytössä eri käsitteiden opettamiseen ja millä kehityskaudella niitä olisi parasta opettaa?
2. Miten järjestetään nämä käsitteet ja tutkimustavat, jotta vahvistetaan kauttaaltaan opetussuunnitelmaa ja koulua?
3. Miten voidaan auttaa harjoittelevia ja valmiita opettajia ymmärtämään käsitteitä, tutkimustapoja ja ajatusprosesseja sekä kuinka pitää opettaa niitä?
4. Mitkä ajattelutavoista ja tutkimustyökaluista ovat yleistettävissä muihin oppiaineisiin ja päivittäiseen elämään?
5. Kuinka voidaan mitata ja raportoida ajattelukyvyyn kasvua? (Costa 1989)

Resnickin ja Klopferin (1989) mukaan opetussuunnitelmatutkimus hankkii uusia perspektiivejä siihen, kuinka ihminen oppii ajattelemaan. Näiden uusien oivallusten tavoittelu saattaa tarjota tulevaisuuden opetuskäytäntöjen perustan, joka auttaa opiskelijoita parantamaan ajattelun taitoja. Ajattelututkimuksesta ilmaantuva merkittävä oivallus on, että henkiset prosessit on liitetty ajatteluun niin, että niitä ei rajoiteta johonkin kehittyneeseen tai korkeamman asteen henkisen kehityksen vaiheeseen. Sen sijaan ajattelutaidot liitetään läheisesti lukemisen, matematiikan ja muiden aineiden tasapainoisten perustasojen riittävään oppimiseen. Kaikki reaalin oppiminen liittyy ajatteluun niin, että jokaisen ajattelukykyä voidaan hoivata ja kehittää, ja että täydellistäkin opetusohjelmaa täytyy uudistaa ja elvyttää. Näin ollen ajattelu tunkeutuu opiskelijoiden elämään päiväko-dista eteenpäin niin tieteissä, taiteissa kuin ammatillisessa ja erityiskoulutukses-sakin. (Resnick & Klopfer 1989)

Opetussuunnitelmatutkimus käsittää tavoitteiden toteuttamisen, opetuksen päämäärät ja muut koulutuksen näkökohdat selvittäen hankkeelle keskeiset käsitteet ja menetelmät hankkeen luonteen mukaisesti. Mahdollisuuksien mukaan on tarkoitus selvittää, millä sosiaalisilla, psykologisilla ja hallinnollisilla tekijöillä voi olla määrättyjä vaikutuksia menestykseen saavutettaessa käytännön tavoitteita, jotka kuvaavat satunnaisia ja loogisia rajoituksia ja vaatimuksia toteutuksen ja arvioinnin toimintaohjeisiin sekä niitä määrääviin ohjeisiin. Näistä perusedellytyksistä jokaista täytyy lähestyä eri tavoin ja jokaiselle täytyy antaa asianmukaista huomiota, jos aiotaan tehdä järkeviä opetussuunnitelmaesityksiä. Sen vuoksi opetussuunnitelmatutkimuksen täytyy olla vuorovaikutteista. Edellä olevan on esittänyt Robin Barrow vuonna 1985. (Short 1991)

5.1.1 Opetussuunnitelmatutkimuksen luonne ja rakenne

Opetussuunnitelmatutkimus on koulutustutkimuksen laji. Sen tutkimuskysymykset liittyvät opetussuunnitelman menettelytapojen muotoiluun, ohjelmien kehittämiseen sekä näiden menettelytapojen ja ohjelmien esittämiseen. Opetussuunnitelmatutkimuksen tulee tunnistaa opetussuunnitelmakysymykset, jotka ovat myönteisiä tutkimukselle tietäen, mitä tutkimusmuotoa käytetään yritettäessä vastata noihin erityiskysymyksiin ja suoritettaessa asiaankuuluvia tutkimusprosesseja noiden vastausten saamiseksi. (Short 1991)

Opetussuunnitelmatutkimuksen luonteen ja rakenteen käsittämiseksi on ymmärrettävä sen suhde tutkimukseen yleensä: sen rakenne, sen suhde opetussuunnitelmakäytäntöön, sen ajankohtainen status ja ongelmat, sen erityispiirteet käytännön tutkimusalueena sekä tutkimuksen monikertaisten muotojen käyttämisen tarpeellisuus. (Short 1991)

5.1.2 Opetussuunnitelmatutkimuksen muodot

Yritys tunnistaa ja erottaa tutkimuksen muotoja samoin kuin yritys käyttää niitä asiaankuuluvasti ja tarkasti merkitsee, että on selvä peruskäsitteen määritelmä, tai että nojataan täydellisesti fraasiin, joka viittaa tutkimuksen muotoihin. Tutkimuksen muoto on prosessi, jonka avulla vastataan aikaisemmin vastaamattomien kysymysten tiettyyn luokkaan. Mikä tahansa sellainen kysymys muodostuu toteen näytettyjen toimintaohjeiden sarjoista, kun tehdään ja perustellaan tietovaatimuksia tai vastausten saamista sellaisiin kysymyksiin, jotka ovat yhdenmukaisia tutkimuksen jonkin teorian kanssa. (Dewey 1938; Hamlyn 1970; Short 1991)

Tutkimuksen muoto usein ajatellaan löysästi tutkimusmenetelmäksi, jossa seurataan vakiintunutta toimintaohjetta ja josta johtopäätökset saadaan vääjäämättömästi. Tämä väärinkäsitys unohtaa tosiasian, että toimintaohjeita ei voida irrottaa tutkimuksen teoriasta, joka antaa niille merkityksen ja päämäärän ja selvän perusteen. Itse asiassa tutkimusteorian täsmällinen tulkinta saattaa luvata joustavuutta toimintaohjeisiin pikemmin kuin tiukkaa kiinnittymistä toimintaohjeiden jäykkään malliin. (Short 1991)

Short on koonnut 17 erilaisen tutkimuksen luokkaa, joita hän kutsuu jo edellä esitetyn mukaisesti tutkimuksen muodoiksi. Tietyt näistä muodoista ovat tavanomaisia tieteen sisäisiä luokkia. Toiset puolestaan ovat monitieteisiä tai poikkitieteellisiä luonteeltaan ja sopivat hyvin holistisiin kysymyksiin, joita esiintyy opetussuunnitelmissa. Näiden 17 tutkimuksen muodon luettelosta voidaan poimia muun muassa analyttinen, hermeneuttinen, normatiivinen, historiallinen, luonnontieteellinen, arviointi-, kansatieteellinen ja toimintatutkimus (Short 1991). Tämä väitöstutkimus sopii historiallisen tutkimuksen alle, koska siinä on aivan selvä aikaväli, jonka tapahtumia käsitellään myöhemmin tarkasteltavalla tutkimusmenetelmällä.

5.1.2.1 Historiallinen tutkimus

Opetuksen historiallisessa tutkimuksessa käytetään lukuisia menetelmiä ja laajaa joukkoa lähdemateriaaleja. Nämä sisältävät suullisia lähteitä, jotka liittyvät lähimenneisyydessä opettajille ja opiskelijoille tehtyihin haastatteluihin. Niissä haastateltavat kertovat omia kokemuksiaan historiallisina todisteina. Dokumenttien analyysi puolestaan on ollut luonteenomaisin ja perinteisin menetelmä, jota käytetään modernissa historiallisessa tutkimuksessa erotuksena sosiaalisesta tutkimuksesta. Näin ollen dokumenttilähteiden käsittely nähdään laajasti ammatillisen historian tarkastusleimana. Työskentelyn lähtökohta on historiankirjoittajien toteennäyttämät käytännöt aloitettaessa dokumenttitutkimusta, vaikka historiankirjoittaja ei ole pyrkinyt ammattikuntansa keskeiseen näkökulmaan. (Cohen ym. 2011)

Opetussuunnitelman historia, joka aiheena on opetussuunnitelman käytännön aluetta, on historiallisten tutkimusten perheenjäsen. Siis opetussuunnitelman historian esittämiä asioita ohjaavat samat yleisesti sovellettavat historiankirjoituksen kriteerit. Historioitsijat ovat usein kirjoittaneet alueen ohjaavista periaatteista. Valitut kirjoitukset historiallisen tieteellisyyden määräyksistä ja esimerkeistä sopivat osuvina opaskirjoina opetussuunnitelman historian tutkijoille ja kirjoittajille. Rohkaisuksi historiallisen tutkimuksen täsmällisille ohjeille esitetään useita opetussuunnitelmanhistorian tutkimuksen suuntaviivoja. (Davis Jr 1991)

Davis Junior on kerännyt näitä suuntaviivoja seuraavasti:

1. Oikeutus. Opetussuunnitelmatutkimusta tukevat jäljitettävissä olevat historialliset todisteet. Käytetään alkuperäislähteitä, mikäli mahdollista. On virhe jättää käyttämättä alkuperäislähteitä tai käyttää lähteitä, jotka vaikka ovat helposti saatavissa, eivät ole yleisesti hyväksytyjä. Tutkimusmenetelmät pannaan merkille ja ei jätetä muiden historioitsijoiden erityisen relevantteja töitä huomiotta.
2. Tulkinta. Kerronta tarjoaa mieleenpainuvaa opetussuunnitelmajuonen tulkintoja sopivien kontekstien sisällä. Lisäksi mahdolliset tulkinnat voivat olla olemassa osana teemaa ja siten kuvauksen perusedellytyksenä. Historiallista tietoa ei eliminoida, vaienneta eikä sille anneta kohtuutonta painoa nurkkakuntaisten paineiden takia. Kysymykset, jotka ovat kiistanalaisia tai voivat olla vaikeita ymmärtää, käsitellään täsmällisesti ja hienovaraisesti.
3. Merkittävyys. Opetussuunnitelman juonen käännepiisteet, tapahtumat ja ihmiset käsitellään riittävän perusteellisesti sekä juonen ja sen tulkinnan

tärkeiden että kertojan realistisen kuvauksen kehittymiselle. Merkittävyys voidaan toteuttaa, mutta sitä myös kehitetään.

4. Konteksti. Vältetään näennäistä läsnäoloa. Opetussuunnitelmakäytännön ja -kysymysten tämän hetken tulkinnat eivät määräydy menneen ajan tapahtumista, yksilöistä ja toiminnoista. Opetussuunnitelman oivalukset, käytännöt, esitykset, termit ja lainaukset sulautetaan selkeästi ajan ja paikan sosiaaliseen, älylliseen ja kasvatukselliseen historiakontekstiin. Täsmällinen orientaatio aikaan on selvä välittämättä käytetystä kerrontarakenteesta, kun esitetään opetussuunnitelman juonta.
5. Edustavuus. Vältetään kysymysten liiallista yksinkertaistamista ja stereotyyppisiä. Etsitään identiteetin täysi merkitys. Ei romantisoida opetussuunnitelman juonta.
6. Perspektiivi. Opetussuunnitelman esitykset, kehittämiset, harkinnat, arvioinnit ja seuraukset esitetään mielekkäästi. Monikertaiset perspektiivit painottavat sekä jatkuvuutta että ajan muutosta.
7. Tyyli. Kirjoitetaan selkeä artikkeli, joka tavoittelee tunnustusta miellyttävänä kirjallisena esityksenä. Sen tyyli ei ole pitkävetäinen ja tylsä. Lukijan pitäisi pitää artikkelia virkistävänä ja mielenkiintoisena, myös mukaansa tempaavana. (Davis Jr 1991)

5.1.2.2 Mikä on dokumentti?

Dokumentti voidaan määritellä lyhyesti tapahtuman tai prosessin tallenteena. Niitä voivat tuottaa yksilöt ja ryhmät, ja ne voivat olla hyvin monenlaisia. Dokumenttityypit voivat erota laajasti, ja tutkijan on tärkeää havaita tämä, vaikka niitä ei aina luokitella tiukasti. Dokumentit voivat olla primaari- tai sekundaaridokumentteja. (Cohen ym. 2011)

Cohenin ym. mukaan primaari- ja sekundaaridokumenttien välisen eron toteennäyttäminen on monimutkaisempaa, kuin aluksi luulisi. Primaaridokumentit tuotetaan tapahtuman tai prosessin, johon todiste tai kohde liittyy, suorana tallennuksena. Sekundaaridokumentit puolestaan muodostetaan primaaridokumenttien avulla niin, että hankitaan kyseisen tapahtuman tai prosessin selostus. Kuitenkaan monet dokumentit eivät sovi tähän perusjakoon suoraan. Esimerkiksi elämäkerrat ovat primaaridokumentteja relevantissa tapahtumassa todistajana ja osanottajana toimivan kirjoittajan avustuksella, mutta usein tuotetaan vuosia tai kymmeniä myöhemmin. Ne voivat olla muistin tai valikoivan kerronnan sievistelemiä. Niitä voitaisiin pitää myös sekundaaridokumentteina ulottuvuuteen, jonka kautta ne näyttävät analysoivan muuttuvia aikoja, joita elämäkertakirjailija on elänyt. Tekotavasta riippuen dokumentit voivat olla kumpia tahansa. Tieteelliset teokset voisivat myötävaikuttaa alallaan ja olla siten sekundaaridokumentteja, mutta samaan aikaan peilata asenteita tietynä aikana tai tietyssä kontekstissa olevia kysymyksiä, ja siten olla tässä mielessä primaaridokumentteja. (Cohen ym. 2011)

Sitä paitsi jotkin dokumentit toimitetaan ja kootaan diaarien, kirjeiden ja elämäkertojen versioista. Näitä voidaan sanoa hybrididokumentteiksi. Nämä saavutetaan helpommin kuin alkuperäiset primaaridokumentit, mutta ovat editoinnin takia menettäneet luonteestaan joko vähän tai olennaisesti jotain. Tuotettaessa tämän kaltaisia dokumentteja julkaisutoimittaja voi pyrkiä korostamaan materiaalin luonnetta ja saamaan niistä kiinnostavampia, eikä vain kehuaan dokumentin kirjoittajaa tai peilaamaan erityisintressejä. Sellaisessa tapauksessa voidaan sanoa, että primaaridokumentin piirteet ovat olleet kompromissi prosessille, joka toimitetaan ja esitetään tällä tavalla. (Cohen ym. 2011)

Primaaridokumentteja käytetään usein koulutukseen liittyvään historialliseen ja dokumenttitutkimukseen sekä koulutukseen liittyvään historialliseen tutkimukseen. Nämä sisältävät kirjoja ja oppikirjoja, raportteja, tiedonantoja, sanomalehtiä ja muita medialähteitä. Näitä käytetään usein yhdessä tai tutkijan käyttämien muun tyyppisten tietolähteiden ohella. (Cohen ym. 2011)

5.1.2.3 Dokumenttianalyysi

Dokumentit, jotka on kerran paikannettu ja tutkittu, eivät edistä itsessään tutkimusta, vaan vaativat huolellista analyysiä ja tulkintaa. Tässä väitöstutkimuksessa analyysiin käytetään sisällönanalyysiä, josta on tarkemmin luvussa 5.3. Tutkimusmenetelmä ja aineiston luokittelu. Esikysymysten avulla varmistetaan dokumentin aitous, mikä tarkoittaa tekijän, sen tuottamisajan ja paikan todentamista. Joskus dokumentti on unohdettu tai tekijänoikeus epäilyttävä. Tutkija voi yrittää ottaa huomioon dokumentin reliabiliteetin. Tämä tarkoittaa tapahtuman selostuksen uskottavuutta, joka johtuu tekijän painotuksesta, pääsystä tapahtumaan ja havainnoijan tulkinnoista. Dokumenttien säilymisaste luo lisäkysymyksiä reliabiliteettia koskien, ja nostaa kysymyksiä, kuinka edustavia, tyypillisiä ja yleistäviä säilyneet dokumentit voivat olla. Reliabiliteettia tarkastellaan myöhemmin väitöstutkimuksen luotettavuusluvussa 5.4. (Cohen ym. 2011)

5.2 Tutkimuksen päämäärä ja tutkimuskysymykset

5.2.1 Tutkimuksen päämäärä

Tarkoituksena on selvittää lukion kemian kansallisen opetussuunnitelman kehittymistä vuosina 1918–2016. Vuoteen 1985 saakka annettiin kansallinen opetussuunnitelma (oppiennätykset ja metodiset ohjeet) ja sen jälkeen opetussuunnitelman perusteet. Kemian opetuksen alueella maassamme ei ole tutkittu kokonaisvaltaisesti opetussuunnitelmia laajempaan teoriaan kytkettynä, ja siksi tutkimusta voidaan käyttää kehitettäessä koulukemian tavoitteita, sisältöjä, opetusmenetelmiä ja arviointia. Näin ollen tutkimuksella on siten merkitystä muun muassa tulevien kemian opettajien koulutuksessa sekä opettajien täydennyskoulutuksessa. Merkitykseen palataan luvussa 7.12. Muiden kouluaineiden kohdalla vastaavaa tutkimusta on tehty esimerkiksi fysiikassa (Erätuuli 1980).

5.2.2 Tutkimuskysymykset

1. Millaisena tavoitteet, sisällöt, menetelmät ja arviointi esiintyvät eri opetussuunnitelmaudistuksissa?

- i. Millaisia teoreettisten ja yhteiskunnallisten linjausten muutoksia havaitaan?
- ii. Miten yhteiskunnan muuttuminen on vaikuttanut opetussuunnitelmaprosessiin?

- iii. Miten arvioinnin avulla on selvitetty asetettujen tavoitteiden saavuttamista?
2. Miten kemian tieteessä keskeinen kokeellisuus näkyy eri uudistuksissa?
- i. Tavoitteissa
 - ii. Sisällöissä
 - iii. Opetusmenetelmissä (työtavoissa)
 - iv. Arvioinnissa
3. Miten kemian opetussuunnitelman neljä päänäkökulmaa näkyvät eri uudistuksissa?
- i. Sisällön, prosessin ja kontekstin välisessä tasapainossa
 - ii. Sisällön, tavoitteiden ja tulosten, opetusmenetelmien ja arvioinnin välisessä harmoniassa
 - iii. Luonnontieteellisessä lukutaidossa ja luonnontieteellisessä perustassa
 - iv. Opetussuunnitelman kehittämissryhmän koostumuksessa.

5.3 Tutkimusmenetelmä ja aineiston luokittelu

5.3.1 Tutkimusmenetelmä

Tässä väitöstutkimuksessa pyritään tutkittaviin opetussuunnitelmiin liittyvä aineisto analysoimaan käyttämällä laadullista tutkimustapaa sekä sisällönanalyysiä (Tuomi & Sarajärvi 2009; Cohen ym. 2011). Tuomen ja Sarajärven mukaan soveltuva menetelmä näyttäisi olevan teoriaohjaava sisällönanalyysi, jossa empiirisen aineiston abstrahoinnissa teoreettiset käsitteet tuodaan valmiina, siis ilmiöistä jo tiedettyinä. Tämä poikkeaa aineistolähtöisestä (joka voisi myös olla käytettävä tekniikka) siten, että siinä käsitteet luodaan aineistosta (Tuomi & Sarajärvi 2009).

Cohen ym. yhdistelevät useiden tutkijoiden näkemyksiä sisällön analyysistä. Heidän mukaansa se määrittää täsmällisen ja systemaattisen toimintaohjeen huolelliselle analyysille, tutkimukselle ja kirjoitetun tiedon sisältöjen todentamiselle. Edelleen se voidaan määritellä tutkimustekniikkana, jossa tehdään tekstin ja muun merkityksellisen aineiston toistettavia ja valideja päätelmiä niiden käyttämässä kontekstissa. Sen avulla voidaan työstää sekä strukturoituja että strukturoimattomia materiaaleja. Sisällönanalyysiä on voitu soveltaa oleellisiin kulttuurien risteyskohtien ongelmiin kuten sosiaalisen kulttuurin ja sosiaalisen vuorovaikutuksen ongelmiin. Sitä on voitu käyttää yleistämään riippuvia muuttujia kokeellisissa suunnitelmissa. Se on myös ollut käyttökelpoinen menetelmä tutkittaessa ryhmiä yhteiskunnan pienoismalleina. Sisällönanalyysiä sovelletaan usein analysoitaessa suuria tekstimääriä, koska se on luonteeltaan systemaattinen ja säännönmukainen ja koska se mahdollistaa tietokoneavusteisen analyysin

suorittamisen. Usein se käyttää luokittelua oleellisena piirteenä vähennettäessä tietojen suurta määrää. (Cohen ym. 2011)

Tuomen ja Sarajärven mukaan nykyään sisällönanalyysi voi tarkoittaa sisällön kuvaamista sanallisesti ja sen rinnalla tehtävää aineiston kvantitatiivista analyysiä. Heidän mielestään sisällönanalyysi on systemaattinen ja objektiivinen menetelmä, joka tiivistää ja yleistää aineiston. Tosin tällä menetelmällä kerätty aineisto saadaan vain järjestetyksi johtopäätöksiä varten. (Tuomi & Sarajärvi 2009)

Sisällönanalyysissä keskitytään kieli- ja kielellisiin piirteisiin sellaisessa kontekstissa, jossa se on systemaattinen ja varmistettavissa oleva menetelmä, mikäli sen säännöt ovat selkeitä, läpinäkyviä ja julkisia. Koska tiedot ovat pysyvässä muodossa (tekstinä), varmistaminen uudella analyysimenetelmällä tai toistamalla alkuperäinen on mahdollista. (Cohen ym. 2011)

Ensimmäiseksi on määriteltävä tutkittavan tiedon pohjalta analysoinnissa käytettävät analyysiyksiköt (esim. sanat, virkkeet, ilmaukset) sekä järkevät analyysiluokat. Sen jälkeen tutkimusaineisto koodataan ja luokitellaan noihin luokkiin. Analyysiluokkia vertaillaan ja niiden välille muodostetaan yhteyksiä. Lopuksi analyysin tuloksia tulkitaan, ja tehdään teoreettisia johtopäätöksiä. Aineiston laadullinen käsittely perustuu loogiseen päättelyyn ja tulkintaan. Aluksi aineisto pilkotaan osiin, käsitellään ja lopuksi kootaan uudelleen uudella tavalla loogiseksi kokonaisuudeksi. Tutkimuksen jokaisessa vaiheessa tehdään analyysiä. (Cohen ym. 2011; Tuomi & Sarajärvi 2009)

Tämän väitöstutkimuksen aineistona ovat seitsemän opetussuunnitelmauudistusta, kolme kansallista opetussuunnitelmaa ja neljä opetussuunnitelman perusteiden asiakirjaa. Vuoden 1916 fysiikan opetussuunnitelman (oppiennätykset) antoi keisarillinen senaatti. Metodiset ohjeet puolestaan julkaisi kouluylhallitus. Suomen itsenäistyttyä kemia irrotettiin asetuksella omaksi oppiaineeksi (Suomen senaatin asetus 1918). Seuraavassa vaiheessa tuli vuoden 1933 oppikoulukomitean mietintö (Komiteamietintö 1933), jonka perusteella annettiin asetus 435/1941 oppikoulujen lukusuunnitelmasta, joka lähetettiin koulujen johtoelimille Kouluhallituksen kiertokirjeen 1077/1941 liitteenä (Kouluhallitus 1941). Asetukseen liitettiin Opetusministeriön vahvistamat oppiennätykset valtion oppikouluja varten sekä Kouluhallituksen vahvistamat metodiset ohjeet (Opetusministeriö 1944).

Vasta vuonna 1970 elokuun lopussa Lukion fysiikan ja kemian opetussuunnitelmatoimikunnan mietinnön pohjalta saatettiin voimaan uusi lukion kemian kansallinen opetussuunnitelma (Komiteamietintö 1970). Tätä opetussuunnitelmaa tosin päivitettiin vuonna 1975, jolloin siihen tehtiin muutoksia, joita tarkastellaan Tulokset-osassa (luku 6.4). Vuoden 1977 Lukion opetussuunnitelmakomitean mietinnön (Komiteamietintö 1977) pohjalta valmisteltiin vuoden 1985 opetussuunnitelman perusteet, joihin kunnat saattoivat lisätä omia erityispiirteitään (Kouluhallitus 1985a). Tosin vuoden 1981 lukioasetuksen perusteella kouluhallitus oli antanut määräyksen lukion kurssimuotoisesta oppimäärästä ja oppimääräsuunnitelmasta (Kouluhallitus 1981). Siinä tavoitteet ja sisällöt oli ilmoitettu miltei samoin kuin vuoden 1985 tavoitteissa, mutta arviointi ja menetelmät

yksityiskohtaisemmin. Vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteet siirsivät laadintavallan vielä täydellisemmin kunnille ja muille koulutuksen järjestäjille esimerkiksi yliopistoille, joiden alaiset normaalikoulut laativat oman paikallisen opetussuunnitelman. Opetushallitus antoi tavoitteet, hyvin yleiset sisällöt ja opetusmenetelmien periaatteet, mutta kentällä piti kirjoittaa opetussuunnitelmaan muun muassa kurssikohtaiset tavoitteet, sisällöt, menetelmät ja arviointi (Opetushallitus 1994).

Arvioinnin osuutta tarkennettiin vuoden 1998 lukiolain ja -asetuksenannon yhteydessä (lukiolaki ja -asetus 1998). Näiden säädösten pohjalta opetushallitus valmisti vuoden 2003 Lukion opetussuunnitelman perusteet, joissa annettiin tavoitteiden lisäksi keskeiset sisällöt (Opetushallitus 2003). Vuonna 2015 annetut uudet lukion opetussuunnitelman perusteet tulivat voimaan 1.8.2016 (Opetushallitus 2015).

Koska edellä mainittujen asiakirjojen lisäksi uuden opetussuunnitelman antaminen edellyttää, että valtioneuvosto antaa tuntijakoasetuksen (ennen vuotta 1981 lukusuunnitelma) (Asetus 1941, 1958, 1969, 1975, 1976, 1981, 1983, 1993, 2003, 2014), ne ovat tutkimuksessa mukana. Kunkin opetussuunnitelman voimassaoloaikana Kouluhallitus ja myöhemmin Opetushallitus ovat ohjanneet opetustyötä kiertokirjeillä, yleiskirjeillä ja määräyksillä. Lisäaineistona on mukana muun muassa komiteamietintöjä, arviointiraportteja, opetusalan ja tieteenalan aikakauslehtiä.

Tässä työssä tutkitaan opetussuunnitelmien ja opetuksen tavoitteita, sisältöjä, menetelmiä ja arviointia sekä kokeellisuutta, jotka vaikuttivat tutkimuksen teoriaosuuden aineiston valintaan. Oli siis muodostettava viitekehys, jossa tarkasteltiin yleisesti oppimiskäsityksiä, opetussuunnitelmamalleja, kemian opetussuunnitelmamalleja ja tietenkin kemian opetuksen kokeellisuutta. Kaksi ensimmäistä tutkimuskysymystä (luku 5.2.2) löytyivät helposti edellä mainitun hypoteesin avulla. Kolmas tutkimuskysymys (luku 5.2.2) lukion kemian opetussuunnitelman päänäkökulmista muotoutui tulosten analysoinnin aikana Childsin artikkelin pohjalta (Childs 2015). Alakysymyksillä pyrittiin tarkentamaan jo kaista pääkysymystä.

5.3.2 Aineiston luokittelu

Tämän väitöstutkimuksen luotettavuuden osoittamiseen kuuluva aineiston luokittelu on tehty vuosien 1941 ja 1970 kansallisen opetussuunnitelman sekä 1985, 1994, 2003 ja 2015 opetussuunnitelman perusteiden tavoitteille, sisällöille, menetelmille ja arvioinnille. Vuoden 1918 kemian opetussuunnitelmassa ei ollut lukion kemiaa, koska kaikki kemian opetus oli rajattu keskikoulun viidennelle luokalle. Opetussuunnitelmien ja perusteiden sekä muun materiaalin yksityiskohtainen tarkastelu ja vertaileminen esitetään Tulokset-osassa. Tässä luvussa käsitellään kussakin tapauksessa luokitellusta aineistosta noin kymmenen prosentin otos, jota käytetään tutkimuksen luotettavuuden osoittamiseen.

Opetussuunnitelmissa kuvatuista opetuksen **tavoitteista** on sisällytetty otokseen monipuolinen yleissivistys, kemian opetuksen ohjauspyrkimykset, tie-

tolähteet, käsitteiden käyttö ja soveltaminen ilmiöissä sekä tieto- ja viestintäteknologian käyttö. Kemian opetuksen tavoitteena ei tietenkään voi olla yleissivistys kokonaisuutena, vaan osa, joka sisältää luonnontieteellisen ajattelun ja nykyaikaisen maailmankuvan sekä näitä sivuavia asioita. Kemian opetuksen pyrkimykset pitävät sisällään muun muassa luonnontieteellisen ajattelun, tiedonhankinnan, tietojen käytön, ideoinnin, vuorovaikutuksen, tiedon luotettavuuden ja merkityksen arvioinnin. Tietolähteiden kohdalla tarkastellaan käyttöä ja kriittistä arviointia. Käsitteiden käyttö ja soveltaminen erilaisissa ilmiöissä sisältää suuren joukon asioita, jotka liittyvät mm. jokapäiväiseen elämään, ympäristöön, yhteiskuntaan ja teknologiaan. Viimeinen luokka on tieto- ja viestintäteknologia, johon liittyy sen soveltaminen mallintamisessa, tutkimuksen teossa, tiedonhankinnassa ja tuotosten laatimisessa.

Sisällöistä otokseen on valikoitunut kemian merkitys, aineen rakenne ja ominaisuudet, energian häviämättömyys kemiallisessa reaktiossa sekä kemiallinen reaktio. Kemian merkitykselle löytyi useita kohteita, kuten jatko-opinnot, työelämä, teknologia, yhteiskunta, kestävä tulevaisuuden rakentaminen, energiaratkaisut ja ympäristö. Kemialliseen reaktioon puolestaan liittyvät muun muassa reaktioyhtälöt, reaktiotyypit ja -mekanismit, reaktiosovellukset. Aineen rakenne ja ominaisuudet koostuvat atomin rakenteesta, hybridisoitumisesta, kaikenlaisista sidoksista, avarauusrakenteista ja niin edelleen. Energian häviämättömyyteen kemiallisessa reaktiossa voidaan liittää Hessin laki, sidosenergia ja muodostumisenergia. Viimeinen kohta puolestaan sisältää dynaamisen tasapainon, tasapainon muuttamisen, sovellukset sekä diagrammit, joiden avulla dynaamista tasapainoa voidaan kuvata, ja erilaiset tasapainolaskut.

Opetusmenetelmäotos luotettavuuden määrittämistä varten koostuu opetusmenetelmän valinnan ja kehittämisen perustasta, rohkaisemisesta ratkaisemaan tehtäviä, demonstraatioista, kokeellisesta tiedonhankinnasta ja tutkimuslähtöisestä lähestymistavasta. Opetusmenetelmän valinnan ja kehittämisen perusta riippuu opiskelijoiden edellytyksistä, kiinnostuksen kohteista, näkemyksistä ja yksilöllisistä tarpeista. Rohkaiseminen ratkaisemaan tehtäviä tarkoittaa avoimien ja riittävän haastavien tehtävien ratkaisua, ongelmien havaitsemista, kysymysten esittämistä, vastausten etsimistä ja vaikeiden kysymysten analysointia pilkkomalla niitä osiin. Demonstraatiot voivat olla opettajan tai oppilasryhmän suorittamia kokeita, joiden avulla pyritään havaitsemaan uusi ilmiö mittaamaan jonkin suuren arvoja, tekemään päätelmiä tai todentamaan teoriassa esitetty asia. Kokeellinen ympäristöstä tapahtuva tiedonhankinta puolestaan koostuu oppilastöistä, demonstraatioista, vierailuista, erilaisten laitosten hyödyntämisestä, tutkimuksista ja ongelmanratkaisusta. Tutkimuslähtöisessä lähestymistavassa pyritään siihen, että ongelmasta lähtien pyritään eri menetelmin lopputulokseen joko hyvin avoimesti tai ohjaten apukysymyksiä etenemistä.

Opiskelija-arvioinnin otos koostuu oppimäärän arvioinnista, ymmärtämisen ja soveltamisen arvioinnista, kokeellisen työskentelyn arvioinnista sekä jatkuvan näytön arvioinnista. Oppimäärän arviointi lienee muodostunut vuosien 1941 ja 1970 viimeisen luokan arvioinnin perusteella, sillä opetussuunnitelmat eivät kerro tästä mitään. Vuoden 1985 opetussuunnitelmanperusteet kertovat

vain yleisesti arvioinnista, mutta kemian kohdalta voidaan tulkita vuoden 1981 oppimääräsuunnitelman ohjetta, jossa kemian kurssien vaatimustaso nousee viimeistä kurssia kohden mentäessä. Tämä tarkoittanee, että opettajalle tai opettajille yhdessä jäi päätäntävaltaa painottaa viimeisten kurssien osuutta arvosanaa annettaessa, vaikka kouluhallituksen kirjeellä tarkennetaan kurssien arvostelun erillisyyttä. Myös vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteet jättävät opettajalle harkinnan mahdollisuuden. Opetussuunnitelman perusteissa kokeellisen työskentelyn arviointi vaikuttaa usein jäsentymättömältä. Opetussuunnitelmien perusteiden mukaan voidaan kuitenkin arvioida työselostuksia, muita tuotoksia muun muassa havaintoja ja mittaustuloksia, kokeellisen tiedonhankinnan ja -käsitteilyntaitojen kehittymistä, tulkintaa ja mallinnusta, menetelmällisiä tietoja ja taitoja sekä tutkimustaitoja. Viimeisissä opetussuunnitelman perusteissa kemiallisen tiedon ymmärtäminen ja soveltaminen on otettu arviointikohteeksi. Viimeisenä otokseen tuli jatkuva näyttö, jota voidaan osoittaa monin eri tavoin.

5.4 Tutkimuksen luotettavuus

Väitetään, että kvalitatiivisessa tietojen keräyksessä intensiivinen, henkilökohtainen osallistuminen ja tutkijoiden syvälliset vastaukset turvaavat riittävän validiteetin ja reliabiliteetin tason. Väitteestä myös kiistellään, sillä kyseiset vastaukset voivat olla vajavaisia, ja kyseisillä tutkijoilla ei ole varmistettua etuoikeutettua asemaa tulkintaan nähden. Lisäksi jäykät validiteetin ja reliabiliteetin käsitykset edellyttävät tietojen valinnassa yksinkertaistamista niin, että tiedot sovitetaan ilmiöstä etukäteen muodostettuihin tai ideaalisiin käsityksiin. Tiedot saattavat myös olla näyttävästi mielenkiintoisia. Valituista tiedoista tulee saada edustava otos tai niiden tulee olla koko tietokokonaisuus. Tällöin ne osoittavat sisältö-, rakenne- ja samanaikaisvaliditeetin. (Cohen ym. 2011)

Kvalitatiivisessa tutkimuksessa validiteetti on mahdollista korvata tulosten luottamuksella, koska todellisuus on riippumaton tutkijoiden sitä varten tekemistä väitteistä. Kuvaukset ovat vain tuon todellisuuden esityksiä mieluummin kuin sen kopioita. Kvalitatiivisen tutkimuksen validiteetin avainkriteerit ovat uskottavuus (korvaa kvantitatiivisen tutkimuksen sisäisen validiteetin), läpinäkyvyys (korvaa ulkoisen validiteetin), luotettavuus (korvaa reliabiliteetin käsitteen) ja vahvistettavuus (korvaa objektiivisuuden). (Cohen ym. 2011, Tuomi & Sarajärvi 2009; Lincoln & Guba 1985).

Uskottavuus on merkittävässä suhteessa tutkimustulosten totuudenmukaisuuteen, sovellettavuuteen, pysyvyyteen ja neutraalisuuteen (Tuomi & Sarajärvi 2009; Lincoln & Guba 1985). Tässä tutkimuksessa uskottavuus on kunnossa, koska luvun 5.3.2 mukaan aineisto on huolellisesti ja johdonmukaisesti luokiteltu analyysiluokkiin ja aineisto on selkeästi rajattu.

Siirrettävyys tarkoittaa sitä, että tutkimustulokset pysyvät vertailukelpoisina, kun sovelletaan tutkimusta muihin konteksteihin tai samaan kontekstiin toisena aikana (Tuomi & Sarajärvi 2009; Lincoln & Guba 1985). Tämän tutkimuksen aineistossa olevien kansallisten opetussuunnitelmien ja opetussuunnitelmien

perusteiden tutkimisen tuloksia on mahdollista käyttää hyväksi muiden maiden vastaavissa tutkimuksissa ja niissä on mahdollista saada samankaltaisia tuloksia.

Jotta tutkimus on tieteellinen, sen luotettavuuden pitää olla mahdollisimman korkeatasoista. Luotettavuuden tarkastaminen käsittää useita vaiheita. Ensiksi huolehditaan tutkimuksen ratkaisujen ja metodologisten muutosten asianmukaisuudesta: tunnistetaanko, selitetäänkö nämä ja tuetaanko niitä? Sen jälkeen tarkistetaan tutkijan käsitys tutkimuksen laajuudesta: kuinka pitkälle edetään ja onko kaikki järkevät alueet tutkittu. Lisäksi tutkimuksessa tehtyjen ratkaisujen laajuuteen ovat voineet vaikuttaa käytännön asiat, kuten ulkopuolinen tutkija määräaikoineen tai asiakasintresseineen, tai tutkija voi myös yrittää löytää mahdollisia positiivisia ja negatiivisia asioita. (Lincoln & Guba 1985) Siis luotettavuus osoittaa toistettavuuden käsitteen ja määrittää sen pysyvyytenä sen jälkeen, kun on vähennetty tietoiset ja ennustamattomat mutta loogiset ja järkevät muutokset tutkimuksen toistamisen aikana (White & Marsh 2006).

Monimenetelmällistä lähestymistapaa kutsutaan triangulaatioksi, jolla tarkoitetaan erilaisten menetelmien, tutkijoiden, tietolähteiden tai teorioiden yhdistämistä tutkimuksessa. Kyse on siitä, että yhdistetään useita menetelmiä ja lähestymistapoja. Tutkijoiden käyttämät eri tutkimusmenetelmät tai näkökulmat voivat saada aikaan sen, että samanaikaisesti voi olla voimassa samaa ilmiötä koskevia keskenään ristiriitaisia tutkimustuloksia. Triangulaation avulla on mahdollista lisätä tutkimuksen luotettavuutta. (Tuomi & Sarajärvi 2009) Tässä tutkimuksessa luotettavuus on varmistettu tarkalla tutkimusmenetelmän kuvauksella, huolellisella aineiston käsittelyllä ja tutkijatriangulaatiolla vertaisluokittelun muodossa.

Vaikka kyseessä on kvalitatiivinen tutkimus, jossa toimitaan luokitteluas- teikolla, voidaan luotettavuuden varmistamiseen käyttää kvantitatiivista menetelmää (Cohen 1960). Vertaisluokittelussa kaksi arvioijaa toisistaan riippumatta luokittelee aineiston, yksiköt ja luokat ovat riippumattomia, toisensa poissulke- via ja tyhjentyviä. Arvioijien luokittelujen perusteella muodostetaan matriisi, jonka perusteella lasketaan suureyhtälöön sijoittamalla kappa-arvo κ . Suureyhtälö on

$$\kappa = \frac{p_0 - p_c}{1 - p_c} \quad (1)$$

missä p_0 kuvaa kahden luokittelijan välistä todellista yksimielisyyttä, p_c puolestaan kuvaa heidän välistä sattumanvaraista yksimielisyyttä. Kappa-arvo voidaan laskea mukavammin frekvenssien avulla

$$\kappa = \frac{f_0 - f_c}{N - f_c} \quad (2)$$

missä f_0 on yksimielisten havaintojen frekvenssi eli niiden summa ja se saadaan suureyhtälöstä

$$f_0 = \sum_1^k n_{ii} \quad (3)$$

f_c on satunnaisesti yksimielisten havaintojen frekvenssi eli rivi- R_i ja sarakehavaintojen S_i tulojen summa jaettuna kaikkien havaintojen määrällä

$$f_c = \frac{\sum_1^k R_i S_i}{N} \quad (4)$$

ja N kaikkien havaintojen lukumäärä (= rivisumma R = sarakesumma S). Taulukossa 9 esitetään matriisi sovellettuna tähän tutkimukseen rivi- ja sarakesummineen. Arvot voivat olla välillä $[-1, 1]$. (Cohen 1960) Landisin ja Kochin (1977) mukaan 0,41-0,60 arvot ovat kohtuullisesti (tyydyttäviä), 0,61-0,80 olennaisesti (hyviä) ja 0,81-1,00 melkein täydellisesti hyväksyttäviä (erinomaisia).

Taulukko 5 Cohenin kappa-arvon laskemisessa käytetty matriisitaulukko apusummineen

		Arvioija 1					
		Havaintoluokat					
		1	2	3	4	5	Rivien summa R
Arvioija 2	1	n_{11}	n_{12}	n_{13}	n_{14}	n_{15}	R_1
	2	n_{21}	n_{22}	n_{23}	n_{24}	n_{25}	R_2
	3	n_{31}	n_{32}	n_{33}	n_{34}	n_{35}	R_3
	4	n_{41}	n_{42}	n_{43}	n_{44}	n_{45}	R_4
	5	n_{51}	n_{52}	n_{53}	n_{54}	n_{55}	R_5
Sarakeiden summa S		S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	N

Vahvistettavuus on täsmällinen keino, jonka avulla todennetaan kaksi laadullisen tutkimuksen peruspäämäärää: 1) ymmärtää ilmiöitä tutkimuksen osanottajien perspektiivistä ja 2) ymmärtää merkitykset, jonka ihmiset antavat kokemuksilleen. Pohjimmiltaan vahvistettavuus voidaan esittää vertailuasteena, johon tutkimuksen tulokset perustetaan tutkimuksen tavoitteessa, eikä niitä korjata tutkijan käsitysten suhteen (Jensen 2008). Whiten ja Marshin (2006) mukaan vahvistettavuus liittyy objektiivisuuteen (riippumattomuuteen) ja sen määrittää kahden tutkijan luokittelun avulla lasketun κ -arvon suuruus.

Tässä tutkimuksessa tulkitaan näitä määrittelyjä varmistamalla vahvistettavuus edellä esitetyn tutkimusmenetelmän täsmällisellä kuvauksella, perustel-

luilla rajauksilla ja tulosten vertaisluokittelun avulla suoritettulla riippumattomuuden osoituksella. Tämän tutkimuksen vertaisarvioinnin suorittivat väitöskirjan tekijä ja yliopiston tutkija. Heidän arviointinsa on esitetty liitteissä 1 ja 2. Arviointien perusteella lasketut kappi-arvot ovat tavoitteille 0,83, sisällöille 0,71, opetusmenetelmille 0,85 ja arvioinnille 0,92. Landisin ja Kochin luokittelun mukaisesti sisältökappi on olennaisesti hyväksyttävä ja muut melkein täydellisesti hyväksyttäviä.

5.5 Tutkimustulosten analysointi

Tässä tutkimuksessa aineisto on pilkottu kahden kansallisen opetussuunnitelman ja neljän opetussuunnitelman perusteiden tavoitteiden, sisältöjen, opetusmenetelmien ja oppilasarvioinnin osalta analyysiyksiköihin, joista käytetään nimeä ilmaisu. Näistä on edetty yleisempiin luokkiin. Niistä on otettu systemaattinen noin kymmenen prosentin otos, josta vertaisluokittelun avulla on määritetty Cohenin kappi. Luotettavuuden osoittamiseen kappi-arvon lisäksi on käytetty huolellista aineiston luokittelua ja luvussa 5.4 esitettyjä kuvauksia.

Analysoinnin pyrkimyksenä on vastata mahdollisimman tyhjentävästi asetettuihin tutkimuskysymyksiin. Vastauksiin pääsemiseksi kuvataan jokaisen kansallisen opetussuunnitelman ja opetussuunnitelman perusteiden taustat, toteutus ja mahdollinen seuranta, joka 1980-luvulle saakka oli virallisesti Kouluhallituksen vastuulla. Kouluhallitus informoi havaitsemistaan epäkohdista kierto- tai yleiskirjeillä. Näkemyksiään esittivät myös muun muassa yliopistot, Suomalainen kemistien seura ja Matemaattisten aineiden opettajien liitto (MAOL).

Ensimmäiseen pääkysymyksen vastauksiin päästään lukujen 6.1–6.8 ja lukujen 7.1–7.8 perusteella. Ensimmäisen alakysymyksen vastaukset saadaan samoista luvuista. Toisen alakysymyksen vastaukset saadaan erityisesti luvun 7.8 perusteella. Kolmannen alakysymyksen vastaksiin päästään lukujen 6.2–6.8 ja lukujen 7.2–7.7 Arviointi-kohtien perusteella.

Toisena pääkysymyksenä on kokeellisuuden näkyminen eri uudistuksissa. Tähän kysymykseen löydetään vastaukset tavoitteiden, sisältöjen, toteutusmallien ja arvioinnin osalta lukujen 6.1 – 6.8 ja 7.1 – 7.7 vastaavista kohdista.

Kolmantena pääkysymyksenä pohditaan, miten kemian opetussuunnitelman neljä päänäkökulmaa näkyvät eri uudistuksissa? Näistä tarkastellaan 1) sisällön, prosessin ja kontekstin välistä tasapainoa, 2) sisällön, tavoitteiden ja oppimistulosten, opetusmenetelmien sekä arvioinnin välistä harmoniaa, 3) luonnontieteellistä lukutaitoa ja luonnontieteellistä perustaa ja 4) sitä, ketä opetussuunnitelman kehittämisessä on mukana. Vastaukset esitetään luvun 7.9 alaluvuissa 7.9.1, 7.9.2, 7.9.3 ja 7.9.4.

Tutkimuskysymysten vastausten pääkohdat esitetään yhteenveto-osan taulukoissa (Taulukko 26 ja 27, 28 ja 29 sekä 30 ja 31).

6 TULOKSET

6.1 Kemian opetuksen Suomen itsenäisyyden alun varhaiset vaiheet

Luvussa 6.1 käsitellään vuoden 1916 fysiikan ja kemian opetussuunnitelmaa ja sen perusteella laadittua vuoden 1918 väliaikaista opetussuunnitelmaa, jossa kemiasta tuli itsenäinen keskikoulun oppiaine. Luku sisältää lyhyen kuvauksen maatalouslukion opetussuunnitelmasta ja varsin laajan esityksen opetussuunnitelmakeskustelusta, joka jatkui pari vuosikymmentä. Lisäksi tähän viimeiseen osaan kuuluu oppikoulukomitean mietintö, jossa esitettiin kemian opetusta myös lukioon.

6.1.1 Vuoden 1916 fysiikan ja kemian opetussuunnitelma

Keisarillinen Suomen senaatti antoi esittelyssään 8.9.1914 määräyksen Suomen oppikoulujen uudistamisesta. Tämän määräyksen (kirje 1115) Senaatin kirkollisasiain toimikunta toimitti kouluylivaltuutukselle, jonka piti ryhtyä toimenpiteisiin, jotta määräykset saatiin voimaan syyslukukauden alkaessa 21.9.1914. Kouluylivaltuutus antoi määräyksen oppikoulujen rehtoreille kiertokirjeellä (9.9.1914). Sen liitteenä oli Keisarin Armollinen Asetus, jossa Suomen alkeisoppilaitokset määrättiin uudelleen järjestettäväksi. Tällöin syntyivät lyseot rinnakkaisine lukioluokkineen. Niiden viisi alinta luokkaa muodostivat keskikoulun päättävien oppimäärineen. Kolme ylintä luokkaa muodostivat yliopistoon valmistavan klassisen ja reaaliasaston. Asetukseen liitettiin myös opetussuunnitelma, joka piti ottaa käyttöön heti keskikoulun kolmella alimmalla luokalla, muilla luokilla kahtena seuraavana vuonna. Tämä opetussuunnitelma, joka oli lähinnä nykyisen käsityksen mukaan tuntijako, sisälsi fysiikkaa ja kemiaa keskikoulun ylimmillä luokilla yhteensä viisi viikkotuntia ja lukion reaaliasastossa kuusi tuntia. Asetus ei kerro määriä enempää tavoitteista, sisällöistä eikä siitä, mikä oli kemian osuus opetuksessa. (Kouluylivaltuutus 1914)

Kouluylivaltuutuksen kiertokirjeellä 30. elokuuta 1916 julkaistu asetus tiedotti oppikouluja uusista opetussuunnitelmista seuraavasti: "Ylivaltuutus täten lähettää K. Senaatin 8 päivänä elokuuta 1916 vahvistamat oppiennätykset lyseoita ja keskikouluja varten". Kemian osalta, joka oli tuolloin vain fysiikan osa, kerrottiin, että keskikoulun viidennellä luokalla opetetaan "kokeellisen kemian alkeiskurssi, jonka ohella luetaan sähköoppi täydentävästi". Tämä kokonaisuus käsitti kaksi viikkotuntia. (Kouluylivaltuutus 1916; Kerkkonen 1920)

Seuraavan vuoden maaliskuun 31. päivänä ilmoitettiin oppikoulujen rehtoreille kiertokirjeellä, että jo keväällä 1915 laadittuja opetusopillisia ohjeita arveltiin voitavan käyttää yleiseen muotoon laadittuina, vaikka mahdollisesti luku-suunnitelmaan tulee myöhemmin muutoksia. Lähinnä keskikoulussa luonnontieteellisen opetuksen tuli olla induktiivista perustuen osaksi oppilaiden omiin

kokemuksiin, osaksi suoritettuihin kokeisiin. Koska opiskelijat olivat tällä asteella vielä varsin kehittymättömiä ja matemaattiset tiedot olivat vielä vähäiset, deduktiivinen lähestymistapa oli liian vaikea. Lukioasteilla (ohjeissa lukee: yläasteilla) käytettäisiin deduktiivista lähestymistapaa, sillä lukiolaisilla oli ennestään kokemusta asiasta. Tosin katsottiin suotavaksi, että laskemalla tai pääättelemällä johdettujen tulosten pätevyyttä vahvistettiin kokeellisesti. (Kouluylivaltio 1917; Kerkkonen 1920)

Ohjeiden mukaan, vaikka laboratorioharjoitukset olisivat suotavia ulkomaiden esimerkin perusteella, ne voitiin usein korvata demonstraatioilla. Näissä opiskelijat voivat avustaa opettajaa tai opiskelijat voivat demonstroida yksinkertaisimpia kokeita. Lisäksi opettaja voisi antaa neuvoja, jotta harrastuneet opiskelijat voivat tehdä kokeita kotona. (Kouluylivaltio 1917; Kerkkonen 1920)

Kouluhallituksen kiertokirjeellä 17. heinäkuuta 1918 julkaistu asetus uudisti 1916 oppiennätykset, joiden piti olla väliaikaisia. Nyt kemian osalle vahvistettiin kolme viikkotuntia, joista edelleenkin osa kuului fysiikkaan. Tämän asetuksen mukainen tuntimäärä merkitsi sitä, että kemia korotettiin linjajakoisten lyseoitten oppiaineiden joukkoon, mutta vain keskikouluasteella, sillä yli kahtena seuraavana vuosikymmenenä kemian opetus lukioasteella riippui opettajan harkinnasta. (Kouluhallitus 1918; Malmio 1933)

6.1.2 Maanviljelyslukioiden mallilukusuunnitelma

Itsenäisyyden alkuvuosina oppikoulujen opetussuunnitelmaa koskeva keskustelu toi esiin useita käytännöllisiä opetuksen tavoitteita. Silloin historiaan liitettiin yhteiskuntaoppi. Kansantalous esiintyi omana oppiaineenaan. Lukion linjajakoituksissa pyrittiin jopa kaupalliseen tai tekniseen pohjakoulutukseen. Tällä perusteella autonomian ajan maanviljelyslyseoita uudistettiin lisäämällä niiden lukusuunnitelmaan taloudellisten reaalilukioiden tavoitteita. Näin ollen 15.6.1923 annetussa asetuksessa julkaistiin uuden maanviljelyslukion lukusuunnitelma (tuntijako), joka muistutti suurelta osin linjajakoisen lyseon reaalilinjan ohjelmaa. Suurimmat erot olivat kemian ja fysiikan tuntien määrässä (10 viikkotuntia yhteensä kolmena vuonna) ja erikseen painotetussa kasvi- ja eläintieteessä. Näiden lukioiden toiminta kuitenkin laantui seuraavan vuosikymmenen alkuun mennessä. (Kiuasmaa 1982)

6.1.3 Pitkä opetussuunnitelmakeskus

Koska 1918 opetussuunnitelma oli väliaikainen, alkoi välittömästi keskustelu sen uudistamisesta ja vakinaistamisesta. Opetussuunnitelma ei kuitenkaan muuttunut mitenkään yli kahteenkymmeneen vuoteen. Erilaisia uudistusehdotuksia oli ja ne ilmensivät muun muassa uusia pedagogisia virtauksia. Esimerkiksi ehdotettiin uutta luonnonhistoriallista linjaa, joka sisälsi muun muassa kemiaa ja biologiaa. Tuon linjan tarkoituksena oli korvata suosionsa menettäneet maanvilje-

lyslukiot. Syvennetyn linjajaon tarkoituksena oli selvä kytkentä korkeakouluopintoihin. Lisäksi väiteltiin siitä, montako luokkaa kansakoulua piti käydä ennen oppikoulua. (Kiuasmaa 1982; Männistö 2013)

Opetussuunnitelman uudistamiseksi asetettiin 10.3.1927 oppikoulukomitea, jonka puheenjohtajaksi kutsuttiin kouluhallituksen ylijohtaja Oskari Mantere. Komitean asetti Tannerin vähemmistöhallitus valtion oppikouluja koskevan oppikoulun järjestyslakiehdotuksen hylkäämisen jälkeen. Jäsenet edustivat kouluhallintoa, työelämää sekä pääasiassa poliittisen keskustan ja osin vasemmiston kulttuuriaktiiveja. Komitean kokoonpanosta saattoi saada sen vaikutelman, että pyrittiin yhtenäiskoulutyypiseen kouluun. Hallitus edellytti komitealta ehdotuksia ”oppikoulun opetusohjelman uudistamisesta nykyaikaisten kasvatusopillisten periaatteiden mukaisesti”. Varsin nopeasti komitea pääsi yksimielisyyteen, että pääkouluhallinnaksi tulisi olemaan kuusivuotinen yhteislyseo, joka perustui kansakoulun oppimäärään. (Kiuasmaa 1982)

Oppikoulukomiteanmietinnön (1933) mukaan kemian opetuksen päämäärä oli tutustuttaa lukion opiskelijat tärkeimpiin luonnossa, kodin piirissä, maataloudessa ja teollisuudessa esiintyviin alkuaineisiin, kemiallisiin yhdistyksiin (yhdisteisiin) ja ilmiöihin, antaa käsitys tärkeimmistä kemiallisista laeista ja teorioista sekä esittää etenkin kotimaisen kemianteollisuuden merkitystä käytännölliselle elämälle ja maamme taloudelliselle kehitykselle. (Komiteamietintö 1933)

Kuusiluokkaisille oppikouluille (pojille) ehdotettiin oppiennätyksiksi kemian:

I luokka, kaksi tuntia, oppilastöihin ja opettajan tekemiin kokeisiinperustuva kemian alkeiskurssi;

II luokka, 3 tuntia, suppea epäorgaanisen kurssi, jossa opetus keskitetään käytännöllisessä elämässä tarpeellisiin seikkoihin, sekä kotimaisen kemiallisen teollisuuden huomattavimpiin aloihin;

VI luokka, 3 tuntia yhdessä fysiikan kanssa, kemian kurssin syventäminen, jolloin kiinnitetäisiin huomiota ilmiössä esiintyviin lainalaisuuksiin ja samalla korostettaisiin luonnonopin eri aloja yhdistäviä seikkoja.

Tytöille ja tyttökouluissa kemian opetus oli suppeampaa. Kahdeksanluokkaisten oppikoulujen tapauksessa edellä oleva ohjelma alkoi kolmannelta luokalta. Näin kemiasta tulisi lukion oppiaine. (Komiteamietintö 1933)

Lausunnoissaan jotkut komitean jäsenet olisivat lisänneet luonnonopin tunteja. Toisaalta kolmekymmentäluvun lopun maailman poliittinen tilanne alkoi vaikuttaa myös Suomen oppikouluopetukseen. Sen seurauksena oppikoulujen ohjelmaan pyrittiin saamaan väestösuojeluopetusta. Kaikki nämä siirtyivät kuitenkin odottamaan vuonna 1941 annettavia oppiennätyksiä ja metodisia ohjeita. (Kiuasmaa 1982)

Kiuasmaan mukaan itsenäisyyden alkuvuosina lyseot alkoivat muuttua opetustavoiltaan uuden aikakauden kouluiksi. Heti kansalaissodan jälkeen oli vallalla sellainen ilmapiiri, ettei sodassa olleita lukion opiskelijoita voinut enää

sijoittaa vanhaan herbartilaisen auktoriteettiajattelun mukaiseen opetukseen. Olojen vakiintumisen jälkeen opettajankoulutusta pyrittiin tehostamaan edellyttämällä koulutukseen hakeutuvilta kasvatusta- ja opetusopillisia esitietoja, jotka painottuivat pedagogiikan (didaktiikan) ja lapsipsykologian suuntaan. Heiltä edellytettiin opetusharjoittelun aikana myös kasvatustieteen professori määräsi. Tämä oli uutta, sillä aiemmin kaikki pedagogiset opinnot suoritettiin auskultoinnin (opetusharjoittelun) aikana. Tosin nämä uudet pyrkimykset siirtyivät varsin hitaasti käytäntöön, ja opetusharjoittelu jatkui rakenteellisesti entisenlaisena koko 1920- ja 1930-luvun. (Kiuasmaa 1982)

Kouluhallituksen oppiaineiden tarkastajat koettivat saada aikaan uudistuksia vahvasti vanhanaikaiseen menoon. Jo 1920-luvun alkupuolella opettajia ohjattiin "noudattamaan vilkkaampaa kyselytapaa" tai "harrastamaan kaava- maistakin reippautta" pyrittäessä "virkeän tahdin opetukseen". Pedagogisesti merkittävää oli, että opettajille toistuvasti painotettiin uuden tehtävän valmistamista "tunnin päätehtävänä, jossa oli pakotettava oppilaita toimimaan." 1930-luvulla induktiivisen ja kokeellisen, "ponteavan ja eloisan" esittämistävän voimistuminen jatkui, vaikka tarkastuskertomusten mukaan vanhat opetustavat istuivat sitkeästi. Vuonna 1937 Kouluhallitus antoi oppikouluntarkastajille joukon tavoitteita, joista kuvastuivat selvästi jo oppijakeskeisemmän opetukseen piirteet. (Kiuasmaa 1982)

Näiden vuosikymmenien pedagogisessa käymistilassa jouduttiin usein sivuamaan käytännön opetuskysymyksiä uusien tavoitteiden lisäksi. Samaan aikaan kun loitonnuttiin yhä voimakkaammin herbartilaisuuden ehdottomuudesta ja didaktisesta mekanismista, luotiin uutta merkittävää opetuskäytäntöä kuin sivutuotteena. Lähinnä saksalaisen kielialueen luonnonopin metodisia sovelluksia alettiin pitää käyttökelpoisina suomalaisiin oloihin (Malmio 1933). Oppikoulukomitean mietintö (1933) antoi varsin luontevan selvityksen silloisen ajan eri oppiaineiden metodisista ihannetavoitteista ehdottaessaan oppiennätyksiä. (Kiuasmaa 1982; Komiteamietintö 1933)

Oppikoulukomitea tutki Euroopan eri maiden lukioiden fysiikan ja kemian oppimääriä. Mukana olivat Pohjoismaat, Viro, Preussi, Hollanti ja Ranska. Todettiin, että linjajakoisuuden johdosta oli hyvin erilaisia määriä fysiikkaa ja kemiaa, mutta yhteinen piirre oli, että Suomen tuntimäärä oli erityisen pieni verrattuna useimpien sivistysmaiden tuntimääriin. Lisäksi todettiin, että pojille piti tarjota enemmän näitä aineita kuin tytöille. Perusteluna oli muun muassa poikien suurempi kokeilun halu. Toisaalta tytöille tarjottiin kotitalouden yhteydessä kemiaa. Koska kemian opiskelun oli tarkoitus tapahtua oppilastöiden avulla, kemian opetuksen aloitus piti siirtää keskikoulun puolelle. (Komiteamietintö 1933)

Oppikoulukomitean asiantuntijoiden mukaan korostettiin ilmiön tarkastelussa induktiivista lähestymistapaa, jolloin perustana käytettiin opiskelijoiden tekemää havaintoa, oppilastyötä tai opettajan demonstraatiota. Kun ilmiön selittäminen perustui opiskelijoiden aikaisemmin saavuttamiin tietoihin, oli sopivaa käyttää deduktiivista lähestymistapaa. Opetusaineksen valinnassa oli otettava huomioon, että käsiteltävät kysymykset olivat käytännöllisessä, metodisessa tai

tieteellisessä mielessä kiinnostavia tai tärkeitä, ja ne selitettiin keskeisiin periaatteisiin liittyvästi. Johonkin keskeiseen seikkaan tuli perehtyä syvällisesti ja muihin vain lyhyesti. Esimerkiksi orgaanisen kemian kurssissa voitaisiin käsitellä tarkemmin muutamia kemianteollisuuden haaroja. Asiantuntijat myös pitivät tärkeänä, että kemian historiaan kuuluvia seikkoja kannatti mainita, sillä tällöin saatiin liittymäkohtia yleiseen sivistyshistoriaan. Lisäksi oli tärkeää, että opiskelijat tiesivät luonnontieteiden suurmiehiä, mutta ilman laajoja selityksiä. Tämä tarkoitti, että pääpainon oli oltava tieteen ”nykyaikaisissa” käsittelytavoissa ja tutkimusmenetelmissä. (Komiteamietintö 1933)

Oppikoulukomitea kiinnitti myös huomiota tunnilla suoritettaviin töihin. Niiden piti olla hyvin valmisteltuja ja niiden tuli onnistua tunnilla. Kokeesta ei saanut ilmoittaa etukäteen. Tämä ei tietenkään koskenut mahdollisia työhypoteeseja. Koe pyrittiin suorittamaan mahdollisimman yksinkertaisin välinein, koska muutoin kokeen vaikutus heikkeni. Rinnakkaisia kokeita ei myöskään tarvittu. Kiinnostus demonstraatioon parani, kun opettaja otti avukseen opiskelijoita. Töiden lisäksi varsinkin kysymyksiä syvennettäessä ja niiden sovelluksia esitettäessä kannatti käyttää myös muita havainnollistamistapoja, kuten kaaviot ja taulupiirroksia. (Komiteamietintö 1933)

Komitea esitti, että kemiassa teetetään oppilastoita varsinkin epäorgaanisen kemian kurssia opiskeltaessa. Oppilastöiksi soveltuviksi katsottiin hapen, vedyn ja kloorin valmistus, aineiden ominaisuuksien tutkiminen etupäässä ionireaktiokokeita tekemällä sekä muun muassa muutamia suoloja valmistamalla. Lisäksi valokuvauslevyn ja -filmin kehittämistä pidettiin mahdollisena työnä, jota komitean mielestä ei ollut syytä antaa oppilastyöksi, koska siihen kului liian paljon aikaa. Komitea näki kemian työt kohtuullisen edullisiksi, koska tarvittiin aineiden lisäksi vain koeputkia sekä työryhmälle lisäksi dekantterilasi, keittopullo ja posliinimalja. (Komiteamietintö 1933)

6.2 Vuoden 1941 opetussuunnitelma oli voimassa lähes 30 vuotta

Luvussa 6.2 tarkastellaan vuoden 1941 lukusuunnitelmaa ja opetussuunnitelmaa (oppiennätyksiä ja metodisia ohjeita). Toisena aihealueena on kemian opetussuunnitelman kehittämiseen tähtäävät lukuisat pyrkimykset, joista vasta lukion fysiikan ja kemian opetussuunnitelmatoimikunta (1970) sai kelvollisen ehdotuksen aikaiseksi.

6.2.1 Vuoden 1941 lukusuunnitelma, oppiennätykset ja metodiset ohjeet

Vuoden 1941 kesäkuun 13. päivänä annettiin asetus 435/1941 oppikoulujen lukusuunnitelmista. Tämän jälkeen opetusministeriö vahvisti 19. kesäkuuta valtion oppikoulujen oppiennätykset ja Kouluhallitus vahvisti metodiset ohjeet. Asetuksen mukaan kemiaa opetettiin oppikoulun neljännellä, seitsemännellä ja kahdeksannella luokalla. Neljännellä luokalla pojat opiskelivat kemiaa 4 viikkotuntia ja tytöt kolme viikkotuntia. Seitsemännellä luokalla fysiikkaa ja kemiaa oli

yhteensä neljä viikkotuntia. Kahdeksannella luokalla aineilla oli yhteensä kaksi viikkotuntia. (Opetusministeriö 1944)

Taulukoihin 6 ja 7 on koottu opetussuunnitelmassa esiintyviä teoriaan ja yhteiskunnallisiin syihin perustuvia linjauksia. Koska opetussuunnitelma perustui oppikoulukomitean tekemiin linjauksiin ja opetusministeriön päätökseen, siinä oli huomioitu yhteiskunnalliset asiat teoreettisten ohella aika vahvasti. Kiuasmaan mukaan mahdollisuudet uuden lukusuunnitelman antamiselle syntyivät,

Taulukko 6 Vuoden 1941 opetussuunnitelman tavoite- ja sisältölinjaukset

Kemian opetus	Teoriaan perustuva linjaus	Yhteiskunnallinen linjaus
Päämäärä	Omakohtaiset havainnot	Tärkeimmät, luonnossa, kotona, maataloudessa ja teollisuudessa esiintyvät alkuaineet, kemialliset yhdisteet ja ilmiöt
	Kemian keskeisimpien lakien ja teorioiden käsittäminen	Kotimaisen kemianteollisuuden merkitys sekä taloudelliselle että jokapäiväiselle hyvinvoinnille
Tavoitteet	Havainto- ja arvostelukyvyn merkityksen kehittäminen	Omintakeisen käytännöllisyyden ja taloudellisen vaiston sekä omakohtaisen yrittäjyyden merkityksen kehittäminen
		Huomion kiinnittäminen sopivissa kohdin maanpuolustuksellisiin seikkoihin
		Lukion kemian opetus niin, että siitä voidaan suoraan jatkaa korkeakoulussa
Sisällöt	Epäorgaaninen kemia	Väestösuojelukemia
	Orgaaninen kemia	Orgaanisen kemian oppimäärä, jossa kiinnitetään huomiota kotimaisen teollisuuden tärkeimpiin aloihin
	Yleisen ja fysikaalisen kemian keskeisiä kohtia	
	Luonnon ilmiöiden lainalaisuudet	
	Fysiikkaa ja kemiaa yhdistäviä seikkoja	

koska Rytin II hallituksen opetusministerin Kukkosen ja kouluhallituksen ylijohdaja Mantereen näkemykset koulukysymyksistä olivat hyvin lähellä toisiaan. Asiat etenivät niin, että opetusministeriö antoi 16.6.1940 kouluhallitukselle ohjeet lukusuunnitelmien muuttamisesta ilman muutosta oppikoulun järjestysmuotoon. (Kiuasmaa 1982)

Sisällöllisesti merkittävää oli, että opetusministeriö edellytti lukusuunnitelman muutokset laadittavaksi oppikoulukomitean mietinnön pohjalta, jolloin oppikoulun opetussuunnitelman kehityksessä otettiin askel kohti käytännöllisyyttä. Lisäksi ajan hengen mukaisesti liikuntakasvatusta oli ”pyrittävä tehostamaan ja saatettava se entistä enemmän palvelemaan maanpuolustusta”. Opetusministeriö määräsi myös vallitsevan järjestysmuodon (1872 ja 1928) noudattamisen, mikä esti kaikki yritykset yhtenäiskoulun hallinnolliseen laajentamiseen. (Kiuasmaa 1982)

Vuoden 1941 opetussuunnitelmassa kemian osuus lisääntyi virallisesti lukion matematiikkalinjan osalta entisestä nolhasta arviolta kahteen kolmeen viikkotuntiin, sillä fysiikan kanssa lisäys oli yhteensä viisi viikkotuntia. Valtion koulujen opetussuunnitelmat olivat hengeltään ja sisällöltään 1930-luvun lopun käytännöllisyyttä korostaneen pedagogisen keskustelun tulosta. Koska tällöin Euroopassa oli käynnissä suursota, haluttiin vahvistaa kemian opetuksessa ”suojelukemiaa”, joka oli yhteydessä väestönsuojeluun. (Opetusministeriö 1944)

Taulukko 7 Vuoden 1941 opetussuunnitelman metodilinjaukset

Kemian opetus	Teoriaan perustuva linjaus	Yhteiskunnallinen linjaus
Keskikoulu ja lukio	Induktiivista: oppilaiden (opiskelijoiden) havainnoista ja oppilastyöistä tai demonstraatioista yleiseen	Kemian historian käyttö huomioiden yhtymäkohdat yleiseen historiaan
Lukio	Deduktista menetelmää myös voidaan käyttää	Kiinnitetään huomiota maanpuolustukseen ja erityisesti väestönsuojelukemiaan
Keskikoulu ja lukio	Oppiaineiden valinta mielekäs tieteellisesti ja metodisesti	
	Ei lukuisia yksityiskohtia	
	Demonstraatiot valmistellaan hyvin, ovat yksinkertaisia, kaikki näkevät	
	Koetetaan saada kaikki osallistumaan ja kiinnostumaan	
	Vierailut raportteineen	
Lukio	Oppilastyöt epäorgaaninen kemian kurssia luettaessa: valmistusreaktioita, aineiden ominaisuudet, valokuvaus kemia	
	Yksinkertaiset välineet	

Edellä olevien taulukoiden mukaisesti kemian opetussuunnitelmassa pyrittiin ottamaan metodiosassa huomioon maailmalla vallinneita virtauksia. Opetussuunnitelman yleisen osan perusteella sisällön tarkempaa esittämistä ei pidetty suotavana. Osin käytännöllisistä syistä ja osin siksi, ettei oppikirjantekijän ja opettajan pedagogista liikkumisvapautta haluttu rajoittaa liiaksi, vaan tyydyttiin viitoittamaan suuntaa ja velvoittamaan opettajaa rajoittumaan käsiteltävän kurssin keskeisiin kohtiin. Tämän vuoksi oppiaineen välttämätön karsinta jäi opettajasta riippuvaksi. Siis laadun suhteen vaatimukset olivat ankarat, mutta määrän suhteen lievät. (Opetusministeriö 1944)

Vaikka lukiossa ei opetettu virallisesti kemiaa, niin jo ennen vuoden 1941 lukusuunnitelmaa Matemaattisten aineiden aikakauskirjassa käsiteltiin kemian koulukokeita, joista ainakin osaa voitiin pitää lukiotasoisina (Heinänen 1937). Toisaalta kansainvälisen ilmapiirin kiristymisen takia kaasuja ja ilmansuojelua pidettiin niin tärkeänä, että opettajille annettiin näihin liittyvää koulutusta (Kempainen 1937). Opetussuunnitelman julkaisun jälkeen vuonna 1942 Kahma kirjoitti artikkelin, jossa hän käsitteli atomiteoriaa kemian alkeiden opetuksessa (Kahma 1942). Vielä sodan kestäessä vuonna 1944 Heinänen pureutui lukion kemian opetukseen vuoden 1941 lukusuunnitelman perusteella. Hänen mielestään suunnitelma oli tarkoitettu väliaikaiseksi, joten rauhanaikaisten olojen palattua sitä tullaan korjaamaan. Heinänen toivoi, että kemialle annettaisiin asema, joka sille kuului keskeisimpänä luonnontieteenä. Lisäksi hän sanoi olevan kemian kannalta valitettavaa, että tunteja ei ollut jaettu selvästi oppiaineiden kesken. Hän pelkäsi, että valtaosa opettajista opettaisi mieluummin fysiikkaa kuin kemiaa, koska heillä oli paremmat tiedot fysiikassa. (Heinänen 1944)

Sota-ajan lukion kemian opetuksesta kouluhallituksen kiertokirjeet kertoivat hyvin vähän. Kuitenkin muutamissa kirjeissä annettiin ohjeita, miten fysiikan tietyt asiat käsitellään poikkeusoloissa. Eräässä kirjeessä kerrottiin, että fysiikkaa ja kemiaa piti opettaa voimassa olevan opetussuunnitelman mukaisesti (Kouluhallitus 1940, 1942, 1943, 1944). Sodan jälkeen politiikka oli vuoteen 1948 saakka vahvasti esillä, mikä esti kehitystä (Kiuasmaa 1982).

6.2.2 1940-luvun lopulta 1970-luvun alkuun

Sodan jälkeen muuttuneissa poliittisissa olosuhteissa vaadittiin oppikoulun uudistamista jälleen yhtenäiskoulupohjalta, mutta asia jäi vielä hautumaan yli kahdeksi vuosikymmeneksi. Vuonna 1948 annettiin asetus oppikoulun lukusuunnitelmista (Asetus 1948), jolla muutettiin myös lukion lukusuunnitelmaa vähentämällä liikunnan osuutta ja lisäämällä kielten osuutta. Tämän asetuksen perusteella fysiikan ja kemian osalta ainoa muutos oli, että seitsemännen luokan yksi viikkotunti siirrettiin kahdeksannelle luokalle. Opetussuunnitelmaa ei muutettu mitenkään vuoden 1941 opetussuunnitelmaan nähden. (Kiuasmaa 1982)

Seuraavan kerran lukusuunnitelmia muutettiin asetuksella 23.7.1958, jolloin lisättiin muun muassa lukion matematiikan viikkotuntimäärää yhdellä tunnilla (Asetus 1958). Kiuasmaan mukaan tämä oli ”heijastumaa voimistuneesta luonnontieteellis-teknisestä ajattelusta ja eräänlaisesta uuspositivismista, joka oli

näkyvä ajanilmiö”. Tässä yhteydessä ei ole syytä sivuuttaa myöskään Matemaattisten Aineiden Opettajien liittoa, joka 1950-luvulla esitti useitakin huolestumisen ilmauksia edustamansa kemian tuntimäärän vähyydestä verrattuna muihin Euroopan maihin. (Kiuasmaa 1982)

Vuonna 1950 valtioneuvosto asetti komitean oppikoulun sisäiseksi kehittämiseksi. Sen työvaliokunnan mietintö ja kyseisen komitean neuvottelukunnan lausunto julkaistiin monisteena 1954. Silloin vielä Matematiikan ja fysiikan opettajien liiton (myöhemmin MAOL) hallitus antoi siitä lausunnon, joka julkaistiin kokonaisuudessaan Matemaattisten aineiden aikakauskirjassa seuraavana vuonna. Lukion kemian kohdalla työvaliokunta oli ehdottanut kolmea viikkotuntia kahdeksannelle luokalle. Tätä liiton hallitus halusi muuttaa, niin että seitsemännellä luokalla olisi tunti kemiaa, joka opetettaisiin kahtena viikkotuntina kevätlukukaudella ja kahdeksannella luokalla kaksi viikkotuntia. Liiton hallitus oli lisäksi sitä mieltä, ettei kyseisten tuntimäärien puitteissa ollut mahdollista tehdä runsaasti oppilastöitä, vaikka työvaliokunta näin mainitsi. (Matematiikan ja fysiikan opettajien liitto 1955)

Samana vuonna lehtori Rahiala kirjoittaa lukion kemian opetuksen tarpeellisuudesta. Siinä hän mm. pitää riittämättömänä kemian opetuksessa olevia resursseja moittien sisältöjä ja painotuksia (Rahiala 1955). Lisäksi lehtori Kuuskoski arvosteli työvaliokunnan ehdotuksia sanoen, ettei mitään uudistuksia näytä olevan tulossa (Kuuskoski 1955). Kuitenkin Kiuasmaa piti 1950-lukua pedagogisesti merkittävänä, koska silloin alkoi vaikutuksiltaan huomattavan koulukokeilun ja opetuksen uudistamisen ajanjakso (Kiuasmaa 1982).

Vuonna 1960 julkaistiin ”Mietintö kemian opetuksen tehostamisesta”. Tämän laajan mietinnön toteuttaneen komitean asettivat yhdessä Suomen kemisti-liitto, Suomalaisten Kemistien Seura ja Matemaattisten aineiden opettajien liitto. Komitean tehtävänä oli muun muassa lukion kemian oppimäärän uudistaminen. Komitea ehdotti lukion matemaattisen linjan joka luokalle kahta viikkotuntia kemiaa ja sisältöjen huomattavaa laajennusta. Uusia sisältöjä olisivat muun muassa orgaanisen kemian tekniset sovellukset. Oppilastöitä pidettiin ehdottoman tärkeinä myös lukiossa. (Komiteamietintö 1960)

Seuraavana vuonna julkaistiin opetusministeriön asettaman toimikunnan ehdotus fysiikan ja kemian oppiennätyksiksi. Epäorgaaninen kemia noudatti yksittäisten alkuaineiden ja niiden yhdisteiden käsittelyä, jonkin verran yleisen kemian teoriaa liitettynä happeen ja vetyyn, kuten lämpötilan vaikutus palamisnopeuteen, mooli, moolitilavuus ja niin edelleen. Lisäksi käsiteltäisiin atomin rakennetta, hapetuslukuja ja sidoksia. Orgaaninen kemia sisältäisi homologisen sarjan mukaisia hiilivetyjä, maaöljyn, alkoholit johdoksineen, saippuoitumisen, esterit, rasvat ja ynnä muut sekä monia teknisiä sovelluksia, kuten paperi, kumi ja muovit. Metodisten ohjeiden mukaan lähtökohtana oli atomin rakenne ja jaksollinen järjestelmä, joita selvitetään atomimallien perusteella. Näitä tuli käsitellä tarkemmin tarkastelemalla paria kymmentä alkuainetta. Tärkeänä pidettiin, että opiskelijat oppivat kirjoittamaan joustavasti yhdisteiden kaavoja ja ratkaisemaan reaktioyhtälöitä sekä laatimaan niihin liittyviä laskutehtäviä. Kokeisiin perustuvaa opetusta puolustettiin, vaikka lukiossa oli niukasti aikaa niiden tekemiseen.

Kuitenkin vaadittiin muutamaa oppilastyötuntia. Opetukseen kannatti sisällyttää myös teollisuusvierailu mahdollisuuksien mukaan. Tässä ehdotuksessa ei olisi lisätty fysiikan ja kemian tuntien yhteistä määrää. (Komiteamietintö 1961)

Lehtori Laaksovirta hyökkäsi toimikunnan mietintöä vastaan hyvin voimakkaasti pitäen oppiennätyksiä vanhanaikaisina ja muistitietotaakkana, vaikka edistystäkin oli tapahtunut. Hänen mukaansa toimikunnan ehdotuksessa sisältö oli opettavan aineksen luettelo. Ilmeisesti ehdotuksessa ei haluttu sen tarkemmin sitoa opettajien ja oppikirjan tekijöiden käsiä mihinkään tiettyyn kaavaan. Samoin toimikunta jätti avoimeksi työtavan ja etenemistavan. Kuitenkin nämä olivat asioita, jotka saattoivat aiheuttaa opiskelijoiden eriarvoisen aseman jatkoopinnoissa. Lopuksi hän vertasi liittojen komitean ja toimikunnan mietinnön sisältöjä. Hän totesi, että toimikunta ei halunnut ottaa mukaan kehityksen tuomaa uutta opetusainesta ehkä peläten aineiston paisuvan liian suureksi ja haluten jättää opettajille riittävän vapaat kädet. Komitea puolestaan ajatteli, että tapahtunutta kehitystä on pyrittävä seuraamaan mahdollisuuksien mukaan, ja että alkuaineryhmät on alistettava entistä enemmän auttamaan teorian selvittämistä ja kokonaisuusien luomista. (Laaksovirta 1962)

Edellä esitettyjen oppiennätysehdotusten jälkeen opetusministeriö vahvisti kemian väliaikaiset oppiennätykset vasta 28.5.1969, ja 18.6.1969 opetusministeriö asetti toimikunnan laatimaan ehdotuksia fysiikan ja kemian uusiksi oppiennätyksiksi ja metodisiksi ohjeiksi. Toimikunta otti nimekseen "Lukion fysiikan ja kemian opetussuunnitelmatoimikunta". Puheenjohtajaksi kutsuttiin professori Kalervo Vihtori Laurikainen. Toimikunnan kemian jaostoon kutsuttiin apulaisprofessori Juhani Murto (jaoston puheenjohtaja), rehtori Per Falck ja ylitarkastaja Matti Tiilikainen, joka toimi myös koko toimikunnan sihteerinä. Toimikunnan mietinnön perusteella määrättiin lukion kemian oppiennätykset ja metodiset ohjeet tulemaan voimaan syksyllä 1970. Kouluhallitus esitti hyväksyttäväksi toimikunnan mietinnössä esitetyt fysiikan ja kemian oppiennätykset lyseoita ja yhteislyseoita varten vuosiksi 1970–1974 ja opetusministeriö vahvisti ne kirjeellä nro 2043/04/70/25.6.1970. Kouluhallitus puolestaan lähetti tiedon yleiskirjeellä 2307/1748 valtion ja yksityiskoulujen rehtoreille. Tämä kirje koski vain vuosia 1970–1971. Lopullinen vahvistus vuosiksi 1970–1974 lähetettiin kouluille yleiskirjeellä 2317/2150/31.8.1970 (Kouluhallitus 1970a, 1970b; Komiteamietintö 1970)

Yleiskirjeen 2307/1743 mukaan Kouluhallitus esittäessään oppiennätysten hyväksymistä lausui omana käsityksenään, että oppiennätykset "antavat mahdollisuuden oppiaineksen liian teoreettiselle tulkinnalle" ja että niissä "on myös kohtia, jotka voidaan jättää pois tai korvata oppilastöillä". Tämä Kouluhallituksen käsitys perustui korkeakouluilta ja alan järjestöiltä saatuihin lausuntoihin. Niiden perusteella Kouluhallitus keräsi ohjeiston, joka lähetettiin kouluille kirjeen mukana. Siinä oli keskeisimmät oppiennätysten muuttamista ja lyhentämistä koskevat kohdat, joihin nojautuen opettajat voisivat kokeilla erilaisia toteuttamisvaihtoehtoja. Lisäksi kirjeen mukaan lukuvuosina 1970–1974 saatavia kokemuksia piti ottaa huomioon seuraavia oppiennätyksiä vahvistettaessa. (Kouluhallitus 1970a)

Lukion fysiikan ja kemian opetussuunnitelmatoimikunta käsitteli muun muassa Ruotsin, Norjan, Tanskan, Eestin ja Japanin fysiikan ja kemian uusimmat oppiennätykset ja metodiset ohjeet. Lisäksi toimikunta tutustui OECD:n ja Unescon julkaisemiin fysiikan ja kemian toisen asteen opetusta koskeviin raportteihin ja julkaisuihin ja eri puolilla maailmaa käytettäviin oppikirjoihin. Erityisesti kiinnitettiin huomiota Yhdysvaltojen ja Neuvostoliiton opetussuunnitelman uudistuspyrkimyksiin. Ehdotuksen perustaksi toimikunta otti asetuksen mukaiset fysiikan ja kemian viikkotuntimäärät (Asetus 1969). Lisäksi kyseisellä asetuksella lukioon tuli kolmanneksi reaalilinja entisten matematiikka- ja kielilinjan ohelle. Toimikunta piti työskentelynsä lähtökohtana fysiikan ja kemian opetusministeriön toukokuussa 1969 vahvistamia väliaikaisia oppiennätyksiä. (Komiteamietintö 1970, 1977)

Kemian osalta toimikunnalla oli käytössään muun muassa kemian opettajien Peipohjassa pidetyn seminaarin ja Suomalaisten Kemistien Seuran asettaman kemian opetusta kevätlukukaudella 1969 tutkineen toimikunnan materiaali. Toimikunta päätyi kahteen erilaiseen kurssiin. Kaikilla opiskelijoilla oli mahdollisuus suorittaa kahden viikkotunnin yleisen kemian kurssi lukion ensimmäisellä luokalla. Matematiikka- ja reaalilinjalla opiskeltava kemian erityisalojen kurssi oli valinnainen lukion kahdella viimeisellä luokalla. Kummallakin luokalla oli täten kaksi viikkotuntia kemiaa. (Komiteamietintö 1970)

Vaikka asetuksella (Asetus 1969) korjattiin kemian asemaa tuntimäärässä lähemmäs kansainvälistä tasoa, Lukion fysiikan ja kemian opetussuunnitelmatoimikunnan mukaan oltiin kuitenkin muusta maailmasta jäljessä. Pohjoismaisessa vertailussa maamme matemaattista linjaa vastaavilla linjoilla Norjassa ja Tanskassa kemiaa oli 6 tuntia ja Ruotsissa 7, kun Suomessa oli kaikille yhteistä kemiaa vain kaksi viikkotuntia ja vapaaehtoisena matematiikka- ja reaalilinjalla vielä neljä lisää eli maksimissaan viikkotuntimäärä oli 6. Toimikunta kiinnitti myös huomiota siihen, että lukion kolmannella luokalla koulu loppui jo helmikuussa, joten kolmannen luokan tuntimäärästä jäi puuttumaan yksi kolmasosa. Tästä aiheutui, että oppilastyöt piti vähentää minimiin. Lisäksi kemia oli asetuksen mukaan yksiselitteisesti pakollinen aine vain matematiikkalinjan ensimmäisellä luokalla; muilla luokilla se oli vapaaehtoinen, sillä reaalilinjalla, jolla luku- suunnitelmassa oli joka vuodelle kaksi viikkotuntia, kemia oli vaihtoehtoinen filosofian ja psykologian kanssa. Kielilinjan oppilaiden vapaaehtoinen yleisen kurssin valinta ei oikeuttanut heitä valitsemaan erityisalojen kurssia. (Komiteamietintö 1970)

6.3 Muutoksen aika (1970–1985)

Luku 6.3 sisältää vuoden 1970 opetussuunnitelman, vuoden 1975 opetussuunnitelman ja vuoden 1981 kurssimuotoisen lukion oppimääräsuunnitelman kuvauksen. Lisäksi käsitellään opetussuunnitelmien välillä tapahtuneita asioita, joilla oli vaikutusta opetussuunnitelmamuutoksiin. Koska oltiin siirtymässä kurssimuotoiseen lukioon, tarkastellaan myös sitä valmisteelleen toimikunnan mietintöä.

6.3.1 Vuoden 1970 opetussuunnitelma

Vuoden 1969 lukusuunnitelma (tuntijako) poikkesi varsin vähän vuoden 1948 lukusuunnitelmasta. Perusteluissa korostettiin, että matemaattisten aineiden asema oli jäänyt jälkeen kansainvälisestä tasosta. Sekä fysiikan että varsinkin kemian asemaa vahvistettiin, jotta päästiin lähemmäksi kansainvälistä tasoa.

6.3.1.1 Tavoitelinjaus

Eksaktien luonnontieteiden päämääränä pidettiin tosiasioiden ja lainalaisuuksien lisäksi tutkimusmetodien ja näiden oppimisjärjestelmien käsittelyä, jolloin syvennyttään myös mallien käyttöön. Lisäksi oleellisena päämääränä oli, että opetus rakentuu keskikoulussa tai peruskoulussa opitun varaan, jolloin edetään aikaisemmin opittujen alkuaineiden ja yhdisteiden avulla.

Taulukko 8 Vuoden 1970 opetussuunnitelman tavoitelinjaukset (Komiteamietintö 1970)

Kemian opetus	Teoreettinen linjaus	Yhteiskunnallinen linjaus
Tavoitteet	<p>Luonnontieteellinen ajattelu-tapa</p> <p>Mielenkiinnon herättäminen kemian alaan kuuluviin ilmiöihin ja lainalaisuuksiin</p> <p>Tutustuttaminen eri alkuaineisiin ja niiden tärkeimpiin yhdisteisiin</p> <p>Tutustuttaminen kokeellisiin menetelmiin</p> <p>Tutustuttaminen teorialleihin ja niiden käyttöön</p> <p>Taito soveltaa itsenäisesti kemian käsitteitä ja lakeja yksittäisiin tapauksiin</p>	<p>Mahdollisimman hyvän perustan luominen oppilaiden jatko-opinnoille sellaisilla aloilla, joilla kemiaa tarvitaan</p>

Kemian opetuksen päämääränä oli, että mahdollisimman varhaisessa vaiheessa otetaan tarkasteluun nykyaikainen atominrakenteen malli, tiedot aineen rakenteesta sekä fysiikan ja kemian lainalaisuudet (vrt. Herron & Nurrenbern 1999). Oikean hahmottamisen takia opetuksen tulee nojautua kokeisiin, teorialleihin ja esimerkkeihin. Epäorgaanisen ja orgaanisen kemian välillä ei saanut olla jyrkkää rajaa. Kemian tietojen syventäminen ja kvantitatiivisten riippuvuuksien selvittäminen niin ikään kuuluivat kemian päämääriin. (Komiteamietintö 1970)

Taulukossa 8 on esitetty vuoden 1970 opetussuunnitelman tavoitelinjauksia. Siinä esitetyt tavoitteet pohjautuivat jatko-opintoihin tarvittavaan kemian teoriaan sekä mallien ja kokeellisen opettamisen teorioihin. Muut teoriatavoitteet olivat luonnontieteellisen ajattelutavan kehittyminen sekä mielenkiinnon herättäminen kemian ilmiöihin ja lainalaisuuksiin. Yhteiskunnallisiksi voi luokitella perustan luomisen jatko-opiskeluille. (Komiteamietintö 1970)

6.3.1.2 Sisältölinjaus

Sisältöjen osalta 1970 opetussuunnitelma oli hyvin akateeminen eikä sisälöistä ei voinut löytää minkäänlaista yhteiskunnallista näkökulmaa. Lukion I luokalla yleisen kemian kurssi (2 viikkotuntia) sisälsi kemiallisen sidoksen, jonka käsittely koostui ioni-, kovalenttisesta, metalli- ja dipoli-dipolisidoksesta sekä kompleksi-ioneista, yksinkertaisten ionien avaruusrakenteista ja elektronegatiivisuudesta. Kurssilla käsiteltiin myös stoikiometriaa sisältäen atomi-, kaava- ja molekyylipainon (-massan), moolin, reaktioyhtälön kirjoittamisen sekä sen kvantitatiivisen merkityksen. Kolmantena kokonaisuutena tarkasteltiin puhtaat aineet ja seokset sisältäen aineen olomuodot ja niiden muutokset, Avogadron lain, ihannekaasujen tilanyhtälön ja seokset. Hapettuminen ja pelkistyminen käsiteltiin elektroninsiirtoreaktioina. Tässä yhteydessä opetettiin hapetusluku ja metallien jännitesarja. Tämän kurssin viimeisinä kokonaisuuksina tarkasteltiin lämpökemiaa ja kemiallisen reaktion dynamiikkaa. Lämpökemia sisälsi kemiallisiin reaktioihin liittyvät lämpöilmiöt, kuten reaktiolämmön ja erityisesti muodostumislämmön, sekä energiaperiaatteen kemiallisissa reaktioissa. Kemiallisen reaktion dynamiikka koostui reaktion nopeuteen vaikuttavista tekijöistä, aktivoitumisenergiasta, katalyysistä ja reaktion tasapainotilasta. Kurssiin sisältyi myös protolyysireaktiot. Tässä yhteydessä käsiteltiin hapot ja emäkset Brönstedtin mukaisesti, amfolyytit, neutraloituminen, pH-käsite sekä vahvat ja heikot hapot ja emäkset. (Komiteamietintö 1970)

Erityisalojen kurssi opetettiin lukion toisella (2 viikkotuntia) ja kolmannella (2 viikkotuntia) luokalla. Kumpanakin vuonna tuli sisältyä laboratorioharjoitukseen tapahtuvaa tutustumista kemian kokeellisiin tutkimusmenetelmiin. Kurssin aikana piti käsitellä kemiallista tasapainoa sisältäen tasapainovakiot ja niiden asemassa tapahtuvat muutokset. Protolyysireaktiot sisälsivät autoprotolyysin, pH:n määrittelyn, laskemisen ja mittaamisen, puskurikäsitteen, metalli-ionien protolyysin oksidien liuoksissa. Epämetallien kemia koostui tärkeimmistä epämetalleista ja niiden tavallisimmista yhdisteistä. Metallien kemia puolestaan sisälsi metallien esiintymisen, valmistuksen ja ominaisuudet, lejeeringit sekä tärkeimmät metallit ja puolimetallit. Kurssin aikana määriteltiin myös suolat ja käsiteltiin liukoisuustulo ja kompleksiyhdisteet. (Komiteamietintö 1970)

Orgaaninen kemia sisälsi hiilen orbitaalit ja niiden tyypit, funktionaaliset ryhmät, isomerian, stereokemian, orgaaniset reaktiotyypit sekä esimerkkejä tärkeimmistä yhdistetyypeistä. Orgaanisen kemian yhteydessä tarkasteltiin makromolekyylien kemiaa, joka koostui käsitteistä makromolekyyli ja polymeeri, makromolekyylien fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet, hiilihydraatit, proteiinit,

lipidit, nukleiinihapot, entsyymit sekä luonnon ja synteettiset polymeerit. (Komiteamietintö 1970)

Käsiteltävinä asioina piti vielä olla sähkökemian sekä pinta- ja kolloidikemia. Sähkökemian sisälsi elektrolyysin, elektrodipotentialit, kemialliset virtalähteet ja korroosion ja pinta- ja kolloidikemian kolloididisperseerit systeemit, kolloidien tärkeimmät ominaisuudet, adsorption, vaahdotuksen, pesuaineiden vaikutuksen ja ioninvaihtimet. Mikäli aikaa riitti, paneuduttiin kemialliseen spektroskopiaan, joka sisälsi elektroni- ja vibraatio-spektroskopian kemialliset sovellukset. (Komiteamietintö 1970)

Opetussuunnitelma antoi lisäksi kemian kurssiin varsin yksityiskohtaisia käsiteltävien aiheiden ohjeita. Siinä otettiin huomioon, että kaikki opiskelijat eivät opiskelleet yleistä kurssia enempää kemiaa, yhteistyön fysiikan ja kemian välillä ja myös muiden aineiden kanssa tehtävän yhteistyön. Opetussuunnitelmassa kiinnitettiin myös huomiota työmäärän tasaiseen jakautumiseen ympäri vuoden. (Komiteamietintö 1970)

6.3.1.3 Metodeihin ja sisältöihin liittyvät pedagogiset ohjeet

Taulukossa 9 on esitetty työtapojen ja pedagogisten ohjeiden linjaukset. Siinä on hyvin yksityiskohtaisesti annettuja ohjeita kurssien eri kohtien opetukseen. Opetussuunnitelman metodiosassa kuvattiin monipuolisia tehtäviä hyvin

Taulukko 9 Vuoden 1970 työtapalinjaukset (Komiteamietintö 1970)

Kemian opetus	Kemian teoriaan ja sen opettamiseen liittyvät linjaukset
Mallin käsite kemian opetuksessa	Havaintojen tai kokeiden ymmärtämiseksi esitetään teoriamalli Annetaan mahdollisesti syy uusiin kokeisiin ja kehittyneempään malliin Esimerkkimalleja: atomimallit, sidokset ja reaktiomekanismit
Kemian tehtävät	Monipuolisia tehtäviä, joiden avulla selvennetään lainalaisuuksia ja sovelluksia
Demonstraatiot	Tarkoituksena opettaa opiskelijoita tekemään havaintoja ja niiden pohjalta luonnonilmiöistä johtopäätöksiä 1. Havainnollistetaan uutta luonnonilmiötä tai tunnettujen suureiden välistä riippuvuutta. Näistä seuraa induktiivinen opetusmenetelmä 2. Todetaan deduktiivisesti saatu lainalaisuus, myös induktiivisesti saadun lainalaisuuden varmentaminen Lukiossa demonstraatiot keskeisin havainnollistamistapa, koska oppilastyöt kuluttavat runsaasti aikaa
Oppilastyöt	Tarkoituksena on totuttaa opiskelijat käyttämään tiettyjä mittaus- ym. välineitä, suorittamaan omintakeisesti määrättyjä kokeita sekä tekemään itsenäisesti havaintoja ja niiden avulla johtopäätöksiä (keskikoulun tai peruskoulun keskeisin työtap)

yksityiskohtaisesti. Se sisälsi muun muassa lasku- ja muita tehtäviä lainalaisuuksien ymmärtämiseksi. Sellaisilla teoriaan ja sovelluksiin liittyvillä tehtävillä, joiden ratkaisu ei ollut laskennallinen, piti olla pysyvä sija. Graafisten tehtävien

avulla voitiin havainnollistaa suureiden välistä riippuvuutta. Kokeellisten tehtävien yhteydessä voitiin kehittää opiskelijoiden omatoimisuutta ja kykyä muodostaa kysymyksiä. Metodiosassa ehdotettiin myös käytettäväksi vaikeiden kysymysten jakamista osasuorituksiin ja johdattelevia kysymyksiä ilmiökokonaisuuksiin. Kertausvaiheeseen ehdotettiin kysymyksiä, jotka luotaisivat koko kurssin (oppimäärän) aluetta, jolloin opiskelija voi huomata kemian jaon osa-alueisiin keinotekoiseksi. (Komiteamietintö 1970)

Demonstraatioiden suorittajana oli opettaja, opiskelija tai ryhmä opiskelijoita tai ne tehtiin yhdessä. Metodiosassa annettiin niitä varten varsin yksityiskohtaisia suunnittelu- ja suoritusohjeita:

1. näkyy selvästi kaikille opiskelijoille;
2. todentaa sitä, mitä on tarkoitus;
3. ei syytä toistaa aiemmin tehtyjä kokeita;
4. tietyn asian todentamiseksi yleensä vain yksi koe tai koesarja;
5. yksinkertaisia kokeita yksinkertaisin välinein;
6. lyhytkestoisia;
7. huolellinen valmistelu;
8. alkuvalmistelut eivät saa kuluttaa paljon aikaa;
9. nivellettävä hyvin tunnin kulkuun;
10. opiskelijoille ilmoitettava etukäteen, mihin pyritään;
11. tulosten oltava helposti tulkittavia;
12. laajat alkuvalmistelut suoritettava ennen tunnin alkua pitäen rakennelman piilossa;
13. outoja laitteita ei tarvitse selittää, ellei kokeen kannalta välttämätöntä - siis riittää käytön tarkoitus;
14. koejärjestely ennen koetta kaaviona. (Komiteamietintö 1970)

Myös oppilastöistä annettiin yksityiskohtaiset ohjeet. Lukion kemian kursseissa tuli tehdä 15–20 oppilastyötä yleensä kaksoistunneilla (voi myös olla 1 tunti tai jopa 4 tuntia). Ne suoritettiin yleensä muuhun opetukseen liittyvänä, mutta VII luokan kevätkaudella yhtenäisenä jaksone. Oppilastyöt suositeltiin sijoitettavaksi päivän viimeisiksi tunneiksi. Demonstraatio voitiin korvata yksinkertaisella työllä. Yleensä työparit suorittivat saman työn, mutta paikallisten olosuhteiden mukaan voitiin toimia muullakin tavalla. Esimerkiksi ryhmällä saattoi olla eri työ tai ne tutkivat samaa teorian kohtaa eri menetelmin. Työohjeiden piti olla riittävän ajoissa ennen työsuoritusta. Ohjeen kysymysten piti olla sellaisia, että opiskelijat joutuivat tekemään itsenäisesti johtopäätöksiä. Opiskelijan tuli kirjoittaa työselostus, jonka laatimisessa hän joutui käyttämään kirjallisuutta. Oppilastöitä voitiin korvata tehdas- tai tutkimuslaboratoriovierailulla. Tällöin luokka jaettiin ryhmiin, joilla jokaisella oli oma tutkimuskohde. (Komiteamietintö 1970)

Oppilastöiden vaatimuksiksi esitettiin seuraavaa:

1. Yleensä teoriaan liittyviä, sitä selventäviä ja mahdollisuuksien mukaan silloin käytössä olevin menetelmin toteutettavissa.
2. Alussa töiden pitää olla lyhyitä ja helppoja kuitenkin lukiotasoisia.
3. Voi täydentää demonstraatiota, mutta ei saa olla sen toisinto.
4. Turvallisuusmääräysten mukaisia.
5. Eri menetelmät tasapuolisesti edustetuiksi. (Komiteamietintö 1970)

Suoritettavat työt valittiin eri teoriakohtiin sopivasti. Oli valittavana kvalitatiivista analyysia, kaasun moolitilavuutta, erilaisia titrauksia, gravimetrista analyysia, reaktionopeutta, tasapainoja, pH ynnä muita selventäviä töitä. (Komiteamietintö 1970)

Taulukko 10 Opetuksen arviointi vuoden 1970 opetussuunnitelmassa (Komiteamietintö 1970)

	Prognostiset kokeet	Diagnostiset kokeet	Suullinen, kirjallinen ja harjoitustyönäyttö
Tarkoitus	Opetuksen onnistumisen toteaminen Täsmällisen materiaalin saaminen opiskelijan arvostelua varten	Löytää opiskelijan tietojen ja taitojen aukot Etsiä opiskelijoita, joille tarjottu materiaali on liian helppoa	Lisänäyttö
Määrä	2-3 koetta lukukautta kohden	Tarvittaessa	Jatkuvasti
Laajuus ja luonne	Laajahko kurssin osa/koe Ei yksityiskohtainen ja koetta voi edeltää kertausta Opiskelijoille annetaan valmistautumisaikaa Lukion 1. luokalla riittää yhden tunnin koe Toisella ja kolmannella luokalla kaksi tuntia Tehtävät ovat produktiivisia, monivalintatehtäviä Lähinnä 1. luokalla lyhyet vastaukset eikä matemaatiikka ole vaativaa 1. luokalla ei esseevastauksia 2. ja 3. luokalla taitojen karttuessa vaativampia tehtäviä Matemaattinen osaaminen tärkeä, mutta ei pelkkiä suureyhtälösovelluksia Lisäksi graafisista kuvajista haetaan sanallisia johtopäätöksiä	Ovat lyhyitä 10-15 min. kestäviä laskuharjoituksia tai kirjallisia kuulusteluja Lyhyitä kysymyksiä Monivalintatehtäviä Voivat liittyä käsiteltyihin asioihin: laskuja, piirrosten avulla selitettäviä tehtäviä tai demonstraatioiden ja oppilastöiden pääkohtia Tarkistus ja korjaaminen eivät vie paljon aikaa Kokeesta ei ilmoiteta etukäteen, koska koe on ohjaava ja neuvova Kohdistuvat käsiteltyihin asioihin Kokeen pitää olla mahdollisimman yksityiskohtainen	
Vaikutus	Määrää suurelta osalta todistusarvosanan	Tulos ei vaikuta todistuksen arvosanaan, mutta tuloksen pohjalta annetaan opiskelijoille, joilla on puutteita, lisäharjoitusta	Todistusarvosanaan niin suuressa määrin kuin mahdollista: kyky esittää suullisesti asioita ja selviytyä laboratorioharjoituksista ja itsenäistä tehtävistä.

6.3.1.4 Opetustulosten arviointi

Vuoden 1970 opetussuunnitelman mukaan opetuksen arviointi sisälsi prognostiset kokeet, diagnostiset kokeet sekä suullisen ja kirjallisen työskentelyn arvioinnin ja laboratorioharjoitukset. Taulukossa 10 on esitetty, mikä näiden kunkin merkitys oli opiskelijan arvosanan ja muun palautteen kannalta. Taulukosta nähdään opetussuunnitelmassa annetut ohjeet opiskelijan arviointiin vaikuttavista tekijöistä. Prognostisten kokeiden, joita myöhemmin kutsutaan summatiivisiksi kokeiksi, kohdalla ohjeet olivat varsin yksityiskohtaiset. Suullisen, kokeiden lisänä olleiden kirjallisten tuotosten ja harjoitustöiden näytön osalta ohjeet olivat varsin ylimalkaiset. (Komiteamietintö 1970)

Diagnostiset kokeet, joiden tilalla käytetään myöhemmin nimeä formatiiviset kokeet, puolestaan eivät saaneet vaikuttaa arvosanaan, vaan niiden perimmäisenä tarkoituksena oli auttaa opiskelijoita pääsemään parempiin tuloksiin etsimällä aukkoja, joiden korjaamiseksi piti tarjota lisäopetusta. (Komiteamietintö 1970)

6.3.1.5 Vuoden 1970 kemian opetussuunnitelman yhteenveto

Vuoden 1970 opetussuunnitelmassa kemialle annettiin viikkotuntimäärä yksinään eikä kuten aikaisemmin yhteisenä tuntimääränä fysiikan kanssa. Kuitenkaan kemia ei tullut kaikille yhteiseksi opetettavaksi aineeksi, sillä reaalilinjan kaikki kuusi viikkotuntia kaikilla kolmella luokalla olivat vaihtoehtoisia psykologian ja filosofian kanssa. Kielilinjalla kaksi mahdollista viikkotuntia olivat vapaaehtoisia. Ainoastaan matematiikkalinjan VI luokan kaksi viikkotuntia olivat pakollisia. Muiden kahden luokan yhteensä 4 viikkotuntia olivat vapaaehtoisia. (Komiteamietintö 1970, 1977)

Tavoitteet ja sisällöt oli asetettu hyvin pitkälle kemian tai kemiaa soveltavan alan jatko-opinnoissa tarvittavien tietojen hankintaa varten. Sisältöjen aiheet kuvasivat hyvin yksityiskohtaisesti akateemisissa opinnoissa esiintyviä aiheita. Kokeellisuus oli suurelta osin demonstrointia, johon opetussuunnitelma antoi yksityiskohtaiset ohjeet. Myös lukion oppilastyöt mainitaan, mutta niiden suorittamista rajoitti käytettävän ajan puute. Oppilastöitä ehdotettiin muun opetuksen lomaan sopiviin kohtiin, ja yksinkertaisella oppilastyöllä voitiin korvata demonstraatio. (Komiteamietintö 1970)

6.3.2 Kohti jakso-opetusta ja kurssimuotoista lukiota

Vuoden 1970 fysiikan ja kemian opetussuunnitelmat olivat voimassa neljä vuotta päättyen 6.7.1974. Kouluhallituksen yleiskirjeen 2549/2089/1974 mukaan kemian opetussuunnitelma piti mitä pikimmiten uudistaa. Sen seurauksena vuoden 1974 marraskuussa pidettiin fysiikan ja kemian opetussuunnitelmaa pohtinut seminaari, jonka tuloksena esitettiin suosituksia, mitä asioita kurssista voitaisiin jättää pois ajan puutteen takia tai siirtää myöhempään ajankohtaan (Seinälä 1975). Koska tällöin oli käynnissä lukion lukusuunnitelman muutostyö, joka todennäköisesti tuli vaikuttamaan myös fysiikan ja kemian opetussuunnitelmiin, ei ollut tarkoituksenmukaista uudistaa kyseisten aineiden opetussuunnitelmaa. Siksi Kouluhallitus jatkoi fysiikan ja kemian opetussuunnitelmaa 31.7.1975

saakka tuolla edellä mainitulla yleiskirjeellä, sillä uusi lukusuunnitelma oli tarkoitus ottaa käyttöön syksyllä 1975. Kirjeessä suositeltiin myös kemian oppilaita tehtäväksi VII luokan keväällä enintään kahden kuukauden periodina. Työt tulisi kuitenkin järjestää niin, ettei muu kemian opiskelu siitä sanottavasti kärsi eikä lukion kurssi jää kesken. (Kouluhallitus 1974)

Asetuksen 279/1975 mukaista lukusuunnitelmaa laadittaessa tavoitteena oli, että lukion opiskelua nivellettiin joustavammin tilanteeseen, jossa osassa maata oli peruskoulu ja osassa vanha keskikoulu. Tiukasti ohjattua valinnaisuutta väljennettiin siten, että linjajako korvattiin valinnaisuudella, ja että mahdollistettiin siirtyminen joustavasti noudattamaan opetusjärjestelyjen osalta jaksolukua, sillä tavoitteena oli kurssimuotoinen opetus. Asetus ei kuitenkaan antanut vielä täydellistä valinnan vapautta. (Komiteamietintö 1977)

Kouluhallitus vahvisti yleiskirjeellä 2613/2215 7.3.1975 uuden lukion kemian opetussuunnitelman, joka oli rakennettu sille pohjalle, että lukion 1. luokka muodostaa oman kokonaisuuden, peruskurssin, jota seuraavat 2. luokan ja 3. luokan jatkokurssit. Yleiskirjeen mukaisesti opetussuunnitelma oli hyvin paljon vuoden 1970 opetussuunnitelman kaltainen. Sen piti olla voimassa viisi seuraavaa vuotta ja sen piti tulla voimaan lukion 1. luokan osalta syksyllä 1975. Lukusuunnitelman mukaisesti peruskurssin piti käsittää kolme tuntia, 2. luokan jatkokurssin 4 tuntia ja 3. luokan jatkokurssin 3 tuntia kymmenen päivän jaksossa (Kouluhallitus 1975)

6.3.2.1 Vuoden 1975 kemian opetussuunnitelman tavoitteet

Peruskurssin tavoitteet korostivat, että kurssi oli tarkoitettu kaikille lukioasteen ensimmäisen vuoden opiskelijoille. Sen piti koota, täydentää ja syventää perusasteella tai keskikoulussa muodostunutta kuvaa materian rakenteesta ja ominaisuuksista sekä kemiallisista ilmiöistä. Kurssin piti perehdyttää opiskelijat kemiallisiin reaktioihin ja niiden merkitykseen ihmiselle ja ottaa samalla huomioon kemian tarjoama hyöty muidenkin oppiaineiden, erityisesti biologian, opiskelussa. Kurssin tehtävänä oli myös antaa kuva siitä, miten kemia voi palvella ihmistä ja nykyaikaista yhteiskuntaa säilyttämällä kuitenkin luonnon tasapainon. Tavoitteet olivat yksityiskohtaisempia kuin vuoden 1970 opetussuunnitelmassa. Aivan uutta oli luonnon tasapainon mainitseminen. (Kouluhallitus 1975)

Jatkokurssien tavoitteet muistuttivat paljon edellisen opetussuunnitelman erityisalojen kurssin tavoitteita. Jatkokurssien tehtävänä oli laajentaa ja syventää kuvaa materian rakenteesta, kemiallisten ilmiöiden lainalaisuuksista sekä kemian kokeellisista työmenetelmistä niin, että opiskelijat voivat vaikeuksista jatkaa opintojaan aloilla, joilla tarvitaan kemian tuntemusta. Niiden tehtävänä oli myös antaa monipuolinen kuva kemiasta eksaktina luonnontieteenä, sen merkityksestä sekä uusimmista tutkimusmenetelmistä ja saavutuksista. Edellisen opetussuunnitelman tavoitteisiin nähden teoreettisuutta oli vähennetty. (Kouluhallitus 1975; Komiteamietintö 1970)

6.3.2.2 Vuoden 1975 opetussuunnitelman oppiaines

Peruskurssin oppiaines oli valittu niin, että aikaisemman yleisen kurssin aineen rakenteen, kemiallisen reaktion, hapettumisen ja pelkistymisen, protolyysin

ja alkuaineiden kemian osuutta oli kevennetty, jotta voitiin lisätä orgaanisen kemian ja elinympäristön kemian osuus sekä kemian sovelluksia. Opetussuunnitelma antoi hyvin yksityiskohtaisen esityksen siitä, mitä piti opettaa. Kemian sovellutukset käytännön elämän alueilta piti esimerkiksi käsitellä asiayhteydessä kurssin myötä. Myös elinympäristön kemian tarkasteluun annettiin yksityiskohdalliset ohjeet. (Kouluhallitus 1975)

Jatkokurssi 1 sisälsi atominrakenteen orbitaalien avulla, molekyylien rakenteen molekyyliorbitaalien avulla, isomerian ja konformaation, stoikiometrian reaktioyhtälöineen ja laskuineen, kemiallisen tasapainon ja tasapainovakion, veden autoprotolyysin, protolyysin, protolyysivakion, pH:n, sähkökemian elektrodipotentiaaleineen, elektrolyyseineen, sähköpareineen ja sovelluksineen sekä tärkeimpien alkuaineiden ja niiden yhdisteiden, oksidien ja vety-yhdisteiden ominaisuudet, hapot, emäkset ja alkuaineiden valmistusmenetelmiä. Alkuaineiden kohdalla jaksollisen järjestelmän ja elektronegatiivisuusarvojen avulla piti perehtyä niiden ominaisuuksiin ja elektronirakenteisiin. Pääryhmien alkuaineiden ryhmäominaisuuksia ja kolmannen ja neljännen jakson alkuaineita tarkasteltiin esimerkkien avulla. (Kouluhallitus 1975)

Toisen jatkokurssin oppiaines sisälsi hybridisoitumisen, sigma- ja pii-sidoksen, joihin tuli perehtyä esimerkkien avulla, kemiallisen tasapainon sovellutuksia, joihin kuului tasapainotilan ja -vakion määrittäminen, liukoisuustasapaino, liukoisuus, liukoisuustulo ja kaikenlaiset tasapainolaskut, hiiliyhdisteiden kemian, johon kuului orgaaniset reaktiotyypit, funktionaalisten ryhmien reaktiot ja polymeerit, sekä syventävän kertauksen. Erityisesti puskuriliuoksiin piti tutustua esimerkkien avulla. Tasapainoon liittyen voitiin tehdä harjoitustöitä. Lisäksi biokemiallisia reaktiotyyppejä tuli käsitellä muutamien esimerkkien avulla. (Kouluhallitus 1975)

Jatkokurssin 1 oppiaineeseen ajateltiin liitettäväksi harjoitustöitä, joiden avulla oli tarkoitus opiskella aihepiiriä syventäen ja soveltaen. Ajateltiin, että laboratoriotyöt tehtäisiin joko muun opiskelun yhteydessä tai yhtenäisenä jaksona lukion toisen luokan kevätlukukaudella. Harjoitustöiden suositeltavia aihealueita olivat muun muassa gravimetrinen analyysi, volumetrinen analyysi erilaisine titrauksineen, kemiallisen tasapainon tutkiminen, K_a ja pH, reaktionopeuden tutkiminen, esterihydrolyysi, kvantitatiivinen sähkökemian työ, kuten esimerkiksi Avogadron vakion määrittäminen, ionien reaktioita ja kvalitatiivinen analyysi, vesianalyysi ja absorptiometrinen työ. (Kouluhallitus 1975)

Lukion toisen ja kolmannen vuoden opiskelijoille tarkoitettu valinnainen erikoiskurssi käsitteli aiheita, jotka luontevasti liittyivät lukion kemian jatkokurssien oppiaineeseen, ja siihen suositeltiin sisällytettävän laboratoriotöitä. Sen aiheina saattoi olla mahdollisuuksien mukaan biokemian alkeet, ympäristökemia, kemianteollisuuden prosessit, jokin kemiaan läheisesti liittyvä teollisuuden ala, esimerkiksi elintarviketeollisuus, pinta- ja kolloidikemia, makromolekyylien kemia, radiokemia, spektroskopia ja hivenaineanalytiikan alkeet. (Kouluhallitus 1975)

6.3.2.3 Vuoden 1975 opetussuunnitelman metodit

Opetusmenetelminä tai työtapoina opetussuunnitelma esitteli esimerkiksi esittävää opetusta, kyselevää opetusta, opetuskeskustelua, ryhmätyötä, yksilöllistä työtapaa ja yhteistä ja yksilöllistä harjoitusta. Menetelmän valinta riippui suurelta osin tunnin aiheesta, mutta usein tunnista saataisiin tarkoituksenmukainen yhdistelemällä eri työtapoja. Työtavan valintaan vaikuttaisi sen sopivuus esimerkiksi uuden asian esittelyyn, perusasioiden oppimiseen, opitun soveltamiseen tai opitun kertaamiseen. Kurssin kokonais- ja osatavoitteet olivat myös merkittäviä siinä, mitä menetelmää käytettäisiin. Näissä metodiohjeissa oli paljon samaa kuin edellisessä opetussuunnitelmassa. (Kouluhallitus 1975; Komiteamietintö 1970)

Tämäkin opetussuunnitelma painotti demonstraatioiden merkitystä edellisen opetussuunnitelman tavoin, jotta käsiteltävä aihe tulisi mahdollisimman selvästi ja keskitetysti opetetuksi. Yksi hyvin suunniteltu koe tai etenevä koesarja riitti. Myös kokeen kesto ja tulkinta ja ajankohta olivat edellisen opetussuunnitelman mukaisesti esitetty. Samoin mainittiin monimutkaisten systemien välttäminen ja opiskelijoiden suorittamat demonstraatiot. Opetusheijastimien yleistyminen tuli parantamaan demonstraatioiden näkyvyyttä. (Kouluhallitus 1975; Komiteamietintö 1970)

Oppilastöiden piti olla lukiotasoisia, mikä tarkoitti, että niihin liittyi esimerkiksi stoikiometrisia laskutehtäviä, mittausten graafista käsittelyä, analysointia tai syntetisointia. Työn aiheeksi suositeltiin myös useasta osatehtävästä koostuvia teemoja. Opetussuunnitelman mukaan harjoitustyöt ajateltiin tehtäväksi kahden tai kolmen opiskelijan ryhmissä. Yksilöllisenä työnä voitiin tehdä esimerkiksi ionireaktioita soveltava kvalitatiivinen analyysi, jossa tarkasteltaisiin myös liukoisuutta ja käytettäisiin erotusmenetelmiä. Vielä painotettiin ennakkosuunnittelun tärkeyttä, jotta työ saataisiin liitettyksi kiinteästi käsiteltävää kurssin kohtaa selventämään ja syventämään. Opetussuunnitelma edellytti myös voimassa olevien turvallisuusmääräysten noudattamista. (Kouluhallitus 1975)

Välineiden osalta uutena oli tullut mukaan kuvanauhuri. Se lisäsi mahdollisuuksia esittää aiheita, jotka olivat hankalasti demonstroitavia tai joita mahdollonta esittää koululuokassa. (Kouluhallitus 1975)

Peruskurssin opetuksessa piti kiinnittää huomiota erityisesti tavoitteisiin. Tämä piti tehdä siksi, että se oli kaikille opiskelijoille tarkoitettu kurssi ja lisäksi se toimi siltana peruskoulun tai keskikoulun ja lukioasteen kemian välillä sekä yhdisti peruskurssin jatkokurssien opiskeluun. Opetuksessa täytyi siksi kiinnittää huomiota eriyttämiseen ja työtapojen valintaan, jotta jokainen työllistettäisiin. (Kouluhallitus 1975)

Jatkokurssien tarkoituksena oli kestävän perustan luominen opiskelijoiden jatko-opinnoille aloilla, joilla tarvittiin kemian tuntemusta. Tavoitteiden saavuttamiseen vaikuttaisivat paitsi oppiaines myös opetuksessa käytetyt työtavat. Kouluhallituksen mukaan työtapojen valinta vaati opettajien ja opiskelijoiden välistä yhteistyötä. Kuten edellisessä opetussuunnitelmassa, malliajatteluun kiinnitettiin erityistä huomiota siten, että erilaisten mallien avulla opiskelijat pe-

rehdytettäisiin materian rakenteeseen ja ominaisuuksiin sekä kemiallisen sitoutumisen lainalaisuuksiin. Painotettiin, että pitäisi välttää liiallisen detaljitietouden opettamista, koska hajanaisella sirpaletietoudella ei päästäisi tavoitteisiin. Koska kemialliset ilmiöt noudattavat eksakteja lakeja, niiden lainalaisuuksien tarkastelu mahdollistaisi lakien ymmärtämisen ja kemiallisen ajattelutavan omaksumisen. Ilmiöiden matemaattisiin ja kvantitatiivisiin lainalaisuuksiin tuli kiinnittää huomiota, mutta tehtävien pitäisi olla kokemuseräisiä ja laskujen matemaattisesti yksinkertaisia. Kiinnitettiin myös huomiota tulosten ilmoittamiseen oikealla tarkkuudella ja siihen, että käytettiin SI-järjestelmän mukaisia yksiköitä sekä kansainvälisesti sovittua nimitystä ja kansainvälisen kemian järjestön hyväksymää jaksollista järjestelmää. (Kouluhallitus 1975; Komiteamietintö 1970)

6.3.2.4 Vuoden 1975 opetussuunnitelman opiskelija-arviointi

Opetussuunnitelmassa todettiin, että arviointi on osa opetusta, jonka tarkoituksena on ensisijaisesti opiskelijan palveleminen. Se voi olla toteavaa, motivoivaa, ohjaavaa ja ennustavaa. Edellisessä opetussuunnitelmassa esitettiin arviointi prognostisena ja diagnostisena. Tässä opetussuunnitelmassa edellistä vastasi summatiivinen arviointi, joka määräsi kokeiden avulla suurelta osin opiskelijan todistukseen tulevan arvosanan. Jälkimmäistä vastasivat formatiiviset kokeet, joiden avulla pyrittiin selvittämään, miten opiskelija oli saavuttanut opiskelulle kulloinkin asetetut tavoitteet ja missä oppiminen oli puutteellista. Formattiivisen kokeen kesto oli noin 15 minuuttia. Näissä kokeissa ei tavallisesti ollut numeroarviointia, vaan tulokset ilmoitettiin pisteinä. Tehtävät olivat samanlaisia kuin edellisen opetussuunnitelman diagnostisissa kokeissa. (Kouluhallitus 1975; Komiteamietintö 1970)

Lähtötason toteaminen suoritettaisiin kemian tietovarastoa mittaavalla testillä. Sen tarkoitus oli selvittää taso ja laatu, joiden mukaisesti suunniteltu opetus vastaisi opiskelijoiden edellytyksiä. Tämän mittauksen perusteella voitaisiin korjata sellaiset tiedoissa ja taidoissa olevat puutteet, jotka saattoivat haitata menestyksellistä opiskelua. Testin avulla saataisiin myös tietoja opiskelijoiden oppimisvaikeuksista. (Kouluhallitus 1975)

Edellä mainitun summatiivisen arvioinnin tehtävänä oli todeta, kuinka hyvin opiskelijat ovat saavuttaneet pitkähköjen opiskelujaksojen tavoitteet. Koetettävien piti kattaa opiskelujakson oppiaines, jotta saataisiin mahdollisimman luotettava kuva opiskelijoiden edistymisestä. Tehtävätyypit vastasivat hyvin edellisen opetussuunnitelman tehtäviä. Näiden kokeiden laadinnassa tuli ottaa huomioon, että niiden avulla voitaisiin objektiivisesti todeta tavoitteiden mukaiset valmiudet ja että ne vastaisivat luonteeltaan valtakunnallisia standardikokeita. Summatiivisessa kokeessa käytettäisiin numeroarvostelua. Edellistä opetussuunnitelmasta poiketen ei lainkaan esitetty, että kurssin numeroon vaikuttaisi muutakin kuin vain summatiiviset kokeet. (Kouluhallitus 1975; Komiteamietintö 1970)

6.3.2.5 Kemian opetussuunnitelman muutos vuonna 1976

Jo seuraavana vuonna asetuksella (Asetus 1976/324) muutettiin luku-
suunnitelma kemian osalta niin, että kemiaa saattoi valita joko oppimäärän, jossa

opiskeltiin kemiaa lukion ensimmäisellä luokalla kolme tuntia kymmenen päivän jaksossa, tai oppimäärän, jossa kemiaa opiskeltiin ensimmäisellä luokalla kolme tuntia, toisella 3 tuntia ja kolmannella 4 tuntia kymmenen päivän jaksossa. Muutos liittyi psykologian ja kemian tuntimäärien sijoitteluun lukion lukusuunnitelmassa, jotta pysyttiin minimi- ja maksimituntimäärien rajoissa (Kouluhallitus 1976a, 1976b). Tämä tarkoitti kemian oppituntien vähenemistä, sillä kolmannen luokan koulu loppui jo helmikuussa ylioppilaskirjoitusten takia. Näin ollen kemian kokonaistuntimäärän muutos oli lukion toisen ja kolmannen luokan osalta seitsemän tuntia negatiivinen.

Koska oppituntien määrä väheni, täytyi oppiaine järjestellä uudestaan ja myös harjoitustyöosuutta karsia. Yleiskirjeen Y2787/1977 mukaan osa lukion toisen luokan harjoitustöistä voidaan siirtää kolmannen luokan syyslukukauteen. Kuitenkin suositeltiin, että toisella luokalla tehtäisiin muutamia harjoitustöitä, joiden aihe liittyi niin tiiviisti jatkokurssi yhden oppiainekseen ja joiden avulla opetusta voitaisiin viedä eteenpäin. Toisaalta, koska oppikirjoissa käsiteltiin hyvin eri laajuisesti alkuaineiden kemiaa, suositeltiin, että rajoitettaisiin käsittelemään alkuaineista ja niiden yhdisteistä vain tärkeimpiä, kuten rautaa, klooria, kalsiumin yhdisteitä, hiilen oksideja ja hiilihappoa sekä piin oksidia ja silikaatteja jo peruskurssilla käsiteltyjen lisäksi. Vielä osa alkuaineiden kemiasta voitiin siirtää kolmannen luokan jatkokurssiin. Kirjeessä oli myös suuntaa antava ajankäytös suunnitelman malli. (Kouluhallitus 1977)

6.3.3 Lukion opetussuunnitelmatoimikunnan mietintö

Lukion opetussuunnitelmatoimikunta hahmotteli mietintönsä I osassa kemian opetuksen tavoitteita. Kemian opetuksen ja opiskelun tavoitteena oli muun muassa antaa monipuolinen kuva kemian merkityksestä, uusimmista tutkimusmenetelmistä ja saavutuksista sekä käytännön sovelluksista elämän eri aloilla. Opiskelijat pyrittiin perehdyttämään aineen rakenteeseen, sen ominaisuuksiin, kemiallisten ilmiöiden lainalaisuuksiin sekä reaktioissa tapahtuviin energiamuutoksiin ja kemiallisen energian hyväksikäyttöön. Päämääränä oli rakentaa mahdollisimman hyvä perusta kemian ja sovellettujen alojen kemian jatko-opinnoille kuin myös alojen opinnoille, joilla tarvittiin kemian tietämystä. Pyrkimyksenä oli, että opiskelijat ymmärtävät kemian teknologian kieltä. Lisäksi tavoitteena oli antaa olemassa olevaan tietoon perustuva kuva sekä luonnon tasapainoon liittyvistä ongelmista että niiden ratkaisumahdollisuuksista ja siitä, miten kemia voi palvella ihmistä ja nykyaikaista yhteiskuntaa. (Komiteamietintö 1977)

Kuten edellä mainittiin, asetuksella (Asetus 1976) muutettiin lukusuunnitelma kemian osalta kuuluvaksi niin, että kemiaa saattoi valita joko oppimäärän, jossa opiskeltiin kemiaa lukion ensimmäisellä luokalla 3 tuntia kymmenen päivän jaksossa, tai oppimäärän, jossa kemiaa opiskeltiin ensimmäisellä kolme tuntia, toisella 3 tuntia ja kolmannella luokalla 4 tuntia kymmenen päivän jaksossa. Toimikunta muutti ehdotuksessaan kemian asemaa seuraavasti: ensimmäisellä luokalla 4 tuntia kemiaa 10 päivän jaksossa kaikille yhteisenä, toisella luokalla valinnaisena 2 tuntia/jakso ja kolmannella luokalla 3 tuntia/jakso. (Komiteamietintö 1977)

Mietinnön II C osan johdannossa toimikunta esitti, että kemian opetuksen kansainvälinen kehitys ja elämän eri aloilla ilmenevä kemian merkitys on otettu huomioon. Nämä asiat ovat vaikuttaneet muun muassa oppiaineen valintaan ja sijoitteluun. Oppiaineen valinnassa on ollut tavoitteena myös aineksen liittyminen entistä konkreettisemmin jokapäiväiseen elämään. Sijoitteluperiaatteena on ollut, että teoreettisuus lisääntyisi päätetasoa lähestyttäessä. Lähtötasoksi on otettu peruskoulussa saavutetut tiedot ja taidot. Päätetasoksi on asetettu valmiudet, jotka tarvitaan kemian korkeakouluopinnoissa. (Komiteamietintö 1977)

Mietinnön II C osan mukaan lukion oppimääräsuunnitelman tuli sisältää kaksi kaikille yhteistä pakollista kurssia ja kaksi valinnaista kurssia. Koska kurssi rakentui aina edellisen kurssin pohjalle, kurssit täytyi opiskella numerojärjestyksessä. Kurssit 1 ja 2 piti opiskella ensimmäisellä luokalla, 3. kurssi toisella luokalla ja 4. kolmannella luokalla. Toimikunta ehdotti myös, että jokaisen kurssin pituus on 38 tuntia. (Komiteamietintö 1977)

6.3.3.1 Tavoitteet

Lukion opetussuunnitelmatoimikunta esitti yhtenä tavoitteena, että kemian opetuksen piti toteuttaa erityisluonteensa perustella luonnontieteiden opetuksen yhteisiä tavoitteita. Lukion kemian opetuksen ja opiskelun erityistavoitteita olivat muun muassa monipuolisen kuvan antaminen kemiasta eksaktina luonnontieteenä, sen merkityksestä, uusimmista tutkimusmenetelmistä ja saavutuksista, kuten mietinnön I osan mukaan on edellä esitetty. Edelleen toimikunta esitti, että opetuksen ja oppimisen piti luoda edellytykset tulevana työyhteisön jäsenenä tai päätöksentekijöinä ymmärtää kemianteknologian informaatiota ja antaa objektiivinen kuva siitä, miten kemia voi palvella ihmistä ja yhteiskuntaa niin, että luonnon tasapaino säilyy. Erityisesti opetuksen tavoitteena tuli olla opiskelijan kokonaispersoonallisuuden kehittäminen tämän oppiaineen keinoin. (Komiteamietintö 1977)

6.3.3.2 Kurssisuunnitelmat

6.3.3.2.1 Kemian ensimmäinen kurssi

Toimikunta ehdotti, että ensimmäisen kurssin tavoitteet kuvataan opiskelijan toimintana. Tällaisia tavoitteita olivat muun muassa, että he tuntevat aineen rakenteen ja kemiallisten reaktioiden perustyyppit, ymmärtävät yhteyden aineen rakenteen ja kemiallisten ilmiöiden välillä, osaavat tehdä johtopäätöksiä ilmiöiden soveltamisesta ja osaavat ratkaista mallia jäljitellen kurssiin liittyviä laskutehtäviä. (Komiteamietintö 1977)

Oppiaines käsitti aineen rakenteen, ominaisuudet, liuokset ja kemiallisista reaktioista kemiallisen energian, elektroninsiirtoreaktiot ja protoninsiirtoreaktiot. Näihin liittyi käsittelyviitteitä, kuten esimerkiksi, että opiskellaan elektronegatiivisuus, jonka avulla kyetään selvittämään erilaiset vahvat ja heikot sidokset. Samoin käsitellään vesi liuottimena, liuokset ja niiden konsentraatiot. Liukenemista

ja saostumista tarkastellaan käänteisinä ilmiöinä ja kylläistä liuosta näiden tapahtumien tasapainotilana. Diffuusion ja osmoosin merkitystä selvitetään sekä suoritetaan konsentraatiolaskuja. (Komiteamietintö 1977)

Toimikunnan ehdotuksen mukaan kemiallisista reaktioista käsitellään ekso- ja endotermisiä reaktioita ja perehdytään reaktiolämpökäsitteeseen. Kemiallisen reaktion tapahtumiseen vaikuttavia tekijöitä selvitetään. Katalyyysiä tarkastellaan esimerkein. Kemiallista tasapainoa käsitellään ilman tasapainovakioita ja yksinkertaisilla esimerkeillä selvitetään reaktioyhtälön kertoimien ja reaktiossa olevien aineiden ainemäärien välinen vastaavuus. Hapettuminen ja pelkistyminen määritellään elektroninsiirtoreaktiona. Viitataan myös elektronegatiivisuuden ja hapetus-pelkistyskyvyn väliseen yhteyteen sekä tarkastellaan muutamia sovelluksia, kuten esimerkiksi korroosiota. Protolyysistä käsitellään hapot ja emäkset, happo-emäsparit, vahvat ja heikot protolyytit ja amfolyytit. Lisäksi tarkastellaan veden autoprotolyysi, oksoniumionikonsentraatio ja pH-luku sekä neutralointireaktio vesiliuoksissa. Yleisimpiä indikaattoreita ja tärkeimpien happojen ja niitä vastaavien emästen kaavat ja nimet vahvuuden mukaisessa järjestyksessä esitellään. (Komiteamietintö 1977)

Toimikunta otti huomioon integraation, mikä kemialla on muihin oppiaineisiin. Kemian tehtävänä on perehdyttää opiskelija aineen rakenteeseen, jolloin kurssista olisi hyötyä sekä biologian ja fysiikan että psykologian opiskelussa. Ensimmäisessä kurssissa käsiteltäviä ja biologian opetusta tukevia aiheita olivat muun muassa vesi väliaineena, liukeneminen, diffuusio, osmoosi, protolyysireaktiot ja pH. Toimikunta ehdottikin, että sovelluksia esiteltäessä otetaan integrointitarve kohtuullisessa määrin huomioon. (Komiteamietintö 1977)

6.3.3.2.2 Kemian 2. kurssi

Lukion opetussuunnitelmatoimikunta ehdotti kurssin tavoitteiksi muun muassa, että opiskelijat tuntevat 5B- eli 15-ryhmän epämetallien ja niiden tärkeimpien yhdisteiden ominaisuudet ja osaavat päätellä niiden reaktiotapoja, tuntevat tavallisimmat orgaaniset yhdistetyypit sekä yhdisteiden rakenteen ja ominaisuuksien välisiä riippuvaisuuksia, tietävät tärkeimmät funktionaalisten ryhmien reagoitavat ja tuntevat biokemialliselta merkitykseltään tärkeimpien orgaanisten yhdisteiden rakenteen sekä osaavat päätellä niiden reaktiotapoja. Lisäksi heidän tuli osata soveltaa tietojaan ympäristökemiaa koskeviin kysymyksiin sekä arvioida näihin kysymyksiin liittyvien ilmiöiden syitä ja seurauksia. (Komiteamietintö 1977)

Toimikunta ehdotti kurssin oppiaineuksessa käsiteltäväksi typen ja fosforin kemiaa. Fosforin kohdalla esitettiin otettavaksi mukaan fosfori- ja polyfosforihapot. Typen yhdisteistä tuli tarkastella ammoniakki, ammoniumyhdisteet ja nitraatit, jotka käsiteltäisiin perusteellisesti. Kemianteollisuuden prosesseista otetaan esimerkkejä. Tällaisia ovat muun muassa ammoniakkisynteesi ja rikkihapon valmistus. Typen ja rikin yhdisteiden merkitystä selvitetään lyhyesti ja esitellään teollisesti merkittäviä suoloja. (Komiteamietintö 1977)

Orgaanisesta kemiasta toimikunta esitti käsiteltäväksi orgaanisten yhdisteiden ryhmittelyn, rakenneisomerian, hiiliyhdisteiden molekyyliarakenteen, tyydyttyneisyyden ja tyydyttymättömyyden sekä avoketjuiset ja rengasrakenteiset

yhdisteet. Siirtymänä orgaanisten aineiden käsittelyyn on mahdollista ottaa johdatteleva katsaus orgaaniskemiallisiin tuotteisiin. Yhdisteryhmiä käsitellään lyhyesti. Yhdisteryhmien reaktioihin perehdytään tarkastelemalla hiilivetyjen, alkoholien, aldehydien, ketonien, karboksyylihappojen, esterien ja amiinien tavallisimpia reaktioita. Tärkeimmät hiilihydraatit ja niiden ominaisuudet esitellään. Biologisesti tärkeistä heterosyklisistä typpiemäksistä tarkastellaan pyrimidiini, sytosiini, ja adeniini ja orgaanisista fosforiyhdisteistä adensiinitrifosfaatti. Orgaanisen kemian valtavan laajuuden takia vältetään monien reaktioyhtälöiden ja kaavojen esittämistä. Sopivassa yhteydessä käsitellään kolloidisten liuosten ominaisuuksia biokemialliselta kannalta. (Komiteamietintö 1977)

Toimikunnan mietintö kiinnitti myös huomiota ympäristökemiaan, jossa piti tarkastella ihmisen kemiallista elinympäristöä ja esitellä kemian mahdollisuuksia elinehtojemme parantajana monipuolisilla esimerkeillä. Näitä olivat esimerkiksi tärkeimmät elinympäristöön vaikuttavat aineet, radioaktiivisten aineiden ominaisuudet ympäristökemian kannalta, maankuoren ilma- ja vesikehän rakenne kemian näkökulmasta sekä kemian teknologian mahdollisuudet estää elinympäristön saastumista. (Komiteamietintö 1977)

Kurssin biokemiaosa integroi vahvasti biologian opetukseen. Biologiassa käsiteltävien fysiologisten ja geneettisten ilmiöiden ymmärtämiseksi tarvitaan tietoa biokemiallisten orgaanisten yhdisteiden rakenteesta, reaktioista ja kolloidisten liuosten ominaisuuksista. Psykologian opetukseen tarvitaan tietoa biologisesti tärkeistä kationeista. Elinympäristöön vaikuttavien aineiden esittely integroi biologiaan, psykologiaan ja terveystietoon. Maankuoren, ilma- ja vesikehän kemiallisten kysymysten käsittely yhdistää kurssin sisältöä maantieteeseen. Kemianteollisuuden kysymykset luovat yhteyksiä historiaan ja taloustietoon maantieteen ohella. (Komiteamietintö 1977)

6.3.3.2.3 3. kurssi

Kurssin tavoitteena oli muun muassa, että opiskelijat ymmärtävät oppiaineksesta olennaisen, tuntevat elektroniparven rakenteen niin, että kykenevät soveltamaan orbitaalimallia kemiallisiin sidoksiin, osaavat tehdä jaksollisen järjestelmän avulla johtopäätöksiä alkuaineiden ominaisuuksista ja reaktioista sekä osaavat ratkaista stoikiometrisia laskutehtäviä. Lisäksi toimikunnan mukaan opiskelijoiden piti osata tehdä reaktion nopeutta, tasapainoa ja tasapainon siirtämistä koskevia johtopäätöksiä ja ratkaista tasapainoa käsitteleviä laskuja. Kurssin tavoitteina oli myös hapettumis-pelkistymistehtäviä koskevat päätelmät normaalipotentialien avulla, elektrolyysin kvantitatiivinen ymmärtäminen ja kyky ratkaista elektrolyysiä koskevia laskutehtäviä. Viimeisenä tavoitteena oli, että opiskelijat osaavat arvioida kurssissa käsitellyn tiedon sovellettavuutta käytäntöön. (Komiteamietintö 1977)

Oppiaineksesta toimikunta esitti käsiteltäväksi atomin rakenteen, jossa elektroniparvea tarkastellaan atomiorbitaalien avulla, molekyyliorbitaaliin tutustutaan tarkastelemalla kovalenttisia sidoksia ja käsittelemällä elektronegatiivisuuden vaikutusta sidoksen polaarisuuteen. Hybridiorbitaalien muodostamiin

sidoksiin perehdytään tarkastelemalla esimerkkitapauksia sp -, sp^2 -, ja sp^3 -hybridisoitumisesta sekä tutustutaan esimerkein molekyylien avaruusmuotoihin ja käsitellään cis-trans-isomeriaa. (Komiteamietintö 1977)

Aineen rakenteen lisäksi kurssilla perehdytään alkuaineiden ryhmäominaisuuksiin tarkastelemalla tärkeimpien alkuaineiden ominaisuuksia ja reaktioita jaksollisen järjestelmän ja elektronegatiivisuustaulukon avulla. Lisäksi alueeseen liitetään kemiallisten reaktioiden määrasuhteiden käsittelyä (stoikiometriaa), käsitellään reaktion kinetiikkaa ja kemiallista tasapainoa sekä vielä kolmantena aihealueena sähkökemian. (Komiteamietintö 1977)

Alkuaineiden ryhmäominaisuuksista toimikunta ehdotti käsiteltäväksi pääryhmien alkuaineiden ryhmäominaisuudet. Lisäksi piti käsitellä kolmatta ja neljättä jaksoa, jolloin tutustutaan kolmannen jakson alkuaineiden happi- ja vetyyhdisteiden kemialliseen luonteeseen. Neljännen jakson kohdalla tutustutaan vain siirtymäalkuaineiden kemiallisiin ominaisuuksiin sekä esitellään myös metallikomplekseja esimerkein. Muutamia alkuaineita, joita ei ole käsitelty aikaisemmin, käsitellään tarkemmin. (Komiteamietintö 1977)

Reaktiokinetiikan ja kemiallisen tasapainon yhteydessä kiinnitetään huomiota reaktion mekanismeihin ja nopeuteen, johon liittyen käsitellään lämpötila- ja konsentraatioriippuvuutta sekä katalyysijä ja dynaamista tasapainoa. Tasapainoa tarkastellaan nyt täydellisemmin johtamalla konsentraatiosta riippuva tasapainovakion yhtälö. Tasapainovakioiden käyttöön, muun muassa tasapainon siirtämiseen, perehdytään laskuesimerkkien avulla. Konsentraation muuttamisen lisäksi tarkastellaan paineen ja lämpötilan muutosten vaikutusta tasapainoon sekä esimerkkejä erilaisista tasapainoista. (Komiteamietintö 1977)

Sähkökemian osuudessa käsitellään hapettumis-pelkistymisreaktioita elektrodipotentialien avulla sekä esitellään jännitesarja ja sitä vastaava normaalipotentialitaulukko. Kemiallisista virtalähteistä toimikunta halusi esiteltävän kuivaparin, lyijyakun ja polttokennon toiminnan. Myös korroosiota tarkastellaan sähkökemiallisena ilmiönä. Elektrolyysistä käsitellään sekä liuos- että sulate-elektrolyysi esimerkein ja perehdytään elektrolyysin kvantitatiiviseen puoleen laskuesimerkein. (Komiteamietintö 1977)

6.3.3.2.4 4. kurssi

Lukion opetussuunnitelmatoimikunta esitti 4. kurssin tavoitteena muun muassa, että opiskelija ymmärtää olennaisen oppiaineksesta, osaa tulkita happojen ja emästen voimakkuutta protolyysivakioiden avulla, osaa ratkaista pH- ja ionikonsentraatiolaskuja sekä happo-emästitrauslaskuja sekä tietää tavallisimmat protolyysin sovellukset. Opiskelijan tuli osata tehdä liukoisuutta koskevia päätelmiä sekä ratkaista liukoisuutta ja liukoisuustasapainoa koskevia laskutehtäviä. Seuraavana tavoitteena opiskelijan tuli tuntea orgaanisten yhdisteiden rakenteiden ja ominaisuuksien välisiä riippuvuuksia, tavallisimmat orgaaniskemialliset reaktiotyypit ja tällaisten reaktioiden mekanismeja. Viimeisenä tavoitteena oli, että opiskelija osaa arvioida kurssissa käsitellyn tiedon sovellettavuutta käytäntöön. (Komiteamietintö 1977)

Toimikunnan mukaan edellä esitettyihin tavoitteisiin päästään kemiallisen tasapainon sovelluksien kohdalla palauttamalla aluksi mieleen käsitteet happo,

emäs ja amfolyytti. Sen jälkeen johdetaan happo- ja emäsvakion lausekkeet sekä opetellaan käyttämään protolyysivakioiden taulukkoa. Vakioiden käyttöön perehdytään laskuesimerkkien avulla. Happovakion avulla lasketusta oksoniumionikonsentraatiosta määritellään pH-luku. Happo-emäsindikaattoreina käytettäviä protolyyttejä esitellään ja käsitellään titrauslaskuja. Esimerkkien avulla tarkastellaan joidenkin ionien protolyysiä ja puskuriliuoksia. (Komiteamietintö 1977)

Heterogeenista tasapainoa käsitellään kylläisen suolaliuoksen tapauksessa. Liukoisuustuloon ja ionitulokäsitteen merkitykseen perehdytään laskuesimerkkien avulla. (Komiteamietintö 1977)

Orgaanisen kemian osalta toimikunta ehdotti isomerian käsittelyä kertamalla aikaisemmin käsitellyt isomerialajit ja perehtymällä optisen isomerian ominaisuuksiin esimerkkien avulla. Orgaanisiin reaktioihin perehdytään käsittelemällä tavallisimpia orgaaniskemiallisia reaktiotyyppejä. Lisäksi käsitellään polymeeroitumista ja polymeerejä lyhyesti. Tähän liittyen esitellään selluloosan ja sen tärkeimpien johdosten kemiaa. Tutkimusmenetelmien yhteydessä esitellään valituin esimerkein modernin kemian tutkimusmenetelmiä, kuten eri spektroskopian menetelmiä, aktivoitumisanalyysiä, liekkifotometriä ja kromatografiaa. Tällöin käsitellään myös tiedon arvioinnin ja soveltamisen periaatteita. (Komiteamietintö 1977)

6.3.3.2.5 Kemian erikoiskurssit ja harjoitustyöt

Lukion opetussuunnitelmatoimikunta suositteli kemian erikoiskursseille aiheita, jotka luontevasti sivuavat varsinaisten kemian kurssien sisältöjä. Erityisesti suositeltiin harjoitustyökurssia. Muita mahdollisia aiheita olivat muun muassa kemiallisen energian hyödyntäminen, puun ja muovin kemia, makromolekyylien kemia ja pintakemia, ympäristökemia, elintarvikekemia, lääkekemia, kemiallinen spektroskopia tai kemian teollisuuden prosessit. (Komiteamietintö 1977)

Kursseihin 3 ja 4 toimikunta ehdotti sisällytettäväksi harjoitustöitä. Niiden tavoitteina oli muun muassa kyseisen kurssin aiheiden soveltava käsittely, tutustuminen mittauksen, teorian ja sovellusten väliseen riippuvuuteen, kokeellisen menetelmän soveltaminen ja aineen tuntemuksen laajentaminen. Lisäksi tavoitteina oli, että tutustutaan erilaisten laitteiden käyttöön, perehdytään työturvallisuuskysymyksiin ja totuttaudutaan itsenäiseen suunnitelmalliseen sekä ryhmässä tapahtuvaan työskentelyyn. (Komiteamietintö 1977)

Harjoitustöiden aihepiiriin suositeltiin reaktionopeuteen, tasapainoihin, tasapainovakioihin, protolyysiin ja sen sovelluksiin, liukoisuuteen, hapettumis-pelkistymisreaktioihin, sähkökemian ilmiöihin ja orgaanisiin reaktioihin liittyviä töitä. Lisäksi ehdotettiin tehtäväksi kvalitatiivinen ja kvantitatiivinen analyysi. Harjoitustöiksi esitettiin useista osatehtävistä koostuvia töitä. Jotta kaikki saataisiin työskentelyyn mukaan, ehdotettiin kahden–kolmen opiskelijan ryhmän käyttöä. Näin olisi mahdollista antaa ryhmille erilaisia tehtäviä, kuten laboratoriokeita, suunnittelua, laskutehtäviä, mittaustulosten graafista käsittelyä. Töistä piti laatia henkilökohtainen raportti. Erityisesti vielä huomautettiin työturvallisuusmääräysten noudattamisesta. (Komiteamietintö 1977)

6.3.3.3 Opetusmenetelmät

6.3.3.3.1 Työtavat

Toimikunnan mukaan kemian opetuksessa voitiin käyttää kollektiivisia tai yksilöllisiä työtapoja, kuten luennoivaa ja demonstroivaa opetusta, opetuskeskustelua, yksilöllistä, pari- ja ryhmätyöskentelyä sekä laborointia. Työtavan valintaan vaikuttaa aihe, mutta tunnista saadaan tehokkain eri työtapoja yhdistelemällä. Toimikunnan mielestä valinnalla voitiin vaikuttaa muun muassa kemian opetuksen tavoitteiden eri osa-alueiden painottumiseen opetuksessa. Sillä vaikutettiin myös siihen, että opiskelijat tottuvat pitkäjänteiseen ja itsenäiseen opiskeluun sekä harjaantuvat aikuisille tyypilliseen työskentelyyn. (Komiteamietintö 1977)

Kurssien 1 ja 2 suunnittelussa piti ottaa huomioon, että nämä kurssit ovat kaikkien lukion opiskelijoiden opetusohjelmassa. Tämä tarkoitti sitä, että pitää valita sellaisia työtapoja, joilla voidaan eriyttää ja toisaalta työllistää jokainen opiskelija. Kurssien 3 ja 4 tarkoituksena on perustan luominen korkeakouluissa suoritettaville jatko-opinnoille, joten opetuksessa kiinnitetään huomiota mallien käyttöön. Näiden avulla perehdytetään opiskelijat aineen rakenteeseen ja ominaisuuksiin sekä kemiallisen reaktion lainalaisuuksiin, mutta vältetään liiallista yksityiskohtien käsittelyä. Lainalaisuuksien käsittelyllä mahdollistetaan sisällön ja kemiallisen menetelmän hallinta. Samoin kiinnitetään huomiota matemaattiseen tarkasteluun ja kvantitatiivisiin lainalaisuuksiin. Tehtävien tuli esitellä kemiallisten lainalaisuuksien soveltamista käytäntöön, ja niiden piti olla matemaattisesti yksinkertaisia. Toimikunta ehdotti lisäksi, että käytetään fysiikan tavoin suurelaskentaa. (Komiteamietintö 1977)

6.3.3.3.2 Opetuksen havainnollistaminen

Toimikunta halusi erottaa työtavoista erilleen havainnollistamisen todeten siinä olevan demonstraatioilla keskeisen merkityksen. Niiden tarkoituksena on perehdyttää opiskelijat tekemään havaintoja ja mittauksia, joiden perusteella on mahdollista tehdä lainalaisuuksia koskevia johtopäätöksiä. Siksi demonstraatioita suunniteltaessa tuli kiinnittää huomiota muun muassa siihen, että oleellinen asia tulee havainnollistetuksi yksinkertaisella koejärjestelyllä. Yksi harkittu koe tai koesarja riittää, mikäli koe on lyhytkestoinen ja helposti tulkittava, kokeen aika valitaan teorian kannalta oikein ja kaikki opiskelijat näkevät kokeen. Lisäksi opetusta voitiin tehostaa av-välineiden ja -materiaalien käytöllä. (Komiteamietintö 1977)

6.3.3.4 Arviointi

Koska arviointi on osa opetusta, sen tarkoituksena on palvella erityisesti opiskelijaa. Se voi olla toimikunnan mukaan 1) diagnostista, eli toteavaa ja suunnittelevaa, 2) formatiivista eli tarkkailevaa ja ohjaavaa tai 3) summatiivista eli koavaa ja ennustavaa.

6.3.3.4.1 Diagnostinen ja formatiivinen arviointi

Diagnostisen arvioinnin tehtävänä oli hankkia tietoja opiskelijoiden valmiuksista esimerkiksi kurssin alussa, jotta voidaan suunnitella opetuksen taso ja

laatu vastaamaan heidän edellytyksiään ja jotta heti opetusjakson alussa voitaisiin korjata mahdolliset puutteet, jotka saattavat haitata kurssin opiskelua. Lähötasoa kartoittavaa testiä ei arvostella numeerisesti. (Komiteamietintö 1977)

Opetussuunnitelmatoimikunnan mukaan formatiivisen arvioinnin avulla voitiin selvittää silloin tällöin opiskelun kuluessa, missä kohtaa opiskelija on saavuttanut kulloinkin opiskelulle asetetut tavoitteet ja missä kohtaa tavoitteiden saavuttaminen on ollut puutteellista. Tällainen koe soveltuu käytettäväksi erityisesti kursseilla 1 ja 2 kontrolloitaessa suppean aihepiirin opiskelun tehokkuutta. Koe voi kestää enintään 15 minuuttia, siinä ei käytetä numeroarvostelua. (Komiteamietintö 1977)

6.3.3.4.2 Summatiivinen arviointi

Summatiivisella arvioinnilla puolestaan todetaan, miten tavoitteet on saavutettu opetusjakson tai kurssin aikana. Arvioinnin tarkoituksena oli ennustaa opiskelijoiden tulevaa opiskelu- ja työmenestystä. Summatiivisissa kokeissa on numeroarvostelu. Koeajan tuli olla sopivassa suhteessa opetukseen varattuun aikaan. (Komiteamietintö 1977)

Summatiivisen kokeen piti kattaa edustavasti opiskelujakson oppiaines, jotta kokeen avulla voidaan objektiivisesti todeta tavoitteiden mukaiset valmiudet. Tehtävät ovat laadultaan produktiivisia, ja osan niistä piti kemian luonteen mukaisesti olla laskutehtäviä tai muita sovelluksia. Tehtävien luonne, muun muassa niiden vaativuus, kasvaa päätetasoa lähestyttäessä tavoitteiden mukaisesti. Toimikunta ehdotti, että tehtävien piti vastata valtakunnallisten standardikokeiden tehtäviä. Kokeessa piti olla muistamisen, ymmärtämisen ja soveltamisen taso mittaavia tehtäviä, jotta voidaan kontrolloida sekä tieto- että taitotavoitteiden saavuttamista. Muistamistehtävät voivat olla yksinkertaisia kysymyksiä, laskutehtäviä, monivalinta- tai luokittelutehtäviä. Ymmärtämisen taso voidaan todeta kerronta-, selostus-, muunto- tai laskutehtävien avulla. Soveltamisen tason selvittämiseen tarvitaan vaativien selostus- ja laskutehtävien suorittamista. (Komiteamietintö 1977)

6.3.3.4.3 Arvosanan määräytyminen

Toimikunnan esitys oli, että kurssin arvosanaa määrättäessä käytetään perustana summatiivisia kokeita. Kurssien 3 ja 4 arvosanaa määrättäessä painotetaan erityisesti soveltamisen taitoa mittaavien tehtävien hallintaa. Kahden ensimmäisen kurssin vaatimustaso pidetään kuitenkin tältä osin alempaa. Kurssin arvosanaa määrättäessä otetaan myös huomioon opiskelijan harrastuneisuus ja aktiivisuus. (Komiteamietintö 1977)

Kemian oppimäärän arvosanaa annettaessa tuli ottaa kaikki kurssit huomioon samantarvoisina painottamatta mitään kurssia. Jotta opiskelijan kemian hallinnan syvyyden ja laaja-alaisuuden arviointi on tulevan opiskelu- ja työmenestyksen kannalta luotettavaa, arvosanan ohella on ilmoitettava opiskeltujen kursien määrä. (Komiteamietintö 1977)

6.3.4 Vuoden 1981 lukion kemian kurssimuotoinen oppimäärä ja oppimääräsuunnitelma

Kouluhallitus jatkoi yleiskirjeellä 86/1980 lukion kemian opetussuunnitelmaa (kirjeessä nimi muutettu oppimääräsuunnitelmaksi) niin, että se on voimassa vielä lukuvuoden 1981–1982. Tämä johtui siitä, että vuonna 1975 vahvistetun lukusuunnitelman ja 1977 tarkistetun lukusuunnitelman piti olla voimassa viisi vuotta. Koska lukion uuden lukusuunnitelma-asetuksen (Asetus 1980) edellyttämä kurssimuotoinen opetussuunnitelma tuli voimaan vasta lukuvuonna 1982–1983 alkaen asteittain, Kouluhallitus ilmoitti, että vanha oppimääräsuunnitelma (opetussuunnitelma) on voimassa kurssimuotoiseen opetussuunnitelmaan siirtymiseen saakka. (Asetus 1975, 1976a ja b, 1980; Kouluhallitus 1975, 1976, 1977, 1980)

Lukion opetussuunnitelmatoimikunnan mietinnön (1977) ehdotusten pohjalta annetun lukusuunnitelman muutosasetuksen (Asetus 1981) mukaisesti Kouluhallitus julkaisi ohjeen, jossa määriteltiin asetuksessa määrättyjen kemian kurssien tavoitteet, sisällöt, opetusjärjestelyt ja arviointi. Siinä painotettiin luonnontieteiden ja niiden sovellusten keskeistä asemaa nykyaikaisessa kulttuurissa. Luonnontieteellinen ajattelutapa ja tieto ovat ratkaisevasti vaikuttaneet maailmankuvaan. Luonnontieteiden alue on muodostunut poliittista, taloudellista ja yhteiskunnallista kehitystä ohjaavaksi tekijäksi, johon elinkeinoelämän tulee nojautua ja joka on olennainen osa ihmisen jokapäiväistä elämää. (Kouluhallitus 1981)

Ohjeen johdannossa johdatellaan lukion kurssimuotoisen opetussuunnitelman luonnontieteellisen sisältöalueeseen, johon kuuluvat yleiset oppiaineet: fyysiikka, kemia, maantiede ja biologia muun muassa seuraavasti:

Luonnontieteet muodostavat kiinteän kokonaisuuden. Niitä yhdistävät luonnontieteille ominainen kokeellinen menetelmä ja luonnontieteellinen ajattelu, yhteiset havaitsemisen, mittaamisen ja mittaustulosten käsittelyn menetelmät, välineet ja käsittelytavat sekä yleinen luonnontieteiden käsitteistö. Luonnontieteiden sisältöalueen oppiaineilla on sen tähden yhteinen tehtävä, jonka ehjään toteuttamiseen tarvitaan näiden kaikkien kiinteää yhteistyötä. Kullakin oppiaineella on luonnollinen osuutensa, jota muiden oppiaineiden opetus ei voi korvata. Oppimäärien sisältöjen suunnittelussa tämä on otettu huomioon osoittamalla ainekohtaisesti sisältöjen ja tavoitteiden integraation tarve muihin luonnontieteisiin. Tästä seuraa samalla, ettei ole samantekevää, missä järjestyksessä kurssit opetetaan. Esimerkiksi biologian opetuksessa tarvitaan kemian perustietoja, joten olisi suotavaa, että biologian kurssit sijoittuisivat työjärjestykseen kemian kaikille yhteisten kursien jälkeen. (Kouluhallitus 1981)

Luonnontieteiden kokeellinen luonne ja sovellusten merkitys asettavat luonnontieteiden opetuksen erityiseksi vaatimukseksi kokeelliseen ja soveltavaan työskentelyyn perehdyttämisen. Tällöin korostuu valinnaisten kurssien ja koulukohtaisten työkurssien merkitys. Sen lisäksi kiinnitetään huomiota lukion kasvatustehtävän tasapainoiseen kuvaan kulttuurin eri alueilla, ja siksi ehjä luonnontieteiden sisältöalue tarjoaa paremman lähtökohdan kaikkien oppiaineiden

väliselle vuorovaikutukselle kuin yksityiset oppiaineet erikseen. (Kouluhallitus 1981)

6.3.4.1 Kemian kurssit, tavoitteet ja kurssisuunnitelmat

Asetuksen 1023/1981 mukaisesti kemiaa tuli opettaa lukion ensimmäisellä ja toisella luokalla kummallakin yhden kurssin verran. Nämä kurssit olivat kaikille yhteisiä. Näiden kahden kurssin jälkeen oli mahdollista valita kaksi kolmannen luokan valinnaista kemian kurssia ja vielä koulukohtainen työkurssi, jota asetuksessa ei kiinnitetty mihinkään luokka-asteeseen. Jokaisen kurssin pituudeksi asetus määräsi 38 tuntia. Asetuksen määräykset poikkesivat ainoastaan kahden kurssin osalta lukion opetussuunnitelmatoimikunnan ehdotuksista (Asetus 1981; Komiteamietintö 1977). Vuoden 1981 lukion kurssimuotoisen lukion oppimääräsuunnitelman kemian johdanto on suoraan toimikunnan mietinnöstä samoin kuin yleiset tavoitteet (kts. luku 6.3.3).

6.3.4.1.1 1. kurssi: Aine ja kemialliset ilmiöt

Kurssin 1 suunnitelma alkoi tavoitetiivistelmällä. Tavoitteena oli antaa opiskelijalle perustietoja, joita tarvittiin kemian samoin kuin kemiaan läheisesti integroituvien aineiden kuten biologian ja fysiikan opinnoissa. Kurssissa esiteltiin kemiaa luonnontieteenä sekä kiinnitettiin huomiota kemian merkitykseen elämän eri aloilla. Tiivistelmässä ilmoitettiin lisäksi, että kurssissa käsitellään aineen rakennetta, rakenteen ja ominaisuuksien välistä yhteyttä, kemiallisia reaktioita ja näiden käytännön sovelluksia sekä perehdytään kemian kannalta tärkeisiin suureisiin. (Kouluhallitus 1981; Komiteamietintö 1977)

Kun verrataan toimikunnan tekstiin, tavoitteiden kohdalla osa lauseista oli muotoiltu uudelleen. Uutena tavoitteena oli, että opiskelijat oppivat tuntemaan kemian osana luonnontieteitä. Toimikunnan tavoitelause, että opiskelijat osaavat ratkaista kurssiin liittyviä laskutehtäviä annettua mallia jäljitellen, oli jätetty pois. (Kouluhallitus 1981; Komiteamietintö 1977)

Oppisisällön ja toteuttamisohjeiden kohdalla esitettiin käytettäväksi kaksi tuntia selvittämään kemian asemaa osana luonnontieteitä ja antamaan selkoa kemian merkityksestä. Aineen rakenteen ja ominaisuuksien selvittämiseen ehdotettiin käytettäväksi kahdeksan tuntia, joiden aikana tuli käsitellä puhtaat aineet ja seokset, atomin rakenne, alkuaineiden jaksollinen järjestelmä, kemialliset sidokset, alkuaineiden elektronegatiivisuus, ionit ja molekyylit. Tämän osan toteuttamisohjeissa noudatettiin toimikunnan linjausta. Lisäksi esiteltiin orgaanisten molekyylien rakenteita tarkastelemalla yksinkertaisia erityyppisten yhdisteiden molekyylejä. Huomiota kiinnitettiin myös sidoksen poolisuuteen ja vetysidosten merkitykseen. (Kouluhallitus 1981; Komiteamietintö 1977)

Aineiden olomuotoja ja niiden muutoksia sekä kiteisen aineen, nesteiden ja kaasujen rakennetta ja ominaisuuksia ehdoteltiin tarkasteltavaksi kolmella oppitunnilla. Tässä osassa laajennettiin toimikunnan linjausta ottamalla tarkasteluun rakenneosasten lisäksi myös niiden välisten sidosten vaikutus aineen ominaisuuksiin ja esimerkkeihin oli jälleen valittu orgaanisia yhdisteitä. Toimikunnan

esityksestä poiketen ei ehdotettu käsiteltäväksi Avogadron lakia ja kaasun moolitilavuutta, jotka oli siirretty myöhemmin opetettavaksi. (Kouluhallitus 1981; Komiteamietintö 1977)

Seuraava kokonaisuus liuottimet ja liukeneminen, vesi liuottimena sekä diffuusio ja osmoosi ehdotettiin opetettavaksi neljässä tunnissa. Tämä esitys laajensi liukenemistapahtuman käsittelyn poolisiin ja poolittomiin liuottimiin. Veden kohdalla korostettiin sen poolisuutta. Tässä yhteydessä ei käsiteltäisi konsentraatiota, jonka käsittely tulisi kemiallisia suureita käsittävään kokonaisuuteen. Siinä tarkasteltiin viiden tunnin laajuudessa suhteellista atomi-, molekyyli- ja kaavamassaa, ainemäärää, Avogadron lakia ja moolitilavuutta sekä konsentraatiota. Näitä tuli käsitellä yksinkertaisten laskutehtävien avulla. (Kouluhallitus 1981)

Kemiallisten reaktioiden kokonaisuudessa tuli käsitellä aluksi neljän tunnin laajuisesti reaktion nopeutta, katalyysyä, reaktion käänteisyyttä ja reaktioyhtälöä ja sen kvantitatiivista tulkintaa. Siinä poikettiin toimikunnan esityksestä muun muassa siinä, että reaktion nopeuteen vaikuttavista tekijöistä käsiteltiin vain lämpötila ja konsentraatio. Myöskään ei käsitelty kemiallista energiaa. Esimerkkeiksi oli valittu orgaanisten yhdisteiden reaktioita. Sen jälkeen käsiteltiin hapettumista ja pelkistymistä (2 tuntia), jotka määriteltiin elektroninsiirtoreaktioina sekä todettiin (yksiatomisen) ionin varauksen ja hapettumisluvun vastaavuus. Esimerkkejä käytännön merkityksestä ehdotettiin laajemmin kuin toimikunnan esityksessä. Viimeisenä esitettiin käsiteltäväksi protolyysi, hapot, emäkset ja amfolyytit, pH-käsite ja neutraloituminen (2 tuntia). Näiden käsittely oli toimikunnan ehdotuksen mukainen. (Kouluhallitus 1981)

Integraatio oli esitetty miltei samoin kuin toimikunnan mietinnössä. Vain vesi väliaineena oli korvattu paremmalla ilmauksella vesi liuottimena. (Kouluhallitus 1981)

6.3.4.1.2 2. kurssi: Elinympäristömme kemia

Kurssin 2 kurssisuunnitelman tiivistelmässä kerrottiin, että kurssissa tarkasteltiin typen, fosforin ja rikin tärkeimpiä yhdisteitä ja merkitystä käytännössä. Sen jälkeen kerrottiin kemian teollisuuden prosesseista, joista tutustuttiin ammoniakisynteesiin ja rikkihapon valmistukseen sekä luotiin katsaus orgaanisen kemian teollisuuteen. Edelleen tutustuttiin orgaanisiin aineryhmiin ja niiden reaktioihin sekä tarkasteltiin biologisesti merkittäviä yhdisteitä. Tiivistelmässä esitettiin myös, että kurssilla käsitellään elinympäristöön vaikuttavia aineita ja kemian teknologian mahdollisuuksia elinympäristön saastumisen ehkäisemisessä. Kurssi pyrki näin antamaan objektiivisen kuvan siitä, miten kemia voi palvella ihmistä ja yhteiskuntaa siten, että luonnon tasapaino säilyi. (Kouluhallitus 1981)

Tavoiteosa poikkesi lukion opetussuunnitelmatoimikunnan mietinnöstä siinä, että nyt tavoitteena oli, että opiskelijat tuntevat energian muutokset kemiallisessa reaktiossa ja tuntevat tärkeimpien epämetallien ja niiden yhdisteiden ominaisuudet. Toimikunta esitti vain 5B-ryhmän epämetallien opettamista. Ympäristökysymysten kohdalla nyt opiskelijoiden tuli ymmärtää, ei arvioida. (Kouluhallitus 1981; Komiteamietintö 1977)

Kemiallinen energia oli ajateltu käsiteltäväksi noin 4 tunnin laajuudessa. Sisällöt toteutettiin toimikunnan ehdotuksen mukaisesti, mutta kurssiin lisättiin

tärkeimpien energialähteiden esittely. Tärkeitä epäorgaanisia yhdisteitä käsiteltiin 6 tunnin laajuisesti. Siinä käsiteltiin toimikunnan ehdotuksen mukaisesti typhen ja fosforin kemiaa. Toimikunnan tapaan jatkettiin vain kielenhuoltoa tehden. (Kouluhallitus 1981; Komiteamietintö 1977)

Orgaanisten yhdisteiden kemia oli ajateltu opetettavaksi 20 oppitunnin laajuisena. Siinä käsiteltiin orgaanisten yhdisteiden ryhmittely, hiiliyhdisteiden molekyylien rakenne, tyydyttyneet ja tyydyttymättömät yhdisteet sekä avoketjuiset ja rengasrakenteiset yhdisteet (5 tuntia). Toteuttaminen poikkesi toimikunnan esityksestä vain siinä, että nyt oli lisänä hiiliyhdisteiden molekyylien rakenteiden esittelyssä konstituutioisomeriasta hiiliketjujen haaroittuminen ja atomien erilainen keskinäinen järjestys. Tämän jälkeen käsiteltiin 15 tunnin ajan tärkeimpiä funktionaalisia ryhmiä ja niiden reaktioita, biokemiallisesti merkityksellisiä yhdisteitä sekä kolloidisia liuoksia. Tämän osan amiinien käsittelyyn lisättiin pyridiini, ja heterosyklistä typpiyhdisteistä esiteltiin vain solubiologisesti tärkeiden typpiemästen edustajat (sytosiini, adeniini, tymiini ja guaniini) samoin kuin orgaanisista fosforiyhdisteistä adenosiniin trifosfaatti. Näiden solubiologisten aineiden tarkkoja rakennekaavoja ei opiskelijoilta vaadittu. (Kouluhallitus 1981; Komiteamietintö 1977)

Ympäristökemiaa esitettiin opetettavaksi 4 tunnin laajuisena kokonaisuutena, jonka aikana käsiteltiin elinympäristön ja siihen vaikuttavat aineet. Lisäksi tarkasteltiin ympäristön suojelua ja kemiallista teknologiaa. Hienosäätöä oli tehty toimikunnan esittämään muuttamalla "kemiallinen elinympäristö" muotoon "elinympäristö kemian kannalta" ja poistamalla radioaktiivisten aineiden käsittely. Suunnitelmaan oli myös lisätty, että tarkastellaan jätteiden hyväksikäyttöä ympäristölle ystävällisenä prosessina ja selvitetään tapahtuvaa uusiutumattomien luonnonvarojen hyödyntämistä sekä toiminnan energiaa säästävää merkitystä ja taloudellisuutta. (Kouluhallitus 1981; Komiteamietintö 1977)

Integraatio oli lähes toimikunnan esittämässä muodossa. Pois oli jätetty maininnat peptidi ja dialyysi. Tekstiin oli lisätty: "Yksi tärkeä yhteiskunnallinen tehtävä on myös kemiallisten analyysimenetelmien hyödyntäminen valvottaessa ympäristömyrkköjen ja taisteluaineiden sopimuksen mukaista käyttöä". (Kouluhallitus 1981; Komiteamietintö 1977)

6.3.4.1.3 3. kurssi: Alkuaineiden kemia

Tiivistelmän mukaisesti 3. ja 4. kurssin tarkoituksena oli antaa opiskelijoiden kemian jatko-opintoihin mahdollisimman hyvä perusta. Tästä syystä kursissa 3 perehdyttiin syvällisesti atomin elektroniparven rakenteeseen, mikä antoi entistä paremmat mahdollisuudet muun muassa siirtymäaineiden ominaisuuksien ymmärtämiseen. Jaksollista järjestelmää perustana käyttäen tutustuttiin alkuaineiden ryhmäominaisuuksiin sekä joidenkin yksittäisten aikaisemmilla kursseilla käsittelemättä jätettyjen alkuaineiden erityisominaisuuksiin. Alkuaineiden kemian yhteydessä harjoiteltiin reaktioyhtälöön perustuvia laskutehtäviä ja hapettumislukujen käyttöä reaktioyhtälöiden kerrointen määrittämisessä. Sähkökemiossa tarkasteltiin metallien jännitesarjaa sekä perehdyttiin tavallisimpiin kemiallisiin virtalähteisiin ja elektrolyysiin. (Kouluhallitus 1981)

Lukion opetussuunnitelmatoimikunnan asettamista tavoitteista oli poistettu kokonaan ensimmäinen tavoite (kts. luku 6.3.3.2.3). Tavoitteesta "tuntevat atomin elektroniparven rakenteen" oli poistettu loppuosa, joka koski orbitaalimallin soveltamista. Kahta muuta tavoitetta oli täydennetty. Stoikiometrinen laskutehtävien tilalla oli käytetty kurssiin kuuluvia laskutehtäviä ja hapettumis-pelkistymisreaktioiden tilalla oli käytetty metallien hapettumis-pelkistymisreaktioita. (Kouluhallitus 1981; Komiteamietintö 1977)

Oppisisältöjen ja toteuttamisohjeiden kohdalla oli vähennetty aineen rakenteen ja ominaisuuksien käsittelyä. Nyt perehdyttiin kolmen tunnin ajan atomin rakenteeseen, elektroniparven rakenteeseen ja atomiorbitaaleihin. Toimikunnan ehdottamat molekyyliorbitaalit ja hybridiorbitaalit oli jätetty pois. Alkuaineiden ryhmäominaisuuksia ja siirtymäalkuaineiden ominaisuuksia sekä alkuaineita ja niiden yhdisteitä esitettiin opetettavaksi 16 tunnin ajan. Toimikunnan esitystä seurattiin kohtuullisen tarkasti. Metallikompleksien kohdalla uutena haluttiin vain pari esimerkkiä. Hapettumislukujen (2 tuntia) käsittelyssä käytettiin tehtäviä, joissa reaktioyhtälön kertoimet tuli määrittää hapettumislukujen avulla. (Kouluhallitus 1981; Komiteamietintö 1977)

Sähkökemian sisältöjen toteuttamista oli jonkin verran muokattu. Sähkökemian opettamiseen oli suunniteltu 5 tuntia, joiden aikana tuli käsitellä elektrodipotentiaalit, normaalipotentiaalit ja jännitesarja, sähköpari ja elektrolyysi sekä sen sovellutukset. Toimikunnan esitystä oli tehty konkreettisemmaksi, sillä nyt tutustuttiin elektrodipotentiaaleihin tarkastelemalla jonkin parin, esimerkiksi Danielin parin, toimintaa hapettumis-pelkistymisreaktioiden avulla. Suunnitelman mukaan tuli mainita joitakin elektrodipotentiaaleja ja esitellä jännitesarja. Tämän jälkeen noudatettiin toimikunnan esitystä. Elektrolyysin ja sen sovellusten kohdalla käsiteltiin natriumkloridin elektrolyysi sekä sulatteessa että erilaisissa liuosväkevyyksissä sekä metalli-ionien erilainen jännitesarjan mukainen suolojen vesiliuoksista tapahtuva saostuminen. Kvantitatiivinen käsittely vastasi toimikunnan esitystä. (Kouluhallitus 1981; Komiteamietintö 1977)

Kouluhallitus halusi kurssisuunnitelmaan oman kuuden tunnin harjoitustehtäväosuuden, jossa esiteltiin erilaisia tehtävien aiheita. Kemiallisten määrasuhteiden käsittely tuli liittää kurssiin erilaisten harjoitustehtävien avulla, jotka sisälsivät muun muassa ainemäärien, massojen, kaasutilavuuksien laskemista sekä yhdisteiden kaavojen määrittämistä. Tässä yhteydessä kerrattiin Avogadron laki ja Boylen lait sekä käsiteltiin tehtäviä, joihin sisältyi yleisen kaasuvakion käyttö. Harjoitustehtäville varatut tunnit piti jakaa eri aihepiirien kesken. (Kouluhallitus 1981)

6.3.4.1.4 4. Kurssi: Kemiallinen tasapaino

Tiivistelmän mukaan kurssissa korostui erityisesti kemiallisen tasapainon ja tähän liittyvien sovellusten käsittely. Myös kemiallisen reaktion kulku oli tarkemman tarkastelun kohteena. Tässä kurssissa orgaanisen kemian reaktiotyypit käsiteltiin syvällisemmin. Lisäksi orgaanisen kemian tietoa syvennettiin käsittelemällä isomeriaa ja makromolekyylien kemiaa sekä uusimpia tutkimusmenetelmiä. Täten kurssi täydensi aikaisemmin opittua. Vielä kurssin loppuun oli varattu aikaa koko kemian oppimäärän kertaamiseen. (Kouluhallitus 1981)

Lukion opetussuunnitelmatoimikunnan esityksessä olevista tavoitteista ensimmäinen kohta "olennaisen ymmärtämisestä" oli jätetty pois. Tavoitteisiin oli lisätty, että opiskelijat osaavat tehdä reaktion nopeutta, tasapainoa ja sen siirtämistä koskevia päätelmiä sekä että osaavat ratkaista kemiallista tasapainoa käsitteleviä laskutehtäviä. Lisäksi oli muutettu toinen laskutehtäviä koskeva tavoite muotoon: "Opiskelijat osaavat ratkaista pH-laskuja ja protolyysitasapainoon liittyviä laskutehtäviä." Orgaaniskemiallisten reaktiotyyppien kulun tunteminen oli poistettu. (Kouluhallitus 1981; Komiteamietintö 1977)

Tämän kurssin sisältöihin oli tullut viiden tunnin reaktion kinetiikkaa ja kemiallista tasapainoa käsittelevä osa, jossa tarkasteltiin aluksi reaktion mekanismeja, nopeutta ja dynaamista tasapainoa. Siinä esiteltiin aktivoitumisenergia sekä reaktion nopeuden riippuvuus konsentraatiosta. Tämän jälkeen johdettiin konsentraatiosta riippuva tasapainovakion yhtälö ja perehdyttiin sen käyttöön muutamien laskuesimerkkien avulla. Sitten tarkasteltiin konsentraation muutoksen vaikutusta tasapainoon, mutta lämpötilan ja paineen vaikutus esitettiin vain esimerkein. Lisäksi käsiteltiin joitakin homogeeniseen ja heterogeeniseen katalyyysiin liittyviä esimerkkejä. Tämä oli periaatteessa toimikunnan esityksen mukaan kurssissa 3. (Kouluhallitus 1981; Komiteamietintö 1977)

Kemiallisen tasapainon sovelluksia esitettiin opetettavaksi kuuden tunnin laajuisesti, jolloin tarkasteltiin happo-emästasapainot, protolyysivakiot, pH:n määrittäminen ja sovelluksia. Toteuttamisedotukset noudattivat suurimmalta osaltaan toimikunnan esittämiä. Nyt kuitenkin jätettiin käsittelemättä pH-indikaattorit, kvantitatiivinen happo-emästitraus ja siihen liittyvät laskut. Tässä suunnitelmassa mainittiin pH-laskut, mutta ei toimikunnan esityksessä olevaa lisäystä "ja ionikonsentraatiolaskuja". Lisäksi puskuriliuosten käsittely oli muutettu tehtäväksi muutamien esimerkkien sijaan demonstraatioiden avulla. (Kouluhallitus 1981; Komiteamietintö 1977)

Kouluhallituksen oppimääräsuunnitelmassa hiiliyhdisteiden kemiaa tuli käsitellä kymmenen tunnin ajan, jolloin aluksi tarkasteltiin kolme tuntia orgaanisten molekyylien geometriaa ja stereoisomeriaa: cis-trans-isomeriaa, optista isomeriaa ja konformaatioisomeriaa. Toisessa kurssissa käsitelty rakenneisomeria kerrattiin. Sen jälkeen tutustuttiin stereoisomeriaan ja näiden isomeerien ominaisuuksiin esimerkkien avulla, jolloin esimerkkien joukossa oli hyvä olla myös fysiologisesti eri tavoin vaikuttavia yhdisteitä. Sitten käsiteltiin seitsemän tunnin ajan orgaanisia reaktiotyyppejä, kuten substituutio, additio, eliminaatio ja polymeroituminen, sekä makromolekyylien kemiaa. Suunnitelman mukaisesti reaktiotyyppeihin perehdyttiin käsittelemällä tavallisimpia reaktiotyyppejä. Reaktiomekanismeista esiteltiin vain radikaali- ja ionimekanismi yksinkertaisin esimerkein. Lisäksi käsiteltiin additio- ja kondensaatiopolymeroituminen sekä mainittiin esimerkkejä tavallisimmista polymeereistä. Tämä osa poikkesi melko paljon toimikunnan esityksestä. (Kouluhallitus 1981; Komiteamietintö 1977)

Kemiallisia tutkimusmenetelmiä käsiteltiin kahden tunnin laajuisesti tarkastellen muun muassa tiedonhankintamenetelmiä sekä tiedon arvioinnin ja soveltamisen periaatteita. Lukion opetussuunnitelmatoimikunnan esityksestä poi-

kettiin siinä, että nyt haluttiin esitellä vain spektroskopiaa, jonka alla olivat röntgen-, massa-, ultravioletti-, infrapuna- ja ydinmagneettinen resonanssispektroskopia, ja kromatografiaa. Kurssin loppuun ehdotettiin vielä oppimäärän kuu- den tunnin kokoavaa tarkastelua, jossa tuli kerrata oppimäärä sekä tarkastella kemian saavutuksia ja tulevaisuuden kemialle asettamia haasteita. (Kouluhallitus 1981; Komiteamietintö 1977)

Vaikka lukion opetussuunnitelmatoimikunta esitti oppilastöitä 3. ja 4. kurssiin, niitä ei mainittu ollenkaan Kouluhallituksen suunnitelmassa. Toisaalta toimikunnan esityksistä oli ehkä valittu koulukohtaisen kemian työkurssin mahdollisuus korvaamaan kurssien sisään sijoitettavia oppilastöitä. (Kouluhallitus 1981; Komiteamietintö 1977)

6.3.4.1.5 Kemian työkurssi

Tiivistelmän mukaan kemian laboratoriokurssin harjoitustöiden avulla opiskelijan oli mahdollista tutustua teorian ja sovellusten väliseen riippuvuuteen. Työkurssissa opiskelijan tuli tutustua erilaisiin työmenetelmiin ja laboratoriossa käytettäviin aineisiin sekä kehittää kätevyyttään kokeellisessa työskentelyssä (Kouluhallitus 1981).

Työkurssin tavoitteiden mukaan opiskelijan oli mahdollista (Kouluhallitus 1981)

1. tutustua teorian ja sovellusten väliseen riippuvuuteen,
2. oppia tekemään johtopäätöksiä työn aikana saaduista havainnoista,
3. soveltaa omakohtaisesti kokeellista menetelmää,
4. laajentaa aineiden tuntemusta,
5. oppia käyttämään työvälineitä ja kemikaaleja työturvallisuuden näkökohdat huomioon ottaen,
6. kehittää kätevyyttä ja teknistä taitoa,
7. oppia laatimaan johdonmukaisia työselostuksia ja
8. lisätä omien kykyjensä tuntemusta ja arvioida niitä suhteessa uranvalintaan.

Kemian oppimäärään liittyviä harjoitustyöaiheita olivat muun muassa (Kouluhallitus 1981)

1. Reaktionopeuden tutkiminen
2. Sakka- ja tunnistusreaktiot
3. Epäorgaaninen kvalitatiivinen analyysi
4. Lämpökemiallinen työ
5. Epäorgaaninen synteesi
6. Kemiallinen tasapaino
7. Gravimetrinen ja volumetrinen analyysi
8. Vesianalyysi
9. Titrauksia
10. Liukoisuus
11. Sähkökemiallinen työ, kvalitatiivinen tai kvantitatiivinen elektrolyysi
12. Orgaaninen kvalitatiivinen analyysi
13. Orgaaninen hapettumis-pelkistymisreaktio
14. Orgaaninen synteesi
15. Orgaanisen yhdisteen eristäminen, puhdistaminen ja fysikaalisten vakioiden määrittäminen
16. Kromatografia
17. Kolorimetrinen tai spektrofotometrinen työ
18. Sokeriliuoksen polarimetrinen pitoisuusmäärittäminen.

Jotta saatettiin käyttää välineitä tarkoituksenmukaisesti, työt voitiin järjestää siten, että ryhmät suorittivat eri töitä tai laajempien töiden osatehtäviä samanaikaisesti. Lisäksi harjoitustöissä oli noudatettava voimassa olevia turvallisuusmääräyksiä. (Kouluhallitus 1981)

6.3.4.2 Opetusjärjestelyt ja arviointi

Opetusjärjestelyt koostuivat työtavoista ja havainnollistamisesta. Kouluhallitus muutti lukion opetussuunnitelmatoimikunnan antaman menetelmä-nimen opetusjärjestelyiksi. Työtapaosa oli sisällöltään sama kuin mietinnössä. Samoin havainnollistaminen vastasi kielellistä hienosäätöä lukuun ottamatta toimikunnan esitystä. (Kouluhallitus 1981; Komiteamietintö 1977)

Arvioinnin osalta oppimääräsuunnitelmassa nojattiin toimikunnan esitykseen pienin lisäyksiin. Diagnostisen lähtötason kartoittavan kokeen tulos ei saanut vaikuttaa kurssin arvosanaan. Toimikunnan mietinnössä sanottiin, ettei se saanut vaikuttaa numeerisesti. Summatiivisten kokeiden kohdalla suunnitelmassa esitettiin pidettäväksi yksi tai kaksi koetta kurssia kohti. Kuitenkaan ei vaadittu valtakunnallisten standardikokeiden käyttöä. (Kouluhallitus 1981; Komiteamietintö 1977)

Arvosanan määräytymisessä noudatettiin lukion opetussuunnitelmatoimikunnan esitystä ja otettiin huomioon myös harjoitustyöt. Niiden arvioinnissa noudatettiin kemian yleisiä arviointiohjeita. Tämä tarkoitti, että harjoitustöiden päätteeksi tuli järjestää koe, joka koski sekä työmenetelmiä että teoriaa. Lisäksi otettiin huomioon opiskelijan käytännön töissä osoittamat taidot. (Kouluhallitus 1981; Komiteamietintö 1977)

6.4 Annetusta opetussuunnitelmasta opetussuunnitelman perusteisiin

Vuoden 1983 lukiolaki 477/1983 muutti huomattavasti lukion opetussuunnitelman laatimismenettelyä ja sisältöä, sillä aina tähän saakka lukiota oli säädelty keskushallinnon varsin yksityiskohtaisin säädöksin. Valtionoppikoulujen lukusuunnitelman oli määrännyt asetus, johon vuoteen 1969 saakka opetusministeriö saattoi myöntää mahdolliset poikkeukset. Vuoden 1969 jälkeen tehtävä siirtyi Kouluhallitukselle. Yksityiskoulut olivat noudattaneet kaikessa olennaisessa valtion oppikouluille annettuja säädöksiä ja Kouluhallitus oli vahvistanut niiden lukusuunnitelmat. Eri aineiden oppiennätykset vahvisti vuoteen 1970 saakka opetusministeriö ja metodiset ohjeet antoi Kouluhallitus, jolle myös oppiennätysten antaminen siirtyi vuoden 1970 opetussuunnitelman antamisen seurauksena. (Kouluhallitus 1985a)

Lukuun ottamatta vuoden 1941 ja 1981 lukion oppimäärissä ja lukusuunnitelmissa tehtyjä päätöksiä kehittäminen oli tehty lukusuunnitelman ja yksittäisten oppiaineiden sisältöjen kautta aina, kun yhteiskunnan tarpeet ja kulloinenkin

tieteenalan tai opetusmenetelmien kehittäminen olivat aiheuttaneet muutostarvetta. Tarpeisiin oli vastattu uusimalla aineen oppisisältöjä ja metodisia ohjeita. (Kouluhallitus 1975, 1977, 1981, 1985a; Komiteamietintö 1970)

Vuonna 1941 kaikkien oppiaineiden oppiennätyksissä uusittiin aineiden sisällöt, ja Kouluhallitus uudisti metodiset ohjeet (Opetusministeriö 1944). Silloin johdantotekstin mukaan kiinnitettiin huomiota muuhunkin kasvatukseen kuin vain tiedonjakamista tarkoittavaan opettamiseen. Tällaisia alueita olivat muun muassa kykyjen, tunteiden ja luonteen kehittyminen, eivätkä nämä tehtävät saaneet olla ristiriidassa keskenään. Kasvatuksesta todettiin myös, että kysymys ei ollut vain opiskelijan älyllisestä kasvattamisesta, vaan lisäksi voimakkaan yksilösiveellisen, yhteiskunnallisen ja isänmaallisen tuntemistavan luomisesta. (Kouluhallitus 1985; Opetusministeriö 1944)

Opetuksen yleisten periaatteiden mukaan vuonna 1941 todettiin, että opetusaineiden välttämätön karsinta oli opettajan tehtävä. Siksi hänen oli seurattava periaatetta: on opetettava harvoja asioita, mutta kunnolla. Toisaalta todettiin myös kvalitatiivisten vaatimusten ankaruus. Puolestaan kvantitatiivisesti ne olivat lievät. Esitettiin myös yleisiä periaatteita opetuksen liittämistä elävään elämään ja opiskelijoiden ikäkauden huomioon ottamista sekä opiskelijan omatoimisuutta korostavia kannanottoja. Lukion toiminta kuitenkin kuvattiin eri oppiaineiden opetuksena, vaikka yleisessä osassa oli esitetty kasvatustavoitteita. (Opetusministeriö 1944; Kouluhallitus 1985a)

Vuoden 1941 opetussuunnitelman tavoin 1981 kurssimuotoisen lukion kaikkiin oppiaineisiin annettiin uudet oppimäärät. Niiden ohella Kouluhallitus antoi lukio-opintojen yleiset tavoitteet, joissa muun muassa korostettiin opiskelijan kokonaispersoonallisuuden kehittämistä ja sekä tiedollisen, emotionaalisen että toiminnallisen kasvatusalueen huomioon ottamista. (Kouluhallitus 1985a)

Uusi lukiolaki merkitsi uudenlaista ajattelua aikaisempaan opetussuunnitelman kehittämistäustaan verrattuna, sillä nyt kehittämisen perustana tulivat olemaan eduskunnan säätämät lukiokasvatuksen kaikkea opetus- ja kasvatustyötä ohjaavat tavoitteet. Lukio käsitettiin selkeäksi kokonaisuudeksi, ei vain oppiaineita opettavaksi laitokseksi. Lukiolaki muutti lisäksi opetussuunnitelman laatimismenettelyä merkittävästi: valtiiovallan säätämässä yleisissä rajoissa lukion opetussuunnitelman tuli laatimaan koulun ylläpitäjä. Oletettiin, että lukiota voitiin kehittää joustavammin kokonaisuutena. Tällöin voitiin lähteä paikallisista tarpeista, ja niiden avulla lukio pyrki ohjaamaan opiskelijoiden tavoitteiden mukaista kehittymistä. (Kouluhallitus 1985a)

Lukioasetuksen 719/1984 89 §:n mukaan opettajan tuli noudattaa vahvistettua opetussuunnitelmaa ja käsitellä vahvistetut oppimäärät. Hänen tuli myös pyrkiä saavuttamaan lukiolle asetetut tavoitteet yhteistyössä opiskelijoiden ja heidän kotiensa kanssa. Opettajan tuli sisäistää tavoitteet yleisesti ja oman oppiaineensa mukaisesti. Siksi opettajan tuli osallistua aktiivisesti lukion opetussuunnitelman laadintaan ja vaikuttaa siihen. Kouluhallituksen antamien perusteiden pohjalta kunnassa laadittu opetussuunnitelma tuli olemaan asiakirja, jota opettajan oli noudatettava opetuksessaan muiden säädösten ohella. Aikaisemmin valtiolta (opetusministeriö tai Kouluhallitus) oli määrännyt tavoitteet ja sisällöt

varsin yksityiskohtaisesti, jolloin varsinainen opetussuunnitelma jäi opettajille vieraaksi ja oppimateriaalit ja erilaiset oppaat olivat opetuksen ensisijaisina lähtökohtina. (Kouluhallitus 1985a)

Luvussa 6.4.1 käsitellään vuoden 1985 lukion kemian opetussuunnitelman perusteita. Luvussa 6.4.2 paneudutaan Leikolan komitean (1988 ja 1989) lukion kemian uudistamishdotuksiin.

6.4.1 Kemian opetussuunnitelman perusteet vuonna 1985

6.4.1.1 Tavoitteet, sisällöt, integrointi ja työtavat

Vuonna 1981 Kouluhallituksen antaman "Lukion kurssimuotoinen oppimäärä ja oppimääräsuunnitelma"-ohjeiston kemian osuudesta on suoraan siirretty kemian opetuksen tavoitteet vuoden 1985 opetussuunnitelman perusteisiin. Oppisisällöt on annettu aihealueiden otsikkoina kursseittain. Integraatio on ilmoitettu oppimääräsuunnitelmassa esitetyn tavoin. Kaikki muu on jätetty kunnan tai muun opetuksen järjestäjän huoleksi. Tosin on ilmeistä, että vuoden 1981 Kouluhallituksen julkaisemaa opasta käytettiin hyväksi laadittaessa kunnallisia (paikallisia) opetussuunnitelmia. (Kouluhallitus 1981, 1985a)

Taulukossa 11 kuvataan opetussuunnitelman perusteissa näkyviä tieteenalaan, yhteiskuntaan ja pedagogiikkaan liittyviä tavoitelinjauksia. Tavoitteisiin

Taulukko 11 Vuoden 1985 opetussuunnitelman perusteiden mukaiset tavoitelinjaukset (Kouluhallitus 1985a)

Kemian opetus	Teorialinjaus	Pedagoginen ja yhteiskunnallinen linjaus
Yleinen päämäärä	Toteuttaa kemian erikoisluonteen mukaisesti luonnontieteiden yhteisiä tavoitteita	Opiskelijan kokonaispersoonallisuuden kehittäminen oppiaineen keinoin
Erityistavoitteita	Antaa monipuolinen kuva kemiasta eksaktina luonnontieteenä, sen merkityksestä, uusimmista tutkimusmenetelmistä ja saavutuksista sekä eri elämän aloilla olevista soveluksista Perehdyttää opiskelijoita materian rakenteeseen, sen ominaisuuksiin, kemiallisten ilmiöiden lainalaisuuksiin sekä reaktioissa tapahtuviin energiamuutoksiin ja kemiallisen energian hyväksikäyttöön	Rakentaa mahdollisimman hyvä perusta kemian ja sovelletun kemian jatko-opinnoille, samoin jatko-opinnoille aloilla, joilla tarvitaan kemian tietämystä Luoda opiskelijoille edellytykset tulevana työyhteisön jäseniä tai päätöksen tekijöinä ymmärtää kemiallisen teknologian kysymyksiä Antaa objektiivinen kuva siitä, miten kemia voi palvella ihmistä ja nyky-yhteiskuntaa niin, että luonnon tasapaino ja integraatio luonnontieteisiin säilyy

on lisätty aikaisempaan verrattuna muita kuin kemian teoriaan liittyviä tavoitteita. Pedagoginen tavoite on opiskelijan kokonaispersoonallisuuden kehittäminen. Siinä kemian opetus toimii välineenä. Jatko-opintokelpoisuus voidaan luokitella yhteiskunnalliseksi linjaukseksi. Edellytysten luominen ymmärtää työyhteisön jäsenenä tai päätöksentekijänä kemiaan liittyviä kysymyksiä on selkeä yhteiskunnallinen linjaus. Viimeinen tavoite koskee kestävästä kehitystä, joten se myös on yhteiskunnallinen asia. (Kouluhallitus 1985a)

Oppisisällöt ilmaistiin vuoden 1985 opetussuunnitelman perusteissa hyvin lyhyesti aiheiden otsikoina antamatta minkäänlaisia toteutusohjeita. Tosin vuoden 1981 oppimääräsuunnitelmasta poimittu integrointi oli oppisisältöjen lisänä. Vuoden 1981 oppimääräsuunnitelmassa olleet yksityiskohtaiset kurssien tavoitteet oli jätetty pois. Tämä tarkoitti, että opettajien piti laatiessaan kunnallisia opetussuunnitelmia pohtia, millaisia tavoitteita opiskelijan oppimiselle tuli asettaa. Työtavat ja muut pedagogiset ohjeet sekä arviointi puuttuivat ainekohtaisista opetussuunnitelman perusteista. Niiden piti kuulua vahvistettuun paikalliseen opetussuunnitelmaan, sillä nämä kaikki oli määrätty kirjoitettavaksi kunnalliseen tai muun opetuksen järjestäjän opetussuunnitelmaan. (Kouluhallitus 1981,1985a).

Taulukkoon 12 on kerätty pakollisten kurssien aiheiden otsikot ja integrointi. Lisäksi otsikoita avataan tekstissä. Kurssin 1 "Kemia luonnontieteenä" kokonaisuus käsitteli kemiaa osana luonnontieteitä ja kemian merkitystä elämän eri aloilla. "Aineen rakenteesta ja ominaisuuksista" -kokonaisuus sisälsi puhtaat aineet ja seokset, atomin rakenteen tarkastellen pääenergiatasoja, alkuaineiden jaksollisen järjestelmän, kemialliset sidokset, alkuaineiden elektronegatiivisuuden, ionit, molekyylit, aineen olomuodot ja niiden muutokset sekä vielä kiteisen aineen, nesteen ja kaasujen rakenteen ja ominaisuudet. Lisäksi kurssissa tarkasteltiin integraation kannalta tärkeitä asioita, kuten liuottimet ja liukeneminen, vesi liuottimena sekä diffuusio ja osmoosi. Kemiallisista suureista käsiteltiin suhteellinen atomi-, molekyyli- ja kaavamassa sekä ainemäärä, joiden käsittelyn yhteydessä tarkasteltiin Avogadron laki, moolitilavuus ja konsentraatio sekä näihin liittyviä yksinkertaisia laskutehtäviä. Viimeinen otsikko "Kemiallisista reaktioista" sisälsi kemiallisen reaktion nopeuteen vaikuttavia tekijöitä tarkastellen katalyyysiä vain esimerkkien avulla, reaktion käänteisyyden ja tasapainon kvalitatiivisesti, reaktioyhtälön ja sen kvantitatiivisen merkityksen, hapettumisen ja pelkistymisen, protolyysin, hapot, emäkset ja amfolyytit sekä pH:n ja neutraloitumisen, joista protolyysi ja pH ovat biologiaan integroivia aiheita. (Kouluhallitus 1985a)

Kurssi 2 "Kemiallinen energia" sisälsi kemiallisessa reaktiossa tapahtuvia energiamuutoksia, kuten endo- ja eksotermiset reaktiot, reaktiolämpö ja tärkeimmät kemiallisen energian lähteet. Tärkeistä epäorgaanisista yhdisteistä tarkasteltiin typen, fosforin ja rikin kemiaa. Tässä yhteydessä käsiteltiin typpiteollisuuden tuotteita ja kemianteollisuuden prosesseja. Orgaanisten yhdisteiden kemia sisälsi orgaaniskemiallisen teollisuuden tärkeimmät tuotteet, orgaanisten yhdisteiden

ryhmittelyn, hiiliyhdisteiden molekyylien rakenteet, konstituutioisomerian, tyydyttyneet ja tyydyttymättömät yhdisteet, avoketjuiset ja rengas-rakenteiset yhdisteet sekä tärkeimmät funktionaaliset ryhmät ja niiden reaktioita. Yhdisteistä

Taulukko 12 Pakollisten kurssien oppiaines ja integrointi (Kouluhallitus 1985a)

Kemian kurssit	Oppiaines	Integraatio
Kurssi 1. Aine ja kemialliset ilmiöt	Kemia luonnontieteenä	Tarkoitus perehdyttää opiskelijat aineen rakenteeseen; hyötyä myös biologian ja fysiikan opiskeluun
	Aineen rakenteesta ja ominaisuuksista	Olomuotojen muutokset aineen rakenteen kannalta; Avogadron laki kaasulaeista; yhteys fysiikan opiskeluun
Kurssi 2: Elinympäristön kemia	Kemiallisia suureita	Erityisesti biologian opiskelua tukevia ovat vesi liuottimena, liukeneminen, diffuusio, osmoosi, protolyysireaktiot ja pH; sovellusten yhteydessä
	Kemiallisia reaktioita	
	Kemiallinen energia	Biokemiallisesti merkityksellisten yhdisteiden opiskelu tukee biologian fysiologisten ja geneettisten ilmiöiden ymmärtämistä; samoin yhdisteiden rakenteiden ja reaktioiden tarkastelu unohtamatta kolloidiliuosten ominaisuuksia ja ensimmäisen kurssin integraatiota
	Tärkeitä epäorgaanisia yhdisteitä	Biologiaan integroivat myös kemiallisen ympäristön, ympäristöön vaikuttavien aineiden (mukana lääkeaineet ja muut fysiologisesti vaikuttavat aineet) esittely; lisäksi tukevat psykologian ja terveistiedon opetusta
	Orgaanisten yhdisteiden kemiaa	Ympäristökemialliset kysymykset yhdistävät kurssin maantieteeseen; maantieteen lisäksi taloustietoon integroituvat kemian teollisuuteen liittyvät kysymykset
	Ympäristökemiaa	Tärkeä ympäristökemiallinen kysymys on myös kemiallisten analyysimenetelmien hyödyntäminen valvottaessa ympäristömyrkköjen ja taisteluaineiden sopimusten mukaista käyttöä

käsiteltiin hiilivetyjä, alkoholeja, aldehydejä, ketoneja, karboksyylihappoja, esteereitä ja amiineja. Biokemiallisesti merkittävistä yhdisteistä tarkasteltiin hiilihydraatteja, aminohappoja, valkuaisaineita sekä solubiologisesti tärkeitä typpiä ja adenosinitrifosfaattia. Edellisten lisäksi opiskeltiin biologiaan integroiden kolloidisia liuoksia. (Kouluhallitus 1985a)

Kurssiin 2 kuului ympäristökemian osuus, joka koostui elinympäristömme aineista ja siihen vaikuttavista kemikaaleista sekä ympäristösuojelusta ja kemiallisesta teknologiasta. Tässä yhteydessä käsiteltäväksi tulivat kemian teollisuuden liittyvät kysymykset, kuten esimerkiksi ammoniakksynteesi, rikkihappo, räjähteet, lääkeaineet ja luonnonvarojen hyödyntäminen, jotka integroivat historiaan, taloustietoon ja maantieteeseen. Lisäksi huomautettiin, että kemian sovelluksia käsiteltäessä piti ottaa integraation tarve kohtuullisesti huomioon. (Kouluhallitus 1985a)

Näiden pakollisten kurssien lisäksi tuntijakoasetuksessa esitettiin kaksi valinnaista kurssia, joihin opetussuunnitelman perusteissa oli esitetty edellä kuvattujen tavoitteiden mukaisia oppisisältöjä. Kemian 3. kurssi "Alkuaineiden kemiaa" sisälsi syvällisemmin opiskeltavan aineen rakenteen, jossa tuli tarkastella atomin rakennetta atomiorbitaalien avulla ja elektroniverhon rakenteen yhteyttä jaksolliseen järjestelmään. Tässä yhteydessä käsiteltiin alkuaineiden ryhmäominaisuuksia tutustumalla kolmannen jakson alkuaineiden vety- ja happiyhdisteisiin. Lisäksi tarkasteltiin siirtymäalkuaineiden ominaisuuksia, käsiteltiin alkuaineista kloori, kloori, pii, kalsium, rauta ja kupari ja niiden yhdisteitä sekä opiskeltiin hapettumisluvut. (Kouluhallitus 1985a)

Kurssiin 3 kuului myös sähkökemian osuus, joka sisälsi elektrodipotentialit, normaalipotentialit ja jännitesarjan, sähköparin, korroosion, elektrolyysin sekä elektrolyysin sovelluksia, joiden joukossa piti olla myös kvantitatiivisia. Opetussuunnitelman perusteet ehdottivat vuoden 1981 oppimääräsuunnitelman tavoin harjoitustehtävien aiheita, vaikkakin yleisluontoisemmin. Tällaisia olivat reaktioyhtälön kertoimien määrittäminen, ainemäärien, massojen ja kaasujen tilavuuksien laskeminen sekä kaasuvakion käyttöön liittyvät tehtävät ja yhdisteen kaavan määrittäminen. Opetussuunnitelman perusteet eivät esittäneet kolmanteen kurssiin integrointia. (Kouluhallitus 1985a)

Kemian 4. kurssi "Kemiallinen tasapaino" koostui reaktiokinetiikasta, kemiallisesta tasapainosta ja sen sovelluksista, hiiliyhdisteiden kemiasta, kemiallisista tutkimusmenetelmistä ja lukion kemian oppimäärän kokoavasta tarkastelusta. Näiden otsikoiden alla oli annettu aiheet, mutta ei toteutusohjeita. Aiheet olivat samat kuin vuoden 1981 oppimääräsuunnitelmassa. Myöskään neljännen kurssin kohdalla perusteet eivät antaneet integrointiehdotuksia. (Kouluhallitus 1981, 1985a)

Vuoden 1981 oppimääräsuunnitelma esitti koulukohtaista työkurssia yksityiskohtaisine ohjeineen, mutta vuoden 1985 kemian opetussuunnitelman perusteet esittivät vain oppimäärän kuntakohtaista soveltamista siten, että kunnan opetussuunnitelmassa voitiin korostaa sellaisten työtapojen käyttöä, joiden arviointiin tukevan erityisesti lukion tavoitteiden saavuttamista. Tällaisia työtapoja

perusteiden mukaan olivat muun muassa teollisuusvierailut ja oppilastyöt. (Kouluhallitus 1981, 1985a)

6.4.1.2 Opiskelijan oppimistulosten arviointi

Opetussuunnitelman perusteissa ei ollut kemian oppimistulosten arviointiin ainekohtaisia ohjeita, vaan kaikkiin aineisiin piti soveltaa yhteisesti annettuja periaatteita. Niiden mukaisesti opiskelijan arvioinnin tuli tukea lukion tavoitteiden saavuttamista ja edistää niiden mukaista työskentelyä. Arvioinnin avulla saatava palaute oli välttämätöntä sekä opiskelijan että opettajan työlle, mutta sen osuus tuli pitää kohtuullisena. Lisäksi arviointimenettelyssä tuli pyrkiä kannustavuuteen ja opiskelijamyönteisyyteen. Arvioinnin tuli pohjautua riittävän monipuolisesti eri tavoin annettuun näyttöön. Erityisesti tuli kiinnittää huomiota tiedon laatuun määrän ohella. Arviointijärjestelmän piti olla osa kurssimuotoisuutta, jonka kohteena on kunkin kurssin suoritus. Alussa vaatimustaso piti niveltää opiskelijoiden todelliseen lähtötasoon ja sopeuttaa asteittain valtakunnalliseen päättötason normistoon. (Kouluhallitus 1985a)

Kurssit tuli arvioida toisistaan riippumatta. Kriteerit oli johdettava kurssille asetetuista tavoitteista ja opiskelijan ikäkauden mukaisista mahdollisuuksista niin, että vaatimustaso nousi päättötasoa kohden. Tavoitteiden saavuttamista arviointiin kokeilla ja jatkuvan näytön avulla. Kokeet olivat laajoja summatiivisia ja pieniä formatiivisia, joiden avulla kontrolloitiin opiskelun tehokkuutta. Formatiiivisissa kokeissa ei ollut numeroarviointia. (Kouluhallitus 1985a)

Opetussuunnitelman perusteiden arviointia täydennettiin Kouluhallituksen yleiskirjeellä 49/1985. Tällöin tarkennettiin kurssin arviointia niin, että jatkuva näyttö, joka voi olla sekä suullista että kirjallista, voi korottaa tai alentaa kokeiden perusteella muodostettua arvosanaa. Opetussuunnitelman perusteista puuttunut oppimäärän arviointi lisättiin ohjeisiin. Näin ollen oppimäärän arvosana tuli olemaan kurssien arvosanojen aritmeettinen keskiarvo kokonaislukuna siten, että 0,50 pyöristettiin ylöspäin (Kouluhallitus 1985b).

6.4.2 Huoli matemaattis-luonnontieteellisestä perussivistyksestä

6.4.2.1 Yleensä luonnontieteistä

Valtioneuvosto asetti 8.10.1987 komitean, jonka tuli laatia arvio matemaattis-luonnontieteellisen perussivistyksen tilasta, sen muuttuvasta tasosta ja sisällöstä ottaen huomioon teknillistyvän kehityksen, työelämän muutoksen, elinympäristön ja elinolojen muutoksen, kansainvälisen kehityksen sekä yksilön koulutus- ja ammattiuran sekä lisääntyvän vapaa-ajan ja sen toimintojen vaatimukset. Lisäksi piti arvioida, millaisia koulutustarpeita matemaattis-luonnontieteellisen yleissivistyksen ja tietämyksen tason kehittämisen sekä sisällön uudistamisen aiheuttavat. Lisäksi tuli laatia toimintaohjelma vuosille 1989-1993 matemaattis-luonnontieteellisen opetuksen tehostamisen toimenpiteiksi yleissivistävässä koulutuksessa sekä tehdä yksityiskohtaisia ehdotuksia ohjelman toteuttamiseksi. Edelleen komitealta pyydettiin ehdotusta ohjelman seurannan pysyväksi järjestämiseksi. Toimeksianto oli laajempi, mitä edellä esitettiin, sillä tässä tutkimuksessa tarkastellaan asiaa vain lukion näkökulmasta. (Komiteamietintö 1988, 1989)

Komitean nimeksi annettiin matemaattis-luonnontieteellisen perussivistyksen komitea. Se tunnetaan myös Leikolan komiteana puheenjohtajansa professori Anto Leikolan mukaan. Komiteassa oli puheenjohtajan ja sihteerin dosentti Tapio Markkasen lisäksi 18 jäsentä yliopistoista, Kone-osakeyhtiöstä, Valtion teknillisestä tutkimuslaitoksesta, opetusministeriöstä, Ammattikasvatushallituksesta, Kouluhallituksesta ja Yleisradiosta. Fysiikan ja kemian jaostoon kuuluivat professori Pentti Kauranen Kuopion yliopistosta, toimistopäällikkö Veijo Hintsanen Ammattikasvatushallituksesta, johtaja Heimo Mäkinen Kone-osakeyhtiöstä, ja sivutoimiseksi sihteeriksi kutsuttiin dosentti Maija Ahtee, joka toimi myös fysiikan asiantuntijana. (Komiteamietintö 1988, 1989)

Komitean välimietinnössä vedettiin yhteen matemaattis-luonnontieteellisen perussivistyksen tilaa ja merkitystä. Todettiin muun muassa, että yleissivistys käsitetään usein siten, että ammatissa tarvittava sivistys ei kuulu siihen. Komitea päätyi kuitenkin kantaan, että perussivistys kattaa ammattiin kuuluvan ja kuulumattoman tiedon sekä vielä paljon laajemminkin elämässä tarvittavan tiedon ja osaamisen välttämättömänä pohjana. (Komiteamietintö 1988; Markkanen 1988)

Suomessa yleissivistyksen pääpaino on ollut pitkään humanistisilla aloilla. Kuten komitea toteaa, näiden alojen ja vieraiden kielten tuntimäärä on varsin suuri verrattuna luonnontieteellisiin tai yhteiskunnallisiin aineisiin. Matemaattis-luonnontieteellisen sivistyksen tarve on kuitenkin kasvanut 1950-luvulta lähtien. Luonnontieteet ovat maailman teknillistyessä yhä tärkeämpiä, koska luonnontieteet ovat teknologiasta rakentuvan tieteellisen maailmankuvan ydinaineita. Siis luonnontieteen ja tekniikan saavutukset ovat mitä suuremmassa määrin jokapäiväistä elämää, ja myös niistä aiheutuvat haitat ovat luoneet tarvetta ymmärtää laajemmin luonnonilmiöitä ja teknologian perusteita. (Komiteamietintö 1988; Markkanen 1988).

Muun muassa energiakysymyksissä, ympäristösuunnittelussa ja muissa kaikkia kansalaisia koskevissa asioissa on kyetty niukasti vertailemaan eri vaihtoehtoja ja niiden soveltamisen todennäköisiä seurauksia sekä arvioimaan näitä päämäärien kannalta. Terveyttä ja sairautta koskevassa keskustelussa on helposti jouduttu tietämättömyydestä johtuviin uskomuksiin, jotka ovat vieraita luonnontieteelliselle ajattelulle. Myös tieteen prosessiluonne näyttää jäävän hämäräksi. (Komiteamietintö 1988; Markkanen 1988)

Komitea kiinnitti huomiota lukion opetussuunnitelman kehittämisessä muun muassa seuraaviin seikkoihin:

1. Matemaattis-luonnontieteellisissä aineissa valinnaisuus on melkoisesti suurempaa kuin muissa tietopainotteisissa aineissa. Komitea pitää valinnaisuutta hyvänä, mutta lukion kurssikatto supistaa valintavaihtoehtot varsin vähiin.
2. Näiden aineiden opetussuunnitelmien luonteenomaisena puutteena on, ettei niiden tavoitteissa eikä varsinkaan oppisisällöissä ole osoitettu yhteyksiä muiden oppiaineiden alueelle niin selkeästi kuin kielten, historian tai taideaineiden opetussuunnitelmissa.
3. Kun opetussuunnitelmasta puuttuvat metodiset ohjeet, ei luonnontieteiden opetuksessa yleensä korostu riittävästi kokeellinen lähestymistapa.

4. Kahden kemian pakollisen kurssin sisältöaines on hyvin runsas ja varsinkin ensimmäisen kurssin sisältö on liian teoreettinen. Lisäksi komitea arvioi, että vain kaksi kurssia valitseville oppilaille pitäisi opettaa pakolliset kurssit keveämmin kuin kaikki kurssit valitseville.
5. Ympäristökysymykset ovat oppimäärässä melko lailla hajallaan. Ihmisen ja luonnon suhdetta tarkastellaan yleensä vain vaikutuksiltaan kielteisten ilmiöiden yhteydessä
6. Tietotekniikan käyttöönottoa eri aineiden opetuksessa hidastavat laite-, ohjelmisto-, tila-, ja aikapula sekä opettajankoulutuksen ongelmat. (Komiteamietintö 1988)

Komitea arvioi myös luonnontieteiden opetukseen käytettyä aikaa. Suomessa näiden aineiden opetukseen käytetty tuntimäärä oli kansainvälisesti hyvin vähäinen. Oppikirjoissa oli runsaat ja raskaat sisällöt. Komitea arveli tämän johtuvan sekä opetussuunnitelman tulkinnasta että ylioppilastutkinnon vaikutuksesta. Lisäksi kirjat eivät ohjanneet kokeellisuuteen, mitä ehkä johtui siitä, että kirjoittajat tiesivät, ettei kokeelliseen työhön ollut lukiossa kovinkaan paljon mahdollisuuksia. Kansainvälisesti suomalaisen lukion kokeellinen toiminta oli vaatimatonta. Lisäksi puuttui opetukseen soveltuvia videoita, eikä tietotekniikan taso ollut riittävä luonnontiedeaineiden opetukseen, sillä monipuolisista työkaluohjelmista oli pulaa. (Komiteamietintö 1988; Markkanen 1988)

Dosentti Markkanen arvioi komitean työtä artikkelissaan ”Laatu tavoitteena matemaattis-luonnontieteellisen perussivistyksen uudistamisessa”. Hänen mukaansa muun muassa perussivistyksen tason kohottaminen ei ollut vain tiedollista, vaan mitä suurimmassa määrin asenteellista kasvatusta, jossa yksilölle pyrittiin antamaan avaimet, jotta hänestä kasvaisi vastuuntuntoinen. Perussivistyksen luomisen tuli alkaa jo varhaisessa iässä, jolloin luotiin kiinnostus luonnontieteisiin ja niiden sovelluksiin. Tärkeää oli myös yleisen kulttuuri-ilmaston muuttuminen matemaattis-luonnontieteellisen sivistyksen kannalta suotuisammaksi mm. sisältöjen kehittämisen ja viestinnän keinoin. Näin tuettaisiin myös innostuneen ja taitavan opettajan työtä. (Markkanen 1990)

6.4.2.2 Kemian tilanteen arvio

Leikolan komitea totesi vuoden 1985 lukion kemian opetussuunnitelmien tavoitteiden olevan oikeansuuntaisia, ainoastaan kahden pakollisen kurssin sisältöaines oli liian runsas. Kuntakohtaisissa soveltamisohjeissa korostettiin teollisuusvierailuja ja oppilastöiden käyttöä työtapoina. Lisäksi kahden ensimmäisen kurssin kohdalla annettiin ohjeita opetuksen integroinnista biologiaan, fyysiikkaan, psykologiaan, historiaan ja terveystietoon. (Komiteamietintö 1988)

Komitean mielestä ensimmäinen kurssi oli varsin teoreettinen, esimerkiksi aineen rakenne ja kemialliset sidokset muodostivat laajan ja vaikeatajuisen kokonaisuuden, jota on vaikea konkretisoida. Koska opetussuunnitelmassa ei otettu kantaa opetusmenetelmiin, voitiin olettaa, että koko oppimäärä opetetaan suurelta osalta teoreettisesti, mikä ei ainakaan helpota oppimäärän omaksumista. (Komiteamietintö 1988).

Kemiaa voi valita joko laajan (4 kurssia) tai suppean (2 kurssia) oppimäärän. Komitean mielestä käytäntö, että suppea oppimäärä ja laajan oppimäärän alkiosa opetetaan yhdessä, ei tuntunut tarkoituksenmukaiselta. Kehitettäessä lukion

kemian opetussuunnitelmaa komitea ehdotti, että kiinnitetään huomiota pakollisten kurssien sisältöaineksen määrään ja teoreettisuuden vähentämiseen. Lisäksi suppea ja laaja kurssi pitäisi opettaa erillään. (Komiteamietintö 1988)

6.4.2.3 Kemian opetuksen kehittämistoimenpiteet

Edellä esitetyn lisäksi Leikolan komitea totesi, että pakollisten kurssien opetusryhmät olivat suuria ja heterogeenisia, ja että useimmista kouluista puuttuivat lukion laboratoriotilat. Näin ollen kokeellinen opetus puuttuu lähes kokonaan lukiosta. Ensimmäisen kurssin teoreettisuus ja pirstaleisuus olivat aikaisemman perusteella ongelma. Kokeellisuutta ei useinkaan saatu aikaan kemian tai luonnontieteiden yhteisellä työkurssilla, koska sellainen voitiin järjestää vain harvoin. (Komiteamietintö 1989)

Opetussuunnitelman perusteissa mainittujen tavoitteiden ja kokeellisuuden toteuttamiseksi komitea ehdotti seuraavia toimenpiteitä:

1. Opetussuunnitelmassa täytyy mainita oppilastöiden kuulumisesta kemian lukio-opetukseen. Tämä tarkoittaa pienempiä ryhmäkokoja.
2. Lukioihin on järjestettävä laboratoriotilat, ja ne pitää varustaa oppilastyö- ja demonstraatiivälinein. Lisäksi tarvitaan ajanmukaista oheismateriaalia, kuten videoita, filmejä, kalvosarjoja, käsikirjoja ja tietokoneohjelmia.
3. Kouluhallituksen tulee käynnistää lukion opetussuunnitelman kehitystyö. Sen yhteydessä on ensimmäisen kurssin teoreettisuutta vähennettävä ja ainesta karsittava. Kemian kaikkiin kursseihin on saatava oppilastöitä.
4. Kemia tulee jakaa laajaan ja yleiseen osaan.
5. Laaja oppimäärä sisältäisi nykyisen oppimäärän pakolliset ja valinnaiset kurssit oppilastöillä täydennettynä. Laaja oppimäärä rakentaisi kuvaa kemiasta eksaktina luonnontieteenä ja loisi pohjaa sellaisten alojen opiskelulle, jolla tarvitaan kemian tuntemusta.
6. Yleinen oppimäärä kehitettäisiin pakollisten kurssien pohjalta siten, että se sisältäisi runsaasti oppilaiden omakohtaista työskentelyä, painottaisi yleisiä kaikille tarpeellisia kemian tietoja ja taitoja. Yleinen oppimäärä voitaisiin yhdistää fysiikan ja kemian yleiseksi oppimääräksi, jonka laajuus olisi neljä kurssia. (Komiteamietintö 1989)

Näiden lisäksi opettajille olisi järjestettävä tehokasta täydennyskoulutusta, jotta opetuksen uudistaminen toteutuisi. Täydennyskoulutuksessa pitäisi korostaa kokeellisen opetuksen menetelmiä ja tuotava esiin nopeasti kehittyvän luonnontieteen uusia tutkimusmenetelmiä ja -tuloksia. Opettajille pitää myös järjestää mahdollisuuksia työskennellä teollisuus- ja tutkimuslaitoksissa. (Komiteamietintö 1989)

6.5 Uuteen oppimis- ja tiedonkäsitykseen

Luvussa 6.5 käsitellään Leikolan komitean ehdotusten pohjalta tehtävää taustatyötä, uutta valinnaisuutta lisäävää tuntijakoa, opetussuunnitelmauudistuksen tarvetta, uutta oppimis- ja tiedonkäsitystä sekä fysiikan ja kemian opetussuunnitelmatyötä. Lisäksi vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteet muodostavat oman kokonaisuuden.

6.5.1 Taustaa kemian opetuksen uudistamiseen

Valtioneuvosto päätti vuonna 1991, että peruskoulun ja lukion opetussuunnitelma uudistetaan vuonna 1994. Tuolloin päätettiin, että keskeistä tässä uudistuksessa tuli olla huomattava valinnaisuuden lisääminen. Opetushallituksen tuli antaa opetussuunnitelman perusteet, joissa sen piti määritellä opetuksen tavoitteet ja keskeiset sisältöalueet (vrt. Kouluhallitus 1985a). Opetushallituksen antaman kehyksen pohjalta kunnan tai muun koulutuksen järjestäjän ja sen opettajien tuli laatia opetussuunnitelma. Kouluopetuksen kehittämiseksi hallinnollinen opetussuunnitelmauudistus ei yksin riittänyt, vaan opettajien piti kokea uudistus tarpeelliseksi ja hyödylliseksi. (Meisalo & Lavonen 1994)

Koulut ja kunnat voivat siis ottaa käyttöönsä uuden opetussuunnitelman syksystä 1994. Mitään kiirettä siirtymisellä uuteen opetussuunnitelmaan ei säädösten puolesta ollut, sillä takarajaa uudistukselle ei ollut asetettu. Yhtenä perimmäisenä ajatuksena uudessa opetussuunnitelmassa oli se, että koulut ja kunnat aloittivat keskustelun koulun ja opetuksen kehittämisestä. Opetussuunnitelma tuli ymmärtää dynaamiseksi koulun kehittämisprosessiksi eikä muodolliseksi asiakirjaksi. Sen takia tärkeämmiksi ja koulun toimintaa ohjaaviksi dokumenteiksi saattoivat muodostua erilaiset koulun ja sen kurssien esitteet, joiden pohjalta opiskelijat ja vanhemmat valitsivat ensin koulun ja sitten kurssit. (Meisalo & Lavonen 1994)

Meisalon ja Lavosen mukaan tavoitteiden neljä ulottuvuutta olivat 1) ajattelu- ja päättelytaidot, 2) laboratorio- ja kenttätyöskentelytaidot, 3) ihmissuhdetaidot sekä 4) itsenäisen persoonallisuuden taidot. Fysiikan ja kemian opetuksen tavoitteista pidettiin usein tärkeimpänä nimenomaan luonnontieteellisen ajattelun kehittämistä. Luonnontieteellisen ajattelun keskeinen piirre oli, että luonto itse oli tiedon oikeellisuuden kriteeri ja että tietoa luonnosta saatiin havaintojen ja mittausten sekä erityisesti myös huolellisesti suunniteltujen luonnontieteellisten kokeiden välityksellä. Kokeiden tuloksia tulkittiin suhteessa aikaisempaan tietoon, joka on koottu laajaan, sisäisesti ristiriidattomaan luonnontieteelliseen teoriaan. (Meisalo & Lavonen 1994)

Meisalo ja Lavonen lähestyivät ajattelun taitoja Gagnen tavoitehierarkian (Gagne 1968b) pohjalta seuraavan luettelon tapaan. **Ajattelun taitojen tavoitteet** olivat tässä kuitenkin vain osa monipuolista kokonaisuutta. Kognitiivisiin taitoihin kuului:

1. mieleen painaminen ja mieleen palauttaminen, tiedonhankinta (havaitseminen, mittaaminen, aikaisemman tiedon hyväksikäyttö...) ja ymmärtäminen, oppimaan oppiminen,
2. tietojen jäsentäminen, käsitteiden muodostaminen,
3. tietojen luotettavuuden, tarkkuuden ja sovellettavuuden arviointi,
4. induktiivinen ja deduktiivinen päättely,
5. analogia- ja symmetria-ajattelu sekä
6. luova ongelmanratkaisu. (Meisalo & Lavonen 1994)

Laboratorio- ja kenttätyöskentelytaidot: Luonnontieteellisen tutkimuksen ja opetuksen kannalta luonto oli ensisijainen tiedonhankinnan kohde. Tietoa

luonnosta saatiin havaintojen ja mittausten lisäksi luonnontieteellisten kokeiden ja tutkimustehtävien välityksellä. Kokeellisen työskentelyyn tarvittavia taitoja oli varmasti jokaisella opiskelijalla, mutta huippuosaamiseen pääsemiseksi ne vaativat monipuolisesta ja riittävää harjoittelua. Ne olivat myös käyttökelpoisia monissa nykyajan ammateissa. Näitä taitoja olivat esimerkiksi

1. tarkan ja monipuolisen havaitsemisen taidot,
2. käden taidot, hienomotoriikka ja mittaaminen,
3. käden ja silmän yhteistyö,
4. monivaiheisten laboratorion työprosessien hallinta, kuten kokeiden suunnittelu, laitteistojen kokoaminen tai valmistaminen sekä luonnontieteellisten kokeiden suorittaminen,
5. tulosten käsittely ja tulkinta sekä havainnollistaminen,
6. suoritusten ja tulosten arviointi sekä
7. uusien havainto- ja mittausten menetelmien suunnittelu ja kehittäminen. (Meisalo & Lavonen 1994)

Näiden tavoitteiden saavuttaminen edellytti kokeellisen työskentelyn monipuolista käyttöä kaikilla koulun tasoilla. Siksi myös lukion teoriapainotteisesta kemian opetuksesta tuli luopua. Kokeellinen työskentely avasi myös laajoja mahdollisuuksia ympäristökasvatuksen integroinnille fysiikan ja kemian opetukseen. (Meisalo & Lavonen 1994)

Valtaosa luonnontieteellisestä tutkimuksesta ja luonnontieteiden sovelluksiin tukeutuvasta työstä tehtiin Meisalon ja Lavosen mukaan ryhmissä tai ainakin parityöskentelyinä. Kaikissa työyhteisöissä henkilön muodollisesta asemasta riippumatta oli tärkeää omaksua ja käyttää hyväksi yhteistyötaitoja. Eräs yhteistyötaitoja korostava lähestymistapa oli esimerkiksi yhteistoiminnallinen oppiminen (kts. luku 2.3.6), jonka arvo nähtävästi nousee luonnontieteiden opetuksessa tuottaen merkittäviä tuloksia. Näiden taitojen kehittämiseen antavat hyvät mahdollisuudet erilaiset projektit ja yleensä kokeellinen työskentely. **Ihmissuhdetaitojen** osalta Meisalo ja Lavonen (1994) listasivat seuraavat:

1. kommunikaatiotaidot: suullinen ja kirjallinen ilmaisu sekä kieli-taito,
2. yhteistyötaidot, valmius tarkoituksenmukaiseen työnjakoon, kyky asettua toisen asemaan (empatia), muiden henkilöiden huomioonottaminen,
3. neuvottelutaito, kyky päästä yhteisymmärrykseen,
4. väittelytaito, kyky argumentoida ja
5. johtamistaito. (Meisalo & Lavonen 1994)

Itsenäisen persoonallisuuden taidot: Koulun keskeisenä yleistavoitteena oli lukiolain 708/1992 toisen pykälän mukaan opiskelijan kokonaispersoonallisuuden monipuolinen ja täysipainoinen kehittäminen. Luonnontieteiden opetuksen tavoitteena tällä alueella oli muun muassa opiskelijan

1. aloitteellisuus,
2. tiedonjano, halu oppia uutta,
3. ideointikyky,
4. päätöksentekokyky,
5. halu ja kyky saada valmista aikaan,
6. pitkäjänteisyys,

7. valmius vastuun ottamiseen,
8. itseluottamus, terve minäkuva,
9. sopeutuvuus uusiin olosuhteisiin, joustavuus ja
10. valmius jatkuvaan koulutukseen, "oman elämän projektin" hahmottaminen. (Meisalo & Lavonen 1994)

Nämä neljä tavoiteavaruuden ulottuvuutta tuli ottaa huomioon koulun opetussuunnitelmassa, mutta myös jokaisen opettajan opetuksen suunnittelussa sekä työtapojen valinnassa että arvioinnissa. Luonnontieteiden opetuksen tavoitteet sisälsivät niin persoonallisuuden kehittymiseen ja kypsymiseen liittyviä seikkoja kuin luonnontieteille ominaisia tietoja ja taitoja. (Meisalo & Lavonen 1994)

6.5.2 Lukion tuntijako

Opetusministeriön tuntijakotyöryhmä tarkasteli tuntijakoesityksessään valinnaisuutta kunnan, koulun ja opiskelijan tasolla (Opetusministeriö 1992). Tuntijakotyöryhmän puheenjohtaja apulaisosastopäällikkö Jukka Sarjala painotti keväällä 1992 tuntijakoehdotuksen julkistamistilaisuudessa, että ehdotus tuli nähdä kokonaisuutena ja arvioida varsinaista tuntijakoesitystä valinnaisuuden näkökulmasta. Valinnaisuuden lisäksi muistiossa korostettiin matematiikan ja luonnontieteiden opetuksen asemaa, ympäristökasvatusta ja koulun kieliohjelmia. (Meisalo & Lavonen 1994)

Tuntijakotyöryhmä ehdotti, että lukiossa lisättäisiin valinnaisuutta, mikä tarkoitti pakollisten kurssien vähenemistä ja lisätilaa syventäville ja soveltaville kursseille. Esityksen mukaan piti luopua vuosiluokkaan sidotusta opetuksesta ja tuntijaosta. Lisäksi lukion luonnontieteellinen peruskurssikokonaisuus sisälsi ehdotuksen mukaan kaksi fysiikan ja biologian kurssia sekä yhden kemian, maantieteen ja ympäristötieteen kurssin. Ehdotuksen mukaan lukioon piti tulla 6 fysiikan syventävää kurssia ja 3 kemian sekä näiden lisäksi koulun valinnan mukaan valinnaisia kursseja. Tuntijakoesityksen hyväksyminen venyi maaliskuulle 1993, jolloin valtioneuvosto teki periaatepäätöksen esityksen hyväksymisestä. Tuntijakoesityksen hyväksymistä myöhästyi muun muassa keskustelu ruotsin kielen asemasta yleissivistävässä koulussa. (Meisalo & Lavonen 1994)

Lukion tuntijako vahvistettiin valtioneuvoston päätöksellä 835/23.9.1993. Päätöksen ensimmäisen pykälän mukaan lukion opinnot jaettiin kolmeen osaan: pakollisiin, syventäviin ja soveltaviin kursseihin. Syventävät kurssit olivat pääasiassa pakollisiin kursseihin välittömästi liittyviä jatkokursseja ja soveltavat kurssit olivat eheyttäviä kursseja, jotka sisältävät aineksia eri oppiaineista, menetelmäkursseja, muita koulukohtaisia kursseja tai muissa oppilaitoksissa opiskeltavia kursseja. Soveltavista kursseista päätti lukion ylläpitäjä, ja ne olivat opiskelijalle valinnaisia. Päätöksen toisen pykälän mukaisesti kemiaan tuli yksi pakollinen kurssi ja vähintään kolme syventävää kurssia. Päätös määräsi myös, että uusi tuntijako voitiin ottaa käyttöön lukuvuoden 1994-95 alusta lukien, mutta käyttöönoton takarajaa ei määrätty. (Valtioneuvoston päätös 1993)

Vaikka tuntijakoesityksellä pyrittiin parantamaan matemaattis-luonnontieteellisten aineiden asemaa, lopullisessa tuntijaossa niiden aineiden asema ei juuri parantunut. Lukion kemian kannalta keskeistä uudessa tuntijaossa oli, että kemiaa lukiossa oli yksi pakollinen ja kolme syventävää kurssia. Näiden lisäksi kukin lukio voi tarjota opiskelijoille valinnaisia ja soveltavia kursseja. Valinnaiset ja soveltavat kurssit voivat liittyä koulun profiiliin tai ne voivat olla esimerkiksi jonkin alan erikoiskursseja tai luonnontieteiden työkursseja. (Meisalo & Lavonen 1994)

Tuntijako lisäsi valinnaisuutta, mutta sen lisääntyminen voi olla vain näennäistä. Sen mukaan varakkaat kunnat saattoivat melko vapaasti tarjota esimerkiksi valinnaisia luonnontieteiden kursseja. Köyhä kunta sai järjestymään luultavasti vain valinnaisen kielen opetuksen. Utta päätöksessä oli, että se salli lukion opiskelijan ottaa valinnaisia kursseja myös muista kouluista tai oppilaitoksista. (Meisalo & Lavonen 1994)

6.5.3 Yleisesti opetussuunnitelmauudistuksen tarve

Koulun toimintaympäristön muutos ja eri tieteenalojen uusimmat tutkimustulokset edellyttivät koulutuksen syvällistä kehittämistä. Muutoksen syytä olivat muun muassa elinkeinorakenteen muutos, kaupungistuminen, teknologinen kehitys, sosiaaliturvan ja terveydenhuollon paraneminen sekä koulutuksen määrällinen kasvu. Toisaalta muutoksista seurasi myös ongelmia. Oli tullut ympäristöongelmia, joiden korjaaminen oli vaikeaa. Talous oli ajautunut kriisiin ja tämä aiheutti voimavarojen vähenemistä. Työelämän ennustettavuus oli tullut epävarmemmaksi ja myös koulutukseen käytettävät resurssit olivat vähentyneet. (Opetushallitus 1994)

Koska keskusjohtoisuus oli vähentynyt, päätösvaltaa oli siirtynyt yhä enemmän kouluille. Näin koulujärjestelmä oli muuttunut joustavammaksi ja palvelukykyisemmäksi. Koulujen lisääntynyt valta päättää varojen käytöstä, luokaton järjestelmä sekä valinnaisuutta korostava tuntijako tarjosivat lukioille monipuoliset mahdollisuudet painottaa erityisosaamistaan. Opiskelijoille tarjoutui aiempaa paremmat mahdollisuudet yksilöllisiin opinto-ohjelmiin. (Opetushallitus 1994)

Yrittäjyyden merkityksen kasvu näkyi lukioissa yritteliäisyytenä, omatoimisuutena, itsenäisenä työskentelynä ja vastuunottona omista opinnoista. Näin saatiin eväitä sekä myöhempään mahdolliseen yritystoimintaan että kaikkeen työelämän ja yhteiskunnassa tapahtuvaan toimintaan. Kansainvälistyminen asetti haasteita suomalaiselle osaamiselle, ja siitä syystä koulutukselta edellytettiin erityisesti laadullista kehittämistä ja tason nostamista. (Opetushallitus 1994)

Edellisten opetussuunnitelmien laadinnassa käytettiin pohjana tavoiteoppimisen teoriaa (mastery learning; luku 2.3.5). Sitä arvosteltiin suoraviivaisesta, muuttumattomasta mallista, jota tavoitehierarkiat ja -taksonomiat jäykistivät (Krathwohl ym. 1964; Bloom 1968, 1974; Gagne 1968b). Näin ollen tuo suunnitelumalli ei tuottanut toivottua pedagogista kehitystä. Siksi uuden käsityksen mukaisen opetussuunnitelman laadinnan piti olla dynaaminen prosessi, mikä tar-

koitti, että suunnitelmaa tuli uudistaa jatkuvasti muun muassa arvioinnin ja ympäristön muutosten pohjalta. Valtakunnallisen laadinnan pohjaksi määriteltiin tavoitteet ja kehittämisvelvoite. Nämä eivät saaneet kahlita kouluja eivätkä pelkistää todellisuutta. (Opetushallitus 1994)

Opetussuunnitelman perusteiden tavoitteiden tehtävänä tuli näyttää suunta, jonka pohjalta koulujen opettajien omaan harkintaan jäi täsmentää tavoitteet ja valita keinot niihin pääsemiseksi. Näin ollen kouluissa tapahtuva opetussuunnitelmatyö oli keskeinen opetuksen kehittämisväline kunnissa. Opettajasta tuli siten yhä enemmän oman työnsä kehittäjä, ja kouluyhteisöllä oli keskeinen merkitys omien vahvuksiensa käyttäjänä. Opettajien osallistumisesta oma-kohtaisesti opetussuunnitelmien laadintaan piti tulla tärkeä todellisen muutoksen ja kehittymisen edellytys. (Opetushallitus 1994; Meisalo & Lavonen 1994)

6.5.4 Nuorten maailman muutos ja uusi oppimis- ja tiedonkäsitys

Nuoret saavat koulussa omaksutun lisäksi enenevästi tietoa muista lähteistä, ja suuri osa tiedosta välittyy kuvallisena. Toisaalta nuorten tapa havainnoida ja pohtien jäsentää ympäröivää maailmaa on monipuolistunut. Suuret globaalit kysymykset, kuten väestönkasvu, ympäristöasiat, sodan ja rauhan kysymykset sekä muut ennakoimattomat kysymykset, aiheuttavat nuorille ahdistavia uhkakuvia tulevaisuudesta. Työttömyys synkistää nuorten kuvaa turvatusta tulevaisuudesta. Kun lisäksi nuorten osuus vähenee verrattuna eläkkeellä oleviin, 2010-luvulla työelämään tulevien taloudellinen kokonaisrasite kasvaa. Siksi kouluilta vaaditaan opetuksessaan avaraa näkökulmaa todellisuudesta, ongelmakeskeistä lähestymistapaa, oppiaineiden yhteistyötä ja valmiutta paneutua usein nopeasti ajankohtaisten ilmiöiden tarkasteluun. (Opetushallitus 1994)

Uusi oppimiskäsitys korosti opiskelijan aktiivista toimintaa oman tietorakenteensa järjestäjänä. Opiskelijan asenteet, käsitykset ja odotukset tulivat ohjaamaan, mihin suuntaan hän kohdistaa havaintonsa, mitä informaatiota hän ottaa vastaan ja miten hän tulkitsee sitä. Keinot ohjata oppimista riippuivat yksilön oppimishistoriasta. (Opetushallitus 1994; Woolfolk 1987)

Konstruktivistisen käsityksen mukaan opiskelija piti nähdä aktiivisena tiedon hankkijana, käsittelijänä ja arvioijana, jolle oppiminen on aikaisempien ajatus- ja toimintamallien uudelleenjärjestämistä ja täydentämistä. Pitkäjänteisen työskentelyn avulla opiskelijan tiedot ja taidot jäsenyivät ja tarkentuivat käyttökelpoiseksi tietorakennelmaksi. Opettajan roolin tuli kehittyä yhä enemmän ohjaajaksi ja oppimistilanteiden suunnittelijaksi. (Opetushallitus 1994; Woolfolk 1987; Rauste-von Wright & von Wright 1994)

Koska informaation määrä kasvaa valtavalla nopeudella ja koulu voi välittää siitä vain pienen osan, oli valintojen tekeminen opetuksessa keskeistä. Olennaista oli, millä perusteilla koulussa opetettavat sisällöt valitaan, miten tiedon tulvasta erotetaan olennainen ja kuinka tiedon osista rakennetaan kokonaisuuksia. Sen tähden oppiaineiden vanhentunutta ja merkitykseltään vähentynyttä ainesta piti karsia ja korvata uudella. (Opetushallitus 1994)

Tärkeää oli myös kriittinen suhtautuminen tietoon ja sen todellisuuteen. Tällöin tarjoutui tilaisuus herättää opiskelijoiden jatkuva kiinnostus kehittyviä

tieteitä kohtaan. Perinteisen tietämisen rinnalla lukion piti ohjata opiskelijoitaan tarkastelemaan tietoa kriittisesti sekä soveltamaan sitä erilaisten ongelmien ratkaisuun ja käytännön tilanteisiin. Jotta oppiminen on tuloksellista, sen täytyi olla oppiainerajat ylittävää ja edellyttää entistä vahvempaa yhteissuunnittelua luotaessa oppimistilanteita. (Opetushallitus 1994)

6.5.5 Fysiikan ja kemian opetussuunnitelmatyö

Fysiikan ja kemian opetuksen uudistamistarve tuli monille näiden aineiden opettajille ja opetusalan asiantuntijoille ilmeiseksi 1980-luvun puolivälin tienoilla. Unescon aloite kansainvälisen luonnontieteiden ja teknologian tietoverkon perustamiseksi tuli oikeaan aikaan. Suomessa Finiste-nimellä kehittynyt toiminta osoittautui erittäin hedelmälliseksi. Sen piirissä kehitettiin toimintaa, joka pohjusti myös aineiden opetussuunnitelmien uudistamista. (Meisalo & Lavonen 1994)

Finisten työ painotti opetuksen tavoitteiden analysointia ja koulun työtapojen monipuolistamista. Aluksi monissa seminaareissa ja yhteistyöpalavereissa aktivoitiin noin sadan asianharrastajan joukkoa työstämään myöhemmin työtaoppaiksi muotoutuvia pohjatekstejä, kokeilemaan yhdessä kehitettyjä ideoita opetuksessaan, kouluttamaan opiskelijoita ja opettajakollegoita ja niin edelleen. Samalla aktivoitiin yhteyksiä ulkomaille, Pohjoismaiden ohella muun muassa Englantiin ja Yhdysvaltoihin sekä toisaalta eräisiin kehitysmaihiin. Tästä toiminnasta saatiin erinomainen pohja opetussuunnitelman uudistamistyölle. (Meisalo & Lavonen 1994)

Virallinen opetussuunnitelman uudistustyö käynnisti Kouluhallituksen nimittäessä työryhmän, jonka puheenjohtajaksi kutsuttiin Veijo Meisalo ja jäseniksi fysiikan ja kemian opetuksen asiantuntijoita peruskoulun ala-asteelta yliopistotasolle asti. Työryhmän tehtävänä tuli laatia oppiainekohtainen opetussuunnitelmaehdotus niin, että se otti huomioon yleiset opetussuunnitelman uudistusperiaatteet. Työryhmä sai kiitosta työnsä tuloksista jättäessään ehdotuksensa pääjohtaja Erkki Aholle. (Meisalo & Lavonen 1994)

Kouluhallituksen muututtua Opetushallitukseksi uudistustyötä jatkettiin laajan avoimen keskustelun ilmapiirissä. Ehdotuksesta pyydettiin kommentteja eri tahoilta ja sitä muokattiin myös opetussuunnitelmauudistuksen periaatteiden tullessa kiihkeän poliittisen keskustelun kohteeksi. Ehdotusta arvosteltiin myös voimakkaasti, tosin pääosin sellaisista syistä, jotka eivät olleet sitä laatineen työryhmän päätettävissä, kuten valinnaisuuden määrästä lukiossa. (Meisalo & Lavonen 1994)

Marras-joulukuun vaihteessa 1992 Opetushallitus lopetti avoimen keskustelun äkillisellä päätöksellä. Tarkoituksena oli ilmeisesti työrauhan takaaminen opetussuunnitelmauudistukselle. Tuntijakoa koskevaa päätösesitystä pallolettiin ministerien pöydillä, ja tilanne oli varsin pitkään sekava. (Meisalo & Lavonen 1994)

6.5.6 Kemian opetussuunnitelman 1994 tavoitteet, kurssien sisällöt, opiskelun luonne ja opetuksen lähtökohdat sekä arviointi

6.5.6.1 Tavoitteet

Luonnontieteiden opetuksen päämääränä oli kehittää taitoja ja tietoja kannottoihin, jotka kohdistuvat ympäröivään maailmaan ja elämään. Luonnontieteiden opetuksen tavoitteena oli kasvattaa yhteiskuntaan kansalaisia, jotka kykenevät ratkaisemaan ongelmia ja joilla on valmiuksia yhteiskunnalliseen päätöksentekoon. Kemian opetuksen tarkoituksena puolestaan oli tukea luonnontieteellisen maailmankuvan ja ajattelun kehittymistä osana monipuolista maailmankuvaa. Lisäksi yleisenä tavoitteena oli auttaa näkemään kemia yhtenä perusluonnontieteenä sekä ymmärtämään kemiallisen tiedon merkitys ihmisen ja luonnon vuorovaikutuksen selittäjänä. (Opetushallitus 1994)

Taulukko 13 Kemian opetuksen ja opiskelijan toiminnan yleiset tavoitelinjaukset (Opetushallitus 1994)

Tavoitetyyppi	Teoria- ja pedagoginen linjaus	Yhteiskunnallinen linjaus
Kemian opetuksen yleiset tavoitteet	Auttaa näkemään kemia yhtenä perusluonnontieteenä	Auttaa ymmärtämään kemian merkitys: vuorovaikutus ihminen vs. luonto
Opiskelijan tavoitteet	Osaa kokeellisen työskentelyn taitoja Osaa niiden ja muiden tiedonhankintatapojen avulla etsiä tietoa Osaa tulkita ja arvioida kokeellista tietoa ja sen luotettavuutta Hankkii kokemuksia herättämään ja syventämään kiinnostusta kemian opiskeluun Ymmärtää kemian keskeisimmät peruskäsitteet Tuntee erilaisia elämän alkuaikaneita ja reaktioita	

Opetussuunnitelman perusteiden mukaan kemian opetukselle oli luonteenomaista eteneminen kemiallisten aineiden ominaisuuksien ja ilmiöiden havaitsemisesta ja tulkinnasta kemian merkkikielen käyttämiseen, systemaattiseen rakenteiden ymmärtämiseen ja aineiden ominaisuuksien ennustamiseen sekä kvantitatiivisten suhteiden havaitsemiseen. (Opetushallitus 1994)

Taulukossa 13 on esitetty vuoden 1994 kemian opetussuunnitelman yleisten tavoitteiden teoria- ja sekä yhteiskunnalliset linjaukset. Kemian opetuksen päämäärä ja yleistavoitteet asetettiin hyvin yleiselle tasolle kiinnittämään huomiota pedagogisiin ja yhteiskunnallisiin näkökulmiin. Toisaalta opiskelijan tavoitteet asetettiin konkreettiselle tasolle esimerkiksi ymmärtää, omaksuu, osaa ja niin edelleen. Lisäksi opiskelijan tavoitteiden tarkoituksena oli päästä niin suurelta osin kuin mahdollista pedagogisiin ja yhteiskunnallisiin tavoitteisiin kemian sisältöjen avulla. (Opetushallitus 1994)

Taulukko 14 Kemian pakollisen kurssin tavoitelinjaus (Opetushallitus 1994)

Tavoitetyyppi	Teoria- ja pedagoginen linjaus	Yhteiskunnallinen linjaus
Pakollisen kurssin opetuksen tavoitteet	Vahvistetaan ja syvennetään perusasteella opittua Kehitetään kokeellisen työskentelyn, tiedon hankinnan ja käsitteilyn taitoja Keskitytään muutamaa teemaan: aineiden kierrot ja energia	Tutustutaan kemian sovelluksiin ja merkitykseen yhteiskunnassa Kehitetään esittämismaituuksia

Taulukossa 14 on linjattu kemian pakollisen kurssin opetuksen tavoitteet, joista nousee esiin keskittyminen muutamaa teemaan, kokeellisuus uudella tavalla esimerkiksi edellisiin perusteisiin verrattuna ja esittämismaituudet. Kuitenkaan ei esitetty lainkaan, miten odotettiin opiskelijan toimivan. Ilmeisesti ajatettiin, että yleiset tavoitteet toimivat pakollisen kurssin opiskelijan tavoitteina. Taulukossa 15 puolestaan on esitetty syventävien kurssien opetuksen tavoitteet

Taulukko 15 Syventävien kurssien opetuksen ja opiskelijan tavoitteiden linjaukset (Opetushallitus 1994)

Tavoitetyyppi	Teoria- ja pedagoginen linjaus	Yhteiskunnallinen linjaus
Syventävien kurssien opetuksen tavoitteet	Kurssit voidaan suunnitella ja jäsentää eri tavoin Pitää saada mielekäs ja monipuolinen kokonaisuus	
Opiskelijan lisätavoitteet	Omaksuu peruskäsitteet ja terminologian ja osaa käsitellä tietoa myös kvantitatiivisesti Ymmärtää yhteyden elämän ilmiöihin Perehtyy teollisuuden ja ympäristötekniikan teknologiaan Kykenee tulkitsemaan ja arvioimaan kokeellista tietoa Osaa suunnitella ja tehdä yksinkertaisia kokeita Osaa esittää kokeellisesti saatua tietoa muille	Osaa käyttää tietoa keskustelussa ja päätöksen teossa Osallistuu keskusteluun ja päätöksentekoon Saa riittäviä opiskeluvaituuksia kemiaan ja sitä soveltaviin aloihin

ja opiskelijoiden lisätavoitteet. Opetuksen tavoitteiden mukaan kurseista tuli muodostaa monipuolinen ja mielekäs kokonaisuus. Opiskelijalta odotettiin muun muassa kemian terminologian hallintaa, kvantitatiivista tiedonkäsitteilyä, kokeellisen tiedon tulkintaa ja arviointia, kokeiden suunnittelua ja kokeellisen tiedon esittämistä, vaituuksia lisäopintoihin kemiaan liittyvillä aloilla. (Opetushallitus 1994)

6.5.6.2 Kurssien sisällöt

Vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteiden mukainen ensimmäinen kurssi oli nimeltään "Kemia – kokeellinen luonnontiede", jota on luonnehdittu taulukossa 14 esitellyillä tavoitteilla, mutta sisältöjen osalta samoin kuin tavoitteisiin pääsemisen keinojen puolesta kouluille (kunnille) jätettiin vapaat kädet. Syventäville kursseille annettiin myös tavoitteet, jotka on esitetty edellä taulukossa 15. Toinen kurssi oli nimeltään "Elämän kemia", jonka sisällöistä opetussuunnitelman perusteet kertoivat, että siinä opiskeltiin orgaanista kemiaa ja tutkittiin erityisesti elollisen luonnon tärkeitä alkuaineita, yhdisteitä ja reaktioita. Kolmas kurssi oli "Kemian elementit", jossa tutkittiin aineiden ominaisuuksia ja aineiden välisiä reaktioita sekä opittiin tekemään päätelmiä havaittujen säännönmukaisuuksien perusteella. Lisäksi kurssilla tutkittiin kemiallisia reaktioita ja reaktioyhtälöitä, joita tulkittiin myös kvantitatiivisesti. Neljäs kurssi oli nimeltään "Tutkimus, teknologia ja ympäristö". Siinä tutkittiin reaktiokinetiikkaa, tasapainoa ja niiden sovelluksia teollisuuden prosesseissa ja esiintymistä ympäristössä sekä tutustuttiin nykyaikaiseen kemian teknologiaan ja erilaisiin tutkimusmenetelmiin. (Opetushallitus 1994)

Opettajan opetussuunnitelmatyötä helpottamaan eräät asiantuntijat ja ainejärjestö MAOL laativat ohjeistoja, joissa annettiin lukion kemian keskeiset sisällöt ja kurssikohtaiset tavoitteet. Muun muassa Meisalo ja Lavonen (1994) esittelivät suurelta osin tuttuja vuoden 1985 perusteissa olleita aiheen otsikoita. Ensimmäisen kurssin osalta näytti puuttuvan vain kemia luonnontieteenä, aineen rakenteen tarkastelu ja kemialliset suureet. Lisäyksenä oli elollisen luonnon ja ympäristön kannalta merkittäviä alkuaineita ja niiden yhdisteitä, esimerkiksi typpi, fosfori ja rikki. Näin kurssin oletettiin kevenevän sisällön osalta. Toisaalta noihin oli mahdollista liittää esimerkiksi seuraavat tutkimustehtävät: kemiallisen reaktion nopeuteen vaikuttavat tekijät, titraus, metalli- ja epämetallioksidien vesiliuosten happamuus, metallien hapettumis-pelkistymisreaktioita, erilaisten aineiden liukoisuus veteen ja bensiiniin, arkipäivän kemiaan liittyviä tutkimuksia sekä ympäristön tilan tutkimiseen liittyviä kemiallisia määritysmenetelmiä. Näin ollen keveneminen oli todennäköisesti näennäistä. Yhteisellä kurssilla tehtävät työt voivat olla kvalitatiivisia ja toteavia, jos samoja töitä tehtiin syventävillä tai soveltavilla kursseilla. (Meisalo & Lavonen 1994; Kouluhallitus 1985a)

"Elämän kemia" -kurssilla Meisalon ja Lavosen ehdotuksen mukaan tuli opiskella orgaanista kemiaa edellisen opetussuunnitelman aiheiden tavoin. He olisivat keventäneet makromolekyylien opiskelua ja jättäneet kemian teollisuuden, myös orgaaniskemiallisen kokonaan pois. Mukana ei myöskään olisi tärkeitä epäorgaanisia yhdisteitä eikä ympäristökemiaa. Hiilen kiertokulku oli ilmeisesti tarkoitettu hiilyhdisteiden kemian käsittelyn alkuun. Kuitenkin olisi käsitelty kaikki isomerian lajit, mikä puolestaan vaatisi tuhdin paketin atomin rakenteesta. (Meisalo & Lavonen 1994; Kouluhallitus 1985a)

"Kemian elementit" -kurssin sisältö olisi noudattanut Meisalon ja Lavosen ehdotuksessa atomin rakenteen, alkuaineiden ryhmäominaisuuksien ja sähkökemian osalta edellisten kemian opetussuunnitelman perusteiden kolmatta kurssia. He ehdottivat, että vasta tässä kurssissa opiskellaan sidokset, reaktioyhtälöt ja

niihin liittyvät laskut sekä konsentraatio. Lisäksi tässä kurssissa tuli käsitellä kemiallisen reaktion energiamuutokset. (Meisalo & Lavonen 1994; Kouluhallitus 1985a)

Tutkimus, teknologia ja ympäristö -kurssin sisältöön Meisalo ja Lavonen (1994) ehdottivat aiheiden otsikoita seuraavasti:

1. Kemian teollisuuden prosesseja: paperiteollisuus, terästeollisuus, öljynjalostus ja petrokemian teollisuus,
2. Reaktion kinetiikka ja kemiallinen tasapaino, tasapainon siirtäminen, happo-emästatapaino,
3. Ympäristökemia, elinympäristömme ja siihen vaikuttavat aineet, ympäristönsuojelu ja kemiallinen teknologia,
4. Tiedonhankintamenetelmät kemiassa sekä tiedon arvioinnin ja soveltamisen periaatteet. (Meisalo & Lavonen 1994)

Nämä aiheet vastasivat hyvin opetussuunnitelman perusteiden sisältövaatimusta. Tästä kurssista täytyi jättää pois edellisten opetussuunnitelman perusteiden vastaavassa kurssissa ollut orgaanisen kemian syvällisempi käsittely, jonka sisällyttäminen kurssiin ympäristökemian lisäyksen johdosta olisi tehnyt kurssin sisällön liian laajaksi. Näin ollen, jotta orgaanista kemiaa voitaisiin käsitellä syvällisemmin sidosten, isomerian ja makromolekyylien kemian osalta, tarvittiin koulukohtainen orgaanisen kemian kurssi. Meisalo ja Lavonen ehdottivat myös muita tällaisia kursseja, kuten radiokemiaa ja ympäristökemiaa. Lisäksi heidän valikoimansa sisälsi kemian työkurssin. (Meisalo & Lavonen 1994)

6.5.6.3 Opiskelun luonne ja opetuksen lähtökohta

Lukion kemian opetukseen kuuluu luonnontieteille ominainen kokeellinen lähestymistapa. Opiskelijoiden keskinäiseen vuorovaikutukseen ja pohjautuva yhteistoiminta parantaa käsitteiden hahmottamista ja omaksumista sekä luonnontieteellisen tiedon jäsentämistä (Opetushallitus 1994). Edellinen virke johdat-
taa Kurki-Suonion ja Kurki-Suonion fysiikan edistymisen ja käsitteen muodostu-
misen pohjalta luomaan didaktiseen periaatteeseen, hahmottavaan lähestymista-
paan (Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1994). Tämän lähestymistavan mukainen
opetus on käytännössä samankaltaista kuin konstruktivistisessä oppimisessa.
Hahmottavaa lähestymistapaa voidaan verrata yleiseen hahmopsykologian kä-
sittelytapaan, joka juontaa juurensa Lewinin teorioista. Hahmopsykologian kou-
lukunta korosti havaintojen ja elämysten kokonaisvaltaisuutta toteamalla muun
muassa, että "kokonaisuus on enemmän kuin osiensa summa". Hahmopsykolo-
gialla on ollut vaikutusta esimerkiksi havaintojen, ajattelun, erityisesti oivalluk-
sen ja muistin tutkimiseen (Lavonen, Meisalo & ym. 2017).

Luvussa 4.1 on kerrottu Dillonin (2008) ja Millarin (2010) esittäneen kokeel-
lisuudelle määrittelyn, joka vastaa jo vuoden 1994 opetussuunnitelman perus-
teissa esitettyä (vrt. Hodson 1990). Siis opetuksen kokeellisuus tarkoittaa nojau-
tumista ympäristöstä kokeellisesti hankittuun tietoon. On tehty havaintoja, mit-
tauksia, kokeita ja kokeellisia tutkimuksia, joita käytetään perustana muodostet-
taessa ja otettaessa käyttöön luokittelevia ja jäsentäviä käsitteitä, suureita, lakeja
ja teoreettisia malleja sekä käsiteltäessä tiedon sovelluksia. Heidän mukaansa

vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteiden tavoin kokeellisuus voi olla oma-kohtaista toimintaa, laboratoriotyöskentelyä, demonstraatioita, opintokäyntejä, audiovisuaalisten apuvälineiden tai kerronnan avulla tapahtuvaa toimintaa. (Opetushallitus 1994)

Kurki-Suonioiden kirjassa ”Fysiikan merkitykset ja rakenteet” on esitetty myös opetussuunnitelman perusteisiin tulleita periaatteita, joiden mukaan on olennaista ohjata johdonmukaisesti tiedonhankintamenetelmään, mihin kuuluu

1. havaintojen, mittausten, kokeiden ja tutkimusten suunnittelu ja tekeminen,
2. keskustelu, havaintojen käsitteellistäminen, esittäminen, tulkitseminen ja mallintaminen,
3. johtopäätösten ja hypoteesien tekeminen sekä niiden testaaminen,
4. havaintojen ja esitettyjen tietojen kriittinen arviointi sekä
5. opitun soveltaminen ongelmanratkaisussa. (Opetushallitus 1994; Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1994)

Fysiikan ja kemian opetusta voidaan monipuolistaa tietotekniikan käytöllä mittauksiin, tulosten käsittelyyn, mallien luomiseen, tiedon analysoimiseen ja tulosten raportointiin. Meisalo ja Lavonen ovat tarkastelleet laajemminkin tietotekniikan käyttöä luonnontieteiden opetuksessa (Meisalo & Lavonen 1994). Lisäksi on tärkeää huolehtia, että opetuksen lähtökohtana ovat riippumatta sukupuolesta opiskelijan omat kokemukset ja kiinnostuksen kohteet (Opetushallitus, 1994).

6.5.6.4 Opiskelijan arviointi

Edellisten opetussuunnitelman perusteiden tavoin myös vuoden 1994 perusteissa annettiin opiskelija-arvioinnista yleisluontoiset ohjeet. Arvioinnin piti antaa palautetta opiskelijalle opintojen edistymisestä ja oppimistuloksista sekä lukion aikana että lukio-opiskelun päättyessä. Palautteenannon tarkoituksena oli kannustaa ja ohjata opiskelijaa opintojen suorittamisessa, antaa myös tietoja huoltajalle sekä jatko-oppilaitosten että työelämän ja muiden vastaavien tahojen tarpeita varten. Lisäksi tarkoituksena oli auttaa opettajaa ja kouluyhteisöä opetuksen vaikuttavuuden arvioinnissa. Opetussuunnitelman perusteet myös määrittivät, että arvostelu eli arvosanan anto on yksi arvioinnin tulos. (Opetushallitus 1994)

Samoin kuin edellisissä perusteissa arviointi perustui lukion opetussuunnitelmassa määriteltyihin tavoitteisiin. Sen piti olla luotettavaa ja niin oikeudenmukaista kuin mahdollista, tukea opiskelijan minäkuvan kehitystä, arviointiperusteet piti selvittää etukäteen opiskelijoille ja opiskelijaa tuli ohjata itsearviointiin. (Opetushallitus 1994)

Kurssin arvioinnin tehtävänä oli antaa palautetta tavoitteiden saavuttamisesta ja opiskelun etenemisestä. Sen piti perustua mahdollisiin kirjallisiin kokeisiin, jatkuvaan näyttöön ja opiskelijan tuotosten arviointiin. Itsearviointi voitiin ottaa huomioon käyttäen muun muassa kurssin arviointikeskusteluja. Opetussuunnitelman perusteiden mukaisesti laadittavien opetussuunnitelmien piti määrittellä tapa, jolla kukin kurssi arvioidaan. Erilaisten oppimäärien arviointi piti suorittaa kurssien arvosanojen pohjalta. Tähän opettajan harkinnalla voi olla

myös osuutta, ja opiskelijan opiskelu-ohjelma määritteli, milloin oppimäärä oli suoritettu hyväksytysti ja mihin kursseihin se perustui. (Opetushallitus 1994)

6.6 Uudelle vuosituhannele

Luvussa 6.6 tarkastellaan vuoden 1994 tuntijaon ja opetussuunnitelman toimituvuutta, taustaa uuden vuosituhanneen opetussuunnitelmauudistukselle, lukio-koulutuksen yleiset tavoitteet ja tuntijako. Vuoden 2003 lukion kemian opetussuunnitelman perusteet muodostavat oman kokonaisuuden.

6.6.1 Vuoden 1994 opetussuunnitelman ja tuntijaon toimivuus

Opetushallituksen analyysin mukaan lukuvuonna 1996–1997 niiden lukiodien osuus, jotka tarjosivat säädetyn vähimmäismäärän oppiaineiden kursseja, vaihteli oppiaineittain noin 90 prosentista vajaan 20 prosenttiin. Tarkasteluaineiston pohjalta näytti siltä, että useimmin tarjottiin ainoastaan säädetty vähimmäismäärä kursseja elämäkatsomustiedossa, filosofiassa, opiskelijanohjauksessa, maantiedossa ja uskonnossa. Vähimmäismäärää enemmän tarjottiin tavallisesti fysiikassa, kemiassa, äidinkielessä, ala-asteelta alkaneessa kielessä, pitkässä matematiikassa, biologiassa, liikunnassa ja terveystiedossa sekä historiassa ja yhteiskuntaopissa. (Opetushallitus 2000)

Opetussuunnitelman tekemisestä ja kehittämisestä oli raportissa seuraavia johtopäätöksiä:

1. Opetussuunnitelmaprosessin ensimmäinen vaihe on ollut vaikea ja painutumisen aste vaihtelee.
2. Opetussuunnitelmaprosessi on käynnistynyt ja muutoksia lukiodien opetussuunnitelmiin on jo tehty, ja niitä on edelleen suunnitteilla.
3. Oppiainekohtainen täydennyskoulutus on ollut vajaatehoista tai tehotonta tavoittaessaan vain osan opettajista, eikä ainekohtaisesta opetussuunnitelman tukimateriaalista ole ollut riittävää tukea.
4. Lukion opetussuunnitelman perusteiden normiluonnetta ei ole täysin ymmärretty.
5. Opetussuunnitelmissa on säännösten huomiotta jättämistä, mikä vaarantaa opiskelijoiden oikeusturvaa.
6. Opiskelijan arviointia koskevissa opetussuunnitelmien määräyksissä on puutteita ja opiskelijat eriarvoiseen asemaan asettavia arviointikäytänteitä. Tämän vuoksi Opetushallitus antoi 19.3.1999 määräyksen nuorille tarkoitetun lukiokoulutuksen opiskelijan arvioinnin perusteista (Määräys 8/011/99), jossa pyritään yhtenäistämään hyvin erilaistuneita käytänteitä. (Opetushallitus 2000)

6.6.2 Kohti uuden vuosituhanneen opetussuunnitelmauudistusta

Vuonna 1998 säädettiin uusi lukiolaki 629/1998 ja sen määräyksiä toteuttava lukioiden asetukset 810/1998. Ainakin osittaisena syynä näihin säädöksiin oli vuoden 1994

opetussuunnitelman perusteista ja tuntijaosta ilmenneet ongelmat (Opetushallitus 2000). Näiden säädösten välitön vaikutus oli, että Opetushallitus antoi tarkemmat määräykset lukiokoulutuksen opiskelijan arvioinnin perusteista (Opetushallitus 1999). Uusien opetussuunnitelman perusteiden laatiminen perustui näiden edellä mainittujen määräyksen ohella valtioneuvoston asetukseen 955/2002 lukiokoulutuksen yleisistä valtakunnallisista tavoitteista ja tuntijaosta ja sitä edeltävään Koulutuksen ja tutkimuksen kehittämissuunnitelmaan vuosille 1999–2004 (Opetusministeriö 2000). (Koulutuksen arviointineuvosto 2011)

Koulutuksen ja tutkimuksen kehittämissuunnitelman (Kesu) vuosille 1999–2004 peruslinjaus korosti osaamista ja tietoa, jotka hyödyttivät maan kaikkia alueita tasapuolisesti. Lukion asemaa yleissivistävänä oppilaitoksena tuli vahvistaa. Yleissivistykseen kuuluvat niin tiedolliset valmiudet kuin eettinen ja esteettinen herkkyys, kehittynyt tunne-elämä, havainnoimisen ja kommunikoinnin taidot, työnteossa tarpeelliset perustaidot sekä taidot toimia yhteiskunnan jäsenenä. Yleissivistys on muutakin kuin tiettyjen tieteenalojen perustiedot. (Opetusministeriö 2000)

Kehityssuunnitelmassa todettiin muun muassa, että koulutuksen perusturvaan kuuluu oikeus riittävään valinnaisuuteen. Edelleen todettiin, että kestävän kehityksen periaatteet otetaan huomioon eri koulumuotojen opetuksessa ja toiminnassa, samoin kuin tieto- ja viestintäteknologia. Ohjelmaa matematiikan ja luonnontieteiden osaamisen parantamiseksi tulee tehostaa. Koulutuksen järjestäjiä kannustetaan kaikki koulumuodot ja koulutusasteet kattavaan yhteistoi-
mintaan. (Opetusministeriö 2000)

Näihin dokumentteihin ja kokemuksiin perustuen yleinen tavoite opetussuunnitelman perusteiden tarkistukselle oli, että ne antaisivat aiempaa selkeämmän pohjan paikalliselle opetussuunnitelmatyölle supistamatta kuitenkaan oleellisesti lukiodien mahdollisuutta profiloitua oman erityisosaamisensa alueella. Tarkistukset liittyivät lähinnä opiskelijan oikeusturvakysymyksiin. Perusteiden normiluonnetta oli tarkoitus selkiyttää erottamalla tekstissä normatiiviset määräykset sekä pedagogiset neuvot ja ohjeet selvästi toisistaan. (Koulutuksen arviointineuvosto 2011)

6.6.3 Lukiokoulutuksen yleiset tavoitteet ja tuntijako

Valtioneuvoston asetuksessa 955/2002 säädettiin lukiolaissa 629/1998 tarkoitettua lukiokoulutuksen yleisistä valtakunnallisista tavoitteista samoin kuin opetukseen käytettävän ajan jakamisesta eri oppiaineiden ja aineryhmien opetukseen sekä opinto-ohjaukseen (tuntijako).

Valtioneuvoston mukaan lähtökohtana opetuksessa oli elämän ja ihmisoi-
keuksien kunnioittaminen. Tavoitteena oli, että opiskelija oppii arvostamaan luonnon ja kulttuurien monimuotoisuutta. Opetuksen tuli tukea opiskelijan kasvua aikuisen vastuuseen omasta ja muiden ihmisten hyvinvoinnista, elinympäristön tilasta sekä kansalaisyhteiskunnan toimivuudesta. Opiskelijaa piti perehdyttää elinkeinoelämään ja yrittäjyyteen. Opiskelijan kulttuuri-identiteettiä sekä kulttuurien tuntemusta tuli syventää. Opetuksen piti kannustaa opiskelijaa toi-

mimaan opiskeluyhteisössä ja yhteiskunnassa paikallisesti, kansallisesti ja kansainvälisesti. Tavoitteena oli, että opiskelija oppii edistämään yhdessä muiden kanssa ihmisoikeuksia, demokratiaa, tasa-arvoa ja kestävä kehitystä. Tavoitteena oli myös, että opiskelija omaksuu hyvät tavat ja osaa ilmaista kulttuuri-identiteettiään sekä tiedostaa oman persoonallisen erityislaatunsa. (Valtioneuvoston asetus 2002)

Opiskelijalle tuli antaa jatko-opintojen, kansalaisena toimimisen ja laadukaana elämän kannalta hyvä yleissivistys. Tavoitteena oli, että opiskelijalla on hyvät tietoyhteiskuntataidot. Häntä tuli harjaannuttaa käyttämään niitä tiedonhankintaan ja viestintään, hallitsemaan mediaosaamisen perustaidot sekä arvioimaan kriittisesti tietoa. Opetuksen oli harjaannutettava opiskelijaa monipuolisesti itseilmaisussa ja vuorovaikutustaidoissa ja ilmaisemaan itseään suullisesti ja kirjallisesti kotimaisilla ja vähintään yhdellä vieraalla kielellä. (Valtioneuvoston asetus 2002)

Opetuksen piti kehittää opiskelijan opiskelutaitoja ja opiskelijan kykyä arvioida opiskelutaitojaan. Opiskelijaa tuli tukea tunnistamaan omat vahvuutensa ja kehittymistarpeensa oppijana sekä ohjata käyttämään hänelle soveltuvia opiskelumenetelmiä. Opiskelijaa tuli harjaannuttaa omien valintojen suunnitteluun ja tekemiseen sekä vastuuseen valinnoistaan. Tavoitteena oli, että opiskelija sisäistää elinikäisen oppimisen merkityksen. (Valtioneuvoston asetus 2002)

Asetus määritteli edellisen tuntijaon tavoin kurssit pakollisiksi, syventäviksi ja soveltaviksi. Syventävät kurssit olivat pääasiassa pakollisiin kurseihin välittömästi liittyviä jatkokursseja, joita opiskelijalle tuli tarjota valittaviksi. Ne voivat olla valtakunnallisia tai koulutuksenjärjestäjän tarjoamia. Soveltavat kurssit olivat eheyttäviä kursseja, jotka sisältäisivät aineksia eri oppiaineista, menetelmäkursseja taikka saman tai muun koulutuksen järjestäjän tarjoamia ammatillisia opintoja tai lukion tehtävään soveltuvia muita opintoja. Soveltavat kurssit olivat opiskelijalle valinnaisia. (Valtioneuvoston asetus 2002)

Tuntijakoon oli tehty vain pieniä muutoksia. Luonnontieteiden kannalta tärkeitä olivat kemian ja biologian valtakunnallisten syventävän kurssin lisäykset. Toisaalta muutamiin aineisiin, kuten psykologiaan ja yhteiskuntaoppiin lisättiin pakollinen kurssi, josta johtuen MAOL koki valinnaisuuden kapenevan tältä osin. Myös valtakunnallisten syventävien kurssien lisääntyminen saattoi myös kaventaa valintamahdollisuuksia. (MAOL ry 2003)

Jos opiskelija suoritti lukion perinteisessä ajassa, hän opiskeli viisijaksojärjestelmässä keskimäärin neljä pakollista kurssia jokaisessa jaksossa. Useimmat opiskelijat valitsivat pitkän kielen ja ruotsin lisäksi yhden lyhyen kielen, mutta kahden pitkän kielen opiskelijakaan ollut harvinaisuus. Tuntijako velvoitti, että opiskelijalle taataan mahdollisuus opiskella vierasta kieltä myös valinnaisena aineena. Kansainvälistyvässä maailmassa tämä oli hyvä asia, mutta kavensi opiskelijan mahdollisuutta valita matematiikan, fysiikan ja kemian syventäviä kursseja soveltavista kursseista ja koulukohtaisista syventävistä kursseista puhumattakaan. (MAOL ry 2003)

6.6.4 Vuoden 2003 lukion kemian opetussuunnitelman perusteet

6.6.4.1 Yleistä

Opetushallitus antoi 27.8.2003 määräyksen M 33/011/2003, Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003, joiden noudattamiseen lukiokoulutuksen järjestäjiä ja lukiota velvoitettiin. Ne tulivat voimaan 1.8.2005 ja niiden tuli olla voimassa toistaiseksi. Säädös, johon toimivalta määräyksen antamiseen perustui, oli lukiolain 629/1998 10 § 2 momentti, jota muutettiin lailla 478/2003. Tällä määräyksellä kumottiin opetushallituksen määräys M 2/011/1993 siihen tehtyine muutoksineen ja lisäyksineen. Näiden perusteiden mukainen lukion opetussuunnitelma piti ottaa käyttöön asteittain 1.8.2005 lukien yhdessä uuden tuntijaon kanssa (Valtioneuvoston asetus 2002). (Opetushallitus 2003)

Koulutuksen järjestäjän piti laatia ja hyväksyä opetusta varten lukion opetussuunnitelma noudattaen näiden opetussuunnitelman perusteiden määräyksiä. Opetussuunnitelman tuli täsmentää ja täydentää perusteissa esitettyjä tavoitteita ja keskeisiä sisältöjä. Koulutuksen järjestäjä ei voinut jättää noudattamatta opetussuunnitelman perusteita tai poiketa niistä. (Opetushallitus 2003)

6.6.4.2 Oppimiskäsitys

Opetussuunnitelman perusteet pohjautuivat oppimiskäsitykseen, jonka mukaan oppiminen on seurausta opiskelijan aktiivisesta ja tavoitteellisesta toiminnasta, jossa hän vuorovaikutuksessa muiden opiskelijoiden, opettajan ja ympäristön kanssa sekä aiempien tietorakenteidensa pohjalta käsittelee ja tulkitsee vastaanottamaansa informaatiota. (Opetushallitus 2003; esim. Woolfolk 1987)

Opetuksessa tuli ottaa huomioon, että vaikka oppimisen yleiset periaatteet ovat kaikilla samat, se mitä opitaan, riippuu yksilön aikaisemmasta tiedosta ja hänen käyttämistään strategioista. Oppiminen on sidoksissa siihen toimintaan, tilanteeseen ja kulttuuriin, jossa se tapahtuu. Yhdessä tilanteessa opittu tieto tai taito ei automaattisesti siirry käytettäväksi toisenlaisissa tilanteissa. (Opetushallitus 2003)

Oppimiskäsitys noudattaa edellisissä opetussuunnitelmien perusteissa kuvattua käsitystä, mutta oppiminen sidotaan tässä toimintaan, tilanteeseen ja kulttuuriin, jossa se tapahtuu uusien laatijoiden näkemyksen mukaisesti. Oppimiskäsitys ei ole riippuvainen oppiaineista, vaan sen mukaisesti pitää voida toimia kaikissa oppiaineissa. (Opetushallitus 1994, 2003)

6.6.4.3 Opiskelu ympäristö ja -menetelmät

Opiskelijan omaa aktiivista tiedonrakentamisprosessia korostavasta oppimiskäsityksestä seurasi, että lukion on luotava sellaisia opiskelu ympäristöjä, joissa opiskelijat voivat asettaa omia tavoitteitaan ja oppia työskentelemään itsenäisesti ja yhteistoiminnallisesti (luku 2.3.6.1) erilaisissa ryhmissä ja verkostoissa. Heidän tuli saada kokeilla ja löytää oman oppimistyylinsä mukaisia työskentelymuotoja. Heitä tuli ohjata tiedostamaan, arvioimaan ja tarvittaessa korjaamaan omaa työskentelytapaansa. Opetuksessa oli myös otettava huomioon, että opis-

kelijoiden itsenäinen opiskelukyky vaihtelee ja että he tarvitsevat eri tavoin opettajaa ohjaamaan opiskelua. Näin ollen opetus- ja opiskelumuotojen täytyi olla monipuolisia. (Opetushallitus 2003)

Opiskelijoiden tuli saada välineitä tiedon hankkimiseen ja tuottamiseen sekä tiedon luotettavuuden arviointiin ohjaamalla heitä soveltamaan kullekin tiedon- ja taidonalalle luonteenomaisia tiedon- ja taidonhankkimis- ja tuottamistapoja. Opiskelijoita ohjattiin käyttämään tieto- ja viestintätekniikkaa sekä kirjastojen tarjoamia palveluja. Opiskelutilanteita tuli suunnitella siten, että opiskelija pystyy soveltamaan oppimaansa myös opiskelutilanteiden ulkopuolella. Osa opiskelusta voi olla etäopiskelua, itsenäistä ja vieraskielistä opiskelua. Näistä päätettiin paikallisessa opetussuunnitelmassa. (Opetushallitus 2003)

6.6.4.4 Uudet perusteet muuttavat kemian opetusta

Lukion kemian valtakunnallisia kursseja oli uudistuksen jälkeen yksi kaikille pakollinen ja neljä syventävää aikaisemman kolmen kurssin sijasta. Lukion kemian sisältö ei laajentunut, mutta kurssien käsittelyjärjestys muuttui radikaalisti. Ajatuksena oli nähdä kemia yhtenä kokonaisuutena koko elinympäristössä, ei enää epäorgaanisena ja orgaanisena kemiana. Kuitenkin epäorgaaninen ja orgaaninen kemia olivat mukana jokaisella lukion kemian kurssilla kemian käsitteiden ja ilmiöiden yhteydessä. (MAOL ry 2003)

Opiskelijan tuli ymmärtää kemian keskeiset käsitteet ja ilmiöt, osata käyttää niitä jokapäiväisessä elämässä sekä saada jatko-opiskeluvalmius. Nuoren maailma ei ole tiedejakoinen (epäorgaaninen kemia, orgaaninen kemia jne.). Lukion opetussuunnitelman perusteissa oli aiheita, jotka ovat mukana kaikilla kursseilla: kemian merkitys, vihreä kemia ja matemaattinen mallintaminen. Opetussuunnitelman perusteissa korostettiin monipuolisia työtapoja ja arviointia. Vaikka MAOL ry:n esityksessä mainitaan vihreä kemia, sitä ei ole mukana perusteissa (Opetushallitus 2003). (MAOL ry 2003)

Ilmiöiden havainnointia oli tehty jo peruskoulussa. Lukiossa siihen liitettiin ilmiöiden teoreettinen tulkitseminen ja mallintaminen. Kokeellisuuden asemaa lukion kemian opetuksessa korostettiin uudessa opetussuunnitelmassa. Siksi kokeellisuus lähestymistapana piti kuvata selkeästi. Kokeellisuuteen oli varattava jokaisessa kurssissa aikaa, jotta voitiin keskittyä ilmiöiden havainnointiin kokeellisesti, ilmiön mallintamiseen ja teoreettiseen tarkasteluun. Perusteissa myös suositeltiin tieto- ja viestintätekniikan käyttöä kemian opetuksessa. Se ei saanut kuitenkaan olla itsetarkoitus, vaan väline kemian käsitteiden ja ilmiöiden ymmärtämistä varten. (MAOL ry 2003)

6.6.4.5 Perusteiden mukaiset kemian opetuksen tavoitteet

Kemian opetuksen tarkoitusta ja sen luonnetta opetussuunnitelman perusteissa 2003 käsiteltiin pedagogisen, yhteiskunnallisen ja luonnontieteellisen sivistyksen, jopa luonnontieteellisen maailmankuvan kannalta. Sen piti tukea opiskelijan luonnontieteellisen ajattelun ja nykyaikaisen maailmankuvan kehittymistä osana monipuolista yleissivistystä. (Opetushallitus 2003)

Opetuksen tuli välittää kuvaa kemiasta yhtenä keskeisenä perusluonnontieteenä, joka tutkii ja kehittää materiaaleja, tuotteita, menetelmiä ja prosesseja

kestävän kehityksen edistämiseksi. Opetuksen tehtävänä oli auttaa ymmärtämään jokapäiväistä elämää, luontoa ja teknologiaa sekä kemian merkitystä ihmisen ja luonnon hyvinvoinnille tutkimalla aineita, niiden rakenteita ja ominaisuuksia sekä aineiden välisiä reaktioita. (Opetushallitus 2003)

Taulukko 16 Kemian opetuksen yleisten tavoitteiden teoriaan ja muuhun liittyvä linjaus (Opetushallitus 2003)

Opetuksen tavoite	Teoria- ja pedagoginen linjaus	Yhteiskunnallinen linjaus
Opiskelija	<p>Osoaa kemian keskeisimmät peruskäsitteet</p> <p>Osoaa kokeellisen työskentelyn ja muun aktiivisen tiedonhankinnan avulla etsiä ja käsitellä tietoa tärkeistä kemiallisista ilmiöistä ja aineiden ominaisuuksista sekä arvioida tiedon luotettavuutta ja merkitystä</p> <p>Osoaa ottaa kokeita suunniteltaessa ja tehtäessä huomioon työturvallisuusnäkökohdat</p> <p>Osoaa tehdä ilmiöitä koskevia kokeita ja oppii suunnittelemaan niitä</p> <p>Osoaa tulkita ja arvioida kokeellisesti tai muutoin hankkimansa tietoa</p> <p>Perehtyy nykyaikaiseen teknologiaan teollisuudessa ja ympäristötekniikassa</p> <p>Perehtyy tieto- ja viestintätekniikan mahdollisuuksiin tiedonhankinnan ja mallintamisen välineinä</p>	<p>Tietää kemian yhteyksiä jokapäiväisen elämän ilmiöihin sekä ihmisen ja luonnon hyvinvointiin</p> <p>Osoaa hankkia aktiivisesti ja käsitellä tietoa elämän ja ympäristön kannalta tärkeistä kemiallisista ilmiöistä ja aineiden ominaisuuksista sekä arvioida sen luotettavuutta ja merkitystä</p> <p>Osoaa keskustella hankkimastaan tiedosta sekä esittää sitä muille</p> <p>Osoaa käyttää kemiallista tietoa kuluttajana terveyden ja kestävän kehityksen edistämässä sekä osallistuttaessa luontoa, ympäristöä ja teknologiaa koskevaan keskusteluun ja päätöksentekoon</p> <p>Saa kokemuksia, jotka herättävät ja syventävät kiinnostusta kemiaa ja sen opiskelua kohtaan</p>

Kemian opetuksen luonnetta kuvattiin siten, että kemiallisia ilmiöitä ja aineiden ominaisuuksia havainnoidaan ja tutkitaan kokeellisesti, tulkitaan ilmiöitä ja selitetään niitä mallien ja rakenteiden avulla, kuvataan ilmiöitä kemian merkikielellä sekä mallinnetaan ja käsitellään niitä matemaattisesti. Monipuolisin työtavoin ja arviointimenetelmin opiskelijoita ohjattiin kemian tietojen ja taitojen sekä persoonallisuuden kaikkien osa-alueiden kehittämiseen. Kemian opetuksen toteutuksessa piti kiinnittää huomiota opiskelijoiden opiskeluvalmiuksiin, jotta

luodaan myönteinen kuva kemiaa sekä sen opiskelua kohtaan. (Opetushallitus 2003)

Taulukossa 16 on esitetty lukion kemian opetuksen yleisiä tavoitteita teoria- ja pedagogisiin sekä yhteiskunnallisiin linjauksiin opiskelijan osaamisen näkökulmasta katsoen. Useimmat on kirjoitettu perusteisiin siten, että jokaisesta tavoiteilmauksesta löytyy jokainen näkökulma. Esimerkiksi tavoiteilmaus "Osaa hankkia tietoa aktiivisesti ja käsitellä sitä elämän ja ympäristön kannalta tärkeitä kemiallisista ilmiöistä ja aineiden ominaisuuksista sekä arvioida sen luotettavuutta ja merkitystä" sisältää selvästi sekä yhteiskunnallisen että teoria-pedago-

Taulukko 17 Kurssin 1 "Ihmisen ja elinympäristön kemia" opetuksen tavoitteiden linjaukset (Opetushallitus 2003)

Opetuksen tavoite	Teoria- ja pedagoginen linjaus	Yhteiskunnallinen linjaus
1. Kurssi: Ihmisen ja elinympäristön kemian tavoitteet		
Opiskelija	<p>Osaa orgaanisten yhdisteiden rakenteita, niiden ominaisuuksia ja reaktioita</p> <p>Tuntee erilaisia seoksia sekä niihin liittyviä käsitteitä</p> <p>Osaa tutkia kokeellisesti orgaanisten yhdisteiden ominaisuuksia ja reaktioita, tuntee erotus- ja tunnistamismenetelmiä sekä osaa valmistaa liuoksia</p> <p>Oppii kokeellisen työskentelyn, kriittisen tiedonhankinnan ja -käsittelyn taitoja</p>	<p>Saa kuvan kemiasta, sen mahdollisuuksista ja merkityksestä</p> <p>Ymmärtää orgaanisten yhdisteiden merkityksen ihmiselle ja elinympäristölle</p> <p>Kehittää tietojen esittämisessä ja keskustelussa tarvittavia valmiuksia</p>

giikkanäkökohdan. Tässä tutkimuksessa se luokitellaan kokonaisuutena yhteiskunnalliselle puolelle, koska se tulkitaan liittyväksi jokapäiväiseen elämään. Kuitenkin siitä saatiin pilkkomalla myös teoriapuolen linjaus. Kaikki taulukossa esitetyt tavoitteet ovat asetuksessa (Valtioneuvoston asetus 2002) määriteltyjen tavoitteiden mukaisia ja tukevat uuden tiedon- ja oppimiskäsityksen mukaista aktiivista opiskelua. (Opetushallitus 2003)

1. Kurssin "Ihmisen ja elinympäristön kemia" opetuksen tarkoituksena on syventää perusteiden ymmärtämistä kurssilla käsiteltävien asioiden yhteydessä. Kurssin tavoitteiden linjaukset opiskelijan osaamisen näkökulmasta on koottu taulukkoon 17, jossa on tulkittu linjauksia pilkkomalla virkkeitä teoriaan, pedagogiikkaan ja yhteiskuntaan liittyviin kysymyksiin. Syventävien kurssien tavoitteet ovat lähinnä teoriaa tukevia, joten niitä käsitellään ilman taulukointia. Pakollisen kurssin tavoitteista löytyi teorialinjausten lisäksi yhteiskunnallisiin ky-

symyksiin liittyviä linjauksia esimerkiksi tarkasteltaessa kemian merkitystä ihmiselle ja elinympäristölle. Taitojen oppimista ja kehittämistä voidaan pitää pedagogisina linjauksina, sillä juuri näitä taitoja käytetään hyväksi sovellettaessa teoriatietoja. Tässä tutkimuksessa tietojen esittämisvalmiudet ja niistä keskustelu tulkitaan kuuluvaksi yhteiskunnalliseen toimintaan. (Opetushallitus 2003)

Lukion kemian 2. kurssin ”Kemian mikromaailma” tavoitteet ovat seuraavat:

1. Tuntee aineen rakenteen ja ominaisuuksien välisiä yhteyksiä.
2. Osaa käyttää aineen ominaisuuksien päättelyssä erilaisia kemian malleja, taulukoita ja järjestelmiä.
3. Ymmärtää orgaanisten yhdisteiden rakenteita ja tuntee rakenteen määrittämisessä käytettäviä menetelmiä.
4. Osaa tutkia kokeellisesti ja erilaisia malleja käyttäen aineiden rakenteeseen, ominaisuuksiin ja reaktioihin liittyviä ilmiöitä. (Opetushallitus 2003)

Lukion kemian 3. kurssin ”Reaktiot ja energia”, tavoitteet ovat seuraavat:

1. Ymmärtää kemiallisen reaktion tapahtumiseen vaikuttavia tekijöitä sekä niiden merkityksen elinympäristössä (teollisuus).
2. Ymmärtää energian sitoutumisen ja vapautumisen kemiallisissa reaktioissa.
3. Osaa kirjoittaa reaktioyhtälöitä ja käsitellä reaktioita matemaattisesti.
4. Osaa tutkia kokeellisesti ja erilaisia malleja käyttäen reaktioihin, reaktionopeuteen ja -mekanismeihin liittyviä ilmiöitä. (Opetushallitus 2003)

Näissä tavoitteissa on myös yhteiskunnallisia tavoitteita ensimmäisessä ja toisessa kohdassa (Opetushallitus 2003; MAOL ry 2003).

Kaksi viimeistä kurssia olivat 4. kurssi ”Metallit ja materiaalit” ja 5. kurssi ”Reaktiot ja tasapaino”. Edellisen tavoitteet ovat seuraavat:

1. Tuntee teollisesti merkittäviä raaka-aineita sekä niiden jalostusprosesseja
2. Tuntee hapettimia ja pelkistimiä ja niiden käyttöä sekä osaa kirjoittaa hapettumis-pelkistymisreaktioita
3. Osaa sähkökemiallisten ilmiöiden periaatteet sekä niihin liittyviä kvantitatiivisia sovelluksia
4. Tuntee erilaisia materiaaleja, niiden koostumusta, ominaisuuksia ja valmistusmenetelmiä sekä kulutustavaroiden ympäristövaikutusten arviointiin käytettäviä menetelmiä
5. Osaa tutkia kokeellisesti ja malleja käyttäen metalleihin ja sähkökemian liittyviä ilmiöitä. (Opetushallitus 2003)

Tämän kurssin tavoitteisiin on kirjoitettu teoriatavoitteiden sisään selviä viittauksia yhteiskunnallisiin kysymyksiin, kuten esimerkiksi merkittävät raaka-aineet, kulutustavaroiden ympäristövaikutusten arviointi ja sähkökemian. Viidennen valtakunnallisen kurssin tavoitteet ovat seuraavat:

1. Ymmärtää reaktion tasapainotilan muodostumisen ja niihin liittyviä laskennallisia tasapainosovelluksia
2. Ymmärtää tasapainon merkityksen ja tutustuu tasapainoon teollisuuden prosesseissa ja luonnon ilmiöissä
3. Osaa tutkia kokeellisesti ja malleja käyttäen kemialliseen tasapainoon liittyviä ilmiöitä. (Opetushallitus 2003)

Tavoitteissa on vahva teoreettinen leima, mutta tasapainon merkitys voisi sisältää jonkin asteisen yhteiskunnallisen näkökulman vaikkapa keskustelulla ympäristössä tavattavista luonnon tasapainoista.

6.6.4.6 Keskeiset sisällöt

Vuoden 2003 lukion opetussuunnitelman perusteissa vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteista poiketen määrättiin kurssien keskeiset sisällöt, joita perusteiden saattekirjeessä pyydettiin täsmentämään koulutuksenjärjestäjän opetussuunnitelmassa. Kaikille yhteisessä kurssissa (pakollinen kurssi) ”Ihmisen ja elinympäristön kemia” poikettiin aikaisemmasta yleisen kemian tarkastelusta, sillä nyt toimittiin lähinnä orgaanisen kemian pohjalta. (Opetushallitus 2003; MAOL ry 2003)

Seuraavassa luettelossa on esitetty pakollisen kurssin keskeiset sisällöt (Opetushallitus 2003):

1. Orgaanisia yhdisteryhmiä kuten hiilivetyjä, orgaanisia happiyhdisteitä, orgaanisia typpiyhdisteitä sekä niiden ominaisuuksia ja sovelluksia.
2. Orgaanisissa yhdisteissä esiintyvät sidokset sekä poolisuus.
3. Erilaiset seokset, ainemäärä, pitoisuus.
4. Orgaanisten yhdisteiden hapettumis- ja pelkistymisreaktioita sekä protoninsiirtoreaktioita.

Orgaaninen kemia oli valittu lähestymistavaksi, koska orgaanisten molekyylien rooli on keskeinen ihmisen sekä elinympäristön kemian ymmärtämisessä. Kurssin piti antaa myös runsaasti perustaa muiden oppiaineiden opetukseen. Orgaanisen kemian avulla tuli tarkastella aineen rakennetta ja ominaisuuksia. Syvämpi tarkastelu jäisi ”Kemian mikromaailma” -kurssille. (MAOL ry 2003)

Sidosten käsittelyssä tuli keskittyä ainoastaan kovalenttiseen sidokseen ja heikkoihin sidoksiin, joita ilman aineen ominaisuuksien esittäminen olisi erittäin pinnallista. MAOL ry:n ohjeissa ehdotettiin lisäksi, että sidoksia käsiteltäessä kerrottaisiin peruskoulussa opetettua. Samoin tehtäisiin orgaanisia reaktioita käsiteltäessä. Matemaattiseen mallintamiseen keskityttäisiin ainemäärän ja liuoksen pitoisuuden määrittämisen yhteydessä. MAOL ry esitti myös, että ensimmäisessä kurssissa olisi tärkeää esitellä, missä ammateissa tarvitaan laajan kemian oppimäärän osaamista. (MAOL ry 2003)

Valtakunnallisten syventävien kurssien keskeiset sisällöt on esitetty taulukossa 18 (Opetushallitus 2003). MAOL ry:n pedagoginen valiokunta totesi, että toisessa kurssissa tuli täydentää kemiallisia sidoksiin liittyvää tietoa ja aineiden ominaisuuksia. Hapettumislukujen avulla piti määrittää yhdisteiden kaavat. Hiilen hybridisaation avulla selvitettäisiin orgaanisten molekyylien rakennetta ja isomeriaa. Kemian mikromaailman käsitteiden ja ilmiöiden havainnollistamisen avuksi esitettiin tieto- ja viestintäteknikan tuomia mahdollisuuksia. Tässä esityksessä oli uutta vain tieto- ja viestintäteknologian käyttö. (MAOL ry 2003)

Kolmannen kurssin kohdalla MAOL ry:n pedagoginen valiokunta painotti kurssin laskennallista puolta ja laskujen opiskeluun käytettävän ajan riittävyttä. Neljännessä kurssista todettiin, että sähkökemian on omana kokonaisuutena, jossa

ovat mukana luonnollisesti myös hapettumis-pelkistymisreaktiot, samoin metallien ja epämetallien vety- ja happiyhdisteet muodostavat oman kokonaisuuden sekä viimeisenä esitellään bio- ja synteettiset polymeerit ja komposiitit. Viides kurssi muistutti edellisen opetussuunnitelman kurssia ”Kemialliset tutkimusmenetelmät”, joten sen matemaattisuuden ja ennen kaikkea aikaisemmin opetettua kokoavan luonteen takia ehdotetaan opetettavaksi viimeisenä. (MAOL ry 2003)

Taulukko 18 Valtakunnallisten syventävien kurssien keskeiset sisällöt (Opetushallitus 2003)

<p>2. kurssi: Kemian mikromaailma (KE 2)</p> <ul style="list-style-type: none"> • alkuaineiden ominaisuudet ja jaksollinen järjestelmä • elektroniverhon rakenne ja atomiorbitaalit • hapetuslukujen määräytyminen ja yhdisteen kaava • kemiallinen sidos, sidosenergia ja aineen ominaisuudet • atomiorbitaalien hybridisoituminen ja orgaanisten yhdisteiden sidos- ja avaruusrakenne • isomeria 	<p>3. kurssi: Reaktiot ja energia (KE 3)</p> <ul style="list-style-type: none"> • kemiallisen reaktion symbolinen ilmaisuus • epäorgaanisia ja orgaanisia reaktiotyyppejä, mekanismeja sekä sovelluksia • stoikiometrisia laskuja, kaasujen yleinen tilanyhtälö • energianmuutokset kemiallisessa reaktiossa • reaktionopeus ja siihen vaikuttavat tekijät
<p>4. kurssi: Metallit ja materiaalit (KE 4)</p> <ul style="list-style-type: none"> • sähkökemiallinen jännitesarja, normaalipotentiali, kemiallinen pari ja elektrolyysi • hapettumis-pelkistymisreaktiot • metallit ja epämetallit sekä niiden happi- ja vety-yhdisteet • bio- ja synteettiset polymeerit, komposiitit 	<p>5. kurssi: Reaktiot ja tasapaino (KE 5)</p> <ul style="list-style-type: none"> • reaktiotasapaino • happo-emästasapaino, vahvat ja heikot protolyytit, puskuriliuokset ja niiden merkitys • liukoisuus ja liukoisuustasapaino • tasapainoon liittyvät graafiset esitykset

MAOL ry:n valiokunta ehdotti myös koulukohtaisia kursseja, kuten ”Työ- ja tutkimuskurssi” ja ”Kemia ja yhteiskunta”. Edellisessä tutustuttaisiin kemian työ- ja tutkimusmenetelmiin sekä tehtäisiin johtopäätöksiä kokeellisten mittausten perusteella ja tutustuttaisiin tietokonesovelluksiin. Kurssin aikana tuli tehdä vähintään viisi työtä, joista tuli laatia työselostukset. Kurssiin voi liittyä myös vierailu korkeakouluasteen laboratorioihin tai yrityksiin. Jälkimmäinen voisi sisältää tutustumista nykyaikaiseen kemian teknologiaan. Kurssin aihepiiri mahdollistaisi tutkimuksien ja esitelmien laatimisen sekä erilaisten teemaseminaarien pitämisen. Kurssin aikana opiskelija saisi tietoa kemian teollisuudesta tai muusta elinkeinoelämästä. Kurssilla tutustuttaisiin lähiympäristön teollisuuslaitoksiin tai tutkimuskeskuksiin tai omassa kunnassa oleviin kemian tietämystä tarvitseviin yrityksiin (apteekki, vedenpuhdistamo, jätevedenpuhdistamo, huoltoasemat jne.). Kurssin avulla opiskelija tietäisi ympäristöön vaikuttavista aineista sekä oppisi suhtautumaan kriittisesti eri viestimistä saatavaan tietoon. (MAOL ry 2003)

Opetussuunnitelman perusteiden mukaan kaikissa aineissa täytyi näkyä opetusta eheyttävät aihekokonaisuudet, joita olivat aktiivinen kansalaisuus ja yrittäjyys, hyvinvointi ja turvallisuus, kestävä kehitys, kulttuuri-identiteetti ja kulttuurien tuntemus, teknologia ja yhteiskunta sekä viestintä- ja mediaosaaminen (Opetushallitus 2003). Kemian kursseihin voitiin liittää kohtuullisen helposti kestävä kehitys, teknologia ja yhteiskunta sekä viestintä- ja mediaosaaminen. Myös aktiivinen kansalaisuus ja yrittäjyys -aihekokonaisuus toimi kemiassa. Esimerkiksi Oulun normaalikoulun kemian opetussuunnitelman 1. kurssin aihekokonaisuudet olivat seuraavat:

Aihekokonaisuuksista kurssilla painottuvat kestävä kehitys sekä aktiivinen kansalaisuus ja yrittäjyys. Kestävä kehitys ilmenee kemian töitä tehtäessä mm., niin että luontoon sopimattomat jätteet kerätään talteen ja ne joko puhdistetaan tai lähetetään tuhottavaksi tarkoitukseen sopivaan laitokseen. Lisäksi tämä aihekokonaisuus tulee esiin mittaus- ja analyysimenetelmien käytön yhteydessä. Aktiivinen kansalaisuus ja yrittäjyys ilmenevät mm. siinä, että oppilastyöt vaativat suunnittelua, ongelmanratkaisua ja ryhmässä tekemistä. Toisaalta töiden tulokset raportoidaan suullisesti tai kirjallisesti. (www.norssi oulu.fi)

Esimerkissä on tarkasteltu vain niitä aihekokonaisuuksia, jotka painoutuivat kyseisellä kurssilla. Nämä aihekokonaisuudet avattiin Oulun normaalikoulun opetussuunnitelmassa vuoden 2003 perusteiden hengen mukaisesti.

6.6.4.7 Työtavat ja arviointi

Kemian opetuksen työtavat oli helppo johtaa opetussuunnitelman perusteiden oppimiskäsityksen määrittelystä. Sen mukaan opiskelijan aktiivista tiedonrakentamisprosessia korostetaan niin, että lukion on luotava sellaisia opiskeluympäristöjä, joissa opiskelijat voivat asettaa omia tavoitteitaan ja oppia työskentelemään itsenäisesti ja yhteistoiminnallisesti erilaisissa ryhmissä ja verkostoissa, sekä käyttää monipuolisia menetelmiä. Tämä tukee kemian opiskelun kokeellista ja tutkivaa sekä tieto- ja viestintäteknikkaan perustuvaa tiedon hankintaa, käsittelyä ja mallintamista. Kemian opetusympäristöistä ja -menetelmistä opetussuunnitelman perusteissa ei annettu malleja, joten työtapojen kohdalla täytyi soveltaa perusteiden yleistä ohjetta ja käyttää esimerkiksi kansainvälistä kirjallisuutta, Yhdysvaltojen kemian opetuksen standardeja (National Science Education Standards 1996) ja Britannian vastaavia apuna (esim. van der Akker 1998; National Research Council 1996). (Opetussuunnitelman perusteet 2003)

Opetussuunnitelman perusteissa annettiin yleisesti ohjeet opiskelijoiden arvioinnista kurssien ja oppimäärän osalta sekä määrättiin, että opiskelijan arviointi täytyy olla kirjoitettuna jokaisen aineen opetussuunnitelmaan. Kemian arvioinnista opetussuunnitelman perusteissa kirjoitettiin, että kemiassa arvioinnin kohteena on kemiallisen tiedon ymmärtäminen sekä soveltamisen taito. Arvioinnissa tuli lisäksi ottaa huomioon kokeellisen tiedonhankinnan ja -käsittelytaitojen kehittyminen, johon kuuluvat

1. havaintojen tekeminen, mittausten ja kokeiden suunnittelu ja toteutus,
2. työvälineiden ja reagenssien turvallinen käyttö,

3. tulosten esittäminen sekä suullisesti että kirjallisesti,
4. tulosten tulkitseminen, mallintaminen ja arviointi sekä
5. johtopäätösten tekeminen ja soveltaminen. (Opetushallitus 2003)

Ohjeita kemian arvioinnin suorittamisesta ja arvioinnin kirjoittamisesta koulutuksenjärjestäjän opetussuunnitelmaan antoi muun muassa MAOL ry:n pedagoginen valiokunta, joka kirjoitti melko lailla yksityiskohtaiset ohjeet. Aluksi esitettiin, että opiskelijan suorittama kurssi arvioidaan lopullisesti sen päätyttyä ja sen tehtävänä on antaa opiskelijalle palautetta kurssin tavoitteiden saavuttamisesta ja oppiaineen opiskelun etenemisestä. (MAOL ry 2003)

Lukiolain mukaan opiskelijan oppimista ja työskentelyä tuli arvioida kursseilla monipuolisesti ja oikeudenmukaisesti (Lukiolaki 1998). Palautetta edistymisestä tuli antaa jo kurssin aikana eikä arviointi saanut perustua enää pelkkään loppukokeeseen. MAOL ry:n mukaan tämä lisäsi väistämättä opettajan työmäärää, koska perinteisen kurssikokeen lisäksi tarkistettavaksi voi tulla kurssista riippuen erilaisia raportteja, tutkielmia, laboratoriopäiväkirjoja, työselostuksia, viikkotehtäviä ja niin edelleen. Opettaja voi kiinnostuksensa ja voimavarojensa mukaisesti valita itselleen sopivat arviointimenetelmät. (MAOL ry 2003)

Kurssin arviointiperusteet tuli sopia opiskelijoiden kanssa heti kurssin alussa. Arviointiperusteista tiedottamisen tuli parantaa opiskelijoiden oikeusturvaa ja motivoida opiskelua. Lisäksi valtioneuvoston asetuksessa 955/2002 mainittiin myös itsearviointi, jota pitäisi myös käyttää. (MAOL ry 2003)

6.7 2010-luvun opetussuunnitelmauudistuksen tarve

Luvussa 6.7 tarkastellaan koulutuksen arviointineuvoston tekemää vuoden 2003 opetussuunnitelman perusteiden arviointia sekä vuoden 2014 lukiokoulutuksen yleisiä tavoitteita ja tuntijakoa. Siinä käsitellään myös lukion kemian opetussuunnitelman laatimisprosessia. Kemian opetussuunnitelman perusteet 2016 muodostavat oman kokonaisuuden.

6.7.1 Vuoden 2003 opetussuunnitelman perusteiden arviointia

Koulutuksen arviointineuvoston mukaan ainesisältöjä oli pakollisista kursseista karsittava. Kurssien sisällön karsiminen liittyi paitsi mahdollisuuteen opettavien asioiden syvällisempään käsittelyyn myös opettajien mahdollisuuksiin toteuttaa erilaisia opetusmenetelmällisiä ratkaisuja, esimerkiksi tutkielmien laadintaa osana kurssia tai kemiassa laajempaa tutkimusta tai projektia. Niille tarvittiin tilaa ja aikaa. (Koulutuksen arviointineuvosto 2011)

Tuntijaon osalta raportissa painottuivat koulutuksellinen tasa-arvo ja opiskelijoiden oikeudenmukainen kohtelu. Kokonaisuutena tuntijako oli toiminut ja toteutunut kohtuullisen hyvin, vaikka myös ongelmia oli ollut. Esimerkiksi luonnontieteissä, joissa oli niukasti pakollisia kursseja, valinnaiskurskien hyvien opiskelupolkujen löytäminen oli monesti vaikeaa. Siksi rehtorilta vaadittiin erityisen

hyvää kurssitarjottimen laatimistaitoa. Opiskelijoiden kurssimäärä ja lukujärjestys täytyivät jo pakollisista ja ylioppilastutkintoon sisällytettäväksi aiottujen oppiaineiden syventävistä kursseista. (Koulutuksen arviointineuvosto 2011)

Arviointineuvoston mukaan opiskelijoiden valinnanmahdollisuuksia voitaisiin parantaa siten, että pakollisia oppiaineita ja pakollisia kursseja tarkasteltaisiin kriittisesti: vähennettäisiin oppiaineiden määrää ja tarkistettaisiin yksittäisten oppiaineiden kurssimääriä. Pohdinnan arvoinen asia oli myös, voisiko opiskelija erityistehtävän saaneiden lukioiden tuntijaon tapaan itse päättää tietyn reunaehdoin, mistä aineista suorittaa kursseja. Näin opiskelijalle jäisi resursseja keskittyä halutessaan tiettyihin aineisiin tai opiskella vähän kaikkea nykyisen mallin mukaisesti. (Koulutuksen arviointineuvosto 2011)

Hyvin perusteltuun ja yhteisesti hyväksyttävään tuntijaon säätämiseen tarvittiin koulutuspoliittinen keskustelu siitä, mitä yleissivistyksellä tarkoitetaan ja millainen on sen sisältö ja soveltamisala lukiokoulutuksessa. Kysymys ei itse asiassa ollut vain tuntijaosta, vaan myös lukiokoulutuksen tulevaisuudesta yleensä ja lukiokoulutuksen profiilista toisen asteen koulutuksen osana. Koostuiko yleissivistys vain yksittäisistä oppiaineista vai myös tiedollisista valmiuksista, ajattelun taidoista, kyvystä käyttää tietoa, eettisestä ja esteettisestä herkkyydestä, kehittyneestä tunne-elämästä, havainnoimisen ja kommunikoinnin taidoista, työntöössä tarpeellisista perustaidoista sekä taidoista toimia yhteiskunnan jäsenenä? Mitä näistä haluttiin lukiokoulutuksessa painottaa ja mitä siitä seurasi opetuksen tavoitteisiin, sisältöihin ja tuntijakoon? (Koulutuksen arviointineuvosto 2011)

Arviointineuvoston mukaan yleisellä tasolla tarkastellen opetussuunnitelmanperusteet olivat toimineet siten, kuten oli ollut tarkoituskin. Ne olivat antaneet hyvän ja valtakunnallisesti yhtenäisen pohjan opetuksen järjestämiselle ja toteuttamiselle. Se johtui pääosin normatiivisuuden lisääntymisestä. Tämän koettiin yhtäältä olevan valtakunnallisen yhtenäisyyden vuoksi välttämätöntä ja tarpeellista. Toisaalta oman opetussuunnitelman laatiminen koettiin jossain määrin turhauttavaksi, sillä vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteisiin ja sen aikaiseen opetussuunnitelman laadintaprosessiin verrattuna oli vain vähän omaa soveltamis- ja päätäntävaltaa. (Koulutuksen arviointineuvosto 2011)

6.7.2 Vuoden 2014 lukiokoulutuksen yleiset tavoitteet ja tuntijako

Koulutuksen ja tutkimuksen 2016–2016 -kehittämissuunnitelman mukaan voimassa olevat opetus- ja kulttuuriministeriön lukiokoulutuksen yleiset valtakunnalliset tavoitteet ja tuntijako sekä lukion opetussuunnitelman perusteet perustuivat 2000-luvun alun tieto- ja osaamistarpeisiin. Tulevaisuuden tieto- ja osaamistarpeet sekä työelämäyhteys ja -tietämys edellyttäisivät koulutuksen tavoitteiden ja sisältöjen kehittämistä ja uudistamista. Yleissivistyksen vahvistamiseksi ja laajentamiseksi tulisi opinnoissa tavoitella aikaisempaa syvällisempiä tietoja, taitoja, osaamista sekä joustavia mahdollisuuksia suorittaa osia toisen asteen tutkinnoista yli tutkintorajojen. Samalla tulisi lisätä myös integroivaa ja kokonaisuuksien hallintaan valmentavaa opetusta ja opiskelua kaikille yhteisinä opintoina. (Opetus- ja kulttuuriministeriö 2011)

Uutta lukion tuntijakoa pohtinut työryhmä ei päässyt yhteisymmärrykseen, vaan päätyi esittämään hallituksen sivistyspoliittiselle ministerityöryhmälle kolmea mallivaihtoehtoa. Vaihtoehto A olisi alentanut opiskelijan pakollisten opintojen määrää 12 kurssia, vaihtoehto B 10 kurssia ja vaihtoehto C 3 kurssia nykyisen 47–51 kurssin sijaan. Radikaaleimmassa A-mallissa opiskelija voisi jättää kokonaan pois esimerkiksi biologian, kemian, fysiikan, maantieteen, historian, yhteiskuntaopin, psykologian tai filosofian oppitunnit. (Rutonen 2013)

Malli C toisi vähiten muutoksia nykylukioon ja valinnaisuuteen. Sen mukaan jokaisessa nykyisistä 18 aineesta olisi vastaisuudessaakin vähintään yksi pakollinen kurssi. Vuoden 2002 tuntijaon mukaisesti pakollisia kursseja reaaliaineissa oli 1–4 oppiaineesta riippuen. Muistion mukaan C-malli ei juuri vähentäisi lukion pirstaleisuutta, mutta tukisi etenkin pienten lukioiden tarjontaa. Kaikissa malleissa suurimmat muutokset tulisivat reaaliaineisiin, jotka ryhmiteltäisiin kahteen eri koriin: luonnontieteellisiin opintoihin sekä humanistis-yhteiskunnallisiin ja katsomuksellisiin opintoihin. Opiskelijan tulisi valita kummastakin korista vähintään kymmenen kurssia. (Rutonen 2013)

Lukiokoulutuksen valtakunnallisia tavoitteita ja tuntijakoa koskeva valtioneuvoston asetus 942/2014 annettiin lopulta 13.11.2014. Sen mukaan lukion uusi tuntijako astuu voimaan 1.8.2016 (Valtioneuvoston asetus 2014). Edellä kerrotun työryhmän mietinnön jälkeen hallituksen sivistyspoliittinen ministerityöryhmä siirsi valmistelun virkatyöksi käsitellen sitä useita kertoja itse. Lopulta esitys poikkesi työryhmän esityksestä (C-malli) saadun palautteen johdosta. Lisäksi huomautettiin, että asetusehdotuksella ei ollut kuntien hallintoon tai talouteen vaikutuksia, sillä lukion kokonaiskurssien, opiskelijoille pakollisten kurssien ja koulutuksen järjestäjän tarjoamien kurssien, lukumäärä ei tulisi muuttumaan verrattuna voimassa olevaan asetukseen. (Opetus- ja kulttuuriministeriö 2014)

Asetuksessa lukiokoulutuksen yleiset tavoitteet olivat monelta osalta samankaltaisia kuin edellisessä vastaavassa asetuksessa (vrt. Valtioneuvoston asetus 2002). Kasvu sivistyneeksi yhteiskunnan jäseneksi noudattaa ajatukseltaan aikaisempaa. Tiedot ja taidot -kohdassa oli uutta se, että koulutus kehittää laajalaisesti opiskelijan valmiuksia omaksua, yhdistää ja käyttää tietoaan ja taitojaan sekä soveltaa oppimaansa monipuolisesti myös oppiainerajat ylittävästi. Muu ei kovinkaan paljon poikennut aikaisemmasta. Elinikäinen oppiminen noudattaa ajatukseltaan aikaisemmassa asetuksessa esitettyä. (Valtioneuvoston asetus 2014)

Tuntijaossa oli edelliseen tuntijakoon verrattaessa erona teemaopinnot, joita ei aikaisemmassa tuntijaossa ollut. Teemaopinnot eheyttäisivät opetusta, vahvistaisivat opiskelijoiden yksittäistä oppiainetta laajempien kokonaisuuksien hallintaa ja lisäisivät oppiaineiden välistä yhteistyötä. Syventävinä teemaopintokursseina tuli tarjota oppiaineiden välisiä laaja-alaisiksi tarkoitettuja kursseja, kuten ajattelun taitojen kurssin sekä tieto- ja viestintäteknologian tietoja ja taitoja kehittävän ilmiöpohjaisen kurssin. Lisäksi tarjottaisiin käytännön työssä suoritettava vapaaehtoistoiminta- tai muu sellainen kurssi, joka voidaan korvata muulla tavalla hankitulla osaamisella. (Valtioneuvoston asetus 2014)

Kemian opetus säilytti edellisen tuntijaon mukaisen kurssimääränsä. Kuitenkin näyttäisi siltä, että koulukohtaisten lisäkurssien saaminen ei ainakaan helppotunut, vaikka tuntijakoa valmistellut virkamies niin esittikin (Opetus- ja kulttuuriministeriö 2014). Myös teemaopinnot vähentäisivät osaltaan oppiaineen omien syventävien ja soveltavien kurssien valittaviksi tuleamista. (Valtioneuvoston asetus 2014)

6.7.3 Lukion kemian opetussuunnitelman perusteiden laatiminen

6.7.3.1 Aikataulu

Tiedotteen 66/2014 mukaan Opetushallitus käynnisti lukiokoulutuksen opetussuunnitelman perusteiden päivittämisen valtioneuvoston päätettyä lukio-laissa tarkoitetun koulutuksen yleisistä tavoitteista ja tuntijaosta. Opetushallitus valmisteli opetussuunnitelman perusteet niin, että uudet lukion opetussuunnitelmat tulivat käyttöön 1.8.2016. Näin ollen tavoitteena oli, että perusteet olivat valmiina syyskuun lopussa 2015. (Opetushallitus 2014)

Opetushallituksessa pääosin virkatyönä laaditut perustekstit, joihin sidosryhmien piti ottaa kantaa 6.5. mennessä, julkaistiin huhtikuun puolivälissä. Lausunnon antoaikaa oli vajaa kuukausi. (Opetushallitus 2014)

6.7.3.2 Keskustelua ja lausuntoja

LUMA-sanomien artikkelissa ”Maaliskuun avaus: Miten fysiikan, kemian ja matematiikan lukio-opetuksen tulisi uudistua?” otettiin kantaa aiheeseen, miten lukio-opetuksen tulisi uudistua fysiikassa ja kemiassa, matematiikassa ja tietotekniikassa. MAOL ry:n ja Helsingin yliopiston LUMA-keskuksen järjestämissä keskustelutilaisuuksissa aiheita käsittelevät muun muassa opettajat ja opettajankouluttajat. Näiden keskustelutilaisuuksien tavoitteena oli tukea lukion opetussuunnitelmatyötä ja vaikuttaa siihen fysiikan, kemian ja matematiikan osalta. (LUMA-sanomat 2015)

Sekä fysiikan, kemian että matematiikan tilaisuuksissa keskusteltiin, pitäisikö lukiokurssien sisällöt määritellä yleisellä tasolla vai yksityiskohtaisesti. Vähemmän saattaisi olla enemmän – sisältöjen karsiminen jättäisi aikaa ja tilaa asioiden syvemmälle oppimiselle. Nykyisen lukion opetussuunnitelman puitteissa piti työskennellä usein kiireessä: täyteen ahdetut sisällöt käytiin läpi nopeasti, jolloin osaaminenkin oli vaarassa jäädä pintapuoliseksi. MAOL ry:n puheenjohtaja Mannila fysiikan tilaisuuden verkkokeskustelussa kommentoikin: ”On hyvä, että tavoitteet ja sisällöt kirjataan selkeästi, mutta liian tarkka kirjaaminen voi olla vaarallista”. (LUMA -sanomat 2015)

Asetuksen 942/2014 yleistavoitteiden mukaan lukion opintojen haluttiin olevan laaja-alaisia sekä tarjoavan nuorille yleissivistyksen lisäksi eväitä muun muassa kestäväen elämäntavan omaksumiseen, aktiiviseen kansalaisuuteen ja elinikäiseen oppimiseen. Kemian opettajankoulutuksen professori Maija Aksela painotti näiden tavoitteiden tukemista, joka uusimman tutkimuksen mukaan lisäisi ilmiöiden ja kontekstien avulla kemian kiinnostavuutta. Hän toi esille tapoja,

joilla lukio-opetus voisi kehittyä näitä päämääriä kohti, jotka olisivat yhteiskuntaan avautuminen, monipuolisten oppimisympäristöjen hyödyntäminen, oppimaan oppiminen ja yhdessä tekeminen. (LUMA-sanomat 2015)

Kemian tilaisuuden yleiskeskustelussa toivottiin lukion kemian opetussuunnitelmaan kontekstilähtöisyyttä ja arjen kannalta merkittäviä aiheita. Ensimmäisen kurssin osalta pohdittiin, voitaisiinko 1. kurssissa tarkastella monipuolisesti kemiallista maailmankuvaa, mihin kemiaa tarvitaan, ja missä ammateissa sitä voi hyödyntää. (LUMA-sanomat 2015)

6.7.4 Vuoden 2015 kemian opetussuunnitelman perusteet

6.7.4.1 Yleistä

Opetushallitus julkaisi lähinnä virkatyönä tehdyn opetussuunnitelman perusteiden luonnoksen 14.4.2015 ja siihen oli mahdollisuus esittää muutostoiveita 6.5.2015 mennessä. Lausuntojen perusteella muutetut lopulliset opetussuunnitelman perusteet julkaistiin 22.9.2015, jonka jälkeen koulutuksenjärjestäjät laativat omat toteutettavaksi tarkoitetut opetussuunnitelmat ja hyväksyivät ne niin, että ne voitiin ottaa käyttöön 1.8.2016.

Perusteiden yleisessä osassa kerrotaan:

Opetussuunnitelman perusteet pohjautuvat oppimiskäsitykseen, jonka mukaan oppiminen on seurausta opiskelijan aktiivisesta, tavoitteellisesta ja itseohjautuvasta toiminnasta. Oppimisprosessin aikana opiskelija rakentaa uutta tietoa aikaisempien kokemustensa ja tietojensa pohjalta. Hän tulkitsee, analysoi ja arvioi eri muodoissa esitettyä informaatiota, tuottaa uutta tietoa ja syventää siten osaamistaan erilaisissa toimintaympäristöissä. Ohjaus ja rakentava palaute auttavat opiskelijaa suuntaamaan ajatteluaan ja työskentelemään tarkoituksenmukaisella tavalla. (Opetushallitus 2015)

Edellä oleva lainaus on sopusoinnussa tuntijakoasetuksen tavoitteiden kanssa. (Valtioneuvoston asetus 2014)

Edelleen oppimisen tuli edetä vuorovaikutuksessa muiden opiskelijoiden, opettajien, asiantuntijoiden ja yhteisöjen kanssa erilaisissa ympäristöissä. Sen piti olla monimuotoista ja sidoksissa siihen toimintaan, tilanteeseen ja kulttuuriin, jossa se tapahtuu. Näin ollen opiskelijoita ohjattaisiin havaitsemaan käsitteiden, tiedonalojen ja osaamisen välisiä yhteyksiä sekä soveltamaan aiemmin oppimaansa muuttuvissa tilanteissa. Kun opiskelijat ovat tietoisia omista oppimisprosesseistaan, he osaavat arvioida ja kehittää opiskelu- ja ajattelutaitojaan. Tällä tavoin he kehittävät myös elinikäisen oppimisen edellyttämiä taitoja. Opintoihin liittyvät onnistumiset ja muut myönteiset kokemukset edistävät oppimista ja inostavat osaamisen kehittämiseen. (Opetushallitus 2015)

6.7.4.2 Kemian opetuksen tarkoitus, merkitys ja lähtökohta

Kemian opetuksen tarkoituksena on tukea opiskelijan luonnontieteellisen ajattelun ja nykyaikaisen maailmankuvan kehittymistä osana monipuolista yleisivistystä. Opetuksen pyrkimyksenä on ohjata opiskelijaa ymmärtämään kemian

ja sen sovellusten merkitystä jokapäiväisessä elämässä, ympäristössä, yhteiskunnassa ja teknologiassa. Opiskelijat kehittävät valmiuksiaan opiskella luonnontieteellisillä ja luonnontieteitä soveltavilla aloilla. Yhdenvertaisuuden ja tasa-arvon edistämiseksi opiskelijoille tarjotaan mahdollisuuksia soveltaa kemiaa monipuolisissa tilanteissa ja heidän annetaan tutustua kemian merkitykseen jatko-opinnoissa ja eri ammateissa. Opetus välittää kuvaa kemian merkityksestä kestäväen tulevaisuuden rakentamisessa, koska kemiaa tarvitaan uusien ratkaisujen kehittämisessä sekä ympäristön ja ihmisten hyvinvoinnin turvaamisessa, ja koska se ohjaa opiskelijoita ottamaan vastuuta ympäristöstään. (Opetushallitus 2015)

Kemian opetuksella tuetaan opiskelijoiden käsitteiden rakentumista sekä ilmiöiden ymmärtämistä siten, että niiden makroskooppinen, mikroskooppinen ja symbolinen taso muodostavat loogisen kokonaisuuden. Opiskelijoiden aikaisemmista kokemuksista ja havainnoista edetään ilmiöiden kuvaamiseen ja selittämiseen sekä aineen rakenteen ja kemiallisten reaktioiden mallintamiseen kemian merkkikielellä ja matemaattisesti. Opetuksen tehtävänä on ohjata luonnontieteelliseen ajatteluun, tiedonhankintaan, tietojen käyttämiseen, ideointiin, vuorovaikutukseen sekä tiedon luotettavuuden ja merkityksen arviointiin. Tieto- ja viestintäteknologiaa käytetään muun muassa mallintamisen välineenä, tutkimusten tekemisessä ja tuotosten laatimisessa. (Opetushallitus 2015)

Elinympäristöön liittyvien aineiden ja ilmiöiden havainnointi ja tutkiminen ovat kemian opetuksen selkeä lähtökohta. Perusteiden huhtikuun 2015 luonnoksessa korostetaan tutkimusten tekemisen oleellista merkitystä käsitteiden sisäistämässä, tutkimisen taitojen oppimisessa ja luonnontieteiden luonteen hahmottamisessa. Tutkiminen kehittää työskentelyn ja yhteistyön taitoja, luovaa ja kriittistä ajattelua sekä innostaa opiskelijoita kemian opiskeluun. Opetussuunnitelman perusteissa (22.9.2015) on pehmennetty tutkimisen merkitystä. Siinä puolestaan lukee: ”Kokeellisuus eri muodoissaan tukee käsitteiden omaksumista ja ymmärtämistä, tutkimisen taitojen oppimista ja luonnontieteiden luonteen hahmottamista. Opiskelijoiden oma kokeellinen työskentely kehittää työskentelyn ja yhteistyön taitoja, luovaa ja kriittistä ajattelua sekä innostaa opiskelijoita kemian opiskeluun. Opiskelun edetessä tutkimisen taidot kehittyvät sekä kokonaisvaltaisesti että kunkin kurssin keskeisten sisältöjen osalta.” Kokeellisessa työskentelyssä toimitaan turvallisesti kemikaali-, jäte- ja työturvallisuuslainsäädännön mukaisesti. (Opetushallitus 2015)

6.7.4.3 Kemian opetuksen tavoitteet

Taulukossa 19 kuvataan vuoden 2015 opetussuunnitelman perusteiden kemian opetuksen yleisten tavoitteiden sekä kemian teorian ja sen pedagogiikan että yhteiskunnallisia linjauksia. Siinä teoria- ja pedagogiset linjaukset ovat opiskelijan toiminnan näkökulmasta lähinnä kemian opetuksen, kokeellisuuden ja tutkimuksellisuuden tavoitteita. Varsinaiseen kemian teoriaan liittyvät tavoitteet esiintyvät kurssien tavoitteiden kohdalla. Yhteiskunnallisina voidaan pitää linjauksia, jotka liittyvät opiskelijan käsitykset jokapäiväisen elämän, ympäristön, yhteiskunnan ja teknologian ilmiöistä kemian käsitteisiin. Toisaalta opiskelijan pitäisi osata arvioida kemian ja sen teknologian merkitystä yksilön ja yhteiskunnan kannalta. (Opetushallitus 2015)

Taulukko 19 Kemian opetuksen yleisten tavoitteiden linjaus (Opetushallitus 2015)

Kemian opetus	Teoria- ja pedagoginen linjaus	Yhteiskunnallinen linjaus
Opiskelija	<p>Saa ohjausta kemian osaamisensa tunnistamisessa, omien tavoitteiden asettamisessa, oppimishaasteiden kohtaamisessa ja kemian opiskelustrategioiden soveltamisessa</p> <p>Osaa muodostaa kysymyksiä tarkasteltavista ilmiöistä ja kehittää kysymyksiä edelleen tutkimusten, ongelmanratkaisun tai muun toiminnan lähtökohdiksi</p> <p>Osaa suunnitella ja toteuttaa kokeellisia tutkimuksia turvallisesti ja yhteistyössä</p> <p>Osaa käsitellä, tulkita ja esittää tutkimusten tuloksia sekä arvioida niitä ja koko tutkimusprosessia</p> <p>Osaa käyttää erilaisia malleja ilmiöiden kuvaamisessa ja selittämisessä sekä ennusteiden tekemisessä</p> <p>Osaa käyttää monipuolisia tietolähteitä ja arvioida niitä kriittisesti kemian tietojensa avulla</p> <p>Osaa ilmaista johtopäätöksiä ja näkökulmia kemialle ominaisilla tavoilla</p> <p>Ymmärtää luonnontieteellisen tiedon luonnetta ja kehittymistä sekä tieteellisiä tapoja tuottaa tietoa</p>	<p>Jäsentää käsitystään jokapäiväisen elämän, ympäristön, yhteiskunnan ja teknologian ilmiöistä kemian käsitteiden avulla</p> <p>Osaa arvioida kemian ja siihen liittyvän teknologian merkitystä yksilön ja yhteiskunnan kannalta</p>

Kemian opetuksen teorian linjauksissa perusteet ottavat esiin voimakkaammin kuin aikaisemmin käsitteen ohjaus, jonka avulla opiskelija oppii muun muassa asettamaan tavoitteita, kohtaamaan haasteita ja soveltamaan kemian oppimisstrategioita. Opiskelijan tulisi osata muodostaa kysymyksiä ja kehittää niitä edelleen tutkimuksen, ongelmanratkaisun tai muun toiminnan lähtökohdiksi. Tavoitteina on lisäksi kokeellisten tutkimusten suunnitteleminen ja toteuttami-

nen turvallisesti ja yhteistyössä muiden kanssa, tulosten käsittely, tulkinta, esittäminen ja arviointi. Opiskelijan tulisi myös osata käyttää malleja ilmiöiden kuvaamiseen ja ennusteiden tekemiseen ja käyttää monipuolisia tietolähteitä sekä arvioida niitä. Opiskelijan pitäisi vielä osata ilmaista johtopäätöksensä ja näkökantansa kemian käsittein ja ymmärtää luonnontieteellisen tiedon luonnetta ja kehittymistä sekä, miten tieteellistä tietoa tuotetaan. (Opetushallitus 2015)

Kaikille yhteisen kurssin ”Kemiaa ympärillämme” tavoitteet on esitetty opetussuunnitelman perusteissa opiskelijan toimintana, kuten yleiset tavoitteetkin. Näistä on edellä olevan tavoin kerätty kemian ja sen opetuksen teoriaan liittyvät sekä muut tavoitelinjaukset taulukkoon 20. Kaikille yhteisen kurssin kohdalla teorialinjaus on varsin maltillinen: opiskelijat saavat kokemuksia, jotka he-

Taulukko 20 Kurssin 1 opetuksen tavoitteisiin liittyvät linjaukset (Opetushallitus 2015)

Kemian opetus	Teoria- ja pedagoginen linjaus	Yhteiskunnallinen linjaus
Opiskelija	<p>Saa kokemuksia, jotka herättävät ja syventävät kiinnostusta kemiaa ja sen opiskelua kohtaan</p> <p>Osaa tutkia kokeellisesti ja erilaisia malleja käyttäen erilaisia kemian ilmiöitä sekä ottaa huomioon työturvallisuusnäkökohdat</p> <p>Osaa käyttää aineen ominaisuuksien päättelyssä aineen rakenteen malleja, jaksollista järjestelmää ja tietolähteitä</p>	<p>Kehittää valmiuksia osallistua kemiaan liittyvään yhteiskunnalliseen keskusteluun</p> <p>Osaa käyttää ja soveltaa aineiden ominaisuuksia jokapäiväisen elämän ja ympäristön ilmiöissä</p>

rättävät kiinnostuksen kemiaan ja sen opiskeluun, toteuttavat yksikertaisia kokeita ja ottavat huomioon työturvallisuusnäkökohdat, ja ehkä vaativin rakennemallien, jaksollisen järjestelmän ja tietolähteiden käyttö aineen ominaisuuksien päättelyssä. Muiden linjausten kohdalla yhteiskunnallisten valmiuksien kehittämisellä on selvä suunta. Jokapäiväisen elämän ja ympäristön ilmiöiden käyttö ja soveltaminen linjaavat yhteiskuntaan ja ympäristöön. (Opetushallitus 2015)

Valtakunnallisten syventävien kurssien tavoitteet on ilmoitettu kaikille yhteisen kurssin tavoin opiskelijan toimintana. Taulukossa 21 on esitetty 2. kurssin ”Molekyylien maailma” kemian ja kemian opetuksen teoriaan liittyvät ja yhteiskunnalliset tavoitelinjaukset. Tämän kurssin teorialinjaukset liittyvät menettelmällisiin asioihin, jotka koostuvat aineen rakenteen tutkimisesta mallien avulla ja kemiallisen tiedon rakentumisesta kokeellisen toiminnan ja siihen kytkeytyvän mallintamisen kautta. Yhteiskunnalliset linjaukset liittyvät orgaanisen kemian ja ainemäärän soveltamiseen jokapäiväisessä elämässä, ympäristössä, yhteiskunnassa ja teknologiassa. (Opetushallitus 2015)

Kemian 3. kurssin ”Reaktiot ja energia” teoria- ja muut linjaukset nähdään taulukosta 22. Tämän kurssin teoria- ja pedagoginen linjaus koskee reaktioihin liittyviä ilmiöitä tutkittaessa niitä kokeellisesti ja malleja käyttäen sekä aineen ja

energian häviämättömyyden merkityksen ymmärtämistä. Muut linjaukset puolestaan liittyvät reaktioihin liittyvien käsitteiden soveltamiseen yksilön, ympäristön, yhteiskunnan ja teknologian ilmiöissä, ja ne voidaan luokitella yhteiskunnalliseksi näkemykseksi. (Opetushallitus 2015)

Taulukko 21 Kurssin 2 tavoitelinjaukset (Opetushallitus 2015)

Kemian opetus	Teoria- ja pedagoginen linjaus	Yhteiskunnallinen linjaus
Opiskelija	<p>Osaa tutkia kokeellisesti ja erilaisia malleja käyttäen orgaanisiin yhdisteisiin, ainemäärään ja pitoisuuteen liittyviä ilmiöitä</p> <p>Ymmärtää, kuinka kemiallinen tieto rakentuu kokeellisen toiminnan ja siihen kytkeytyvän mallintamisen kautta</p> <p>Osaa käyttää tieto- ja viestintäteknologiaa</p>	<p>Osaa käyttää ja soveltaa orgaanisiin yhdisteisiin ja ainemäärään liittyviä käsitteitä jokapäiväisen elämän, ympäristön, yhteiskunnan ja teknologian ilmiöissä</p>

Taulukko 22 Kurssin 3 tavoitelinjaukset (Opetushallitus 2015)

Kemian opetus	Teoria- ja pedagoginen linjaus	Yhteiskunnallinen linjaus
Opiskelija	<p>Osaa tutkia kokeellisesti ja erilaisia malleja käyttäen reaktioihin liittyviä ilmiöitä</p> <p>Ymmärtää aineen ja energian häviämättömyyden merkityksen kemiassa</p>	<p>Osaa käyttää ja soveltaa reaktioihin liittyviä käsitteitä jokapäiväisen elämän, ympäristön, yhteiskunnan ja teknologian ilmiöissä</p>

Kemian 4. kurssin ”Materiaalit ja teknologia” linjaukset on kerätty taulukkoon 23, jossa teoriaan ja pedagogiikkaan liittyvät linjaukset koskevat materiaa-

Taulukko 23 Kurssin 4 tavoitelinjaukset (Opetushallitus 2015)

Kemian opetus	Teoria- ja pedagoginen linjaus	Yhteiskunnallinen linjaus
Opiskelija	<p>Osaa tutkia kokeellisesti ja malleja käyttäen materiaaleihin ja sähkökemian liittyviä ilmiöitä</p> <p>Harjaantuu ilmaisemaan itseään kemialle ominaisilla tavoilla ja analysoimaan eri tietolähteiden argumentointia</p> <p>Osaa käyttää tieto- ja viestintäteknologiaa tuotosten muodostamisessa</p>	<p>Osaa käyttää ja soveltaa materiaaleihin ja teknologiaan liittyviä kemian käsitteitä jokapäiväisen elämän, ympäristön ja yhteiskunnan ilmiöissä</p>

lien ja sähkökemian ilmiöitä, joita tutkitaan kokeellisesti ja mallien avulla. Ne koskevat myös itsensä ilmaisua kemialle ominaisella tavalla, ja eri tietolähteiden perustelujen analysointia sekä tieto- ja viestintäteknologian käytön hallintaa muodostettaessa tuotoksia. Yhteiskunnalliseksi linjaukseksi voidaan luokitella materiaaleihin ja teknologiaan liittyvien käsitteiden käyttö ja soveltaminen jokapäiväisessä elämässä, ympäristössä, yhteiskunnassa ja teknologiassa. (Opetushallitus 2015)

Kemian 5. kurssin ”Reaktiot ja tasapaino” linjaukset on esitetty taulukossa 24. Siitä nähdään linjauksien koskevan kokeellista tutkimista ja mallien käyttöä. Tässä kurssissa näitä sovelletaan reaktioihin ja kemialliseen tasapainoon liittyviin ilmiöihin. Teoria- ja pedagoginen linjaus liittyvät myös reaktionopeuden ja kemiallisen tasapainon kuvaamiseen käyttäen laskennallisia ja graafisia malleja. Lisäksi tähän alueeseen kuuluvat mallien perusteella tehtävät ennusteet. Yhteiskunnallisena linjauksena voidaan pitää, että osaa käyttää ja soveltaa teoriaan liittyviä käsitteitä jokapäiväisen elämän, ympäristön, yhteiskunnan ja teknologian ilmiöissä. (Opetushallitus 2015)

Taulukko 24 Kurssin 5 tavoitelinjaukset (Opetushallitus 2015)

Kemian opetus	Teoria- ja pedagoginen linjaus	Yhteiskunnallinen linjaus
Opiskelija	<p>Osaa tutkia kokeellisesti ja malleja käyttäen reaktioihin ja kemialliseen tasapainoon liittyviä ilmiöitä</p> <p>Osaa käyttää laskennallisia ja graafisia malleja reaktionopeuden ja kemiallisen tasapainon kuvaamisessa, selittämässä ja ennusteiden tekemisessä</p>	Osaa käyttää ja soveltaa reaktioiden ja kemiallisen tasapainon käsitteitä jokapäiväisen elämän, ympäristön, yhteiskunnan ja teknologian ilmiöissä

6.7.4.4 Sisällöt

Sisällöt, joiden avulla on tarkoitus edetä tavoitteita kohti, koostuvat jokaisen kurssin kohdalla yhteiskunnallisesta merkityksestä ja kemian ja sen opetuksen teoriaan liittyvästä aineksesta. Kemian yhteiskunnallista merkitystä kuvailaan seuraavissa sisältökohdissa: 1. kurssin ”Kemian merkitys nykyaikana, jatko-opinnoissa ja työelämässä”, 2. kurssin ”Kemian merkitys hyvinvoinnin ja terveyden kannalta”, 3. kurssin ”Kemian merkitys energiaratkaisujen ja ympäristön kannalta”, 4. kurssin ”Kemian merkitys teknologiassa ja yhteiskunnassa” ja 5. kurssin ”Kemian merkitys kestäväns tulevaisuuden rakentamisessa”. (Opetushallitus 2015)

Sisältöihin on otettu mukaan ensimmäistä kertaa kokeellisuus oppilastöineen ja tutkimuksineen. Näitä aiheita ovat 1. kurssin ”Turvallinen työskentely, aineen erotusmenetelmät, aineiden ominaisuuksien tutkiminen, havainnointi ja johtopäätösten tekeminen”, 2. kurssin ”Työvälineiden ja reagenssien käyttö sekä liuosten valmistus”, 3. kurssin ”Reaktioiden tutkiminen kokeellisesti, titrausanalyysimenetelmänä, tutkimustulosten käsitteleminen, tulkitseminen ja esittäminen”, 4. kurssin ”Tutkimuksen tai ongelmanratkaisun ideointi ja suunnittelu

sekä yhteistyön rooli kemiallisen tiedon tuottamisessa” ja ”Tutkimustulosten ja -prosessien arviointi”. Myös 1. kurssin ”Kysymykset tiedonhankinnan lähtökohdanna” 2. kurssin ”Aineen analyysimenetelmät, kuten spektroskopia” ja 5. kurssin ”Tasapainoon liittyvät graafiset esitykset ja laskennallinen käsittely” voidaan käsittää kokeellisuuteen kuuluviksi. (Opetushallitus 2015)

Taulukko 25 Kemian kurssien teoriaan liittyvät sisällöt

1. kurssi	2. kurssi	3. kurssi	4. kurssi	5. kurssi
<p>Atomin rakenne ja jaksollinen järjestelmä pääpiirteissään</p> <p>Keskeisten alkuaineiden ja niiden yhdisteiden ominaisuuksia</p> <p>Aineiden ominaisuuksien selittäminen aineen rakenteen, kemiallisten sidosten ja poolisuuden avulla</p>	<p>Orgaanisten yhdisteiden, kuten hiilivetyjen, happi- ja typiyhdisteiden rakenteiden mallintaminen, avaruusrakenne ja isomeria</p> <p>Orgaanisten yhdisteiden ominaisuuksien selittäminen rakenteen avulla ja kuvaaminen erilaisilla malleilla</p> <p>Ainemäärä ja pitoisuus</p>	<p>Kemiallisen reaktion symbolinen ilmaisu ja tasapainottaminen</p> <p>Epäorgaanisten ja orgaanisten yhdisteiden reaktioita sekä niiden sovelluksia</p> <p>Aineen häviämättömyys kemiallisessa reaktiossa ja sen yksinkertainen laskennallinen käsittely</p> <p>Energian häviämättömyys kemiallisessa reaktiossa, sidosenergia ja Hessin laki</p> <p>Kaasujen ominaisuudet ja yleinen tilanyhtälö</p>	<p>Metallien ja polymeerien ominaisuudet, käyttö ja elinkaari</p> <p>Atomin ulkoelektronirakenne ja jaksollinen järjestelmä alkuaineiden jaksollisten ominaisuuksien selittäjänä</p> <p>Hapettumisluvut ja hapettumis-pelkistymisreaktiot</p> <p>Sähkökemian keskeiset periaatteet: jännitesarja, normaalipotentiaali, kemiallinen pari ja elektrolyysi</p> <p>Kemiallisten reaktioiden laskennallinen soveltaminen</p>	<p>Kemiallisen reaktion nopeus ja siihen vaikuttavia tekijöitä</p> <p>Homogeeninen ja heterogeeninen tasapaino sekä tasapainotilaan vaikuttaminen</p> <p>Happo-emästasapaino, vahvat ja heikot protolyytit ja puskuriliuokset</p>

Muut aiheet voidaan linjata teorian opetukseen liittyviksi, vaikkakin niistä useimpien opetukseen voidaan soveltaa kokeellisia menetelmiä, kuten oppilastöitä ja tutkimusta. Taulukossa 25 on esitetty rinnakkain eri kurssien teoriaan liittyvät sisältöaiheet. Näyttäisi siltä, että opetussuunnitelman perusteet ohjaavat koulutuksenjärjestäjiä kokeellisempaan tutkivaan opiskeluun. Runsas teoria-aines saattaa myös vaatia sisältöaineksen karsimista. (Opetushallitus 2015)

6.7.4.5 Opetusmenetelmät

Opetussuunnitelman perusteiden mukaan yleisesti opetusmenetelmällisten ratkaisujen lähtökohtana ovat oppimiskäsitys sekä opetukselle ja opiskelulle

asetetut tavoitteet. Lisäksi otetaan huomioon opiskelijoiden edellytykset, kiinnostuksen kohteet, näkemykset ja yksilölliset tarpeet. Oppimisen otaksutaan olevan monimuotoista ja sidoksissa aikaisemmin hankittuun osaamiseen. Tämän takia lukiossa tulisi käyttää monipuolisia opetus-, ohjaus- ja opiskelumenetelmiä. (Opetushallitus 2015)

Erityisesti menetelmän valinnassa otetaan huomioon kemiassa edellytetty käsitteellinen ja menetelmällinen osaaminen. Näin ollen tutkiminen ja ongelmanratkaisu opiskelumenetelmänä edistävät oppimaan oppimista ja kehittävät kriittistä ja luovaa ajattelua. Näiden ratkaisujen pohjalta on mahdollista rakentaa kokonaisuuksien hallintaa ja oppiainerajat ylittävää osaamista. Opetus- ja opiskelumenetelmien tarkoituksena on kehittää opiskelijoiden aktiivista työskentelyä ja yhteistyötaitojen kehittymistä. Opiskelun ohjauksella puolestaan pyritään siihen, että opiskelijat osaavat suunnitella opiskeluaan, arvioida toiminta- ja työskentelytaitojaan sekä ottaa vastuuta omasta oppimisestaan. (Opetushallitus 2015)

Itsenäisessä ja ryhmätyöskentelyssä käytetään monipuolisesti teknologian luomia mahdollisuuksia. Opiskelumenetelmien valinnassa ja työskentelyn ohjauksessa kiinnitetään huomiota, että tunnustetaan sukupuolisidonnaiset asenteet ja käytänteet ja muutetaan niitä. Lisäksi merkitykselliset oppimiskokemukset innostavat ja sitouttavat opiskeluun. Erilaisten työskentelymahdollisuuksien avulla saadaan opiskelijat kytkemään opiskeltavat tiedot ja taidot sekä kokemuksiinsa että ympäristössä ja yhteiskunnassa esiintyviin ilmiöihin. Opetussuunnitelman perusteiden mukaan on myös tärkeää rohkaista opiskelijoita ratkaisemaan avoimia ja riittävän haastavia tehtäviä, havaitsemaan ongelmia sekä esittämään kysymyksiä ja etsimään vastauksia. (Opetushallitus 2015)

Opetussuunnitelman perusteissa oppimisympäristöjä tarkastellaan opetusmenetelmien tavoin yleisesti, ei mihinkään oppiaineeseen liittyvänä. Koulutuksen järjestäjän tehtävänä on avata ne kunkin aineen opetussuunnitelmaan. Oppimisympäristöjen tulee olla monipuolisia ja niiden tulee rikastuttaa kokemuksia ja edistää opiskelumotivaatiota. Rakennettuja tiloja ja luontoa hyödynnetään niin, että luova ajattelu ja tutkimiseen perustuva opiskelu on mahdollista. Oppimisympäristöjä kehittämällä autetaan myös vuorovaikutusta ja yhdessä oppimista itsenäisen työskentelyn ohella. Erilaisia laitoksia, kuten yliopistoja, tehtaita, tutkimuslaitoksia, ja muita opiskeluympäristöjä, kuten luontoa ja rakennettuja ympäristöjä, hyödynnetään monin tavoin, sillä oppimista tapahtuu mitä moninaiisimmissa tilanteissa ja paikoissa. (Opetushallitus 2015)

6.7.4.6 Arviointi

Kemian opetuksen opiskelija-arvioinnissa pyritään kemian yleisten tavoitteiden saavuttamiseen kurssikohtaisia tavoitteita ja keskeisiä sisältöjä painottaen. Kurssin arviointi, josta opetussuunnitelman perusteet käyttävät nimeä oppimisprosessin aikana annettu arviointi, antaa arvioinnin ja palautteen, joiden tarkoituksena on tukea opiskelijaa kehittämään ja tiedostamaan omaa osaamistaan. (Opetushallitus 2015).

Kunkin kemian kurssin arvosana perustuu monipuoliseen näyttöön, jossa on mukana opiskelijan käsitteellisten ja menetelmällisten tietojen ja taitojen havainnointi. Kemiaallisen tiedon ymmärtämistä ja soveltamista voidaan osoittaa eri

tavoin, mikä tarkoittaa, että erilaisten tuotosten lisäksi voidaan arvioida työskentelyn eri vaiheita, kuten kysymysten muodostamista, ja tutkimisen taitoja. Arvioinnissa otetaan huomioon kokeellisen työskentelyn taidot sekä tiedon hankinnan ja käsittelyn taidot. Näiden tapojen tarkempi määrittäminen jää koulutuksen järjestäjän huoleksi. (Opetushallitus 2015)

Oppimäärän arviointiin opetussuunnitelmanperusteet antavat selkeän normin. Oppimäärän arvosana määräytyy opiskelijan opiskelemien pakollisten ja valtakunnallisten syventävien kurssien kurssiarvosanojen aritmeettisena keskiarvosanana. Opettajille jää kuitenkin mahdollisuus vaikuttaa lopulliseen arviointiin. Paikallisten syventävien, valtakunnallisten soveltavien ja paikallisten soveltavien kurssien pohjalta saadulla lisänäytöllä ja opiskelijan arvioinnista päätävien harkinnan perusteella, mikäli opiskelijan tiedot ja taidot ovat oppiaineen päättövaiheessa kurssiarvosanojen perusteella määräytyvää arvosanaa paremmat, voidaan arvosanaa korottaa. (Opetushallitus 2015)

6.8 Opetussuunnitelmien (ennen 1985) ja opetussuunnitelman perusteiden vertailua

Luvussa 6.8 vertaillaan ennen vuotta 1985 valtiovallan antamien opetussuunnitelmien ja opetussuunnitelman perusteiden tavoitteita keskenään. Vastaavalla tavalla vertaillaan myös sisältöjä, opetusmenetelmiä ja opiskelija-arviointia.

6.8.1 Eri opetussuunnitelmien (perusteiden) tavoitteiden vertailu

Vuoden 1918 opetussuunnitelmassa ei ollut lukion kemian opetuksen tavoitteita, sillä silloin lyseoiden lukusuunnitelman mukaisesti kemiaa opetettiin vain keskikoulun viidennellä luokalla. Kemian opetustavoitteet olivat hyvin ylimalkaiset; voisi jopa ilmaista, ettei niitä ollut ollenkaan. Kuitenkin 1927–1932 toiminut oppikoulukomitea esitti kemian opetusta myös lukioon. Komitean esityksen mukaan kemian opetus olisi ollut pääosin keskikoulun puolella, jolloin olisi tutustuttu havaintojen pohjalta epäorgaanisen kemian alkeisiin ja suppeasti orgaaniseen kemiaan ja Suomen orgaanisen kemian teollisuuteen sekä kotien ja maatalouden kemikaaleihin. Lukion viimeisellä luokalla puolestaan olisi pitänyt syventää fysiikan ja kemian lainalaisuuksia. (Komiteamietintö 1933)

Oppikoulukomitean mietinnön ehdottamat tavoitteet olivat vuoden 1941 kansallisen opetussuunnitelman laadinnan pohjana. Tuon opetussuunnitelman omaperäisin yhteiskunnallinen linjaus oli 1930-luvun lopun jännittyneen ilmapiiirin aiheuttama sodan uhka, jonka seurauksena lukion kemian tavoitteisiin tuli väestösuolelukemian opetus. Ilmeisesti tämä tavoite poistui vähin äänin viimeistään vuoden 1948 lukusuunnitelma-asetuksenannon yhteydessä, todennäköisesti jo heti sodan jälkeen. (Opetusministeriö 1944; Asetus 1948)

Kemian opetus on osa monipuolista yleissivistystä. Siihen liittyvinä käsitteinä luonnontieteellinen ajattelu on kirjattu vähän eri sanoin vuoden 1970 ja sen

päivitettyyn versioon 1975 opetussuunnitelmaan, kurssimuotoisen lukion oppimääräsuunnitelmaan sekä 1985, 1994, 2003 ja 2015 opetussuunnitelman perusteisiin. Toinen käsite on nykyaikainen maailmankuva, joka esiintyy neljässä viimeisessä opetussuunnitelman perusteiden asiakirjassa. Tosin vuoden 1985 perusteissa ilmaisut ovat tulkinnanvaraisia. Vuoden 1970 ja 1975 kansallisessa kemian opetussuunnitelmassa ja 1985 perusteissa kemia ilmaistaan eksaktina luonnontieteenä. (Komiteamietintö 1970; Kouluhallitus 1975, 1985a; Opetushallitus 1994, 2003, 2015)

Kemian opetuksesta saadun kuvan mukainen kemian ja sen sovellusten käsittely ilmenee eri tavoin jokapäiväiseen elämään liitettyinä vuoden 1941 opetussuunnitelman ja vuoden 1981 oppimääräsuunnitelman sekä 1985, 1994, 2003 ja 2015 opetussuunnitelman perusteiden tavoitteista. Teknologia puolestaan esiintyy kaikissa, vaikkakin sana teknologia tulee mukaan vasta 1980-luvulla. Vuoden 1970 opetussuunnitelman tavoitteista teknologian merkitys jää aika hämäräksi. Kemian opetuksen yhteiskunnallinen merkitys löytyy kaikista muista paitsi vuoden 1970 opetussuunnitelmasta, mutta jo vuoden 1975 opetussuunnitelman peruskurssilla on tavoite ”kurssin tehtävänä on antaa opiskelijoille kuva myös siitä, miten kemia voi palvella ihmistä ja nykyaikaista yhteiskuntaa säilyttämällä silti luonnon tasapainon”. Vuosien 1985, 1994, 2003 ja 2015 opetussuunnitelman perusteiden asiakirjoista löytyy vähintään maininta ympäristöasioista. Vuoden 1970 opetussuunnitelma pyrki korostamaan kemian tiederiippuvuutta, mikä näkyi esimerkiksi siinä, että opetussuunnitelma esitti asiat matkien yliopiston kemian ohjelmia. (Opetusministeriö 1944; Komiteamietintö 1970; Kouluhallitus 1975, 1981, 1985a; Opetushallitus 1994, 2003, 2015)

Jatko-opinnot ovat olleet opetussuunnitelman laatijoiden mielessä kaikissa opetussuunnitelmissa ja niiden perusteissa. Varsinaisesti kemian opintoihin ei ole kuulunut kemian ja sitä soveltavien alojen koulutukseen liittyvää ohjausta. Opinto-ohjaajat ovat tehneet tätä ohjausta, mutta se on ollut sattumanvaraista jonkin tietyn aineen kannalta. Vuoden 2015 perusteiden tavoitteisiin on kirjattu kemian opintoihin liitettäväksi kemian opettajalle kuuluva ohjaus. (Opetusministeriö 1944; Komiteamietintö 1970; Kouluhallitus 1975, 1981, 1985a; Opetushallitus 1994, 2003, 2015)

Kestävä tulevaisuus ilmenee vuoden 1985, 2003 ja 2015 opetussuunnitelmanperusteissa. Vuoden 1994 perusteissa vastuunotto on kirjattu yleisemmin ilmaistuna puhuen luontoa ja ympäristöä koskevasta keskustelusta ja päätöksenteosta. Myös uudet ratkaisut ihmisen ja ympäristön turvaamisessa tulevat esiin vuodesta 1981 lähtien. Vuoden 1970 opetussuunnitelmasta tavoitteista lähtien voidaan tulkita kemian myönteisen kuvan välittyminen, vaikka maininnat ovat kiinnostuksen herättämisestä kokemuksiin, jotka ovat mielenkiintoisia. (Opetusministeriö 1944; Komiteamietintö 1970; Kouluhallitus 1975, 1981, 1985a; Opetushallitus 1994, 2003, 2015)

Vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteisiin oli kirjoitettu oppimiskäsityksen muutos, jonka perusteella opiskelija rakentaa tietojaan aikaisemman pohjalle, mutta kemian opetuksen tavoitteisiin saakka se ei päässyt selkeästi. Vuoden

1970 kemian opetussuunnitelman tavoitteissa mainitaan, että edetään aikaisemmin opittujen alkuaineiden ja yhdisteiden avulla, mutta silloin opetussuunnitelma nojautui maailmalla vallalla olleeseen behavioristiseen näkemykseen. Vuosien 2003 ja 2015 opetussuunnitelman perusteissa selkeästi esitetään, että aikaisemmista kokemuksista ja havainnoista edetään ilmiöiden kuvaamiseen ja selittämiseen sekä aineen rakenteen ja reaktioiden mallintamiseen kemian merkikielellä ja matemaattisesti. Toki vuoden 1970 opetussuunnitelman ja 1985 perusteiden tavoitteissa esitetään käytettäväksi mallintamista ja matemaattista käsitteilyä, mutta lähtökohta ei ole konstruktivistinen. (Opetusministeriö 1944; Komiteamietintö 1970; Kouluhallitus 1985a; Opetushallitus 1994, 2003, 2015)

Vuosien 1994, 2003 ja 2015 opetussuunnitelman perusteiden tavoitteista löytyy maininnat ohjauksesta luonnontieteelliseen ajatteluun, tiedonhankintaan, tietojen käyttöön sekä luotettavuuden ja merkityksen arviointiin. Vuoden 1970 opetussuunnitelmassa peräti juurrutetaan luonnontieteelliseen ajatteluun. Vuorovaikutukseen ja ideointiin ohjaus mainitaan uusina tavoitteina vuoden 2015 opetussuunnitelman perusteissa. Tieto- ja viestintäteknologian mainitaan opetussuunnitelman perusteiden tavoitteissa vasta 2003, jolloin sitä pidettiin mallintamisen ja tiedonhakemisen keinona. Kuitenkin jo Leikolan komitea (1989) otti esiin tieto- ja viestintäteknikan työkaluohjelmien tarpeen. Vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteiden menetelmäosassa mainitaan: ”kemian opetusta voidaan monipuolistaa käyttämällä hyväksi tietotekniikkaa mittauksissa, tulosten käsittelyssä, mallien luomisessa, tiedon analysoimisessa ja tulosten raportoinnissa”. Vuoden 2015 perusteiden tavoitteet esittävät tieto- ja viestintäteknologian käyttöön edellisten lisäksi tutkimuksen teon ja tuotosten laatimisen välineenä. (Opetushallitus 1994, 2003, 2015; Komiteamietintö 1989)

Tässä yhteydessä lienee syytä mainita opetus- ja kulttuuriministeriön tiedotteessa 20.10.2015 esitetty ministeri Grahn-Laasosen kannanotto liittyen vuonna 2015 julkaistujen opetussuunnitelman perusteiden tieto- ja viestintäteknologiaan. Hänen esityksensä mukaan uusien oppimisympäristöjen ja uuden oppimisen kehittämisessä yksityisillä yrityksillä on paljon annettavaa julkisen sektorin kehityksen vauhdittajaksi. Lisäksi hän lupasi panostaa opettajimme uudistamalla ja lisäämällä opettajien täydennyskoulutusta. Hän painotti, että kyseessä on suurin yksittäinen panostus koulutuksen uudistamiseksi tulevina vuosina. Uudistuksen lähtökohtana eivät kuitenkaan saa olla pelkät tekniset ratkaisut, vaan oppiminen ja uudenlaisen pedagogiikan kehittäminen. Uudet opetussuunnitelmat vahvistavat koulujen uutta pedagogiikkaa jo syksyllä 2016. Grahn-Laasonen totesi vielä uuden oppimisen merkitsevän isoa muutosta koulutuksemme rakenteisiin ja ajattelutapaan, ja tämä vaatii opettajankoulutuksen uudistamisen vastaamaan digiajan haasteita, sillä korkeasti koulutetut opettajamme tekevät muutoksen luokahuoneissa. (Opetus- ja kulttuuriministeriö 2015).

Kokeellisuus esiintyy vuoden 1970 ja 1975 opetussuunnitelman, 1981 oppimääräsuunnitelman sekä 1985 ja 1994 perusteiden tavoitteissa, mutta syvällisemmin se tuli tavoitteisiin vasta 2000-luvulla, jolloin sen molemmissa opetussuunnitelman perusteissa mainitaan elinympäristön aineiden ja ilmiöiden havainnointi ja tutkiminen. Toisaalta vuoden 2015 opetussuunnitelman perusteissa on

kemian opetuksen lähtökohtana havainnointi ja tutkiminen, joiden tavoitteena on tukea käsitteiden merkityksen sisäistämistä, tutkimustaitojen oppimista, luonnontieteiden luonteen hahmottamista, työskentely- ja yhteistyötaitoja, luovaa ja kriittistä ajattelua sekä innostusta kemian opiskeluun. Kemian opiskeluun innostaminen kokeellisen työskentelyn avulla ilmenee myös vuoden 1994 ja 2003 perusteiden tavoitteista. Kokeellisen työskentelyn työturvallisuus esiintyy vasta 2000-luvun opetussuunnitelmien perusteiden tavoitteissa. (Komiteamietintö 1970; Kouluhallitus 1975, 1981, 1985a; Opetushallitus 1994, 2003, 2015)

Kemian opetuksen tavoitteet opiskelijan osaamisen kannalta ovat muun muassa osaamisen tunnistaminen, omien tavoitteiden asettaminen, oppimishaasteet ja opiskelustrategiat, joista kolme viimeistä esiintyy vain 2015 opetussuunnitelman perusteissa, mutta ensimmäisen voidaan tulkita esiintyvän myös 1981 oppimääräsuunnitelmassa, 1985, 1994 ja 2003 perusteissa. Näissä osaaminen on kuvattu yksityiskohtaisemmin. Tavoite ”saa mahdollisuuksia perehtyä kemian soveltamiseen monipuolisissa tilanteissa kuten luonnossa, elinkeinoelämässä, järjestöissä tai tiedeyhteisöissä” on vuoden 2015 opetussuunnitelman perusteista. Luonto tai ympäristö ilmenee myös vuoden 1975 opetussuunnitelman ja 1981 oppimääräsuunnitelman sekä vuoden 1985, 1994 ja 2003 perusteiden tavoitteissa. Laajasti ottaen jo vuoden 1941 opetussuunnitelmassa mainitaan, että kemian opetus tutustuttaa opiskelijan omakohtaisiin havaintoihin perustuen tärkeimpiin luonnossa, kotona, maataloudessa ja teollisuudessa esiintyviin alkuaineisiin, kemiallisiin yhdisteisiin ja kemiallisiin ilmiöihin. Elinkeinoelämä, joka sisältää muun muassa teollisuuden ja maatalouden, on näin ollen mukana myös 1941 opetussuunnitelman tavoitteissa. Vapaaehtoistyö ei näyttäydy tavoitteissa ennen vuoden 2015 opetussuunnitelman perusteita. Esimerkiksi IB-lukiassa (International Baccalaureate) tällainen on kuulunut ohjelmaan jo pitkän ajan. Tämän mukaan jokaisen opiskelijan on osallistuttava CAS-toimintaan (Creativity, Action and Service). CAS-toimintaan kuuluu taiteellisia harrastuksia, liikuntaa ja yhteiskuntapalvelua (Opetusministeriö 2007). Vuoden 2015 opetussuunnitelman perusteissa on lueteltu lukion ulkopuolisina oppimisympäristöinä yliopistot ja korkeakoulut ensimmäistä kertaa. (Opetusministeriö 1944; Kouluhallitus 1975, 1981, 1985a; Opetushallitus 1994, 2003, 2015)

Opiskelijan kokeellisuuteen liittyvien taitojen kehittymistä mittaavien tavoitteiden osalta vuoden 1994, 2003 ja 2015 opetussuunnitelman perusteet esittävät, että opiskelijat osaavat suunnitella kokeellisia töitä ja toteuttaa niitä turvallisesti sekä käsitellä, tulkita, esittää ja arvioida tuloksia. Vuoden 2015 perusteet lisäävät edelliseen luetteloon tutkimusprosessien arvioinnin. Opiskelijan taidot kysymysten tekoon ja niiden edelleen kehittämiseen ovat mukana vuoden 2015 perusteissa, kun on kyse tutkimuksen teosta, mutta kun on kyse ongelmanratkaisusta mukaan tulevat myös vuoden 2003 perusteet. Mallit ja mallintaminen liittyvät ilmiöiden kuvaamiseen, selittämiseen ja ennusteiden tekemiseen. Viimeiset opetussuunnitelman perusteet sisältävät näistä jokaisen tavoitteen, kun puolestaan mallien avulla kuvaaminen ja selittäminen voidaan löytää jo vuoden 1970 opetussuunnitelmasta lähtien. Vuoden 1985 opetussuunnitelman perusteiden tavoitteissa puhutaan tosin elektroniparven rakenteesta, mutta ei mainita

mallia. (Komiteamietintö 1970; Kouluhallitus 1975, 1981, 1985a; Opetushallitus 1994, 2003, 2015)

Vuodesta 1985 lähtien opetussuunnitelman perusteiden tavoitteena on ollut, että opiskelija osaa käyttää tietolähteitä. Sen sijaan 2015 opetussuunnitelman perusteissa mainitaan kriittinen arviointi kemian tietojen avulla. Tosin aikaisemminkin on mainittu, että osaa arvioida tietoa kuten vuosien 1985, 1994 ja 2003 perusteissa. Johtopäätösten ja näkökulmien ilmaiseminen esiintyy perusteissa vuodesta 1985 lähtien. Opiskelijoiden käsitysten jäsentely kemian käsitteiden avulla esiintyy vuoden 1981 oppimääräsuunnitelman sekä vuoden 1985, 1994 ja 2015 opetussuunnitelman perusteiden tavoitteissa liittyen jokapäiväiseen elämään, ympäristöön, yhteiskuntaan ja teknologiaan. Toisaalta voidaan tulkita, että 2003 perusteissa pyritään tähän jäsentelyyn vaikkakin hieman eri tavoin ilmaistuna. Vuoden 1941 opetussuunnitelmassa käsittäminen on ilmaistu ylimalkaisesti ”antaa käsitys kemian keskeisimmistä laeista ja teorioista”. Vuoden 1970 opetussuunnitelmassa ilmaisu ”oppilaiden tutustuttaminen teoriomalleihin ja niiden käyttöön” ja/tai ”antaa oppilaille taito soveltaa itsenäisesti kemian käsitteitä ja lakeja yksittäisiin tapauksiin” voisivat sivuta käsitysten jäsentelyä. Vastaavanlainen ilmaisu huomataan myös 1975 opetussuunnitelmasta. (Opetusministeriö 1944; Komiteamietintö 1970; Kouluhallitus 1975, 1981, 1985a; Opetushallitus 1994, 2003, 2015)

Opiskelijan taito arvioida kemian ja sen teknologian merkitystä, joka liittyy yksilöön ja yhteiskuntaan, esiintyy varsin selkeästi tavoitteissa vuoden 1985 perusteista lähtien. Vuoden 2003 perusteiden tavoiteilmaus ”osaa käyttää kemiallista tietoa kuluttajana terveyden ja kestäväen kehityksen edistämisessä sekä osallistuttaessa luontoa, ympäristöä ja teknologiaa koskevaan keskusteluun ja päätöksentekoon” voidaan tulkita, vaikka siinä ei olekaan suoraan merkityksestä kyse, mutta täytyy hallita merkitys, jos osallistuu keskusteluun ja erityisesti päätöksen tekoon. Vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteissa myöskään tavoitteet eivät suoranaisesti esitä kemian ja sen teknologian arviointia, mutta niissäkin muutamat ilmaukset puoltavat tämän kohdan hyväksymistä. Ainoastaan vuoden 2015 opetussuunnitelman perusteiden tavoitteissa voidaan todeta, että opiskelijan tulee ”ymmärtää luonnontieteellisen tiedon luonnetta ja kehittymistä sekä tieteellisiä tapoja tuottaa tietoa”. (Opetusministeriö 1944, Kouluhallitus 1985a; Opetushallitus 1994, 2003, 2015)

Omaakohtaiset kokemukset liitettynä peruskäsitteisiin voidaan löytää vuosien 1941, 1970 ja 1975 opetussuunnitelman ja 1981 oppimääräsuunnitelman sekä vuosien 1985, 1994, 2003 ja 2015 opetussuunnitelman perusteiden tavoitteista. Omaakohtaiset havainnot tavoitteissa löydetään vuoden 1941 opetussuunnitelmassa sekä vuosien 1994, 2003 ja 2015 perusteissa. Kiinnostuksen herättäminen puuttuu vain vuoden 1985 opetussuunnitelman perusteiden tavoitteista. Yrittäjäjyys sisältyy vuoden 1941 opetussuunnitelman sekä vuosien 2003 ja 2015 perusteiden tavoitteisiin. Tavoite, joka kuvaa opiskelijan saamia kokemuksia syventämään kiinnostusta kemiaa ja sen opiskelua kohtaan, havaitaan vuoden 1985 opetussuunnitelman perusteista lähtien. Kemia ja yhteiskunta -vuorovaikutus eri ta-

voin ilmaistuna esiintyy jokaisessa opetussuunnitelmassa tai kaikissa opetussuunnitelman perusteissa lukuun ottamatta vuoden 1970 opetussuunnitelmaa, jota voidaan pitää tavoitteiltaan ”yliopistomaisimpana”. Kokeellisen toiminnan toteuttaminen turvallisesti on tavoitteena vuodesta 1994 lähtien. (Opetusministeriö 1944; Komiteamietintö 1970; Kouluhallitus 1975, 1981, 1985a; Opetushallitus 1994, 2003, 2015)

Aineiden ominaisuuksien käyttö ja soveltaminen jokapäiväisen elämän ja luonnon ja ympäristön ilmiöihin esiintyvät vuoden 1941 opetussuunnitelman sekä kaikkien opetussuunnitelman perusteiden tavoitteissa. Aineiden ominaisuuksien päättely rakennemallien avulla näkyy tavoitteissa vuoden 1970 opetussuunnitelmasta lähtien. Puolestaan jaksollisen järjestelmän käyttö nimettynä siihen on mukana vasta vuoden 1985 opetussuunnitelman perusteista alkaen ja muut tietolähteet löytyvät vuosien 2003 ja 2015 perusteista. Aineiden ominaisuuksien ja rakenteen välisen riippuvuuden tutkiminen kokeellisesti esiintyy vasta vuosien 2003 ja 2015 perusteiden tavoitteissa. Orgaanisiin yhdisteisiin ja myös ainemäärään liittyvien käsitteiden käyttö ja soveltaminen näkyvät jokapäiväisen elämän ja ympäristön ilmiöissä kaikkien opetussuunnitelman perusteiden tavoitteissa. Aikaisemmissa opetussuunnitelmissa näitä ei ole ilmaistu selvästi. Edellä mainittujen käsitteiden käyttö ja soveltaminen yhteiskunnan ja teknologian ilmiöihin esiintyy yhteiskunnan osalta 1994, 2003 ja 2015 perusteissa ja teknologian osalta kaikissa. (Opetusministeriö 1944, Komiteamietintö 1970; Kouluhallitus 1975, 1981, 1985a; Opetushallitus 1994, 2003, 2015)

Kemiallisen tiedon rakentuminen kokeellisen toiminnan ja mallintamisen kautta tulee esille vuosien 2003 ja 2015 perusteiden tavoitteissa, mutta jo vuoden 1970 opetussuunnitelman tavoitteissa on maininnat ”oppilaiden tutustuttaminen kokeellisiin menetelmiin”, joka mainitaan myös 1975 opetussuunnitelmassa, ja ”oppilaiden tutustuttaminen teoriomalleihin ja niiden käyttöön”. Näiden mainintojen takana ei liene kyseessä varsinainen tiedonrakentaminen nykykäsitteiden mielessä. (Opetusministeriö 1944, Komiteamietintö 1970; Kouluhallitus 1975, 1981, 1985a; Opetushallitus 1994, 2003, 2015)

Reaktiot, niiden tasapainot ja kinetiikka, materiaalit sekä sähkökemian noudattavat pääasiassa edellisessä kappaleessa esitettyä. Materiaalit ja teknologia ovat mukana jokapäiväisen elämän kannalta vuoden 2015 perusteissa nimenomaan niihin liittyvien käsitteiden käytön ja soveltamisen osalta. Vuoden 1941 tavoitteissa kuvaillaan teollisuutta ja materiaaleja jokapäiväisen elämän ja yhteiskunnan näkökulmasta. Tavoite ei ole kovin syvälinen. Ympäristön kannalta tavoite esiintyy kaikissa perusteissa, kun puolestaan yhteiskunta näkyy kolmessa viimeisessä asiakirjassa ja, kuten jo mainittu, vuoden 1941 opetussuunnitelmassa. Tasapainon käsitteiden käyttö- ja soveltaminen teknologian osalta on kaikkien opetussuunnitelman perusteiden tavoitteissa, missä vahvemmin ilmaistuna missä heikommin. Ympäristön kannalta voidaan tulkita tämän tavoitteen esiintyvän 2003 ja 2015 tavoitteissa. Yhteiskunnan osuus tulee esille selvimmän vuosien 1994 ja 2015 perusteissa. Vuoden 2015 tavoitteissa oleva tavoiteilmaus ”osaa käyttää laskennallisia ja graafisia malleja reaktionopeuden ja kemiallisen tasapainon kuvaamisessa, selittämisessä ja ennusteiden tekemisessä” voidaan havaita

laskemisen, kuvaamisen ja selittämisen osalta jo vuoden 1970 opetussuunnitelman ja 1985 sekä 2003 perusteiden tavoitteista, mutta 1994 tavoitteet esittävät reaktiot ylimalkaisemmin. (Opetusministeriö 1944, Komiteamietintö 1970; Kouluhallitus 1985a; Opetushallitus 1994, 2003, 2015).

6.8.2 Sisältöjen vertailu

Vuoden 1918 opetussuunnitelmassa kemian opetus oli määrätty tapahtuvaksi ainoastaan keskikoulun viidennellä luokalla. Vuoden 1941 opetussuunnitelman sisällöt jätettiin aika avoimeksi, jotta oppikirjojen tekijöille jäi vapaat kädet, kuten opetussuunnitelman yleisessä osassa mainittiin (Opetusministeriö 1944). Seitsemän ja kahdeksannen luokan sisällöt olivat seuraavia:

1. Syvennetään, kerrataan ja laajennetaan aikaisemmin luettua epäorgaanista kemiaa.
2. Laajentamisen yhteydessä esitetään yleisen ja fysikaalisen kemian keskeisiä kohtia.
3. Yhtenäisempi orgaanisen kemian oppimäärä, jossa kiinnitetään huomiota kotimaisen teollisuuden tärkeimpiin aloihin.
4. Syventävä kertaus, joka sisältää luonnonilmiöiden lainalaisuudet.
5. Korostetaan fysiikkaa ja kemiaa yhdistäviä seikkoja.

Puolestaan vuoden 1994 opetussuunnitelmanperusteita laadittaessa sisällöt esitettiin ylimalkaisesti, koska tarkoitus oli jättää tilaa, ei niinkään oppikirjan tekijöille, vaan opettajille, jotta he voisivat laatia kunnalliset tai paikalliset opetussuunnitelmat mahdollisimman omaleimaisiksi (Opetushallitus, 1994). Sisällöt olivat seuraavat:

Pakollinen kurssi:

Kemian sovelluksia ja merkitystä, jotka esimerkiksi liitetään muutamaaan teemaan: tärkeiden aineiden kierto luonnossa tai energiantuotanto, kokeellisen työskentelyn ja tiedonhankinnan ja -käsittelyn taidot.

Syventävät kurssit:

Elämän kemia

Orgaaninen kemia ja elollisen luonnon alkuaineita, yhdisteitä ja reaktioita

Kemian elementit

Aineiden ominaisuuksia ja reaktioita sekä reaktioiden tutkiminen reaktioyhtälöiden avulla ja myös kvantitatiivisesti

Tutkimus, teknologia ja ympäristö

Reaktiokinetiikkaa ja tasapainoja sovelluksineen: teollisuusprosessit ja ympäristö
Nykyaikainen kemian teknologia ja erilaiset tutkimusmenetelmät

Kemian merkitys on otettu huomioon sisällöissä jatko-opintojen, teknologian, yhteiskunnan, kestävän tulevaisuuden ja ympäristön kannalta vuosien 1985 ja 2015 opetussuunnitelman perusteissa, kuten myös 1981 oppimääräsuunnitelmassa. Vuoden 1994 perusteissa kemian merkitys on ilmaistu yleisemmin, kuten voidaan todeta edellisestä kappaleesta, mutta vuosien 1941, 1970 ja 1975 opetussuunnitelman sekä 2003 perusteiden sisällöissä sitä ei ole ilmaistu juuri ollenkaan. Vuoden 2015 opetussuunnitelman perusteissa on mainittu lisäksi työelämä ja energiaratkaisut. Sen sisällöissä tulee myös esille kemian merkitys hyvinvoinnin ja terveyden kannalta, mikä on ollut aiemmin vain tavoitteissa. (Opetusministeriö 1944; Komiteamietintö 1970; Kouluhallitus 1975, 1985a; Opetushallitus 1994, 2003, 2015).

Kokeellisuus on mainittu aiemmin 1994 opetussuunnitelman perusteissa ylimalkaisesti, mutta 2015 perusteiden sisällöissä on tarkka luettelo, mitä kokeellisuudesta halutaan opettaa, esimerkiksi työturvallisuus, havainnointi, työvälineiden ja reagenssien käyttö, analyysimenetelmiä, tulosten käsittely ja tulkinta, esittäminen sekä tutkimuksen tai ongelmanratkaisun ideointi ja suunnittelu. (Opetushallitus 1994, 2015)

Vuodesta 1970 lähtien atomin elektronirakenne, jaksollinen järjestelmä, kemiallinen kemialliset sidokset vahvoine ja heikkoine sidoksineen, aineiden rakenteet ja ominaisuudet, stoikiometria, reaktiotyypit ja mekanismit, kemiallisen reaktion sovellukset sekä joidenkin alkuaineiden vety- ja happiyhdisteet ovat näkyneet opetussuunnitelman ja perusteiden sisällöissä erilaisilla painotuksilla esitettyinä. Vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteet esittivät sisällöt hyvin yleisellä tasolla. Kuitenkin tavoitteiden saavuttamisen näkökulmasta piti paikallisiin opetussuunnitelmiin valita sopivat aiheet niihin pääsemiseksi. Tehdyssä seurannassa saatiin kritiikkiä, ettei opiskelijoiden oikeusturva toteutunut (Opetushallitus 2000). Ominaisuuksien selittämistä rakenteiden avulla on käytetty vaihtelevasti eri suunnitelmissa. (Komiteamietintö 1970; Kouluhallitus 1975, 1981, 1985a; Opetushallitus 1994, 2003, 2015)

Vuoden 1941 opetussuunnitelman orgaanisen kemian sisällöt eivät vastanneet myöhemmissä opetussuunnitelmissa ja niiden perusteissa esitettyjä. Vuodesta 1970 lähtien orgaanisen kemian sisällöt lukuun ottamatta vuoden 1994 perusteita on ilmaistu vaihtelevan tarkasti. Orgaaniset yhdisteet, kuten hiilivetyjen, happiyhdisteiden ja tyyppiyhdisteiden mallintaminen, avaruusrakenne ja isomeria, orgaanisten yhdisteiden ominaisuuksien selittäminen rakenteen (hybridisointumisen) avulla on vaadittu käsiteltäväksi hyvin tarkasti tai ainoastaan esimerkein. Samalla tavalla on menetelty reaktioiden ja sovellusten, reaktiotyyppien ja mekanismien sekä suhdekaavan, molekyylikaavan ja rakennekaavan yhteydessä. Kuten jo edellisessä kappaleessa todettiin, vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteiden sisältöjen jättäminen yleiselle tasolle aiheutti oikeusturvaongelman. (Opetusministeriö 1944; Komiteamietintö 1970; Kouluhallitus 1975, 1981, 1985a; Opetushallitus 1994, 2003, 2015)

Yleisen ja fysikaalisen kemian osalta vuoden 1941 opetussuunnitelma toteaa niiden keskeisten kohtien käsittelyn. Puolestaan vuoden 1994 opetussuun-

nitelman perusteet kertoo ainakin yhden fysikaalisen kemian osa-alueen muka-naolon, nimittäin kinetiikan. Kaikissa muissa opetussuunnitelmissa ja opetus-suunnitelman perusteissa yleisen ja fysikaalisen kemian sisällöt esitetään ilmiöi-den, käsitteiden ja sovellusten huomattavasti yksityiskohtaisempaan luettelona. Sisällöissä esitetään käsiteltäväksi energiamuutokset kemiallisissa reaktioissa, ai-nemäärä, pitoisuus ja erilaiset seokset, kaasujen ominaisuudet ja tilanyhtälö, ha-
 pettuminen ja pelkistyminen, hapettumisluvut, sähkökemian keskeiset periaat-teet, jotka sisältävät jännitesarjan ja elektrodipotentialit sekä sähköparit ja elekt-
 rolyysin sovelluksineen, ja reaktiokinetiikka, jonka voidaan katsoa sisältävän re-
 aktionopeuden ja siihen vaikuttavat tekijät, kemiallisen tasapainon, siihen vai-
 kuttamisen ja siihen liittyvän matemaattisen käsittelyn, happo-emästasapainon
 sekä vahvat ja heikot protolyytit, puskuriliuokset ja laskut. Liukoisuustulo ei ol-
 lut vielä vuoden 1970 opetussuunnitelman sisällöissä ja se on jätetty kokonaan
 pois 2015 perusteista. Vuoden 2015 opetussuunnitelman perusteisiin on kirjattu
 energiaan liittyvinä asioina muun muassa Hessin laki ja sidosenergia sekä tasa-
 painoihin liittyvänä graafiset esitykset ja matemaattinen käsittely. Energian hä-
 viämättömyys puolestaan on mukana vuoden 1970 opetussuunnitelman sisäl-
 löissä sekä vuosien 1985 ja 2015 opetussuunnitelman perusteissa. (Opetusminis-
 teriö 1944; Komiteamietintö 1970; Kouluhallitus 1975, 1981, 1985a; Opetushallitus
 1994, 2003, 2015)

6.8.3 Opetusmenetelmien vertailu

Vuoden 1941 opetussuunnitelma perustui suomalaiseen versioon herbatilaisesta pedagogiikasta (Soininen 1929, 1932), johon oli otettu vaikutteita lähinnä saksalaisista opetuksen reformiliikkeistä (Kiuasmaa 1982). 1970-luvun opetussuunni-
 telmissa oli 1960- ja 1970-luvun vahvan kansainvälisen suuntauksen mukaisesti
 behavioristinen tausta (Herrstein 1977; Greeno 1990). Vuoden 1985 opetussuun-
 nitelman perusteet nojautuivat tavoiteoppimisen teoriaan, jonka pohjana olivat
 tavoitehierarkiat ja taksonomiat (esim. Bloom 1968). Vuosien 1994, 2003 ja 2015
 opetussuunnitelman perusteiden lähtökohtana ovat konstruktivistinen oppimis-
 käsitys sekä opetukselle ja oppimiselle asetetut tavoitteet.

Vuoden 1941 opetussuunnitelma korosti induktiivista lähestymistapaa, jossa opiskelijoiden kokemuksista ja oppilastöistä tai demonstraatioista edetään yleiseen näkemykseen. Kuitenkin lukioasteella voitiin myös käyttää deduktiivista menetelmää, kun opetettava asia perustui opiskelijoiden aiemmin oppimiin asioihin. Toisaalta oli myös pyrkimyksenä tutustuttaa opiskelijat tähän lähestymistapaan. Induktiivinen menetelmä esiintyi myös 1970-luvun opetussuunnitelmissa, vuoden 1981 oppimääräsuunnitelmassa ja myöhemmissä opetussuunnitelman perusteissa, vaikkakin se ilmaistiin tarkemmin toiminnan termein. Lähtökohtana oli esimerkiksi demonstraatiosta tai oppilastyöstä tai luonnosta saatu havainto tai mittauksen tulos, sen tulkinta, mallintaminen ja lopullinen johtopäätös. Myöskään deduktiivista lähestymistapaa ei suoranaisesti mainita myöhemmissä opetussuunnitelmissa ja opetussuunnitelman perusteissa, mutta niissä monissa esiintyy sanonta, että työtapaa valitaan tunnin aiheen mukaan ja se voi näin ollen olla esimerkiksi luennoiva tai esittävä, jolloin ei voida rajata pois

deduktiivista lähestymistapaa. (Opetusministeriö 1944, Komiteamietintö 1970; Kouluhallitus 1975, 1981, 1985a; Opetushallitus 1994, 2003, 2015)

Vuoden 1970 opetussuunnitelman tavoitteissa esitetään, että ”edetään aikaisemmin opittujen alkuaineiden ja yhdisteiden avulla”. Monipuolisten opetus- ja opiskelumenetelmien käyttö esiintyi vuoden 1981 oppimääräsuunnitelmassa ja 1985 opetussuunnitelman perusteissa. 1994 perusteet esittivät korostetusti kokeellisen lähestymistavan käyttämistä unohtamatta vuorovaikutusta ja keskustelua, jotka parantavat käsitteiden hahmottamista, omaksumista ja luonnontieteellisen tiedon jäsentymistä. Vuodesta 1994 alkaen ohjaus on kuulunut opetussuunnitelman perusteiden sanastoon. Vuoden 2003 perusteiden menetelmäosassa määritellään, että opiskelijoita tulee ohjata tiedostamaan, arvioimaan ja tarvittaessa korjaamaan omaa työskentelytapaansa. Opetuksessa on myös otettava huomioon, että opiskelijoiden kyky opiskella itsenäisesti vaihtelee ja että he tarvitsevat eri tavoin opettajaa opiskelunsa ohjaajana. Opiskelijoiden yksilöllisyyden ja erilaisuuden vuoksi opetus- ja opiskelumuotojen tulee olla monipuolisia. Vuoden 2015 opetussuunnitelman perusteissa esitetään, että oppiminen on monimuotoista ja sidoksissa aiemmin hankittuun osaamiseen, joka on saatu monipuolisten opetus-, ohjaus- ja opiskelumenetelmien avulla. Ohjauksen tulee olla selkeästi aineen opetukseen liittyvää. (Opetusministeriö 1944, Komiteamietintö 1970; Kouluhallitus 1985; Opetushallitus 1994, 2003, 2015)

”Oppiminen on sidoksissa aiemmin opittuun” on eri tavoin ilmaistuna esiintynyt vuoden 1970 opetussuunnitelmassa ja opetussuunnitelman perusteissa vuodesta 1994 lähtien. Vuoden 1985 perusteissa puolestaan annetaan menetelmällinen vapaus, mutta ei ole vielä siirrytty konstruktivistiseen oppimiskäsitykseen, jonka mukaan opiskelija työstää oman tietorakennelmansa, ja jonka perustana ovat aiemmin opitut tiedot. (Opetusministeriö 1944, Komiteamietintö 1970; Kouluhallitus 1985a; Opetushallitus 1994, 2003, 2015)

Vuoden 1941 suunnitelmassa mainitaan fysiikan ja kemian integraatio. Vuosien 1970 ja 1975 opetussuunnitelmissa mainitaan myös integrointi biologiaan ja vuoden 1981 oppimääräsuunnitelmassa korostetaan oppiaineiden välistä integrointia laajemmin, joten kyseessä ei ole mikään uusi keksintö. Vuosien 1985, 1994 ja 2003 opetussuunnitelman perusteiden menetelmien valinnassa otetaan huomioon kemiassa edellytetty käsitteellinen ja menetelmällinen osaaminen samoin kuin integraatio. Vuoden 2015 opetussuunnitelman perusteiden mukaan menetelmällisillä ratkaisuilla voidaan rakentaa kokonaisuuksien hallintaa ja oppiainerajat ylittävää osaamista. (Opetusministeriö 1944; Komiteamietintö 1970; Kouluhallitus 1975, 1981, 1985a; Opetushallitus 1994, 2003, 2015)

Kokonaisuuksien hallintaan pyritään tutkimisen ja ongelmanratkaisun avulla. Tutkimuksellisuus ei ole aivan vuoden 2015 opetussuunnitelman perusteissa esitetyn mukaisena ollut aikaisemmin esillä. Ongelmanratkaisu esiintyy vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteissa. Tutkimiseen ja ongelmanratkaisuun perustuvat menetelmät kehittävät oppimaan oppimista sekä luovaa ja kriittistä ajattelua. Vuoden 1994 perusteiden menetelmäosassa esiintyy havaintojen ja tietojen kriittinen arviointi, jonka voisi tulkita olevan yhteydessä kriittisen ja

luovan ajattelun kehittymiseen. Oppimaan oppiminen on kuulunut opetussuunnitelman perusteisiin vuodesta 1994 lähtien. Sitä ei ole kuitenkaan selvästi mainittu, vaikka se kuuluu konstruktivistisen oppimiskäsityksen periaatteisiin (vrt. luku 2.2.6). Opetus- ja opiskelumenetelmien tarkoituksena on edistää aktiivista työskentely- ja yhteistyötaitojen kehittymistä, joka on otettu huomioon vuodesta 1994 lähtien. (Opetusministeriö 1944; Komiteamietintö 1970; Kouluhallitus 1975, 1981, 1985a; Opetushallitus 1994, 2003, 2015)

Vuoden 1941 opetussuunnitelman metodiosassa on oppiaineen valintaan liittyvä ilmaisu ”oppiaineen valinnassa pidetään huolta, että käsiteltävät kysymykset ovat käytännöllisessä metodisessa ja tieteellisessä suhteessa mielenkiintoisia ja tärkeitä”. Vuoden 1994 perusteissa puolestaan paneudutaan opiskelijan omiin kokemuksiin ja muuten mielenkiintoisiin kohteisiin. Vuoden 2003 opetussuunnitelman perusteissa ehdotetaan, että opiskelijoille tulee antaa tilaisuuksia kokeilla ja löytää omalle oppimistyylilleen sopivia työskentelymuotoja. ”Merkitykselliset oppimiskokemukset sitouttavat ja innostavat opiskeluun” on suora lainaus vuoden 2015 opetussuunnitelman perusteista. Näissä kaikissa on jotain samaa, mutta ne eivät kuitenkaan vastaa täysin toisiaan. (Opetusministeriö 1944; Komiteamietintö 1970; Kouluhallitus 1975, 1981, 1985a; Opetushallitus 1994, 2003, 2015)

Jo vuoden 1941 opetussuunnitelmassa esitetään, että opiskelijoita aktivoidaan kokeellisten töiden yhteydessä tekemään huomautuksia ja tiedusteluja. Vuoden 1970 opetussuunnitelma ei kerro mitään opiskelijoiden toiminasta, mutta kylläkin kysymyksistä, joita asetetaan opiskelijoiden vastattavaksi. Ongelmälähtöisyys ilmenee jo vuosien 1994 ja 2003 perusteiden menetelmäosasta. Sitä kuvaa myös vuoden 2015 opetussuunnitelman perusteiden menetelmäosasta otettu suora lainaus ”Opiskelijoita rohkaistaan ratkomaan avoimia ja riittävän haastavia tehtäviä, havaitsemaan ongelmia sekä esittämään kysymyksiä ja etsimään vastauksia.” (vrt. luku 2.3.6.1) (Opetusministeriö 1944; Komiteamietintö 1970; Kouluhallitus 1981, 1985a; Opetushallitus 1994, 2003, 2015)

Vuoden 1941 opetussuunnitelman mukaan pyrittiin tekemään teollisuusvierailuja tehtaisiin, joiden toiminta valaisee käsiteltävää kurssia. Vierailut valmisteltiin huolella, jotta opiskelijoilla olisi tarvittavia ennakkotietoja. Vierailuista kirjoitettiin raportit, jotta opiskelijat saatiin tekemään huolellisesti havaintoja. 1970 ja 1975 opetussuunnitelmissa ei informoitu mitenkään koulun ulkopuolelle menosta. Koulun ulkopuolisia opintokäyntejä ja muuta toimintaa, kuten kenttäkokeita, löydetään vuosien 1985a, 1994 ja 2003 opetussuunnitelman perusteista. ”Tavoitteena on, että opiskeluympäristöt ovat monipuolisia ja että ne rikastuttavat opiskeluun liittyviä kokemuksia ja edistävät opiskelumotivaatiota.” Edellinen on lainaus vuoden 2015 opetussuunnitelman perusteiden menetelmä- ja toimintaympäristöosasta, jossa kerrotaan, että käytettäessä monipuolisia opiskeluympäristöjä saadaan myönteisiä oppimiskokemuksia, jotka puolestaan lisäävät opiskelumotivaatiota. (Opetusministeriö 1944; Komiteamietintö 1970; Kouluhallitus 1975, 1981, 1985a; Opetushallitus 1994, 2003, 2015)

Vuodesta 1941 lähtien menetelmäosassa mainitaan empiirinen tutkimusote. Aina vuoden 1981 oppimääräsuunnitelmaan saakka korostettiin demonstraatioiden olevan pääasiallinen havainnointikeino. Huolimatta siitä, että niin opetussuunnitelmissa kuin oppimääräsuunnitelmassa kuvattiin oppilastöitä hyvinkin tarkasti esittäen työehdotuksia, miten ne pitäisi suorittaa, niiden tekemistä laistettiin muun muassa taloudellisista syistä. Demonstraatioita oli helpompi toteuttaa, koska tarvittiin vain yhdet välineet. Kuitenkin oli monia huomioon otettavia asioita: niiden piti olla yksinkertaisia ja nopeita suorittaa, niistä piti saada näkymään juuri oikea asia, ne piti valmistella hyvin ja niin edelleen. Sekä demonstraatioiden että oppilastöiden merkitys oli tutkittavan ilmiön havainnollistamisessa, mutta uudemmissa opetussuunnitelman perusteissa niille voidaan asettaa laajemmin tehtäviä, sillä eri tavoitteita varten tarvitaan luonteeltaan erilaista kokeellisuutta (luvut 4.2. ja 4.3). Näin ollen demonstraatioiden, oppilastöiden tai muun kokeellisuuden tehtävänä voi olla myös käsitteen tai erilaisten taitojen oppiminen, luonnontieteiden luonteen oivaltaminen tai asenteisiin ja motivaatioon vaikuttaminen. (Opetusministeriö 1944; Komiteamietintö 1970; Kouluhallitus 1975, 1981, 1985a; Opetushallitus 1994, 2003, 2015)

Vuoden 1970 opetussuunnitelmasta lähtien on puhuttu mallien käytöstä. Vaikka 1985, 2003 ja 2015 opetussuunnitelman perusteet antoivat opettajille menetelmällisesti vapaat kädet, perusteiden tavoitteet sisälsivät kuitenkin mallin käsitteen. 2000-luvulle siirryttäessä mallintaminen on jalostunut niin, että malliin päädytään suunnittelun ja toteutuksen kautta, jolloin prosessiin kuuluu ongelmanratkaisua, johtopäätösten tekoa, testausta, sekä tulosten kriittistä arviointia. 1990-luvulta lähtien tieto- ja viestintekniikan käyttö on koko ajan lisääntynyt ja löytänyt uusia kohteita. (Opetusministeriö 1944; Komiteamietintö 1970; Kouluhallitus 1975, 1981, 1985a; Opetushallitus 1994, 2003, 2015)

6.8.4 Opiskelija-arvioinnin vertailu

Vuoden 1941 opetussuunnitelmassa ei käsitellä ollenkaan arviointia, mikä ei liene kovinkaan yllättävää, sillä Hannu Simolan (2002) mukaan ennen toista maailmansotaa suomalaisen kansanopetuksen oppilasarviointi – esimerkiksi koearvosanojen ja todistusten muodossa – oli varsin epäyhtenäistä. Se perustui lähinnä kunkin opettajan omiin periaatteisiin ja ratkaisuihin. Kuitenkin 1943 Kouluhallitus antoi ohjeet kansakoulun oppilasarvostelun yhtenäistämistä. (Simola 2002) Nämä olivat kansanopetuksen ohjeita, mutta niitä lienee sovellettu myös oppikoulussa. Näin mentiin 1950- ja 1960-luku. (Opetusministeriö 1944)

Vuoden 1970 kemian opetussuunnitelmassa arvioinnista esitetään, että sen tarkoituksena on opetuksen onnistumisen toteaminen ja täsmällisen materiaalin saaminen opiskelijan arvostelua varten. Vuoden 1975 opetussuunnitelman päivityksessä lisättiin, että arviointi on osa opetusta ja sen tarkoituksena on palvella ensisijaisesti opiskelijaa. Arvioinnin esitettiin olevan toteavaa, motivoivaa, ohjaavaa ja ennustavaa. Vuosien 1985 ja 1994 opetussuunnitelmanperusteissa arviointi käsiteltiin yleisesti yhtenä kokonaisuutena, ei yksin mihinkään oppiaineeseen kohdistuvana. (Komiteamietintö 1970; Kouluhallitus 1975, 1981, 1985a; Opetushallitus 1994)

Vuoden 1985 opetussuunnitelman perusteissa arvioinnista kerrotaan muun muassa, että opiskelijan ”arvostelun” tulee tukea lukion tavoitteiden saavuttamista ja edistää niiden mukaista työskentelyä. Sen avulla saatava palaute on välttämätöntä sekä opiskelijan että opettajan työlle, mutta sen osuus tulee pitää kohtuullisena, ja arvioinnin tulee myös olla luotettavaa ja oikeudenmukaista. Lisäksi arvioinnissa tulee pyrkiä kannustavuuteen ja opiskelijamyönteisyyteen, sen tulee riittävän monipuolisesti pohjautua eri tavoin annettuun näyttöön ja erityisesti tulee kiinnittää huomiota tiedon laatuun määrän ohella. Puolestaan vuoden 1994 perusteissa opiskelijan arvioinnin tulee antaa palautetta opiskelijalle opintojen edistymisestä ja oppimistuloksista sekä lukion aikana että lukio-opiskelun päättyessä. Lisäksi palautteenannon tarkoituksena on kannustaa ja ohjata opiskelijaa opintojen suorittamisessa, antaa myös tietoja huoltajalle sekä jatko-oppilaitosten, työelämän ja muiden vastaavien tahojen tarpeita varten. Tällöin tuli käyttöön uusi termi ”vaikuttavuuden arviointi”, jonka avulla arvioinnin piti tukea opettajaa ja kouluuyhteisöä. Edelleen ”arvostelu” eli ”arvosanan anto” on yksi arvioinnin tulos. Vuoden 1994 opetussuunnitelmassa tarkennettiin palautteen antoa, mutta siitä oli jätetty pois ”monipuolisesti eri tavoin” ja ”luotettavaa ja oikeudenmukaista”. (Kouluhallitus 1985a; Opetushallitus 1994)

Vuosien 2003 ja 2015 opetussuunnitelman perusteissa kemian osuuteen oli liitetty arviointiosa. Vuoden 2003 perusteissa kemian opetuksen arvioinnin päämäärä oli selvittää kemiallisen tiedon ymmärtäminen sekä soveltamisen taito. Arvioinnissa tuli lisäksi ottaa huomioon kokeellisen tiedonhankinnan ja käsitteilytaitojen kehittyminen. Vuoden 2015 kemian opetussuunnitelman perusteiden yleisten arviointiperusteiden mukaan painotetaan kemian yleisten tavoitteiden saavuttamista kurssikohtaisten tavoitteiden ja keskeisten sisältöjen avulla. (Opetushallitus 2003, 2015)

Vuoden 1970 opetussuunnitelman arvioinnissa prognostiset (jo 1975 päivityksessä käytettiin nimeä summatiiviset) kokeet määriteltiin tarkasti tehtävätyyppeineen, koemäärineen, koetta edeltävine kertauksineen ja vaatimustason nostoineen kolmatta luokkaa kohti mentäessä. Ilmeisesti vaatimustason nostaminen lukion päättötasoa kohden kertoi siitä, että kemian viimeinen arvosana saattoi olla lopullinen oppiaineen lopullinen arvosana. Vuoden 1981 oppimääräsuunnitelman ja kaikkien myöhempien opetussuunnitelman perusteiden arvioinnissa kurssit arviointiin ja tullaan arvioimaan erikseen. Vuoden 1985 perusteissa sanottiin, että kriteerit johdetaan kurssille asetetuista tavoitteista ja opiskelijan ikäkauden mukaisista mahdollisuuksista niin, että vaatimustaso nousee lukion kolmatta luokkaa kohden. Vuoden 1994 perusteiden arviointi kertoo, että kurssin arvioinnin tehtävänä on antaa palautetta tavoitteiden saavuttamisesta ja opiskelun etenemisestä. Vuoden 2015 perusteiden arviointi kertoo samasta asiasta. Oppimisprosessin aikainen arviointi ja palaute tukevat opiskelijaa kehittämään ja tiedostamaan kemian osaamistaan. (Komiteamietintö 1970; Kouluhallitus 1975, 1985a; Opetushallitus 1994, 2003, 2015)

Arviointiin vaikuttivat ja edelleen vaikuttavat summatiiviset kokeet. Niiden lisäksi vuodesta 1970 lähtien arviointilähteiksi on otettu jatkuva näyttö, jota on eri aikoina kuvattu eri sanoin. Vuoden 1970 opetussuunnitelmassa esitettiin,

että arvosanaan lisäksi vaikutti niin paljon kuin mahdollista opiskelijoiden kyky esittää suullisesti asioita. Vuosien 1985 ja 1994 opetussuunnitelman tavoitteiden saavuttamista arvioitiin myös jatkuvan näytön avulla. Vuoden 1985 perusteissa kuitenkin jatkuva näyttö saattoi olla sekä suullista että kirjallista, esimerkiksi kotehtävien suoritusta, taulutyöskentelyä, tunti- ja ryhmätyöskentelyä. Jatkuva näyttö saattoi yleensä korottaa tai alentaa kokeiden perusteella tulevaa kurssin arvosanaa. Vuoden 2003 opetussuunnitelman perusteissa puhuttiin osallistumisaktiivisuuden ja opiskelijan käsitteellisten ja menetelmällisten tietojen ja taitojen seurannasta. Vuoden 2015 opetussuunnitelman perusteissa todettiin, että mukana on opiskelijan käsitteellisten ja menetelmällisten tietojen ja taitojen havainnointi. (Komiteamietintö 1970; Kouluhallitus 1975, 1981, 1985a; Opetushallitus 1994, 2003, 2015)

Kokeellisen työskentelyn osuudesta arviointiin on hyvin vähän mainintoja, vaikka menetelmäosassa oppilastyöt olivat mukana jo vuodesta 1941 lähtien. Vuoden 1970 opetussuunnitelmassa luki, että arvosanaan lisäksi vaikuttaa niin paljon kuin mahdollista oppilaiden kyky selviytyä laboratorioharjoituksista. Vuoden 1981 Kouluhallituksen oppimääräsuunnitelmaohjeissa kokeellisen työskentelyn arvioinnista esitettiin, että se noudattaisi kemian yleisiä arviointiohjeita. Työskentelyjakson jälkeen tuli järjestää koe koskien työmenetelmiä ja teoriaa sekä ottaa huomioon opiskelijan käytännön töissä osoittamat taidot. Vuoden 1985 perusteissa mainittiin ainoastaan oppilastyöt (sulkeissa yleisessä arviointiosassa). Lienee kuitenkin vuoden 1981 ohjetta käytettiin pohjana, kun vuonna 1985 paikallisesti laadittiin kokeellisen työskentelyn arviointiosaa. Vuoden 1994 perusteissa kokeellinen työskentely kuitattiin sanonnalla, että arviointiin kuuluu ”tuotosten arvostelua”. Vuoden 2003 arviointiosassa mainitaan arviointiin käytettävän muun muassa kokeellista työskentelyä, työselostuksia ja projektitöitä. Lisäksi tuli ottaa huomioon kokeellisen tiedonhankinnan ja käsittelytaitojen kehittyminen. Näihin kuuluivat muun muassa havaintojen tekeminen, mitausten ja kokeiden suunnittelu ja toteutus, työvälineiden ja reagenssien turvallinen käyttö, tulosten esittäminen sekä suullisesti että kirjallisesti, tulosten tulkitseminen, mallintaminen ja arviointi sekä johtopäätösten tekeminen ja soveltaminen. Vuoden 2015 perusteissa kerrotaan laajasti, että erilaisten tuotosten lisäksi otetaan huomioon työskentelyn eri vaiheiden arviointi, joka koskee kysymysten muodostamista ja tutkimisen taitoja. Arviointikohteisiin kuuluu kokeellisen työskentelyn taidot sekä tiedon hankinnan ja käsittelyn taidot. (Opetusministeriö 1944; Komiteamietintö 1970; Kouluhallitus 1975, 1981, 1985a; Opetushallitus 1994, 2003, 2015)

Vuoden 1970 opetussuunnitelman mukaan lukukausiarvioinnissa otettiin myös huomioon itsenäiset tehtävät. Kurssiin saattoi liittyä lyhyitä diagnostisia (formatiivisia 1975 alkaen) kokeita, joilla selvitettiin muun muassa lisäopetuksen tarvetta. Vuoden 1985 opetussuunnitelman perusteiden mukaan kurssin arvioinnissa tuli oli mukana myös formatiivisia kokeita, joilla kontrolloitiin opetuksen tehokkuutta ja joihin ei kuulunut numeroarvostelua. Vuoden 1994 perusteissa mainittiin uutuuksena opiskelijoiden itsearviointi, jonka suorittamiseksi ehdotet-

tiin muun muassa arviointikeskusteluja. Vuoden 2003 perusteissa mainitaan tutkielmat ja esitelmät arviointikohteina. Vuosien 1985, 2003 ja 2015 perusteiden arviointiosan mukaan arvioinnin tuli olla monipuolista. (Komiteamietintö 1970; Kouluhallitus 1975, 1981, 1985a; Opetushallitus 1994, 2003, 2015)

1970-luvun opetussuunnitelmat eivät maininneet, miten eri kurssit vaikuttivat oppimäärän arvosanaan. Kaikesta päätellen se muotoutui siten, että vaatimusten lisääntyessä kemian opiskelun loppuvaihetta kohti lopulliseksi arvosanaksi tuli viimeisen kurssin arvosana. Seuraavalla vuosikymmenellä siirryttiin kurssien erilliseen arviointiin, jolloin oppimäärän arviointi tapahtui kurssien arvosanojen keskiarvona, jota voitiin korottaa tai alentaa tietyin perustein. Vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteissa oppimäärän arvosanan määräytyminen tapahtui kurssien ”arvostelun” pohjalta, ja se riippui osittain opettajan harkinnasta. Lisäksi oppimäärän arvosanaa oli mahdollista korottaa ennen päästötodistuksen antamista erillisellä suullisella kuulustelulla, jossa saattoi myös olla kirjallinen osa. Vuonna 1998 Opetushallitus tarkensi arviointiohjeita niin, että oppimäärän arvosanan tuli olla kurssien arvosanojen aritmeettinen keskiarvo ilman painotusta. Sitä saatettiin kuitenkin korjata, kuten edellä on mainittu. 2000- ja 2010-luvun opetussuunnitelmanperusteet määrittivät vuoden 1998 ohjeiden mukaisesti (Opetushallitus 1999), että oppimäärän arvosana määräytyy opiskelijan opiskelemien pakollisten ja valtakunnallisten syventävien kurssien kurssiarvosanojen aritmeettisena keskiarvosananä. Lisäksi valtakunnallisissa opetussuunnitelman perusteissa määriteltyjen pakollisten ja syventävien kurssien pohjalta muodostuvaa arvosanaa on mahdollista korottaa erillisessä kuulustelussa, opetussuunnitelmassa määriteltyjen syventävien ja soveltavien kurssien pohjalta saadulla lisänäytöllä ja arvioinnin suorittavien tahojen harkinnalla. (Komiteamietintö 1970; Kouluhallitus 1975, 1981, 1985a; Opetushallitus 1994, 2003, 2015)

Vaikka ylioppilasreaalikokeen kemian tulokset eivät suoraan vaikuta lukion kemian oppimäärän arviointiin, niin ne antavat kuitenkin palautetta tavoitteiden saavuttamisesta. Kun vuonna 2005 siirryttiin ainereaaliin entisen yleisreaalin sijaan, kemian arvostus kirjoitettavana aineena on noussut huomattavasti. Greta Tikkanen huomasi väitöskirjassaan ylioppilaskirjoitusten kemian mittavaan monipuolisesti kemian osaamista. Lähes kaikki hänen tutkimistaan kokeista sisälsivät tuottamistehtäviä. Valintatehtäviä, jotka olivat joko monivalinta-, vaihtoehto- tai yhdistelytehtäviä, oli vain pieni osa käytetyistä tehtävistä. Tutkimus osoitti, että kemian ylioppilaskokeiden laadinnassa on pyritty huomioimaan kemian kokeellinen luonne. Kemian ylioppilaskokeet sisälsivät melko paljon kokeellisuuteen liittyviä kirjallisia tehtäviä, jotka vastasivat usein tutkimuskirjallisuudessa kuvattujen käytännön kokeellisten tehtävien kirjallista osuutta (Doran ym. 2002). Tutkimus osoitti myös, että kemian ylioppilaskokeet toteuttavat melko hyvin tavoitepohjaista opetussuunnitelmamallia. Ylioppilaskoetehtävät sisälsivät suhteellisen kattavasti kemian opetussuunnitelman perusteissa (2003) määriteltyjä keskeisiä sisältöjä. (Tikkanen 2010).

7 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

7.1 Itsenäisyyden ajan alkuvuosikymmenten kemian opetus

Vuoden 1918 väliaikaisessa lukusuunnitelmassa määriteltiin vain kemian opetuksen asema keskikoulussa. Lukion kemiaa opetettiin satunnaisesti. Toisaalta 1920-luvulla oli luotu maatalouslukioita, joiden opetusohjelmaan kemia sisältyi. Näiden lukioiden toiminta hiipui 1930-luvun alkupuolella. Opetussuunnitelman piti olla voimassa, kunnes saadaan aikaan vakinainen opetussuunnitelma. Kiuasmaan (1982) mukaan (luku 6.1) kuvataan kiistelyvaihetta, johon liittyi poliittista väittelyä muun muassa lukioiden linjajaosta. Entisten klassisen ja reaalilinjalle ehdotettiin muun muassa humanistista, fysikaalimatemaattista ja luonnonhistoriallista linjaa. Ne olisivat johtaneet yliopistojen ja korkeakoulujen vastaaville aloille. Lisäksi väiteltiin siitä, kuinka monta luokkaa kansakoulua piti käydä ennen oppikouluun tuloa (Männistö 2013). Kun oppikoulujen järjestysmuotolakiesitys ei saanut eduskunnan kannatusta, sosiaalidemokraattinen vähemmistöhallitus asetti oppikoulukomitean, jonka mietinnön (1933) perusteella muun muassa kemiasta piti tulla lukion oppiaine (Komiteamietintö 1933). Oppikoulukomitea tutki useiden Euroopan maiden fysiikan ja kemian oppimääriä. Niiden perusteella aineiden opetus oli Suomessa mitätöntä verrattuna sivistysmaihin. Lisäksi komitea ehdotti, että pojille tulisi fysiikkaa ja kemiaa olla heidän kokeilunhalunsa takia enemmän kuin tytöille. Toisaalta tytöt saivat kemian tietoja kotitalouden opetuksessa. (Kiuasmaa 1982; Komiteamietintö 1933)

Vaikka lähinnä angloamerikkalaisessa maailmassa olivat opetuksen virtaukset siirtyneet kauaksi herbartilaisesta suuntauksesta (esim. Bobbitt 2004; Bowen 1981; Bowles & Gintis 1976; Dewey 1957), herbartilaisuus vallitsi edelleen Euroopassa (luku 3.1.2.) ja myös Suomessa, jossa seurattiin etenkin Saksan kehitystä (Autio 2003). Saksasta kantautui meillekin reformistisia tuulia (Terwel 1999; Boyd 1966), joiden avulla koetettiin kehittää Suomen jäykkää herbartilaisuutta ja sen didaktiikan mekanismia. Tämä alkoi jo välittömästi vuonna 1918 olleen kansalaissodan jälkeen, sillä rintamalla olleita lukiolaisia ei voitu pakottaa herbartilaisuuden jäykkään muottiin. Kuitenkin Soinisen opetusopit I ja II noudattivat ”Suomen oloihin muotoiltua herbartilaista didaktiikkaa” (Soininen 1929,1931). 1930-luvulla loitonnuttiin yhä enemmän herbartilaisuuden ajattelutavasta (Autio 2003) ja kuin sivutuotteena luotiin uutta opetuskäytäntöä. Lähinnä saksalaisen kielialueen metodisia sovelluksia pidettiin käyttökelpoisina Suomen oloihin (Malmio 1933). Induktiivisten ja kokeellisten menetelmien käyttöä myös ehdotettiin. Oppikoulukomitean mietintö (1933) antoi varsin luontevan selvityksen silloisen ajan eri oppiaineiden metodisista ihannetavoitteista ehdottaessaan oppiennätyksiä. (Kiuasmaa 1982)

Oppikoulukomitean perustelun mukaan kemian opiskelun piti alkaa keskikoulussa, koska oli tarkoitus, että kemiaa opetettaisiin oppilastöiden avulla.

Lukiossa puolestaan komitea ehdotti demonstraatioita induktiivisen ja kokeellisen opetuksen lähtökohdaksi. Toisaalta lukiossa ei ollut kiellettyä käyttää deduktiivista lähestymistapaa (Komiteamietintö 1933). Kouluhallitusten kiertokirjeiden valossa järjestettiin muutamia luonnonopin kokeellisen opetuksen kouluksia 1920-luvulla (esimerkiksi Kouluhallitus 1925, 1929), jolloin kirjeissä mainittiin, että mukana on myös kemian töitä fysiikan ohessa. Kun Matematiikan ja fysiikan opettajien liitto perustettiin 1937, sen koulutuspäivillä lehtori Heinänen esitteli kemian koulukokeita, joista osa oli lukiotasoisia (Heinänen 1937). Ilmeisesti haluttiin valmistella opettajia komiteamietinnön mukaisen opetussuunnitelman käyttöönottoon.

Jotta kemian opetus sai asemansa Suomen kansallisessa lukion opetussuunnitelmassa, sen täytyi taistella tiensä ensin keskikoulun oppineeksi ja sen jälkeen kamppailla vielä pari vuosikymmentä pääsystä lukion oppineeksi. Vastaavaa on tapahtunut eri maissa aina, kun uusi tulokas pyrkinyt niin koulun kuin yliopistonkin opetusohjelmaan. (Childs 2015)

Oppikoulukomitean mietinnön jälkeen kului aina kevääseen 1941, ennen kuin valtioneuvoston asetuksella (Asetus 1941) annettiin lukion uusi lukusuunnitelma, jossa määriteltiin kemian asema lukiossa. Kemian opetukseen haluttiin ”suojelukemian” opetusta, joka vahvistaisi väestösuojelun aluetta, koska Euroopassa oli käynnissä suursota. Tätä opetusta varten myös annettiin opettajille koulutusta. (Opetusministeriö 1944; Kempainen 1937)

7.2 Vuoden 1941 opetussuunnitelma voimassa kolme vuosikymmentä

Luku 7.2 sisältää vuoden 1941 opetussuunnitelman sota-ajan ja sen jälkeisen rauhattoman ajan tilanteen pohdintaa. Toisena asiana pohditaan kemian asemaa 1950- ja 1960-luvulla tuloksettomien komiteamietintöjen pohjalta.

7.2.1 Vuodesta 1941 vuoteen 1948

Keväällä 1941 valtioneuvosto antoi asetuksen uudesta lukusuunnitelmasta ja Opetusministeriö vahvisti oppiennätykset sekä Kouluhallitus antoi metodiset ohjeet. Kouluhallitus lähetti nämä opetussuunnitelmat kiertokirjeellä oppikoulujen rehtoreille (Kouluhallitus 1941; Opetusministeriö 1944).

Kansallinen opetussuunnitelma jätti kemian opetuksen tarkan sisällön hyvin paljon opettajan ja myös oppikirjantekijöiden harkintaan. Sota-ajan lukion kemian opetuksesta Kouluhallituksen kiertokirjeet eivät kerro paljontaan. Muutamissa kirjeissä kuitenkin annetaan ohjeita, miten toimitaan poikkeusoloissa (luku 6.2.1). Kuitenkin jo sodan aikana hahmoteltiin muun muassa atomiteorian opetusta uuden kansallisen opetussuunnitelman mukaisesti (Kahma 1942). Ilmeni myös voimakasta kritiikkiä vuoden 1941 lukusuunnitelmaa ja opetussuunnitelmaa kohtaan. Esimerkiksi lehtori Heinänen mielestä opetussuunnitelma ei

voinut olla kuin väliaikainen, ja hän ounasteli, että se tultaisiin uudistamaan olojen vakiinnuttua (Heinänen 1944). Näin ei kuitenkaan käynyt lähes 30 vuoteen. (Opetusministeriö 1944)

Vuoden 1941 opetussuunnitelman tavoitteissa ei suoraan mainita kokeellisuutta, mutta virke ”tutustuttaa omakohtaisiin havaintoihin perustuen tärkeimpiin, luonnossa, kotona, maataloudessa ja teollisuudessa esiintyviin alkuaineisiin, kemiallisiin yhdistyksiin ja kemiallisiin ilmiöihin” antaa viitteitä kokeellisuudesta. Vuoden 1941 opetussuunnitelman metodiosassa painotetaan induktiivista lähestymistapaa, mutta lukion kemiaa opiskeltaessa myös deduktiivinen käsittely oli mahdollinen. Demonstraatiot olivat lukion kokeellisuutta, sillä ne olivat halvempia koulun kannalta. Kuitenkaan oppilastyötkään eivät olleet kiellettyjä, jos ne voitiin suorittaa yksinkertaisilla välineillä. Metodiosassa annettiin hyvin tarkat ohjeet demonstraatioiden suorittamiseen. Lisäksi pyrittiin tekemään teollisuusvierailuja tehtaisiin, joiden toiminta valaisee käsiteltävää kurssia. Vierailut piti valmistella huolella, jotta oppilailla olisi tarvittavia ennakkotietoja. (Opetusministeriö 1944)

Vuoden 1941 opetussuunnitelmassa arviointia ei kuvata millään tavalla, mikä vaikutti aika oudolta, koska metodiset ohjeet olivat varsin perusteelliset. Kokeellisuuden tai ehkä paremminkin kokeellisen työskentelyn arvioinnista kansallisissa opetussuunnitelmissa ei myöhemminkään kerrota kovin paljon. Opetussuunnitelma kiinnitti yleisessä osassa huomiota lukion kasvatukselliseen tehtävään. Kasvatuksellinen tehtävä esiintyi seuraavan kerran vasta vuoden 1985 opetussuunnitelman perusteissa. Vuoden 1941 lukion opetussuunnitelman ainekohtaisessa osuudessa se ei kuitenkaan näkynyt. (Opetusministeriö 1944; Kouluhallitus 1985a)

7.2.2 Komiteamietintöjä ilman tulosta

Sodan jälkeen politiikka oli vuoteen 1948 saakka vahvasti esteenä koulutusratkaisuille. Vuonna 1948 kiihkeimmän ajan mentyä ohi annettiin uusi lukion lukusuunnitelma, jonka mukaisesti muun muassa kemiaa opiskeltiin aina vuoteen 1970. Vuoden 1948 lukusuunnitelmaa uudistettaessa kemian osuus pysyi vuoden 1941 tuntimäärässä eikä oppiennätyksiä tai metodiosaa edes uusittu (Kiuasmaa 1982; Opetusministeriö 1944; Asetus 1948).

Kun 1950-luvulla Suomen elinkeinoelämä lähti nousuun ja perustettiin uusia korkeakouluja, kasvoi myös luonnontieteiden ja erityisesti kemian osaamisen merkitys. Monet piirit huolestuivat kemian opetuksen asemasta Suomen lukioiden. Matemaattisten aineiden opettajien liiton aikakauskirjassa esitettiin tähän liittyviä kirjoituksia, samoin kemian alan järjestöjen lehdissä kuin myös johtavissa sanomalehdissä (Kiuasmaa 1982). Tosin tällöin vielä oltiin sitä mieltä, ettei kemiaa tarvinnut muut kuin alalle erikoistuvat ammattilaiset. Tämäkin noudatti maailmalla vallalla olevaa trendiä (Childs 2015).

Vuonna 1950 valtioneuvosto asetti komitean valmistelemaan muun muassa kemian opetussuunnitelman uudistamista. Sen ehdotukset saivat voimakasta kritiikkiä matemaattisten aineiden opettajien taholta, koska komitean työvalokunnan mietinnössä ei riittävästi otettu huomioon kemian tuntien lisäämistä ja

sijoittamista eri luokille, vaikka esitettiin, että pitäisi tehdä oppilastöitä (Matematiikan ja fysiikan opettajien liitto 1955). Lisäksi yksittäiset opettajat kritisoivat kemian opetuksen asemaa (esim. Kuuskoski 1955; Rahiala 1955). 1950-luvun liikeyhdistyksen seurauksena seuraavassa lukusuunnitelmassa lisättiin yksi matematiikan viikkotunti lukioon. Tämä lisäys oli ironista, sillä se johtui Kiuasmaan arvion mukaan voimistuneesta luonnontieteellis-teknisestä ajattelusta ja eräänlaisesta ajan ilmiönä olevasta uuspositivismista. (Kiuasmaa 1982)

Vuonna 1960 julkaistiin Suomen Kemistiliiton, Suomalaisten Kemistien Seuran ja Matemaattisten aineiden opettajien liiton asettaman komitean esitys ”Mietintö kemian opetuksen tehostamisesta”. Siinä oli ehdotus lukion kemian kurssin uudistamisesta, kemian tuntien lisäämisestä ja sisältöjen huomattavasta laajennuksesta. Sisältöihin ehdotettiin kuuluvaksi orgaanisen kemian teknisiä sovelluksia ja oppilastöitä (Komiteamietintö 1960). Seuraavana vuonna opetusministeriön asettama toimikunta esitti sisällöltään vanhanaikaiset oppiennätykset (vrt. de Vos ym. 1994). Metodisten ohjeiden lähtökohtana olivat atomin rakenne ja jaksollinen järjestelmä, joita selvitettiin atomimallien perusteella käsitellen paria kymmentä alkuainetta. Tärkeänä pidettiin kaavojen kirjoittamista, reaktioyhtälöitä ja laskuja. Vaikka ei annettu lisäresursseja, tuli olla kokeellista opetusta ja mahdollinen teollisuusvierailu. Tuntien määrä pysyisi 1948 lukusuunnitelman mukaisena (Komiteamietintö 1961). Lehtori, oppikirjailija Laaksovirta hyökkäsi näitä oppiennätyksiä vastaan voimakkaasti pitäen niitä vanhanaikaisena ”nippelitietoaakkana” (Laaksovirta 1962).

7.3 Muutoksen aika

Luku 7.3 sisältää vuoden 1970 opetussuunnitelman teoreettisuuden pohdintaa ja syitä vuoden 1975 opetussuunnitelman päivitykselle. Kolmantena aihealueena pohditaan siirtymistä kurssimuotoiseen lukioon ja sen aiheuttamia vaikutuksia.

7.3.1 Teoreettisuus huipussaan 1970-luvun alussa

1970-luvun alussa laadittiin fysiikan ja kemian kansallinen opetussuunnitelma aineiden asiantuntijoiden voimin (luku 6.2.2). Tämä opetussuunnitelma täytti puhtaan laboratoriotieteen tunnusmerkit: 1) Keskiössä olivat tieteen mikä-kysymykset sisältäen tosiasiat, käsitteet, periaatteet ja myös jonkin verran laboratoriotaitoja, 2) tavoitteena oli tuottaa tulevia kemistejä tai muita asiantuntijoita, 3) oppikirjat olivat helpotettuja yliopistokirjoja, 4) oppilastöiden tarkoituksena oli saada käytännön laboratoriotaitoja rutiinin ja toistojen avulla ja 5) sisällöt annettiin ylhäältä alaspäin (Childs 2015). Toisaalta oppilastyöt esitettiin opetussuunnitelmassa hyvinkin tarkasti, mutta kemian tuntimäärän puitteissa niiden suorittaminen oli miltei mahdotonta toteuttaa sisältöjen ollessa hyvin laajat. (Komiteamietintö 1970)

Edellä mainitun mietinnön opetusministeriö vahvisti Kouluhallituksen esityksestä lukion fysiikan ja kemian oppiennätyksiksi lukuvuodeksi 1970–1974.

Kouluhallituksen yleiskirjeessä 2317/2150/1970 oppikoulujen rehtoreille annettiin ohjeita, miten oppiennätyksiä tulisi käyttää. Tavoitteet olivat hyvin teoreettis-painotteiset. Sisällöt olivat laajat. Metallien kemia oli mahdollista käsitellä yhteiskunnallisesta näkökulmasta, mutta ilmeisesti käsittely jäi muutamisiin sovelusesimerkkeihin. Menetelmät kuvattiin metodiosassa tarkasti, mutta todettiin, ettei voida määrätä toista opetusmenetelmää paremmaksi kuin toista. Menetelmäosassa mallinkäsite ja kemian erilaiset tehtävyyt esiteltiin tarkasti. Demonstraatiot, joita pidettiin havainnollistamisen pääinstrumenttina, käsiteltiin huolellisesti ja kerrottiin, että harjoitustöiksi voidaan ottaa lyhyitä kokeita opiskelijoiden aktivoimiseksi. Oppilastöihin annettiin hyvin yksityiskohtaiset pedagogiset ohjeet. Myös arviointia koetyyppien ja koetehtävien osalta tarkasteltiin perusteellisesti (vrt. de Vos ym. 1994). Arviointi oli nyt ensimmäistä kertaa mukana kansallisessa opetussuunnitelmassa. (Komiteamietintö 1970; Kouluhallitus 1970b)

Koska kemian opetussuunnitelman voimassaolo päättyi 6.7.1974, jatkoi Kouluhallitus sitä vuodella. Kouluhallitukselle oli esitetty, että kemian opetussuunnitelmaa olisi nopeasti uudistettava. Syynä oli lukion opiskelijoiden määrän kasvu. Heistä useimmat halusivat saada jonkin verran kemian opetusta, vaikka heistä ei tulisi kemian ammattilaisia. Koska käynnissä oli laajempi luku-suunnitelman muutostyö, joka todennäköisesti vaikuttaisi myös kemian opetussuunnitelmaan, ei pidetty tarkoituksenmukaisena uudistaa koko opetussuunnitelmaa. (Kouluhallitus 1974)

Kouluhallitus rohkaisi opettajia kokeilemaan erilaisia toteutusvaihtoehtoja, joista saatuja kokemuksia käytettäisiin hyväksi vahvistettaessa jatkoa oppiennätyksille. Näihin kokeiluihin kannustaminen saattoi johtua angloamerikkalaisessa pedagogisessa koulumaailmassa esiintyneistä uusista tuulista. Tällaisina voidaan pitää Brunerin spiraaliopetussuunnitelmaa ja muita kognitiiviseen tieteesseen liittyviä havaintoja oppimisesta (Bruner 1960/1977, 1965; Efland 1995), Bloomin tavoiteoppimista (Bloom 1968), Gagnen oppimishierarkiaa (Gagne 1968a, 1968b) sekä Yhdysvaltojen CHEMS-ohjelmia (Welch 1979). (Kouluhallitus 1970b)

Kouluhallituksen yleiskirjeen 2549/2089/1974 mukaan vuoden 1973 marraskuussa pidettiin fysiikan ja kemian opetussuunnitelmia pohtinut seminaari, jonka tuloksena esitettiin suosituksia, mitä asioita kurssista voitaisiin jättää ajan puutteen takia pois tai siirtää kurssin myöhäisempään ajankohtaan (Seinelä 1975). Tällöin kemian VII (lukion II) luokan oppilastöiden osuus, joka oli opetussuunnitelmassa ilmoitettu kahden kuukauden periodiksi, suositeltiin järjestettäväksi niin, että muu kemian opiskelu ei sanottavasti häiriinny eikä kurssi jää töiden takia kesken. Tästä näkee, että painotettiin teoriasisällön opettamista, mutta ei oikein ymmärretty, että sitä voidaan opettaa myös töiden avulla. Edelleen korostettiin demonstraatioiden osuutta (Kouluhallitus 1974).

Vuoden 1970 kansallisen opetussuunnitelman tavoitteissa oleva maininta ”oppilaiden tutustuttaminen kokeellisiin menetelmiin” kertoo jo aika suoraan kokeellisuudesta. Vuoden 1970 opetussuunnitelman menetelmäosassa kokeellisuus käsiteltiin lähes samalla tavalla kuin vuoden 1941 opetussuunnitel-

massa. Demonstraatiot olivat edelleen pääasiallinen havainnollistamistapa. Vuoden 1970 opetussuunnitelman menetelmäosassa mainitaan oppilastöistä, että 15–20 työtä suoritetaan yleensä muuhun opetukseen liittyvänä. Kuitenkin ne voitiin suorittaa lukion toisen luokan kevätkaudella yhtenäisenä jaksone. Opiskelijoilla voitiin myös teettää jokin yksinkertainen koe demonstraation tilalla (Komiteamietintö 1970). Todennäköisesti hyvin harvassa koulussa todella tehtiin oppilastöitä, sillä ne eivät saaneet häiritä kurssin teorian opetusta (esim. Seinelä 1975). (Komiteamietintö 1970)

Vuoden 1970 opetussuunnitelmassa arviointi näyttää suurelta osin perustuneen prognostisiin kokeisiin. Niissä todettiin opetuksen onnistuminen ja saatiin täsmällistä materiaalia arvosanan antoa varten. Lisäksi todistusarvosanaan saattoi vaikuttaa niin paljon kuin mahdollista opiskelijoiden kyky esittää suullisesti asioita ja selviytyä laboratoriharjoituksista ja itsenäisistä tehtävistä. Toisaalta diagnostisen arvioinnin perusteella pyrittiin löytämään opiskelijan tietojen ja taitojen aukot, ja toisaalta ne opiskelijat, joille tarjottu materiaali oli liian helppoa ja jotka tunsivat siksi itsensä toimeksi. Tämän arvioinnin tarkoituksena oli auttaa opiskelijoita pääsemään parempiin tuloksiin, esimerkiksi lisäopetuksen avulla. Oppimäärän arvioinnista voinee päätellä (luku 6.3.1.4), että viimeinen arvosana jäi kemian lopulliseksi numeroksi. (Komiteamietintö 1970)

7.3.2 Vuoden 1975 opetussuunnitelman päivitys

Kouluhallitus antoi yleiskirjeellä 2613/2215/1975 lukion kemian uuden opetussuunnitelman, joka muutti lukion ensimmäisen luokan tavoitteet ja sisällön omaksi kokonaisuudeksi, peruskurssiksi, joka kelpasi kaikkien lukiolaisten opiskeltavaksi. Sitä seurasivat seuraavien opintovuosien jatkokurssit. Tähän muutokseen vaikuttivat taloudelliset syyt, sillä haluttiin säästää tarjottavien kurssien määrässä. Peruskurssin tavoitteisiin oli teoriatavoitteiden lisäksi otettu tavoite, miten kemia voisi palvella ihmistä ja yhteiskuntaa säilyttämällä silti luonnon tasapainon. Sisältöihin oli lisätty myös kemian sovelluksia käytännön elämän eri aloilta. Lisäksi oli otettu selkeästi huomioon ihmisen toiminnasta johtuvat ympäristöongelmat ja niiden torjunta. (Kouluhallitus 1975)

Lukio oli menettänyt elitistisen luonteensa, sillä lukion luonnontieteitä opiskelemaan tuli myös joukkoa, jolla ei ollut tarkoitusta päätyä töihin kemian hyödyntävälle alalle, vaan he halusivat saada tavallisena kansalaisena perustietoja kemiasta ja muista luonnontieteistä. Myös Suomessa lukion kemian päämäärät muuttuivat 1970-luvulla yhteiskuntaorientoituneemmaksi. Tämä aiheutti lukion kehittäjille ongelmia (vrt. de Vos ym. 1994; Welch 1979). Yksi näistä ongelmista oli edellisessä kappaleessa esitetyn kaikille yhteisen peruskurssin laatiminen, sillä katsottiin, että resurssit eivät riitä kemian aloille suuntaavien opiskelijoiden erillisen ”laajan kurssin” lisäksi niin sanottuun ”yleiseen kurssiin”. (Kouluhallitus 1975).

Vuoden 1975 opetussuunnitelman päivityksessä siirryttiin käyttämään lukujärjestyksen kymmenen päivän jaksoja. Tällöin otettiin käyttöön lähtötason arviointi. Sen voisi ajatella vastaavan edellisen opetussuunnitelman diagnostista arviointia, joka suoritettiin opiskelujakson alussa, ja sen avulla piti määrittellä

suunniteltavan opetuksen taso ja laatu niin, että se vastaisi opiskelijoiden edellytyksiä ja sen perusteella voitaisiin korjata tiedoissa ja taidoissa olevia puutteita. Formatiivinen arviointi vastasi edellisen suunnitelman opetuksen aikaista diagnostista arviointia, mutta tulokset ilmoitettiin pisteinä. Opetussuunnitelma ei antanut ohjetta, mihin pisteitä pitäisi käyttää. Summatiivinen arviointi pysyi 1970 opetussuunnitelman prognostisen arvioinnin mukaisena. Tässä opetussuunnitelmapäivityksessä ilmeisesti nojaututtiin muiden arviointiin kuuluvien asioiden osalta edellisen kansallisen opetussuunnitelman esitykseen. Lisäksi esitettiin käytettäväksi valtakunnallisia standardikokeita¹ (Komiteamietintö 1970; Kouluhallitus 1975). Lukion opetussuunnitelmatoimikunnan mietinnössä mainitaan vielä standardikokeet (Komiteamietintö 1977).

Vuoden 1975 jatkokurssien tavoitteissa mainittiin kokeelliset työmenetelmät ja sen lisäksi nykyaikaiset tutkimusmenetelmät, joiden käsittelyn voi lukea kokeellisuuteen kuuluviksi. Vuoden 1975 opetussuunnitelma painotti edelleen demonstraatioita havainnollistamaan käsiteltävää asiaa, perehdyttämään opiskelijoita tekemään havaintoja ja mittauksia sekä perustelemaan niiden avulla lainalaisuuksia koskevia johtopäätöksiä. Mikäli tehtiin harjoitustöitä, niiden piti olla lukiotasoisia. Kuitenkin jo 1976 muutettiin valintaongelmien takia osa kemian tunneista lukion kolmannelle vuodelle, joka hankaloitti oppilastöiden suorittamista, vaikka halua olisi ollutkin. Tämä johtui siitä, että siirron vuoksi oppituntien määrä väheni. Vuoden 1975 päivitys ei esittänyt minkäänlaista kommenttia laboratoriotöiden arvioinnista. Ilmeisesti tässäkin nojaututtiin edellisessä opetussuunnitelmassa esitettyyn. (Kouluhallitus 1975)

7.3.3 Kohti kurssimuotoista lukiota

Lukion opetussuunnitelmatoimikunta puolestaan hahmotteli vuoden 1977 lukusuunnitelman ja vuoden 1975 kemian opetussuunnitelman pohjalta kemian opetuksen tavoitteita kurssimuotoiseen lukioon, johon oltiin siirtymässä. Teoriatavoitteet noudattelivat tuon opetussuunnitelman linjoja. Ympäristön ja tulevan yhteiskunnan tasapainoon tulisi kuitenkin kiinnittää enemmän huomiota. Lisäksi jokapäiväisen elämän ilmiöt piti tuoda sisältöihin (Komiteamietintö 1977). Nämä ajatukset lienevät saaneet vaikutteita tavoiteoppimisen, mielekkään oppimisen periaatteista ja mahdollisesti luonnontiede-teknologia-yhteiskuntalähestymistavan seitsemänkymmentäluvun esityksistä, joita esimerkiksi Fenshamin mukaan Spiegel, Rosing ja Price julkaisivat teoksessa "Science, Technology and Society" (1977) (Bloom 1968; Ausubel 1978; Welch 1979; Fensham 1992; Ratcliffe 2001; Childs 2015). Heti komiteamietinnön julkaisemisen jälkeen lehtori Kalkku kertasi komitean tulokset Matemaattisten aineiden aikakauskirjassa arvioimatta sen enempää päätelmiä (Kalkku 1977). Suurelta osin näiden mukaiset linjaukset havaitaan vuoden 1981 kurssimuotoisen lukion oppimääräsuunnitelmassa.

¹ Väitöskirjan tekijällä ei ole kokemusta niiden käytöstä, vaikka opetti kemiaa lukiossa vuosina 1976–1980.

Tässä vaiheessa kaksi muuta kemian oppikirjailijaa otti kantaa oppimääräsuunnitelmaan. Lehtori Haavisto vertasi voimassa olevaa vuoden 1975 opetussuunnitelmaa ja uutta oppimääräsuunnitelmaa todeten muun muassa peruskurssin antavan opiskelijalle luonnontieteellisen tiedon perusannoksen, joka parantaa luonnontieteellistä lukutaitoa varsinkin, kun suunnitelmassa esitettiin vahvasti oppiaineiden välinen integraatio. Uutta olivat myös kurssikohtaiset tavoitteet ja toive, että biologian kurssit sijoitettaisiin niitä tukevien kemian kursseiden jälkeen. Hän otti lisäksi esille, että kurssimuotoisuus samalla karsi hieman lukion kemian tuntimäärää, josta seurasi ongelmallista sisältöjen karsimista. Kuitenkin hän piti silloin voimassa olevaa kemian opetussuunnitelmaa varsin ajanmukaisena. (Haavisto 1982) Lehtori Karkela puolestaan oli kokeillut kurssimaista kemianopetusta Alppilan lukiossa ja hän esitteli kokemuksiaan todeten, miten kaikille yhteisellä kurssilla piti tasapainoilla, jotta kaikki pysyivät mukana. Suurissa ryhmissä jatkuvan näytön arviointi aiheutti myös ongelmia. Kaikille yhteisen kemian opetus, jotta eriyttäminen onnistuisi, vaati moninaisten menetelmien käyttämistä. Kuitenkin Karkela koki keskittämisen hyvänä asiana (Karkela 1982).

Lukion kurssimuotoisen oppimääräsuunnitelman mukaan työtapana tuli valita aiheen mukaisesti. Usein olisi järkevää yhdistellä eri työtapoja. Tämä vastasi Lukion opetussuunnitelmatoimikunnan käsitystä. Työtapaluettelossa olivat mukana laborointi (oppilastyöt) ja demonstraatiot, joiden tekemiseen annettiin ohjeita, kuten oli tehty aikaisemmissakin opetussuunnitelmissa. Demonstraatioita pidettiin keskeisenä havainnollistavana työtapana. Lisäksi AV-välineiden käytöllä voitiin tehostaa havainnointia. Tähän liittyvät Karkelan kokeilun haasteet moninaisten menetelmien käyttökokeiluista (Karkela 1982). (Kouluhallitus 1981)

Vuoden 1981 kurssimuotoisen lukion oppimääräsuunnitelmassa esitettiin muun muassa, että kemian kurssin arvioinnissa koetehtävät piti valita koko oppiaineksesta. Näin voitiin todeta objektiivisesti tavoitteiden mukaiset valmiudet. Eri tehtävätyypit selostettiin hyvin perusteellisesti (Kouluhallitus 1981). Kouluhallituksen opetusneuvos Kuitunen totesi kaikille yhteisten kurssien koetehtävistä, että niiden joukosta heikompienkin opiskelijoiden piti löytää vastattavaa. Toisaalta niissä oli oltava myös kemiaa harrastaville opiskelijoille haastavia tehtäviä. Lisäksi Kuitunen totesi Karkelan tavoin vaikeuden arvioida jatkuvaa näyttöä suuressa ryhmässä. Hän suosittelikin formatiivisten kokeiden käyttämistä jatkuvan näytön toteamiseen. Siis nyt otettiin kantaa, että formatiiviset kokeet toimivat jatkuvan näytön mittarina. (Kuitunen 1983)

Oppimääräsuunnitelmassa esitettiin myös, että harjoitustöiden arvioinnissa noudatetaan kemian yleisiä arviointiohjeita. Tämä tarkoitti, että jakson jälkeen pidettävä koe koski työmenetelmiä ja teoriaa. Vaikutteita oli siis otettu yliopistojen harjoitustyötenteistä. Lisäksi piti ottaa huomioon opiskelijan käytännön töissä osoittamat taidot. Tähän ei annettu minkäänlaisia ohjeita. (Kouluhallitus 1981)

Myös kurssimuotoisen lukion kemian oppimääräsuunnitelman 1981 työkurssin tavoitteissa kerrotaan, että työkurssin tehtävänä oli, että opiskelijat tutustutetaan teorian ja sovellusten väliseen riippuvuuteen, työmenetelmiin ja aineisiin sekä kehitetään kokeellisessa työskentelyssä tarvittavia taitoja. Kuitunen

totesi, että työkurssiin suhtauduttiin myönteisesti, jopa niin myönteisesti, että perustettiin kemian kerhoja työkurssin jatkoksi. Kuitenkin hän totesi, että koulukohtaisen laboratoriokurssin saaminen on sattumanvaraista ja kiinni opettajan aktiivisuudesta ja rehtorin organisointikyvystä². (Kuitunen 1983)

7.4 Siirtyminen opetussuunnitelman perusteisiin 1985

Luvussa 7.4 pohditaan vuoden 1985 opetussuunnitelman perusteita ja sitä, miten aikaisemmin kemian opetussuunnitelmassa olleita ohjeita oli jätetty yleisemmälle tasolle. Toinen käsiteltävä aihealue on Leikolan komitean luonnontieteiden tilaa käsittelevät mietinnöt.

7.4.1 Hapuillen opetussuunnitelman laadintaan

Kouluhallituksen antamat opetussuunnitelmat eivät motivoineet opettajia riittävästi niiden käyttöön opetuksen perustana. Oppikirjaa käytettiin opetussuunnitelman korvikkeena (vrt. Venezky 1992) eli eräänlaisena piilo-opetussuunnitelmana. Käytäntöä muutettiin niin, että opetushallitus antoi perusteet, jonka määräysten mukaisesti piti laatia paikallinen opetussuunnitelma, jonka koulutuksenjärjestäjä vahvisti (Lukiolaki 1983). Lainannon jälkeen valtioneuvosto päätti asetuksella lukion tuntijaosta (ei puhuttu enää lukusuunnitelmasta) ja Kouluhallitus laati opetussuunnitelman perusteet. Varsinaisen opetussuunnitelman tuli laatimaan ja vahvistamaan paikallinen koulutuksen järjestäjä (Kouluhallitus 1985a). Näin varmaan tapahtuikin. Tuolloin ei ilmeisestikään vielä syvällisesti ymmärretty, mitä tarkoitti koulutuksen järjestäjän laatima ja vahvistama opetussuunnitelma.³

Vuoden 1985 opetussuunnitelman perusteissa kemian tavoitteiden teoria- ja yhteiskunnallisten linjausten kirjaukset olivat teorian osalta hyvin vuoden 1981 oppimääräsuunnitelman mukaiset, mutta yhteiskunnallisesti kirjattiin edellisessä olevan lisäksi: ”Luoda oppilaille edellytykset tulevana työyhteisön jäseniä tai päätöksen tekijöinä ymmärtää kemiallisen teknologian kysymyksiä”. Laati- misessa otettiin huomioon lähinnä työyhteisö ja teknologia. Päätöksen tekijät voidaan tulkita laajemminkin. (Kouluhallitus 1981, 1985a)

Vuoden 1985 opetussuunnitelman perusteiden tavoitteissa kokeellisuuden voisi tulkita olevan mukana muun muassa tavoiteilmaisusta ”antaa monipuolinen kuva kemiasta eksaktina luonnontieteenä, sen merkityksestä, uusimmista tutkimusmenetelmistä ja saavutuksista sekä eri elämän aloilla olevista sovelluk-

² Väitöskirjan tekijä voi helposti hyväksyä tämän näkemyksen

³ Väitöskirjan tekijän tullessa Oulun normaalikouluun vuonna 1986 hän sai ensimmäistä kertaa käsiinsä opetussuunnitelma-asiakirjan, kun rehtori antoi hänelle nuo edellisen vuoden perusteet ja kertoi sen olevan opetussuunnitelma. Sen täydentämiseksi väitöskirjan tekijä pääsi kaupungin opettajien kanssa laatimaan paikallista suunnitelmaa profiloitumisen osalta.

sista”. Opetussuunnitelman perusteissa puolestaan jätettiin vapaat kädet työtöihin. Kuitenkin perusteet ehdottivat paikalliseen opetussuunnitelmaan sellaisia työtapoja, joilla näyttäisi olevan erityistä merkitystä lukion tavoitteiden saavuttamiseen. Tällaisia olivat kemian opetuksessa esimerkiksi teollisuusvierailut ja oppilastyöt. (Kouluhallitus 1981, 1985a)

Vuoden 1985 opetussuunnitelman perusteissa ei kemian kohdalla mainita ollenkaan arviointia. Näin ollen kemiassa kuin muissakin aineissa tuli toimia yleisten arviointinormien mukaisesti (luku 6.4). Tavoitteiden saavuttamista arviointiin kokeilla ja jatkuvan näytön avulla. Pääinstrumenttina olivat summatiiviset kokeet aikaisempien opetussuunnitelmien mukaisesti. Lisäksi mainittiin, että jatkuva näyttö saattoi olla joko suullista tai kirjallista, ja se voi nostaa tai alentaa kurssinumeroa. Kurssit arvioitiin toisistaan riippumatta, ja arvostelukriteerit johdettiin kurssille asetetuista tavoitteista sekä opiskelijan ikäkauden mukaisista mahdollisuuksista. Koska annettiin vain yleiset ohjeet, yksityiskohtainen arviointi olisi pitänyt kirjoittaa paikallisella tasolla. Todennäköisesti useimmissa lukioiden käytettiin oppimääräsuunnitelmassa esitettyä arviointiohjetta. (Kouluhallitus 1981, 1985ab)

7.4.2 Leikolan komitean mietinnöt

Koska yhteiskunnallinen huoli luonnontieteellisestä perussivistyksestä jatkui, Leikolan komitea laati ongelman ratkaisemiseksi kaksi mietintöä, joista ensimmäinen totesi ongelmat ja toinen koetti löytää ratkaisut. Komitea totesi, että maailman teknillistymisen takia luonnontieteet ovat yhä vahvemmin ymmärtämisen avaimia, koska luonnontieteet ovat myös teknologiasta rakentuvan tieteellisen maailmankuvan ydinaineita ja edelleen, koska luonnontieteen ja tekniikan saavutukset ovat enenevästi jokapäiväistä elämää. Myös niistä aiheutuvat haitat ovat luoneet tarvetta ymmärtää laajemmin luonnonilmiöitä ja teknologian perusteita. (Komiteamietintö 1988, 1989; Markkanen 1988, 1989).

Leikolan komitea näki ongelmia opetussuunnitelman perusteiden soveltamisessa. Komitean havaintojen mukaan matemaattis-luonnontieteellisissä aineissa valinnaisuus oli melko paljon yleisempää kuin muissa tietopainotteisissa aineissa. Vaikka sitä voi pitää hyvänä asiana yleensä, lukion kurssikatto supistaa valintavaihtoehtoja varsin vähiin. Oppisisällöissä ei ole osoitettu yhteyksiä muiden oppiaineiden alueelle niin selkeästi kuin monien muiden aineiden opetussuunnitelmissa. Puutteena nähtiin myös metodisten ohjeiden puuttuminen vuoden 1985 opetussuunnitelman perusteista. Oletettavasti metodisten ohjeiden puuttuminen oli tarkoituksellista, jotta opettajat joutuisivat pohtimaan ja kokeilemaan eri menetelmiä. Luonnontieteiden opetuksessa ei yleensä korostunut riittävästi kokeellinen lähestymistapa, johon komitealla oli mahdollisuus perehtyä esimerkiksi Englannin Nuffield-ohjelman (Klainin 1988) ja Yhdysvalloissa tuolloin vallitsevien opetusohjelmien avulla (Welch 1979). (Komiteamietintö 1988, 1989)

Kemian pakollisten kurssien runsas ja teoreettinen sisältöaines koettiin edelleen ongelmalliseksi. Kurssien runsaat sisällöt nähdään maailmalla yhä yleisesti kemian opetussuunnitelmien ongelmana (esimerkiksi Gilbert 2006; Pilot &

Bulte 2006). Ympäristökysymyksiä lähestyttiin vain vaikutuksiltaan kielteisten ilmiöiden yhteydessä. Tämän voisi nähdä johtuvan biologien ja kemistien yhteisen kielen puutteesta vielä 1970-luvulla, ehkä vielä 1980-luvun alkupuolellakin, jolloin biologit olivat heränneet tietoisuuteen kestäväen kehityksen tarpeesta. Tällöin kemian puolella ei oltu vielä herätty ympäristöystävällisiin prosesseihin, ehkä taloudellisista syistä. Kuitenkin 1980-luvun puolen välin jälkeen teollisuuden ympäristötietous uusien prosessien käyttöönoton myötä oli kehittynyt niin, että oli mahdollista lähestyä myös myönteistenkin asioiden avulla. Tietotekniikan käyttöönottoa rajoittivat kaikki mahdolliset asiat. Esimerkiksi olemassa olevat opetusohjelmat kohdistuivat vain muistitietoon ja ymmärtämiseen (esim. Jonassen 1991; Miettinen 1990; Salomon ym. 1991), sillä uudenlaista tieto- ja viestintäteknologian opetuskäyttöä ei vielä mielletty. (Komiteamietintö 1988, 1989)

Leikolan komitea esitti luonnontieteet ja teknologian tieteellisen maailman kuvan ydinaineksina, mutta pitäytyi perinteisessä kemian opetuksen mallissa, jossa opetetaan ensin tosiasiat ja teoriat eli sisältö, sen jälkeen sovellukset, konteksti ja merkitys (Childs 2015). Ilmeisesti komitean oli mahdollista saada käyttöönsä esimerkiksi vuonna 1981 Yhdysvalloissa aloitettu kontekstilähtöinen "Chemistry in the Community" -ohjelma (esim. Fensham 1992) ja Naen työtovereineen vuonna 1980 ja 1982 julkaisemat raportit yhdessä teollisuuslaitosten kanssa tehdystä kemian opetuksesta (Nae ym. 1980, 1982). Komitean näkemys mahdollisesti oli, että lukioissa ei oltu kypsiä siirtymään kontekstilähtöiseen opetussuunnitelmaan.

Leikolan komitean mietinnön pohjalta MAOL lähti kehittämään lukion yleisen ja laajan kemian oppimääriä. Laaja kemia olisi sisältänyt työkurssin, jonka ansiosta työryhmän mielestä kokeellisuudelle tulisi enemmän tilaa. Yleinen oppimäärä puolestaan painottuisi ympäristökemiaan ja kuluttajatiетoon. MAOL:n työryhmän mielestä luonnontieteiden opetussuunnitelmat pitäisi laatia yhdessä, jolloin olisi mahdollista kiinnittää enemmän huomiota luonnontieteiden ja myös muiden aineiden välisiin yhteyksiin. Työryhmän raportissa korostui kemian kokeellinen luonne ja sen sovellusten merkitys. Tästä syystä työryhmä varsin nykyaikaisesti esitti kemian opetuksen erityistavoitteeksi kokeelliseen työskentelyyn perehdyttämisen. Painopistettä tuli siirtää oppilastöihin luennoivan ja demonstroivan opetuksen sijaan. Tällaista oppimääräsuunnitelmaa ajoi voimakkaasti eteenpäin MAOL ry:n puheenjohtaja Jukka O. Mattila Dimension 8/90 pääkirjoituksessaan (Mattila 1990). (Aroluoma & Montonen 1990)

Vuonna 1991 arviointiryhmän puheenjohtaja Neittaanmäki puolusti opetusministeriön seminaarissa lukion fysiikan ja kemian laboratorio-opetusta sekä ihmetteli viivyttelyä, jonka aikana varoja ohjautui pois laboratorioluokkien kehittämistä. Hän vaati tilanteen korjaamista. (Neittaanmäki 1991) Seuraavana vuonna lehtori Karkela tarkasteli artikkelissaan lukion kemian kehitysnäkymiä, joista hän asetti keskeisiksi kokeellisuuden, työtapojen monipuolistamisen, arvioinnin, integraation eri oppiaineiden välillä ja kemian kytkemisen käytännön elämään, teknologiaan ja ympäristöön. Nämä kaikki ovat hyvin tärkeitä asioita vielä nykyäänkin. Karkela kirjoitti artikkelin muutama kuukausi ennen tuntijakoesitystä. Ilmeisesti hänellä oli jotain käsitystä siitä, että tarkkoja oppiainekohtaisia

tuntimääriä ei pidetty tarpeellisina, vaan päätäntävaltaa siirretään kouluille. (Karkela 1992) Lopullisessa tuntijakopäätöksessä todella kävi tällä tavalla nimenomaan luonnontieteiden kohdalla, vaikka tuntijaon kaikkien puheiden perusteella piti olla hyvin luonnontiedeystävällinen (Lavonen & Meisalo 1994).

7.5 Uuteen oppimis- ja tiedonkäsitkseen

Luku 7.5 sisältää vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteiden pohdintaa. Tähän liittyi esimerkiksi uuden oppimiskäsityksen tarkastelua sekä opetussuunnitelman perusteissa esitettyjen sisältöjen väljästä ja arvioinnin liian yleisellä tasolla olevasta ilmaisusta johtuvaa pohdintaa.

7.5.1 Vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteet

Vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteiden kemian teorian tavoite- ja sisältölinjaukset olivat varsin niukat, mutta kemian opetuksen pedagogiset tavoitelinjaukset puolestaan olivat varsin runsaat. Vastaavanlaisesti tavoitteissa voitiin nähdä yhteiskunnallinen puoli, joka korosti muun muassa kemian tietojen merkitystä yhteiskunnan päätösten teossa (esim. Wraga & Hlebowitsh 1991). Opetusmenetelmien kohdalla voidaan puhua teoreettisesta linjauksesta, sillä kokeellisuudella tarkoitetaan nojautumista ympäristöstä kokeellisesti hankittuun tietoon. Sen lähtökohtana (luku 6.5.6) olivat havainnot, mittaukset ja niin edelleen (Opetushallitus 1994). Lukion kemian opetusmenetelmien kohdalla voidaan puhua Winkin määrittelyn mukaisesti ensisijaisesti pedagogisesta konstruktivismista, jossa opiskelija on oman tietonsa rakentaja. Huomioon voidaan myös ottaa opiskelijoiden keskinäinen vuorovaikutus. Tämä tuo opiskeluun epistemologisen konstruktivismiin piirteitä (Wink 2006).

Vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteiden yleisessä osassa arviointi määriteltiin niin, että se perustui lukion opetussuunnitelmassa määriteltyihin tavoitteisiin. Arvioinnin tehtävänä oli antaa palautetta opiskelijalle opintojen edistymisestä ja oppimistuloksista sekä lukion aikana että lukio-opiskelun päättyessä sekä kannustaa ja ohjata opiskelijaa opintojen suorittamisessa (luku 6.5.6.4). Kurssin arvioinnin tehtävänä oli antaa palautetta tavoitteiden saavuttamisesta ja opiskelun etenemisestä. Arviointi perustui mahdollisiin kirjallisiin kokeisiin, jatkuvaan näyttöön ja opiskelijan tuotosten arviointiin. Itsearviointi voitiin ottaa huomioon käyttäen muun muassa kurssin arviointikeskusteluja. Oppimäärän arvioinnista opetussuunnitelmanperusteet totesivat, että erilaisten oppimäärien arviointi suoritetaan kurssien arvostelun pohjalta, mihin opettajan harkinnalla voi olla myös osuutta. Oppimäärän arvioinnin kohdalla perusteista saattoi saada vääränlaisia käsityksiä, joista mainittiin aiemmin (luku 6.6.1) (Opetushallitus 1994). Tämän väitöskirjan tekijä esitteli Helsingissä pidetyssä vuoden 1998 LUMA-tapahtumassa posterin, joka koski lukion opiskelija-arviointia. Häntä oli häirinnyt pitkään, että arviointi oli perustunut lähinnä vain kurssikokeeseen.

Siksi hän oli yrittänyt asetuksen ja opetussuunnitelman perusteiden hengen mukaisesti käyttää monipuolista arviointia (Vaskuri 1998).

Tuon posterin yhteenvedossa todettiin seuraavat kuusi näkökulmaa (Vaskuri 1998):

1. Oppilaan kurssiarvosana on ilmeisesti oikeudenmukaisempi kuin arvioinnissa, joka tapahtuu pelkän kurssikokeen ja mahdollisesti lisänä olevan "mutulla" saadun jatkuvan näytön avulla.
2. Oppilaat hyväksyvät paremmin saamansa arvosanan, kun he tietävät jo kurssin alussa arviointikriteerit.
3. On mieletöntä opettaa kokeellisesti, jos työskentely ei millään tavalla näy arvioinnissa.
4. Opetussuunnitelman perusteiden peräänkuuluttama tiedon hankinta, käsittely ja raportointi on saatu näkymään opiskelussa ja arvioinnissa.
5. Kaikki tämä vaatii kurssien entistä tarkempaa ennakkosuunnittelua, jossa otetaan huomioon, miten mikäkin arvioidaan.
6. Opettajan aikaa kuluu entistä enemmän arviointiin, koska on arvioitava yhä enemmän kirjoitettua materiaalia. Siksi voisikin ajatella, että työselostuksesta arvioidaan jokin osa, toisesta jokin toinen osa jne. eikä tarvitsisi lukea selostusta läpi rivi riviltä. Toisaalta "yhteistoiminnallinen raportointi" tai ryhmäraportointi voisi keventää opettajan työtä.

Vuoden 1994 syksystä lähtien hän oli kehittänyt erilaisia arviointimenetelmiä ja käyttänyt niitä. Toimivat olivat jääneet käyttöön, mutta huonosti toimivat oli hylätty. Hän oli hylännyt ainakin yhden tavan: Hän opetti yhden orgaanisen kemian kurssin yhteistoiminnallisesti, jolloin 3–4 opiskelijan ryhmät kukin tutkivat kokeellisesti aiheen eri puolia. Jokainen ryhmä esitteli omat tuloksensa luokalle, ja keskustelun jälkeen näistä piti tulla ryhmien yhteinen tieto. Kaikki tunnin materiaalit piti kerätä portfolioihinsa, joiden taso ei ollut missään tapauksessa tyydyttävä. Kurssipalautteen mukaan opiskelijoiden työmäärä nousi liian suureksi (Vaskuri 1998). Ilmeisesti ei onnistuttu riittävän hyvin rajaamaan kurssin töiden määrää eikä osattu riittävän hyvin valmistella ja ohjata töitä. Myös itsearviointi tuotti päänvaivaa, eikä sitä voitu ottaa mukaan arvosanan määräämiseen esimerkiksi prosenttiosuutena.

Vuoden 1994 perusteiden tavoitteissa näkyi selvästi kokeellisuuden mukanaolo. Tällöin annettiin tavoitteet, joiden mukaan opiskelija osaa kokeellisen työskentelyn ja muun aktiivisen tiedonhankinnan avulla etsiä tietoa, osaa tulkita ja arvioida kokeellisesti hankittua tietoa ja sen luotettavuutta. Konstruktivistiseen oppimiskäsitykseen liittyen yritettiin yhteistoiminnallista oppimista (luku 2.3.6). Tällainen yritys oli myös edellä kuvattu lehtori Vaskurin arviointikokeilu. Vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteissa kokeellisuus käsitettiin laajasti (luku 6.5.6). Ilmeisesti oppilas- ja kenttätöitä pyrittiin ajamaan paikallisiin opetussuunnitelmiin. Kaikkien aikaisempien kansallisten opetussuunnitelmien metodiosassa oli kokeellisuus ollut esillä, vaikka opetukseen saakka se oli edennyt

huonosti ainakin oppilastöiden osalta. Oppilastöiden lisäksi opetusta oli tarkoitettu monipuolistaa tieto- ja viestintäteknologian avulla. Arviointi esitettiin niin yleisesti kaikkia aineita koskien, ettei siinä ollut minkäänlaisia ohjeita kokeellisuuden arviointiin. Opetussuunnitelman käyttöönottoprosessi kokonaisuudessaan ei ilmeisesti onnistunut kovinkaan hyvin, sillä Opetushallituksen seurannasta selvisi, että siirtyminen uuteen opetussuunnitelmaan ei ollut täysin toteutunut vielä 1990-luvun lopulla. (Opetushallitus 2000) Tämä saattoi myös osin johtua siirtymisen takarajan puuttumisesta.

7.5.2 Opetussuunnitelman perusteet aiheuttivat ongelmia

Opetushallituksen tekemän selvityksen mukaan vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteiden käyttöönotossa esiintyi muitakin ongelmia. Vaikka MAOL ja muutamat tutkijat esittivät omia sisältönäkemyksiään (esim. Meisalo & Lavonen 1994), ei koulutuksen järjestäjien opetussuunnitelmista tullut täysin yhteismitallisia. Toinen ongelma oli opiskelijan arviointia koskevissa opetussuunnitelman perusteiden määräyksissä olleet puutteet ja opiskelijat eriarvoiseen asemaan asettaneet arviointikäytänteet. Arviointikäytänteiden vuoksi Opetushallitus antoi 19.3.1999 määräyksen M8/011/99 nuorille tarkoitetun lukiokoulutuksen opiskelijan arvioinnin perusteista (Opetushallitus 1999). Niissä pyrittiin yhtenäistämään hyvin erilaistuneita käytänteitä. Näiden ongelmien takia katsottiin, että opiskelijoiden oikeusturva oli vaarassa. Lisäksi opetushallituksen selvityksessä todettiin, että varsin monen koulutuksen järjestäjän opetussuunnitelmassa oli puutteita vielä 1990-luvun loppupuolella, mikä tulkittiin niin, että opetussuunnitelman perusteiden normiluonnetta ei ollut oikein mielletty. (Opetushallitus 2000)

7.6 Uudelle vuositukselle

Luku 7.6 sisältää vuoden 2003 opetussuunnitelman perusteiden pohdintaa. Lisäksi tarkastellaan MAOL ry:n tekemää ennakkotyötä ja koulutuksen arviointineuvoston arviointia. Kolmantena aihealueena on kemian luonnetta kuvaavien tavoitteiden pohjoismainen vertailu.

7.6.1 Vuoden 2003 opetussuunnitelman perusteet

Vuoden 2003 opetussuunnitelman perusteiden kemian teoria- ja pedagogiset linjaukset ovat yksityiskohtaisemmat kuin edellisissä perusteissa, sillä nyt oli kirjoitettu varsin yksityiskohtaiset tavoitteet jokaisen kurssin kemian opetukselle ja opiskelijan oppimiselle. Toisaalta tavoitteissa otettiin huomioon jokapäiväinen elämä, ihmisen ja luonnon hyvinvointi sekä yhteiskunnallinen keskustelu ja päätöksen teko. Opetussuunnitelman perusteissa siis painotettiin aiempaa vahvemmin lukion ja lukio-opiskelun kytkemistä ympäröivään yhteiskuntaan. Aivan il-

meisesti opetussuunnitelman perusteisiin saatiin 1990-luvun jotain STS-kysymyksistä, jotka olivat voimakkaasti esillä 1990-luvun aikana luonnontieteiden opetukseen liittyvässä kirjallisuudessa (esim. Yager 1990, 1992; Wraga & Hlebowitsh 1991; Heath 1992). Vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteiden puutteista viisastuneina näissä perusteissa esitettiin jokaisen kurssin keskeiset sisällöt, jotka puuttuivat edellisestä. Perusteiden käyttöönnotolle asetettiin myös takaraja. (Opetushallitus 2003)

Vuoden 2003 perusteiden kemian opetuksen tavoitteissa kuvattiin, että ”kemian opetukselle on luonteenomaista kemiallisten ilmiöiden ja aineiden ominaisuuksien havaitseminen ja tutkiminen kokeellisesti, ilmiöiden tulkitseminen ja selittäminen mallien ja rakenteiden avulla, ilmiöiden kuvaaminen kemian merkikielellä sekä ilmiöiden mallintaminen ja matemaattinen käsittely” tai että opiskelija ”osaa kokeellisen työskentelyn ja muun aktiivisen tiedonhankinnan avulla etsiä ja käsitellä tietoa elämän ja ympäristön kannalta tärkeitä kemiallisista ilmiöistä ja aineiden ominaisuuksista sekä arvioida tiedon luotettavuutta ja merkitystä” (Opetushallitus 2003). Aivan selvästi näiden opetussuunnitelman perusteiden kirjoittamisessa oli otettu huomioon Yhdysvaltojen kansalliset luonnontieteiden opetuksen standardit, Englannin Salters ja muita tuolloin julkaistuja opetussuunnitelmaprojekteja (Campbell 1994; National Research Council 1995; van den Akker 1998; Osborne & Collins 2001). Kuitenkaan näissäkään perusteissa ei uskallettu edetä selkeään tutkimus- tai kontekstilähtöiseen lähestymistapaan, vaikka edellä mainituissa tavoitteissa onkin viitteitä sellaisesta mahdollisuudesta.

Luvun 6.6.4.6 perusteella jokaiseen kurssiin oli annettu täsmälliset keskeiset sisällöt. Lisäksi sisällöt oli järjestetty niin, että ensimmäiseksi käsiteltiin kaksi orgaanisen kemian kurssia ja sen jälkeen kinetiikka ja reaktio-energia, metallit ja materiaalit sekä kemiallinen tasapaino. Tämän sisältöjen järjestämisen piti lisätä kiinnostavuutta, sillä näin saatiin yhteys opiskelijoiden maailmaan, jota painotettiin esimerkiksi Saltersin ja Hollannin kontekstilähtöisten opetussuunnitelmien yhteydessä (esim. Osborne & Collins 2001; van den Akker 1998). Tästä järjestelystä seurasi ongelma, sillä näin ensimmäisen kurssin sisältö kasvoi liian rasakaaksi. Tämä kasvu johtui siitä, että jotta aineiden rakennetta ja ominaisuuksia voitiin selvittää, vaadittiin tietoja erilaisista sidoksista.

Vuoden 2003 opetussuunnitelman perusteissa opetusmenetelmiä käsiteltiin yleisesti, mutta perusteiden tekstin mukaan lukion on luotava sellaisia opiskelu ympäristöjä, joissa opiskelijat voivat asettaa omia tavoitteitaan ja oppia työskentelemään itsenäisesti ja yhteistoiminnallisesti erilaisissa ryhmissä ja verkostoissa (esim. Slavin 1980, 1991; Johnson ym. 1998). Tämän saattoi tulkita kemian osalta tarkoittavan kokeellista tiedon hankintaa, käsittelyä, tulkintaa ja raportointia, joissa käytetään apuna tieto- ja viestintäteknologiaa. Tällaisen konstruktivismiin Wink on määritellyt epistemologiseksi (Wink 2006). Lisäksi perusteet ottavat esille oppimistyyliä, joiden huomioon ottamista puoltaa Chungin ja Chow'n näkemys heidän kirjoittaessaan ongelmalähtöisen oppimisen kokemuksista ja oppimiskäsityksistä (Chung & Chow 2004). Toisaalta vuonna 1998 Chad-

dock kritisoi oppimistyylien käyttöönottoa mm. siitä, että ei ollut yhteisymmärrystä, miten niitä mitataan, onko parempi opettaa yhdellä tyylillä vai auttaa opiskelijoita selviytymään yleensä (Chaddock 1998).

Vuoden 2003 opetussuunnitelman perusteet esittivät, että kemian arvioinnin päämääränä oli kemiallisen tiedon ymmärtäminen sekä soveltamisen taito. Arvioinnissa tuli lisäksi ottaa huomioon kokeellisen tiedonhankinnan ja käsitteilytaitojen kehittyminen. Vuoden 2003 perusteiden yleisessä arviointiosassa esitettiin edellisten perusteiden tavoin, että arviointi perustui tavoitteiden saavuttamiseen, palautteeseen opintojen edistymisestä ja oppimistuloksista. (Opetushallitus 2003)

Vuoden 2003 perusteissa annettiin joitakin ohjeita, miten kokeellisen työskentelyn arviointi tuli ottaa huomioon paikallisella tasolla. Menetelmistä mainittiin työskentelyn ja osallistumisaktiivisuuden seuranta. Lisäksi voitiin arvioida työselostuksia, projektitöitä sekä menetelmällisten tietojen ja taitojen kehittymistä jatkuvalla seurannalla. Tarkempi arviointimenetelmien aukaisu jäi paikalliselle tasolle. (Opetushallitus 2003)

7.6.2 Opetussuunnitelman ennakkotyö ja toteutumisen seuranta

Vuoden 2003 opetussuunnitelman perusteiden julkaisun aikoihin MAOL julkaisi omat ohjeensa paikallisen opetussuunnitelman laadintaan (luku 6.6) muistuttaen, mitä asioita koulutuksen järjestäjän piti kirjata opetussuunnitelmaan oppiaineen kohdalle. Opetussuunnitelmien tultua voimaan vuoden 2005 syksyllä koulutuksen arviointineuvosto selvitti vuonna 2009 ja 2010, miten sisäänajo oli onnistunut. Tuntijaon osalta neljäsosa opettajien perusteluista liittyi syventävien ja soveltavien kurssien vähäisyyteen ja ennen kaikkea niiden heikkoon toteutumiseen resurssipulan johdosta. Tähän opetussuunnitelman perusteet eivät kuitenkaan voineet vaikuttaa. Opettajien kommenttien perusteella kolmannes vastanneista piti opetussuunnitelmaa vain välttämättömänä asiakirjana, joka pitää olla. Varsinaisena opetussuunnitelmana toimi oppikirja (vrt. Venezky 1992). Puolet vastanneista piti taloudellisten resurssien ja ajan puutetta haittaavana tekijänä. Ajan ja resurssien puutteeseen liittyen on seuraava lainaus kuvaava:

”Koulutyön jatkuva kiire: kaikilla on kiire kaiken aikaa, ja työn aikataulutus on pakkotahtisempaa, kuin ajalla ennen kurssimuotoista lukiota: jatkuvat kurssiarvostelut, koeviikot, yo-tutkinnon hajauttaminen syksyyn, osittain tarpeetonta ja tehotonta; strategiapaperien viidakon jatkuva sommittelu. Toteutuuko opiskelijan aito kohtaaminen, kun tämä on tällaista massakoulutusta, isoja ryhmiä, nopeat valmistumistavoitteet, opiskelijat hujahtavat huokean putken läpi, mutta tapahtuuko itse asiassa mitään? Ehkä tämä on turhan skeptinen ja heterodoksinen näkemys, mutta sitenkin tehtaaksihan tätä voisi sanoa.” (Koulutuksen arviointineuvosto 2011)

Edellisessä lainauksessa esitetyt asiat johtuvat vain pieneltä osalta tai eivät ollenkaan opetussuunnitelman perusteista. Ne johtuvat yhteiskunnan muuttumista seuraavasta lainsäädännöstä, siis loppujen lopuksi poliittisesta tahdosta.

7.6.3 Lukion kemian luonne Norjan, Ruotsin ja Suomen opetussuunnitelman perusteissa

Vuonna 2009 tehtiin vuoden 2003 kemian opetussuunnitelman perusteisiin (kts. luku 6.6) liittyvä tutkimus. Siinä Vesterinen, Aksela ja Sundberg (2009) vertailivat Norjan (2006), Ruotsin (2000) ja Suomen (2003) kemian opetussuunnitelman perusteiden kemian luonnetta kuvaavia tavoitteita. He käyttivät sisällönanalyysiä ja järjestivät luokat kahteen teemaan: 1) kemia tutkimuksena ja 2) kemian sosiaalinen luonne ja etiikka. (Vesterinen ym. 2009)

Artikkelin kirjoittajien mukaan Pohjolan kemian opetussuunnitelman perusteet ottivat aika hyvin huomioon tavoitteet, jotka liittyvät kemian luonteeseen. Suomen perusteista kuitenkin puuttuivat kemiallisen tiedon kokeellinen luonne, tutkimusongelmien määrittäminen ja hypoteesien muodostaminen kemiallisen tutkimuksen alueena, teorioiden ja mallien vaikutus kokeelliseen tutkimukseen, kemiallisen tiedon vaikutus omaan kulttuuriin ja maailmanlaajuisesti sekä kemian tutkimuksen eettinen vastuu. Vain Norjan perusta löytyy eettinen vastuu (Norwegian Directorate for Education and Training 2006) ja Ruotsin perusteista tutkimusongelmien määrittäminen (National Agency for Education 2000). (Vesterinen ym. 2009)

Toisaalta artikkelin kirjoittajat huomasivat, että kaikkien kolmen maan perusteista puuttui kemian luonnetta kuvaavia tavoitteita tai niitä ei ilmoitettu selvästi. Tällaisia tavoitteita olivat muun muassa kemian mallien ja teorioiden rajoitukset, kemian ja muiden luonnontieteiden suhde, luovuuden tärkeys kemian tutkimuksessa, kemiallisen tutkimuksen sosiaalinen luonne ja kemia teknologisenä käytäntönä. (Vesterinen ym. 2009)

7.7 Vuoden 2015 opetussuunnitelman perusteet

Vuonna 2015 annetuissa opetussuunnitelman perusteissa kemian ja sen opetuksen teoreettiset tavoitelinjaukset ovat monipuoliset, ja ne on kytketty monissa kohdissa yhteiskunnallisiin kysymyksiin. Esimerkkejä tällaisesta ovat muun muassa, että opiskelija jäsentää käsitystään jokapäiväisen elämän, ympäristön, yhteiskunnan ja teknologian ilmiöistä kemian käsitteiden avulla sekä osaa arvioida kemian ja siihen liittyvän teknologian merkitystä yksilön ja yhteiskunnan kannalta. Tavoitteissa esitetään myös elinympäristöön liittyvien aineiden ja ilmiöiden havainnointi ja tutkiminen, tutkimisen taitojen oppiminen, työskentelyn ja yhteistyön taitojen sekä luovan ja kriittisen ajattelun kehittäminen (Opetushallitus 2015). Näyttää siltä, että tavoitteena on tutkimuslähtöisen oppimisen vahvistaminen lukioden opetussuunnitelmiin (vrt. luku 2.3.6.4). Toisaalta tuo viimeinen tavoite saattaisi nyt herättää oppikirjantekijät ja erityisesti oppikirjakustantajat sekä opettajat niin, että opiskeltaisiin sisällöt jonkin sopivan kontekstin sisällä (vrt. luku 3.2.4). Childsin mukaan ideaalisen oppikirjan pitäisi sopia yhteen opetussuunnitelmassa esitetyn opetuksen ja oppimisen filosofian kanssa (Childs 2009). Opetuksen lähtökohtana kokeellisuus kaikissa muodoissaan on vahvasti

läsnä. Perusteissa kuvataan elinympäristöön liittyvien aineiden ja ilmiöiden havainnointia ja tutkimista tai siitä, että opiskelija osaa suunnitella ja toteuttaa kokeellisia tutkimuksia turvallisesti ja yhteistyössä muiden kanssa. Edelleen korostetaan, että opiskelija saa ohjausta (vrt. Steele 2005) edellä mainittuihin toimiin. (Opetushallitus 2015)

Edellisessä luvussa (luku 7.6.3) tarkasteltiin vuoden 2003 opetussuunnitelman perusteiden kemian luonteeseen liittyviä tavoitteita verrattuna Ruotsin ja Norjan vastaaviin (Vesterinen ym. 2009). Tällöin havaittiin merkittäviä puutteita. Vuoden 2015 opetussuunnitelman perusteiden tavoitteissa on tilanne parantunut. Mallintaminen liitetään selvästi kokeelliseen työskentelyyn samoin kuin kokeellisuuden avulla tapahtuva tiedon rakentaminen, kemian kokeellinen luonne, selviää useammastakin kohdasta, vaikka sitä ei sanota suoraan. Lisäksi tutkimusongelmien määrittäminen näyttäisi löytyvän kokeellisten tutkimusten suunnittelun sisältä, mutta hypoteesien tekeminen jää arvailuksi. Lisäksi voidaan tulkita, että tavoitteet sisältävät kemiallisen tiedon vaikutusta omaan kulttuuriin, sillä tavoitteissa kiinnitetään huomiota merkitykseen yhteiskunnan kannalta. Edelleenkin kemistien vastuullisuus ei ole näkyvässä, vaikka työturvallisuuden kiinnitetään huomiota. (vrt. Vesterinen ym. 2009)

Sisältöjen runsas kemian teoria voi olla jopa liiankin runsas, jotta päästään riittävän syvälle. Tätä voidaan Childsin (2015) mukaan peilata Norman Herrin (2008) teoksen ”The sourcebook for science teaching” sivuilla 502-3 olevaan sanontaan Yhdysvaltain kansallisista opetussuunnitelmista: ”*The US science and math curriculum is a mile wide and an inch deep.*” Varsinaisen kemian teoria-aineksen lisäksi yksilö, yhteiskunta, ympäristö sekä työturvallisuus ja muu kokeellisuuden liittyvää aines on otettu huomioon jokaisen kurssin sisällöissä.

Opetusmenetelmien kohdalla teoreettisena lähtökohtana ovat oppimiskäsitys ja kemian opiskelulle asetetut tavoitteet. Valinnan ja kehittämisen perustana ovat lisäksi opiskelijoiden edellytykset, kiinnostuksen kohteet, näkemykset ja yksilölliset tarpeet. Oppimiskäsityksen perusteella oppiminen on monimuotoista ja sidoksissa aiemmin hankittuun osaamiseen, minkä takia lukiossa tulee käyttää monipuolisia opetus-, ohjaus- ja opiskelumenetelmiä. Menetelmiä valittaessa tulee ottaa huomioon kemiassa edellytetty käsitteellinen ja menetelmällinen osaaminen. Toisaalta opiskeltavat tiedot ja taidot kytketään sekä heidän kokemuksiinsa, että ympäristössä ja yhteiskunnassa esiintyviin ilmiöihin. Yhteiskunnallisiin linjauksiin voidaan lukea erilaisten koulun ulkopuolisten oppimisympäristöjen käyttäminen. Oppimiskäsitys on vuosien 1994 ja 2003 opetussuunnitelman perusteiden tavoin konstruktivistinen, ja menetelmän valinnassa otettiin huomioon ympäristö ja yhteiskunta. Tällöin voidaan sanoa, että pyritään toimimaan sosio-konstruktivistisessa (Lemke 2001) oppimisympäristössä, johon yhdistyy vielä pyrkimys kestäväan tulevaisuuteen (Eilks ym. 2013). (Opetushallitus 2015)

Vuoden 2015 perusteissa opetusmenetelminä painotetaan tutkimista ja ongelmanratkaisua (luku 2.3.6.3 ja 2.3.6.4), jotka edistävät oppimaan oppimista ja kehittävät kriittistä ja luovaa ajattelua sekä metakognitiivisten taitojen kehittämistä (esim. Krathwohl 2002; Hofstein 2005). Nämä opetusmenetelmät sopivat

kemian opiskeluun erinomaisesti, koska ne nähdään usein luonteeltaan kokeelliseksi. (Opetushallitus 2015)

Vuoden 2015 opetussuunnitelman perusteiden arviointiosassa painotetaan kemian yleisten tavoitteiden saavuttamista kurssikohtaisten tavoitteiden ja keskeisten sisältöjen avulla. Kurssin arvioinnista puolestaan mainitaan, että oppimisprosessin aikainen arviointi ja palaute tukevat opiskelijaa kehittämään ja tiedostamaan kemian osaamistaan. Arviointi perustuu monipuoliseen näyttöön, jossa on mukana tietojen ja taitojen havainnointi, ja jossa kemiallisen tiedon ymmärtämistä ja soveltamista voidaan osoittaa eri tavoin. Arvioinnin kohteina voivat olla uutena työskentelyn vaiheet, kysymysten muodostaminen ja tutkimisen taidot sekä kokeellisen tiedonhankinnan ja -käsittelytaitojen kehittyminen. Työskentelyn vaiheiden, kysymysten muodostamisen ja tutkimisen korostaminen viittaa syvällisempään oppimiseen. Pyrkimyksenä on siis pääseminen korkeammille oppimisen tasoille, metakognitioon (esim. Hofstein 2005). Saman tyyppistä arviointia on ollut IB-lukion kemian töiden arvioinnissa jo vuosia sitten (luku 6.7.4.6). Tämän väitöstutkimuksen tekijä on käyttänyt jo 1990-luvulla esimerkiksi työselostuksen jonkin osan arviointia (Vaskuri 1998). (Opetushallitus 2015)

7.8 Yhteiskunta ja kansallinen opetussuunnitelma

Suomessa suureen muutokseen opetuksen alueella vaikutti ensimmäinen maailmansota. Suomen itsenäistyttyä opetus haluttiin muuttaa oloihimme sopivaksi. Tällöin kemia sai itsenäisen oppiaineen aseman, joka rajoitettiin koskemaan vain keskikoulua, sillä ajateltiin, että kemiaa piti opettaa havaintojen ja töiden avulla, jolloin se sopi hyvin keskikoulutasolle (luku 6.1.1). Lukiossa uuden oppiaineen käyttöönotto kuitenkin sujui hitaasti muun maailman tapaan (Childs 2015). Tämä johtui osaltaan olemassa olevien oppiaineiden halusta saada käyttöönsä venäjän kielen poistumisesta vapautuvia oppitunteja. Lukiotasoisien kemian merkitystä ei nähty jatko-opintojen eikä kansalaisen taitojen kannalta tärkeänä. (Kiuasmaa 1982)

Olojen vakiinnuttua 1920-luvun loppupuolella, vaikkakin poliittisen konfliktin seurauksena, asetettiin oppikoulukomitea valmistelemaan kansallisen opetussuunnitelman kehittämistä, koska itsenäisyyden alussa asetettu opetussuunnitelma oli tarkoitettu väliaikaiseksi (luku 6.1.1). Komitea havaitsi kemian aseman huonoksi Euroopan sivistysmaihin verrattuna. Siksi oppikoulukomitean esitys (1933) kemian tuntimääräksi ja oppiennätyksiksi olisi parantanut kemian asemaa, vaikka jäikin vaatimattomaksi. Mietintö hautautui vuosiksi ilmeisesti poliittisista syistä, sillä se oli tarkoitettu yhtenäiskoulutyypilliselle oppikoululle, joka ei sopinut kaikille poliittisille piireille. (Kiuasmaa 1982)

Vasta 1941 löydettiin yhteisymmärrys ja annettiin lukusuunnitelma ja oppiennätykset sekä Kouluhallituksen valmistamat metodiset ohjeet kahdeksanluokkaiselle oppikoululle (luku 6.1.3 ja 6.2.1). Aluksi toimittiin poikkeusoloissa

kolme vuotta, jolloin lukion kemian opetus oli miltei tyhjäkäynnillä. Tosin kierokirjeessä 1943 annettiin ohje, että lukion kemiassa ja fysiikassa noudatetaan vuoden 1941 opetussuunnitelmaa (Kouluhallitus 1943).

Toinen maailmansota muutti Suomea kuten koko Eurooppaa yhteiskunnallisesti. Suomi joutui maksamaan Neuvostoliitolle raskaat sotakorvaukset. Sen ansiosta Suomi kuitenkin teollistui. Siitä taas seurasi tarve korkeammalle opetukselle. Perustettiin uusia korkeakouluja ja yliopistoja ja oppikouluja (Kiuasmaa 1982). Lukusuunnitelmaa uusittiin vuonna 1948 (Asetus 1948). Liikunnalta vapautuneet tunnit menivät uusille kielille. Opetussuunnitelmissa määritellyt oppiennätykset säilyivät entisellään yli kaksi vuosikymmentä, vaikka useampi komitea yritti uudistaa opetussuunnitelmia tarkoituksella, että otettaisiin paremmin huomioon lukion matemaattis-luonnontieteelliset aineet, sillä maailma teknistyi kovaa vauhtia (vrt. luku 7.2.2.).

Vihdoin 1970 saatiin käyttöön uusi lukion kemian kansallinen opetussuunnitelma, joka oli maailmalla vallalla olevan suuntauksen mukaisesti sisältöjä painottava, ja sen kokeellisuus oli puhdasta laboratorioskemiaa (Childs 2015). Melko pian havaittiin, ettei opetussuunnitelma vastannut ajan tarpeita, sillä lukion opiskelijamäärä oli kasvanut huomattavasti eikä heistä hetikään jokainen tarvinnut ammattilaisen kemiaa. Ympäristön tila aiheutti myös uusia haasteita. Toisaalta jo 1960-luvulta lähtien oli kokeiltu erilaisia jaksotuksia, aluksi aikuislukioissa. Näin lopulta siirryttiin kurssimuotoiseen lukioon, jossa aineet järjestettiin 38 tunnin kursseiksi. Tätä siirtymää oli suunnittelemassa lukion vuosina 1974–1977 opetusministeriön asettama lukion opetussuunnitelmatoimikunta (Komiteamietintö 1977), joka otti huomioon kemian opetuksen kansainvälisen kehityksen, elämän eri aloilla ilmenevän merkityksen, luonnon tasapainoa järkyttäneet ongelmat ja niiden ratkaisumahdollisuudet sekä sen, miten kemiaa voidaan hyödyntää ihmisen ja yhteiskunnan hyväksi. Näin ollen oppiainesta piti muuttaa konkreettisemmäksi. Näiden suuntaviivojen ja valtioneuvoston asetuksen 1023/1981 perusteella Kouluhallitus antoi kurssimuotoisen lukion oppimääräsuunnitelman, jota tuli noudattaa asteittain 1982 syksystä lähtien (Kouluhallitus 1981).

1980-luvulla näytti siltä, että koulu ei seurannut yhteiskunnan kehitystä ja keskushallinnon säätämiä opetussuunnitelmia pidettiin muodollisina asiakirjoina. Lukiolailla 477/1983 muutettiin opetussuunnitelmaprosessia niin, että Kouluhallitus antoi opetussuunnitelman perusteet, joiden pohjalta koulutuksenjärjestäjän tuli laatia ja vahvistaa opetussuunnitelma. Puolestaan asetus 719/1984 määräsi, että opettajan tuli noudattaa sitä ja vahvistettua oppimäärää. Pian huomattiin, ettei nytkään saavutettu kemian ja muiden luonnontieteiden riittävää kehitystä, vaan huoli matemaattis-luonnontieteellisen sivistyksen tilasta jatkui, koska yhteiskunta muuttui jatkuvasti.

Valtioneuvosto asetti Leikolan komitean selvittämään koko toisen asteen koulutuksen luonnontieteellistä sivistystä. Komitea totesi, että luonnontieteiden opetukseen käytettävä aika oli kansainvälisesti vähäinen ja sisällöt kurssien määrään nähden suuria. Myöskään oppikirjat eivät ohjanneet kokeelliseen työskentelyyn ja tietotekniikan käyttö oli vaatimatonta. Komitean mielestä piti välittömästi aloittaa kemian opetussuunnitelman perusteiden uudistaminen. (luku

6.4.2) Opetussuunnitelman perusteet saatiin lopulta aikaan valtavan laman keskellä 1994 sen jälkeen, kun ensin oli riitelyn seurauksena saatu aikaan valinnaisuutta lisäävä tuntijako. Tuntijako lisäsi valinnaisuutta. Tosin tästä syystä kemian kahdesta pakollisesta kurssista toinen muuttui valinnaiseksi. (luku 6.5.2) Näin ollen kahden entisen valinnaisen kurssin tilalle tuli kolme syventävää kurssia. Lisäksi saattoi olla koulukohtaisia syventäviä kursseja, mutta niiden valintaa rajoittivat opiskelijan resurssit ja lukujärjestys.

Vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteiden käyttöönotto ei ollut kitkaton (luku 6.6.1), vaikka Opetushallitus, MAOL ja muutamat tutkijat kirjoittivat ohjeita paikallisten opetussuunnitelmien laatimista varten. Oikeusturvaongelmien takia muun muassa arviointiin piti antaa lisäohjeita (Opetushallitus 1999). Vaikka laman jälkeen talous oli lähtenyt nousuun, 1990-luvun lopulla nähtiin, että nousu ei voi olla jatkuva. Sen tähden opetussuunnitelmia tuli kehittää niin, että otetaan huomioon laskusuhdanteiden aiheuttama resurssien hupeneminen ja korjataan ongelmat, jotka aiheutuivat edellisten opetussuunnitelman perusteiden yleisluontoisuudesta. Näin ollen täytyi luoda 2000-luvun opetussuunnitelman perusteet, joissa otettaisiin huomioon yhteiskunnan kehitys muun muassa kestävän kehityksen, aktiivisen kansalaisuuden ja tieto- ja viestintäteknologian osalta.

Opetushallitus antoi vuonna 2003 opetussuunnitelman perusteet (Opetushallitus 2003), joihin tuntijakoasetuksen mukaisesti kemia sai uuden kurssin, mutta sisältöjen piti pysyä entisinä. Näiden perusteiden pohjalta koulutuksen järjestäjät laativat ja vahvistivat opetussuunnitelmansa syksyyn 2005 mennessä. Seurannassa (Koulutuksen arviointineuvosto 2011) ilmeni, että käyttöönotto oli onnistunut varsin hyvin, mutta edelleen koettiin olevan ongelmia valinnoissa. Tätä pohdittiin useasta näkökulmasta, mutta yhtenäistä ratkaisua ei löydetty. Mielenkiintoinen ehdotus oli, että sovellettaisiin erityislukioiden tavoin suurempaa valinnaisuutta tosin vain rajoitetummin.

Opetus- ja kulttuuriministeriö näki vuonna 2011 tulevaisuuden tieto- ja osaamistarpeiden sekä työelämäyhteyden ja -tietämyksen edellyttävän koulutuksen tavoitteiden ja sisältöjen kehittämistä ja uusimista. Piti siis tavoitella syvällisempiä tietoja ja taitoja sekä joustavuutta muun muassa lukion opintojen suorittamiseen osaksi yli tutkimusrajojen. Integroinnin ja kokonaisuuksien hallinnan piti tulla näkyväksi kaikille yhteisissä opinnoissa. Suuret suunnitelmat rapautuivat, kun uusi lama alkoi painaa päälle ja tuntijakotoimikunta ei päässyt mallista yksimielisyyteen. Ministeriö valitsi melkein edellisen tuntijaon mukaisen mallin, joka ei sanottavasti nostaisi kustannuksia (Opetus- ja kulttuuriministeriö 2014).

Vuonna 2015 annetut opetussuunnitelman perusteet sisälsivät entiset viisi lukion kemian valtakunnallista kurssia. Muutoksena opiskelijoiden kannalta oli, että heidän valittavakseen tuli niin sanottuja eheyttäviä aineiden välisiä teemaopintoja kolme kurssia, joihin kuuluu muun muassa tieto- ja viestintäteknologian tietoja ja taitoja kehittävä laaja alainen ilmiöpohjainen kurssi. Tämän huomasi myös ministeri Grahn-Laasonen, kun hän kutsui yrityksiä apuun kehitettäessä

hallituksen kärkihankkeena olevan lukio-opetuksen digitalisoinnin pedagogiikkaa.⁴

7.9 Kemian opetussuunnitelman päänäkökulmat

Luvussa 7.9 pohditaan kemian opetussuunnitelman (perusteiden) päänäkökulmia eri aikoina. Ensimmäisenä tarkastellaan sisällön, prosessin ja kontekstin välistä painotusta eri aikoina. Toisena käsitellään eri aikoina vallinnutta tavoitteiden ja tulosten, sisältöjen, pedagogiikan ja arvioinnin välistä harmoniaa. Kolmantena tarkastellaan, miten tieteellinen lukutaito ja luonnontieteellinen perusta ilmenevät eri opetussuunnitelmissa ja opetussuunnitelman perusteissa. Neljäntenä pohditaan opetussuunnitelmien kehitysryhmien koostumusta eri aikoina.

7.9.1 Sisällön, prosessin ja kontekstin välinen painotus opetussuunnitelmissa

Eri aikoina kemian opetussuunnitelmaa on painotettu eri tavoin sisällön, kontekstin ja prosessin suhteen (Childs 2015; vrt. Hofstein & Kesner 2006). Seuraavassa pohditaan, miten Suomen kansallisten, valtiovallan antamien opetussuunnitelmien ja opetussuunnitelman perusteiden painotukset suhtautuvat Childsin esittämään malliin.

Vuoden 1941 lukion kemian opetussuunnitelman (Opetusministeriö 1944) pääosassa oli sisältö, vaikka se jäikin vaatimattomaksi nykyisiin sisältöihin verrattuna. Tuntimäärään nähden se oli riittävä. Sisältöä ei esitetty kovin tarkasti, vaan tyydyttiin valottamaan käsiteltävän kurssin keskeisiä kohtia. Näin ollen korostettiin laatua määrän kustannuksella. Prosessia kuvaavat menetelmät keskittyivät oppiaineeseen valintaan, induktiiviseen ja deduktiiviseen lähestymistapaan, havainnollistamiseen, mahdollisiin oppilastöihin ja vierailuihin. Konteksti seurasi lähinnä esimerkinomaisena aiheen käsittelyn jälkeen.

Vuoden 1970 kansallisen opetussuunnitelman (Komiteamietintö 1970) sisällöt tarkentuivat huomattavasti, tulivat suorastaan ylikuormitetuiksi, vaikka viikkotuntimäärä kasvoikin. Tästä ilmeisesti seurasi, että prosessi muuttui entistä teoreettisemmaksi: deduktiivisesti saatu lainalaisuus todettiin tai induktiivisesti johdettu lainalaisuus varmennettiin demonstraatiolla. Demonstraatioiden suorittamiseen annettiin tarkkoja ohjeita. Oppilastöistäkin annettiin ohjeet ja luettelo. Tässä tutkimuksessa käsitellyn materiaalin perusteella opetussuunnitelman henki ei kuitenkaan kannustanut niihin. Myös kontekstiin sitominen perustui harvoihin esimerkkeihin.

⁴ Väitöskirjan tekijän mielestä yritysten osana tulisi edelleenkin olla pääasiassa laitteiden ja ohjelmistojen kehittäminen, kun puolestaan pedagogiikan kehittämisen pitää olla, kuten se on tähän asti ollut, opetuksen ammattilaisten, opettajien, opettajankouluttajien ja opetuksen tutkijoiden tehtävä.

Vuoden 1975 lukion kemian opetussuunnitelman (Kouluhallitus 1975) päivityksessä sisällön teoreettista kuormaa yritettiin keventää varsinkin peruskurs- sin osalta, jonka avulla pyrittiin saamaan kaikille jonkinlainen kansalaisen ke- mian tietämys. Erikoiskurssin tilalle tulleet jatkokurssit puolestaan pysyivät edelleen hyvin akateemisena, mutta niihin suositeltiin sisällytettäväksi laborato- riotöitä. Tämä mahdollisuus kumoutui suurelta osin seuraavana vuonna luku- suunnitelmamuutoksen takia. Prosessin osalta pyrittiin siihen, että menetelmä valittaisiin aiheen mukaisesti. Edelleen painotettiin demonstraatioita. Uutena ha- vainnointivälineenä tuli mukaan kuvanauhuri, jota voitiin käyttää aiheiden kä- sittelyyn, mikäli kokeet olisivat hankalia luokassa esitettäväksi. Vaikka oppilas- töitä suositeltiin jatkokursseille ja niihin annettiin ohjeita, niiden käyttö ei lisää- ntynt kovinkaan paljon. Tämä opetussuunnitelma esitti, että käytännön elämän alueilta olevat sovellukset piti käsitellä asiayhteydessä. Siis konteksti oli selvem- min mukana, mutta siihen päädyttiin traditionaalisesti (Childs 2015).

Lukion kemian kurssimuotoisessa oppimääräsuunnitelmassa 1981 (Koulu- hallitus 1981) sisällöt esitettiin tarkasti kurseittain. Ensimmäisen kurssin alussa esiteltiin kemiaa luonnontieteenä sekä kemian merkitystä, mikä oli uusi linjaus. Jokaisen aiheen kohdalla annettiin lisäksi aiheen opettamiseen kuluva tuntimää- rärävio. Kahdessa pakollisessa kurssissa käsiteltiin kemian aiheet, joita tarvittai- siin integraatiossa muihin aineisiin ja muun muassa opiskeltiin ympäristökemiaa, energian säästämistä sekä uusiutumattomien luonnonvarojen hyödyntämistä. Jatkokurssien osalta sisällöt noudattivat edellisen opetussuunnitelman aiheita. Prosessin osalta kehoitettiin monipuolisten työtapojen käyttöön, menetelmän va- lintaan aiheen mukaan, erityisesti kahdella kaikille yhteisellä kurssilla, joilla eriyttäminen oli tärkeää (vrt. Karkela 1981). Oppilastyöt koettiin varmasti ongel- mallisiksi muun muassa siksi, että yleensä lukioiden perusrhyhmät (luokat) olivat suuria 30–40 opiskelijaa, eikä ollut mitään säädöstä, jolla luokka olisi voitu jakaa. Välineitä ei ollut riittävästi ja oppilastyö työllisti opettajaa huomattavasti enem- män kuin demonstraatio. Soveltaminen johonkin kontekstiin, kuten yhteiskun- taan, teollisuuteen tai ympäristöön tehtiin perinteisellä tavalla.

Vuoden 1985 opetussuunnitelman perusteet (Kouluhallitus 1985a) esittivät sisällöt samoin otsikoin kuin edellinen oppimääräsuunnitelma. Kuitenkin näitä sisältöjä voitiin paikallisen profiloitumisen pohjalta tarkentaa. Prosessia kuvaava työmenetelmäosa oli esitetty vain yleisesti kaikille aineille yhteisenä, mutta siinä oli maininta oppilastöistä ja teollisuusvierailuista vihjeeksi muun muassa kemian paikallisen opetussuunnitelman laatijoille. Oletettavasti he käyttivät hyväksi op- pimääräsuunnitelman työtapa- ja havainnointiohjeita. Näiden opetussuunnitel- man perusteiden integraation esittely oli erittäin kattava kertoen selkeästi, mihin kemian sovelluksia voitiin käyttää. Näin osoitettiin selkeästi konteksti, johon ke- mian opetuksen avulla voitiin päätyä.

Vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteet (Opetushallitus 1994) olivat si- sällöiltään hyvin yleisluontoiset niin, että paikallisen tason laatijoilta vaadittiin valtavaa paneutumista, jotta löydettiin sopivat sisällöt tavoitteiden saavutta- miseksi. Vaikka keinojen valinta jätettiin paikallisen tason päätettäväksi, kuvat-

tiin luonnontieteiden ominaista lähestymistapaa opiskelijoiden keskinäisenä yhteistoimintana, joka auttaa heitä hahmottamaan ja omaksumaan käsitteitä. Näin ollen opiskelija rakentaa oman tietonsa konstruktivistisen käsityksen mukaisesti. Toisena prosessiin liittyvänä asiana opetussuunnitelma ottaa esiin kokeellisuuden laajan määritelmän mukaisesti. Samanlaisia määritelmiä ovat esittäneet myöhemmin ainakin Millar (2010) ja Dillon (2008). Opetussuunnitelman perusteet antoivat erityisesti ensimmäisen kurssin osalta mahdollisuuden kontekstilähtöisen paikallisen opetussuunnitelman kirjoittamiseen, sillä tavoitteissa mainitaan, että keskitytään muutamaan teemaan, kuten energian tuotantoon ja aineiden kiertoihin, joiden avulla olisi voitu opettaa kaikki kurssin asiat. Toisaalta ”Elämän kemia” -kurssi oli mahdollista jakaa kahdeksi eri kurssiksi, joista toinen oli mahdollista opettaa integroidusti biologian kanssa.⁵

Vuoden 2003 opetussuunnitelman perusteissa (Opetushallitus 2003) annettiin keskeiset sisällöt peräti viidelle kurssille. Kahden ensimmäisen kurssin aikana oli tarkoitus käsitellä kemiaa orgaanisen kemian pohjalta, sillä ajateltiin, että varsinkin ”Ihmisen ja elinympäristön kemia” -kurssilla orgaanisten molekyylien roolin vuoksi, kokeellisten tarkastelujen ja luonnon havainnoimisen avulla opiskelijat saataisiin kiinnostumaan kemian opiskelusta. Syventävän kurssin ”Kemian mikromaailma” aikana palattiin syvällisemmin orgaaniseen kemiaan ja yleensä atomin rakenteeseen. Orgaanisen kemian osalta voisi ajatella, että kyseessä oli spiraalilähestymistavan (Bruner 1960/1977) ajatus. Näiden perusteiden mukaan niin epäorgaaniset kuin orgaaniset reaktiot käsiteltiin kolmannessa kurssissa energiamuutoksineen ja reaktion nopeuksineen. Neljäs kurssi oli muuten epäorgaanista kemiaa ja sähkökemiaa, mutta siinä käsiteltiin biopolymeerejä, jotka aikaisemmin oli liitetty orgaanisen kemian osuuteen, ja kemian teknologiaan liittyviä synteettisiä polymeerejä sekä komposiitteja.

Viides kurssi sisälsi kaikki tasapainot laskemisineen ja graafisine esityksineen. Vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteiden tavoin korostettiin opiskelijoiden omaa aktiivista tiedonrakentamista, joka tukee kemian opiskelun kokeellista ja myös tutkivaa tiedonhankintaa. Tutkiva tapa vihjasi mahdollisuuteen tarkastella ilmiöitä kontekstilähtöisesti. Tällaiseen lähestymistapaan ohjaava kansainvälistä kirjallisuutta oli saatavana (vrt. luku 3.2.4).⁶ Toisaalta valmisteluprosessissa tuli lopulta kiire, koska Opetushallituksen pääjohtaja halusi perusteet valmiiksi ennen eläkkeelle siirtymistään. Lisäksi uusiin suunnitelmiin siirtymisen piti tapahtua viimeistään vuonna 2005. Kuitenkaan mikään ei olisi estänyt sitä, että paikallisessa opetussuunnitelmassa jokin kurssi olisi käsitelty vaikkapa lähtien ympäristöön liittyvästä kontekstista.

⁵ Väitöskirjan tekijä kokeili tällaista biologian opettajan kanssa kerran. Tällöin jäi vaikutelma, että opiskelijat kiinnostuivat käsitteilytavasta. Tätä ei kuitenkaan jatkettu, sillä biologian opettaja oli jäämässä seuraavana kesänä eläkkeelle. Väitöskirjantekijä jatkoi tämän jälkeen biokemian käsitteilyä solubiologian kontekstissa projektikurssina, jossa opiskelijaryhmät valmistelivat sen osa-alueista esitykset demonstraatioineen ja hienoine kalvoineen. Tämä kurssi toimi hyvin. Opetusharjoittelijoille se oli haastava, mutta antoi heille hyödyllisiä kokemuksia.

⁶ Väitöskirjan tekijän arvio on, että oppikirjojen kustantajat Suomessa ovat olleet sen verran konservatiivisia, etteivät tällaiset ajatukset ole päässeet jatkojalostukseen.

Vuonna 2015 julkaistuissa opetussuunnitelman perusteissa jokaisen kurssin sisällöissä on yhtenä lähtökohtana yhteiskunnallinen näkökulma. Aivan uutena sisältöalueena on kokeellisuus kaikissa muodossaan. Alkuperäisen luonnoksen ”tutkimus” on lievennetty lausuntojen jälkeen muotoon ”kokeellisuus kaikissa muodossaan”. Kuitenkin ilmeisesti on pyrkimys ajaa sisään tutkimuslähtöistä jossain kokonaisessa kontekstissa toimivaa kemian opetusta, jossa ei ainoastaan havaita ilmiöitä, vaan todella lähdetään jokapäiväisen elämän ilmiöistä ja niissä olevista ongelmista. Näitä ongelmia pyritään ratkaisemaan kokeellisten töiden suunnittelun ja toteutuksen sekä kokonaisvaltaisen ajattelun ja arvioinnin avulla. Nähtävästi tällaiseen ei tulla pääsemään. Kokeellisuus sen sijaan tulee lisääntymään ja sen suunnittelussa, toteutuksessa ja käsittelyssä (mallinnuksessa) tieto- ja viestintäteknologian osuus tulee kasvamaan, vaikka valtiovallan digiloikka, kuten teknologiatuetun opetuksen ja oppimisen kehittämistä 2010-luvulla kutsutaan, ei todennäköisesti tule olemaan niin suuri kuin odotetaan. Lisäksi kemian lopultakin muuttunee liitukemiasta kokeelliseen kemian opetukseen, sillä tätä agendaa on viety eteenpäin kemian opettajankoulutuksessa reilut 20 vuotta. Ilmeisestikään tutkimusten osuus ei nouse suureen osaan. Sen sijaan pienet muutamien tunnin tutkimukset tulevat lisääntymään. Vaikka kemian teoriasisällöt ovat aika runsaat ja edellisen opetussuunnitelman sisällöistä puuttuu vain liukoisuustasapaino, on järkevällä suunnittelulla ja pienten tutkimusten toteuttamisella mahdollista päästä ajatteluprosessiin, jonka avulla opiskelijat voivat kehittää käsitteellistä ja menetelmällistä osaamistaan.

Näyttää siltä, että opetussuunnitelman perusteiden keskeisten sisältöjen runsaus saattaa estää syvällisen tarkastelun. Suomessa ei yleensä ole uskallettu jättää vanhaa sisältöä pois, kun uutta on otettu mukaan. Useissa opetussuunnitelman perusteissa on korostettu monipuolisten työtapojen käyttöä. Jo ennen opetussuunnitelman perusteita kansallisten opetussuunnitelmien metodiosassa annettiin ymmärtää, että työtavan valinta pitäisi tehdä aiheen mukaisesti ja käyttää samalla tunnilla useita työtapoja. Konteksti, sovellukset ja merkitys ovat olleet Suomen valtakunnallisissa kemian opetussuunnitelmissa mukana, mutta eivät aina kovin korostettuna. Kuitenkin kontekstiin on tavallisesti päästy sisällöistä lähtemällä. Ongelmaa tutkimalla on harvoin tai ei ole koskaan päädytty sisällön oppimiseen. Myöskään nykyaikaisen opetussuunnitelman sisällön, prosessin ja kontekstin välistä tasapainoa ei ole täydellisesti saavutettu (vrt. Childs 2015).

7.9.2 Tavoitteiden ja tulosten, sisältöjen, pedagogiikan ja arvioinnin välinen harmonia

Childs tarkasteli opetussuunnitelman tavoitteiden ja tulosten, sisältöjen, pedagogiikan ja arvioinnin välistä suhdetta. Hänen mukaansa nykyaikaisessa luonnontieteiden opetussuunnitelmassa näiden välillä täytyy vallita harmonia säännöllisen tedraedrin tavoin (Childs 2015). Seuraavassa sovelletaan mallia Suomen kansallisiin kemian opetussuunnitelmiin ja opetussuunnitelman perusteisiin.

Vuoden 1941 kansallisessa kemian opetussuunnitelmassa tavoitteet olivat kemian teorian kannalta varsin yleisluontoiset, pedagogiikan puolesta ne korostivat havaintojen tekoa ja arvostelukykyä. Niissä piti käsitellä luonnossa, kotona ja maataloudessa ja teollisuudessa esiintyviä alkuaineita, yhdisteitä ja ilmiöitä, kotimaista kemian teollisuutta sekä opetuksen piti olla sellaista, että siitä voitiin suoraan jatkaa korkeakouluissa. Sisällöt näyttivät olevan tasapainossa tavoitteiden kanssa. Pedagogiikasta mainittiin induktiivinen ja deduktiivinen menetelmä, oppiaineksen selkeä valinta demonstraatiot päähavainnollistamiskeinona ja vierailut raporteineen. Arvioinnista kyseinen opetussuunnitelma ei kerro mitään. Näiden kahden viimeisen kohdan perusteella tämä opetussuunnitelma ei ole lähelläkään nykyaikaista luonnontieteiden opetussuunnitelmaa. Pitää kuitenkin ottaa huomioon kemian erittäin pieni viikkotuntien määrä.

Vuoden 1970 kansallisessa kemian opetussuunnitelmassa tavoitteet sisälsivät luonnontieteellisen ajattelutavan, jatko-opinnot, mielenkiinnon herättämisen ilmiöihin ja lainalaisuuksiin, tärkeimmät alkuaineet ja yhdisteet, teorialmallit ja niiden käytön sekä lakien ja käsitteiden itsenäisen soveltamisen yksittäisiin tapauksiin. Näihin tavoitteisiin yritettiin päästä erittäin runsaalla sisältöaineksella, joka oli tarkoitettu lähinnä heille, joista tulisi kemian ammattilaisia. Metodipuolella mallin käsite otettiin esiin korostetuksi. Demonstraatioiden asema oli hyvin vahva ja oppilastyöt mainittiin, mutta olivat sivuroolissa. Erilasten lasku- ja muiden tehtävien asemaa korostettiin. Arviointi perustui suurelta osin kirjallisiin kokeisiin ja voitiin ottaa huomioon myös muuta mahdollisuuksien mukaan. Kokonaisuus vaikuttaa hyvin teoreettiselta ja jopa menetelmiltään ja arvioinniltaan yksipuoliselta. Lukion kemian opetusta ei liene tarkoitettukaan kaikille, vain kemian ammattilaisiksi aikoville, joten harmoniaa ei saavutettu.

Vuonna 1975 annetussa lukion kemian opetussuunnitelmassa (Kouluhallitus 1975) kevennettiin kaikille yhteisen peruskurssin tavoitteita. Lisäksi siinä otettiin huomioon hyöty, jonka kemia voi tarjota esimerkiksi biologian opetukseen. Haluttiin antaa kuva siitä, miten kemia voi palvella ihmistä ja yhteiskuntaa säilyttämällä luonnon tasapainon. Yhteiskunnallisen merkityksen huomioon ottaminen tuli myös Suomen kansalliseen opetussuunnitelmaan maailmalla olevan virtauksen mukana (vrt. Welch 1979). Jatkokurssit olivat tavoitteiltaan akateemiset valmistuen opiskelijoiden tietä aloille, joissa tarvittiin vahvaa kemian pohjaa. Sisältö oli peruskurssin osalta keveämpi teorialtaan, mutta kuitenkin kurssi oli edelleen kovin täyteen ahdettu, sillä siihen oli lisätty orgaanista kemiaa, elinympäristön kemiaa ja sovelluksia, jotka piti käsitellä asiayhteydessä ja joiden piti olla käytännön elämän alueilta. Jatkokurssien sisällöt olivat myös täyteen ahdetut edellisen suunnitelman erityisalojen kurssin tavoin. Metodipuolella työtapoja esitettiin monipuolisemmin kuin edellisessä suunnitelmassa. Käytettävän työtapojen valinta riippui aiheesta ja paras tulos saataisiin yhdistelemällä eri työtapoja. Demonstraatioita painotettiin edelleen. Harjoitustöiden piti olla lukiotasoisia, jolloin niihin piti kuulua esimerkiksi stoikiometrisia laskuja ja graafisia esityksiä sekä syntetisointia ja analysointia, periaatteessa varsin nykyaikaista käsittelyä. Käytettävät aiheet oli selvitetty hyvin yksityiskohtaisesti, samoin ennakkosuunnittelu ja turvallisuusmääräykset. Peruskurssin osalta painotettiin eriyttämistä ja

oppiaineksen sopivaa valintaa, jotta kaikilla olisi töitä koko ajan. Arvioinnissa tuli käyttää lähtötason arviointia, minkä avulla piti selvittää taso, jolla kurssin opetusta lähdetään toteuttamaan. Tämän kansallisen opetussuunnitelman mukaan summatiivinen arviointi suoritettaisiin käyttäen valtakunnallisia standardikokeita, joita ei ilmeisestikään käytetty. Oletettavasti edellisen suunnitelman mukaisesti arviointia sai monipuolistaa ottamalla huomioon jatkuvan näytön ja mahdollisten harjoitustöiden arvioinnilla. Edelliseen suunnitelmaan verrattuna teoreettisuus kokonaisuudessaan oli vähentynyt ainakin peruskurssin osalta. Sisällöt olivat edelleen raskaat, joten runsaan kahden ja puolen vuoden kokonaistuntimäärä huomioiden opetus ei voinut olla kovin syvällistä. Oli myös hyvin todennäköistä, että oppilastyöt jätettiin useimmiten tekemättä. Harmonia jäi saavuttamatta.

Kurssimuotoisen lukion oppimääräsuunnitelmassa 1981 (Kouluhallitus 1981) tavoitteet myötäilivät monin tavoin edellisiä kansallisia opetussuunnitelmia. Painoa oli ehkä siirretty yhteiskunnalliseen suuntaan ja lisäksi oli otettu mukaan opiskelijan kokonaispersoonallisuuden kehittäminen. Toinen tavoitteiden piirre oli, että ne ilmoitettiin opiskelijan toimintana. Tämä lienee johtunut maailmalla tapahtuneesta muutoksesta, jonka mukaan opetussuunnitelma keskittyi jokaisen opiskelijan oppimiseen yksilöllisesti (luku 2.1) kuvatun mukaisesti (Blankertz 1972; Kansanen 1999). Sisällöt olivat runsaat edellisten suunnitelmien tavoin. Merkittävä muutos oli, että kemian asemaa ja merkitystä selvitettiin ensimmäisen kurssin alussa. Integraatio muihin aineisiin otettiin myös huomioon, erityisesti fysiikkaan ja biologiaan. Myös ympäristökemia oli hyvin mukana toisessa kaikille yhteisessä kurssissa. Koska monet asiat esiintyivät kolmannessa ja neljännessä kurssissa uudelleen ja syvällisemmin, ilmeisestikin on ollut mielessä spiraaliopetussuunnitelman ajatus (Bruner 1960/1977). Opetusmenetelmien kohdalla nojaututtiin ennestään tuttuihin työtapoihin, joita lukion opetussuunnitelmatoimikunta (Komiteamietintö 1977) oli jo esittänyt. Arviointiosaan oli jälleen lisätty jatkuva näyttö ja esitettiin, että harjoitustyöt arvioidaan kokeen ja opiskelijan osoittamien käytännön taitojen avulla, mikäli harjoitustöitä saatiin kurssiin mahtumaan. Sisältöpainotus pysyi edelleen vahvana. Tavoitteet pyrittiin avaamaan opiskelijan toimintana, mikä oli uudenlaista ajattelua. Työtavat säilyivät entisenlaisina. Arvioinnissa oli havaittavissa pyrkimys ottaa täsmällisemmin huomioon kokeellisuus, joka tosin vaikutti menetelmiltään yliopistoista lainatulta. Ehkä harmonia parani hiukan.

Vuonna 1985 opetussuunnitelman perusteiden (Kouluhallitus 1985a) tavoitteissa oli teoriatavoitteita, mutta yhteiskunnallisten ja pedagogisten tavoitteiden asema oli parantunut. Näissä perusteissa ei ollut oppimääräsuunnitelman mukaisia kurssien tavoitteita. Sisällöt olivat samat kuin oppimääräsuunnitelmassa. Kurssien sisällöt integroitiin kattavasti muihin oppiaineisiin. Ei ollut erillistä kemian metodiosaa eikä arviointia. Näiden perusteiden pohjalta paikallisesti olisi pitänyt kirjoittaa opiskelijan kurssikohtaiset tavoitteet, työtavat ja arviointi, jotta saataisiin harmonia. Ilmeisesti harvassa kunnassa tehtiin näin. Sen sijaan käytettiin oppimääräsuunnitelman mukaisia työtapoja ja arviointia. Harmonia ei lisääntynyt.

Vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteissa (Opetushallitus 1994) yleiset opetuksen tavoitteet oli kirjoitettu lyhyesti: nähdä kemia yhtenä perusluonnontieteenä ja ymmärtää kemian merkitys, erityisesti ihmisen ja luonnon välinen vuorovaikutus. Opiskelijan puolestaan tuli osata kokeellisen työskentelyn ja muita tiedonhankinnan taitoja, tulkita ja arvioida tietoa sekä kehittää erilaisia taitoja. Pakollisen kurssin opiskelijan tavoitteet myös kerrottiin tarkasti. Syventäville kursseille annettiin myös kohtuullisen tarkat lisätavoitteet. Sisällöt kuitenkin ilmoitettiin yleisesti, lähinnä ylimalkaisina aihealueina. Työtavoista tarkasteltiin erityisesti kokeellisesti hankittua tietoa ja sen prosessointia opiskelijoiden keskinäisessä vuorovaikutuksessa, jolloin yhteistoiminta auttoi käsitteiden hahmottumista. Opiskelijoiden arvioinnista annettiin vain yleisluontoiset ohjeet. Lisäksi ne jäivät kentällä niin epäselviksi, että Opetushallituksen piti parin vuoden kuluttua tarkentaa arviointinormeja (Opetushallitus 1999). Näihin perusteisiin tukeutumalla paikallisen tason laatijoilla oli varsin vapaat kädet kirjoittaa niin harmoninen opetussuunnitelma kuin mahdollista. Kritiikin perusteella hyvin harvoissa kunnassa onnistuttiin tässä (Opetushallitus 2000).

Vuoden 2003 opetussuunnitelman perusteiden (Opetushallitus 2003) mukaan kemian opetuksen tarkoitusta, luonnetta, kuvaa kemiasta perusluonnontieteenä ja opetuksen lähtökohtaa kuvattiin huolellisesti. Yleiset tavoitteet oli kirjoitettu opiskelijan toiminnan näkökulmasta varsin tarkasti. Samoin oli kirjoitettu sekä pakollisen kurssin että syventävien kurssien tavoitteet. Tavoitteissa oli nyt ensimmäistä kertaa mainittu tieto- ja viestintäteknologian käyttö. Sisällöt oli kirjoitettu keskeisinä sisältöinä. Ensimmäisen kurssin lähestymistapa oli orgaaninen kemia. Toisella kurssilla palattiin syvällisemmin orgaaniseen kemiaan. Opetus oli mitä ilmeisimmin ajateltu spiraalimaiseksi (Bruner 1960/1977). Kemiaan oli saatu uusi kurssi sisältöjä lisäämättä. Näin ollen opiskeltavan aineksen laajuuden piti helpottaa ja syvällisemmälle käsittelylle ja kokeellisille tarkasteluille piti jäädä aikaa. Kuitenkin vaikutti siltä, että ainakin pakollisen kurssin sisältö jäi liian runsaaksi, jotta siinä olisi mahdollista käsitellä sen aiheita etsien tietoa kokeellisesti ja järkevästi pohtien. Työtavat käsiteltiin opetussuunnitelman perusteissa yleisellä tasolla. Ainekohtaisesti työtavat tuli kirjoittaa paikalliseen opetussuunnitelmaan. Kemian arviointi puolestaan käsiteltiin hyvinkin huolellisesti, ja siinä muun muassa otettiin huomioon kokeellinen tiedonhankinta ja -käsittely. Näin ollen näyttäisi, että harmonia lisääntyi. Toisaalta sisältöjen myllääminen entisestä poikkeavaan muotoon saattoi myös haitata. Kuitenkin voisi ajatella harmonian lisääntyneen.

Vuoden 2015 opetussuunnitelman perusteet (Opetushallitus 2015) korostavat entistä enemmän ohjausta, joka auttaa opiskelijaa asettamaan tavoitteita, kohtaamaan haasteita ja soveltamaan kemian oppimisstrategioita. Näin on tarkoituksena, että opiskelija oppii syvällisemmin. Opiskelijan jopa tulisi osata ilmaista johtopäätöksensä kemian käsittein ja ymmärtää luonnontieteellisen tiedon luonnetta ja kehittymistä sekä tieteellisiä tapoja tuottaa tietoa. Tavoitteet on kirjoitettu tarkasti vastaamaan uusinta luonnontieteiden opetuksen tietoa unohtamatta tieto- ja viestintäteknologian käyttöä. Sisällöt vastaavat muuten hyvin edellisten perusteiden ratkaisuja, mutta nyt kokeellisuus on selkeästi sisältönä. Toisaalta

teoriasisältö on järjestetty perinteisemmin kuin edellisissä perusteissa. Lisäksi yhteiskunnallinen merkitys, hyvinvointi sekä ympäristö ja kestävä kehitys ovat hyvin mukana. Opetusmenetelmät on helppo johtaa kemiaan soveltuviksi opetussuunnitelman perusteiden yleisestä osasta. Näissä otetaan huomioon hyvin erilaiset oppimisympäristöt, jotka rikastuttavat kokemuksia ja edistävät motivaatiota. Vaikka perusteet kertovat motivaation edistämisestä, kyse on mitä ilmeisimmin mielenkiinnon herättämisestä (Bandura 1986; Abrahams 2009). Kemian opetuksen arviointi on käsitelty riittävän perusteellisesti. Arvioinnin sanotaan perustuvan monipuoliseen näyttöön, jota on avattu myös työskentelyn osalta. Eri ulottuvuuksien välillä näyttäisi vallitsevan harmonia. Tosin sisältöjen järjestäminen ja osin myös määrä saattaa häiritä harmoniaa, sillä on ainakin ensimmäiseen kurssiin hankala rakentaa ilmiöistä lähtevää opetusta. Kurssin kaikkien sisältöjen saaminen samaan kontekstiin näyttää mahdottomalta. Muissa kursseissa sisältöainesta on paljon, jolloin opiskelu on vaarana jäädä pinnalliseksi (vrt. Childs 2015). Tämä tarkoittaa sitä, että tutkimusten tekeminen vaikeutuu ja kokonaisuuksien hallinnan saavuttaminen ei toteudu.

7.9.3 Tieteellinen lukutaito ja luonnontieteellinen perusta

Nykyaikaisen luonnontieteiden opetussuunnitelman täytyy kohdata tulevien kansalaisten luonnontieteellisen lukutaidon ja tulevien luonnontieteilijöiden tieteellisen perustan tarve (Childs 2015). Muun muassa Schwabin, Blosserin, Tamarin ja Lazarowitzin sekä Hofsteinin näkemyksiä luonnontieteellisestä lukutaidosta on käsitelty aiemmin (luku 4.3). Näiden pohjalta voidaan tarkastella Suomen kansallisten opetussuunnitelmien ja opetussuunnitelman perusteiden suhdetta tieteellisen lukutaidon ja tieteellisen perustan tarpeeseen.

Vuoden 1941 kansallisessa opetussuunnitelmassa pyrkimyksenä oli tarve kouluttaa korkeakouluun kemiaa tarvitsevalle alalle meneviä. Siinä ei lähestytty lukion kemian opiskelua siltä kannalta, että se olisi tulevien kansalaisten yleinen tarve. Vuonna 1970 otettiin käyttöön hyvin akateeminen ja laajan teorian sisältämä lukion kemian opetussuunnitelma, jossa yliopistomaisesti opetettiin kemian ammattilaisiksi aikovien tarvitsemat teoriat ja lainalaisuudet. Tällainen opetus karkotti varmasti jokaisen, joka saattoi olla kemiasta kiinnostunut, mutta ei tarvinnut kemiaa lukion jälkeen opinnoissaan. Jopa Kouluhallitus koetti kirjeillään pehmentää vaikean teorian esittämistä suosittelemalla muun muassa oppilastoita (Kouluhallitus 1970b).

Lukio-opiskelijoiden määrä kasvoi huomattavasti 1960- ja 1970-luvuilla. Uuden lukusuunnitelman mukaan (Asetus 1975) linjajako korvattiin valinnaisuudella. Kemia muuttui lukion ensimmäisellä luokalla kaikille yhteiseksi oppiaineeksi. Kansallinen opetussuunnitelma tuli päivittää ensimmäisen luokan osalta sellaiseksi, että koko ikäluokka saattoi saada kemian kokemuksia, tulivatpa he uudesta peruskoulusta tai entisestä keskikoulusta. Tapahtuiko siis peruskoulun tulon myötä tason laskua, jonka vuoksi vaatimustasoa piti alentaa? Ehkä näin ei ollut. Kyse oli ennemminkin lukioiden muuttumisesta yläluokan kouluista kaiken kansan kouluiksi, mikä vaati synkronointia lähtötasoissa, kuten esimerkiksi Yhdistyneessä kuningaskunnassa ja Irlannissa oli käynyt (Childs

2015). Ensimmäisen luokan peruskurssin tehtävänä oli kuvata kemiaa ihmisen ja yhteiskunnan palvelijana niin, että luonnontasapaino säilyi. Edelleen oli myös joukko opiskelijoita, jotka valitsivat jatkokurssit siksi, että heistä tulisi lukion jälkeen kemian ammattilaisia tai että he opiskelisivat kemiaa soveltavalle alalle. Tieteellinen perusta lienee tullut aika hyvin turvatuksi. Kuitenkin suurin osa tyytyi opiskelemaan peruskurssin, jolta heidän piti saada kansalaisen kemian taitoja. Varmaankaan he eivät saaneet laajaa luonnontieteellistä lukutaitoa (luku 4.3), mutta jotain siihen suuntaan.

Vuoden 1981 kurssimuotoisen lukion oppimääräsuunnitelmassa (Kouluhallitus 1981) määriteltiin tavoitteet, sisällöt ja niiden integrointi kahdelle 38 tunnin laajuiselle kemian kurssille, jotka olivat kaikille yhteisiä. Oppimääräsuunnitelmassa esitettiin tarkasti menetelmät ja arviointi. Näillä kursseilla oli tarkoitus luoda pohjaa kahdelle lukion kolmannen luokan jatkokurssille sekä biologian ja fysiikan opintojen tietyille kursseille. Kursseilla piti myös ottaa huomioon kemian kokeellinen luonne, tarkastella kemiaa luonnontieteenä sekä sen merkitystä elämän eri aloilla. Suuntaus kansalaisen kemian tietojen ja taitojen kehittämiseen oli aika lailla samanlaista kuin edellisessä opetussuunnitelmassa, mikä ei kuitenkaan laajentanut tieteellistä lukutaitoa lähellekään luvussa 4.3 esitettyä. Kahden kolmannen luokan jatkokurssin tehtävänä oli luoda kohtuullisesti perustaa tuleville kemian tai sitä soveltavan alan jatko-opinnoille, varsinkin jos lukiossa järjestettiin lisäksi koulukohtainen työkurssi.

Vuoden 1985 opetussuunnitelman perusteiden (Kouluhallitus 1985a) tavoitelauseiden perusteella lukiossa luotiin opiskelijoille edellytyksiä tulevana työyhteisön jäsenenä tai päätöksen tekijöinä ymmärtää kemian teknologian kysymyksiä ja antaa totuudenmukainen kuva kemian kyvystä palvella ihmistä ja yhteiskuntaa niin, että luonnon tasapaino ja luonnontieteiden välinen integraatio säilyvät. Näissä perusteissa oli esitetty runsaasti integrointiehdotuksia eri aineisiin, ei vain fysiikkaan ja biologiaan. Näissä on ripaus Schwabin ja Blosserin ajatuksia, vaikka kokeellisuuden osuutta ei löydy tavoitteista juurikaan (Schwab 1962; Blosser 1980). Nämä olivat lähinnä kahden kaikille yhteisen kurssin perusteella tehtyjä havaintoja. Jatkokurssien ja mahdollisen työkurssin jälkeen opiskelijoiden kemian perustan piti olla riittävä, sillä kurssien sisältöjen otsikot olivat täyttä kemian teoriaa ja sovelluksia ilman minkäänlaisia integrointiehdotuksia.

1990-luvun opetussuunnitelman perusteissa (Opetushallitus 1994) oppimiskäsitys muuttui aikaisemmasta tavoiteoppimisen mallista konstruktiviseksi. Sen seurauksena piti olla aivan luonnollista, että haettiin tietoa kokeellisesti. Sen tähden oppilastöiden osuuden olisi pitänyt lisääntyä lukion kemiassa. Opetussuunnitelman perusteet eivät ainakaan estäneet kemiallisen lukutaidon kehittämistä (vrt. Schwab 1962; Blosser 1980; Gunstone 1990). Ilmeisesti esteet kuitenkin löytyivät opettajien puutteellisesta kyvystä toimia tiedon hankkimisen, käsittelyn ja muun sellaisen ohjaajana, sillä perusteiden julkaisemisen jälkeen oli selkeä tarve opettajien kokeellisten taitojen kehittämiseen erilaisilla täydennyskoulutuskursseilla, muun muassa vesianalyysiin, mikrokemiaan, sähkökemian ja biokemiaan (Opetushallitus 2000). Toisaalta, vaikka kurssien sisällöt annettiin

ylimalkaisesti ja kentällä oli epätietoisuutta, mitä oikein piti opettaa, saatiin kaikkiin kursseihin sisällöt, joiden avulla tulevien luonnontieteiden alueen ammattilaisten kemian perusta saatiin ilmeisesti turvattua ainakin suurimmaksi osaksi.

Vuoden 2003 opetussuunnitelman perusteissa kemian opetusta luonnehdittiin, että sen avulla autetaan opiskelijoita ymmärtämään jokapäiväistä elämää, luontoa ja teknologiaa sekä kemian merkitystä ihmiselle ja luonnon hyvinvoinnille. Tämä on sellaista toimintaa, joka toteutuessaan parantaa tieteellistä lukutaitoa (vrt. luku 4.3) varsinkin, jos sen toteuttamiseksi käytetään havainnointia, kokeellisuutta, ilmiöiden tulkintaa ja selittämistä mallien ja palautetta antavan arvioinnin avulla. Edellisten opetussuunnitelman perusteiden ristiriitojen välttämiseksi perusteissa annettiin keskeiset sisällöt, jotka omalta osaltaan olivat luomassa luonnontieteellistä perustaa kemian tietoja ja taitoja soveltavan alan opiskelulle. Edellä olevan perusteella tieteellisen lukutaidon luomisessa vuoden 2003 opetussuunnitelman perusteissa kuljettiin oikeaan suuntaan. Toisaalta myös oli hyvät mahdollisuudet luoda vahva kemian tieteellinen perusta.

Vuoden 2015 opetussuunnitelman perusteissa (Opetushallitus 2015) tarkennettiin vielä toimia luonnontieteellisen lukutaidon kehittämiseksi niin, että kokeellisuuteen lisättiin tutkimusten suunnittelu ja yhteistyössä tapahtuva toteuttaminen, tulosten käsittely, tulkinta, esittäminen ja arviointi. Tästä seuraa, että opiskelijan pitää osata ilmaista johtopäätöksensä ja näkökantansa kemian käsittein ja ymmärtää luonnontieteellisen tiedon luonnetta ja kehittymistä sekä tieteellisen tiedon tuottamista. Edellä kuvattu vastaa varsin hyvin esitettyjä tutkijoiden käsityksiä (luku 4.3). Luonnontieteellisen tiedon perustan luomiseen sisällöt ovat aivan varmasti riittäviä. Vaarana on niiden runsaus verrattuna käytettävään tuntimäärään, sillä tutkimuksen tekeminen vie aikaa. Jääkö siis aikaa pohjimiseen ja paneudutaanko riittävän syvällisesti teoriaan. Vastaavia huolia on havaittavissa esimerkiksi aiemmin esitetyissä Yhdysvaltojen kansallisissa opetussuunnitelmissa (luku 7.7).

7.9.4 Opetussuunnitelman kehittämisryhmä

Opettajat olivat miltei kokonaan sivussa opetussuunnitelman kehittämisestä niin kauan kuin opetussuunnitelmat antoi valtionvallan toimielin. Kuitenkin ennen vuoden 1970 opetussuunnitelmaa pidettiin seminaari, jossa oli opettajia mukana (Komiteamietintö 1970), ja samoin ennen vuoden 1975 opetussuunnitelmaa (Seinälä 1974). Jo 1930-luvun lopulta saakka oli opettajia, jotka osallistuivat kemian opetussuunnitelmaa sivuvaan keskusteluun esimerkiksi kirjoittamalla artikkeleita. Samoin siirtyminen kurssimuotoiseen lukioon vuonna 1981 antoi aiheen aktiivisten opettajien artikkeleille. Näin toimittiin vuoden 1985 opetussuunnitelman perusteisiin saakka. Kouluhallituksen antamien perusteiden pohjalta paikallisella tasolla tuli laatia ja vahvistaa lukion opetussuunnitelma, joka profiloitui paikallisiin olosuhteisiin. Ilmeisesti pääasiassa jatkettiin vuonna 1981 annettujen oppimääräsuunnitelmien mukaisesti ja kirjoitettiin perusteisiin ainoastaan pieni liite, jossa kuvattiin kunnan omat vahvuusalueet. Kaikkien vuoden 1985 jälkeen annettujen opetussuunnitelman perusteiden mukainen paikallisen opetussuun-

nitelman laatiminen on ollut täysin opettajien vastuulla, vaikka koulutuksen järjestäjä onkin virallisesti laatija ja vahvistaja. Lisäksi opettajia on ollut mukana perusteiden laatimisvaiheen työryhmissä.

Luonnontieteilijät, kemian tutkijat ja muut ammattilaiset olivat mukana tuomassa muun muassa tieteellistä näkökulmaa komiteoihin, joiden ehdotusten perusteella kansalliset opetussuunnitelmat ja perusteet laadittiin 1990-luvun alkuun saakka, ja vähintään lausuntojen antajina myöhemminkin. Vuoden 1941 ja 1970 lukion kemian kansallisen opetussuunnitelman tarkoituksena oli varmistaa kemian tietojen ja taitojen opettaminen niille, joista tulisi kemian tai soveltavien alojen ammattilaisia. Tämän jälkeen johtuen huomattavasta lukiolaisten määrän kasvusta kemian alan tiedemiesten täytyi ajatella, millaista kemiaa tarvitsevat tavalliset kansalaiset lukio-opintojensa jälkeen. Kemianteollisuuden aiheuttamien ympäristöongelmien vuoksi piti osata kertoa tuleville kansalaisille, miten näitä ongelmia torjutaan kemian keinoin muun muassa muuttamalla prosesseja ympäristöystävällisiksi, puhdistamalla jätevesiä sekä tuomalla elinkeinoelämän ja kotitalouksien käyttöön luontoystävällisiä kemikaaleja. Kemistit joutuivat puolustamaan kemian ja sitä soveltavan teollisuuden asemaa. Toisaalta kemian ammattilaiset saattoivat myös rikastuttaa nykyaikaista kemian opetusta tuomalla siihen muun muassa uusia laitteita, työmenetelmiä ja erilaisia sovelluksia.

Suomessa kemian opetuksen tutkijat ovat tulleet mukaan kemian opetussuunnitelman kehittämiseen varsin myöhään. Muualla maailmassa, kuten Yhdysvalloissa ja Britanniassa kemian opetuksen tutkimuksella on jo pitkät perinteet (luku 3.1 ja 3.2.). Aluksi suomalaista kemian opetusta tutkittiin yhdessä fyysiikan kanssa ja nimenomaan yläasteella tai luonnontieteen tutkimuksen sisällä ala-asteella. Viimeisten vuosikymmenten aikana myös lukion kemian tutkimusta on tehty muun muassa tieto- ja viestintäteknologian ja molekyylihallinnuksen (esim. Aksela 2005; Aksela & Lundell 2008), kemian opetuksen yhteiskunnallisen näkökulman (Tolppanen & Aksela 2013), luonnontieteen luonteen (Vesterinen 2012) ja erilaisten kemian opetukseen liittyvien kehitystutkimusten alueella (Perna 2013; Tomperi 2015).

Kemian opettajankoulutus vaatii, että sen yhteydessä perehdytään niin yläkoulun kuin lukion opetussuunnitelman perusteisiin ja niiden lisäksi tietenkin esimerkkien avulla joihinkin koulutuksen järjestäjien opetussuunnitelmiin. Jotta opettajaopiskelijoiden taidot karttuvat, tulee heidän harjoitella demonstraatioiden ja oppilastöiden tekoa, mutta ei vain tekniikkaa, vaan pohtien syvällisesti mielellään niin avoimia ongelmanratkaisutehtäviä kuin mahdollista. Tällaisen harjoittelun tehtävänä on kehittää opiskelijan mahdollisuuksia selviytyä omassa opetuksessaan mitä-, miten- ja miksi-kysymyksistä ja oppia ohjaamaan tutkimuslähtöisiä harjoitustöitä (esim. Tomperi 2015). Ainedidaktiikka on tavallisesti opettajankoulutuslaitoksen hallussa. Riippuu didaktiikkaa opettavan opettajan taustasta varsin paljon, miten lukion kemian opetussuunnitelmiin ja työtapoihin paneudutaan. Esimerkiksi Oulussa on järjestetty niin, että matematiikan, fyysiikan ja kemian ainedidaktiikan johdantokurssin Ainedidaktiikka 3, ”Norssin ainedidaktiikka”, opetus on normaalikoulun opettajien tehtävänä, jolloin kemian osuu-

den hoitaa kemian opettaja. Opetukseen sisältyy muun muassa opetussuunnitelman perusteisiin, norssin opetussuunnitelmaan, työtapoihin, tuntisuunnitelmiin sekä tieto- ja viestintäteknologiaan (mallintamiseen ym.) perehtymistä (<https://norssiportti oulu.fi/harjoittelu>). Demonstraatiokoulutuksen ainelaitokset ovat ulkoistaneet normaalikoulun tehtäväksi edellistä yliopiston opetussuunnitelmaa tehtäessä (www oulu.fi/kemia/opetusohjelma). Helsingin yliopiston kemian laitoksen kemian opetuksen yksikössä opettajaharjoittelija kehittyi opetusohjelman eri vaiheiden kautta opettajuuteen (Aksela 2010).

Childsin tarkastelussa oli mukana kolme ensimmäistä ryhmää: opettajat, kemian tutkijat ja kemian opetuksen tutkijat. Siinä kemian opetuksen tutkiminen ilmeisesti sisältää myös opettajankoulutuksen. Suomen järjestelmän mukaisesti on tärkeää, että juuri opetusharjoittelun alkaessa harjoittelijat tutustutetaan opetussuunnitelmiin, joissa olevien normien mukaisesti koulussa toimitaan, sekä työtapoihin, joiden käyttöä he harjoittelevat pitämillään oppitunneilla.

7.10 Kemian opetuksen tulevaisuuden arviointia

Luonnontiedeopetus (Science) liittyy usein laajempaan yhteyteen, joka liittyy huoliin luonnontieteiden, teknologian, tekniikan ja matematiikan opetuksesta näiden oppiaineiden toistaan riippuvan luonteen takia. Childsin mukaan näiden aineiden opetus on vielä monissa maissa alkutekijöissään, huolimatta monien vuosikymmenten opetussuunnitelmauudistuksista, luonnontieteiden opetuksen tutkimuksesta ja erilaisista opetuksen ja oppimisen lähestymistavoista: mitä, miten, ketä ja miksi meidän pitäisi opettaa? Kuitenkin edelleen näyttää siltä, että monet kysymykset ovat vielä sopimatta, eikä sovittuja ratkaisujakaan ole pantu toimeen, kuten monien maiden raportit osoittavat. (Childs 2015)

Vuoden 2015 opetussuunnitelman perusteissa on aivan selviä pyrkimyksiä kokonaisuusien hallintaan. Kuitenkin vaikka integraatiosta puhutaan, ovat tähän suuntaan vievät askeleet kovin vaatimattomia. Näin on siksi, että kolme teemakurssia on jo asetuksessa kiinnitetty tiettyihin tärkeisiin asioihin. Lisäksi näyttäisi hankalalta saada luonnontieteiden integroivia koulukohtaisia kursseja mahdumaan opiskelijoiden opiskeluohjelmiin, sillä ylioppilaskirjoitusaineiden pakolliset ja syventävät kurssit täyttävät ohjelman. Teemakursseista ilmiöpohjainen tieto- ja viestintäteknologian kurssi toimii kenties varsin hyvin kemian soveltamisessa ja mallintamisessa, sillä sen tavoitteena on, että opiskelija suunnittelee, toteuttaa ja esittää yksin tai yhteistyössä muiden opiskelijoiden kanssa johonkin ilmiöön tai aihepiiriin liittyvän dokumentoidun projektin, tutkimuksen (tutkielman), keksinnön tai muun tuotoksen. Samalla hän kehittää osaamistaan tieto- ja viestintäteknologiassa (luku 2.3.6.2). Tällainen aihe voisi olla esimerkiksi solubiologian alueella biologiaan integroiva tai kemiallisen energian kohdalla fysiikkaan ja mahdollisesti maantieteeseen integroiva opintokokonaisuus. Opetuksessa pyrittäisiin siihen, että lähtökohtana on aivan oikea monitahoinen ilmiö, ja siinä olevia ongelmia ratkaistaisiin mahdollisimman avoimesti (vrt. Childs 2009).

Ramirez (2013) esitteli koulun ulkopuolisia oppimisympäristöjä verkkokirjassaan "Save Our Science: How to Inspire a New Generation of Scientists". Osin näitä samoja ympäristöjä löytyy "Lukion opetussuunnitelman perusteiden 2016" mukaan koulun ulkopuolisista oppimisympäristöistä. Ramirez luettelee robotiikkaohjelmat, luonnontiedelauantait, luonnontiedevideot, luonnontiedemuseot, älypuhelinohjelmat, kansalaiset luonnontieteilijänä, luonnontiedekerhot, television, yliopiston yrittäjäohjelmat ja partion (Ramirez 2013). Monet näistä ovat tuttuja ennestään, tosin vähän käytettyjä. Kuitenkin näistä voidaan mahdollisesti kehittää kemian opetukseen sopivia toimintatapoja. Esimerkiksi partio kuuluu teemakurssin "Osaaminen arjessa" (Opetushallitus 2015) alle, ja partiossa voitaisiin tehdä luonnontutkimusta (puhdas vesi, ruoka jne.) sillä tavoin, että se hyväksyttäisiin kokonaisuutena esimerkiksi kemian, biologian, fysiikan ja jopa terveystiedonkin yhteiseksi integroivaksi kurssiksi.

Vuoden 2015 lukion opetussuunnitelman perusteissa kiinnitetään kemian osalta huomiota enemmän tieto- ja viestintäteknologian käyttöön kuin vuosien 1994 ja 2003 perusteissa. Näistä perusteista opetus- ja kulttuuriministeri Grahn-Laasonen sai tukea hallituksen digitalisointiohjelmalle, jonka mukaan kaikilla tasoilla tulee kehittää opetusta tämän ohjelman avulla huolimatta muuten tehdyistä suurista leikkauksista. Tämä tietenkin tapahtuisi uusien laitteiden, ohjelmien ja pedagogiikan kehittämisen avulla. Pedagogiikan kehittäminen vaatii opetuksen ammattilaisten vihkiytymistä asialle. Tällaisia opettajia on jo olemassa, mutta ei riittävästi. Näiden asiaan vihkiytyneiden pitää kouluttaa kentän opettajat. Opettajankouluttajien tulisi taas kouluttaa opettajaopiskelijat. Koulutukseen on jopa luvattu resursseja.

Vuoden 2015 opetussuunnitelman perusteiden mukaisesti pitäisi vähitellen päästä lukion kemian ilmiö- ja tutkimuslähtöiseen opiskeluun käyttäen opiskelijoiden maailmaan sopivia konteksteja (vrt. Childs 2009). Kun ongelmat olisivat todellisen maailman kysymyksiä, joille ei ole yhtä ainoaa ratkaisua, saataisiin mahdollisesti opiskelijoiden mielenkiinto heräämään. Kokonaisvaltaisen ratkaisun etsimisen avulla olisi mahdollisuus myös löytää yhteydet muihin luonnontieteisiin samoin kuin muihin oppiaineisiin entistä paremmin. Tämä vaatii kemian opetuksen tutkimuksen (esim. Tomperi 2015) hyödyntämistä opettajan koulutuksessa niin, että nykyiset ja tulevaisuuden opettajaopiskelijat saavat johdonmukaista ohjausta tavoitteiden ja tulosten, sisällön valinnan ja rakenteen, opetusmenetelmien esittämistavan valinnan, opetusstrategioiden, opiskelijapalautteenannon ja arviointimenetelmien työstämiseen (Childs 2009).

7.11 Johtopäätökset

Suomessa kemian opetuksen tuleminen lukioon oli yhtä vaikeaa kuin muuallakin, missä uutta oppiainetta yritettiin saada kansalliseen opetussuunnitelmaan. Tämä onnistui kuitenkin vuonna 1941, tosin vuosikymmeniä monien sivistysmaiden jälkeen. Oppituntien määrä pysyi vielä vuosikymmeniä sen jälkeen mittättömänä niihin verrattuna. Ajateltiin, että kemiaa tarvitsevat vain kemian ja sen

soveltavien alojen ammattilaisiksi aikovat. Tältä pohjalta tehtiin myös seuraava lukion kemian kansallisen opetussuunnitelman muutos vuonna 1970. Sisällöt samoin kuin viikkotuntimäärä saatiin laajennetuksi lähemmäksi kansainvälistä tasoa. Kemiasta ei vielä kukaan tullut kaikille opetettava aine.

Lukio-opiskelijoiden määrän kasvu aiheutti sen, että vuoden 1970 opetussuunnitelma ei toiminut. Se päivitettiin vuonna 1975 vastaamaan samana vuonna annettua lukusuunnitelmaa. Tämän mukaan kemia tuli kaikille opetettavaksi aineeksi lukion ensimmäisellä luokalla, jolloin sitä opiskeltiin kaksi tuntia kymmenen päivän jaksossa. Koska peruskurssi (2 tuntia/10 päivän jakso) oli kaikille yhteinen, se täytyi muokata käytännönläheisemmäksi, eikä siinä pyritty syvään kemian tiedolliseen ja taidolliseen osaamiseen.

Lukion kansalliseen opetussuunnitelmaan tuli huomattava muutos siirryttäessä kurssimuotoiseen lukio-opiskeluun uuden lukusuunnitelman ja oppimääräsuunnitelman mukaisesti vuonna 1981. Tällöin lukion kemiaa opiskeltiin kahden ensimmäisenä lukiovuonna kaksi kaikille yhteistä kurssia. Kolmantena lukiovuonna opiskeltiin kaksi jatkokurssia. Kaikkien kurssien kesto oli 38 tuntia. Kahden ensimmäisen kurssin tarkoituksena oli luoda perusta jatkokursseille, mutta ennen kaikkea kurssien tarkoituksena oli integroida kemian tietoja esimerkiksi fysiikan ja biologian opiskeluun.

Vuonna 1985 muutettiin opetussuunnitelmaprosessi perinpohjaisesti. Tällöin Kouluhallitus antoi opetussuunnitelman perusteet, joiden pohjalta kuntien lukioiden piti laatia paikalliset opetussuunnitelmat, joihin piti kirjoittaa perusteiden osoittamat asiat ottaen huomioon paikkakuntakohtainen profiloituminen. Lisäksi on huomionarvoista, että perusteissa ei ollut enää ainekohtaista metodiosaa eikä ainekohtaista arviointia kuten aikaisemmissa Kouluhallituksen antamissa opetussuunnitelmissa. Opetussuunnitelman perusteet käsittelivät kuitenkin hyvin seikkaperäisesti integraatiota. Kunnallisten opetussuunnitelmien laatiminen jäi aika vaatimattomalle tasolle. Aivan ilmeisesti jatkettiin edelleen opettamista oppimääräsuunnitelman ja erityisesti oppikirjojen perusteella.

Vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteet laadittiin niin, että annettiin tavoitteet, joihin piti pyrkiä. Sisällöt annettiin hyvin yleisluontoisesti. Lisäksi perusteissa määriteltiin opetuksen luonne ja lähtökohdat. Tämä osuus sisälsi luonnontieteille ominaisen tavan hahmottaa ja omaksua käsitteitä sekä jäsentää luonnontieteellistä tietoa. Menetelmällistä luonnosta tapahtuvaa tiedonhankintaa selitettiin varsin seikkaperäisesti. Kuitenkin näyttää siltä, ettei lukioissa oltu vielä kypsiä siirtymään itse valittuihin sisältöihin, joiden avulla päästäisiin tavoitteisiin käyttämällä kokeellista lähestymistapaa. Toinen hankaluus oli opiskelija-arvioinnin ylimalkainen esittäminen. Nämä asiat hidastivat uuden opetussuunnitelman käyttöönottoa monissa kunnissa varsinkin, kun ei annettu siirtymisen viimeistä päivämäärää.

Näiden ongelmien ja 2000-luvun uusien haasteiden takia – johtuen muun muassa niukkenevistä resursseista – annettiin jo vuonna 2003 lukion kemian uudet opetussuunnitelman perusteet. Ne sisälsivät tavoitteet erikseen jokaiselle kurssille ja jokaisen kurssin keskeiset sisällöt. Opetusmenetelmät ja oppimisympä-

päristöt esitettiin yleisessä osassa. Arviointi puolestaan käsiteltiin kemian ainekohtaisessa osassa varsin seikkaperäisesti. Huomionarvoista on, että kemian jako perinteisellä tavalla oli hylätty, mikä saattoi olla ainakin osalle opettajista ongelmallista. Vaikka opetusmenetelmät oli käsitelty vain yleisellä tasolla, arvioinnin seikkaperäinen esitys ohjasi muun muassa kokeellisen tiedonhankinnan ja -käyttelyn käyttöön tavoitteisiin pyrittäessä. Paikalliset opetussuunnitelmat tulivat voimaan viimeistään 1.8.2005. Koulutuksen arviointineuvoston selvityksen mukaan tämä uudistus onnistui pääpiirteissään.

Vaikka 2003 opetussuunnitelman perusteet toimivat edellä olevan mukaan kohtuullisesti, 2010-luvulla tieto- ja osaamistarpeet sekä työelämäyhteys ja -tietämys edellyttivät koulutuksen tavoitteiden ja sisältöjen kehittämistä ja uudistamista. Tältä pohjalta saavutettiin vuonna 2014 uusi tuntijako ja lukiokoulutuksen yleiset tavoitteet. Lukion kemian osalta tuntijako ei poikennut aikaisemmasta. Opiskelijoiden valittavaksi tulivat uutena ainoastaan teemaopinnot, joiden tarkoitus oli eheyttää opetusta, vahvistaa opiskelijoiden yksittäistä oppiainetta laajempien kokonaisuuksien hallintaa ja lisätä oppiaineiden välistä yhteistyötä. Pyrkimyksenä oli siis parantaa kokonaisuuksien hallintaa. Tällainen pienin askelin tapahtuva muutos on ilmeisesti parempi kuin kerralla tapahtuva mullistus.

Vuoden 2015 lukion kemian opetussuunnitelman perusteissa tavoitteiden tärkeät muutokset liittyivät opiskelijalle annettavaan ohjaukseen. Kurssien sisällöissä oli siirrytty perinteisempään suuntaan. Jokaisen kurssin alkuun oli lisätty kemian merkitystä kuvaavia asioita, joissa tämä on otettu huomioon jatko-opintojen, työelämän, hyvinvoinnin ja terveyden sekä energiaratkaisut yhteiskunnan, teknologian ja kestäväen tulevaisuuden rakentamisen kannalta. Toinen tärkeä asia oli, että näissä perusteissa kokeellisuus on ensimmäistä kertaa mukana jokaisen kurssin sisällöissä. Vaikka menetelmäosa oli yhteinen kaikille oppiaineille, siitä oli helppoa johtaa, millaisia työtapoja kemian lisääntyvässä tutkimuslähtöisessä työskentelyssä käytetään. Arviointi ohjaa edelleenkin sitä, millä tavoin tavoitteisiin päästään keskeisten sisältöjen avulla käyttäen erilaisia kokeellisia työtapoja.

Lukion kemian opetussuunnitelmaprosessi Suomessa on seurannut muun maailman trendejä vaikkakin parin vuosikymmenen viiveellä. Lukioon kemia tuli huomattavasti myöhemmin kuin muualla Euroopassa, tosin kansainvälisesti mitättömällä tuntimäärällä, joten lukion kemia ei alussa voinut mitenkään antaa riittäviä valmiuksia korkeakoulun jatko-opinnoille. 1970-luvulta lähtien lähestyttiin kansainvälistä tasoa tuntimäärissä, ja sisällötkin laajenivat huomattavasti, mutta kemian kokeellista luonnetta ei ymmärretty. Teoreettisissa tiedoissa ilmeisesti saavutettiin korkeakouluopintojen alussa vaadittava taso, mutta taidot jouduttiin opettelemaan alkeista lähtien.

1970-luvun aikana Suomen kemian opetuksessa alkoi murros, joka johtui muun muassa opiskelijaikäluokkien voimakkaasta kasvusta. Kaikki eivät suinkaan halunneet kemian alalle, vaan tarvitsivat kemian perustietoja ja -taitoja, sillä maailmalla oli herätty ympäristöasioihin, jokapäiväisen elämän aiheisiin ja kemiallisen lukutaidon tarpeeseen tehtäessä yhteiskunnallisia päätöksiä. 1970-luvun aikana lukion kemian opetus tuli kaikille pakolliseksi kahden kurssin osalta. Var-

sinaisesti 1980-luvun uudistuksissa sisältöihin lisättiin uusia aineksia, jotka mahdollistivat integroinnin muihin oppiaineisiin sekä teknologia- ja jokapäiväisen elämän sovellusten käsittelyn. 1990-luvulta lähtien opetussuunnitelman perusteissa alkoi näkyä tavoitteisiin liitetty kokeellinen tiedonhankinta, -tulkinta sekä käsittely ja johtopäätösten teko. Näin ollen kemiallinen lukutaito alkoi hiipiä lukion kemian opiskeluun. Ilmiölähtöisen tutkimuksellisuuden onnistuessa voidaan odottaa kemiallisen lukutaidon pääsevän tasolle, jolla sen pitäisi olla nykyaikaisessa kemian opetuksessa. Myöskään ei tule unohtaa kokonaisuuksien hallintaa, vaikkakin niiden opiskelu näyttää jäävän vajaaksi uusimmissa opetussuunnitelman perusteissa.

7.12 Väitöstutkimuksen merkitys ja jatkotutkimukset

Tämä väitöskirjatutkimus on Suomessa historiallisesti laajin lukion luonnontieteiden opetussuunnitelmien alalta tehty työ. Matti Erätuuli tarkasteli väitöskirjassaan ”Lukiofysiikan opetussuunnitelman kehittyminen Suomessa 1916–1979” tätä aluetta (Erätuuli 1980). Tässä tutkimuksessa tarkasteltava alue on laajentunut verrattuna Erätuulen tutkimukseen. Tarkasteltava aika on 35 vuotta pitempi. Myös opetussuunnitelman laatiminen ja oppimiskäsitys ovat muuttuneet ja menetelmälliset uudistukset konteksti-, ongelma-, tutkimus- ja ilmiölähtöisyyksiin ovat laajentaneet tarkastelunäkökulmaa.

Väitöskirja on ajankohtainen, sillä se tuo uutta ymmärrystä kemian opetuksen ja kemian opetussuunnitelman kehittämiseen. Tällaista tietoa tarvitaan, koska nuorten kiinnostus kemian opiskeluun on hiipumassa. Tätä osoittavat muun muassa uusimmat PISA-tutkimuksen tulokset, joiden mukaan Suomen yhdeksäsluokkalaisten luonnontieteiden osaamisen taso on laskenut merkittävästi (Vettenranta ym. 2016). Tämän väitöskirjan toivotaan olevan apuna kemian opetussuunnitelmien ja opettajankoulutuksen kehittämisessä, sillä tältä alueelta tarvitaan ajantasaista tutkimustietoa. Se palvelee mahdollisesti opettajaopiskelijoiden oppikirjana ja lähdeaineena. Sitä voitaisiin jopa käyttää apuna uusien luonnontieteiden opettajankoulutuksen opetussuunnitelmien laatimisessa, koska näyttää siltä, että luonnontieteitä pitää katsoa tulevaisuudessa yhä enemmän kokonaisuutena (vrt. esim. Achieve 2014).

Myös voisi toivoa, että kemian opettaja löytäisi tästä kirjasta taustaa ja näkökulmia omaan työhönsä, sillä historiassa on varmasti hyviä asioita, jotka voivat toimia kierrätettynä. Kirjallisuudesta löytyi tällaisesta monia esimerkkejä. Lisäksi ei ole lainkaan haitaksi, vaikka perehtyy tarkemmin eri aikoina vallinneisiin suuntauksiin.

Jatkotutkimusta tarvitaan kokonaisuudessaan liittyen lukion kemian arviointiin, sillä ei voi olla täysin vakuuttunut, että monipuolinen arviointi toteutuu, vaikka se on kirjattu opetussuunnitelman perusteisiin. Erityisesti kokeellisuuden arviointi nojautuu edelleen perinteisiin tapoihin. Uusimpien opetussuunnitelman perusteiden kemian arviointia koskevassa osassa on mielenkiintoisia ko-

keellisuuden arviointikohteita, joihin pitäisi perehtyä lähemmin tekemällä kehitystutkimus yhteistyössä kemian opettajan kanssa. Tutkimuslähtöinen opiskelu vaatisi myös lisätutkimusta, sillä siitä ei ole Suomen lukioissa kovinkaan paljon kokemuksia. Tällöin joudutaan myös kokeilemaan, miten joidenkin kontekstien ilmiöt toimivat pohjana mahdollisimman avoimelle ongelmanratkaisulle. Sähköisten oppimisympäristöjen alueen nopea kehitys, sähköiset ylioppilaskokeet ja valtiovallan esiin ottama digitalisointi vaativat myös tutkimusta.

8 YHTEENVETO

Tässä väitöstutkimuksessa tarkasteltiin lukion kemian kansallisen opetussuunnitelman kehittymistä vuodesta 1918 nykypäiviin saakka. Vuoden 2016 elokuun alussa tulivat voimaan koulutuksen järjestäjien laatimat uudet opetussuunnitelmat. Ne laadittiin vuonna 2015 valmistuneiden opetussuunnitelman perusteiden mukaisesti.

Tutkimuksen viitekehikseksi on koottu niin opetuksen ja opetussuunnitelman yleistä teoriaa empirismistä konstruktivismiin kuin kemian ja luonnontieteiden opetuksen ja opetussuunnitelman teoriaa. Opetussuunnitelman tehtävät ovat muuttuneet opettajan ohjeeksi tarkoitettusta asiakirjasta kokonaisvaltaiseksi dokumentiksi, jonka keskiössä on opiskelija. Nykyaikainen opetussuunnitelma sisältää kaiken koulussa tapahtuvan toiminnan. Suomen eri opetussuunnitelman perusteissa on kuvattu lukiokoulutuksen tehtävää muun muassa maininnalla, että sen tehtävänä on laaja-alaisen yleissivistyksen vahvistaminen, ja että sillä on opetus- ja kasvatustehtävä.

Teoriaosassa kuvattiin opetuksen ja opetussuunnitelmien historiaa empirismistä nykypäivään. Siinä käsiteltiin herbartilainen suuntaus niin Euroopassa kuin Amerikassa, reformipedagogiikka, tieteellinen opetussuunnitelma ja konktionistinen suuntaus, joka syveni lopulta behaviorismiksi. Oppimiskäsitys muuttui välivaiheena olleen kognitiivisen tieteen kautta konstruktivistiseksi ja lopulta sosio-konstruktivistiseksi. Syynä muutokseen behaviorismista konstruktionismiin oli muun muassa behavioristisen näkemyksen kyvyttömyys korkeammilla ajattelutasoilla tapahtuvan oppimisen tukemisessa.

Kemian opetuksen kehitystä tarkasteltiin joidenkin eurooppalaisten esimerkkimaiden opetuksen ja koulujärjestelmän näkökulmasta. Vastaavasti tutkimuksessa käsiteltiin Yhdysvaltojen kemian opetuksen ja opetussuunnitelman kehityslinjaa 1800-luvulta nykypäivään. Niin Euroopassa kuin Yhdysvalloissa kemian opetussuunnitelmat asetettiin yleisen pedagogiikan mukaisiin kausiin.

Kemian opetukselle keskeistä kokeellisuutta selvitettiin kirjallisuuden avulla muun muassa yleisen määrittelyn, oppilastöiden historian ja nykyisyyden, laboratorio-opetuksen taksonomian sekä kokeellisuuden merkityksen ja ongelmien osalta. Myös tieteellistä lukutaitoa samoin kuin oppilastöihin, demonstraatioihin, oppimiseen ja motivaatioon liittyvää problematiikkaa selvitettiin.

Koko kemian opetuksen historian ajan on vaikuttanut kaksi koulukuntaa: toinen on pitänyt oppilastöitä parempana oppimisen kannalta, toinen taas demonstraatioita. Useissa tutkimuksissa on kuitenkin todettu, että oppimisen kannalta on samantekevää, kumpia käytetään. Oppilastöiden kannattajienkin joukossa on erimielisyyttä siitä, millaisia töitä käytetään. Heidän mielestään pitäisi siirtyä entistä avoimempiin töihin, niiden pohdintaan ja pohdinnan avulla tehtävään kemian tiedon rakentamiseen. Vaikka usein sanotaan, että kokeelliset työt parantavat motivaatiota, todellisuudessa tarkoitetaan, että ne herättävät mielenkiinnon.

Tutkimusosa. Vaikka kemia saavutti oppiaineen arvon vuonna 1918, kemian opetuksen asema oli lukiossa sattumanvarainen aina vuoden 1941 opetussuunnitelman voimaantumiseen saakka. Tosin vasta 1948 lukion lukusuunnitelma varmisti, että kemiaa opetettiin vuoden 1941 oppiennätysten mukaisesti. 1950- ja 1960-luvulla Suomen taloudellisen kasvun edetessä ilmeni puheenvuoroja lukion kemian opetuksen lisäämisen puolesta. Vuonna 1969 annettiin lukion uusi lukusuunnitelma ja opetusministeriö vahvisti uudet vahvasti teoreettiset kemian oppiennätykset. Voimaan ne tulivat 1.8.1970. Niiden teoreettisuuden takia opetussuunnitelmaa uudistettiin vuonna 1975.

1980-luvulle tultaessa lukio siirtyi kurssimuotoiseen järjestelmään. Vuoden 1981 Kouluhallituksen antamissa lukion oppimääräsuunnitelmissa kemia sai kaikkiaan neljä kurssia, joista kaksi ensimmäistä olivat kaikille pakollisia, loput kaksi valinnaisia. Pakollisia kursseja tuli integroida muihin oppiaineisiin, lähinnä biologiaan ja fysiikkaan. Lisäksi lukioilla oli mahdollisuus järjestää työkurssi.

Lukiolaki 477/1983 muutti ajattelua aikaisempaan opetussuunnitelman kehitystaustaan verrattuna, sillä nyt kehittämisen perustana tulivat olemaan eduskunnan säätämät lukiokasvatuksen kaikkea opetustyötä ohjaavat tavoitteet. Opetussuunnitelmaa ei enää laatinut Kouluhallitus, vaan koulutuksen järjestäjä Kouluhallituksen antamien opetussuunnitelman perusteiden normien mukaisesti. Näin saavutettua lukio-opiskelun kehittämistä arvioi matemaattis-luonnontieteellisen perussivistyksen komitea, joka piti valinnaisuutta sinänsä hyvänä, mutta ei ymmärtänyt, miksi valinnaisuus on luonnontieteissä yleisempää kuin muissa tietopainotteisissa aineissa.

Seuraavalla vuosikymmenellä valtioneuvosto päätti, että lukion opetussuunnitelma uudistetaan. Vuonna 1994 Opetushallitus antoi opetussuunnitelman perusteet, joissa määriteltiin opetuksen tavoitteet ja keskeiset sisällöt edellisen vuoden syksyllä vahvistetun tuntijaon mukaisesti. Koulutuksen järjestäjien tuli laatia noiden normien mukaisesti paikalliset opetussuunnitelmat, joissa oli pakollisia, syventäviä ja soveltavia kursseja. Näissä opetussuunnitelman perusteissa oppimiskäsitys muutettiin aikaisemmasta tavoiteoppimisesta konstruktivistiseksi oppimis- ja tiedonkäsitykseksi. Opiskelijasta tuli oman tietonsa rakentaja.

Opetushallituksen 1990-luvun lopulla tekemä analyysi osoitti opetussuunnitelmien laatimisessa ja kehittämisessä ongelmia. Siinä huomattiin muun muassa, että prosessin ensimmäinen vaihe oli vaikea ja paneutumisen aste vaihteli, prosessi oli käynnistynyt ja muutoksia oli tehty, täydennyskoulutus oli vajaatehoista, opetussuunnitelman perusteiden normiluonnetta ei ymmärretty ja säännöksiä jätettiin ottamatta huomioon sekä edellisessä kappaleessa mainituista ongelmista johtuvat vaikeudet. Tämän analyysin sekä "Koulutus ja tutkimus vuosina 1999–2004" -kehittämissuunnitelman perusteella valtioneuvosto antoi asetuksen lukiokoulutuksen valtakunnallisista tavoitteista ja tuntijaosta.

Kehityssuunnitelman mukaisesti luonnontieteiden osaamista piti parantaa. Myös valinnaisuutta tuli lisätä. Oli myös otettava huomioon kestävä kehitys sekä tieto- ja viestintäteknologian kehittyminen. Uusi tuntijako lisäsi kemiaan yhden

syventävän kurssin. Opetushallituksen vuonna 2003 antamissa opetussuunnitelman perusteissa huomioitiin muun muassa kestävä kehitys aihekokonaisuuksissa. Aihekokonaisuuksien avulla oli myös mahdollista ottaa huomioon tieto- ja viestintäteknologia. Edellisten opetussuunnitelman perusteiden tavoitin oppimiskäsitys noudatti oppimista, jonka aikana opiskelija rakentaa aktiivisessa ja tavoitteellisessa toiminnassa omaa tietorakennelmaansa.

”Koulutuksen ja tutkimuksen 2011–2016” -kehittämissuunnitelmassa opetus- ja kulttuuriministeriö linjasi tulevaisuuden tieto- ja osaamistarpeita sekä työelämäyhteyden ja -tietämyksen edellyttämiä koulutuksen tavoitteiden ja sisältöjen kehittämistä ja uudistamista muun muassa niin, että vahvistetaan ja laajennetaan yleissivistystä, jotta opinnoissa voitaisiin tavoitella aikaisempaa syvällisempää tietojen ja taitojen osaamista sekä joustavia mahdollisuuksia suorittaa opinnoita uusilla tavoilla. Lopulta päädyttiin vuoden 2015 opetussuunnitelman perusteisiin, joissa kemian kurssimäärä säilyi valtakunnallisten kurssien osalta ennallaan.

Tutkimustulosten ydinasiat tutkimuskysymyksittäin. Ensimmäisen kysymyksen ”Millaisena tavoitteet, sisällöt, menetelmät ja arviointi esiintyvät eri opetussuunnitelmauudistuksissa?” muutoksia kuvataan taulukossa 26 valtiovalan antamien opetussuunnitelmien osalta ja taulukossa 27 opetussuunnitelman perusteiden osalta.

Taulukkoon 26 on koottu ydinasiat vuosilta 1941–1981 i) tavoitteiden, sisältöjen, menetelmien ja arvioinnin muutoksista, ii) yhteiskunnan ja opetussuunnitelmaprosessin vuorovaikutuksesta sekä iii) arvioinnin ja tavoitteiden välisestä suhteesta.

i) Taulukosta 26 havaitaan tavoitteiden muuttuminen kokemuksellisista vuoden 1970 hyvin teoreettisiin. Kuitenkin peruskurssin tavoitteiden osalta käytännönläheisyyttä lisättiin 1970-luvun puolivälissä. Tällöin kaikille yhteiselle ensimmäisen luokan kurssille tuli uudet tavoitteet ja sisällöt, jotka olivat käytännönläheisemmät kuin edellisen opetussuunnitelman vastaavat. Jatkokurssien osalta noudatettiin aika tarkasti vuoden 1970 opetussuunnitelmaa. 1980-luvun alun oppimääräsuunnitelma oli viimeinen kansallinen opetussuunnitelma, jonka Kouluhallitus antoi lukioiden noudatettavaksi. Luonnontieteellisen ajattelun korostaminen tuli opetussuunnitelmaan 1970-luvulla. 1980-luvun alussa opetussuunnitelmaan lisättiin eksaktin luonnontieteen merkitys, menetelmät ja saavutukset. Tavoitteiden yhteiskunnallinen merkitys väheni huomattavasti 1970-luvulle tultaessa, mutta kasvoi taas 1980-lukua kohden mentäessä muun muassa ympäristökysymysten takia. Pedagogiikkaan liittyviin tavoitteisiin kirjattiin 1970-luvulla mallit ja sovellukset. Kemian merkitys muiden oppiaineiden opetukseen laajeni integraatioksi.

Sisällöt laajenivat 1970-luvulla ja tulivat hyvin teoreettisiksi. Siirryttäessä 1980-luvulle niihin liitettiin ympäristökemiaa ja kemian merkitystä.

Taulukko 26 Tavoitteiden, sisältöjen, menetelmien ja arvioinnin esiintyminen eri opetussuunnitelmauudistuksissa 1941–1981

Vuosi	1941	1970	1975	1981
1. Linjaukset				
Tavoitteet:				
Teoria	Keskeiset lait ja teorit: havainto- ja arviointikyky	Luonnontiet. ajattelutapa; mielenkiinnon herättäminen	Peruskurssi konkreettisempi	Eksakti luonnontiede: merkitys, menetelmät, saavutukset;
Pedagogiikka	Ei mukana	Tutustuminen kokeellisiin menetelmiin; mallit ja sovellukset	Jatkokurssit teoreettiset	Opiskelijan toimintana; tietojen soveltaminen; integraatio
Hyöty muihin aineisiin			Hyöty muihin aineisiin	
Yhteiskunta	Kodin ym. alkuaaineet, yhdisteet ja ilmiöt; teollisuuden merkitys; väestösuojelu; yrittäjyys;	Jatko-opinnot (edellisessä jossuora jatkamisen korkeakoulussa)	Kemia vs. ihminen ja yhteiskunta peruskurssilla: luonnon tasapainon säilyminen	Ymmärtää informaatiota päätöksen tekijänä ja antaa objektiivinen kuva; kokonaispersoonaa
Sisällöt: Teoria	Epäorg. kemia; org. kemia; yl. ja fys. kemian keskeiset teorit	Teoreettinen; erityisalojen kurssi: tutustumista kokeell.	Keveni peruskurssilla: sovellukset asiayhteydessä	Kemian merkitys; integraatio laajemmin kuin aiemmin
Yhteiskunta	Suojelukemia; kotimainen org. kemian teollisuuden merkitys	Ei viittausta-kaan	Peruskurssin sovellukset käytännön elämän alueelta; ympäristö-ongelmat	Teknologian merkitys vs. elinympäristö; kemia vs. ihminen ja yhteiskunta
Metodit: Teoria	Aineksen valinta; induktiivinen ja deduktiivinen työtapa; laatu, ei määrä; demot	Mallintaminen; tehtävät tarkasti; havainnoista johtopäätöksiin; oppilastyöt, jos aikaa	Menetelmän valinta tunnin aiheen mukaan; oppilastyöt eivät saaneet olla teorian esteenä	Työtavan valinta: osa-alueiden painotus, itsenäinen opiskelu ja aikuisille tyypillinen työskentely
Yhteiskunta	Maanpuolustus ja väestösuojelukemia	Ei viittausta-kaan	Ei viittausta	Ei viittausta
Arviointi	Ei mukana	Erilaiset kokeet ja mahdolliset lisänäytöt	Kokeilla uudet nimet; lähtötason arviointi	Kattavat kokeet: monipuoliset tehtävät
2. Opetussuunnitelma ja yhteiskunta	Suursota; kemia opetussuunnitelmaan; pieni tuntimäärä; oppiennätykset voimassa n. 30-vuotta	Teollistuminen; kouluja lisää; tuntimäärä kasvoi ja sisällöt laajenivat; ammattilaisen kemiaa	Opiskelijamäärän kasvu; kemiaa kaikille; käytännön kemian esimerkit; ympäristöhaasteet; jaksotus	Kansainvälinen kehitys; Kemian hyöty ihmiselle ja yhteiskunnalle, kurssimuotoinen lukio
3. Arviointi ja tavoitteet	Jäi ilmeisesti kunkin opettajan vastuulle	Teoria kokeilla; oppimisen aukot diagnostisilla kokeilla; Suulista, kirjall. näyttöä lisänä	Teoria kokeilla, formatiivisilla kokeilla testattiin osatavoitteiden saavuttamista	Aikaisemman mukaista; otettiin mukaan oppilastyöt: teoria ja työmenetelmä koe sekä taidot

Opetusmenetelmät ohjasivat aluksi induktiivisen ja deduktiivisen menetelmän käyttöön ja aineksen valintaan. 1970-luvulla otettiin käyttöön mallintaminen, menetelmän valinta tunnin aiheen mukaan sekä 1980-luvulle tultaessa osaluokkien painotus, itsenäinen opiskelu sekä aikuisille tyypillinen työskentely. Vuoden 1941 opetussuunnitelman metodiosassa mainitaan maanpuolustus ja suojelekemia. 1970-luvulta 1980-luvun alkuun mentäessä menetelmistä ei ilmene yhteiskuntaan viittaavia mainintoja.

Vuoden 1941 opetussuunnitelma ei anna arviointiin minkäänlaisia ohjeita. Kaikkien seuraavien valtiovallan antamien opetussuunnitelmien mukaan arvioinnin pääinstrumentti oli summatiivinen koe (aluksi prognostinen koe), jota voitiin täydentää lisänäytöillä. Vuoden 1981 oppimääräsuunnitelmassa annettiin myös ohjeet kurssimuotoisen lukion oppimäärän arviointiin.

ii) Yhteiskunnan ja opetussuunnitelmaprosessin väliseen suhteeseen vaikuttivat 1940-luvulla suursota ja pieni tuntimäärä. 1950- ja 1960-luvulla jatkuvat epäonnistumiset uudistuspyrkimyksissä olivat hallitsevia. Teollistumisen ja koulujen lisääntymisen takia saatiin uusi opetussuunnitelma vasta 1970 takaamaan ammattilaisen kemiaan tarvittavat taidot. 1970-luvun aikana opiskelijamäärä kasvoi, osa kemian opetuksesta tuli kaikille yhteiseksi, käytännön kemian esimerkit tulivat sopivasti opetuksen lomaan ja lisäksi tuli ottaa huomioon ympäristöhaasteet. Viimeisessä Kouluhallituksen laatimassa opetussuunnitelmassa otettiin huomioon kansainvälinen kehitys, hyöty ihmiselle ja yhteiskunnalle. Samaan aikaan toteutettiin kurssimuotoinen lukio.

iii) Tavoitteiden saavuttamisen toteutamisesta arvioinnin avulla ei 1941 opetussuunnitelmassa otettu huomioon millään tavalla. Muissa valtiovallan antamissa opetussuunnitelmissa käytettiin asiasisällön arviointiin summatiivisia kokeita. Muuta näyttöä voitiin käyttää lisänä. 1970-luvun puolella välissä esitettiin lähtötason arviointi selvittämään, miten kurssin opetus on järjestettävä. Lisäksi formatiivisilla kokeilla voitiin testata osatavoitteiden saavuttamista. Vuoden 1981 oppimääräsuunnitelmassa ilmoitettiin, että oppilastöitä voitiin myös käyttää arvioinnissa niin, että kokeella selvitettiin menetelmän ja teorian hallinta. Taidot voitiin havainnoida.

Taulukkoon 27 on koottu edellisen taulukon tapaan ydinasiat vuosilta 1985–2015 i) tavoitteiden, sisältöjen, menetelmien ja arvioinnin muutoksista, ii) yhteiskunnan ja opetussuunnitelmaprosessin vuorovaikutuksesta sekä iii) arvioinnin ja tavoitteiden välisestä suhteesta.

i) Taulukon 27 mukaan 1980-luvun opetussuunnitelman perusteiden varsinaiset kemian teorian tavoitteet oli muutettu yleisempään muotoon. Kemian opetuksen tavoitteiden painoa oli lisätty ja selkeänä uutuuksena mukaan oli otettu todellinen yhteiskunnallinen aspekti. 1990-luvun opetussuunnitelman perusteissa oli luonteenomaista edellisten perusteiden tapaan, että tavoitteet ilmaistiin sekä kemian opetuksen että opiskelijan toiminnan tavoitteina, joissa kokeellisen työs-

Taulukko 27 Tavoitteiden, sisältöjen, menetelmien ja arvioinnin esiintyminen eri opetussuunnitelmauudistuksissa 1985–2015

Vuosi	1985	1994	2003	2015
1. Linjaukset				
Tavoitteet				
Teoria	Luonnontieteiden yhteiset tavoitteet	Luonnontieteellinen maailmankuva	Keskeiset peruskäsitteet ja teknologia	Ei sinänsä uutta
Pedagogiikka	Kokonaispersoonallisuus	Kokeellisuus Kiinnostuksen herättäminen ICT	Kokeellisuus hyvin tarkasti	Hyvin tarkasti oppimaan oppimisen näkökulmasta
Yhteiskunta	Edellisen mukaista	Vuorovaikutus ihminen vs. luonto ja sovellukset Esittäminen ja keskustelu	Edelliseen nähden tarkasti Orgaaninen kemia vs. ihminen ja ympäristö	Jäsentäminen kemian käsitteiden avulla Arviointi kemia vs. ihminen ja yhteiskunta
Sisällöt: Teoria	Edellisen mukainen	Teemat Valinta paikalliselle tasolle	Keskeiset sisällöt Sisällöt uuteen järjestykseen	Paluu vanhaan järjestykseen Runsas sisältö Kokeellisuus
Yhteiskunta	Integraatio erityisen tarkasti	Valintojen näkökulma	Ei selvästi muuten kuin aihekokonaisuuksissa	Selkeä yhteiskunnallinen merkitys näkyy
Metodit: Teoria	Ei ainekohtaista metodiosaa Vihjeenä oppilastyöt	Hahmottava lähestymistapa Kokeellisuus laajasti määriteltynä	Johdettava yleisten ohjeiden perusteella Mallit ja ICT	Ohjaus Ongelmanratkaisu Kohti oppiainerajat ylittävää tutkivaa oppimista
Yhteiskunta	Vihjeenä vierailut	Näkökulma	Kokeellinen ja tutkiva tiedonhankinta	Monipuoliset oppimisympäristöt
Arviointi	Yleiset periaatteet; edellisen mukaista	Yleisemmällä tasolla kuin edellinen	Ei saa perustua vain loppukokeeseen	Työskentelyn vaiheet, kysymykset ym.
2. Opetussuunnitelma ja yhteiskunta	Yhteiskunnan kehitys vs. koulu; prosessin muutos → opetussuunnitelman perusteet	Opetuksen tila; aikaan nähden laajat sisällöt; oppikirjat; ICT; valinnaisuus	Lisäkurssi; kestävä kehitys; aktiivinen kansalaisuus; ICT; edelleen valinnaisuus ongelmia	Syvällisemmät tiedot ja taidot; joustavuus; kokonaisuuksien hallinta; opinnot yli tutkimusrajojen
3. Arviointi ja tavoitteet	Kriteerit tavoitteista; palaute opiskelija ja opettaja; tiedon laatu	Itsearviointi; paikallinen arviointitavan määrittely	tavoitteiden saavuttamisen testaus monipuolisesti	Painotetaan yleisten tavoitteiden saavuttamista kurssien tavoitteiden ja sisältöjen avulla

kentelyn taidot olivat painotetusti mukana. Ensimmäistä kertaa esitettiin tieto- ja viestintäteknologian käyttöä. Myös teemoihin (konteksteihin) perustuvaa opiskelua ehdotettiin. Vuoden 2003 perusteissa keskeiset peruskäsitteet ja teknologia esitettiin aikaisempaa korostetummin. Kokeellisuus ja yhteiskuntaan suuntautuminen käsiteltiin huolellisesti samoin kuin orgaanisen kemian vuorovaikutusta ihmisen ja ympäristön suhteen. 2010-luvun opetussuunnitelman perusteet korostivat oppimaan oppimista, arkipäivän ilmiöiden jäsentämistä kemian käsittein ja arviointia, joka liittyy kemian vuorovaikutukseen ihmisen ja ympäristön suhteen.

Vuoden 2015 perusteissa kemian opetuksen tarkoitus on samanlainen kuin aikaisemminkin: kemian opetus tukee omalta osaltaan luonnontieteellisen ajattelun ja maailmankuvan kehittymistä osana monipuolista yleissivistystä. Lisäksi tarkoitukseen liitetään kemian ja sen sovellusten merkitys jokapäiväisessä elämässä, ympäristössä, yhteiskunnassa ja teknologiassa, valmiudet jatko-opintoihin, merkitys kestävän tulevaisuuden rakentamiseen ja niin edelleen. Lähtökohdiana pidetään elinympäristöön liittyvien aineiden ja ilmiöiden havainnointia ja tutkimista. Perusteet korostavat havainnoinnin ja tutkimuksen tekemisen oleellista merkitystä käsitteiden sisäistämisessä, tutkimisen taitojen oppimista ja luonnontieteiden luonteen hahmottamista.

Vuoden 1985 perusteiden sisällöt oli pääasiassa saatu siirtämällä oppimääräsuunnitelman sisältöjen otsikot näihin perusteisiin ilman lisäohjeita. Integrointia muihin aineisiin oli selvitetty varsin yksityiskohtaisesti. Sisältöjen osalta vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteissa annettiin sisältöalueet hyvin yleisluotoisesti. Näin tehtynä aiheutui opettajien (Opetushallitus 2000) keskuudessa epä-tietoisuutta, mitä todella piti opettaa. Tästä syystä monen opettajan mielestä opiskelijat joutuivat eriarvoiseen asemaan. Vuoden 2003 opetussuunnitelman perusteiden mukaan lukion kemian oppimäärä ei sisällöltään laajentunut, vaikka kemian kurssimäärä lisääntyi yhdellä. Sen sijaan kurssien sisällöt esitettiin keskeisinä sisältöinä, ja käsittelyjärjestys muuttui suuresti. Ajatuksena oli, että epäorgaanista ja orgaanista kemiaa ei enää opiskella erillisinä, vaan osana elinympäristöä. Vuoden 2015 opetussuunnitelman perusteiden esittämät kurssien keskeiset sisällöt ovat edellisen tapaan melko runsaat, mikä saattaa olla esteenä syvälisten tavoitteiden saavuttamiselle. Teorian jäsentelyn osalta on palattu perinteisempään esittämisjärjestykseen. Jokaisen kurssin sisällöissä yhteiskunnallinen merkitys otetaan huomioon kemian teorian ja sen opetuksen rinnalla. Sisältöihin on myös ensimmäistä kertaa lisätty kokeellisuus oppilastöineen ja tutkimuksineen. Tämä sisältöalue avataan varsin yksityiskohtaisesti. Muut aiheet voidaan luokitella teoriaan kuuluviksi, vaikka niistä useimpien opetukseen voidaan myös soveltaa kokeellisia menetelmiä, esimerkiksi oppilastöitä ja tutkimuksia. Kokeellisuuden upottaminen sisältöihin ohjanee koulutuksen järjestäjiä niin, että luki-oissa siirrytään yhä enemmän kokeelliseen tutkivaan lähestymistapaan.

Vuoden 1985 perusteista oli jätetty pois metodiset ohjeet. Näin ollen ohjeet piti johtaa yleisistä periaatteista. Seuraavissa perusteissa kemian opetuksen menetelmät käsiteltiin opetussuunnitelman perusteiden otsikon ”Opetuksen luonne ja lähtökohta” alla. Luonnontieteiden opetukseen kuului kokeellinen lähestymistapa, jossa opiskelijoiden keskinäiseen vuorovaikutukseen pohjautuva

yhteistoiminta parantaa käsitteiden hahmottumista, omaksumista ja luonnontieteellisen tiedon jäsentämistä. Tällöin myös esitettiin tieto- ja viestintäteknologian käyttöä mittauksissa, tulosten käsittelyssä, mallintamisessa, tiedon analysoinnissa ja raportoinnissa. Vuoden 2003 perusteiden yleinen opetusmenetelmä- ja oppimisympäristöosa korosti opiskelijan omaa aktiivista tiedonrakennusprosessia. Lukion oli luotava sellaisia oppimisympäristöjä, joissa opiskelijat voisivat asettaa omia tavoitteitaan ja oppia työskentelemään itsenäisesti ja yhteistoiminnallisesti erilaisissa ryhmissä ja verkostoissa. Tämän piti tukea kemian opiskelun kokeellista ja tutkivaa sekä tieto- ja viestintäteknologiaan perustuvaa tiedonhankintaa ja -käsittelyä sekä mallintamista. Perusteet eivät kuitenkaan antaneet mitään mallia kemian oppimisympäristöistä ja opetusmenetelmistä. Uusimmissa perusteissa oppimiskäsitys ja opetuksen tavoitteet ovat mukainen opetuksen lähtökohta. Kemian kohdalla valittaessa menetelmää pitää ottaa huomioon kemiassa edellytetty käsitteellinen ja menetelmällinen osaaminen. Sen mukaan tutkiminen ja ongelmanratkaisu edistävät oppimaan oppimista ja kehittävät kriittistä ja luovaa ajattelua. Näiden ratkaisujen pohjalta rakennetaan kokonaisuuksien hallintaa ja oppiainerajat ylittävää osaamista.

Vuoden 1985 perusteiden ainekohtaisesta osasta oli myös arviointi jätetty pois. Myös vuoden 1994 perusteiden esitys jäi arvioinnin osalta hyvin yleiselle tasolle, vaikkakin kurssin arviointiin esitettiin kirjallisia kokeita, jatkuvaa näyttöä ja tuotosten arviointia. Tässäkin kohdassa koettiin, ettei opiskelijoiden oikeusturva päässyt toteutumaan. Arviointia korjattiin vuonna 1999 Opetushallituksen määräyksellä. Seuraaviin kemian opetussuunnitelman perusteisiin oli kirjoitettu, että arvioinnin kohteena olivat kemiallisen tiedon ymmärtäminen ja soveltamisen taito. Arvioinnissa piti lisäksi ottaa huomioon kokeellisen tiedonhankinnan ja -käsittelyn taitojen kehittyminen.

Vuoden 2015 kemian opetuksen opiskelija-arvioinnissa painotettiin kemian yleisten tavoitteiden saavuttamista kurssikohtaisten tavoitteiden ja keskeisten sisältöjen avulla. Kunkin kurssin arvosanan pitää perustua monipuoliseen näyttöön ja siinä tuli olla mukana käsitteellisten kuin menetelmällisten tietojen ja taitojen havainnointi. Arvioinnissa tuli ottaa huomioon kokeellisen työskentelyn sekä tiedonhankinnan ja -käsittelyn taitojen kehittyminen. Lisäksi tuli voida arvioida työskentelyn eri vaiheita, kuten tutkimisen taitoa ja kysymysten muodostamista. Arviointimenetelmät jätettiin koulutuksenjärjestäjän määritettäväksi. Oppimäärän arvioinnista perusteet antavat selkeän normin.

ii) 1980-luvulla yhteiskunnan kehityksestä aiheutui, että koulu ei kyennyt vastaamaan yhteiskunnan tarpeisiin. Toisaalta vuoden 1983 lukiolailla muutettiin opetussuunnitelman laatimista niin, että Kouluhallitus antoi opetussuunnitelman perusteet. Koulutuksen järjestäjä puolestaan laati ja vahvisti opetussuunnitelman. 1980-luvun lopulla todettiin perussivistyksen tilan olevan luonnontieteiden kohdalla sellainen, että opetukseen käytettävää aikaa oli vähän, sisällöt olivat laajat, oppikirjat eivät ohjanneet kokeellisuuteen ja tieto- ja viestintäteknologiasta puuttui työkaluohjelmia. 2000-luvulla oli edelleen valinnaisuusongelma, mutta resurssit lisääntyivät yhden kurssin verran. Aihekokonaisuuksina opetussuunnitelmaan saatiin muun muassa aktiivinen kansalaisuus, kestävä kehitys

sekä tieto- ja viestintäteknologia. 2010-luvun vaatimuksina tulivat syvällisemmät tiedot ja taidot, joustavat oppimisympäristöt, kokonaisuuksien hallinta ja oppiaineraajat ylittävät opinnot.

iii) Arvioinnin ja tavoitteiden välistä suhdetta kuvattiin 1985 perusteissa niin, että arviointikriteerit muodostettiin tavoitteista. Arvioinnin tarkoituksena oli antaa palautetta tavoitteiden saavuttamisesta sekä opiskelijoille että opettajille. Myös tiedon laatu oli tärkeää. Vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteisiin liitettiin uutena arviointimenetelmänä itsearviointi ja vuoden 2003 perusteissa korostettiin monipuolista arviointia tavoitteiden saavuttamisen selvittämiseksi. Uusimissa opetussuunnitelman perusteissa painotetaan yleisten tavoitteiden saavuttamista kurssien tavoitteiden ja sisältöjen avulla.

Taulukoon 28 on koottu ydinasiat vuosien 1941–1981 opetussuunnitelmista tutkimuskysymykseen: Miten kemian tieteessä keskeinen kokeellisuus näkyy eri uudistuksissa?

Taulukko 28 Kemian tieteessä keskeisen kokeellisuuden näkyminen uudistuksissa 1941–1981

Vuosi	1941	1970	1975	1981
Tavoitteissa	Maininta omakohtaisista havainnoista	Tutustuttaminen kokeellisiin menetelmiin	Ei mainintoja kokeellisuudesta	Työkurssin tavoitteet huolellisesti
Sisällöissä	Ei mitään viittoausta	Erityisalojen kurssissa tutustuminen kokeellisiin menetelmiin	Harjoitustyöt: jakso tai opiskelun yhteydessä. Esteitä toteuttamisessa	Työkurssin aiheet
Opetusmenetelmissä (Työtavoissa)	Demonstraatiot päätapa Oppilastyöt, jos mahdollista suorittaa yksinkertaisilla välineillä	Demonstraatiot päätapa edelleen. Jos oppilastöitä käytettiin, tarkoitus oli taitojen oppiminen ja havainnointi	Demonstraatiot päätapa edelleen Lukiotasoiset oppilastyöt: työturvallisuus	Demonstraatiot päätapa edelleen; Työkurssin oppilastyöt: ryhmällä eri työ tai osatyö ja työturvallisuus
Arvioinnissa	Ei mitään mainintaa	Mahdollinen harjoitustyönäyttö	Arviointia ei mainita	Kemian yleiset ohjeet: Koe, jossa teoria ja työmenetelmät sekä havainnointi

Vuoden 1941 opetussuunnitelman tavoitteiden maininta omakohtaisista havainnoista ja seuraavan opetussuunnitelman tutustuttaminen kokeellisiin menetelmiin viittasivat kokeellisuuteen. Vuoden 1975 suunnitelmassa näitä ei mainittu mitenkään, ja vuonna 1981 esitettiin vain vapaaehtoisen työkurssin kokeellisuuden tavoitteita.

1970-luvun opetussuunnitelmien sisällöissä on lyhyesti sanottu, että erityisalojen kursseissa tutustutaan kokeellisiin menetelmiin ja että harjoitustyöt suoritetaan yhtenäisenä jaksena lukion toisen vuoden kevätlukukautena tai opiskelun yhteydessä. Vuonna 1981 annettiin ainoastaan työkurssin aiheet.

Kaikkien opetussuunnitelmien metodiosassa korostettiin demonstraatioiden osuutta kokeellisuutena. Myös oppilastyöt mainittiin, mutta niiden osuus jäi teoriaopetuksen varjoon. Niiden takia kurssi ei saanut jäädä kesken teoriaopetuksen osalta.

Kokeellisuuden arviointiin otettiin kantaa niukasti maininnoilla ”mahdollinen harjoitustyönäyttö” ja ”kemian yleiset arviointiohjeet”.

Taulukkoon 29 on koottu ydinasiat vuosien 1985–2015 opetussuunnitelmien perusteista tutkimuskysymykseen: Miten kemian tieteessä keskeinen kokeellisuus näkyy eri uudistuksissa?

Taulukko 29 Kemian tieteessä keskeisen kokeellisuuden näkyminen uudistuksissa 1985–2015

Vuosi	1985	1994	2003	2015
Tavoitteissa	Ei mainintaa, mutta kunta-kohtaisena ei kielletäkään	Mm. kokeellisen työskentelyn taidot ja kokeellisen tiedon arviointi	Kokeellisuus: suunnittelu, työskentely, työturvallisuus tulkinta ja arviointi sekä ICT	Kokeellisuus: Edellisten lisäksi tutkimus ongelmanratkaisu ja mallintaminen
Sisällöissä	Ei mainintaa	Ei mainintaa; Kunnilla vapaat kädet	Ei mainintaa	Kokeellisuus esiintyy jokaisessa kurssissa
Opetusmenetelmissä (Työtavoissa)	Oppilastyöt ja teollisuusvierailut mainitaan järkevinä	Kokeellinen tiedon hankinta, käsittely, tulkinta jne. sekä ICT monipuolisesti	Yleisten ohjeiden soveltamista; vrt. edellisten perusteiden työtavat	Tutkimukset ja kokeellinen työskentely toimivat hyvin; Erilaiset oppimisympäristöt
Arvioinnissa	Ei ainekohtaisia ohjeita (ehkä edellisen työkurssin ohjeen soveltaminen)	Yleiset arviointiohjeet eivät anna vihjeitä kokeellisten töiden arvioinnista	Erilaisten kokeellisten taitojen kehittymisen: havainnoista johtopäätöksiin	Selkeästi tutkimisen taidot, kysymysten teko ja edellisen mukainen kokeellisuus

Ensimmäisten opetussuunnitelman perusteiden tavoiteosassa ei ole mainintoja kokeellisuudesta, mutta seuraavien tavoitteet korostavat selkeästi kokeellisen työskentelyn taitoja ja kokeellisen tiedon hankintaa, tulkintaa, käsittelyä ja arviointia. Vuoden 2003 uudistuksessa tavoitteisiin liitettiin kokeiden suunnittelu ja työturvallisuus sekä tieto- ja viestintäteknologian käyttö. Vuoden 2015 perusteissa korostettiin tutkimusta muun kokeellisuuden ohessa, jolloin lähtökohdina olisivat oikeat ongelmat.

Sisältöosaan kokeellisuus kirjoitettiin vasta vuoden 2015 opetussuunnitelman perusteissa. Jokaiseen kurssiin sisältyi siihen soveltuva kokeellinen sisältöalue.

Opetusmenetelmäosa (työtavat) on kuvattu yleisesti kaikissa muissa paitsi 1994 opetussuunnitelman perusteissa. Näin ollen yleisistä ohjeista oli kerättävä kemiaan soveltuvat osat. Vuoden 1985 perusteiden vihjettä oppilastöistä ja teollisuusvierailuista kannatti käyttää kunnallisen suunnitelman laadinnassa. Vuoden 1994 perusteet esittivät hyvinkin tarkasti kokeellisuutta, kuten taulukon 27 yhteydessä on esitetty. Lisäksi näissä perusteissa kiinnitettiin huomiota tieto- ja viestintäteknologian käyttöön kokeellisuuden alueella. Molempien 2000-luvun opetussuunnitelman perusteiden yleisestä menetelmäosasta on helposti johdettavissa työtavat, jotka eivät juuri poikkea vuoden 1994 perusteissa esitetyistä. Kuitenkin vuoden 2015 perusteet korostavat tutkimuksia ja erilaisia oppimisympäristöjä.

Vasta 2003 opetussuunnitelman perusteissa otetaan kantaa arviointiin kokeellisuuden taitojen kehittymisen osalta. Vuoden 2015 perusteissa puolestaan arviointiin lisättiin edellä olevan kokeellisuuden ohella tapahtuva tutkimisen taitojen ja kysymysten teon arviointi.

Taulukoihin 30 ja 31 on koottu opetussuunnitelmien 1941–1981 ja opetussuunnitelmien perusteiden 1985–2015 ydinasiat tutkimuskysymykseen: Miten kemian opetussuunnitelman päänäkökulmat näkyvät eri uudistuksissa?

Taulukko 30 Kemian opetussuunnitelman päänäkökulmien näkyminen uudistuksissa 1941–1981

Vuosi	1941	1970	1975	1981
i) Tasapaino	Sisällöstä kontekstiin: prosessi yksipuolinen	Ylikuormatusta sisällöstä yksipuolisen prosessin kautta muuttamiin esimerkkeihin	Kuormitus pieneni hiukan; prosessi monipuolistui; sovellukset käytännön elämän puolelta	Sisällöt kursseittain: integraatio; laajuus ja sovellukset; monipuoliset työtavat; kontekstiin perinteisesti
ii) Harmonia	Arvioinnin puuttumisen ja yksipuolisen pedagogiikan takia ei harmoniaa	Sisällön, yksipuolisen pedagogiikan ja arvioinnin takia ei harmoniaa	Vaikka parannuksia oli, harmonia jäi saavuttamatta	Parannuksista huolimatta ei saavuttanut harmoniaa
iii) Luonnontieteellinen lukutaito ja perusta	Ei lukutaitoa eikä perustaa	Ei lukutaitoa; teoreettinen perusta ilman laborioritaitoja	Ripaus lukutaidon suuntaan; Perusta edellisen mukainen	Lukutaidossa ei lisäystä sanottavasti; perusta parani: työkurssi
iv) Opetussuunnitelman kehittämissyhmä	Asiantuntijat	Asiantuntijat; opettajat seminaarissa; MAOL	Virkatyö; opettajat yhdessä seminaarissa	Asiantuntijat; opettajat: MAOL

Yleisesti ottaen Suomen kansallinen kemian opetussuunnitelma on kehittynyt niin, että pääteemojen osalta sisällöistä on siirrytty prosessin kautta konteks-

tiin. Taulukoiden 30 ja 31 perusteella vuoden 2015 perusteiden kohdalla havaitaan selkeää siirtymää kontekstilähtöiseen suuntaan. Tarkasteltaessa opetussuunnitelmien (perusteiden) harmoniaa havaitaan sen olevan vuoden 2015 perusteissa selvästi suurempi tavoitteiden ja oppimistulosten, sisältöjen, menetelmien ja arvioinnin välillä kuin aikaisemmissa. Samoin kemian tieteellinen lukutaito on parantunut huomattavasti siirryttäessä 2000-luvulle. Kuitenkin myös luonnontieteellinen perusta jatko-opintoja varten saavutetaan. Opettajat tulivat mukaan opetussuunnitelmien laadintaprosessiin noin kolme vuosikymmentä sitten. Aikaisemminkin MAOL ja yksittäiset opettajat (usein oppikirjailijat) olivat aktiivisia. Kemian opetuksen tutkimus ja opettajankoulutus ovat osallistuneet noin kahdenkymmenen vuoden ajan, mutta kemian asiantuntijat ja muut asiantuntijat 1930-luvulta lähtien.

Taulukko 31 Kemian opetussuunnitelman päänäkökulmien näkyminen uudistuksissa 1985–2015

Vuosi	1985	1994	2003	2015
i) Tasapaino	Integraatio hyvin kattavasti: Selkeät kontekstit, joihin työtapojen avulla päädytään	Pääosassa prosessi; Perusteiden 1. kurssin pohjalta saattoi päätyä kontekstilähtöiseen tasapainoon	Perusteet antoivat mahdollisuuden kontekstilähtöiseen tasapainoiseen opetussuunnitelmaan	Tasapainoinen kontekstilähtöisyys on mahdollinen: pienet tutkimukset; runsas sisältö häiritsee
ii) Harmonia	Ei päästy harmoniaan, ellei paikallisesti kirjoitettu hyvää menetelmä- ja arviointiosaa	Tavoitteet ja menetelmät ok; sisällöt ja arviointi jäivät tulkinna-raiseksi	Edellisiin perusteisiin nähden harmonia lisääntyi	Eri ulottuvuuksien välille on saatu aikaan melkoinen harmonia: runsas sisältö häiritsee
iii) Luonnontieteellinen lukutaito ja perusta	Lukutaito lisääntyi hieman; Perusta kuten edellisessä	Perusteet eivät ainakaan estäneet kehittymistä; perusta jäi epävarmaksi	Lukutaito eteni oikeaan suuntaan; mahdollisuus luoda vahva perusta	Lukutaito aika hyvä; perusta riittävä; oppimista häiritsee runsas sisältö
iv) Opetussuunnitelman kehittämiss-ryhmä	Asiantuntijat; opettajat	Asiantuntijat; opetuksen tutkijat; opettajan-kouluttajat; opettajat; MAOL	Kemian opetuksen tutk.; opettajat; opettajan-koul.; lausunnonantajat; MAOL	Kemian opetuksen tutkijat; opettajat; opettajan-kouluttajat; lausunnonantajat

Lopuksi. Seuraavassa on tämän väitöskirjan tekijän mietteitä noin 25 viimeisen vuoden ajalta. Väitöskirjan alaviitteissä tekijä esittää omia kokemuksiaan ja mielipiteitään.

Parhaat opetussuunnitelman perusteet annettiin vuonna 1994. Niissä kemian opetuksen tavoitteet oli riittävät. Mukana oli myös kokeellisuutta korostava menetelmäosa. Yleisluontoista arviointia voi pitää heikkoutena. Järkevien sisältöjen ja koulukohtaisten kurssien laatiminen on kuitenkin vaativaa, eikä kentän opettajilla aina ollut kykyjä ja taitoja tähän.

Vuoden 2003 perusteissa sisältöjen uusi järjestys vaikeutti opettamista. Esimerkiksi ensimmäisen kurssin opetuksesta saattoi tulla pinnallista.

Vuoden 2015 perusteissa tavoitteet ovat erittäin nykyaikaiset, uutena sisällyksessä näkyy kokeellisuus, menetelmäosa on viimeaikaisten trendien mukainen ja arvioinnissa korostetaan monipuolisuutta myös kokeellisuuden osalta. Häiritseekö kuitenkin sisällön laajuus?

Lisääntynyttä teknologian hyödyntämistä voi pitää hyvänä. Tämä ei kuitenkaan korvaa oikeaa kokeellista tai tutkimuksellista opiskelua. Teknologian apu on sen sijaan kiistaton esimerkiksi mallintamisessa, mittaamisessa, tietojen käsittelyssä ja tulosten raportoinnissa. Ongelmia saattavat tuottaa esimerkiksi pedagogiikka ja laitteiden lyhyt elinkaari.

9 LÄHTEET

- Abrahams, I. & Millar, R. 2008. Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education* 30 (14), 1945-1969.
- Abrahams, I. 2009. Does practical work really motivate? A study of the affective value of practical work in secondary school science. *International Journal of Science Education* 31 (17), 2335-2353.
- Achieve 2013. Next Generation Science Standards. National Research Council: Washington, DC. <http://www.nextgenscience.org/>. Luettu 5.10.2014.
- Akella, N. 2012. The real deal on collaborative learning. *Education* 2 (3), 23-29.
- Aksela M. 2005. Supporting meaningful chemistry learning and higher-order thinking through computer-assisted inquiry: A design research approach. Academic dissertation. Helsinki: University Press.
- Aksela, M. & Lundell, J. 2008. Computer-based molecular modelling: Finnish school teachers' experiences and views. *Chemistry Education Research and Practice* 9, 301-308.
- Aksela, M. 2010. Evidence-based teacher education: becoming a lifelong research-oriented chemistry teacher? a lifelong research-oriented chemistry teacher? *Chemistry Education Research and Practice* 11, 84-91.
- Anderson, R. 2006. The idea of the secondary school in nineteenth-century Europe. *Paedagogica Historica* 40 (1), 93-106.
- Antonelli, G. A. 1972. Ralph W. Tyler: The man and his work. *Peabody Journal of Education* 50 (1), 68-74.
- Arlin, M. & Webster, J. 1983. Time costs of mastery learning. *Journal of Educational Psychology* 75 (2), 187-195.
- Arlin, M. 1984 Time, equality, and mastery learning. *Review of Educational Research*, 54 (1), 65-86.
- Aroluoma, I. & Montonen, M. 1990. Kemiallinen perussivistys. *Dimensio: Matemaattis-luonnontieteellinen aikakauslehti* 54 (7), 32- 34.
- Asetus oppikoulujen lukusuunnitelmista 1941. 435/13.6.1941.
- Asetus oppikoulujen lukusuunnitelmista 1948. 196/12.3.1948.
- Asetus oppikoulujen lukusuunnitelmista 1958. 323/23.7.1958.
- Asetus lukion sekä kaksijaksoisen oppikoulun lukioasteen lukusuunnitelmasta 1969. 211/28.3.1969.
- Asetus lukion sekä kaksijaksoisen oppikoulun lukioasteen lukusuunnitelmasta 1975. 279/ 23.4.1975
- Asetus lukion sekä kaksijaksoisen oppikoulun lukioasteen lukusuunnitelmasta 1976. 324/ 14.4.1976.
- Asetus lukion sekä kaksijaksoisen oppikoulun lukioasteen lukusuunnitelmasta 1980. 600/15.8.1980.
- Asetus lukion sekä kaksijaksoisen oppikoulun lukioasteen lukusuunnitelmasta annetun asetuksen muuttamisesta 1981. 1023/23.12.1981.

- Ausubel, D. P., Novak, J. D. & Hanesian, H. 1978. Educational psychology: A cognitive view. New York: Holt, Rinehart & Winston. 169-175.
- Autio, T. 2003. Postmodern paradoxes in Finland: The confinements of rationality in curriculum studies. In W. F. Pinar (Ed.) *International Handbook of Curriculum Research*. London: Lawrence Erlbaum Associates. 301-328.
- Baird, J. R. 1990 Meta-cognition, purposeful enquiry and conceptual change. In E. Hegarty-Hazel (Ed.) *The student laboratory and the science curriculum*. London: Routledge. 183-200.
- Beach, K. 1999. Consequential transitions: A sociocultural expedition beyond transfer in education. *Review of Research in Education* 24, 101-139.
- Bennett, J. & Lubben, F. 2006. Context-based chemistry: The Salters approach. *International Journal of Science Education* 28 (9), 999-1015.
- Bennett, J., Lubben, F. & Hogarth, S. 2007. Bringing science to life: A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education* 91, 347-370.
- Berg, C. A. R. Bergendahl, V. C. B. Lundberg, B. K. S. & Tibell, L.A. E. 2003. Benefiting from an open-ended experiment? A comparison of attitudes to, and outcomes of, an expository versus an open-inquiry version of the same experiment. *International Journal of Science Education* 25 (3), 351-372.
- Blankertz H. 1972. *Theorien und Modelle der Didaktik*, 6. überarbeitete und erweiterte Auflage. München: Juventa Verlag. 118 - 122.
- Block, J. H. & Burns, R. B. 1976. Mastery learning. *Review of Research in Education* 4, 3-49.
- Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. 1956. Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. In B. S. Bloom (Ed.) *Handbook 1: Cognitive domain*. New York: David McKay.
- Bloom, B. S. 1968. Learning for mastery. *Instruction and Curriculum* 1 (2), 1- 10. <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED053419.pdf> . Luettu 8.1.2016
- Bloom, B. S. 1974. Time and learning. *American Psychologist* 29 (9), 682-688.
- Blosser, P. E. 1980. *A Critical Review of the Role of the Laboratory in Science Teaching*. Columbus: ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics and Environmental Education. <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED206445.pdf> . Luettu 16.3.2016
- Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Man, R., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. 1991. Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning. *Educational Psychologist* 26 (3-4), 369-398.
- Blyth, A. 1981. From individuality to character: The herbartian sociology applied to education. *British Journal of Educational Studies* 29 (1), 69-79.
- Bobbitt, F. 2004. Scientific method in curriculum-making. In D. j. Flinders and S. J. Thornton (Eds.) *The Curriculum Studies Reader*, 2nd edition. New York: Routledge. 9-16.
- Bobbitt, F. 1924. The new technique of curriculum-making. *The Elementary School Journal* 25(1), 45-54.

- Bowen, J. 1981. *A History of Western Education*, Vol. 3. London: Methuen. 172-178 & 366-370.
- Bowles, S. & Gintis, H. 1976. *Schooling in Capitalist America: Educational Reform and Contradictions of Economic Life*. New York: Basic Books. 46.
- Brandon, D. P. & Hollingshead, A. B. 1999. Collaborative learning and computer-supported groups. *Communication Education* 48, 109 – 126.
- Bruffee, K. 1995. Sharing our toys - cooperative learning versus collaborative learning. *Change* 27 (1), 12-18.
- Bruner, J. S. 1960/1977. *The Process of Education*. New York: Vintage Books, A Division of Random House.
- Bruner, J. S. 1965. The growth of mind. *American Psychologist* 20 (12). 1007-1017.
- Bruner, J. S. 1966. *Toward a theory of instruction*. Cambridge Massachusetts: Belknap press.
- Bulte, A. M. W., Westbroek, H. B., de Jong, O. & Pilot, A. 2006. A research approach to designing chemistry education using authentic practices as contexts. *International Journal of Science Education* 28 (9), 1063-1086.
- Burmeister, M. & Eilks, I. 2012. Evaluating plastics to promote education for sustainable development (ESD) in chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice* 13, 93-102.
- Burmeister, M., Rauch, F. & Eilks, I. 2012. Education for sustainable development (ESD) and secondary school chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice* 13, 59-68.
- Campbell, B., Lazonby, J., Millar, R., Nicolson, P., Ramsden, J. & Waddington, D. 1994. Science: The Salters approach – a case study of the process of large scale curriculum development. *Science Education* 78 (5), 415-447.
- Carlgrena, I., Klette, K., Myrdal, S., Schnack, K, and Simola, H. 2006. Changes in nordic teaching practices: From individualised teaching to the teaching of individuals. *Scandinavian Journal of Educational Research* 50 (3), 301-326.
- Chaddock, G. R. 1998. Perils of the pendulum resisting education's fads". *The Christian Science Monitor* 90 (190), B1.
<http://www.csmonitor.com/1998/0825/082598.featt2.html>. Luettu 14.12.2015.
- Chase. P. N. 1985. Designing Courseware: Prompts from Behavioral Instruction. *The Behavioral Analyst* 8 (1), 65-76.
- Chi M. T.H., Siler S. A., Jeong, H., Yamauchi T. & Hausmann R. G. 2001. Learning from human tutoring. *Cognitive Science* 25, 471-533.
- Childs, P 2009. Improving chemical education: turning research into effective practice.. *Chemistry Education Research and Practice* 10, 189-203.
- Childs, P. 2015. Curriculum development in science – past, present and future. *LUMAT* 3 (3), 381-400.
- Chung , J. C. C. & Chow S. M. K. 2004. Promoting student learning through a student-centered problem-based learning subject curriculum. *Innovations in Education and Teaching International* 41 (2), 157-168.
- Cohen, J. 1960. A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement* 20, 37-46.

- Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. 2011. *Research Methods in Education*, 7th edition. London: Routledge. 31-32, 36 & 559-587.
- Collins, A. 2006. Cognitive apprenticeship. In R. K. Sawyer (Ed.) *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*. Cambridge: Cambridge University Press. 47-60.
- Comeaux, P. and McKenna-Byington, E. 2003. Computer-mediated communication in online and conventional classrooms: Some implications for instructional design and professional development programmes. *Innovations in Education and Teaching International* 40 (4), 348-355.
- Cooper A. P. 1993. Paradigm shift in designed instruction: From behaviorism to cognitivism to constructivism. *Educational Technology* 33 (5), 12-19.
- Cooper, M. M. 2013. Chemistry and the next generation science standards. *Journal Chemical Education* 90 (6), 679-680.
- Cowan, P., Morrison, H. & McBride, F. 1998. Evidence of a spiral curriculum using a mathematical problem-solving tool. *Interactive Learning Environments* 6 (3), 205-224.
- Cremin, L. A. 1961. *The Transmormation of the School: Poggessivism in American Education, 1876-1957*. New York: Alfred A. Knopf. 110-115 & 185-186.
- Curtis, F. D. 1934. Some effects of the depression upon the teaching of science. *School Science and Mathematics* 34 (4), 345-360.
- Curtis, W. C. (1939). Making high school chemistry practical. *School Science and Mathematics* 39 (3), 234-238.
- Dalgarno, B. 2001. Interpretations of constructivism and consequences for computer assisted learning. *British Journal of Educational Technology* 32 (2) 183-194.
- Davis Jr., O. L. 1991. Historical inquiry: Telling real stories. In E. C. Short (Ed.) *Forms of Curriculum Inquiry*. Albany: State University of New York Press. 77-86.
- DeBoer, G. E. 2000. Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching* 37 (6), 582-601.
- De Vos, W., van Berkel, B. & Verdonk, A. H. 1994. A coherent conceptual structure of the chemistry curriculum. *Journal of Chemical Education* 71 (9), 743-746.
- Dewey, J. 1897. My pedagogic creed. *The School Journal*, LIV (3), 77-80.
<http://www.infed.org/archives/e-texts/e-dew-pc.htm>. Luettu 18.8.2014.
- Dewey, J 1938. *Logic: The Theory of Inquiry*. New York: Henry Holt and Company.
- Dewey, J. 1957. *Koulu ja yhteiskunta (alkup. 1899), suomentanut 2. painoksen perusteella Kalevi Kataja*. Helsinki: Otava. 88.
- Dewey, J. 2001. *Democracy and Education (original 1916)*. The Pennsylvania State University: Electronic Classics Series. 145-214 ja 226-236.
- Dillon, J. 2008. *A Review of the Research on Practical Work in School Science*. London: King's College. 29- 37.

- Domin, D. S. 1999. A review of laboratory instruction styles. *Journal of Chemical Education* 76 (4), 543-547.
- Doran, R. L., Chan, F., Tamir, P. & Lenhardt, C. 2002. *Science Educator's Guide to Laboratory Assessment*. Arlington, Va.: NSTA Press. 28-33.
- Dunkel, H. B. 1969. Herbartianism comes to America: Part II. *History of Education Quarterly* 9 (3), 376-390.
- Edelson, D. C., Gordin, D. N. & Pea, R. D. (1999). Addressing the challenges of inquiry-based learning through technology and curriculum design. *The Journal of the Learning Sciences* 8 (3 & 4), 391-450.
- Ediger, M. 2012. Recent leaders in American education. *College Student Journal*. 174-177.
- Efland, A. D. 1995. The spiral and the lattice: Changes in cognitive learning theory with implications for art education. *Studies in Art Education* 36 (3), 134-153.
- Ehret, W. F. 1948. Correlation of high-school and college chemistry courses. *Journal of Chemical Education* 25 (12), 699-701.
- Eilks, I., Rauch, F., Ralle, B. & Hofstein, A. 2013. How to allocate the chemistry curriculum between science and society. In I. Eilks and A. Hofstein (Eds.) *Teaching Chemistry - A Studybook: A Practical Guide and Textbook for Student Teachers, Teacher Trainees and Teachers*. Rotterdam: Sense Publishers. 1-36.
- Eisner, E. W. 1967. Franklin Bobbitt and the "science" of curriculum making. *The School Review* 75 (1), 29-47.
- Eisner, E. & Vallence, E. 1973. *Conflicting Conceptions of the Curriculum*. In E. Eisner and E. Vallence (Eds.) *Series on Contemporary Educational Issues*. Berkeley CA: McCutchan. 20-36.
- Eisner, E. W. 1983. Educational objectives: Help or hindrance? *American Journal of Education* 91 (4). 549- 560.
- Engeström, Y. 1986. *Orientointi opetuksessa*. Julkaisusarja B nro 29. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- Erätuuli, M. 1980. *Lukiofysiikan opetus suunnitelman kehittyminen Suomessa vuosina 1916-1979*. Akateeminen väitöskirja, Helsingin yliopiston matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, Helsinki: Yliopistopaino.
- Fay, P. J. 1931. History of chemistry teaching in American high schools. *Journal of Chemical Education* 8 (8), 1533-1562.
- Fensham, P. J. 1988. Familiar but different: Some dilemmas and new directions in science education. In P. J. Fensham (Ed.) *Development and Dilemmas in Science Education*. London: The Falmer Press. 1-26.
- Fensham, P. J. 1992. Science and technology. In P. J. Jackson (Ed.) *Handbook of Research on Curriculum*. New York: Macmillan Publishing Company. 789-829.
- Finster, D. C. 1989. Developmental instruction: Part I. Perry's model of intellectual development. *Journal of Chemical Education* 66, 659-752.
- Finster, D. C. 1991. Developmental instruction: Part II. Application of the Perry model to general chemistry. *Journal of Chemical Education* 68 (9), 753-756.

- Fox, R. 2001. Constructivism examined. *Oxford Review of Education* 27 (1), 23-35.
- Gabel, D. 1999. Improving teaching and learning through chemistry education research: A look to the future. *Journal of Chemical Education* 76 (4), 548-554.
- Gagne, R. M. 1968a. Learning hierarchies. *Educational Psychologist* 6, 1-9.
- Gagne, R. M. 1968b. Contributions of learning to human development. *Psychological Review* 75, 177-191.
- Gagne, R. M. 1984. Learning outcomes and their effects: Useful categories of human performance. *American Psychologist* 39 (4), 377-385.
- Gil-Pérez, D., Guisasola, J., Moreno, A., Cachapuz, A., Pessoa de Carvalho, A., Martuneztorregrosa, J., Salinas, J., Valdes, P., Conzalez, E., Geneduch, A., Dumas-Carre, A., Tricarico, H. & Gallego, R. 2002. Defending constructivism in science education. *Science & Education* 11, 557-571.
- Gilbert, J. K. 2002. Chemical Education: In J.K. Gilbert, O. Jong, R. Justi, D.F. Treagust & J.H. Driel (Eds.) *Towards Research-based Practice*. Springer online. 3-5.
- Gilbert, J. K. 2006. On the nature of "context" in chemical education. *International Journal of Science Education* 28 (9), 957-976.
- Greeno, J. G., Collins, A. M. & Resnick, L. B. 1992. Cognition and learning. In D. B. Berliner & R. C. Calfee (Eds.) *Handbook of Educational Psychology*. New York: Simon & Schuster MacMillan. 15-46.
- Gronje, J. C. 2006. Towards integrating objectivism and constructivism in instructional design and the learning sciences. *Educational Technology Research & Development* 54 (4), 387-416.
- Gräsel, C. & Parchmann, I. 2004. Implementationsforschung [Research on implementation]. *Unterrichtswissenschaft* 32, 196-214.
- Gunstone, R. F. 1990. Reconstructing theory from practical work. In B. Woolnough (Ed.) *Practical Science*. Milton Keynes: Open University Press. 67 - 77.
- Haavisto, A. 1982. Kemian nykyisen ja tulevan oppimääräsuunnitelman eroavuudet. *Matemaattisten aineiden aikakauskirja* 46 (1), 75-77.
- Harden, R. M. & Stamper 1999. What is a spiral curriculum? *Medical Teacher* 21 (2), 141-143.
- Harlen, W. 2010. Taking Inquiry-Based Science Education (IBSE) into Secondary Education. Reports of the IAB Science Education Program. York, UK: IAP the global network of science academies.
- Harré, R. (1986). *Varieties of realism: A rationale for the natural sciences*. Oxford: Basil Blackwell.
- Harré, R. 2002. *Cognitive Science: A Philosophical Introduction*. London: Sage Publications. 19.
- Harris, K. & Graham, S. 1994. Constructivism principles, paradigms and integration. *Journal of Special Education* 28 (3), 233-247.
- Heath, P. A. 1992. Organizing for STS teaching and learning: Doing of STS. *Theory into Practice* 31 (1), 52-58.

- Heikkinen, H. W. 2010. To form a favorable idea of chemistry. *Journal of Chemical Education*, 87 (7), 680-684.
- Heinänen, P. 1937. Kemia koulukokeita. *Matemaattisten aineiden aikakauskirja* 1, 118-125.
- Heinänen, P. 1937. Kemia koulukokeita II. *Matemaattisten aineiden aikakauskirja* 1, 163-168.
- Heinänen, P. 1944. Kemia opetuksesta lukioluokilla. *Matemaattisten aineiden aikakauskirja* 8 (2), 34-44.
- Herne, S. 2000. Curriculum studies. In S. Herne, J. Jessel and J. Griffiths (Eds.) *A Guide to Studying in Teacher Education*. London and New York: Routledge. 38-55.
- Herrnstein, R. I. 1977. The Evolution of behaviorism. *American Psychologist* 32, 593-603.
- Herron, J. D. & Nurrenbern, S. C. 1999. Chemical education research: Improving chemistry learning. *Journal of Chemical Education* 76 (10), 1754-1760.
- Hill, W. F. 1980. *Learning: Survey of Psychological Interpretations*, 3rd edition. London: Methuen.
- Hmelo-Silver, C. E. 2004. Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review* 16 (3), 235-266.
- Hmelo-Silver, C. E. & Barrows, H. S. 2006. Goals and strategies of a problem-based learning facilitator. *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning* 1 (1), 21-39.
- Hodson, D. 1990. A critical look at practical work in the school science. *School Science Review* 71 (256), 33-40.
- Hofstein, A. 1988. Practical work and science education II. In P. J. Fensham (Ed.) *Development and Dilemmas in Science Education*, edited by. London: The Falmer Press. 189-217.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. 2004. The laboratory in science education: foundations for the twenty-first century. *Science Education* 88, 28-54.
- Hofstein, A., Shore, R. & Kipnis, M. 2004. Providing high school chemistry students with opportunities to develop learning Skills in an inquiry-type laboratory: A case study. *International Journal of Science Education* 26, 47-62.
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M. & Mamlok-Naaman, R. 2005. Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching* 42 (7), 791-806.
- Hofstein, A. & Kesner, M. 2006. Industrial chemistry and school chemistry: Making chemistry studies more relevant. *International Journal of Science Education* 28 (9), 1017-1039.
- Hopman, S. & Riquarts, K. 2000. Starting a dialogue: A beginning conversation between Didaktik and curriculum tradition. In I. Westerbury S. Hopman & K. Riquarts (Eds.) *Teaching as a Reflective Practice: The German Didaktik Tradition*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. 3-11.

- Howard, J. 2007. Curriculum Development. Center for the Advancement of Teaching and Learning, Elon University. 1-7.
http://www.pdx.edu/sites/www.pdx.edu.caefiles/media_assets/Howard.pdf. Luettu 5.7.2013
- Hurd, P. D. 1961. Biological education in American secondary schools 1880 – 1960. Washington, D.C.: American Institute of Biological Sciences, Biological Sciences Curriculum Study 1, 30-53. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 010 991)
- Jaffe, B. 1938. The History of chemistry and its place in the teaching of high-school chemistry. *Journal of Chemical Education* 15 (8), 383 – 389.
- Jackson, P. W. 1992. Conceptions of curriculum and curriculum specialists. In P. W. Jackson (Ed.) *Handbook of Research on Curriculum*. New York: Macmillan. 4-12.
- Jenkins, E. W. 2000. Constructivism in school science education: Powerful model or the most dangerous intellectual tendency? *Science & Education* 9, 599-610.
- Jenkins, E. W. 2006. School science and citizenship: Whose science and whose citizenship? *The Curriculum Journal* 17 (3), 197-211.
- Jensen, D. 2008. Confirmability. In L. M. Given (Ed.) *The Sage Encyclopedia of Qualitative Research Methods*. <http://dx.doi.org/10.4135/9781412963909>. Luettu 11.11.2014.
- Johnson, D. W. & Johnson R. T. 1975. *Learning together and alone : cooperation, competition, and individualization*. Englewood Cliffs (N.J.) : Prentice-Hall.
- Johnson, D. W., Johnson, R. T. & Smith, K. A. 1998. Cooperative learning returns to college. *Change* 30 (4), 27-35.
- Johnson, D. W. & Johnson, R. T. 1999. Making Cooperative Learning Work. *Theory into Practice* 38 (2), 67-73.
- Johnston, H. 2012. The spiral curriculum. *Research into Practice*. <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED538282.pdf>. Luettu 8.1.2016.
- Johnstone, A. H. 1993. The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education* 70 (9), 701 - 705.
- Johnstone, A. H. & Otis, K. H. 2006. Concept mapping in problem based learning: A cautionary tale. *Chemistry Education Research and Practice* 7 (2), 84-95.
- Jonassen, D. H. 1991. Objectivism versus constructivism: Do we need a new philosophical paradigm? *Educational Technology Research and Developmen* 39 (3), 5-14.
- Kahma P. 1942. Valenssi- ja dissosiaatioteorian metodisesta käyttämisestä kemian alkeiden opetuksessa. *Matemaattisten aineiden aikakauskirja* 6 (2), 52-56.
- Kalkku, I. 1977. Lukion kemian oppimääräsuunnitelma. *Matemaattisten aineiden aikakauskirja* 41 (2), 83-84.
- Kamsar, J. W. 1987. Utilizing a historical perspective in the teaching of chemistry. *Journal of Chemical Education* 64 (11), 931-933.

- Kamens, D. H. & Benavot, A. 1991. Elite Knowledge for the Masses: The Origins and Spread of Mathematics and Science Education in National Curricula. *American Journal of Education* 99 (2), 137-180.
- Kamens, D.H., Meyer, J. W. & Benavot, A. 1996. Worldwide patterns in academic secondary education curricula. *Comparative Education Review* 40, (2), 116-138.
- Kansanen, P. 1999. The deutsche didaktik and the american research on teaching. In B. Hudson, F. Buchberger, P. Kansanen & H. Seel TNTEE Publications 2 (1), 21-35.
- Karkela, L. 1982. Kemian kurssimuotoinen opetus. *Matemaattisten aineiden aikakauskirja* 46 (1), 57-59.
- Karkela, L. 1992. Kemian opetuksen kehitysnäkymiä. *Dimensio: Matemaattisluonnontieteellinen aikakauslehti* 56 (1), 10-11.
- Kaufmann, G. B. 1987. History of chemistry. *Journal of Chemical Education* 64 (11), 931-933.
- Kauppinen, E. 1937. Kaasu- ja ilmasuojelusta. *Matemaattisten aineiden aikakauskirja* 1, 125-132.
- Kelly, A. V. 1999. *The Curriculum, Theory and Practice*, 4th edition. London: Paul Chapman Publishing. 1-24.
- Kerkkonen, K. 1920. *Oppikoulu-käsikirja*. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Ahjo.
- Kesner, M., Hofstein A. & Ben-Zvi, R. 1997. The development and implementation of two industrial chemistry case studies for the israeli high school chemistry curriculum. *International Journal Science Education* 19 (5), 565-576.
- Kiuasmaa, K 1982. *Oppikoulu 1880-1980: Oppikoulu ja sen opettajat koulujärjestyksestä peruskouluun*. Oulu: Kustannusosakeyhtiö Pohjoinen.
- Kivelä, A. and Siljander, P. 2013. Psychologism in finnish educational science: from herbatianism to constructionism. *Scandinavian Journal of Educational Research* 57 (4), 369-384.
- Klafki W. 2000. The significance of classical theories of Bildung for a contemporary concept of Allgemeinbildung. In I. Westbury, S. Hopmann & K. Riquarts *Teaching as a Reflective Practice: The German Didaktik Tradition*. Mahwah: Lawrence Erlbaum. 85-108.
- Klainin, S. 1988. Practical work and science education I. In P. J. Fensham (Ed.) *Development and Dilemmas in Science Education*. London: The Falmer Press. 169-187.
- Kliebard, H. M. 1970. The Tyler rationale. *The School Review* 78 (2), 259-272.
- Kliebard, H. M. 1975. The rise of scientific curriculum making and its aftermath. *Curriculum Theory Network* 5 (1), 27-37.
- Kliebard, H. M. 2004. *The Struggle for the American Curriculum 1893-1958*, 3rd edition. Thetford: Routledge Falmer. 115.
- Komiteamietintö 1933. *Oppikoulukomitean mietintö*.
- Komiteamietintö 1960. *Mietintö oppikoulun kemian opetuksen tehostamisesta*. *Matemaattisten aineiden aikakauskirja* 24 (3), 65-94.

- Komiteamietintö 1961. Ehdotus fysiikan ja kemian oppiennätyksiksi ja metodisiksi ohjeiksi. Matemaattisten aineiden aikakauskirja 25 (4), 104-112.
- Komiteamietintö 1970. Fysiikan ja kemian opetussuunnitelmatoimikunnan mietintö 10 A. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- Komiteamietintö 1977. Lukion opetussuunnitelmatoimikunnan mietintö I ja II C. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- Komiteamietintö 1988. Matemaattis-luonnontieteellisen perussivistyksen komitean välimietintö. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- Komiteamietintö 1989. Matemaattis-luonnontieteellisen perussivistyksen komitean loppumietintö. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- Koskenniemi, M. 1981. Opetuksen teoriaa kohti. Helsinki: Otava.
- Kouluhallitus 1918. Kiertokirje 17.7.1918 oppikoulujen rehtoreille. Oppikoulujen uudistetut väliaikaiset oppiennätykset.
- Kouluhallitus 1970a. Yleiskirje 2307/1748/6.7.1970 valtion ja yksityisoppikoulujen rehtoreille. Lukion fysiikan ja kemian oppiennätykset lukuvuodeksi 1970-1971.
- Kouluhallitus 1970b. Yleiskirje 2317/2150/31.8.1970 valtion ja yksityisoppikoulujen rehtoreille. Lukion fysiikan ja kemian oppiennätykset ja metodiset ohjeet.
- Kouluhallitus 1974. Yleiskirje 2549/2089/26.4.1974 valtion ja yksityisoppikoulujen rehtoreille. Fysiikan ja kemian opetussuunnitelman jatkaminen.
- Kouluhallitus 1975. Yleiskirje 2613/2215/7.3.1975 valtion ja yksityisten oppikoulujen rehtoreille, peruskouluun siirtyneiden kuntien koululautakunnille sekä peruskoulukokeilua suorittavien kuntien kansakoululautakunnille ja niitä vastaaville johtokunnille. Lukion kemian opetussuunnitelma.
- Kouluhallitus 1976a. Yleiskirje 2670/8.2.1976 lääninhallituksille, koululautakunnille, valtion oppikoulujen rehtoreille, kunnallisten ja yksityisten oppikoulujen sekä yksityisoppikoulujen johtokunnille. Lukion lukusuunnitelma.
- Kouluhallitus 1976b. Yleiskirje 2709/25.5.1976 lääninhallituksille, koululautakunnille, valtion oppikoulujen rehtoreille sekä yksityisoppikoulujen johtokunnille. Lukion lukusuunnitelman toimeenpano.
- Kouluhallitus 1977. Yleiskirje 2787/24.3.1977 lääninhallituksille, koululautakunnille, valtion oppikoulujen rehtoreille ja yksityisten oppikoulujen ja yksityisoppikoulujen johtokunnille. Ohjeita lukion kemian opetussuunnitelmansoveltamisesta muuttuneeseen tuntijakoon.
- Kouluhallitus 1980. Yleiskirje 86/14.10.1980 lääninhallituksille, koululautakunnille ja oppikouluille. Lukio/opetus/ kemian oppimääräsuunnitelma.
- Kouluhallitus 1981. Lukion kurssimuotoinen oppimäärä ja oppimääräsuunnitelma: Fysiikka ja kemia. Helsinki: Valtion painatuskeskus.

- Kouluhallitus 1985a. Lukion opetussuunnitelman perusteet 1985. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- Kouluhallitus 1985b. Yleiskirje 49/17.7.1985. Luokallisen kurssimuotoisen lukion oppilasarvostelun ohjeet.
- Koulutuksen arviointineuvosto 2011. Lukiokoulutuksen opetussuunnitelman perusteiden ja tuntijaon toimivuuden arviointi. Jyväskylä: Jyväskylän yliopistopaino.
- Kouluylisahallitus 1914. Kiertokirje 9.9.1914 oppikoulujen rehtoreille. Liitteenä Keisarin Armollinen Asetus Suomen alkeisoppilaitosten uudelleen järjestämisestä.
- Kouluylisahallitus 1916. Kiertokirje 30.0.1916 oppikoulujen rehtoreille. Keisarillisen senaatin 8.8.1914 vahvistamat oppiennätykset lyseoita ja keskikouluja varten.
- Kouluylisahallitus 1917. Kiertokirje 31.3.1917 oppikoulujen rehtoreille. Vuoden 1915 keväällä laaditut opetusopilliset ohjeet.
- Krathwohl, D. R., Bloom B. S. & Masia, B. B. 1964. Taxonomy of Educational Objective, the Classification of Educational Goals, Handbook II: Affective Domain. London: Longman Group Ltd.
- Krathwohl, D. R. 2002. A revision of Bloom's taxonomy: A overview. *Theory into Practice* 41 (4), 213-218.
- Kuitunen, H. 1983. Palautetta fysiikan ja kemian kurssimuotoisesta opiskelusta. *Matemaattisten aineiden aikakauskirja* 47 (5), 470-473.
- Kulik, C. C., Kulik, J. A. & Bangert-Drowns, R. L. 1990. Effectiveness of mastery learning programs: A meta-analysis. *Review of Educational Research* 60 (2), 265-299.
- Kurki-Suonio, K. & Kurki-Suonio, R. 1994. Fysiikan merkitykset ja rakenteet. Helsinki: Limes ry.
- Kuuskoski, U. 1955. Matemaattisten aineiden asema vuonna 1950 asetetun komitean mietinnössä. *Matemaattisten aineiden aikakauskirja* 19 (1), 1-12.
- Laaksovirta, E. 1962. Kemian uudet oppiennätykset. *Matemaattisten aineiden aikakauskirja* 26 (3), 73-80.
- Laanemets, U. 2003. Learning for the future in Estonia. Content revisited and reconceptualized. *International Handbook of Curriculum Research*, edited by William F. Pinar. London: Lawrence Erlbaum Associates. 285-300.
- Laki lukiolain muuttamisesta 1992. 708/3.8.1992
- Laki lukiolain muuttamisesta 2003. 478/13.7.2003.
- Lamon, M. 2013. Learning Theory - Constructivist Approach. <http://education.stateuniversity.com/pages/2174/LearningTheory-ConstructivistApproach.html>. Luettu 22.7.2013
- Landis, R. J. & Koch, G. G. 1977. The Measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 33 (3), 159-174.
- Lavonen, J., Meisalo, V. & ym. 2017. Suuret ja lait. Työtapaopas. Helsingin yliopiston soveltavan kasvatustieteen laitos, Käyttäytymistieteellinen tiedekunta (jatkuvasti päivitettävä verkkomateriaali).

http://www.malux.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/kokeel/suureet_lait/.
Luettu 14.2.2017.

- Lawrence, A. E. 1955. Articulation of high-school and college chemistry instruction. *Journal of Chemical Education* 31 (1), 25-28.
- Lazarowitz, R. & Tamir, P. 1994. Research on using laboratory instruction in science. *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, edited by D. L. Gabel. New York: Macmillan. 94-128.
- Leary, D. B. 1924. The development of educational psychology. In I. L. Kandal (Ed) *Twenty-five Years of American Education*. New York: MacMillan. 91-114.
- Lebow, D. 1993. Constructivist values for instructional systems design: Five principles toward a new mindset. *Educational Technology Research and Development* 41 (3), 4-16.
- Lehtinen, E. & Kuusinen, J. 2001. *Kasvatuspsykologia*. Helsinki : WSOY.
- Lemke, J. L. 2001. Articulating communities: Sociocultural perspectives on science education. *Journal of Research in Science Teacher* 38 (3), 296-316.
- Léna, P. 2011. International evidence shows teacher preparation is vital. *Perspectives on Education: Inquiry-Based Learning*. London: Wellcome Trust. 8-11.
- LeRiche, 1987. The expanding environments sequence in elementary social studies: The origins. *Theory and Research in Social Education*, 15 (3), 137-154.
- Lin, H. 1998. The effectiveness of teaching chemistry through the history of science. *Journal of Chemical Education* 75 (10), 1326-1330.
- Lincoln, Y. S. & Guba, E. G. 1985. *Naturalistic Inquiry*. London: Sage.
- Locke, J. 1693/1914. *Muutamia mietteitä kasvatuksesta*. (suom. J. V. Lehtonen). Helsinki: Suomalaisen kirjallisuuden seura.
- Lord, T. & Orkwiszewski, T. 2006. Moving from didactic to inquiry-based instruction in a science laboratory. *The American Biology Teacher* 68 (6), 342-345.
- Lukioasetus 1984. 719/12.10.1984.
- Lukioasetus 1998. 810/6.11.1998.
- Lukiolaki 1983. 477/27.5.1983.
- Lukiolaki 1998. 629/21.8.1998.
- LUMA-sanomat 2015. Maaliskuun avaus: Miten fysiikan, kemian ja matematiikan lukio-opetuksen tulisi uudistua? www.luma.fi/artikkelit/.
Luettu 7.4.2015.
- Lunetta, V. N., Hofstein, A. & Clough, M. P. 2007. Teaching and learning in the school science laboratory. *An Analysis of Research, Theory, and Practice*, edited by S. K. Abell and N. G. Lederman, *Handbook of Research on Science Education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. 393-431.
- Lundgren, U. 1983. *Att organisera omvärlden, Introduktion till läroplansteori*. Stockholm: Liber Förlag. 85.

- Lyall, R. J. 2010. Practical work in chemistry: Chemistry students' perceptions of working independently in a less organised environment. *Chemistry Education Research and Practice* 11, 302-307.
- Malmio, B. 1933. *Luonnonopin opetuksen kehitys maamme oppikouluissa*. Helsinki: Otava.
- Mansour, N. 2009. Science-Technology-Society (STS): A new paradigm in science education. *Bulletin of Science, Technology & Society* 29 (4), 287-297.
- Markkanen, T. 1988. Matemaattis-luonnontieteellisen perussivistyksen komitea jättivälimietintönsä. *Dimensio: Matemaattis-luonnontieteellinen aikakauslehti* 52 (8), 26-27.
- Markkanen, T. 1989. Matemaattis-luonnontieteellisen perussivistyksen komitea on jättänyt mietintönsä - Laatu tavoitteena. *Dimensio: Matemaattis-luonnontieteellinen aikakauslehti* 53 (9), 6- 8.
- Markkanen, T. 1990. Laatu tavoitteena matemaattis-luonnontieteellisen perussivistyksen uudistamisessa. Teoksessa Jouni Välijärvi (toim.), *Kasvatustieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisusarja B. Teoriaa ja käytäntöä* 50, 59-64.
- Matematiikan ja fysiikan opettajien liitto 1955. Suomen Matematiikan ja fysiikan opettajien liiton lausunto matemaattisten aineiden asemasta uudistetussa oppikoulussa. *Matemaattisten aineiden aikakauskirja* 19 (2), 33-44.
- McDonnell, C., O'Connor, C. & Seery, M. K. 2007. Developing practical chemistry skills by means of student-driven problem based learning mini-projects. *Chemistry Education Research and Practice* 8 (2), 130-139.
- Meisalo, V. & Lavonen, J. 1994. Fysiikka ja kemia koulun opetussuunnitelmassa - teoriasta käytäntöön opetuksen uudistamiseksi. http://www.malux.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/ops_opas/main.htm. Luettu 26.3.2015.
- Metz, S. 2006. Problem-based learning. *The Science Teacher* 73 (8), 8.
- Miettinen, R. 1984. Kognitiivisen oppimiskäsityksen tausta. Helsinki: Valtion painatuskeskus. 18-23 & 36-38.
- Miettinen, R. 1990. Koulun muuttamisen mahdollisuudesta, Analyysi opetustyön kehityksestä ja ristiriidoista. Helsinki: Gaudeamus. 35-71.
- Millar, R. 2004. The role of practical work in the teaching and learning of science. Paper Prepared for the Committee: High School Science Laboratories: Role and Vision, National Academy of Sciences. Washington DC. York: University of York.
- Millar, R. & Abrahams, I. 2009. Practical work: Making it more effective. *School Science Review* 91 (334), 59-64.
- Millar, R. 2010. Practical work. *Good Practice in Science Teaching: What Research has to say*, second edition, edited by Jonathan Osborne and Justin Dillon. 108 -134.
- Murphy, G. 1999. *An Historical Introduction to Modern Psychology*. Oxon: Routledge. 46-65.

- Nae, N., Hofstein, A. & Samuel, D. 1980. Chemical industry: A new interdisciplinary course for secondary schools. *Journal of Chemical Education* 57 (5), 366-368.
- Nae, N., Mandler, V., Hofstein, A. & Samuel, D. 1982. Chemistry in action: How to plan a visit to the chemical industry. *Journal of Chemical Education* 59 (7), 582-583.
- Nakhleh, M. B. 1993. Are our students conceptual thinkers or algorithmic problem solvers? Identifying conceptual students in general chemistry. *Journal of Chemical Education* 70 (1), 52-55.
- National Research Council 1995. National Science Education Standards. Washington, DC: National Academy Press. 13, 72 & 113.
- Naylor, S. and Keogh, B. 1999. Constructivism in classroom: Theory into practice. *Journal of Science Teacher education* 10 (2), 93-106.
- Neittaanmäki, P. 1991. Luonnontieteellisen koulutuksen kehittäminen. *Dimensio: Matemaattis-luonnontieteellinen aikakauslehti* 55 (8), 15-17.
- New York State Education Departure 1971. Chemistry, A Syllabus for Secondary Schools. Albany: Bureau of Secondary Curriculum Development. 1-99.
- Novak, J. D. & Musonda, D 1991. A twelve-year longitudinal study of science concept learning. *American Educational Research Journal*, 28 (1), 125.
- Olesen, M. N. 2010. Bildung—Then and Now In Danish High School and University Teaching and How to Integrate Bildung into Modern University Teaching. Copenhagen: The Forum on Public Policy.
- Opetushallitus 1994. Lukion opetussuunnitelman perusteet 1994.
- Opetushallitus 1999. Nuorille tarkoitetun lukiokoulutuksen opiskelijan arvioinnin perusteet. Helsinki: Painatuskeskus
- Opetushallitus 2000. Lukion opetussuunnitelmien analyysi lukuvuosilta 1996–1997 ja 1998–1999. Helsinki: Opetushallitus
- Opetushallitus 2003. Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003. Helsinki: Opetushallitus.
- Opetushallitus 2014a. Lukion opetussuunnitelman perusteiden päivittäminen. www.oph.fi/saadokset_ja_ohjeet/ . Luettu 7.4.2015.
- Opetushallitus 2014b. Tiedote (66/2014): Lukion opetussuunnitelman perusteiden laatiminen.
- Opetushallitus 2015. Lukion opetussuunnitelmanperusteet 2016. Helsinki: Opetushallitus.
- Opetus- ja kulttuuriministeriö 2012. Koulutus ja tutkimus 2011-2016: Kehittämissuunnitelma. 35.
- Opetus- ja kulttuuriministeriö 2014. Muistio (13.11.2014): Valtioneuvoston asetus lukiolaissa tarkoitetun koulutuksen yleisistä valtakunnallisista tavoitteista ja tuntijaosta.
- Opetusministeriö 1944. Asetus oppikoulujen lukusuunnitelmista sekä valtion oppikoulujen oppiennätykset ja metodiset ohjeet. Helsinki: Valtioneuvoston kirjapaino.
- Opetusministeriö 1992. Opetusministeriön työryhmien muistioita 1992:9 Tuntijakotyöryhmän muistio. Helsinki: Opetusministeriö.

- Opetusministeriö 2007. Kansainväliset opetustarpeet IB-tutkinnon järjestäminen Suomessa. Opetusministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä 2007:3. <http://www.minedu.fi/julkaisut> . Luettu 24.5.2015
- Oppikoulujen lukusuunnitelma-asetus 1941. 435/13.6.1941.
- Oppikoulujen lukusuunnitelma-asetus 1948. 196/12.3.1948.
- Oppikoulujen lukusuunnitelma-asetus 1958. 323/ 23.7.1958.
- Osborne, J. F. 1996. Beyond constructivism. *Science Education* 80 (1), 53-82.
- Osborne, J. F. & Collins J. 2001. Pupils' views of the role and value of the science curriculum: A focus-group study. *International Journal of Science Education* 23 (5), 441-467.
- Panitz, T. 1999. Collaborative versus cooperative learning: A comparison of the two concepts which will help us understand the underlying nature of interactive learning. <http://home.capecod.net/~tpanitz/tedsarticles/coopdefinition.htm> Luettu 15.1.2014.
- Parchmann, I., Gräsel, C., Baer, A., Nentwig, P., Demuth, R., Ralle, B. & the ChiK Project Group 2006. "Chemie im Kontext": A symbiotic implementation of a context-based teaching and learning approach. *International Journal of Science Education* 28 (9), 1041-1062.
- Pernaa, J. 2011. Kehittämistutkimus: Tieto- ja viestintäteknikkaa kemian opetukseen (väitöskirja). Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/28007>. Luettu 16.12.2015.
- Phillips, D. C. 1995. The good, the bad, and the ugly: The many faces of constructivism. *Educational Researcher* 24, 5-12.
- Phillips, D. C. 2000. Learning from elsewhere in education: Some perennial problems revisited with reference to british interest in Germany. *Comparative Education* 36 (3), 297-307.
- Piaget J. 1976. Piaget's theory. In B. Inhelder and H. H. Chipman (eds.) *Piaget and his School*. New York: Springer. 11-22.
- Pilot, A. & Bulte, A. M.W. 2006. The use of "contexts" as a challenge for the chemistry curriculum: Its successes and the need for further development and understanding. *International Journal of Science Education* 28 (9), 1087-1112.
- Rahiala, A. 1955. Kemian opetuksen tarpeellisuus lukiossa. *Matemaattisten aineiden aikakauskirja* 19 (3), 81-84.
- Rainey, R. G. 1964. A comparison of the CHEM study curriculum and a conventional approach in teaching high school chemistry. *School Science and Mathematics* 64 (6), 539-544.
- Ramirez, A. 2013. Save Our Science: How to Inspire a New Generation of Scientists. TED books [Online], <http://dukespace.lib.duke.edu/dspace/handle/10161/6775> . Luettu 10.12.2015

- Ramsey, G. A. & Howe, R. W. 1969. An analysis of research on instructional procedures in secondary school science, part II, instructional procedures. *The Science Teacher* 36 (4), 72 – 81.
- Ratcliffe, M. 2001. Science, technology and society in school science education. *School Science Review* 82 (300), 83-92.
- Rauch, F. 2002. The potential of education for sustainable development for reform in schools. *Environmental Education Research* 8, 43-52.
- Rauste-von Wright, M. & von Wright, J. 1994. *Oppiminen ja koulutus*. Helsinki: WSOY.
- Rauste-von Wright, M. 1997. *Opettaja tienhaarassa: Konstruktivisimä käytännössä*. Jyväskylä: Atena
- Resnick, L. B. 1977. Assuming that everyone can learn everything, will some learn less? *The School Review* 85 (3), 445-452.
- Robinson, S. B. 1967. *Bildungsreform als Revision des Curriculum*. Neuwied: Luchterhand.
- Rutonen, M. 2013. Lukion tuntijaosta kolme mallia. *Opettaja* 51-52, 8.
- Ryder, J. 2011. Scientific inquiry: Learning about it and learning through it. *Perspectives on Education: Inquiry-Based Learning*. London: Wellcome. 4-7.
- Sadler, T. D. 2004. Informal reasoning regarding socio-scientific issues: A critical review of research. *Journal of Research Science Teaching* 41, 513-536.
- Salomon, G., Perkins, D. & Globerson, T. 1991. Partners in cognition: Extending human intelligence with intelligent technologies. *Educational Researcher* 20 (3). 2-9.
- Salta, K. & Tzougraki, C. 2004. Attitudes toward chemistry among 11th grade students in high schools in Greece. *Science Education* 88, 535 – 547. www.interscience.wiley.com. Luettu 24.2.2014
- Sarason, S. 1971. *The Culture of School and the Problem of Change*. Boston: Allyn and Bacon. 210.
- Savery, J. R. & Duffy, T. M. 2001. Problem based learning: An instructional model and its constructivist framework. CRLT Technical Report 16-01, 1-17.
- Schleiermacher, F. 1983. *Pädagogische Schriften: I. Die Vorlesungen aus dem Jahre 1826*. Frankfurt am Main, Germany: Klett-Cotta. 55.
- Schwartz, A. T. 2006. Contextualized chemistry education: The american experience. *International Journal of Science Education* 28 (9), 977–998.
- Seinälä, K. 1975. Lukion kemian opetussuunnitelmaseminaari 11. – 13.11. 1974. *Matemaattisten aineiden aikakauskirja* 30 (1), 49-52.
- Shachar, H. & Fischer, S. 2004. Cooperative learning and the achievement of motivation and perceptions of students in 11th grade chemistry classes. *Learning and Instruction* 14 , 69-87.
- Sharan, S. 1980. Cooperative learning in small groups: Recent methods and effects on achievement, attitudes, and ethnic relations. *Review of Educational Research* 50 (2), 241-271.

- Sheppard, K. & Robbins, D. M. 2005. Chemistry, the central science? The history of the high school science sequence. *Journal of Chemical Education* 82 (4), 561-566.
- Short, E. C. 1991. Introduction: Understanding curriculum inquiry. *Forms of Curriculum Inquiry*, edited by Edmund C. Short. Albany: State University of New York Press. 1-17.
- Siljander, P. 2001. Johann Friedrich Herbart. *Kasvatusteoreetikona – hallinta, kasvattava opetus, kuri*. Teoksessa R. Huhmarniemi, S. Skinnari & J. Tähtinen (toim.), *Platonista transmodernismiin*. Turku: Suomen kasvatustieteellisen seuran julkaisusarja. *Kasvatusalan tutkimuksia* 2. 277–294.
- Siljander, P. 2012. Educability and *Bildung* in Herbart's Theory of Education. *Theories of Bildung and Growth: Connections and Controversies between Continental Educational Thinking and American Pragmatism*, edited by Pauli Siljander, Ari Kivelä & Ari Sutinen. Rotterdam: Sense publishers. 87-106.
- Slavin, R. E. 1980. Cooperative learning. *Review of Educational Research*, 50 (2), 315-342.
- Slavin, R. E. 1987. Mastery learning reconsidered. *Review of Educational Research*, 57 (2), 175- 213.
- Slavin, R. E. 1991. Synthesis of research on cooperative learning. *Educational Leadership* 50 (2), 71-82.
- Soininen, M. 1929. *Opetusoppi II 4. painos*. Helsinki: Otava.
- Soininen, M. 1931. *Opetusoppi I, 4. painos*. Helsinki: Otava.
- Solbes, J. & Vilches, A. 1997. STS Interactions and the teaching of physics and chemistry. *Science Education* 81, 377-386.
- Sousa, D. 1996. Are we teaching high school science backward? *National association of secondary school principals. NASSP Bulletin* 80 (2), 9. <http://search.proquest.com/docview/216039242?accountid=11774>.
Luettu 11.2.2014
- Stahl, G., Koschmann, T. & Suthers, D. 2006. Computer-supported collaborative learning: An historical perspective. *Cambridge Handbook of the Learning Sciences*, edited by R. K. Sawyer. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 409 – 426.
- Steele, M.M. 2005. Teaching students with learning disabilities: Constructivism or behaviorism? *Current Issues in Education* [On-line] 8 (10). <http://cie.asu.edu/ojs/index.php/cieatasu/article/viewFile/1607/650> .
Luettu 9.1. 2016.
- Stenhouse, L. 1975. *An Instruction to Curriculum Research and Development*. London: Heinemann.
- Stolk, M. J., Bulte, A. M. W., de Jong, O. & Pilot, A. 2009. Strategies for a professional development programme: Empowering teachers for context-based chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice* 10, 154-163.

- Sutman, F. X. & Bruce, M. H. 1992. Chemistry in the community – ChemCom: A five-year evaluation. *Journal of Chemical Education* 69 (7), 564-567.
- Swan, J. A. & Spiro, T. G. 1995. Context in chemistry: Integrating environmental chemistry with the chemistry curriculum. *Journal of Chemical Education* 72 (11), 967-970.
- Säljö, R. 2004. Oppimiskäytännöt, sosiokulttuurinen näkökulma, 2. uudistettu painos (suom. Bo Grönholm). Helsinki: WSOY. 31 ja 48-49.
- Taber, K. S. 1998. An alternative conceptual framework from chemistry education. *International Journal Science Education* 20 (5), 597-608.
- Tam, M. 2000. Constructivism, instructional design, and technology: Implications for transforming distance learning. *Educational Technology & Society* 3 (2), 1 – 17. www.ifets.info/journals/3_2/tam.html. Luettu 27.8.2014
- Tampakis, K. 2012. Science education and the emergence of the specialized scientist in nineteenth century Greece. *Science Education* 22, 789-805.
- Terwel, J. 1999. Constructivism and its implications for curriculum theory and practice. *Journal of Curriculum Studies* 31 (2) 195-199.
- Thomson, J. J. 1972. *European Curriculum Studies No. 4: Chemistry*. Strasbourg, France: Council for Cultural Co-operation, Council of Europe. 9-17, 18-29.
- Tikkanen, G. 2010. Kemian ylioppilaskokeen tehtävät summatiivisen arvioinnin välineenä. Akateeminen väitöskirja. Helsinki: Helsingin yliopistopaino.
- Tobin, K. 1990. Research on science laboratory activities: In pursuit of better questions and answers to improve learning. *School Science and Mathematics* 90 (5), 403-418.
- Tomperi, P. 2015. Kehittämistutkimus: Opettajan ammatillisen kehittymisen tutkimusperustainen tukeminen käyttäen SOLO-taksonimiaa – esimerkkinä tutkimuksellinen kokeellinen kemian opetus. Akateeminen väitöskirja. Helsinki: Helsingin yliopistopaino.
- Trimbur, J. 1989. Consensus and difference in collaborative learning. *College English* 51 (6), 602-616.
- Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2009. *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Tyler, R. 1949. *Basic Principles of Curriculum and Instruction*. Chigago: University of Chigago Press.
- Tyler, R. 1986. The five most significant curriculum events in the twentieth century. *Educational Leadership* 44 (4), 36-38.
- Tähtinen, J. 2007. Henrik Gabriel Porthanin käsitykset opetuksesta ja oppimisesta. Teoksessa J. Tähtinen & S. Skinnari (toim.) *Kasvatus- ja koulukysymys Suomessa vuosisatojen saatossa*. Suomen kasvatustieteellisen seuran julkaisusarja Kasvatusalan tutkimuksia – Research in Educational Sciences 29, 75-98.
- Vallence, E. 1986. A second look at conflicting conceptions of the curriculum. *Theory into Practice* 25, 24-30.
- Valsiner, J. 1987. *Culture and the development of children's action*. Chichester: Wiley.
- Valtioneuvoston päätös lukion tuntijaosta 1993. 835/23.9.1993.

- Valtioneuvoston asetus lukiolaissa tarkoitetun koulutuksen yleisistä valtakunnallisista tavoitteista ja tuntijaosta 2002. 955/14.11.2002.
- Valtioneuvoston asetus lukiolaissa tarkoitetun koulutuksen yleisistä valtakunnallisista tavoitteista ja tuntijaosta 2014. 942/13.11.2014.
- Van den Akker, J. 1998. The science curriculum: Between ideals and outcomes. *International Handbook of Science Education, Part One*, edited by Barry J. Fraser and Kenneth G. Tobin. Kluwer: London. 421 - 447.
- Van Driel, J. H., Bulte, A. M. W. & Verloop, N. 2005. The Conceptions of chemistry teachers about teaching and learning in the context of a curriculum innovation. *International Journal of Science Education* 27 (3), 303-322.
- Van der Veer, R. & Valsinger, J 1991. *Understanding Vygotsky: A quest for synthesis*. Oxford: Basil Blackwell.
- Van Tassel-Baska, J. and Brown E. F 2007. Toward best practice: A analysis of the efficacy of curriculum models in gifted education. *The Gifted Child Quarterly* 51 (4), 342-358.
- Venezky, R. L. 1992. Textbooks in school and Society. In P. J. Jackson (Ed.) *Handbook of Research on Curriculum*. New York: Macmillan Publishing Company. 436-461.
- Vesterinen, V.-M., Aksela, M. & Sundberg, M. R. 2009. Nature of chemistry in the national frame curricula for upper secondary education in Finland, Norway and Sweden. *NorDiNa* 5, 200-212.
- Vesterinen, V.-M. 2012. *Nature of Science for Chemistry: Design of Chemistry Teacher Education Course*. Academic Dissertation. Helsinki: Unigrafia.
- Vettenranta, J, Välijärvi, J, Ahonen, A., Hautamäki, J., Hiltunen, J., Leino, K., Lähteinen, S., Nissinen, K., Puhakka, E., Rautopuro, J. & Vainikainen, M.-P. 2016. *Pisa 15 ensituloksia: Huipella pudotuksekselta huolimatta*. Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisu 2016:41.
- Von Glasersfeld, E. 1984. An introduction to radical constructivism. In P. Watzlawick (Ed) *The Invented Reality*. New York: Norton. 17-40.
- Von Glasersfeld, E. 2001. The radical constructivist view of science. *Foundations of Science* 6, 31-43.
- Vygotsky, L. S. 1978. *Mind in Society: Basic theory and data*. In M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner and E. Souberman (Eds) *Mind in Society: the Development of Higher Psychological Processes*. 19-119.
- Watson, J. B. 1913. Psychology as a behaviorist views it. *Psychological Review* 20 (2), 158-177.
- Welch, W. W. 1979. Twenty years of science curriculum development: A look back. *Review of Research in Education* 7, 282-306.
- Wells, G. 1992. Language and the inquiry-oriented curriculum. *The Annual Conference of the National Council of Teachers of English*. Louisville, Kentucky: ERIC. 1- 40.
- White, M. D. & Marsh, E. E. 2006. Content Analysis: A Flexible Methodology. *Library Trends* 55(1), 22-45.

- Wink, D. J. 2006. Connections between pedagogical and epistemological constructivism: Questions for teaching and research in chemistry. *Foundations of Chemistry* 8, 111-151.
- Woolfolk, A. E. 1987. *Educational Psychology*, 3th edition. New York: Prentice-Hall.
- Wraga, W. G. & Hlebowitsh, P. S. 1991. STS education and the curriculum *Field. School Science and Mathematics* 91 (2), 54-59.
- Yager, R. E. 1990. STS: Thinking over the years. *The Science Teacher* 57 (3), 52-55.
- Yager, R. E. 1992. Science-technology-society as reform. In R. E. Yager (Ed.) *ICASE Yearbook 1992, The Status of Science-Technology-Society Reform Efforts around the World*. Washington: National Science Teachers Association. 2-13.
- Yager, R. E. 1996. *Science-Technology-Society as Reform in Science Education*. Albany: State University of New York Press. 10.
- Yeomans, E. 2011. Inquiry-based learning - What is its role in an inspiring science education? *Perspectives on Education: Inquiry-Based Learning*. London: Inquiry-Based Learning. London: Wellcome Trust. 2-3.

LIITTEET

Liite 1

ARVIOINTILOMAKE

Arvioija 1:

Tavoiteluokkien esiintyminen eri opetussuunnitelmissa ja opetussuunnitelman perusteissa

Tavoiteluokka	OPS 1941	OPS 1970	OPS 1985	OPS 1994	OPS 2003	OPS 2015
Monipuolinen yleissivistys	I	II	IIII I	IIII II	IIII	IIII I
Kemian opetuksen ohjauspyrkimykset	IIII	IIII	IIII I	IIII I	IIII I	IIII III
Tietolähteet				I	II	II
Käsitteiden käyttö ja soveltaminen	II	IIII	IIIIIIIIII	IIIIIIIIII	IIIIIIIIII	IIIIIIIIII
Tieto- ja viestintäteknologia			IIIIIIIIII	I	IIII	IIII

$$x = 0,83$$

Sisältöluokkien esiintyminen eri tapauksissa

Sisältöluokka	OPS 1941	OPS 1970	OPS 1985	OPS 1994	OPS 2003	OPS 2015
Kemian merkitys	IIII	I	IIII I	IIII	IIII	IIII I
Kemiallinen reaktio	I	IIII	IIII III I	IIII I	IIII III	IIII III
Aineen rakenne ja ominaisuudet	I	IIII III I	IIII III II	IIII	IIII III	IIII III
Aineen häviämättömyys		I	I			IIII
Kemiallinen tasapaino		IIII	IIII	II	IIII II	IIII

$$x = 0,71$$

Opetusmenetelmäluokkien esiintyminen eri tapauksissa

Opetusmenetelmäluokka (työtapaaluokka)	OPS 1941	OPS 1970	OPS 1985	OPS 1994	OPS 2003	OPS 2015
Opetusmenetelmän valinta ja kehitys	IIII	II	IIII	IIII	IIII	IIII II
Rohkaiseminen ratkaisuihin	I	I	II	II	II	IIII
Demonstraatiot	I	II	II			
Kokeellisuus	I	II	IIII	IIII III	IIII	IIII
Tutkimuksellisuus			I	II	IIII	IIII

$$x = 0,85$$

Arviointiluokkien esiintyminen eri tapauksissa

Arviointiluokka	OPS 1941	OPS 1970	OPS 1985	OPS 1994	OPS 2003	OPS 2015
Oppimäärän arviointi		I	II	IIII	IIII	IIII
Ymmärtämisen soveltamisen arviointi			I	I	IIII	I
Kokeellisen työskentelyn arviointi		I		I	IIII	IIII
Jatkuvan näytön arviointi		I	II	I	II	I

$$x = 0,92$$

Liite 2

ARVIOINTILOMAKE

Arvioija 2

Tavoiteluokkien esiintyminen eri opetussuunnitelmissa ja opetussuunnitelman perusteissa

Tavoiteluokka	OPS 1941	OPS 1970	OPS 1985	OPS 1994	OPS 2003	OPS 2015
Monipuolinen yleissivistys	2	3	11	6	4	6
Kemian opetuksen ohjauspyrkimykset	4	5	5	7	7	10
Tietolähteet				3	1	1
Käsitteiden käyttö ja soveltaminen	2	6	36	15	25	22
Tieto- ja viestintäteknologia			2	1	2	4

Sisältöluokkien esiintyminen eri tapauksissa

Sisältöluokka	OPS 1941	OPS 1970	OPS 1985	OPS 1994	OPS 2003	OPS 2015
Kemian merkitys	4		2	7		11
Kemiallinen reaktio	2	4	3	7	5	7
Aineen rakenne ja ominaisuudet	3	10	7	16	12	10
Aineen häviämättömyys		1	1	2	1	1
Kemiallinen tasapaino		3	2	2	5	4

Opetusmenetelmäluokkien esiintyminen eri tapauksissa

Opetusmenetelmäluokka	OPS 1941	OPS 1970	OPS 1985	OPS 1994	OPS 2003	OPS 2015
Opetusmenetelmän valinta ja kehitys	6	1	1	4	6	7
Rohkaiseminen ratkaisuihin		5	4	1	5	7
Demonstraatiot	2	2	1			
Kokeellisuus	2	1	2	2	2	
Tutkimuksellisuus		3	1	1		3

Arviointiluokkien esiintyminen eri tapauksissa

Arviointiluokka	OPS 1941	OPS 1970	OPS 1985	OPS 1994	OPS 2003	OPS 2015
Oppimäärän arviointi		2	3	3	2	3
Ymmärtämisen soveltamisen arviointi				2	3	1
Kokeellisen työskentelyn arviointi		1			5	1
Jatkuvan näytön arviointi			3	1	1	2

