

Pro Gradu –tutkielma

**Peruskoulun 8-luokkalaisten ymmärrys yhteyttämisestä ja
opetuksen vaikutus ymmärrykseen**

Virve Mörsky ja Maija Pajunen



Jyväskylän yliopisto

Bio- ja ympäristötieteiden laitos

Biologia

14.8.2010

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

Bio- ja ympäristötieteiden laitos

Biologian opettajankoulutus

MÖRSKY, V. ja

Peruskoulun 8-luokkalaisten

ymmärrys yhteyttämisestä

PAJUNEN, M. :

ja opetuksen vaikutus ymmärrykseen

Pro Gradu –tutkielma: 78 s. + 7 liitettä

Työn ohjaajat: Dos. Jari Haimi, FT Ilkka Ratinen

Tarkastajat: Dos. Jari Haimi, Dos. Minna-Maarit Kytöviita

Elokuu 2010

Hakusanat: Ajattelu, konstruktivismi, opetus, oppiminen, yhteyttäminen, virhekäsitys

TIIVISTELMÄ

Peruskoulun kahdeksaluokkalaisten ymmärrystä yhteyttämisestä ja opetuksen vaikutusta ymmärrykseen tutkittiin konstruktivistiseen oppimiskäsitykseen pohjautuen. Tutkimuskysymyksiä olivat: miten kahdeksaluokkalaisten ymmärtävät yhteyttämisestä biologisena ilmiönä ja kemiallisena prosessina, millainen vaikutus opetuksella on oppilaiden ymmärrykseen ja sen muuttumiseen yhteyttämisestä sekä onko saman opetusryhmän sisällä ja opetusryhmien välillä eroa yhteyttämisestä ymmärtämisessä. Tutkimuskohteena oli kaikkiaan 45 kahdeksaluokkalaista Jyväskylän Normaalikoulusta ja Mikkelin Urheilupuiston koulusta. Tutkimus toteutettiin lukuvuonna 2009–2010, jolloin aineistoa kerättiin avoimella kysymyksellä ennen opetusta ja antamamme opetuksen jälkeen sekä soveltavalla monivalintatestillä. Määrällisessä ja laadullisessa aineiston analyysissä oppilaiden vastauksista avoimeen kysymykseen tutkittiin yhteyttämis-käsitteiden hallintaa ja vastauksista muodostettiin yhteyttämis-ilmiön ymmärrystä kuvaavat ymmärrysluokat oppilaiden kokonaisymmärryksen selvittämiseksi. Lisäksi selvitettiin laadullisesti oppilaiden ymmärryksen muutosta opetuksen vaikutuksesta ja ymmärrykseen sisältyviä tieteellisesti virheellisiä käsityksiä yhteyttämisestä. Tutkimuksessa painotettiin laadullista tutkimustapaa. Tärkeimmät tutkimustulokset olivat, että opetus vaikutti oppilaiden keskeisten yhteyttämis-käsitteiden hallinnan lisääntymiseen ja heidän yhteyttämis ymmärryksen syvenemiseen kahta oppilasta lukuun ottamatta. Opetusryhmien välillä ei ollut eroa. Suurin osa oppilaista saavutti perusopetussuunnitelman perusteiden asettamat tavoitteet yhteyttämisestä ymmärtämiselle, vaikka heillä oli opetuksen jälkeenkin tieteellisesti vaillinaisen ymmärrys yhteyttämisestä biologisena ilmiönä ja kemiallisena prosessina. Oppilailla oli ongelmia energiakäsitteen, aineen muuttumisen ja veden merkityksen ymmärtämisessä. Tutkimuksemme osoitti, että laadukas konstruktivistinen biologian opetus takaa perusopetussuunnitelman perusteiden mukaisen oppimisen.

UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ, Faculty of Mathematics and Science

Department of Biological and Environmental Science

Teacher Education in Biology

MÖRSKY, V. and Comprehensive school's eighth-grader's understanding of
photosynthesis and the effect
PAJUNEN, M. : of teaching on the understanding

Master of Science Thesis: 78 p. + 7 appendices

Supervisors: Dr. Jari Haimi, Dr. Ilkka Ratinen

Inspectors: Dr. Jari Haimi, Dr. Minna-Maarit Kytöviita

August 2010

Key Words: Cognition, constructivism, teaching, learning, photosynthesis, misconception

ABSTRACT

The subject of the study was eighth-grader's understanding of photosynthesis and the effect of teaching on the understanding. The basis of the study was constructivistic view of learning. The study questions were: how eighth-grader's understand photosynthesis as a biological phenomenon and as a chemical process, what kind of an effect teaching has on the pupils' understanding and on the development of understanding of photosynthesis. In addition, the aim was to find out whether there are differences in the understanding of photosynthesis within a group of eighth-graders and moreover, between two different groups of eighth-graders. The subject group of the study was 45 eighth-graders from Jyväskylän Normaalikoulu and Mikkelin Urheilupuiston koulu. The study was conducted during the school year of 2009–2010 and the material was collected with an open question form before and after teaching and with an applied multiple choice test. Both quantitative and qualitative methods of analysis were used. Answers of the pupils were studied for the accurate use of concepts, and in order to create the pupils' understanding categories to describe the overall understanding of the photosynthesis phenomenon. Moreover, the development in pupils' understanding and the scientific misconceptions were analysed with qualitative methods. The qualitative research methods were emphasized in this study. The most important findings of this study were that teaching has an effect on the eighth-graders' accurate use of concepts and on understanding of the photosynthesis. There wasn't any differences between two different groups of eighth-graders. Moreover, the findings suggest that the eighth-graders had an inadequate understanding of the photosynthesis as a biological phenomenon and as a chemical process. Natural science teaching of high quality would help the pupils to learn correct understanding of photosynthesis.

Sisältö

1. JOHDANTO	6
2. OPPIMINEN.....	8
2.1 Konstruktivismi.....	8
2.1.1 Oppiminen ja konstruktivismi.....	8
2.1.2 Yksilökonstruktivismi ja kognitiivinen konstruktivismi.....	8
2.1.3 Sosiaalinen konstruktivismi	9
2.2 Oppimisen kokonaismalli	10
2.3 Oppimisprosessi	11
2.3.1 Oppimisstrategiat	11
2.3.2 Oppimistyyli.....	12
2.3.3 Oppimisorientaatiot.....	13
2.3.4 Motivaatio	14
2.3.5 Metakognitiivinen toiminta.....	14
2.4 Merkityksellinen ja ymmärtävä oppiminen	14
2.4.1 Aikaisemmat tiedot	14
2.4.2 Oppiminen käsitteellisenä rikastumisena ja muutoksena.....	15
2.4.3 Merkityksellinen ymmärtävä oppiminen	17
3. OPETUS	17
3.1 Konstruktivismi opetuksen lähtökohtana ja perustana	17
3.2 Opetuksen tavoitteet.....	18
3.2.1 Yleiset tavoitteet.....	18
3.2.2 Biologian tavoitteet	18
3.3 Laadukas konstruktivistinen biologian opetus.....	19
3.3.1 Oppiaineen hallinta ja didaktiikka	19
3.3.2 Oppimisen haasteisiin vastaaminen opetuksella	20
4. YHTEYTTÄMINEN ELI FOTOSYNTESI.....	22
4.1 Biologinen ilmiö ja kemiallinen prosessi.....	22
4.1.1 Fotosynteesin perusteet	22
4.1.2 Kasvit tuottajina	24
4.2 Yhteyttämisen oppiminen ja oppilaiden käsitykset	25
4.2.1 Oppilaiden käsitykset yhteyttämisestä	25
4.2.2 Yhteyttämisen ymmärtämisen tasot	27
5. AINEISTOT JA MENETELMÄT.....	28
5.1 Tutkimuskohteet ja aineiston keruu	28
5.2 Aineiston luokittelu ja käsittely	28
5.2.1 Määrällinen käsittely	28
5.2.2 Laadullinen käsittely	30
6. TULOKSET	30
6.1 Määrälliset tulokset.....	30
6.1.1 Yhteyttämiskäsitteiden hallinta	30
6.1.2 Yhteyttämisen ymmärtäminen	35
6.1.3 Soveltava testi	38
6.1.4 Oppilaan vastauksen antomuoto	39
6.2 Laadulliset tulokset	41

6.2.1 Opetuksen vaikutus yhteyttämisen ymmärtämiseen	41
6.2.2 Oppilaiden käsitykset yhteyttämisestä opetuksen jälkeen	61
7. TULOSTEN TARKASTELU.....	64
7.1 Määrällisten tulosten tarkastelu	64
7.1.1 Yhteyttämiskäsitteiden hallinta	64
7.1.2 Yhteyttämisen ymmärtäminen	65
7.1.3 Soveltava testi ja vastauksen antomuoto.....	65
7.2 Laadullisten tulosten tarkastelu.....	65
7.2.1 Yhteyttämisen ymmärtämiseen vaikuttavat tekijät	65
7.2.2 Opetuksen vaikutus yhteyttämisen ymmärtämiseen	66
7.2.3 Oppilaiden käsitykset yhteyttämisestä opetuksen jälkeen	71
8. JOHTOPÄÄTÖKSET	73
Kiitokset	74
Kirjallisuus.....	74

1. JOHDANTO

Opetustilanteessa opettaja joutuu kohtaamaan oppilaiden intuitiiviset, naiivit, käsitykset ympäröivästä todellisuudesta (Hakkarainen ym. 2001). Arkielämän kokemusten pohjalta oppilas muodostaa mieleensä skeemoja eli mentaalisia rakenteita ja malleja esimerkiksi luonnonilmiöistä (Ahtee 1994, Tynjälä 1999), joiden avulla hän toimii maailmassa. Oppilaan arkitietoon perustuva käsitys voi olla ristiriidassa tieteellisen tiedon kanssa. Opettajan tulee tiedostaa oppilaiden arkitietoon perustuvat käsitykset opetettavasta asiasta kehittääkseen ja tarjotakseen laadukasta ja mielekästä opetusta (Mezirow 1995, Rauste-von Wright & von Wright 2000, Özay & Öztas 2003). Oppilaan on vaikeaa yhdistää ja konstruoida opetuksessa annettavaa uutta tieteellistä tietoa tieteellisesti virheellisten tietorakenteiden varaan (Vosniadou 2007), ellei hän ole tietoinen omista tietorakenteistaan (Tynjälä 1999). Opetuksessa tukeudutaan tällä hetkellä luonnontieteen voimassaoleviin ”oikeisiin” käsitteisiin luonnonilmiöistä (Leino 1990, Opetushallitus 2004).

Tutkimuksen teoreettisen rajauksen tärkein vaikuttaja on perusopetuksen opetussuunnitelma, joka tukee konstruktivismia (oppiminen, oppimiskäsitys, opetus). Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden (Opetushallitus 2004) mukaan oppiminen on oppilaan aktiivista yksilöllistä tai erilaisissa vuorovaikutussuhteissa tapahtuvaa tavoitteellista toimintaa. Oppiessaan hän käsittelee ja tulkitsee opittavaa ainesta aiempien tietorakenteidensa pohjalta. Konstruktivismin mukaan oppiminen on oppilaan jatkuvaa, tietoista ja aktiivista omien tietorakenteidensa prosessointia (Piaget 1978, Vygotsky 1978, Rauste-von Wright & von Wright 2000, Kauppila 2004, Tynjälä 2004). Prosessointi mahdollistaa uusien tietorakenteiden luomisen ja aiempien muuttamisen ja rikastuttamisen.

Luontoa ja ympäristöä koskeva tieto on yhä merkityksellisempää koko ihmiskunnalle ja sen tulevaisuudelle (Sander ym. 2006). Oppilaista tulisi kasvattaa ympäristötietoisia ja kestävästä elämäntapaa kunnioittavia kansalaisia (Opetushallitus 2004), mikä onnistuu, jos oppilas omaksuu opetuksessa tarjotun luonnontieteellisen ajattelutavan (Sander ym. 2006). Yläkoulussa biologian yhtenä opetuksen tavoitteena on, että oppilas oppii kuvaamaan elämän perusilmiöitä (Opetushallitus 2004). Yhteyttäminen on yksi näistä perusilmiöistä. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden (2004) päättöarvioinnin kriteereissä arvosanan kahdeksan saavuttaakseen oppilaan tulee osata selostaa yhteyttämisilmiö ja kuvata sen merkitystä eliökunnalle. Yhteyttäminen ymmärtäminen auttaa ymmärtämään kulutus- ja hajotusprosesseja sekä aineen kiertoa ekosysteemeissä (Ray & Beardsley 2008).

Oppilailta on ongelmia hahmottaa ja ymmärtää yhteyttäminen eli fotosynteesi biologisena ilmiönä ja kemiallisena prosessina (Stavy ym. 1987, Mikkilä & Olkinuora 1995, Leach ym. 1996, Palmer 1998, Stylianidou & Boohan 1998, Barak ym. 1999, Cañal 1999, Ekborg 2003, Özay & Öztas 2003, Marmaroti & Galanopoulou 2006, Yenilmez & Tekkaya 2006). Oppilaiden käsitykset ovat hyvin samankaltaisia eri puolella maailmaa. Oppilas voi esimerkiksi ajatella yhteyttäminen kasvien hengityksenä niin, että ihmisen hengittäessä happea kasvi hengittää hiilidioksidia (Leach ym. 1996). Ongelmallisimpia kohtia yhteyttämisprosessin ymmärtämisessä ovat aineen muuttuminen eli transformaatio (esimerkkinä hiilidioksidi + vesi → sokeri) ja energian säilyminen ja muuttuminen (säteilyenergian muuttuminen kemialliseksi energiaksi) (Carlsson 2002).

Laadullista tutkimustapaa painottavassa tutkimuksessa selvitämme oppilaan tiedon konstruointia keskittymällä oppijan sisäisiin tekijöihin eli oppimisprosessiin.

Oppimisprosessista käsittelemme kognitiivisia tiedonprosessointitapoja ja -strategioita, oppimisorientaatioita, oppimis- ja vastaustyyliä. Tulosten analysoinnissa ja tarkastelussa tukeudumme yksilökonstruktivismin näkemyksiin edellä mainituista asioista.

Pro gradu -työssämme tutkimme työparina peruskoulun kahdeksaluokkalaisten käsityksiä yhteyttämisestä. Tutkimuksemme tavoitteena on saada tietoa kahdeksaluokkalaisten tavasta hahmottaa yhteyttämistä. Tutkimuskysymyksemme ovat:

- Miten kahdeksaluokkalaiset ymmärtävät yhteyttämisen biologisena ilmiönä ja kemiallisena prosessina?
- Millainen vaikutus opetuksella on oppilaiden ymmärrykseen yhteyttämisestä (oppimisen laatu) ja tämän ymmärryksen muuttumiseen?
- Onko saman luokka-asteen ryhmän sisällä ja ryhmien välillä eroja yhteyttämisen ymmärtämisessä?

2. OPPIMINEN

2.1 Konstruktivismi

2.1.1 Oppiminen ja konstruktivismi

Konstruktivismin määrittely ei ole yksiselitteistä (Sormunen ym. 1998, Tynjälä 1999). Se jakautuu moniin eri suuntauksiin, jotka lähestyvät oppimista eri näkökulmista (Tynjälä 1999). Suuntauksia yhdistää näkemys siitä, mitä oppiminen on.

Yksilö ei ole passiivinen tiedon vastaanottaja (Piaget 1978, Vygotsky 1978, Rauste-von Wright & von Wright 2000, Tynjälä 2004), vaan oppiminen on yksilön omakohtaista aktiivista tiedon konstruointia (Ahtee 1994, Rauste-von Wright 1997, Tynjälä 1999, Ojanen 2000), jossa tieto saavutetaan toiminnan kautta (Ojanen 2000). Konstruktivismin mukaan oppiminen on oppilaan mielekästä ja ymmärrykseen tähtäävää toimintaa (Ojanen 2000, Rauste-von Wright & von Wright 2000, Kauppila 2004). Konstruktio on tietoa, joka muotoutuu ja rakentuu yksilön ajatteluprosessien kautta (Piaget 1978, Lehto 2005, Vosniadou 2007). Yksilön konstruktioon vaikuttavat havainnot, yksilön aiemmat tiedot, ympäröivä kulttuuri ja oppimisympäristö (Grabe 1986, Törmä 2001, Kauppila 2004). Oppimisen tavoitteena on ymmärtäminen jostakin ilmiöstä tai asiasta, joka ilmenee yksilön kyvyissä perustella toimiaan ja tulkintatapojaan (Hamilton & Ghatala 1994, Ojanen 2000, Rauste-von Wright & von Wright 2000).

Oppiminen nähdään koko elämän jatkuvana muutosprosessina (Tynjälä 1999, Kauppila 2004), jossa ihminen valikoi, käsittelee ja tulkitsee tietoa (Ojanen 2000). Hän pyrkii omalla toiminnallaan ohjaamaan prosessin mielekkyyttä (Tynjälä 1999, Kauppila 2004).

2.1.2 Yksilökonstruktivismi ja kognitiivinen konstruktivismi

Konstruktivismi voidaan jakaa sosiaaliseen ja yksilölliseen konstruktivismiin (Tynjälä 1999, Kauppila 2004). Näitä suuntauksia yhdistää näkemys, jonka mukaan tieto ei ole koskaan yksilöstä riippumatonta (Piaget 1978), vaan aina yksilön tai yhteisön rakentamaa (Vygotsky 1978). Kognitiivinen konstruktivismi on yksilökonstruktivismin lähestymistapa. Kognitiivisia toimintoja ovat esimerkiksi muistitoiminnot, havaitseminen ja ongelmanratkaisu (Lehtinen ym. 2007). Kognitiiviset konstruktivistit haluavat selvittää, miten tieteellisten käsitteiden ymmärtäminen kehittyy ja miten oppilaan käsitykset erilaisista ilmiöistä muuttuvat opetuksen aikana eli ovat kiinnostuneita yksilöllisistä mentaalisisistä prosesseista (Piaget & Inhelder 1977, Piaget 1978, Andre & Phye 1986).

Yksilökonstruktivismin mukaan oppiminen on sosiaalisesta kontekstista riippumatonta yksilön sisäistä säätelyä (Piaget 1978, Tynjälä 1999). Yksilö tulkitsee, valikoi ja arvottaa havaintojansa ja tietoa sisäisten rakenteiden eli skeemojen pohjalta. *Skeemat* ovat sisäisiä malleja siitä, mitä eri asiat sisältävät, miten ne toimivat ja miten tapahtumat etenevät (Piaget 1978, Vosniadou & Brewer 1987, Tynjälä 1999). Näihin pohjautuen yksilö jäsentää ja tulkitsee havaintojaan (Tynjälä 1999), mikä ohjaa oppimista (Neisser 1982, Rumelhart 1993). Skeemat ovat monitasoisia ja ne muodostavat hierarkkisia rakenteita. Ne ovat esimerkiksi toimintamalleja, käsitteitä jäsentäviä skeemoja fyysisistä tiloista kuten miten oppilas toimii oppitunnilla.

Yksilökonstruktivistit ja kognitiiviset konstruktivistit ovat kiinnostuneita yksilön tiedonmuodostuksesta ja kognitiivisten rakenteiden kuvaamisesta (Piaget 1978, Astington & Pelletier 1996, Tynjälä 1999). Yksilöllä on mielensisäisiä toimintoja, joiden avulla hän käsittelee tietoa.

Piaget (1978), yksi tunnetuimmista yksilökonstruktivismiin teoreetikoista, on tutkinut lapsen ajattelun kehittymisen suhdetta oppimiseen. Hänen mukaansa lapsen älyllinen kehittyminen ja oppiminen tapahtuvat kognitiivisten konfliktien kautta (Piaget 1978, Hamilton & Ghatala 1994). Kognitiivisella konfliktilla tarkoitetaan tilannetta, jossa lapsi tiedostaa omien tietorakenteidensa puutteellisuuden tai soveltumattomuuden, jonka seurauksena lapsi muodostaa uuden toimivan tietorakenteen eli skeeman (Piaget & Inhelder 1977).

Piaget'n (1978) mukaan samalla tiedollisella tasolla olevien välinen vuorovaikutus (peer interaction) synnyttää kognitiivisia konflikteja oppilaan pyrkiessä ymmärtämään käsityksiä. Piaget näkee sosiaalisen vuorovaikutuksen ja ympäristön lähinnä toimintakenttänä (Hamilton & Ghatala 1994), jonka merkityksenä on aktivoida yksilöllisiä ajatteluprosesseja.

Piaget'n (1978) mukaan lapsi saavuttaa formaalisten operaatioiden vaiheen eli abstraktin ajattelukyvyyn noin 12 ikävuoteen mennessä (Kuva 1) (Piaget 1978, Hamilton & Ghatala 1994). Formaalisissa ajattelussa päättely perustuu hypoteettisiin väittämiin eikä suoraan havaittaviin konkreettisiin tosiasioihin (Piaget & Inhelder 1977). Lapsi ei voi käsittää eikä myöskään oppia iästä riippuvaan kehitystasoonsa nähden liian monimutkaisia asioita. Hamiltonin ja Ghatalan (1994) sekä Tirosh'n ym. (1998) mukaan ajattelu ei kehity tiukasti vaiheittain, vaan eri tietoaueilla yksilö voi olla ajattelussaan eri tasoilla.

Konkreettisten operaatioiden vaihe (~7–11 v.)

- loogisten operaatioiden (esimerkiksi sarjoittamisen) ymmärtäminen kun asiat ovat konkreettisesti esillä
- ajantaju ja välimatkojen ymmärrys muuttuu varmemmaksi, ymmärtää kellon ja hahmottaa käsitteet menneisyys, tulevaisuus ja nykyhetki
- egosentrismi vähenee; osaa asettua ainakin osittain toisen asemaan (=empatiakyky)
- moraalisisessa ajattelussa lapsi osaa jo harkita asioita myös teon tarkoituksen näkökulmasta

Formaalisten operaatioiden vaihe (~11–12 v.)

- ajattelu ei vaadi kohteen konkreettista läsnäoloa, abstrakti ajattelu
- pystyy deduktiiviseen päättelyyn, eli soveltamaan sääntöjä yksittäisiin tapauksiin
- teoriat ja symbolit ajattelun välineinä
- moraalissa ja maailmankatsomuksessa omakohtaisuus lisääntyy

Kuva 1. Piaget'n ajattelun kehittymisen mallin kaksi viimeisintä vaihetta (Lehtinen 2007). Vaiheet kuvaavat lapsen ajattelua kyseisissä ikäluokissa.

2.1.3 Sosiaalinen konstruktivismi

Sosiaalisessa konstruktivismissa painotetaan tiedon sosiaalista konstruointia (Vygotsky 1978, Tynjälä 1999, Kauppila 2007). Oppiminen on tilannesidonnaisen toiminnan ja vuorovaikutuksen tulos (Astington & Pelletier 1996, Rauste-von Wright 1997, Ojanen 2000).

Tiedon sosiaalinen jakaminen herättää oppilaassa asiaan liittyviä kysymyksiä, halua kokeilla ja ratkaista ongelmia (Vygotsky 1978, Hakkarainen ym. 2001, 2005a, 2005b). Tiedosta tulee hänelle merkitsevää, mikä mahdollistaa mielekkään ja ymmärtävän oppimisen (Ausubel & Robinson 1969, Novak 1998, Törmä 2001, Leinonen 2002, Niiniluoto 2002). Ymmärryksestä seuraa oppilaan itseohjautuvuus, minän kasvu ja itsereflektiivisyys (Vygotsky 1978).

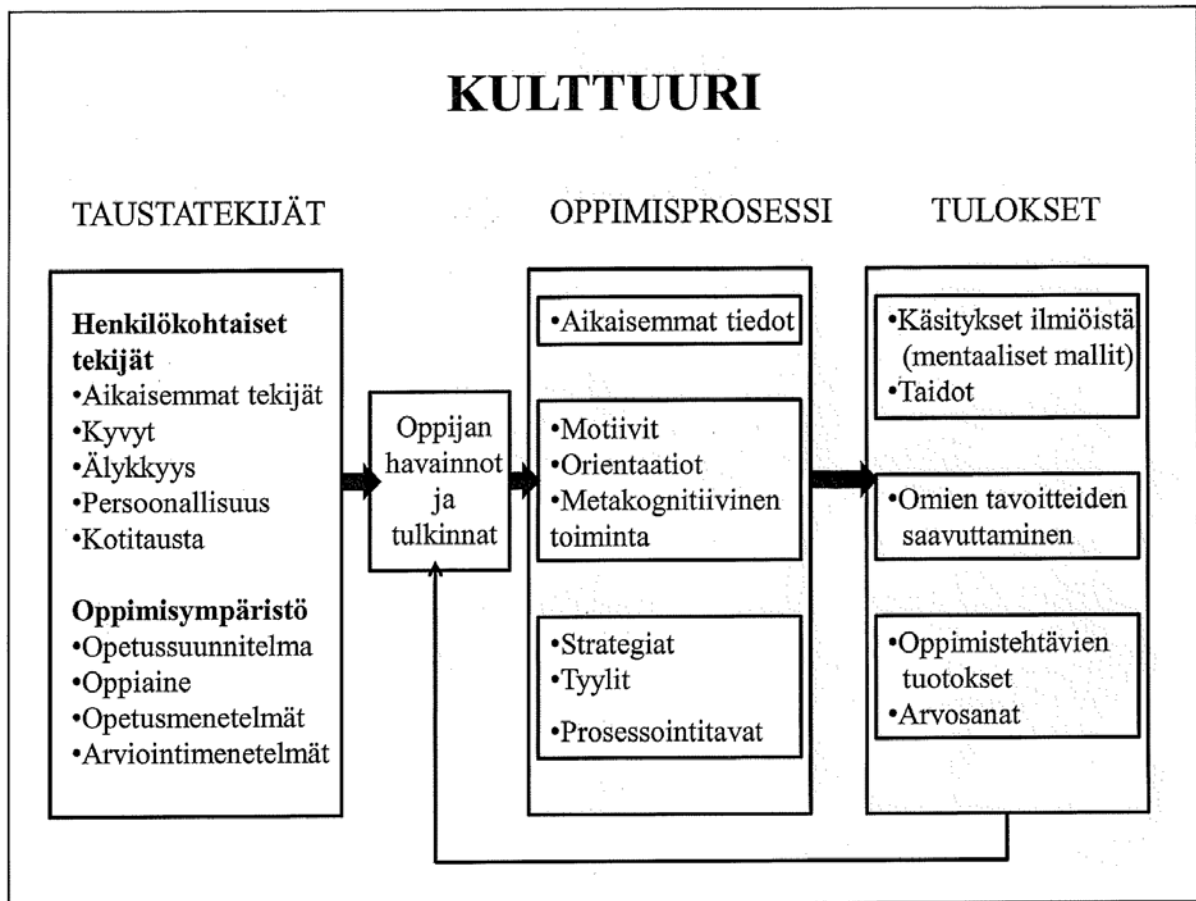
Vygotskyn (1978) mukaan oppiminen ja ajattelu kehittyvät sosiaalisessa vuorovaikutuksessa ympäristön kanssa. Oppiminen on kulttuurissa muodostuneiden tietojen, taitojen ja ajattelutapojen omaksumista. Tiedollisen kehityksen päämääränä on tällöin yhteisöön sosiaalistuminen (social development theory).

Kieli on yhteisön määrittämä järjestelmä, jossa yksilö ilmaisee ajatuksensa kielellisillä merkeillä, abstraktioilla (Vygotsky 1978). Vygotskyn (1978) mukaan kieli on sekä kommunikoinnin että abstraktin ajattelun väline. Kielen avulla yksilö sekä kehittyy että oppii (Leinonen 2003). Lapsen kehityksessä kieli on aluksi sosiaalisen vuorovaikutuksen väline (Vygotsky & Luria 1994), mutta kehityksen myötä siitä muodostuu myös abstraktin ajattelun väline eli ”sisäinen puhe” (inner speech), joka mahdollistaa tehokkaan oppimisen (Vygotsky 1978). Kielen avulla ihminen luo merkeille merkityksiä ja käsitteille käsityksiä (Törmä 2001, Leinonen 2002).

Oppiminen tapahtuu Vygotskyn (1978) mukaan *lähikehityksen vyöhykkeellä*. Lähikehityksen vyöhyke sijoittuu yksilön nykyisen taito- ja tietotason eli *aktuaalisen kehitystason* ja hänelle mahdollisen *potentiaalisen kehitystason* väliin. Yksilön ollessa vuorovaikutuksessa häntä kehittyneemmän ohjaajan esimerkiksi opettajan kanssa, hän on kykenevä suoriutumaan tehtävistä korkeammalla tasolla (potentiaalinen kehitystaso) kuin hänen on mahdollista toimiessaan yksin (aktuaalinen kehitystaso).

2.2 Oppimisen kokonaismalli

Oppiminen on monitasoinen ja -ulotteinen ilmiö (Kauppila 2004). Tynjälä (1999, 2004) on koonnut yksilö- ja sosiaalisen konstruktivismin teorioiden pohjalta oppimisen kokonaismallin (Kuva 2). Tämän mallin mukaan oppimiseen vaikuttavat oppilaan taustatekijät ja oppimisprosessi. Taustatekijöitä ovat henkilökohtaiset tekijät ja oppimisympäristö (Kuva 2) (Tynjälä 1999, 2004). Oppimisprosessilla tarkoitetaan niitä tapahtumia ja vaiheita, joita oppilas käy läpi oppimisen aikana. Oppimisprosessiin kuuluvat esimerkiksi motivaatio, aikaisemmat tiedot ja metakognitiivinen toiminta. Oppiminen on ympäröivään tilanteeseen sekä laajempaan sosiaaliseen kontekstiinsa ja kulttuuriin sidottu ilmiö (Tynjälä 2004).



Kuva 2. Oppimisen kokonaismalli Tynjälää (1999, 2004) mukailen. Malli kuvaa oppimiseen vaikuttavia tekijöitä.

2.3 Oppimisprosessi

2.3.1 Oppimisstrategiat

Oppimisprosessi voidaan luokitella oppimisstrategian, -prosessointitavan ja -tyylin mukaan (Schmeck 1988, Uusikylä & Atjonen 2000). Oppimisstrategiat kuvaavat niitä tiedon prosessoimisen tapoja, joilla informaatiota työstetään ja käsitellään muistettavaan muotoon ja kiinnitetään samalla pitkäkestoiseen muistiin (Schmeck 1988, Kauppila 2004). Strategia on myös tapa ja keino, jolla yksilö suorittaa tietyn oppimistehtävän (Tynjälä 1999). Jokaisella oppilaalla on luonteenomaisin varsin pysyvä taipumus käyttää tietynlaisia oppimistapoja ja strategioita tehdessään havaintoja, ajatellessaan ja toimiessaan erilaisissa tilanteissa (Tynjälä 1999, Lambert & Balderstone 2000, Kauppila 2004). Oppilaan valitsema oppimisstrategia- ja tyyli ovat tilannesidonnaisia. Esimerkiksi oppimisen arviointitapa voi vaikuttaa oppilaan valitsemaan oppimistyyliin ja -strategiaan (Entwistle 1998). Oppilas opiskelee yksityiskohtia, jos tietää arviointitapana olevan monivalintakokeen (Kauppila 2004).

Kognitiiviselta tiedonprosessointitavaltaan ja -strategialtaan oppilas voi olla **pintasuuntautunut** eli pintaprosessoija tai **syväsuuntautunut** eli syväprosessoija (Harri ym. 1986, Vermunt 1998). Pintasuuntautunut oppilas pyrkii oppimaan opiskeltavan asian mahdollisimman muuttumattomassa muodossa, ääritapauksissa jopa ulkoa (Marton ym. 1980,

Olkkonen 1984, Harri ym. 1986, Vermunt 1998). Syväsuuntautunut oppilas haluaa löytää opiskeltavasta asiasta päämerkityksen ja keskeisen sisällön, mikä edellyttää aineksen omaehtoista muokkaamista ja tulkintaa. Konstruktivistisen oppimis- ja opetuskäsityksen mukaan oppilas on syväsuuntautunut.

Hahmotustavalla tarkoitetaan tapaa, jolla oppilas syventyy opittavaan ainekseen (Tynjälä 1999). Oppilas voi olla hahmotustavaltaan atomisti, meristi, serialisti tai holisti (Kauppila 2004). *Atomisti* keskittyy yksittäisiin faktoihin tai yksityiskohtiin (Olkkonen 1984). Oppilaalla voi olla hyvin paljon tietoa yhdestä tai muutamasta yksittäisestä asiasta, mutta hän ei yhdistele asioita kokonaisuudeksi (Marton ym. 1980, Kauppila 2004). *Meristi* havainnoi osakokonaisuuksia, joista ei kuitenkaan muodostu selvää kokonaisuutta (Olkkonen 1984). Hän rakentaa osakokonaisuuksista ketjuja, joiden avulla hän pyrkii muistamaan asiakokonaisuuden (Kauppila 2004). *Serialisti* hahmottaa ensin yksityiskohdat, joiden avulla hän kykenee muodostamaan ja hahmottamaan kokonaisnäkömyksen (Kauppila 2004). *Holisti* kykenee hahmottamaan kokonaisuuksia, joista löytyy selkeä pääajatus (Olkkonen 1984). Oppilas pyrkii järjestelemään ja jäsentämään opetettavan asian eri osia saadakseen kokonaiskäsityksen asiasta (Marton ym. 1980). Hän hahmottaa ensin kokonaisuuden, jota hän rikastaa yksityiskohdilla (Kauppila 2004). Konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaan oppilas on joko serialisti tai holisti.

2.3.2 Oppimistyyli

Oppimistyyli kuvaa oppilaan tapaa oppia (Schmeck 1988, Kauppila 2004). Lambert ja Balderstone (2000) jaottelevat oppilaat neljän eri oppimistyylin edustajiin (Kuva 3). Oppilas voi olla *aktiivinen osallistuja*, *käytännöllinen toteuttaja*, *luova tarkkailija* tai *looginen ajattelija*. Yleensä oppilas on sekoitus eri oppimistyyleistä. Oppimistyyliin vaikuttavat oppilaan luonteenpiirteet, oppijan ikä, motivoitumistapa ja aktivoituminen (Tynjälä 1999, Kauppila 2004). Kaikissa oppimistyyleissä on konstruktivistiselle oppimiskäsitykselle tyypillisiä piirteitä, mutta kokonaisuutena looginen ajattelija on lähinnä konstruktivistista oppimis- ja opetuskäsitystä.

Vastaustyyli oppilas voi olla *mainitsija*, *kuvailija* tai *selittäjä* (Olkkonen 1984). Mainitseva oppilas luetteloii asiakohtia valottamatta syitä ja seurauksia. Kuvaileva oppilas selostaa asioita runsaasti, joskus varsin yksityiskohtaisesti muttei syy-seuraussuhteisiin yltäen. Selittävä oppilas tuo esille perusteluita ja johtopäätöksiä sekä osoittaa myös ymmärtävänsä syy-seuraus-suhteet. Ainoastaan selittävä oppilas vastaa konstruktivistista oppimiskäsitystä.

Aktiivinen osallistuja

- Itsenäinen ja luova
- Pitää riskien ottamisesta ja muutoksista
- Nauttii uusista tilanteista ja sopeutuu niihin hyvin
- Utelias ja tutkiva
- Keksivä ja kokeileva
- Aloitteellinen
- Pitää muista ihmisistä
- Ottaa huomioon muiden mielipiteet ja tunteet
- Voi olla impulsiivinen ja kiirehtiä tekemään suunnittelematta asioita
- Käyttää yritys ja erehdys-menetelmää
- Luottaa yhteistyöhön

Käytännöllinen toteuttaja

- Organisoii, järjesteeleee ja suunnittelee
- Tarkka ja täsmällinen
- Ratkaisee mielellään ongelmia
- Oppii kokeellisen työskentelyn ja tulosten arvioinnin kautta
- Pitää johtopäätösten tekemisestä
- Pitää johtamisesta ja organisoimisesta
- Toimii itsenäisesti palautteen pohjalta
- Käyttää toiminnan pohjana asiatietoja

Luova tarkkailija

- Rikas mielikuvitus ja luova
- Joustava, vaihtoehtoja huomaava
- Hyvä kuvittelemaan itsensä uusissa tilanteissa
- Kiireetön, ystävällinen
- Ristiriitoja välttävä
- Kertoo mielellään omista näkemyksistä pienessä ryhmässä
- Käyttää mielellään oppimisessa kaikkia aisteja
- Kuuntelee, havainnoi, tekee kysymyksiä
- Herkkä ja emotionaalinen
- Ei pidä kiirehtimisestä

Looginen ajattelija

- Looginen ja järjestelmällinen
- Älyllisesti suuntautunut, pitää opiskelusta
- Nauttii lukemisesta ja tutkimisesta
- Hyvä yhdistelemään ja arvioimaan tietoja
- Ajattelija ja keskustelija
- Tarkka, tunnollinen ja huolellinen
- Suunnittelee ja etenee suunnitelmien pohjalta
- Pitää teorian yhdistämisestä käytäntöön
- Oppii kokemuksesta
- Reagoi hitaasti ja haluaa faktoja
- Arvioi mahdollisuuksia
- Välttää liian tunnepitoista käyttäytymistä
- Saattaa analysoida kokemuksiaan kirjoittamalla niistä

Kuva 3. Oppimistyyli (Jeronen 2005).

2.3.3 Oppimisorientaatiot

Oppimisorientaatiolla tarkoitetaan lähestymistapaa oppimiseen (Kauppila 2004). Oppilaan henkilökohtaiset tavoitteet, motiivit, odotukset ja asenteet ohjaavat oppimista (Tynjälä 1999). Vermuntia (1998) ja Entwistleä (1998) mukailien opiskeluorientaatiot voidaan jaotella viiteen pääorientaatiomalliin.

Suuntautumaton oppilas ei kykene löytämään opittavien asioiden ydinainesta eikä liittämään sitä muihin asiakokonaisuuksiin. *Saavutusorientoituneen* oppilaan tavoitteena on selvittää opetustilanteista, johon hänelle on negatiivisia asenteita. Hän ei näe kyseisen asian oppimista itselleen tärkeänä.

Toistamisorientoitunut oppilas kykenee löytämään opittavien asioiden ydinaineeseen, jonka hän opettelee ulkoa. Hänen tavoitteenaan on tehtävistä ja kokeesta selviäminen. Oppilaan oppimista määräävät ulkoa annetut ohjeet ja vihjeet. Hän uskoo opettajan antaman tiedon olevan oikeaa ja oppimisen olevan tiedon vastaanottamista. Hän ei prosessoisi eikä käsittele tietoa kriittisesti.

Henkilökohtaisesti merkitysorientoitunut oppilas on kiinnostunut opittavasta asiasta asian itsensä vuoksi. Hän pyrkii löytämään yhteyksiä eri asioiden välillä ja luomaan niistä johdonmukaisen kokonaiskuvan. *Soveltamissuuntautunut* oppilas sitoo opittavaa asiaa arkielämän kokemuksiin ja käytännön elämään. Hän kokee oppineensa pystyessään soveltamaan uutta tietoa käytännössä. Kaksi viimeksi mainittua opiskeluorientaatiotyyppiä tukevat konstruktivistista oppimiskäsitystä.

2.3.4 Motivaatio

Motivaatio on Tynjälän (1999) ja Lehtisen ym. (2007) mukaan ihmisen sisäinen tila, joka saa aikaan, ohjaa ja pitää yllä toimintaa. Motivaatio vaikuttaa siihen, miten määrätietoista ja intensiivistä yksilön toiminta on. Yksilön henkilökohtaiset tavoitteet, emootioiden virittyminen ja uskomukset mahdollisuuksista vaikuttaa omaan toimintaansa muovaavat motivaatiota (Rauste-von Wright & von Wright 2000). Toiminta synnyttää ajatuksia ja tunteita, jotka vahvistavat tai heikentävät motivaatiota (Kauppila 2004, Lehtinen ym. 2007).

Tynjälän (1999) mukaan henkilö voi olla sisäisesti tai ulkoisesti motivoitunut. *Sisäisesti* motivoitunut henkilö on kiinnostunut suorituksesta sen itsensä vuoksi (Rauste-von Wright & von Wright 2000, Kauppila 2007, Lehtinen ym. 2007). Hänen motivaationsa perustuu nautinnon saamiseen itse toiminnasta. Nautinto tulee tehtävien ja haasteiden ratkomisesta ja itsensä voittamisesta, mikä mahdollistaa elinikäisen oppimisen ja elämän näkemisen positiivisena haasteena (Kauppila 2004). Konstruktivismin mukaan oppilas on sisäisesti motivoitunut. Lehtisen ym. (2007) ja Kauppilan (2004, 2007) mukaan *ulkoinen* motivaatio luo henkilön toimintaa, jota hän tekee ulkoisten syiden vuoksi.

Motivaation luomisessa ja ylläpidossa on keskeistä, että yksilö tiedostaa toimintansa tavoitteet ja päämäärät, joiden saavuttamiseksi hänellä on tarkka ja selkeä toimintasuunnitelma (Kauppila 2004, 2007). Motivaation ylläpitoa tukee oppimisympäristön sosiaalinen paine (Lonka & Lonka 1991) ja opittavan aineksen jakaminen motivoiviin osatavoitteisiin (Kauppila 2004).

2.3.5 Metakognitiivinen toiminta

Rauste-von Wright ja von Wright (1994, 2000) jakavat metakognitiivisen toiminnan **metakognitiiviseksi tiedoksi ja taidoksi**. Metakognitiivinen tieto on yksilön käsitys omista oppimisstrategioista ja -tyyleistä (Duell 1986, Goman & Perttula 1999). Tämän tiedon avulla yksilö pystyy tietoisesti säätelemään omaa oppimis- ja ajattelutoimintaansa eli hänellä on metakognitiivista taitoa. Konstruktivistinen oppimiskäsitys edellyttää oppilaalta metakognitiivista taitoa (Phye 1986). Oppiminen on omien tietojen aktiivista muokkaamista. Muokkaus ei onnistu, jos oppilaalla ei ole taitoa millä ja miten hän muokkaa tietoa.

2.4 Merkityksellinen ja ymmärtävä oppiminen

2.4.1 Aikaisemmat tiedot

Konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaan uutta tietoa opitaan aikaisemman tiedon pohjalta (Rauste-von Wright & von Wright 1994, 2000). Konstruktivismin mukaan tieto ei ole absoluuttista, sillä yksilöllä ei ole mahdollisuutta tavoittaa todellisuutta suoraan aistihavaintojen pohjalta, koska ihmismieli tulkitsee nämä havainnot mielen sisäisiin havaintoihin pohjautuen (Atram 1998, Niiniluoto 2002). Tieto on hyvin perusteltu tosi uskomus (Ahtee 1994). Yksilöllä on *tiedostamatonta* (hiljaista) eli implisiittistä ja *tietoista* eli eksplisiittistä tietoa (Ojanen 2000). Tiedostamisprosessiin vaikuttavat yksilön mielikuvat, uskomukset, kokemukset, arvostukset, merkitykset ja tajunta. Ojasen (2000) mukaan tieto on suhteellista kontekstista, ajasta ja paikasta riippuvaista. Ihminen kokee maailman ja tiedon oman subjektiivisen tajunnan kautta, jolloin kukaan ei voi ”tulla katsomaan”, minkälainen tajuntamme on (Heikkurinen 1994). Tieto voidaan jakaa arkitietoon ja tieteelliseen tietoon (Ahtee 1998).

Arkitieto perustuu yksilön jossakin yksittäisessä tilanteessa muodostamaan kokemus- ja havaintoperäiseen tietoon (Ahtee 1998, Palmer 1998). Pelkät kokemukset ja havainnot voivat olla harhaanjohtavia, mikä tekee arkitiedosta usein epäluotettavaa (Ahtee 1998). Esimerkiksi oppilas voi ajatella kasvin saavan ravinnon maasta, mikä mahdollistaa kasvin kasvun (Leach ym. 1996, Cañal 1999, Erbert-May ym. 2003). Yksilö kerää tietoa yleensä satunnaisesti ja valikoivasti, jolloin tietoihin jää aukkoja.

Tiede on todellisuuden ilmiöiden ja niiden välisten suhteiden järjestelmällistä tutkimista. Tieteen avulla tuotetaan ja kartutetaan todellisuutta koskevaa, objektiivista sekä perusteltua tietoa, jota kutsutaan tieteelliseksi tiedoksi (Haapasalo 1997, Niiniluoto 2002). **Tieteellinen tieto** sitoo yleensä täsmällisesti määritellyt käsitteet ja niiden väliset yhteydet suureksi yhtenäiseksi kokonaisuudeksi eli tietorakenteeksi (Ahtee 1994, Haapasalo 1997). Tieteellistä tietoa hankitaan tieteellisesti järjestelmällisellä ja järkipäisellä tutkimuksella käyttäen tiedeyhteisössä yleisesti hyväksytyjä tutkimuksen tieteellisiä menetelmiä. Tiedeyhteisö käyttää tieteenalan keskeisiä käsitteitä sisältävää tieteellistä kieltä.

Biologia on **luonnontiede**, jolle on tyypillistä empiristinen luonnontieteellisin menetelmin luonnonilmiöistä hankittu tieto, joka perustuu havainnointiin, mittaamiseen ja kokeellisuuteen (Ahtee 1994, 1998). Havainnoijan on tunnettava luonnontieteen käsitteet ja teoriat, joilla havaintoja perustellaan (Driver ym. 1994).

Luonnontieteellisen tutkimuksen lähestymistapa on määrällinen eli kvantitatiivinen, missä pyrkimyksenä on ilmiöiden selittäminen ja ennustaminen (Metsämuuronen 2005, Nummenmaa 2008). Tutkittavaa ilmiöitä lähestytään joko induktiivisesti (yksittäisestä yleiseen) tai deduktiivisesti (yleisestä yksittäiseen). Saatu tutkimustieto on tuotava sosiaalisen vuorovaikutuksen keskiöön arvioitavaksi (Ahtee 1994, 1998).

Julkusen (1997) mukaan nykyinen koulu näkee tiedon dynaamisena ja aktiivisena. **Koulutieto** ei ole pysyvää, vaan se on tilannesidonnaista ja sosiaalista (Vygotsky 1978, Julkunen 1997), ja se saavutetaan kielen avulla (Vygotsky 1978, Leinonen 2003). Kieli on ajattelun väline, jonka kautta käsitteistä rakennetaan tietoa (Vygotsky 1978, Leinonen 2003). Tieto on oppilaan aktiivisen prosessoinnin tulos, missä syntyvät mielikuvat assosioituvat aikaisempiin (Leino 1990). Nobes'n ym. (2005) mukaan lapset saavat tieteellistä tietoa koulun lisäksi vanhemmilta ja mediasta. Koulussa tieteellistä tietoa tarjotaan oppiaineittain (Leino 1990, Opetushallitus 2004).

2.4.2 Oppiminen käsitteellisenä rikastumisena ja muutoksena

Konkreetit käsitteet on helppo määrittää niiden havaittujen ominaisuuksien pohjalta (Herron ym. 1977) esimerkiksi kasvi, vesi ja aurinko. **Formaaleihin käsitteisiin** ei liity suoraan havaittavia ominaisuuksia (Herron ym. 1977) esimerkiksi alkuaine, molekyyli (vesi), säteilyenergia (aurinko) ja ilma. Käsite voi saada eri merkityksen, toisin sanoen sama termi voi olla sekä konkreettinen että formaalinen esimerkiksi vesi nesteinä ja molekyylinä.

Haapasalon (1997) mukaan **käsite** voidaan ymmärtää yksilön henkisenä rakenteena tai kulttuurissa yhteisesti hyväksyttynä ilmauksen merkityksenä. Yksilö muodostaa käsitteestä käsityksen. Käsityksistä rakentuu yksilöllinen **skeema** eli tietorakenne (Piaget 1978). Oppilas muodostaa jo ennen kouluikää kokemustensa ja käsitystensä pohjalta *intuitiivisia malleja* ilmiöille ja tapahtumille (Osborne 1985, Ahtee 1994, Tynjälä 1999, Palmer 1998). Oppilas hahmottaa asioita tai selittää ja ymmärtää maailmaa luomiensa skeemojen kautta (Hakkarainen 2001). Intuitiiviset mallit ovat vakaita ja muutosta vastustavia (Mikkilä & Olkinuora 1995, Tirosh ym. 1998, Mintzes ym. 2001).

Skeemat muodostuvat **viitekehysteorioista** ja **spesifisistä teorioista** (Vosniadou & Ioanides 1998). Viitekehysteoriat ovat naiiveja tiedostamattomia käsityksiä asioiden ominaisuuksista ja tiedonluonteesta. Nämä käsitykset ohjaavat tieteelliseen tietoon pohjautuvien spesifisten teorioiden eli tieteellisten mallien luomista. Spesifiset teoriat asioista ja ilmiöistä muodostuvat kokemuksen kautta rakennetuista oletuksista ja uskomuksista. Viitekehysteoriat ohjaavat havaintojamme ja antavat puitteet, joiden avulla rakennamme spesifisiä teorioita havaintojen kohteesta.

Käsitteellinen rikastuminen

Oppilas lisää ja muokkaa omia skeemoja eli tapahtuu käsitteellistä rikastumista (Hamilton & Ghatala 1994, Vosniadou 1994, Hakkarainen 2001). Piaget'n mukaan uusi tieto *sulautetaan eli assimiloidaan* yksilön aiempien tietorakenteiden skeemoihin. Vosniadou (1994) nimeää edellä mainitun tapahtuman skeemojen *rikastamisena (enrichment)*. Oppilaan omaksumien käsitteiden merkitys täsmentyy ja tarkentuu, siihen voi liittyä pieniä muutoksia käsitteiden välisissä suhteissa.

Oppilas voi muodostaa käsitteistä *synteettisiä malleja* eli hän sovittaa oman intuitiivisen käsityksen yhteen opetuksessa tarjottuun tieteelliseen käsitykseen, vaikka ne ovat ristiriidassa keskenään (Vosniadou 2007). Näistä käsityksistä on nähtävissä oppilaan yritys sulauttaa aiemmat tietorakenteet uuteen informaatioon, jolloin tieteellinen tieto muuttuu joko rinnakkais tiedoksi tai sekoittuu ei tieteellisen aiemman tiedon kanssa (Mikkilä & Olkinuora 1995, Palmer 1998).

Oppimisprosessin suurin haaste on tilanteessa, jossa uuden tiedon omaksuminen edellyttää viitekehysteorioiden käsitysten muuttamista (Vosniadou 1994). Jos oppilas ei kykene tässä tilanteessa muuttamaan viitekehysteorioiden opittavaan asiaan liittyviä perusoletuksia, on hyvin mahdollista, että syntyy väärinkäsityksiä. Oppilas voi tällöin osoittaa kokeissa hallitsevansa kyseisen tieteellisen käsityksen, vaikka todellisuudessa arkitiedolla on vahva asema (Hamilton & Ghatala 1994).

Käsitteellinen muutos

Jos uusi tieto poikkeaa oppilaan tietorakenteista, hänen täytyy *mukauttaa* eli *akkomotoida* uusi tieto vanhaan tietoon eli tapahtuu käsitteellinen muutos (Piaget 1978, diSessa & Sherin 1998, Vosniadou 1991, 2007). Piaget'n (1978) mukaan käsitteellisen muutoksen edellytys on konflikti aiempien tietorakenteiden ja uuden tiedon välillä. Kuitenkin *käsitteellisen konfliktin* eli ristiriidan luomiseen keskittyvissä konstruktivistisissä tutkimuksissa on havaittu konfliktin tuottamisella olevan heikohko merkitys yksilön käsitysten muuttumiselle (Osborne 1996, Sormunen 1998). Vosniadou (1994) mukaan skeemaa täytyy *tarkastaa ja muovata* (revision). Uusi tieto aiheuttaa vallitsevien skeemojen muuttumisen eli oppilaan täytyy muuttaa omia tietorakenteitaan (oppiminen) (Hamilton & Ghatala 1994, Vosniadou 2007). Tämä tarkistus ja muovaamisprosessi tapahtuu viitekehys- tai spesifien teorioiden pohjalta.

Käsitteellinen rikastuminen ja muutos konstruoinnin yhteisprosessina

Käsitteellinen muutos (mukauttaminen) on hidas prosessi verrattuna käsitteelliseen rikastumiseen (sulauttaminen) (Vosniadou & Ioannides 1998). Sulauttamista ja mukauttamista ei voida selkeästi erottaa toisistaan, vaan oppiminen on niiden yhteisprosessi. Esimerkiksi ihmisellä on skeema syömisestä ruokailuvälineillä (veitsi, haarukka, lusikka) (Hamilton & Ghatala 1994). Hän joutuu tilanteeseen, jossa ruokailuvälineinä ovat syömäpuikot. Hän yrittää

syödä puikoilla kuten haarukalla ja veitsellä eli käyttää skeemaansa uudessa tilanteessa (assimilaatio). Syöjä huomaa skeeman toimimattomuuden, jolloin hän pyytää ohjausta. Hän pyrkii syömään ohjauksen mallin mukaisesti samalla laajentaen ruokailuvälineillä syömistä koskevan skeemansa käsittämään myös syömäpuikot (akkomodaatio).

2.4.3 Merkityksellinen ymmärtävä oppiminen

Oppiessaan oppilas antaa käsitteille uusia merkityksiä. Törmän (2001) mukaan merkitys on keskeinen käsite oppimisprosessin ymmärtämisessä. Niiniluoto (2002) toteaa, että termillä merkitys on useita eri käyttötapoja. Sama termi voi saada useita eri merkityksiä eri asiayhteyksissä (Palmer 1998, Törmä 2001, Leinonen 2003) esimerkiksi kuluttaja ekosysteemissä tai yhteiskunnassa. Oppiminen nähdään oppilaan merkitysten jäsentymisenä ja merkitysyhteyksien kasvuna (Törmä 2001). Oppilaan täytyy pyrkiä aktiivisesti tunnistamaan omia merkitysyhteyksiä ja niiden pätevyyttä voidakseen jäsentää merkityksiä.

Novak (1998) painottaa merkityksellisen oppimisen ymmärtävää ja tulkitsevaa luonnetta. Hänen mukaansa merkityksellisen oppimisen tunnuspiirteitä ovat ajattelun, tuntemisen ja toimimisen konstruktiiivinen integroituminen, joka johtaa oppilaan sitoutumisen ja vastuun vahvistumiseen omasta oppimisestaan. Leinosen (2002) mukaan tietäminen voi olla yksittäisten väitteiden ja asioiden hallitsemista, kun taas ymmärtämisen taustalla jäsentävinä tekijöinä ovat näkemykset, yleistyksiset ja teoriat (Gagne 1965). Oppiminen on ymmärtävää, kun tieto on sidottu käyttökelpoiseen muotoon oppilaan tietorakenteisiin (Barak ym. 1999).

Merkityksellinen ymmärtävä oppiminen on ulkoa oppimisen vastakohta (Ausubel & Robinson 1969). Merkityksellisten yksittäisten tapauskohtaisten tietojen ja väitteiden taltioiminen yksilön tietorakenteeseen johtaa tiedon sirpaloitumiseen (Leinonen 2002). Sirpalemaisesta tiedosta ei rakennu jäsentynyttä tietorakennetta, ja näin ollen oppiminen ei ole ymmärtävää.

Novakin (1998) mukaan merkityksellisellä oppimisella on kolme perusvaatimusta. Oppilaalla tulee olla aiempaa tietoa, joka on relevanttia tiedonantajan antaman uuden informaation kannalta. Toisin sanoen opittavan aineksen on oltava relevantissa suhteessa oppilaan kognitiiviseen struktuuriin eli tietorakenteisiin, mikä mahdollistaa ymmärtävän oppimisen (Ausubel & Robinson 1969). Toiseksi oppimisessa tarvitaan merkityksellistä materiaalia, joka tuo esille olennaiset käsitteet ja lähtökohdat (Novak 1998). Materiaalin tulee olla oppilaalle ymmärrettävää, helppolukuista ja selkeää. Sen tulee tarjota riittävästi haasteita, jotta oppilas kyseenalaistaa ja pyrkii muuttamaan omia merkityksiään. Kolmantena edellytyksenä on, että oppilas valitsee merkityksellisen oppimisen (Novak 1998). Oppilaan on oltava aktiivinen, hänen tulee tehdä tietoinen valinta suhteuttaakseen uutta tietoa tietoon, joka hänellä jo ennestään on (Piaget 1978, Vygotsky 1978, Tynjälä 1999, Kauppila 2007).

3. OPETUS

3.1 Konstruktivismi opetuksen lähtökohtana ja perustana

Opetuksessa tulee huomioida opetussuunnitelman käsitys oppimisesta. Opetuksen perusajatus on, että oppilas omien ajattelu- ja tietorakenteidensa avulla hahmottaa ja muodostaa omista havainnoistaan, kokemuksistaan ja tiedoistaan uusia käsitteitä (Opetushallitus 2004).

Rauste-von Wrightin ja von Wrightin (2000) mukaan konstruktivismi ei ole tietty opetusmenetelmä. Vaikka opettajan opetus- ja oppimisnäkemys on konstruktivistinen, hän voi

käyttää hyväksi muita näkemyksiä ja malleja opetuksen suunnittelussa ja toteutuksessa (Astonington & Pelletier 1996, Sormunen ym. 1998). Konstruktivismin edellytysten pohjalta rakennettu opetus vahvistaa ja kehittää oppilaan ajattelu- ja tietorakenteita (Tynjälä 1999, Lehto 2005, Wu & Tsai 2005). Tynjälän (1999) mukaan metakäsitteellisen tietoisuuden herättäminen eli oppilaan omien käsitysten näkyväksi tekeminen ja niistä tietoiseksi tuleminen on opetuksen lähtökohta. Oppimisen eli käsitteellisen rikastumisen ja muutoksen ehtona on oppilaan omakohtainen ja aktiivinen yritys ymmärtää opetettavaa asiaa (Vosniadou 1994).

3.2 Opetuksen tavoitteet

3.2.1 Yleiset tavoitteet

Opetussuunnitelman perusteet (Opetushallitus 2004) määrittää opetuksen tavoitteet, jotka ohjaavat opetuksen suunnittelua ja toteutusta. Jerosen (2005) mukaan tavoitteilla on kolme perustarkoitusta. Ensinnäkin ne ohjaavat opetuksen suunnittelua ja toteutusta. Toiseksi ne luovat opetuksen ja tulosten arvioinnin perustan ja kolmanneksi oppijan huomio on kiinnitettävä opittavan asian oleellisiin kohtiin. Opetuksen tavoitteet voidaan luokitella tieto- ja ajattelutavoitteisiin, taitotavoitteisiin sekä tunne- ja asennetavoitteisiin. Laadukas tavoitteellinen opetus luo edellytykset mielekkäälle ja ymmärtävälle oppimiselle (Leinonen 2002).

Bloom (1971) jaottelee tieto- ja ajattelutavoitteet kuuteen hierarkkiseen tasoon (Taulukko 1). Tasot ovat alimmasta alkaen tietäminen (knowledge), ymmärtäminen (comprehension), soveltaminen (application), analysoiminen (analysis), syntetisoiminen (synthesis) ja arvioiminen (evaluation). Mitä ylemmäksi hierarkiassa nousee, sitä syvällisempää (1.2.1) oppilaan oppiminen on.

Taulukko 1. Tieto- ja ajattelutavoitteet Bloomin (1971) tavoitetaksonomiaa mukaillen. Oppiminen syvenee siirryttäessä hierarkiassa tasolta toiselle suunnassa yhdestä kuuteen.

6. Arvioiminen: kyky arvioida kriittisesti tiettyjen kriteereiden pohjalta asioiden ja aineistojen oikeellisuutta

5. Syntetisoiminen: kyky asiakokonaisuuksien yhdistelyyn

4. Analysoiminen: kyky jakaa kokonaisuudet osakokonaisuuksiin, osakokonaisuuksien välisten yhteyksien ymmärtäminen kokonaisuus huomioiden

3. Soveltaminen: kyky käyttää menetelmiä ja käsitteitä uusissa tilanteissa

2. Ymmärtäminen: kyky muuttaa tieto toiseen muotoon ja tiedon ilmaiseminen ”omin sanoin”

1. Tietäminen: kyky muistaa ja palauttaa asioita mieleen

3.2.2 Biologian tavoitteet

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden (Opetushallitus 2004) mukaan, ”*biologian opetuksen tulee perustua tutkivaan oppimiseen ja kehittää oppilaan luonnontieteellistä ajattelua*” ja oppilaalta edellytetään päättöarvioinnissa taitoa, ”*Oppilas osaa selostaa*

fotosynteesi ja kuvata sen merkityksen eliökunnan kannalta”.

Biologian opetukselle on asetettu valtakunnalliset ikäryhmätavoitteet (Opetushallitus 2004). Kolmas- ja neljäsluokkalaisten tulee oppia hahmottamaan elottoman ja elollisen luonnon peruspiirteet. Viides- ja kuudesluokkalaisten tulee oppia, ”...*tunnistamaan eliölajeja, ymmärtämään eliöiden ja niiden elinympäristöjen välistä vuorovaikutusta sekä arvostamaan ja vaalimaan luonnon monimuotoisuutta*” (Opetushallitus 2004). Seitsemännestä yhdeksään luokkalaisten tulee oppia ymmärtämään luonnon perusilmiöitä sekä kyetä tutkimaan ja havainnoimaan luontoa.

Opetuksen tehtävänä on saada oppilas käyttämään luonnontieteelle ominaisia työskentelytapoja ja teorioita sekä omaksumaan luonnontieteellinen ajattelutapa (Ahtee 1994, Driver ym. 1994, Julkunen 1997). Hamilton & Ghatala (1994) määrittelevät tieteellisen ajattelun kyvyksi ratkaista ongelmia systemaattisesti arvioiden ja yhdistellen vallitsevia tietoja.

Saavuttaakseen luonnontieteellisen ajattelutavan, tulisi oppilaan oppia ottamaan ajattelussaan, tekemisessään ja toiminnassaan huomioon *realiteetit* eli luonnontieteellisen kulttuurin ja sen käsitteet (Julkunen 1997). Hänen tulisi oppia *arvostelemaan* ja *kritisoimaan* tarjottua tietoa tosiasioiden eli luonnontieteellisen tiedon *perusteella*; *analysoimaan* erilaisia ilmiöitä ja tilanteita sekä *erottamaan* niissä olennaiset reaaliset asiat (Hakkarainen ym. 2005). Hänen tulisi oppia myös *soveltamaan* yleisiä luonnontieteen periaatteita ja teorioita käytäntöön, *tarkastellen* niiden pätevyyttä *kriittisesti* tosiasioiden valossa.

3.3 Laadukas konstruktivistinen biologian opetus

3.3.1 Oppiaineen hallinta ja didaktiikka

Laadukas biologian opetus on hyvin suunniteltua, johdonmukaista ja tavoitteellista (3.2.1) (Eloranta ym. 2005). Opettajan oppiaineen hallinta ja didaktiset taidot mahdollistavat edellytysten täyttymisen (Enkenberg 1985, Hirsjärvi & Huttunen 1991, Hatano & Inagaki 1996, 1997) opettajan huomioidessa miten oppilas ajattelee ja miksi hän ajattelee niin (Osborne & Freyberg 1985).

Opettaja on tieteellisen tiedon antaja, oppimistilanteen järjestäjä, oppimisen ohjaaja sekä oppimisprosessin tukija ja motivoija (Osborne & Freyberg 1985, Rauste-von Wright & von Wright 2000, Kauppila 2004, 2007, Vosniadou 2007). Hänen tulee työtapoja ja opetusmuotoja valitessaan huomioida oppilaiden ikä ja erilaisuus oppijoina (Vosniadou & Ioannides 1998, opetushallitus 2004). Opettajan tulee huomioida edellä mainitut asiat luodakseen mahdollisuuden mielekkääseen sekä merkitykselliseen ja ymmärtävään oppimiseen (Cosgrove & Osborne 1985).

Ongelmakeskeinen opetus

Koulussa oppilaan luonnontieteellistä ajattelua voidaan kehittää ongelma-keskeisellä opetuksella (Opetushallitus 2004). *Ongelma- perusteinen oppiminen* (problem-based learning), *projektioppiminen* (Kauppila 2007), *keksivä oppiminen* ja *tutkiva oppiminen* ovat konstruktivistista oppimiskäsitystä tukevia ajattelutapoja, ei työmuotoja tai -menetelmiä (Lehto 2005).

Uusikylän ja Atjosen (2000) mukaan tutkiva oppiminen luo oppijalle mahdollisuuden itse havainnoida, kysyä, tulkita, päätellä, tehdä kokeita ja käyttää aisteja monipuolisesti. Tutkivan oppimisen pohjana on tiedon parissa toimiminen (Hakkarainen ym. 2005). Oppilas oivaltaan havaintoja tehdessään ilmiöitä yhdistäviä ja erottavia piirteitä (Enkenberg 1985),

joiden kautta hän oppii kuvaamaan ilmiöitä teoreettisten käsitteiden avulla (Uusikylä & Atjonen 2000). Tutkivassa oppimisessa ei yleensä ole selkeää alkua ja loppua, vaan toiminta luo jatkuvasti uusia kysymyksiä (Hakkarainen ym. 2005). Kysymysten ja ajatusten yhteinen työstäminen syventää tietämystä opittavasta asiasta eli muokkaa oppilaan skeemoja (Piaget 1978).

Konstruktivismissa luonnontieteellisen tiedon luomisessa korostetaan edellä mainittuja yhteistoiminnallisia keskusteluun ja neuvotteluun perustuvia työmuotoja (Osborne 1996). Tutkimustulokset osoittavat, ettei tällaisen konstruktivismiin korostama lähestymistapa sovi läheskään kaikille oppilaille (Hakkarainen 2001, Lehto 2005). Usein unohdetaan mahdollisuudet demonstroivaan, esittävään ja kertovaan opettamiseen (Sormunen ym. 1998). Opettajan tieteellistä näkemystä ilmentävillä kertomuksilla ja demonstraatioilla sekä katsomisella on tehtävä käsitysten muuttumisessa, oppimisessa.

3.3.2 Oppimisen haasteisiin vastaaminen opetuksella

Piaget'n (1978) mukaan lapsen sosiaalinen, henkinen ja fyysinen kehitys etenevät käsi kädessä, eikä lapsi voi oppia kehitystasoonsa nähden liian monimutkaisia asioita. Ajattelun kehittyminen on sidoksissa oppijan **ikä**n. Vygotsky (1978) näkee ajattelun kehittymisen olevan sidoksissa kielen kehittymiseen ja tarjottuihin virikkeisiin. Hänen mukaansa lapsi pystyy iästä riippumatta oppimaan, jos häntä tuetaan ja ohjataan oppimisprosessissa. Opetuksen haasteena on tunnistaa oppilaan **ajattelun taso** ja kyetä tukemaan jokaisen oppilaan oppimista (Vosniadou 2007).

Opetuksen haasteena on **oppijoiden erilaisuus** (Enkenberg 1985). Oppilaan oppimiseen vaikuttavat hänen taustatekijänsä ja oppimisprosessinsa (Kuva 2) (Tynjälä 1999). Oppilaiden heterogeenisyys luo haasteita sille, kuinka motivoida, ohjata sekä tukea jokaista oppilasta kehittymään kohti konstruktivismiin mukaista oppimisprosessia.

Konstruointiprosessi on pääpiirteiltään kaikilla oppijoilla samanlainen, mutta tietorakenteet ovat yksilöllisiä (Rauste-von Wright & von Wright 2000). Jokainen oppija konstruoi uudet käsitteensä omien ainutlaatuisten jo olemassa olevien ajattelu- ja tietorakenteidensa pohjalta (Neisser 1982, Ahtee 1994, Ojanen 2000). Oppilaan yksilöllistä oppimisprosessia voi tukea esittämällä hänelle ajattelua tukevia kysymyksiä esimerkiksi: mitä sinä tarkoitat, perustele näkemyksesi?, Antaisitko esimerkkejä? ja Miten kuvailisit asiaa/ilmiötä? (Driver ym. 1994).

Oppilaan **aiemmat kokemukset** ja **tiedot** ohjaavat hänen havaintojaan ja ajatteluaan opetustilanteessa (Tynjälä 1999, Ahtee 2004). Opettajan tulee tiedostaa oppilaan arkitietoon ja aiempaan opetukseen perustuvat käsitykset opetettavasta asiasta (Mezirow 1995, Rauste-von Wright & von Wright 2000, Özay & Öztas 2003). Hänen on selvitettävä oppilaan tiedot ja ennakkokäsitykset ennen opetusta (Ahtee 1994, 1998). Tietäessään oppilaan tiedollisen lähtötilanteen opettajalla on edellytykset luoda ja tarjota yksilöllisiä tarpeita vastaava mielekäs oppimistilanne (Mezirow 1995, Rauste-von Wright & von Wright 2000, Özay & Öztas 2003) ja välttää synteettisten mallien syntyminen (Vosniadou 2007).

Opetuksen alussa ja aikana tehtävä *diagnostinen testi* on yksi hyvä tapa selvittää ja arvioida oppilaan tieto- ja ajattelutasoa (Enkenberg 1985, Osborne & Freyberg 1985, Özay & Öztas 2003). Testi on myös hyvä tapa saada oppilas hämmentymään, kiinnostumaan ja innostumaan aiheesta (PalMBERG 2004). Testin voi esimerkiksi toteuttaa pyytämällä oppilasta kirjoittamaan muutamassa minuutissa kaiken tietämänsä käsiteltävästä aiheesta (Lonka & Lonka 1991). Oppilasta voi myös pyytää luokittelemaan annettuja käsitteitä aiempien

tietämystensä pohjalta. Myös visuaalista konstruointia, esimerkiksi miellekarttaa, voidaan käyttää arvioimaan oppilaan ymmärrystä, oppimista ja opetusta (Kinchin 2000). Miellekartta auttaa selventämään ja syventämään ymmärrystä, ja se soveltuu eri-ikäisille ja tasoisille oppilaille. Opettaja voi myös hyödyntää aiempien tutkimusten ja omien kokemusten tuottamaa tietoa oppilaiden tieto- ja käsitysrakenteista (PalMBER 2004). Arvioinnin avulla opettaja pystyy ohjaamaan ja tukemaan oppilaan yksilöllistä ajattelun kehittymistä (Enkenberg 1985).

Opettajalla ja oppilaalla voi olla hyvin **erilainen käsitys** ja merkitys samasta termistä ja asiasta (Bell & Freyberg 1985), esimerkiksi yhteyttämisestä. Griffiths ja Thompson (1993) havaitsivat 13–16-vuotiailla oppilailla olevan ongelmia tieteellisen prosessin käsitteiden hallinnassa esimerkiksi hypoteesi, havainnointi ja ennustus. Opettajan käsitys perustuu tieteelliseen tietoon ja oppilaan arkitietoon, ja tästä seuraa yhteisen luonnontieteellisen kielen puuttuminen, joka on biologian opetuksen väline (Hatano & Inagaki 1996, Leinonen 2002).

Opetuksen haasteena on estää **tiedon sirpaloituminen** (Palmer 1998). Sirpaloituminen voi olla joko oppilaasta tai opettajasta lähtevää. Opettaja on voinut esittää hyvin perustellun tietoväitteen, jota oppilas vain ei tavoita vajavaisten taustatietojen vuoksi (Leinonen 2002). Opettajan tarkoittama merkitys ei välity oppilaalle, vaan oppilas tulkitsee ja vastaanottaa viestin eri tavalla (Törmä 2001). Toisaalta opettajan esittämä uutta tietoa sisältämä lause voi olla oppilaalle osittain tai kokonaan outo merkkien joukko (Leinonen 2002). Oppilaan on vaikea vastaanottaa uutta tietoa ja väitteitä, jos hänellä ei ole aavistusta mihin kohtaan ja ympäristöön uusi tieto hänen tietorakenteissaan sijoittuu (Palmer 1998).

Opettajan tulee konstruoida opetustilanteessa esitettävä tieteellinen tieto johdonmukaisiksi ydinaineiksi (sisältää keskeiset käsitteet) sisältäviksi selkeiksi ja loogisiksi osakokonaisuuksiksi (Enkenberg 1985, Astington & Pelletier 1996, Vosniadou & Ioannides 1998, Jeronen 2005). Konstruoinnin pitää perustua opettajan ja oppilaan yhdessä luomalle luonnontieteelliselle kielille (Astington & Pelletier 1996). Luonnontieteellisten oppiaineiden integrointi tukee luonnontieteiden yhteisen kielen muodostumista ja tiedon konstruointia (Ahtee 1994, Sormunen ym. 1998).

Opetuksen haaste on oppilaan intuitiivisten ja synteettisten mallien haastaminen ja muuttaminen **tieteellisen** näkemyksen mukaisiksi **malleiksi** (Ahtee 1994, Mintzes ym. 2001, Alparslan ym. 2003, Vosniadou 2007). Oppilaan aikaisemmat tiedot ja opettajan esittämä tieteellinen tieto voivat aiheuttaa oppilaan tietorakenteisiin ristiriidan, josta voi seurata synteettisen mallin syntyminen (1.4.2). Opettajan toimiessa oppimisprosessin ohjaajana tämä voidaan välttää (Leinonen 2002). Opettajalla on tärkeä tehtävä auttaa oppilasta säilyttämään aktiivinen rooli oppimiseensa (Eloranta 2005).

Lord (1999) on havainnut oppilaiden oppivan opettavan aiheen keskeiset käsitteet paremmin, kun heidän annettiin ensin pohtia asiaa ja määritellä ilmiötä, jonka jälkeen tieteellinen käsite esiteltiin heille, kuin oppilaat joille käsite annettiin ensin. Yenilmez'in ja Tekkaya'n (2006) mukaan oppilaalle on annettava riittävästi aikaa määritellä käsitteensä ja tutkia olemassa olevien käsitystensä pitävyyttä kyetäkseen omaksumaan tieteelliseen tietoon pohjautuvan selityksen käsitteelle. Tietorakenteiden muokkaaminen ja uudelleen järjestely edellyttää käsitteiden erittelyä ja niiden välisten suhteiden tarkastelua ja jäsentämistä (Novak 1998). Asian opettaminen top-down menetelmällä estää synteettisten mallien syntymisen ja mahdollistaa asian täydellisen ymmärtämisen (Vosniadou 2007).

Opettajan tulee **motivoida** ja ohjata oppilasta hänen **metakognitiivisten taitojensa kehittämisesä** (Duell 1986, Tirosh ym. 1998, Vosniadou & Ioannides 1998, Tynjälä 1999, Kauppila 2007). Opettaja motivoi oppilaan opettettavaan asiaan tekemällä hänet tietoisiksi omista käsityksistään ja niiden perusteista (Hatano & Inagaki 1996, 1997, Goman & Perttula

1999, Kauppila 2007). Oppimismotivaation ylläpitämiseksi annettava tieto tulee suhteuttaa oppilaan ajattelutasoon (Tynjälä 1999) ja sitoa hänen maailmaansa (Enkenberg 1985, Ojanen 2000) ja maapallon historiaan (Sander 2006). Näin oppilaalle avautuu mahdollisuus muodostaa opittavasta asiasta kokonaisuus, jolloin uudesta tiedosta tulee oppilaan kannalta merkittävää ja järkevää (Ahtee 1994, Mezirow 1995, Vosniadou & Ioannides 1998, Mintzes ym. 2001).

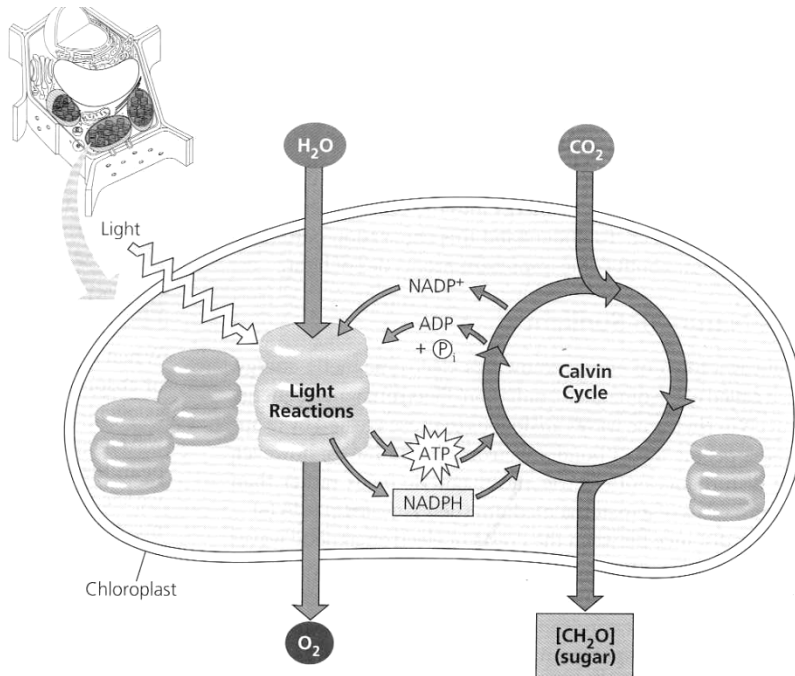
4. YHTEYTTÄMINEN ELI FOTOSYNTeesi

4.1 Biologinen ilmiö ja kemiallinen prosessi

4.1.1 Fotosynteesin perusteet

Elämän energian lähde on pääosin auringon kaasupurkausprosessien tuottama säteily. Vain osa maapallon organismeista kykenee sitomaan auringon säteilyenergiaa elintoimintojensa käyttöenergiaksi. Tätä säteilyenergian sitomista kutsutaan fotosynteesiksi (Campbell ym. 2008), jossa materiaalia muokataan valon avulla (Beadle ym. 1985). Fotosynteesin mahdollistavat erityiset eliöiden soluissa sijaitsevat yhteyttämispigmentit. (Campbell ym. 2008) Yhteyttämispigmenttejä esiintyy monissa erilaisissa elinolosuhteissa elävillä bakteereilla, levillä ja kasveilla (Mathis & Rutherford 1987). Vaikka taksonomisesti yhteyttämiskyky on hyvin erilaisilla eliöillä, on fotosynteesiprosessin perusrakenne kaikilla sama. Fotosynteesiprosessin eri osissa esiintyy vain vähäistä muuntelua.

Viherhiukkaset ovat soluelimiä, jotka sisältävät **fotosynteesipigmenttiä** ja kykenevät sitomaan auringon säteilyenergiaa (Newcomb 1990). Viherhiukkasella on ulkokalvorakenne, jonka sisäpuolella on kerrostuneita levymäisiä lamellirakenteita (Gibbs 1971) (Kuva 4). Näitä sisärakenteita kutsutaan thylakoidikalvoiksi (thylakoideiksi).



Kuva 4. Viherhiukkasen rakenne ja toiminta (Campbell ym. 2008). (Light reactions=valoreaktiot, Calvin cycle=Calvinin kierto)

Viherhiukkasia ja fotosynteesipigmenttiä esiintyy pääosin mesofyllisoluisissa kasvien lehtien, ruohovartisilla myös varsien, yhteyttämislukoissa. Säteilyä absorboivat fotosynteesipigmentit sijaitsevat tasaisesti jakaantuneina viherhiukkasen thylakoidikalvoilla (Prezelin & Nelson 1990). Fotosynteesipigmenttejä on useita erilaisia ja niiden optimaalinen absorptioaallonpituus vaihtelee (Mathis & Rutherford 1987) aallonpituuksien 400-700 nm välillä (Prezelin & Nelson 1990). Yksi tärkeimmistä pigmenteistä on klorofylli-a (Nobel 1983). Pigmenttien lisäksi viherhiukkasen säteilyenergian sitomisessa tarvitaan entsyymejä (Gibbs 1971). Nämä entsyymit sijaitsevat joko viherhiukkasessa tai sen välittömässä läheisyydessä mesofyllisolussa.

Fotosynteesi on energian muunnosprosessi, jossa auringon säteilyenergia muunnetaan kemialliseksi energiaksi NADPH:n ja ATP:n kautta hiilidioksidista (CO_2) muodostettaviin orgaanisiin molekyyliin, hiilihdraatteihin (Froti 1987). Pelkistäen voidaan esittää, että viherhiukkasen pigmenttien absorboimaa säteilyenergiaa käytetään epäorgaanisen hiilen (CO_2) muokkaamiseksi orgaaniseksi hiiliyhdisteiksi, hiilihdraateiksi (Campbell ym. 2008). Fotosynteesiin tarvittavan hiilen kasvit saavat hiilidioksidina ilmasta tai vedestä joko hiilidioksidina tai vetykarbonaattina (HCO_3^-) (Nobel 1983).

Fotosynteesiprosessi on hyvin energiatehokas (Mathis & Rutherford 1987). Absorboitava säteilyenergia sijaitsee fotoneissa, joiden energiasta noin 40 % muuntuu fotosynteesiprosessissa kemialliseksi vapaaksi energiaksi. Kemiallisesti reaktio voidaan esittää hapetuspelkistysreaktiona (Beadle ym. 1985). ($\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{säteilyenergia} + \text{pigmentti} \rightarrow [\text{CH}_2\text{O}]_x + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$). Reaktiossa vesi hapetetaan, eli vety ja happi lohkaistaan erilleen, ja hiilidioksidi pelkistetään hiilihdraatiksi. Reaktioon tarvittavan veden kasvi saa pääosin juuriensa välityksellä maavedestä (Kramer 1983). Lisäksi kasvien orgaaniseen rakenteeseen liittyy myös typpeä ja rikkiä fotosynteesireaktioissa (Beadle ym. 1985).

Fotosynteesi alkaa pigmenttisolujen absorboidessa säteilyn, fotonien, energian (Prezelin & Nelson 1990) ja päättyy hiilihydraatin muodostumiseen. Prosessi voidaan jakaa vettä kuluttavaan valoreaktioon ja hiilidioksidia kuluttavaan pimeäreaktioon eli Calvinin kiertoon (Campbell ym. 2008). Prosessissa valoreaktio on kemiallinen ja Calvinin kierto biokemiallinen energianmuutosprosessi (Nobel 1983).

Valoreaktiot tapahtuvat viherhiukkaseen thylakoidikalvoilla (Newcomb 1990). Viherhiukkasten pigmenttimolekyylit virittyvät fotoneiden (säteily) törmätessä niihin (Nobel 1983). Viritystilän purkautuminen vapauttaa energiaa, joka varastoidaan elektroninsiirtoketjun ja fosforylaation kautta NADPH- ja ATP-molekyyleihin.

Säteilyenergian muuttaminen NADPH:n ja ATP-molekyylin väliaikaiseksi varastoenergiaksi (Prezelin & Nelson 1990) tapahtuu kaikilla yhteyttävillä organismeilla toimivan pigmenttimolekyylin katalysoimana (Beadle ym. 1985). Klorofylli-a:n tehtävä on valoreaktiossa katalysoida veden hajotusreaktiota. Hajotusreaktion kautta säteilyenergia saadaan muutettua NADPH:n pelkistysenergiaksi sekä sidottua ATP:n kemiallisen energian varastoksi. Osa energiasta käytetään AMP fosforyloimiseen ATP:ksi, jolloin energia varastoituu ATP molekyylin fosforisidoksiin ja on hallitusti luovutettavissa Calvinin kierrossa (Prezelin & Nelson 1990). Saatu energia siirtyy käytettäväksi Calvinin kierrossa sokerin valmistukseen (Beadle 1985).

Calvinin kierron periaate on kaikilla yhteyttävillä organismeilla sama (Beadle ym. 1985) ja se tapahtuu viherhiukkasen thylakoidikalvon ympäröimässä sisäosassa (Newcomb 1990). Kierto on 12 entsyymien katalysoima reaktiopolkku (Gibbs 1971), jossa rubiskoentsyymien tehtävä on katalysoida reaktiossa sitoa hiilidioksidia ja syntetisoida hiili-hiili sidoksia (Beadle ym. 1985). Nämä reaktiot kuluttavat energiaa (Gibbs 1971), joka saadaan valoreaktiosta ATP:nä ja NADPH:na (Beadle ym. 1985). Pääosa tästä energiasta kuluu hiilihydraatin valmistukseen hiilidioksidista mutta myös typen ja rikin metabolia Calvinin kierrossa kuluttaa huomattavasti energiaa (Beadle ym. 1985).

4.1.2 Kasvit tuottajina

Ekosysteemi muodostuu tietyn paikan eliöyhteisöstä ja elottomasta luonnosta, jossa energia virtaa ja aine kiertää (Hanski ym. 1998, Krebs 2001). Ekosysteemissä tuottajat eli yhteyttävät organismit sitovat ja muokkaavat fotosynteesillä energiaa orgaanisiin hiiliyhdisteisiin (hiilihydraatit). Tuottajat käyttävät hiilihydraatteihin sitomaansa energiaa soluhengitykseen ja kasvuun (biomassa) (Beadle ym. 1985). Sidottu energia virtaa ekosysteemin ravintoverkossa yhteyttäviltä organismeilta kasvinsyöjille, lihansyöjille ja hajottajille (Leach ym. 1996, Ray & Bardsley 2008), kun nämä eriaisteiset kuluttajat käyttävät tuottajien biomassaa energian lähteenään (mm. aineenvaihdunta, kasvu, lisääntyminen) (Campbell ym. 2008). Fotosynteesiprosessin sivutuotteena ilmakehään vapautuu happea (Beadle ym. 1985). Näihin perustuen fotosynteesi on edellytys nykymuotoiselle elämälle maapallolla (Ray & Bardsley 2008).

4.2 Yhteyttämisen oppiminen ja oppilaiden käsitykset

4.2.1 Oppilaiden käsitykset yhteyttämisestä

Yhteyttämisen ja energian muutoksen ymmärtäminen on edellytys kasvi-, eläin- ja sienikuntien erojen sekä aineen kierron ja energian virtauksen (energiapyramidin) ymmärtämiselle (Hatano & Inagaki 1996, Leach ym. 1996, Ray & Beardsley 2008). Tämä auttaa ymmärtämään kulutus- ja hajotusprosesseja sekä aineen kiertoa ekosysteemissä (Ray & Beardsley 2008) eli oppilas käsittää kasvit tuottajiksi (omavaraisiksi) ja eläimet kuluttajiksi (toisenvaraisiksi) (Hatano & Inagaki 1996). On tärkeää ymmärtää, että yhteyttäminen säilöo hiilihydraatteihin energiaa polttoaineeksi kasvin käyttöön (Leach ym. 1996, Ray & Beardsley 2008). Yhteyttämisessä epäorgaaninen hiili muutetaan orgaaniseksi.

Oppilaiden yhteyttämisen ymmärtämistä on tutkittu yli 20 vuotta (Cañal 1999, Ekborg 2003, Özay & Öztas 2003, Marmaroti & Galanopoulou 2006, Yenilmez & Tekkaya 2006) (Taulukko 2). Tutkimuksissa on havaittu, että oppilailla on yhteneviä käsityksiä yhteyttämisestä eri puolilla maailmaa (Atram 1998).

Taulukko 2. Oppilaiden käsityksiä yhteyttämisestä aiempien tutkimusten pohjalta.

Aihe	Oppilaan käsitys	Tutkimukset
Energiäkäsitys ja kemiallinen prosessi	<ul style="list-style-type: none"> Energian muuttuminen muodosta toiseen on vaikeasti ymmärrettävä ilmiö Ei ymmärretä mistä energia on peräisin tai kemiallista prosessia, jossa sidotaan energiaa Viherhiukkasen rooli epäselvä 	Stylianidou & Boohan 1998 Cañal 1999 Carlsson 2002 Ekborg 2003 Özay & Öztas 2003 Marmaroti & Galanopoulou 2006
Auringon merkitys	<ul style="list-style-type: none"> Aurinko antaa valoa, sen avulla kasvi pysyy terveenä, vahvana, lämpimänä ja vihreänä sekä elossa Ilman valoa kasvi voi kuolla Aurinko nähdään vain valona ja lämpönä ei energiana 	Cañal 1999 Özay & Öztas 2003 Marmaroti & Galanopoulou 2006
Aineen muuttuminen	<ul style="list-style-type: none"> Ymmärretään lähtöaineet ja syntyvät tuotteet, mutta itse yhteyttämisen prosessi on epäselvä. Ei ymmärretä aineen kemiallista muuttumista eli miten epäorgaanisista yhdisteistä saadaan orgaanisia (sokeri). Viherhiukkasen rooli on 	Stavy ym. 1987 Mikkilä & Olkinuora 1995 Leach ym. 1996 Cañal 1999 Carlsson 2002 Erbert-May ym. 2003 Özay & Öztas 2003 Marmaroti & Galanopoulou 2006

	epäselvä	
Eloton ja elollinen	<ul style="list-style-type: none"> Kasvia ei nähdä elävänä, koska se ei esimerkiksi liiku. 	Stavy ym. 1987 Palmer 1998 Lin & Hu 2003 Marmaroti & Galanopoulou 2006
Kasvin merkitys	<ul style="list-style-type: none"> Ei ymmärretä kasvin valmistavan energiaa itselleen, vaan kasvi nähdään hyväntekijä, joka muita hyödyttääkseen tuottaa hapetta ja sokeria. 	Cañal 1999 Özay & Öztas 2003
Kasvin ravitseminen	<ul style="list-style-type: none"> Ravinnon uskotaan tulevan ympäristöstä, kasvin ulkopuolelta, lähinnä juurien kautta maasta. Kasvin biomassa nähdään tulevan kiinteistä aineista esimerkiksi vesi ja multa Kasvi ottaa ravinnon passiivisesti yleensä maasta 	Mikkilä & Olkinuora 1995 Leach ym. 1996 Cañal 1999 Erbert-May ym. 2003 Marmaroti & Galanopoulou 2006 Ray & Beardsley 2008
Hiilidioksidin merkitys Mistä hiili tulee kasviin?	<ul style="list-style-type: none"> Kasvi ottaa hiilen maasta. Hiilidioksidia käytetään hengittämiseen. Hiilidioksidin ottaminen nähdään hyväntekeväisyytenä. Hiilidioksidi on kasvin energianlähde. 	Leach ym. 1996 Erbert-May ym. 2003 Yenilmez & Tekkaya 2006
Hengitys, yhteyttäminen kaasujen vaihtoa	<ul style="list-style-type: none"> Yhteyttäminen ymmärretään kaasujen vaihtotapahtumana, joka on päinvastainen kuin eläimillä. Kasvi vaihtaa hiilidioksidia hapeksi. Ne kuolevat, jos eivät hengitä Yhteyttäminen kasvin hengittämistä Kasvit hengittävät silloin, kun ne eivät voi yhteyttää. Hengitys ja yhteyttäminen ovat vaihtoehtoisia tapahtumia. Kun ei ole valoa, kasvi hengittää ja päinvastoin. 	Leach ym. 1996 Cañal 1999 Özay & Öztas 2003 Marmaroti & Galanopoulou 2006 Yenilmez & Tekkaya 2006

Yhteyttämisprosessin ymmärtämisessä kaikista ongelmallisimpia kohtia ovat käsitteiden

energia (Stylianidou & Boohan 1998), *aine* (Stavy ym. 1987, Leach ym. 1996, Cañal 1999, Özay & Öztas 2003) ja *elollisuus* ymmärtäminen (Stavy ym. 1987, Palmer 1998, Lin & Hu 2003, Marmaroti & Galanopoulou 2006). Tutkimuksissa on todettu, että energiakäsitteen hallinta on edellytys yhteyttämisen ymmärtämiselle (Stylianidou & Boohan 1998, Cañal 1999, Marmaroti & Galanopoulou 2006).

Oppilailta on vaikeuksia hahmottaa *energian muuttuminen ja säilyminen* (säteilyenergian muuttuminen kemialliseksi energiaksi) (Stylianidou & Boohan 1998, Carlsson 2002, Özay & Öztas 2003). Toiseksi on vaikeuksia hahmottaa *aineen muuttuminen eli transformaatio* (esimerkkinä hiilidioksidi+vesi→sokeri) (Stavy ym. 1987, Leach ym. 1996, Carlsson 2002, Erbert-May ym. 2003). Kolmanneksi vaikeuksia esiintyy *elollisen ja elottoman luokittelussa*, joka on seurausta käsite-/luokittelujärjestelmien puutteesta (Stavy ym. 1987, Palmer 1998, Lin & Hu 2003, Marmaroti & Galanopoulou 2006).

4.2.2 Yhteyttämisen ymmärtämisen tasot

Oppilaiden käsitykset yhteyttämisestä voidaan jakaa **tietämiseksi** ja **merkitykselliseksi ymmärtämiseksi** (Leinonen 2002). Tietäessään oppilas osaa nimetä ja kertoa yhteyttämiseen tarvittavia aineita ja yhteyttämässä syntyviä aineita (ainekeskeisyys) (Barak ym. 1999) eli hän ymmärtää yhteyttämisen yksittäisinä käsitteinä. Oppilas ei osaa integroida kemiaa yhteyttämiseen eli hän ei käsitä sitä kemiallisena prosessina. Hän ei myöskään kykene yhdistämään yhteyttämistä ekosysteemin toimintaan.

Merkityksellisen ymmärtämisen saavuttanut oppilas osaa integroida biologian ja kemian eli hän ymmärtää yhteyttämisen kemiallisena prosessina (prosessikeskeisyys) (Barak ym. 1999). Oppilas ymmärtää yhteyttämisen olevan aineiden muuttamista ja energian sitomista auringon säteilyenergian avulla. Yhteyttämisen kokonaisvaltainen merkityksellinen ymmärtäminen vaatii sekä biologisen ilmiön että kemiallisen prosessin ymmärtämisen (Barak ym. 1999). Tämä ymmärrys mahdollistaa yhteyttämisen liittäminen laajempaan kokonaisuuteen (Stavy ym. 1987), ja sen merkityksen ymmärtäminen ekosysteemin kannalta (ravinnon valmistus, aineiden kierto) (Ray & Beardsley 2008).

Kahdeksaluokkalaisten (iältään 14–15-vuotiaita) oletetaan jo saavuttaneen formaalin ajattelutason (Piaget 1978). Leach ym. (1996) sekä Ray ja Beardsley (2008) ovat kuitenkin havainneet, että Piaget'n (1978) mukaisen formaalin ajattelutason saavuttaneilla oppilailta on ongelmia käsittää kasvin kasvun (massan) tulevan yhteyttämisen kautta näkymättömästä kaasusta ja vedestä. Leach ym. (1996) havaitsivat 16-vuotiaiden oppilaiden ymmärtävän mieluummin kasvun tulevan enemmän kiinteistä aineista kuten maasta.

Yhteyttämisen opettaminen

Yhteyttämisen opetuksessa tulisi liittää eri käsitteelliset näkökulmat toisiinsa, jotta oppilas pystyisi rakentamaan itselleen loogisen tietorakenteen yhteyttämisestä (Marmaroti & Galanopoulou 2006). Eri käsitteelliset näkökulmat voidaan liittää toisiinsa esimerkiksi toteamalla: koska auringon säteilyenergia on välttämätöntä yhteyttämislle, sitä tapahtuu vain päivällä tai koska viherhiukkaset ovat välttämättömiä, tapahtuu yhteyttäminen viherhiukkasissa. Lisäksi kemiallisen puolen esille tuominen biologisissa prosesseissa auttaa oppilasta yhdistämään biologian ja kemian tietoja toimivaksi tietorakenteeksi. Ekosysteemin toimintaa on vaikea ymmärtää, jos ei ymmärrä osakokonaisuuksia (Sander ym. 2006).

5. AINEISTOT JA MENETELMÄT

5.1 Tutkimuskohteet ja aineiston keruu

Tutkimuskohteena oli kaksi peruskoulun yläkoulun 8-luokkaa, toinen Jyväskylän Normaalikoulusta ja toinen Mikkelin Urheilupuiston koulusta. Normaalikoulun luokalla oli 20 oppilasta ja Urheilupuiston koulun luokalla 25 oppilasta. Tutkimuksessa opetusryhmille opetettiin yhteyttäminen viimeisen kerran peruskoulun aikana. Opetusta annettiin yhden kerran kaksi oppituntia (2x45 min). Opetus toteutettiin normaalissa koulun luokahuoneessa molemmille opetusryhmille samalla tuntisuunnitelmalla (Liite 1) (Liitteet 2, 3, 4), joka pohjautui opetussuunnitelman tutkivaa oppimista korostavaan (sosio)konstruktivistiseen oppimiskäsitykseen. Opettajana toimi Jyväskylän Normaalikoululla Maija Pajunen ja Mikkelin Urheilupuiston koululla Virve Mörsky. Tutkimuksen tiedonhankinnassa vastuualueet jaettiin osittain. Virve Mörsky keskittyi tiedonhankinnassa ulkomaalaisiin ja vieraskielisiin aineistoihin ja yhteyttämisen biologiseen taustoitukseen. Maija Pajunen keskittyi tiedonhankinnassa kotimaisiin artikkeleihin ja oppimisen taustoitukseen. Molemmat suorittivat tiedonhakuja opetuksen ja oppimisen alueilta konstruktivistisen teorian osalta. Molemmat perehtyivät kaikkiin tiedonhankinnassa löydettyihin materiaaleihin ja laadullisen tutkimuksen perusteisiin. Näiden tietojen ja hankitun tutkimusaineiston pohjalta työ tehtiin yhdessä työparina tietokoneen ääressä keskustellen ja kirjoittaen.

Aineisto hankittiin alkutestillä ja jälkitesteillä sekä soveltavalla testillä. Alkutesti tehtiin ensimmäisen oppitunnin alussa. Ensimmäinen jälkitesti (jälkitesti 1) tehtiin viikon kuluessa opetuksesta. Toinen jälkitesti (jälkitesti 2) ja soveltava testi tehtiin kahden kuukauden kuluttua opetuksesta. Alkutestissä ja jälkitesteissä oppilaille annettiin tyhjä paperi ja esitettiin kysymys ”Mitä yhteyttäminen on?”. Ohjeistuksena vastauksen antamiseen oppilaita kehoitettiin piirtämään ja kirjoittamaan kaikki asiasta tietämänsä viidessä minuutissa. Tutkimuksessa käytetty soveltava testi käsitti yhden monivalintatehtävän, joka koostui kuudesta oikein/väärin väitteestä (Liite 5). Aineisto kerättiin lukuvuoden 2009–2010 aikana.

5.2 Aineiston luokittelu ja käsittely

5.2.1 Määrällinen käsittely

Käsitteiden hallinta

Oppilaiden vastaukset analysoitiin sekä määrällisesti että laadullisesti (mixed method). Oppilaiden vastauksia käsiteltiin testeittäin (alkutesti ja jälkitestit) satunnaisessa järjestyksessä yhteisesti molempien opetusryhmien osalta. Käsitteiden hallinnalla (yksittäiset käsitteet, oppilaan hallitsemien käsitteiden kokonaismäärä) selvitimme opetuksen vaikutusta oppilaiden käsitteiden rikastumiseen ja muutokseen (1.4.2). Käsitteiksi valittiin seitsemän keskeistä yhteyttämiskäsitettä, joiden hallinta mahdollistaa yhteyttämisen syvällisen ymmärtämisen. Käsitteet olivat *aurinko (energia)*, *hiilidioksidi*, *vesi*, *happi*, *sokeri*, *sidosenergia* ja *viherhiukkanen*. Näiden käsitteiden valinta perustui opetuksen tavoitteisiin, jotka olivat yhteneviä perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden (Opetushallitus 2004) asettamien tavoitteiden (yhteyttäminen) kanssa (3.2.2). Alkutestissä ja jälkitesteissä selvitimme oppilaiden vastauksista käsitteiden hallintaa. Käsitteen katsottiin sisältyvän oppilaan vastaukseen, jos se oli oikein esitetty. Käsite ei sisältynyt vastaukseen, jos se puuttui tai oli esitetty virheellisesti. Oikein esitetty käsite oli kirjoitettu oikein ja liitetty asiayhteyteen

tieteellisesti totuudenmukaisesti esimerkiksi happi liitettiin yhteyttämistuotteisiin.

Ymmärrysluokittelu

Oppilaiden vastauksia käsiteltiin testeittäin (alkutesti ja jälkitestit) satunnaisessa järjestyksessä yhteisesti molempien opetusryhmien osalta. Oppilaiden yhteyttämisen ymmärtämisen ja ymmärtävän oppimisen (oppimisen laatu) (1.4.3) selvittämiseksi oppilaiden vastaukset luokiteltiin ymmärryksen tasoa kuvaaviin ymmärrysluokkiin. Alustava ymmärrysluokittelu laadittiin SOLO-taksonomian (Biggs 1996), Leiwon ym. (1987) kuvausjärjestelmän ja Bloomin (1971) tavoitetaksonomian pohjalta. Lopulliset ymmärrysluokat määräytyivät aineiston pohjalta (Taulukko 3). Luokittelussa päädyttiin seitsemään nousevasti ymmärrystasoa kuvaavaan luokkaan.

Taulukko 3. Yhteyttämisen ymmärryksen luokittelu. Ymmärrys syvenee siirryttäessä luokasta yksi luokkaan seitsemään.

Luokka 7: Hallitsee luokan 4 tiedot, esittää yhteyttämisen prosessin asianmukaisesti ja osaa yhdistää laajempaan kokonaisuuteen esimerkiksi ekosysteemi vaikutus

Luokka 6: Hallitsee luokan 4 tiedot, käsittelee sekä yhteyttämisen prosessia että laajempaa merkitystä esimerkiksi kasvi käyttää sokeria kasvuunsa

Luokka 5: Hallitsee luokan 4 tiedot, käsittelee joko yhteyttämisen prosessia tai laajempaa merkitystä esimerkiksi kasvi käyttää sokeria kasvuunsa (Liite 7; oppilas 34, 36, alkutesti)

Luokka 4: Hallitsee keskeiset yhteyttämisen käsitteet, ymmärtää kasvin työntekijänä (Liite 7; oppilas 33, alkutesti)

Luokka 3: a) Hallitsee lähes kaikki keskeiset yhteyttämiskäsitteet ja ymmärtää kasvin työntekijänä tai b) Hallitsee keskeiset yhteyttämiskäsitteet, mutta niiden välisissä suhteissa mahdollisesti pieniä virheitä ja ei ymmärrä kasvia työntekijänä (Liite 7; oppilas 24, 23, alkutesti)

Luokka 2: Jonkinlainen, mutta puutteellinen käsitys yhteyttämisen mm. esittää yksittäisiä termejä (Liite 7; oppilas 10, 16, 20, alkutesti)

Luokka 1: Tieteellisesti täysin virheellinen käsitys yhteyttämisen (Liite 7; oppilas 5, 9, alkutesti)

Soveltava testi

Soveltavalla testillä selvitimme oppilaan ymmärrystä yhteyttämisen. Testi käsitti yhden monivalintatehtävän, joka koostui kuudesta oikein/väärin väitteestä. Oppilaan oikeasta vastauksesta väitteeseen annettiin piste. Analysoimme kaikkien oppilaiden soveltavan testin kokonaistuloksen ja ymmärryksen (ymmärrysluokittelu jälkitestissä 2) välistä riippuvuutta. Lisäksi soveltavassa testissä täydet kuusi pistettä saaneiden oppilaiden kohdalla analysoimme miten kuvana vastauksen antaneet oppilaat sijoittuvat ymmärrysluokittelussa (jälk testi 2).

Vastauksen antomuoto

Alkutestissä ja jälkিতেissä oppilas antoi vastauksen kuvana, tekstinä tai kuvana ja tekstinä. Oppilaiden vastaukset luokiteltiin vastauksen antomuodon mukaan luokkiin kuva, teksti ja kuva ja teksti.

Tilastolliset testit

Oppilaiden vastaukset analysoitiin pitkittäisesti opetusryhmän sisällä ja poikittaisesti opetusryhmien välillä. Opetusryhmän sisällä käsitteiden hallintaa ja ymmärrystä yhteyttämistä testattiin riippuvien otosten *Wilcoxonin testillä* ($p < 0,05$) (alkutesti-jälkিতেsti 1, alkutesti-jälkিতেsti 2). Opetusryhmien välillä käsitteiden hallintaa ja ymmärrystä yhteyttämistä testattiin riippumattomien otosten *Mann-Whitneyn U-testillä* ($p < 0,05$) (alkutesti, jälkিতেstit). Oppilaiden ymmärrystä yhteyttämistä testattiin myös soveltavan testin tulosten avulla (Mann-Whitneyn U-testi). Oppilaan ymmärryksen (ymmärrysluokittelu jälkিতেstissä 2) ja soveltavan testin kokonaistuloksen välistä riippuvuutta analysoitiin korrelaatioanalyysia käyttäen (Kendallin järjestyskorrelaatiokerroin $p < 0,05$) opetusryhmän ja koko aineiston sisällä.

5.2.2 Laadullinen käsittely

Laadullisesti tarkasteltiin ja tulkittiin oppilaiden vastauksia alkutestissä ja jälkিতেstissä 2 teoriapohjaisen/-lähtöisen sisältöanalyysin avulla. Laadullisia tuloksia analysoidaan oppilaskohtaisesti edeten ymmärrysluokittain. Oppilaista huomioitiin ne, jotka olivat osallistuneet sekä alkutestiin että jälkিতেstiin 2 ($n=36$). Oppilaat numeroitiin järjestysnumeroilla 1-39. Oppilaiden vastauksista tulkittiin heidän yksilöllisiä tietorakenteita ja ymmärrystä yhteyttämistä sekä analysoitiin ymmärryksen rikastumista, muutosta ja kehitystä opetuksen ja ajan myötä (syväoppiminen). Oppilaiden vastauksista tutkittiin mitä keskeisiä yhteyttämiskäsitteitä he käyttivät ja miten (käsitteiden hallinta (5.2.1), mitä merkityksiä käsitteille annettiin, kemiallisten merkkien esiintyminen ja hallinta). Tutkimme käsitteiden rinnastusta tulkitseamalla korostettiinko vastauksissa joitain käsitteitä muita enemmän. Oppilaiden vastauksista tulkittiin näkivätkö he yhteyttämisen aineiden vaihtona vai ravinnon valmistuksena, ja oliko kasvi yhteyttämismuutoksissa työntekijä vai hyväntekijä. Käsitteen aurinko kohdalla tutkimme ymmärsivätkö oppilaat auringon valona/lämpönä vai energiana. Sen jälkeen tulkittiin vastauksista ymmärsivätkö oppilas energian säilymistä ja muutosta. Kaikkien jälkিতেstiin 2 osallistuneiden oppilaiden ($n=39$) vastauksista analysoitiin tieteellisesti virheellisiä ja puutteellisia käsityksiä yhteyttämistä. Selvittääksemme millainen ymmärrys oppilaille jäi yhteyttämistä peruskoulun oppimäärän suorittamisen jälkeen.

6. TULOKSET

6.1 Määrälliset tulokset

6.1.1 Yhteyttämiskäsitteiden hallinta

Jyväskylän Normaalikoulussa testeihin (alkutesti, jälkিতেstit, soveltava testi) osallistui yhteensä 19 oppilasta. Heistä alkutestiin ja jälkিতেstiin 1 osallistui 17, jälkিতেstiin 2 osallistui 16 ja soveltavaan testiin 15. Alkutestissä kukaan oppilaista ei hallinnut käsitettä *sidosenergia*

(Taulukko 4). Oppilaista 52,9 % hallitsi käsitteen *sokeri*. Jälkitesteissä kaikkia käsitteitä esiintyi oppilaiden vastauksissa. Jälkitestissä 1 oppilaista 94,1 % hallitsi käsitteen *säteilyenergia*. Jälkitestissä 2 jokainen oppilas hallitsi käsitteen *säteilyenergia*. Jälkitestissä 1 oppilaan käsitteiden *hiilidioksidi*, *vesi*, *sokeri*, *säteilyenergia* ja *sidosenergia* hallinta lisääntyi (taulukko 5). Jälkitestissä 2 oppilaan käsitteiden *hiilidioksidi*, *säteilyenergia* ja *sidosenergia* hallinta lisääntyi (Taulukko 5).

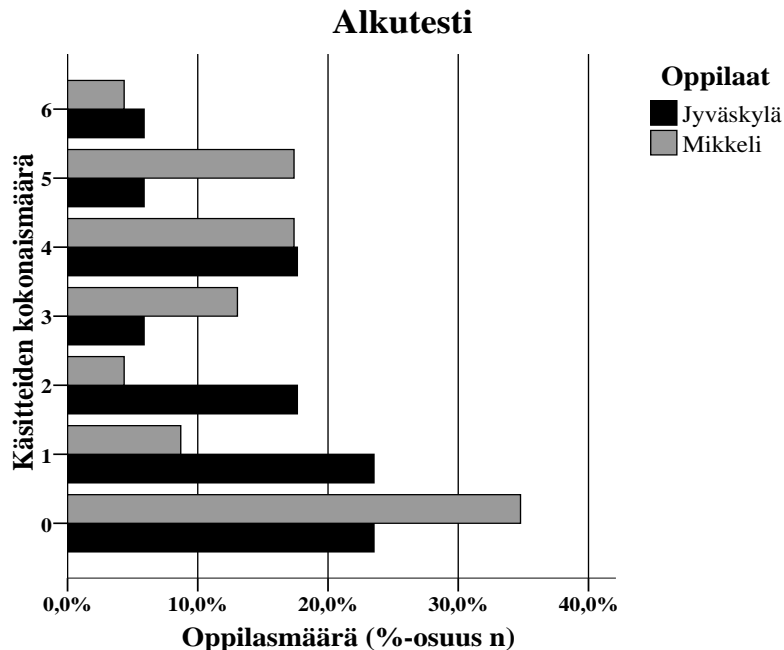
Taulukko 4. Käsitteiden esiintyminen Jyväskylän Normaalikoulun oppilaiden vastauksissa alkutestissä ja jälkitesteissä. (alkutesti n= 17, jälkitesti 1 n= 17, jälkitesti 2 n= 16)

Käsite	Alkutesti		Jälkitesti 1		Jälkitesti 2	
	käsitettä ei esiinny	käsite esiintyy	käsitettä ei esiinny	käsite esiintyy	käsitettä ei esiinny	käsite esiintyy
Hiilidioksidi						
n	13	4	6	11	4	12
%-osuus n	76,5	23,5	35,3	64,7	25,0	75,0
Vesi						
n	11	6	2	15	4	12
%-osuus n	64,7	35,3	11,8	88,2	25,0	75,0
Happi						
n	9	8	6	11	2	14
%-osuus n	52,9	47,1	35,3	64,7	12,5	87,5
Sokeri						
n	8	9	2	15	2	14
%-osuus n	47,1	52,9	11,8	88,2	12,5	87,5
Säteilyenergia						
n	9	8	1	16	0	16
%-osuus n	52,9	47,1	5,9	94,1	0	100
Sidosenergia						
n	17	0	11	6	11	5
%-osuus n	100	0	64,7	35,3	68,8	31,3
Viherhiukkanen						
n	16	1	13	4	14	2
%-osuus n	94,1	5,9	76,5	23,5	87,5	12,5

Taulukko 5. Käsitteiden esiintymisen muuttuminen Jyväskylän Normaalikoulun oppilaiden vastauksissa alkutestissä jälkitesteihin: Wilcoxonin testin tulokset kunkin käsitteen kohdalla.

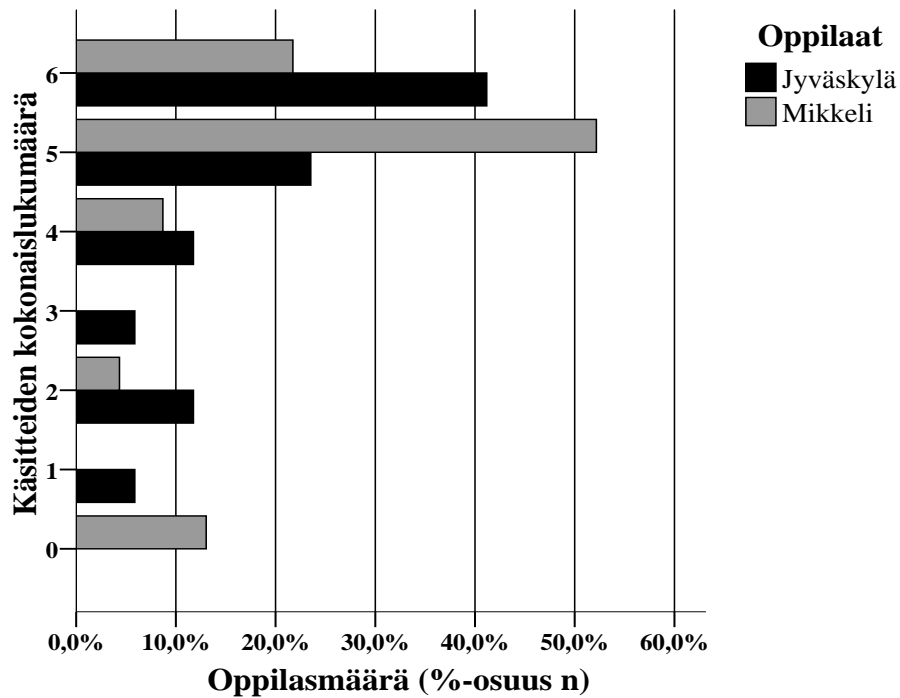
Käsite	Alkutesti- jälkitesti 1		Alkutesti- jälkitesti 2	
	Z	p	Z	p
Hiilidioksidi	-2,236	0,025	-2,646	0,008
Vesi	-2,828	0,005	-1,633	0,102
Happi	-1,134	0,257	-1,890	0,059
Sokeri	-2,449	0,014	-1,134	0,257
Säteilyenergia	-2,646	0,016	-2,828	0,005
Sidosenergia	-2,449	0,031	-2,000	0,046
Viherhiukkanen	-1,000	0,625	0,000	1,000

Alkutestissä ja jälkitestissä 1 kukaan oppilaista ei hallinnut kaikkia seitsemää keskeistä yhteyttämiskäsitettä: *aurinko (energia)*, *hiilidioksidi*, *vesi*, *happi*, *sokeri*, *sidosenergia* ja *viherhiukkanen* (Kuva 5) (Liite 6) (Taulukko 6). Alkutestissä oppilaista 23,5 % ei hallinnut yhtään käsitettä ja 23,5 % hallitsi yhden käsitteen (Kuva 5). Jälkitestissä 1 kaikki oppilaat hallitsivat ainakin yhden käsitteen (Kuva 6). Oppilaista 41,2 % hallitsi kuusi käsitettä. Jälkitestissä 2 kaikki oppilaat hallitsivat ainakin yhden käsitteen (Kuva 7). Oppilaista 25,0 % hallitsi kuusi käsitettä ja 12,5 % hallitsi seitsemän käsitettä. Oppilaat hallitsivat enemmän käsitteitä jälkitestissä 1 ja jälkitestissä 2 kuin alkutestissä. Oppilaan hallitsemien käsitteiden määrä lisääntyi alkutestistä jälkitestiin 2 (Wilcoxonin testi) (alkutesti-jälkitesti 1 $Z=-3,154$; $p=0,002$) (alkutesti-jälkitesti 2 $Z=-2,993$; $p=0,003$).



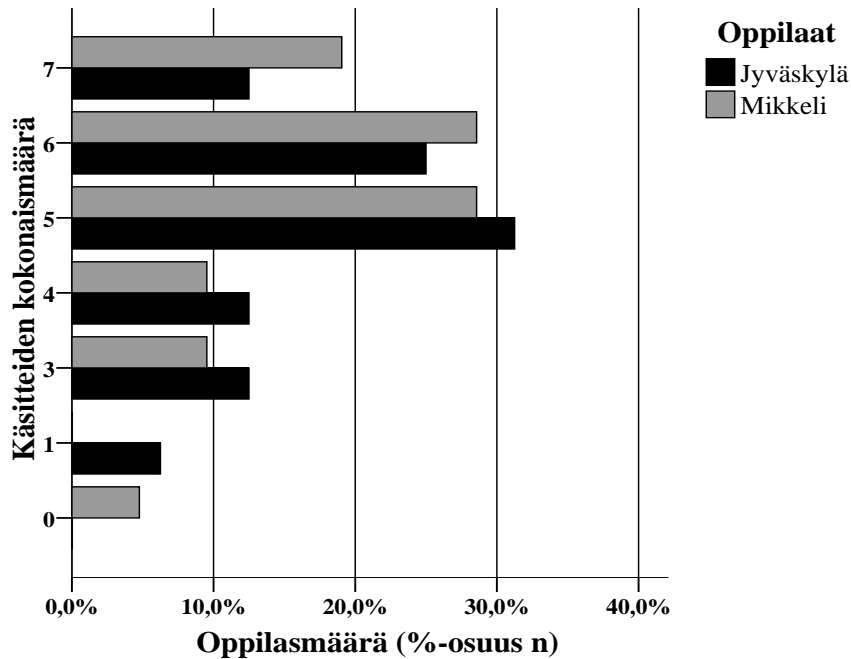
Kuva 5. Jyväskylän Normaalikoulun (n=17) ja Mikkelin Urheilupuiston koulun (n=23) oppilaiden hallitsemien käsitteiden kokonaismäärä (0-7) alkutestissä. Kukaan oppilas ei hallinnut seitsemään käsitettä. Huom. Pylväissä Mikkeli ylinnä.

Jälkitesti 1



Kuva 6. Jyväskylän Normaalikoulun (n=17) ja Mikkelin Urheilupuiston koulun (n=23) oppilaiden käsitteiden hallinnan kokonaismäärä (0-7) jälkitestissä 1. Kukaan oppilas ei hallinnut seitsemään käsitettä. Huom. Pylväissä Mikkeli ylinnä.

Jälkitesti 2



Kuva 7. Jyväskylän Normaalikoulun (n=16) ja Mikkelin Urheilupuiston koulun (n=21) oppilaiden käsitteiden hallinnan kokonaismäärä (0-7) jälkitestissä 2. Kukaan oppilaista ei hallinnut kahta käsitettä. Huom. Pylväissä Mikkeli ylinnä.

Taulukko 6. Mediaanit oppilaiden hallitsemien käsitteiden (n=7) määrästä alkutestissä ja jälkitesteissä.

	Alkutesti Mediaani	Jälkitesti 1 mediaani	Jälkitesti 2 mediaani
Jyväskylä	2	5	5
Mikkeli	3	5	5

Mikkelin urheilupuiston koulussa testeihin (alkutesti, jälkitestit, soveltava testi) osallistui yhteensä 24 oppilasta, joista 23 oppilaan vastaus voitiin huomioida. Heistä alkutestiin ja jälkitestiin 1 osallistui 23 sekä jälkitestiin 2 ja soveltavaan testiin 21. Alkutestissä kukaan oppilaista ei hallinnut käsitteitä *sidosenergia* ja *viherhiukkanen* (Taulukko 7). Oppilaista 52,2 % hallitsi käsitteen *happi* ja 52,2 % hallitsi käsitteen *sokeri*. Jälkitesteissä kaikkia käsitteitä esiintyi oppilaiden vastauksissa. Jälkitestissä 1 oppilaista 87,0 % hallitsi käsitteen *säteilyenergia*. Jälkitestissä 2 oppilaat hallitsivat eniten käsitteitä *vesi*, *happi*, *sokeri* ja *säteilyenergia* (kaikki esiintyivät 90,5 %:ssa vastauksista). Jälkitestissä 1 käsitteiden *vesi*, *happi*, *sokeri*, *säteilyenergia* ja *viherhiukkanen* hallinta oli lisääntynyt (Taulukko 8). Jälkitestissä 2 kaikkien käsitteiden hallinta oli lisääntynyt (Taulukko 8).

Taulukko 7. Käsitteiden esiintyminen Mikkelin Urheilupuiston koulun oppilaiden vastauksissa alkutestissä ja jälkitesteissä. (alkutesti n= 23, jälkitesti 1 n= 23, jälkitesti 2 n= 21)

Käsite	Alkutesti		Jälkitesti 1		Jälkitesti 2	
	käsitettä ei esiinny	käsite esiintyy	käsitettä esiinny	ei käsite esiintyy	käsitettä esiinny	ei käsite esiintyy
Hiilidioksidi						
n	12	11	7	16	3	18
%-osuus n	52,2	47,8	30,4	69,6	14,3	85,7
Vesi						
n	15	8	5	18	2	19
%-osuus n	65,2	34,8	21,7	78,3	9,5	90,5
Happi						
n	11	12	4	19	2	19
%-osuus n	47,8	52,2	17,4	82,6	9,5	90,5
Sokeri						
n	11	12	4	19	2	19
%-osuus n	47,8	52,2	17,4	82,6	9,5	90,5
Säteilyenergia						
n	12	11	3	20	2	19
%-osuus n	52,2	47,8	13,0	87,0	9,5	90,5
Sidosenergia						
n	23	0	20	3	14	7
%-osuus n	100	0	87,0	13,0	66,7	33,3
Viherhiukkanen						
n	23	0	18	5	14	7
%-osuus n	100	0	78,3	21,7	66,7	33,3

Taulukko 8. Käsitteiden esiintymisen muuttuminen Mikkelin urheilupuiston koulun oppilaiden vastauksissa alkutestissä jälkitesteihin: Wilcoxonin testin tulokset kunkin käsitteen kohdalla.

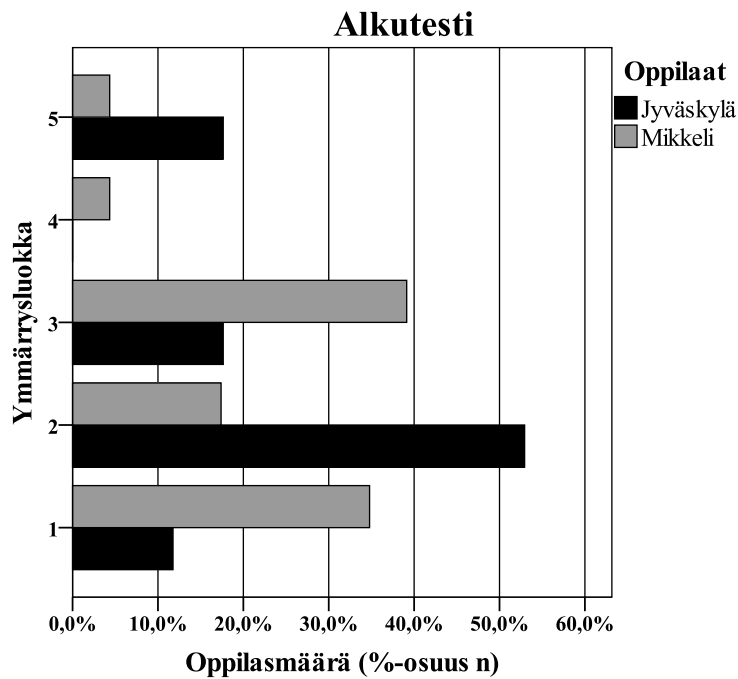
Käsite	Alkutesti- jälkitesti 1		Alkutesti- jälkitesti 2	
	Z	p	Z	p
Hiilidioksidi	-1,890	0,059	-2,828	0,005
Vesi	-2,887	0,004	-3,207	0,001
Happi	-2,333	0,020	-2,828	0,005
Sokeri	-2,333	0,020	-2,646	0,008
Säteilyenergia	-3,000	0,003	-3,000	0,003
Sidosenergia	-1,732	0,083	-2,646	0,008
Viherhiukkanen	-2,263	0,025	-2,646	0,008

Alkutestissä ja jälkitestissä 1 kukaan oppilaista ei hallinnut kaikkia seitsemää käsitettä (Kuva 5) (Liite 6) (Taulukko 6). Alkutestissä oppilaista 34,8 % ei hallinnut yhtään käsitettä (Kuva 5). Jälkitestissä 1 oppilaista 13,4 % ei hallinnut yhtään käsitettä (Kuva 6). Oppilaista 52,2 % hallitsi viisi käsitettä. Jälkitestissä 2 yksi oppilas (4,8 %) ei hallinnut yhtään käsitettä (Kuva 7). Oppilaista 28,6 % hallitsi viisi käsitettä ja 28,6 % hallitsi kuusi käsitettä (Kuva 7). Seitsemän käsitettä hallitsi 19,0 % oppilaista (Kuva 7). Oppilaat hallitsivat enemmän käsitteitä jälkitestissä 1 ja jälkitestissä 2 kuin alkutestissä. Oppilaan hallitsemien käsitteiden määrä lisääntyi alkutestistä jälkitestiin 2 (Wilcoxonin testi) (alkutesti-jälkitesti 1 $Z=-3,340$; $p=0,001$) (alkutesti-jälkitesti 2 $Z=-3,609$; $p<0,001$).

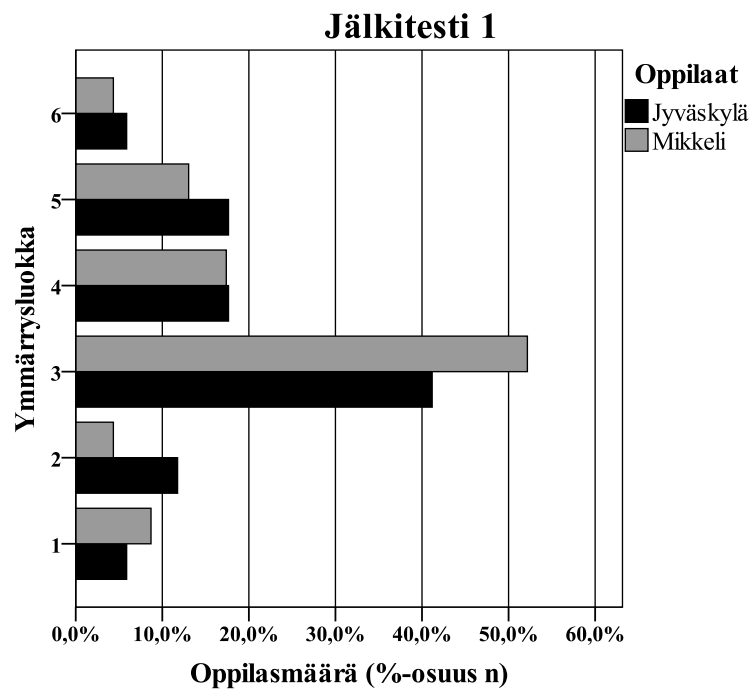
Oppilaiden hallitsemien käsitteiden määrää alkutestissä ja jälkitesteissä verrattiin myös **opetusryhmien välillä**. Oppilaiden käsitteiden hallinnan määrässä ei ollut eroa luokkien välillä (Mann-Whitneyn U-testi: alkutesti $U=186,500$; $p=0,802$) (jälkitesti 1 $U=175,500$; $p=0,566$) (jälkitesti 2 $U=147,000$; $p=0,508$) (Kuvat 4-6).

6.1.2 Yhteyttämisen ymmärtäminen

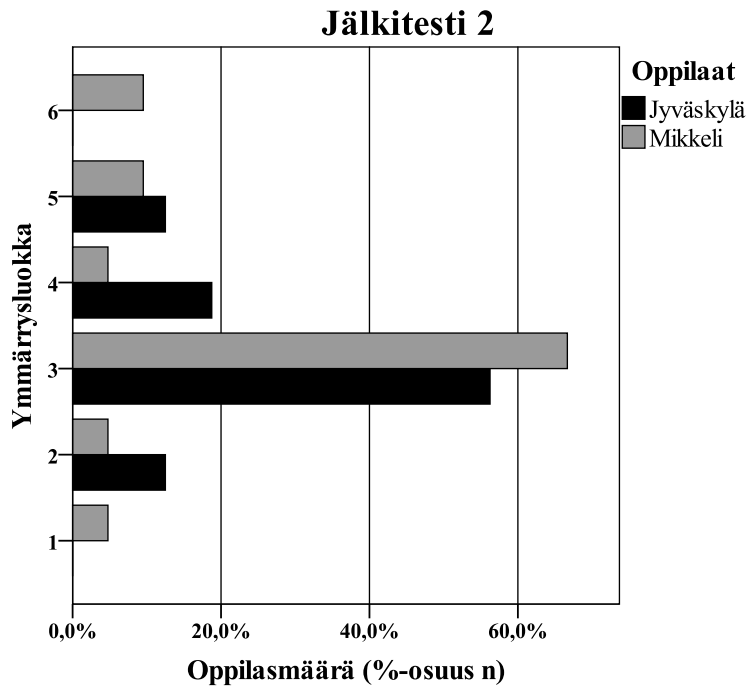
Ymmärrysluokkaa seitsemän (taulukko 3) ei saavuttanut yksikään **Jyväskylän** Normaalikoulun oppilas alku- tai jälkitesteissä. Alkutestissä oppilaiden vastauksista 52,9 % sijoittui ymmärrysluokkaan *kaksi* (Kuva 8). Yksikään vastauksista ei sijoittunut ymmärrysluokkaan *neljä* tai *kuusi*. Jälkitestissä 1 oppilaiden vastauksista 41,2 % sijoittui ymmärrysluokkaan *kolme* (Kuva 9). Yksi vastaus (5,9 %) sijoittui ymmärrysluokkaan *kuusi*. Jälkitestissä 2 oppilaiden vastauksista 56,6 % sijoittui ymmärrysluokkaan *kolme* (Kuva 10). Yksikään vastauksista ei sijoittunut luokkaan *yksi* tai *kuusi*. Oppilaiden ymmärrys yhteyttämistä ei muuttunut testien välillä (Wilcoxonin testi: alkutesti-jälkitesti 1 $Z=-1,706$; $p=0,088$) (alkutesti-jälkitesti 2 $Z=-1,406$; $p=0,160$).



Kuva 8. Jyväskylän Normaalikoulun (n=17) ja Mikkelin Urheilupuiston koulun (n=23) oppilaiden jakautuminen ymmärrysluokkiin (1-7) alkutestissä. Ymmärrysluokat 6 ja 7 ovat tyhjä. Huom. Pylväissä Mikkeli ylillä.



Kuva 9. Jyväskylän Normaalikoulun (n=17) ja Mikkelin Urheilupuiston koulun (n=23) oppilaiden jakautuminen ymmärrysluokkiin (1-7) jälkitestissä 1. Ymmärrysluokka 7 on tyhjä. Huom. Pylväissä Mikkeli ylillä.



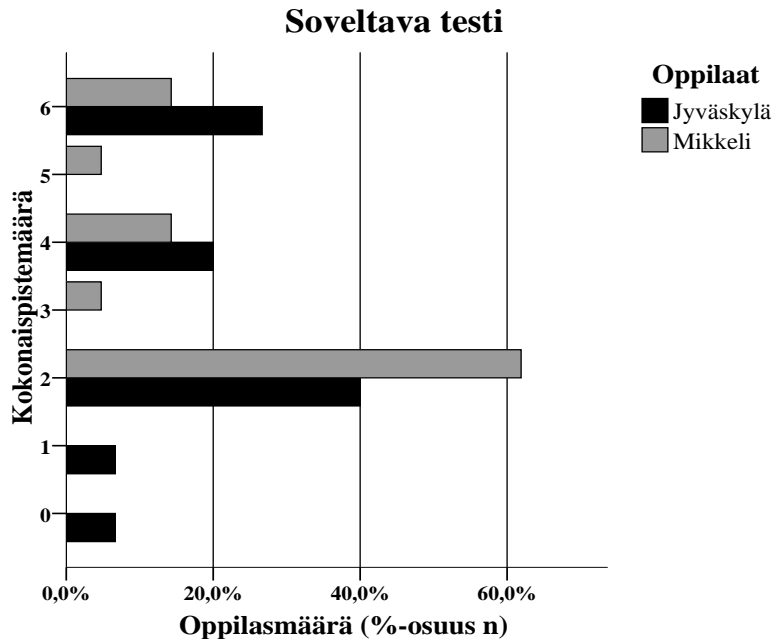
Kuva 10. Jyväskylän Normaalikoulun (n=16) ja Mikkelin Urheilupuiston koulun (n=21) oppilaiden jakautuminen ymmärrysluokkiin (1-7) jälkitestissä 2. Ymmärrysluokka 7 on tyhjä. Huom. Pylväissä Mikkeli ylittää.

Ymmärrysluokkaa seitsemän (taulukko 3) ei saavuttanut yksikään **Mikkelin** urheilupuiston koulun oppilas alku- tai jälkitesteissä. Alkutestissä oppilaiden vastauksista 39,1 % sijoittui ymmärrysluokkaan *kolme* (Kuva 8). Yksikään vastauksista ei sijoittunut ymmärrysluokkaan *kuusi*. Jälkitestissä 1 oppilaiden vastauksista 52,2 % sijoittui ymmärrysluokkaan *kolme* (Kuva 9). Yksi vastaus (4,3 %) sijoittui ymmärrysluokkaan *kuusi*. Jälkitestissä 2 oppilaiden vastauksista 66,7 % sijoittui ymmärrysluokkaan *kolme* (Kuva 10). Yksi vastauksista (4,8 %) sijoittui luokkaan *yksi* ja kaksi (9,5 %) luokkaan *kuusi*. Oppilaiden ymmärrys yhteyttämisestä muuttui testien välillä (Wilcoxonin testi: alkutesti-jälkitesti 1 $Z=-3,473$; $p=0,001$) (alkutesti-jälkitesti 2 $Z=-3,493$; $p<0,001$).

Oppilaiden ymmärrystä yhteyttämisestä verrattiin myös **opetusryhmien välillä** alkutestissä ja jälkitesteissä. Yhteyttämisestä ymmärtämisessä ei ollut eroa luokkien välillä (Mann-Whitneyn U-testi: alkutesti $U=176,000$; $p=0,579$) (jälkitesti 1 $U=187,000$; $p=0,805$) (jälkitesti 2 $U=166,500$; $p=0,958$).

6.1.3 Soveltava testi

Soveltavassa testissä Jyväskylän oppilaista 40,0 % vastasi oikein kahteen väitteeseen kuudesta (Kuva 11) (Liite 5). Oikeita vastauksia oli eniten väitteisiin yksi, kolme ja kuusi (kaikissa 66,7 %) (Taulukko 9). Yksi (6,7 %) oppilaista vastasi kaikkiin väitteisiin väärin ja neljä (20,0 %) oppilasta vastasi kaikkiin oikein (Kuva 11).



Kuva 11. Jyväskylän Normaalikoulun (n=15) ja Mikkelin Urheilupuiston koulun (n=21) oppilaiden soveltavan testin kokonaispistemäärä (0-6). Huom. Pylväissä Mikkeli ylinnä.

Taulukko 9. Jyväskylän Normaalikoulun oppilaiden (n= 15) vastausten jakaumat soveltavaan testiin väitteittäin.

	Oikea vastaus		Väärä vastaus	
	n	%-osuus	n	%-osuus
Väite 1	10	66,7	5	33,3
Väite 2	5	33,3	10	66,7
Väite 3	10	66,7	5	33,3
Väite 4	5	33,3	10	66,7
Väite 5	9	60,0	6	40,0
Väite 6	10	66,7	5	33,3

Soveltavan testin tuloksen (kokonaispistemäärä) riippuvuutta oppilaan ymmärryksen tasosta (ymmärrysluokittelu) jälkitestissä 2 verrattiin korrelaatioanalyysillä. Oppilaan soveltavan testin tulos ja ymmärrystaso eivät korreloineet keskenään (Kendall's tau-b: $r_K = -0,016$; $p = 0,948$).

Mikkelin oppilaista 61,9 % vastasi oikein kahteen väitteeseen kuudesta (Kuva 11) (Liite 5). Oikeita vastauksia oli eniten väitteeseen kuusi (81,0 %) (Taulukko 10). Kolme (14,3 %) oppilasta vastasi kaikki väittämät oikein (Kuva 11).

Taulukko 10. Mikkelin Urheilupuiston koulun oppilaiden (n= 21) vastausten jakaumat soveltavaan testiin väitteittäin.

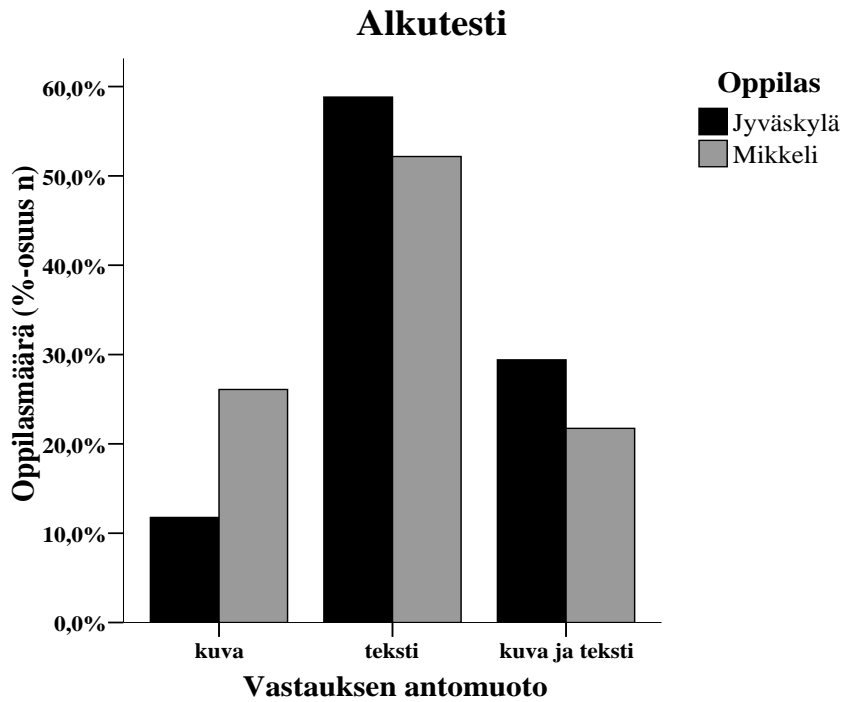
	Oikea vastaus		Väärä vastaus	
	n	%-osuus	n	%-osuus
Väite 1	10	47,6	11	52,4
Väite 2	8	38,1	13	61,9
Väite 3	14	66,7	7	33,3
Väite 4	6	28,6	15	71,4
Väite 5	9	42,9	12	57,1
Väite 6	17	81,0	4	19,0

Soveltavan testin tuloksen (kokonaispistemäärä) riippuvuutta oppilaan ymmärryksen tasosta (ymmärrysluokittelu) jälkitestissä 2 verrattiin korrelaatioanalyysillä. Oppilaan soveltavan testin tulos ja ymmärrystaso eivät korreloineet keskenään (Kendall's tau-b: $r_K = -0,041$; $p = 0,835$).

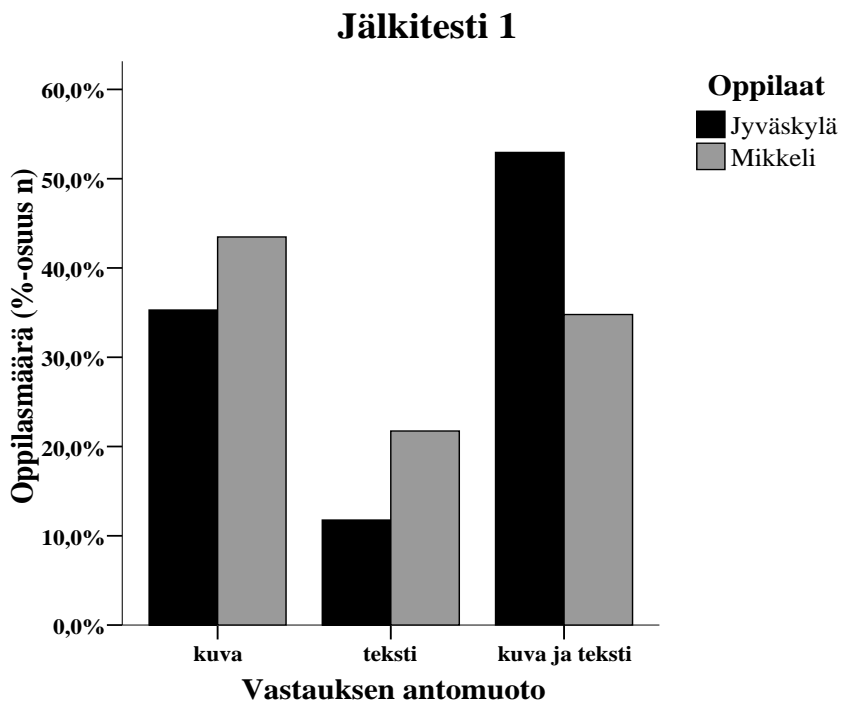
Vertasimme **opetusryhmien välillä** oppilaiden soveltavan testin tuloksia (Mann-Whitneyn U-testi). Soveltavassa testissä menestymisessä ei ollut eroa ($U = 151,500$; $p = 0,834$). Soveltavassa testissä täydet kuusi pistettä sai yhteensä seitsemän oppilasta (Kuva 11). Heistä kuusi oppilasta antoi vastauksen jälkitestissä 2 kuvana ja sijoittui ymmärrysluokkaan kolme (ymmärrysluokittelu). Yksi oppilas antoi vastauksen jälkitestissä 2 kuvana ja tekstinä ja sijoittui ymmärrysluokkaan neljä.

6.1.4 Oppilaan vastauksen antomuoto

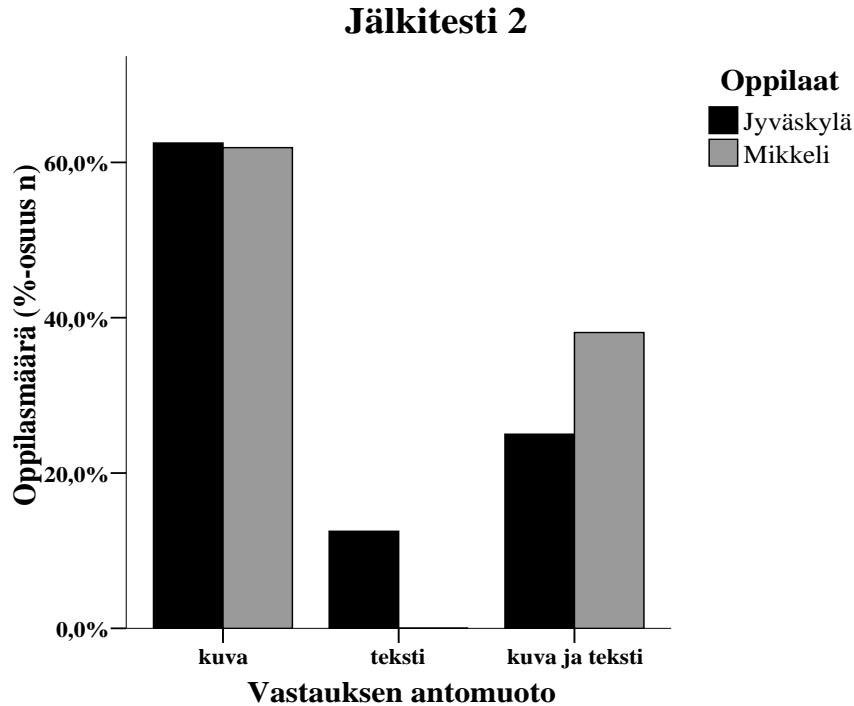
Alkutestissä **Jyväskylän** Normaalikoulun oppilaista 58,8 % antoi vastauksen tekstinä (Kuva 12). Jälkitestissä 1 oppilaista 52,9 % antoi vastauksen kuvana ja tekstinä (Kuva 13). Jälkitestissä 2 oppilaista 62,5 % antoi vastauksen kuvana (Kuva 14). Alkutestissä **Mikkelin** urheilupuiston koulun oppilaista 52,2 % antoi vastauksen tekstinä (Kuva 12). Jälkitestissä 1 oppilaista 43,5 % antoi vastauksen kuvana (Kuva 13). Jälkitestissä 2 oppilaista 61,9 % antoi vastauksen kuvana (Kuva 14).



Kuva 12. Jyväskylän Normaalikoulun (n=17) ja Mikkelin Urheilupuiston koulun (n=23) oppilaiden vastauksen antomuoto alkutestissä.



Kuva 13. Jyväskylän Normaalikoulun (n=17) ja Mikkelin Urheilupuiston koulun (n=23) oppilaiden vastauksen antomuoto jälkitestissä 1.



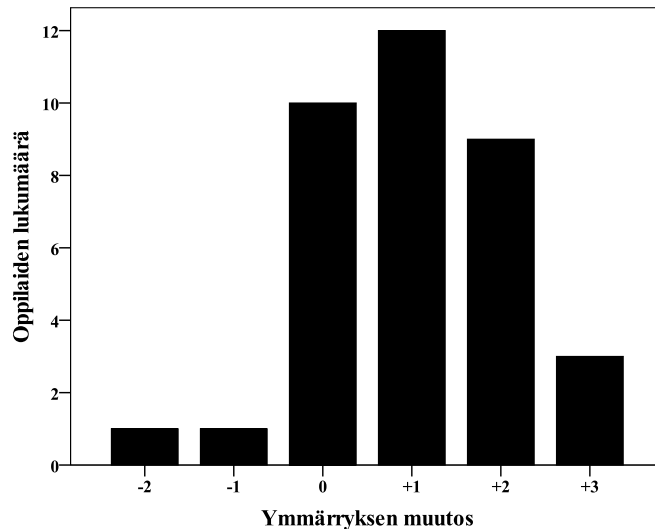
Kuva 14. Jyväskylän Normaalikoulun (n=16) ja Mikkelin Urheilupuiston koulun (n=21) oppilaiden vastauksen antomuoto jälkitestissä 2.

6.2 Laadulliset tulokset

6.2.1 Opetuksen vaikutus yhteyttämisen ymmärtämiseen

Oppilaiden oppiminen

Laadullisessa analyysissä tulkittiin oppilaiden yksilöllisiä tietorakenteita yhteyttämisestä, niiden muutoksia (oppiminen) ja oppimisprosessin rakenteita (alkutesti, jälkitesti 2). Opetuksen jälkeen oppilaiden (n=36) yhteyttämisen ymmärryksessä havaittiin muutos (Kuva 15). Heistä 34:llä käsitteiden hallinta ja käyttö lisääntyi ja selkeytyi sekä yhteyttämisen ymmärrys syveni eli tapahtui oppimista. Vaikka oppilas pysyi samassa ymmärrysluokassa (10 oppilasta), hänen yhteyttämistä koskevissa tietorakenteissa tapahtui muutosta. Yksikään oppilas ei saavuttanut tieteellisen mallin mukaista ymmärrystä yhteyttämisestä. Oppimisprosessin yksilöllisyydestä johtuen laadullinen analyysi tehtiin yksilöllisesti ymmärrysluokittain.



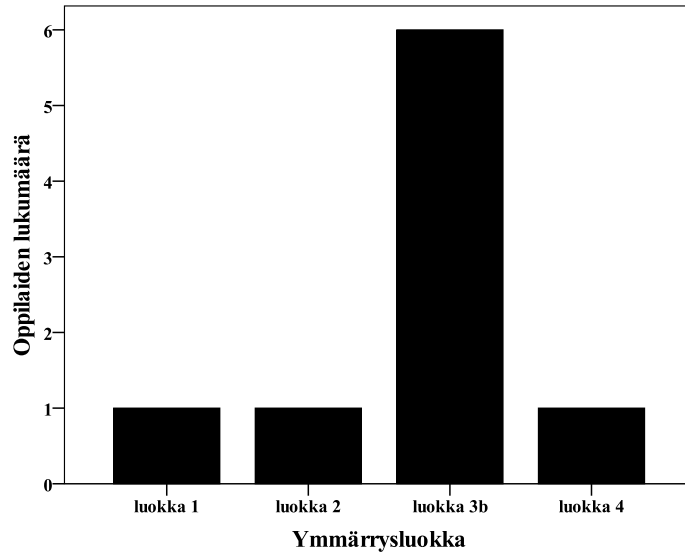
Kuva 15. Jyväskylän Normaalikoulun ja Mikkelin Urheilupuiston koulun oppilaiden (n=36) yhteyttämisen ymmärryksen muuttuminen alkutestistä jälkitestiin 2. Siirtyminen ymmärrysluokittelussa: negatiivinen arvo (-2, -1) = oppilaan ymmärrys muuttui ymmärrysluokittelussa alaspäin; positiivinen arvo (+1, +2, +3) = oppilaan ymmärrys muuttui ymmärrysluokittelussa ylöspäin).

Oppilaan lähtötaso ymmärrysluokka 1

Alkutestissä ymmärrysluokkaan 1 sijoittuneiden oppilaiden (n=9) käsitys yhteyttämisestä oli tieteellisesti täysin virheellinen (Kuva 16). Kaikki oppilaat (1-9) liittivät yhteyttämisilmiön kasvien lisääntymiseen ja pölytykseen (Liite 7). Oppilas (5) **ei muuttanut** käsitystään ilmiöstä jälkitestissä 2 (Kuva 17) (Liite 7). Ennen opetusta hän vastasi ”*Kun kasvit lisääntyvät sitä on yhteyttäminen. (oppilas 5)*”, ja opetuksen jälkeen ”*kasvit yhteyttävät keväällä ja samalla lisääntyy (oppilas 5).*” (Liite 7). Muilla oppilailta (1-4, 6-9) oli opetuksen jälkeen jonkinlainen mutta puutteellinen käsitys yhteyttämisilmiöstä.



Kuva 16. Oppilaan (1) vastaus alkutestissä.



Kuva 17. Alkuteistissä ymmärrysluokkaan 1 sijoittuneiden Jyväskylän Normaalikoulun ja Mikkelin Urheilupuiston koulun oppilaiden (n=9) ymmärrysluokka jälkitestissä 2.

Ymmärrysluokkaan **kaksi** siirtynyt oppilas (9) (Kuva 17) pyrki opetuksen jälkeen liittämään yhteyttämisilmiön aiempaan kasvien lisääntymisen skeemaansa (Kuva 18). Hän osasi liittää ilmiöön käsitteet hiilidioksidi, happi, sokeri ja vesi. Veden merkitys oli epäselvä, eikä hän nähnyt juuria vedenhankintamekanismina. Hänen vastauksessaan kasvi oli aineita vaihtava hyväntekijä, josta ”*tulee happea (oppilas 9)*” (Kuva 18).

Alkutesti



Kasvi tiputtaa siemen ja pöllä lisääntymään
se onse yhteyttämisestä.

Jälkitesti 2

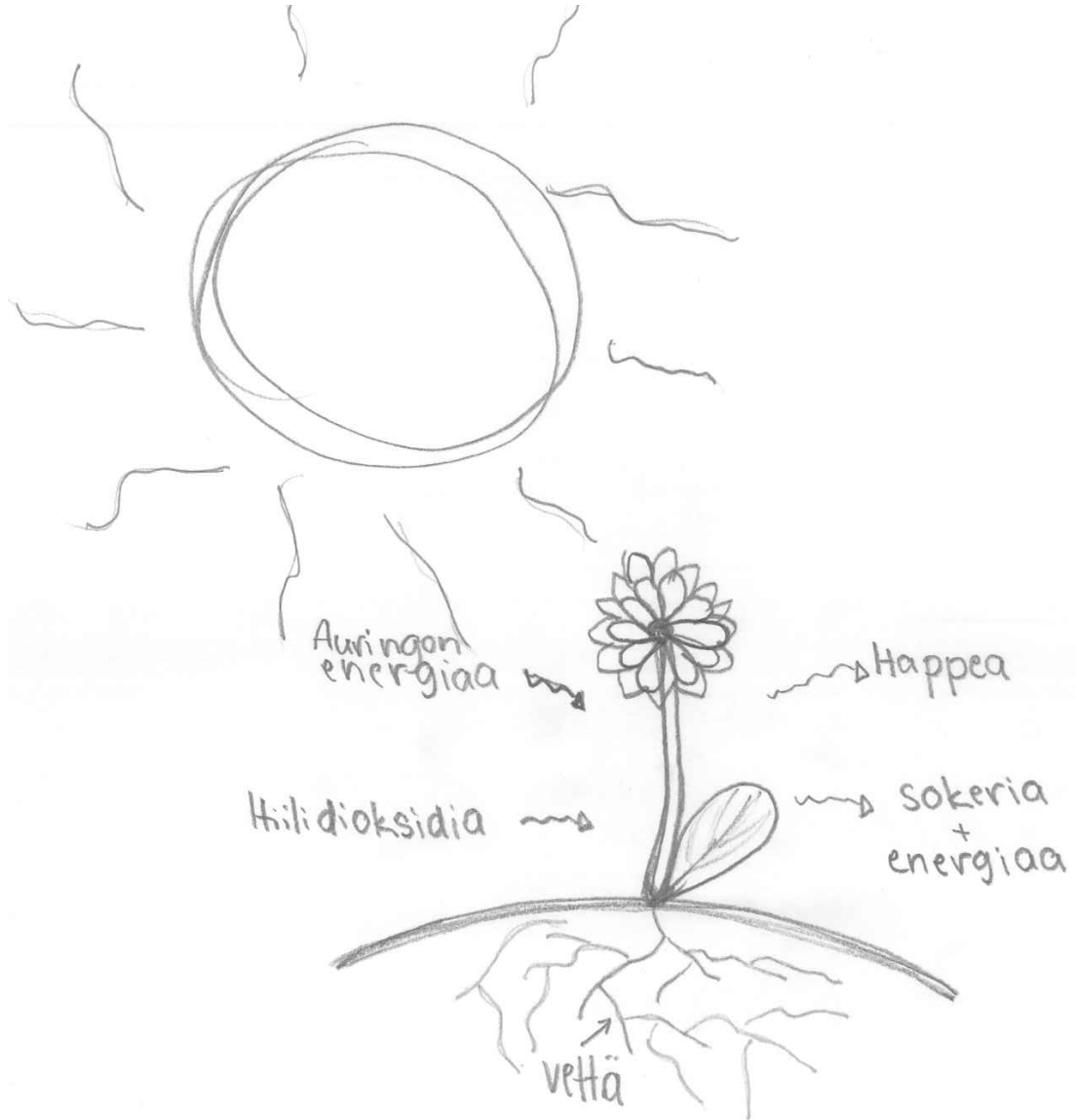
Kasvit yhteyttää kun ne saavat

hiilidioksidia ja vettä ja sitten
yhteyttämisen tuloksena tulee happea
Kaikilla kasvit yhteyttää ja lisääntyä



Kuva 18. Oppilaan (9) vastaus alkutestissä ja jälkitestissä 2.

Opetuksen jälkeen ymmärrysluokkaan **kolme b** siirtyneet oppilaat (2-4, 6-8) (Kuva 17) mainitsivat vastauksessaan viisi keskeistä yhteyttämiskäsitettä, aurinko, hiilidioksidi, vesi, sokeri ja happi. Lisäksi oppilaan (3) vastauksessa esiintyi käsite sidosenergia (Liite 7). Kaksi oppilaista (4, 6) käsitti hiilidioksidin vapautuvan kasvista ja happea tarvittavan yhteyttämiseen. Oppilaista viisi kuudesta (2, 3, 4, 7, 8) ymmärsi auringon energianlähteenä (liittivät käsitteen energia aurinkoon) (Kuva 19), ja heistä kaksi (3, 7) energian säilymisen. Energian säilymisen ymmärtäneet oppilaat liittivät energian ja sokerin yhteen (toinen (3) hallitsi sidosenergiäkäsitteen). Vain yksi oppilas (2) kuudesta korosti auringon merkitystä yhteyttämisen merkittävällä ainoastaan energian nuolella (Liite 7). Kaikki oppilaat (2-4, 6-8) ymmärsivät yhteyttämisen aineiden vaihtona. Oppilaat näkivät kasvin ottavan ja luovuttavan aineita passiivisesti (kuvattu vastauksessa nuolin) (Kuva 19).



Kuva 19. Oppilaan (7) vastaus jälkitestissä 2.

Ymmärrysluokkaan **neljä** siirtynyt oppilas (1) hallitsi opetuksen jälkeen käsitteitä sidosenergia ja viherhiukkanen lukuun ottamatta kaikki keskeiset yhteyttämiskäsitteet, aurinko, hiilidioksidi, vesi (nuolella maasta kasviin), sokeri ja happi. Oppilas (1) käsitti auringon valona, mutta ymmärsi auringon muita käsitteitä tärkeämmäksi kuvaamalla ainoastaan valon nuolella (Kuva 20). Hänen vastauksessaan kasvi oli työntekijä. Vastauksessa sokerin kuvattiin jäävän kasviin ja ilmiö kuvattiin tapahtuvan kasvin lehdissä, johon hiilidioksidi meni (kuvattu viivoituksella) ja, josta vapautui happea (kuvattu viivoituksella) (Kuva 20).



Kuva 20. Oppilaan (1) vastaus jälkitestissä 2.

Oppilaan lähtötaso ymmärrysluokka 2

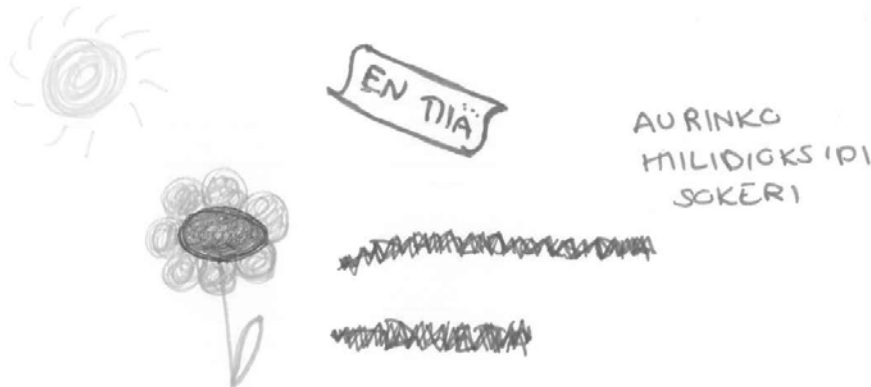
Ennen opetusta oppilailta (10-14, 16-20) (n=10) oli jonkinlainen, mutta puutteellinen käsitys yhteyttämisestä (Kuva 21). He osasivat liittää joitakin keskeisiä käsitteitä yhteyttämiseen. Oppilaiden vastauksien sisältö oli hyvin heterogeeninen.

Oppilas 14

Yhteyttämisestä on kun kasvit antavat hapetta ja eläimet/ihmiset antavat hiilidioksidia kas-



Oppilas 19

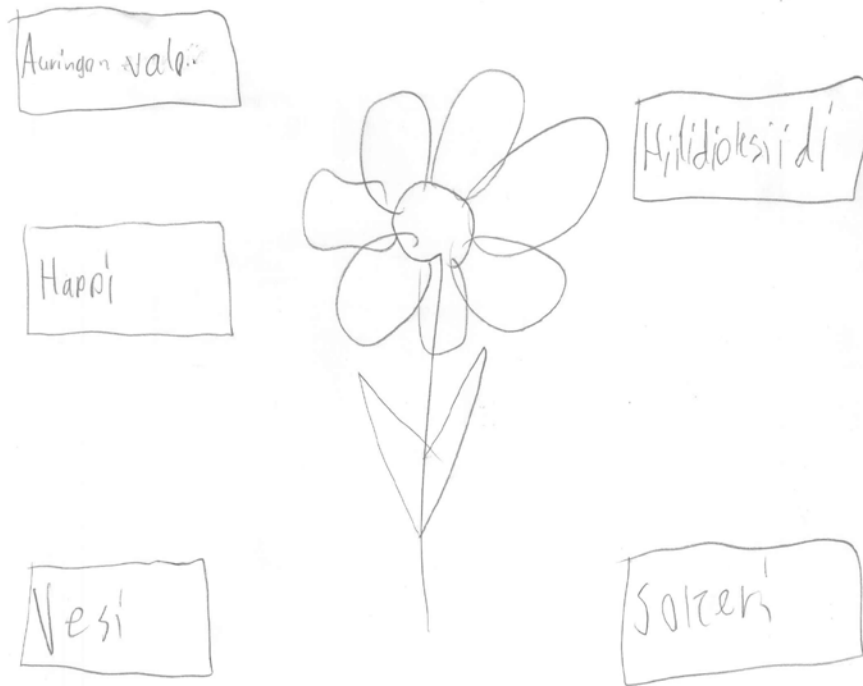


Kuva 21. Oppilaiden (14, 19) vastaukset alkutestissä.

Kaksi oppilasta (16, 17) **pysyi** opetuksen jälkeen ymmärrysluokassa **kaksi**. Ennen opetusta oppilas (16) liitti käsitteen sokeri yhteyttämisilmiöön, ja hän näki kasvin työntekijänä, "kasvit valmistavat sokeria yhteyttämällä (oppilas 16)" (Liite 7). Toisen oppilaan (17) vastauksessa esiintyi myös käsite happi, ja hän ymmärsi sokerin ja hapen menevän kasville (kasvi työntekijä), "Kasvit yhteyttävät. Ne saavat siitä sokeria ja hapetta (oppilas 17)" (Liite 7). Hän liitti symbioosin yhteyttämiseen, "Sieni voi myös yhteyttää puun kanssa (oppilas 17)" (Liite 7).

Opetuksen jälkeen molemmat oppilaat (16, 17) hallitsivat enemmän keskeisiä yhteyttämisikäsitteitä. Oppilas (16) hallitsi neljä käsitettä, aurinko, hiilidioksidi, happi ja sokeri, ja oppilas (17) hallitsi näiden lisäksi käsitteen vesi. Molemmat oppilaat (16, 17) sekoittivat hapen ja hiilidioksidin keskenään (Kuva 22). He osasivat yhdistää auringon valona yhteyttämisilmiöön, vaikka rinnastivat sen muihin käsitteisiin. He näkivät yhteyttämisäineiden vaihtokauppana sillä vastauksista puuttui kasvin merkitys yhteyttämisessä. Oppilaiden vastauksissa aineiden ilmaistiin kulkevan kasvin kautta (Liite 7). Oppilaan (17)

kohdalla vastauksessa oli nähtävissä selvää kopiointia vihkotyöstä (Liite 2), ja hän piti kasvia hyväntekijänä (Kuva 22).



Kuva 22. Oppilaan (17) vastaus jälkitestissä 2.

Kahdeksan oppilasta (10-14, 18-20) siirtyi ymmärrysluokkaan **kolme b. Ennen opetusta** auringon valona hallitsi oppilaista kaksi (12, 20), yksi oppilas (19) mainitsi vastauksessaan sanan aurinko (Liite 7). Vain yksi oppilas (20) näki auringon merkityksen muita käsitteitä tärkeämmäksi kuvaten auringosta tulevan nuolen muita nuolia paksumpana (Liite 7). Kaksi oppilaista (10, 14) hallitsi käsitteen hiilidioksidi, oppilas (19) mainitsi sen ja oppilas (18) ymmärsi virheellisesti kasvin tuottavan hiilidioksidia (Liite 7). Vain kaksi oppilaista (10, 12) mainitsivat vastauksessaan käsitteen vesi (Kuva 23) (Liite 7). Oppilas (10) osasi yhdistää käsitteen vesi oikein yhteyttämisilmiöön (Kuva 23). Kolme oppilaista (10, 13, 18) osasi liittää yhteyttämiseen käsitteen sokeri (Kuva 23), "Yhteyttäminen on kasvien muuttumista muodosta toiseen. Kasvi tuottaa hiilidioksidia, happea ja sokeria. (oppilas 18)" (Liite 7) ja kaksi (12, 19) mainitsi sen (Kuva 21) (Liite 7). Kolme oppilaista (12, 14, 18) hallitsi käsitteen *happi*, heistä yksi (11) ymmärsi sen sivutuotteena, "saavat siitä energiaa → *happi* (oppilas 11)" (Liite 7) sekä yksi oppilas (14) päätuotteena, "Yhteyttämistä on kun kasvit antavat... (oppilas 14)" (Kuva 21). Kolme oppilaista (10, 12, 18) ymmärsi kasvin työnantajana, oppilaiden (12, 18) vastauksissa sokeri jäi kasviin ja oppilas (10) käytti kemiallisia merkkejä (Liite 7). Kolme oppilaista (13, 14, 20) puolestaan ymmärsi kasvin hyväntekijänä sillä sokeria ei liitetty kasviin (Liite 7). Yksi oppilas (11) ymmärsi yhteyttämisen ravinnonvalmistuksena, vaikka hän ei hallinnut käsitettä sokeri, "saavat siitä energiaa (oppilas 11)" (Liite 7). Puolet oppilaista (10, 14, 18, 20) näki yhteyttämisen aineiden vaihtona sillä vastauksista puuttui kasvin merkitys yhteyttämässä (Liite 7). Oppilaiden vastauksissa aineiden ilmaistiin kulkevan kasvin kautta.

Alkutesti

- Kasvit ~~vapauttavat~~ aikana sokeria.
- Tarvitaan hiilidioksidia ja vettä.

Jälkitesti 2



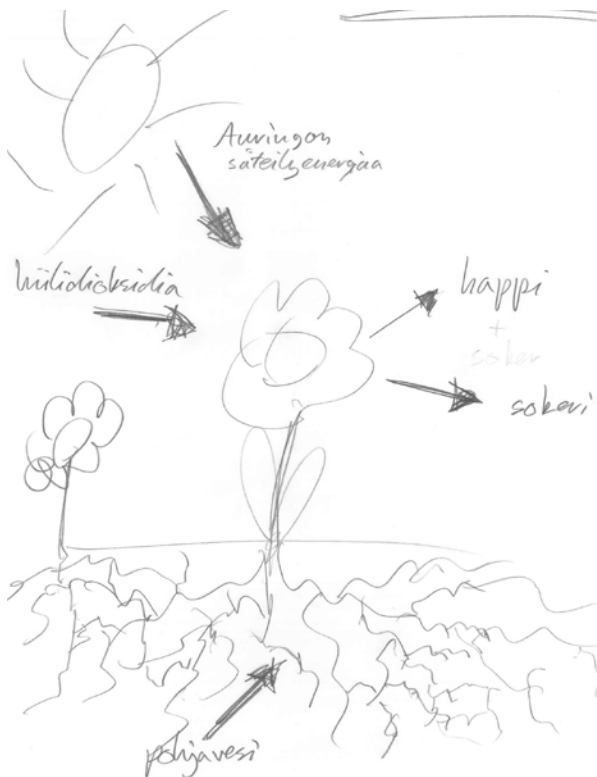
Kuva 23. Oppilaan (10) vastaus alkutestissä ja jälkitestissä 2.

Opetuksen jälkeen oppilaat (10-14, 18-20) hallitsivat enemmän keskeisiä yhteyttämiskäsitteitä ja käsitteiden käyttö oli täsmentynyt (Kuva 23, 24) (Liite 7). Seitsemällä oppilaista (11-14, 18-20) esiintyi vastauksessa viisi keskeistä käsitettä, aurinko, hiilidioksidi, vesi, sokeri ja happi (Liite 7). Yksi oppilas (10) mainitsi näiden käsitteiden lisäksi käsitteet sidosenergia ja viherhiukkanen (Kuva 23). Hän liitti kemiallisia merkkejä käsitteisiin, hiilidioksidi, happi ja sokeri. Oppilaista viisi (10-13, 18) mainitsi vastauksessaan käsitteen sidosenergia (Kuva 23, 24) (Liite 7). Heistä kaksi (10, 13) liitti käsitteen sidosenergia virheellisesti yhteyttämislmiöön, toinen (10) liitti sen happeen (Kuva 23), ja toinen (13) mainitsi sen irrallaan muista käsitteistä (Liite 7).

Oppilas 12



Oppilas 20



Kuva 24. Oppilaiden (12, 20) vastaukset jälkitestissä 2.

Kaikki oppilaat (10-14, 18-20) ymmärsivät kasvin hyväntekijänä (Kuva 23, 24) (Liite 7), myös ne kolme oppilasta (12, 13, 18), jotka ennen opetusta mainitsivat kasvin työntekijänä. Kasvi tulkittiin hyväntekijäksi, koska oppilaiden vastauksissa sokeri ei jäänyt kasville. Näistä kahden oppilaan (12, 13) kohdalla vastaus oli selvää kopiointia vihkotyöstä (Kuva 24) (Liite 2, 7). Kaksi oppilaista (14, 18) ymmärsi yhteyttämisen ravinnon valmistamisena, koska heidän vastauksissaan sokeri kuvattiin jäävän kasviin (Liite 7). Oppilaista kuusi (10-13, 19-20)

ymmärsi yhteyttämisen aineiden vaihtona (Kuva 23, 24) (Liite 7), joista yksi (11) ymmärsi sen ravinnonvalmistuksena ennen opetusta (Liite 7). Oppilaiden vastauksissa aineiden ilmaistiin kulkevan kasvin kautta. Oppilaan (11) vastauksessa oli nähtävissä selvää kopiointia vihkotyöstä (Liite 2, 7). Opetuksen jälkeen oppilaista kaksi (11, 14) ymmärsi auringon valona (Liite 7) ja viisi (10, 13, 18-20) energiana (Kuva 23, 24) (liite 7). Yksi oppilas (19) ei rinnastanut aurinkokäsitettä muihin käsitteisiin kuvaten auringon vaikutusta paksummalla nuolella (Liite 7). Energian säilymisen ymmärsi oppilaista kolme (10, 13, 18) (Kuva 23) (Liite 7). He ilmaisivat säilymisen säteily-/valoenergia- ja sidos-/kemiallinen energia -termeillä.

Oppilaan lähtötaso ymmärrysluokka 3a ja 3b

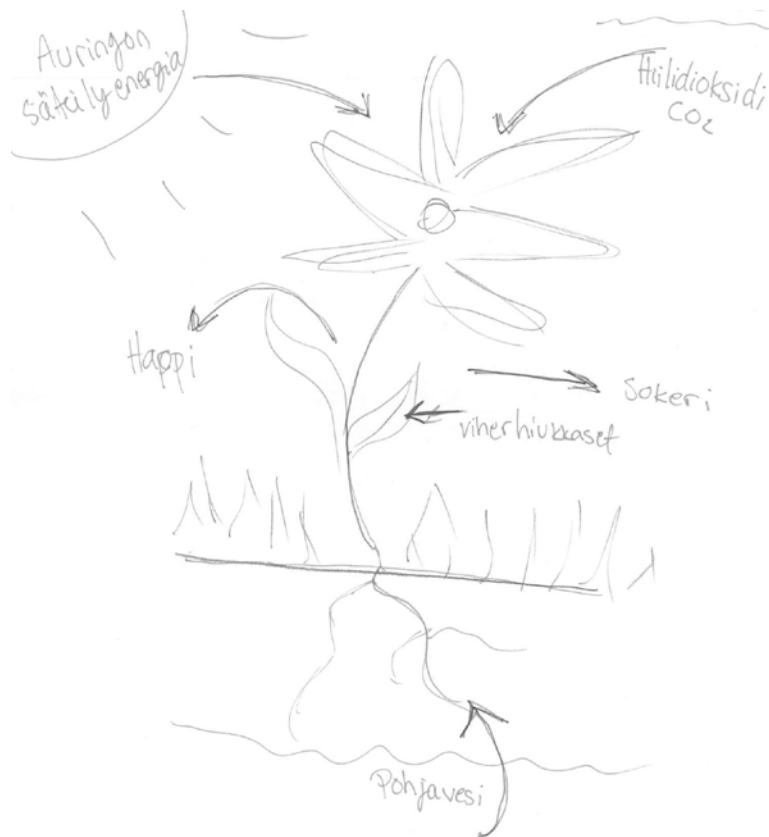
Ennen opetusta oppilaat (15, 21-24, 26-32) (n=12) osasivat liittää yhteyttämiseen vähintään kolme keskeistä yhteyttämiskäsitettä (Liite 7). He rinnastivat energiakäsitteen muihin käsitteisiin myös opetuksen jälkeen (mitään käsitettä ei korostettu). Ennen opetusta ymmärrysluokkaan 3a sijoittui yhdeksän oppilasta (15, 24, 26-32) ja luokkaan 3b kolme oppilasta (21-23).

Kolme oppilasta (21-23) **pysyi** ymmärrysluokassa **kolme b** . Ennen opetusta he osasivat liittää yhteyttämislmiöön vähintään neljä käsitettä (Kuva 25) (Liite 7). Opetuksen jälkeen yhden oppilaan (23) käsitteistö ei muuttunut, yksi oppilas (22) hallitsi enemmän käsitteitä (viherhiukkanen, kemiallinen merkki hiilidioksidista) (Kuva 25) ja yksi oppilas (21) ei maininnut enää käsitettä vesi. Ennen opetusta oppilaista yksi (21) ymmärsi auringon valona ja yksi (23) energiana (Liite 7). Opetuksen jälkeen oppilaista yksi (22) ymmärsi auringon energiana (Kuva 25), yksi (21) ei enää maininnut aurinkoa, ja yksi (23) ymmärsi edelleen auringon energiana (Liite 7). Kaikki oppilaat (21-23) ymmärsivät kasvin hyväntekijänä ja yhteyttämisen aineiden vaihtona opetuksen jälkeenkin (Kuva 25) (Liite 7), sillä oppilaiden (21-23) vastauksissa sokeri ei jäänyt kasviin ja aineet kulkivat kasvin kautta. Ennen opetusta hapen rooli oli oppilaille (21-23) epäselvä, ja opetuksen jälkeen oppilaista yksi (21) ymmärsi hapen päätuotteeksi kuvaten sen paksulla tummalla nuolella (Liite 7).

Alkutesti

Yhteyttämisen aikana kasvit vapauttavat sokeria ja happea.
 Yhteyttämiseen tarvitaan hiilidioksidia ja vettä.
 Yhteyttäminen lakkaa talven ajaksi, koska silloin kasvit eivät saa luonnosta elinvoimaa.

Jälkitesti

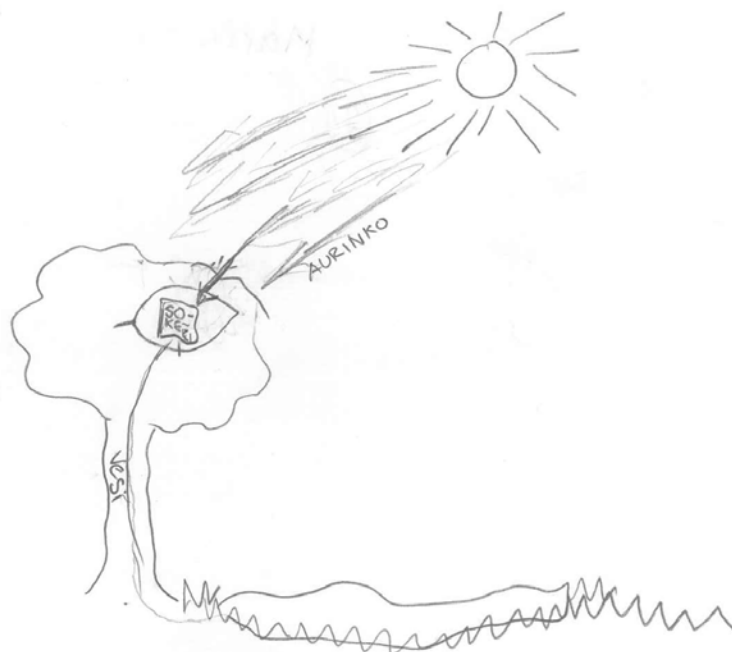


Kuva 25. Oppilaan (22) vastaus alkutestissä ja jälkitestissä 2.

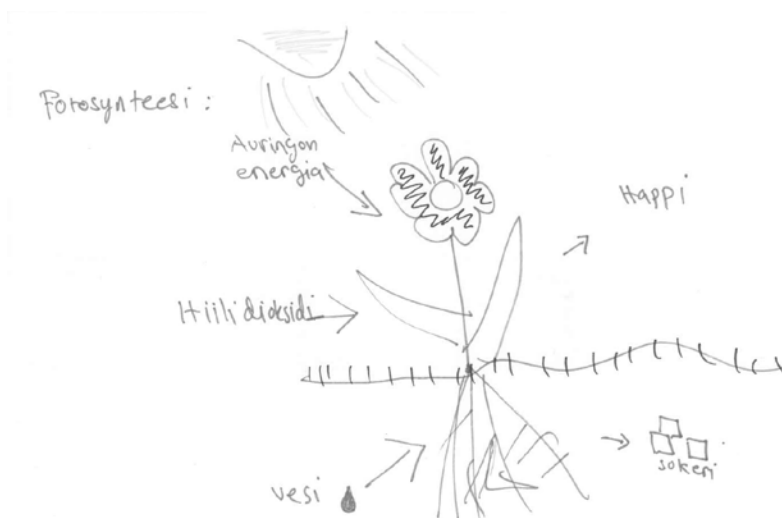
Ennen opetusta ymmärrysluokassa kolme a olleista oppilaista kaikki (15, 24, 26-32) ymmärsivät kasvin työntekijäksi, "Ne ottavat...(oppilas 15)", "...kasvit käyttävät...(oppilas 26)", "Kasvi reagoi...(oppilas 27)", "Yhteyttämisellä tarkoitetaan kasvin tekemää työtä kun se muuttaa...(oppilas 28)", "Kasvit yhteyttävät...(oppilas 29)", "Yhteyttäminen on kasvejen ravinnonvalmistamista. (oppilas 30)", "...kasvi muuttaa...(oppilas 32)" ja oppilaat (24, 31) piirsivät sokerin kasvin lehteen (Liite 7). Oppilaista kahdeksan (15, 24, 26, 28-32) liitti auringon yhteyttämiseen (Kuva 26) (Liite 7).

Alkutesti

VESI + AURINKO = SOKERI



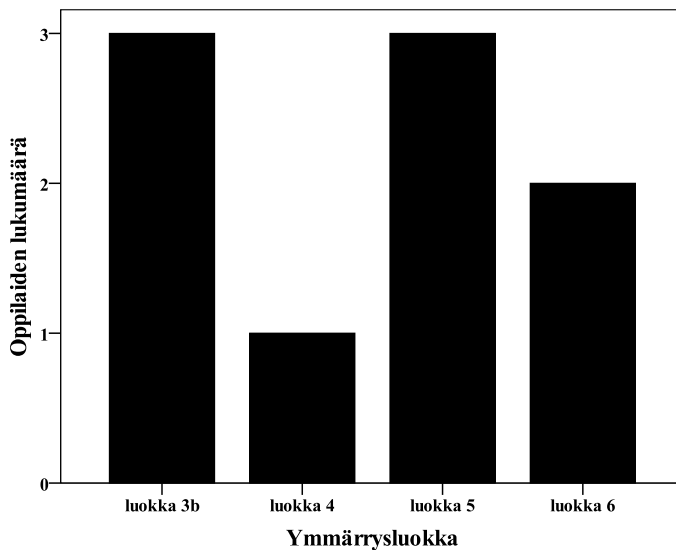
Jälkitesti



Kuva 26. Oppilaan (31) vastaus alkutestissä ja jälkitestissä 2.

Kolme oppilasta (24, 28, 31) siirtyi ymmärrysluokkaan **kolme b** (Kuva 27). Ennen opetusta oppilaista kaksi (24, 28) yhdisti yhteyttämiseen viisi keskeistä käsitettä, aurinko, hiilidioksidi, vesi, sokeri, happi, mutta käsite vesi oli liitetty virheellisesti ilmiöön (Liite 7). Oppilas (24) piirsi veden tulevan taivaalta, ja oppilas (28) kuvasi veden vain yhteyttämisen tuotteena (Liite 7). Ennen opetusta oppilaista yksi (31) yhdisti yhteyttämiseen kolme keskeistä käsitettä, aurinko, vesi, sokeri (Kuva 26). Opetuksen jälkeen hän osasi liittää yhteyttämiseen myös käsitteet hiilidioksidi ja happi. Oppilaat (24, 28) liittivät jo hallitsemiensa käsitteiden lisäksi käsitteen sidosenergia yhteyttämiseen, ja toinen heistä (24) liitti viherhiukkaset kukan terälehtiin (Kuva 28).

Ennen opetusta kaikki oppilaat (24, 28, 31) liittivät auringon yhteyttämiseen (Kuva 26, 28) (Liite 7). Heistä kaksi (24, 31) ymmärsi yhteyttämisen kasvin työntekona ja ravinnon valmistuksena, koska kuvasivat vastauksessaan sokerin jäävän kasvin lehteen (Kuva 26) (Liite 7). Opetuksen jälkeen oppilaista kaksi (24, 31) ymmärsi auringon energiaksi lähteeksi sillä he käyttivät auringon yhteydessä käsitettä energia (Kuva 26, 28). Oppilaat (24, 31) ymmärsivät kasvin hyväntekijänä ja yhteyttämisen aineiden vaihtona, koska he eivät piirtäneet sokeria enää jäävän kasvin lehteen (Kuva 26, 28). Oppilas (28) ymmärsi yhteyttämisen aineiden vaihtona opetuksen jälkeenkin, vaikka pyrki ennen opetusta selittämään aineiden muutosta, ”...se muuttaa auringonvaloa/hiilidioksidia hapeksi ja sokeriksi. (oppilas 28)” (Liite 7).

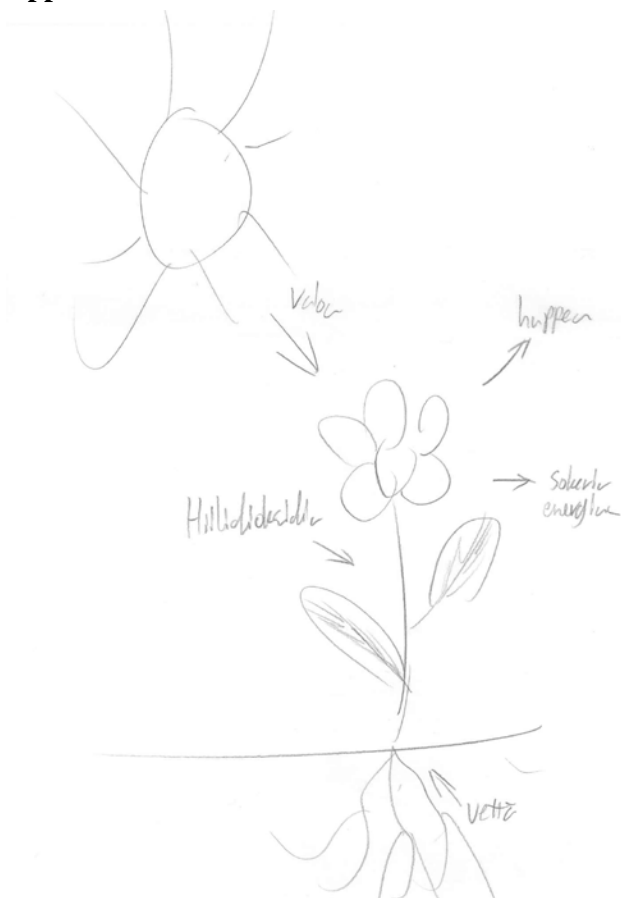


Kuva 27. Alkutestissä ymmärrysluokkaan 3a sijoittuneiden Jyväskylän Normaalikoulun ja Mikkelin Urheilupuiston koulun oppilaiden (n=9) ymmärryksen muutos jälkitestiin 2.

Oppilas 24



Oppilas 28



Kuva 28. Oppilaiden (24, 28) vastaukset jälkitestissä 2.

Yksi oppilas (30) siirtyi ymmärrysluokkaan **neljä** (kuva 27). Ennen opetusta hän yhdisti yhteyttämiseen neljä käsitettä, aurinko, vesi, happi, sokeri (Liite 7). Opetuksen jälkeen hän hallitsi aiempien käsitteiden lisäksi käsitteen hiilidioksidi. Opetuksen jälkeen oppilas (30) ymmärsi yhteyttämisen edelleen ravinnon valmistuksena ja auringon valona, *”Yhteyttäminen on kasvien ravinnon valmistusta, johon kasvi tarvitsee auringon valoa, vettä ja hiilidioksidia. (oppilas 30)”* (Liite 7).

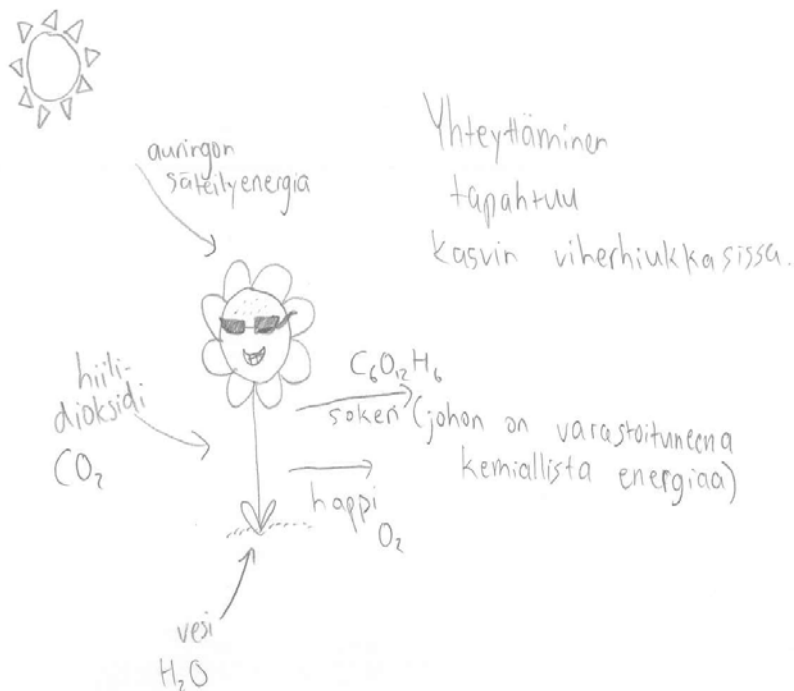
Kolme oppilasta (26, 27, 32) siirtyi ymmärrysluokkaan **viisi** (Kuva 27). Ennen opetusta oppilas (27) liitti yhteyttämiseen kolme käsitettä, hiilidioksidi, sokeri ja happi, ja opetuksen jälkeen kuusi käsitettä, aurinko, hiilidioksidi, vesi, sokeri, happi ja viherhiukkanen (Liite 7). Kahdella oppilaista (26, 32) esiintyi vastauksessa ennen opetusta neljä käsitettä, joista samoja olivat aurinko, sokeri ja happi (Kuva 29) (Liite 7). Lisäksi toinen (26) mainitsi käsitteen hiilidioksidi ja toinen (32) käsitteen vesi. Opetuksen jälkeen oppilas (32) hallitsi aiempien käsitteiden lisäksi käsitteen hiilidioksidi. Oppilas (26) hallitsi kaikki seitsemän yhteyttämiskäsitettä ja aineiden kemialliset merkit (kuva 29).

Aluksi oppilas (32) ymmärsi auringon valona, oppilas (26) energiana ja oppilas (27) ei vastauksessaan maininnut aurinkoa (Liite 7). Opetuksen jälkeen kaikki oppilaat (26, 27, 32) ymmärsivät auringon energiana (Kuva 29) *”viherkasvi muuttaa hiilidioksidin, veden ja auringon valon energian sokeriksi...(oppilas 32)”* (Liite 7). Oppilas (32) ymmärsi energian säilymisen ja muuttumisen jo ennen opetusta *”Yhteyttäessä kasvi muuttaa auringosta, vedestä ja ravinteista saamansa energian sokeriksi.(oppilas 32)”* (Liite 7). Opetuksen jälkeen oppilas (26) ymmärsi energian säilymisen ja muuttumisen käsitteillä säteily- ja kemiallinen energia (Kuva 29). Kaikki oppilaat (26, 27, 32) ymmärsivät opetuksen jälkeen yhteyttämisen prosessia, mutta puutteellisesti *”kasvin vihersolut reagoivat auringon säteilyenergian ja hiilidioksidin kanssa (oppilas 27)”*, *”viherkasvi muuttaa hiilidioksidin, veden ja auringon valon energian sokeriksi. Sivutuotteena syntyy hapetta...(oppilas 32)”* (Liite 7). Opetuksen jälkeenkin yksi oppilas (26) ymmärsi yhteyttämisen aineiden vaihtona (sokeri pois kasvista) (Kuva 29) ja yksi oppilas (32) ravinnon valmistuksena (sokeri juuriin) (Liite 7). Yksi oppilas (27) muutti opetuksen jälkeen käsityksensä yhteyttämisestä kasvin ravinnon valmistukseksi (sokeri jää kasviin) (Liite 7).

Alkutesti

Yhteyttäminen on sitä kun kasvit käyttävät auringon energiaa ja hiilidioksidia ja samalla ne muodostavat happea ja sokereita.

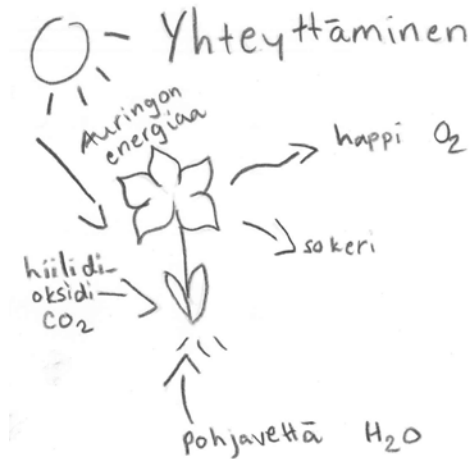
Jälkitesti 2



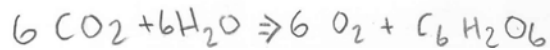
Kuva 29. Oppilaan (26) vastaus alkutestissä ja jälkitestissä.

Kaksi oppilasta (15, 29) siirtyi ymmärrysluokkaan **kuusi** (Kuva 27). Ennen opetusta oppilas (29) liitti yhteyttämiseen kolme käsitettä, aurinko, happi ja sokeri, oppilas (15) käsitteet, happi, hiilidioksidi, vesi ja auringonvalo. Lisäksi hän mainitsi vastauksessaan sokerin, jota hän näki tarvittavan hapen tuottamisessa, ” Ne ottavat ilmasta hiilidioksidia, auringonvaloa, vettä ja sokereita, minkä tuloksena syntyy happea... (oppilas 15)” (Liite 7). Opetuksen jälkeen he hallitsivat kuusi yhteyttämiskäsitettä, aurinko, hiilidioksidi, vesi, sokeri+sidosenergia ja happi (Kuva 30), ja lisäksi oppilas (29) hallitsi käsitteen viherhiukkanen (Kuva 31) (Liite 7). Aluksi oppilaat (15, 29) ymmärsivät auringon valona ja yhteyttämisen aineiden vaihtona. Opetuksen jälkeen he ymmärsivät auringon energiana ja aineiden vaihdon ravinnon

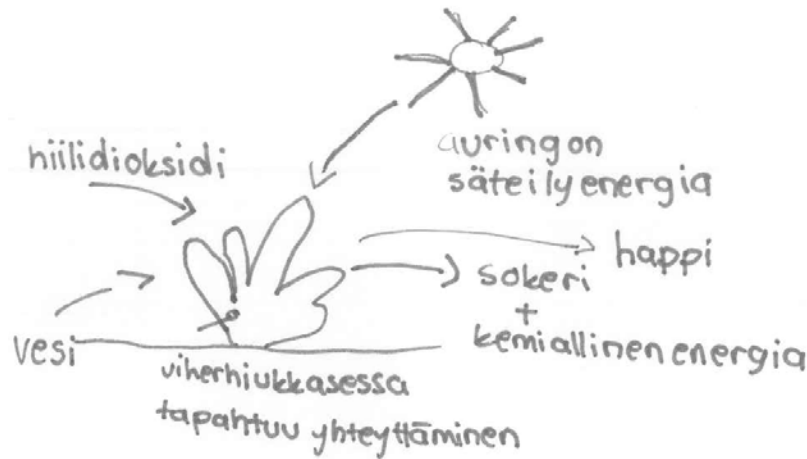
valmistamisena (Kuva 31). He ymmärsivät sokerin merkityksen kasville, "Yhteyttämistuotteena syntyy happea ja sokeria, jota se käyttää ravinnokseen Osan se varastoi. (oppilas 15)" (Kuva 30), "...sokeria kasvi käyttää kasvuun ja elintoimintoihin ja varastoi sitä (oppilas 29)" (Kuva 31). Oppilaat (15, 29) ymmärsivät hapen yhteyttämisen sivutuotteeksi korostaessaan sokerin merkitystä kasville (Kuva 30, 31). Lisäksi he (15, 29) ymmärsivät energian säilymisen ja muuttumisen, "Kemiallista energiaa siirtyy auringosta sokerin hiilidisosten väliin. (oppilas 15)" (Kuva 30), ja oppilas (29) ymmärsi viherhiukkasen roolin yhteyttämisaikana, "Yhteyttäminen tapahtuu lehden viherhiukkasissa (oppilas 29)" (Kuva 31).



Kasvi ottaa ilmasta hiilidioksidia, maasta vettä ja auringonenergiaa. Yhteyttämistuotteena syntyy happea ja sokeria, jota se käyttää ravinnokseen Osan se varastoi. Kemiallista energiaa siirtyy auringosta sokerin hiilidisosten väliin.



Kuva 30. Oppilaan (15) vastaus jälkitestissä 2.

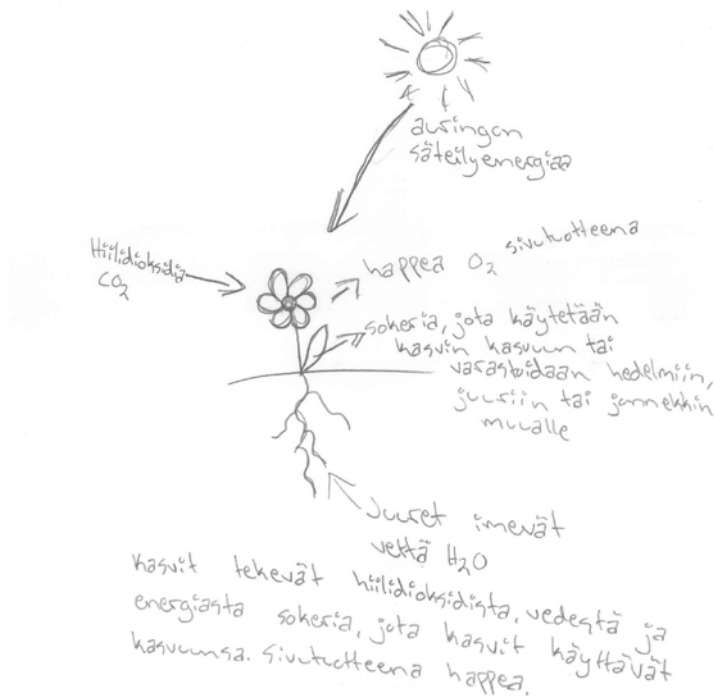


Yhteyttäminen tapahtuu lehden viherhiukkasissa. Yhteyttämiseen tarvitaan hiilidioksidia, vettä ja auringon säteilyenergiaa. Yhteyttämisessä vapautuu happea ja sokeria. Sokeriin on sidosenergiaa auringon säteilyenergia. Yhteyttämis tuotetta sokeria kasvi käyttää kasvuun ja elintoimintoihin ja varastoi sitä.

Kuva 31. Oppilaan (29) vastaus jälkitestissä 2.

Oppilaan lähtötaso ymmärrysluokka 4

Ymmärrysluokkaan **viisi** siirtynyt oppilas (33) (n=1) hallitsi ennen opetusta kaikki keskeiset yhteyttämiskäsitteet, aurinko, hiilidioksidi, vesi, sokeri+ sidosenergia, happi ja viherhiukkanen (Liite 7). Opetuksen jälkeen hän liitti kemialliset merkit käsitteisiin, hiilidioksidi, happi ja vesi (Kuva 32). Ennen opetusta oppilas (33) ymmärsi auringon valona (Liite 7) ja opetuksen jälkeen energianlähteenä (Kuva 32). Lisäksi hän ymmärsi energian säilyvän, mutta rinnasti sen yhä muihin käsitteisiin (saman paksuiset ja kokoiset nuolet) (Kuva 32). Ennen opetusta hän ymmärsi kasvin työntekijänä ja aineiden muuttumisen sokeriksi kasville, "yhteyttäminen on sitä, kun kasvit tekevät auringon valosta, hiilidioksidista ja vedestä hedelmäsokeria. Yhteyttämisestä vapautuu happea (oppilas 33)" (Liite 7). Opetuksen jälkeen oppilas (33) esitti laajempaa merkitystä yhteyttämisestä kertomalla kasvin käyttävän sokeria kasvuunsa tai varastoivan sitä (Kuva 32).



Kuva 32. Oppilaan (33) vastaus jälkitestissä 2.

Oppilaan lähtötaso ymmärrysluokka 5

Ennen opetusta ymmärrysluokkaan viisi sijoittui neljän oppilaan (34-37) (n=4) vastaukset. Heidän vastauksilleen oli yhteistä neljännen ymmärrysluokan vaatimusten (Taulukko 3) lisäksi auringon ymmärtäminen valona ja keskeisten käsitteiden tasa-arvoisuus (yhtään käsitettä ei korostettu) (Liite 7). Ennen opetusta oppilaista kolme (35-37) neljästä ymmärsi yhteyttämisen liittyvän ravinnon valmistukseen, "Kasvien tapa valmistaa ravintoa (oppilas 35)", "Kasvit ovat tuottajia, ne voivat yhteyttää...(oppilas 36)", "Yhteyttämisestä syntyvää sokeria kasvi käyttää "ravinnokseen". (oppilas 37)" (Liite 7). Alkutilanteessa oppilaiden ymmärryksessä oli yhteneväisyyksien lisäksi myös yksilöllisiä eroja (Liite 7).

Viitosluokasta **kolme b**-luokkaan siirtynyt oppilas (36) ymmärsi ennen opetusta kasvin aktiivisen roolin yhteyttämässä, "Kun kasvi yhteyttää, syntyy happia ja sokereita. (oppilas 36)" (Liite 7). Lisäksi hän pyrki käsittelemään yhteyttämismieltä laajemmassa merkityksessä, "Kasvit ovat tuottajia, ne voivat yhteyttää, eläimet taas eivät voi. (oppilas 36)" (Liite 7). Opetuksen jälkeen oppilas (36) ei maininnut enää vastauksessaan käsitettä *vesi*, mutta mainitsi uutena virheellisesti käsitteen sidosenergia (Liite 7). Opetuksen jälkeen oppilas (36) ei ymmärtänyt kasvia työntekijänä eikä pyrkinyt käsittelemään yhteyttämismieltä laajemmassa merkityksessä (Liite 7). Vastauksessaan hän ainoastaan luetteli yhteyttämiseen liittyviä käsitteitä ja hän kuvasi sokerin nuolella pois kasvista.

Yksi oppilas (35) siirtyi ymmärrysluokkaan **neljä**. Ennen opetusta oppilaan vastauksesta puuttui käsite happi, ja opetuksen jälkeen käsite sokeri (Liite 7). Opetuksen jälkeen hän ymmärsi käsitteen energia, koska vastauksessa ilmeni käsite sidosenergia, ja hän ymmärsi auringon energianlähteenä (Liite 7). Näiden kautta oppilas (35) osoitti energian säilyvän (aurinkoenergia→sidosenergia). Ennen opetusta hän ymmärsi kasvun tulevan sokerista ja

kasvin tuottavan ravintoa itselleen ja kuluttajille, ”kasvien tapa valmistaa ravintoa...syntyy sokeria, jota kasvit, mutta myös kuluttajat käyttävät ravintonaan (oppilas 35)” (Liite 7). Opetuksen jälkeen hän ymmärsi yhteyttämisen olevan kasvin tapa valmistaa ravintoa ilman laajempaa merkitystä (Liite 7). Vastauksessaan hän ainoastaan luetteli yhteyttämiseen liittyviä käsitteitä.

Yksi oppilas (34) **pysyi** ymmärrysluokassa **viisi**. Ennen opetusta oppilas hallitsi käsitteen viherhiukkanen, jonka avulla hän selitti yhteyttämisen prosessia, ”Yhteyttämiseen kasvilla on viherhiukkasia (oppilas 34)” (Liite 7). Kuitenkin oppilas (34) näki yhteyttämisen aineiden vaihtona, ”Jotta kasvi voisi yhteyttää se tarvitsee...syntyy happea ja sokeria. (oppilas 34)” (Liite 7). Opetuksen jälkeen oppilas (34) ymmärsi yhteyttämisen kasvin ravinnon valmistuksena. Vastauksessa sokerin ei ilmaistu poistuvan kasvista (Kuva 33). Lisäksi hän liitti kemialliset merkit käsitteisiin hiilidioksidi, vesi, happi ja sokeri (Kuva 33). Kuitenkin merkeissä esiintyi virheitä. Opetuksen jälkeen oppilas (34) liitti energian aurinkoon (Kuva 33). Hän ymmärsi energian säilymisen yhdistämällä energian yhteyttämistuotteeksi. Oppilas (34) pyrkii selittämään yhteyttämistä biologisena ilmiönä ja kemiallisena prosessina (Kuva 33).

Yhteyttämisen tapahtuu kasvin viher solussa. Yhteyttämiseen tarvitaan vettä (H_2O), hiilidioksidia (CO_2) ja auringon valo (energia). Yhteyttämisenä syntyy sokeria ($C_6H_{12}O_6$) happea (O_2) ja energiaa.

Kuva 33. Oppilaan (34) vastaus jälkitestissä 2.

Yksi oppilas (37) siirtyi ymmärrysluokkaan **kuusi**. Ennen opetusta oppilas osasi selittää yhteyttämisen laajempaa merkitystä näkemällä sokerin kasvin ravinnonlähteenä ja happea syntyvän sivutuotteena, ”Yhteyttämisenä syntyvää sokeria kasvit käyttävät ravinnokseen...happea syntyy sivutuotteena (oppilas 37)” (Liite 7). Opetuksen jälkeen oppilas (37) käytti viherhiukkasta aineen muuttumisen ja yhteyttämisen prosessin selittämiseen, ”...valmistaa niistä sokeria lehtien viher hiukkasissa...(oppilas 37)” (Liite 7). Lisäksi hän ymmärsi auringon energianlähteenä sekä energian säilymisen, ”Kasvi tarvitsee yhteyttämiseen auringon säteilyenergiaa, vettä, ja hiilidioksidia. Kasvi valmistaa niistä sokeria...käyttää sokeria kasvamiseen. (oppilas 37)” (Liite 7).

6.2.2 Oppilaiden käsitykset yhteyttämisestä opetuksen jälkeen

Jyväskylän Normaalikoulun ja Mikkelin Urheilupuiston koulun oppilaiden (n=39) jälkitestissä 2 antamissa vastauksissa oli tieteellisesti virheellisiä ja puutteellisia käsityksiä yhteyttämisestä (Taulukko 11). Virheitä ja puutteita löytyi energian hallinnassa ja ymmärtämisessä, aineen muuttumisesta ja kasvin ja veden merkityksessä yhteyttämisen prosessille. Opetuksen jälkeen kahdella oppilaalla (5, 39) oli tieteellisesti täysin virheellinen käsitys, ja kahdella (9, 17) erittäin hatara käsitys yhteyttämisestä.

Taulukko 11. Jyväskylän Normaalikoulun ja Mikkelin Urheilupuiston koulun 8-luokkalaisten oppilaiden (n=39) käsityksiä yhteyttämisestä jälkitestissä 2 (Liite 7).

Aihe	Oppilaan käsitys	Oppilaiden vastaukset
Energiäkäsitys	<ul style="list-style-type: none"> Energiaa ei liitetä yhteyttämiseen Ei ymmärretä mistä energia on peräisin. Energian muuttuminen muodosta toiseen on vaikeasti ymmärrettävä ilmiö. 	<ul style="list-style-type: none"> Vastauksessa ei mainita energiaa (oppilas 1, 6, 11, 14, 16, 21, 25, 30) Mainitsee vain sidosenergian irrallaan (oppilas 36) Mainitsee energian sokerin yhteydessä (oppilas 13, 28) Energia mainitaan vain auringon yhteydessä (oppilas 2, 8, 19, 20, 22, 23, 27, 31) Kemiallinen energia liitetään happeen (oppilas 10) Ei liitä sidosenergiaa sokeriin (oppilas 13, 35)
Auringon merkitys	<ul style="list-style-type: none"> Aurinko nähdään vain valona ja lämpönä ei energiana 	<ul style="list-style-type: none"> (oppilas 1, 6, 11, 14, 16, 21, 25, 28, 30, 36)
Aineen muuttuminen	<ul style="list-style-type: none"> Puutteita lähtöaineissa ja/tai tuotteissa, itse yhteyttämisprosessi epäselvä. Ymmärretään lähtöaineet ja syntyvät tuotteet, mutta itse yhteyttämisprosessi on epäselvä. Ei ymmärretä aineen kemiallista muuttumista eli miten epäorgaanisista yhdisteistä saadaan orgaanisia (sokeri). 	<ul style="list-style-type: none"> Hiilidioksidia vapautuu (oppilas 25) Tarvitsee happea ja vapauttaa hiilidioksidia (oppilas 6, 16) Ei mainitse vettä (oppilas 21, 36) Ei mainitse sokeria (oppilas 35) (oppilas 3, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 28, 30, 31) Aineiden reagointiprosessissa puutteita (vastaus kuvana, tulkinnan vaikeus, vertaa soveltavaan testiin) (oppilas 1, 12, 14) Aineiden reagointiprosessissa puutteita, vettä ei mainita

		(oppilas 27)
	<ul style="list-style-type: none"> • Viherhiukkasen rooli on epäselvä 	<ul style="list-style-type: none"> • ”Yhteyttäminen tapahtuu lehdissä”. (oppilas 32), (oppilas 19) • Mainitsee viherhiukkasen (oppilas 10, 22, 24)
Kasvin merkitys	<ul style="list-style-type: none"> • Ei ymmärretä kasvin valmistavan energiaa itselleen, vaan kasvi nähdään hyväntekijä, joka muita hyödyttääkseen tuottaa happea ja sokeria. 	<ul style="list-style-type: none"> • (oppilas 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 28, 31, 36)
Hengitys, yhteyttäminen kaasujen vaihtoa	<ul style="list-style-type: none"> • Yhteyttäminen ymmärretään kaasujen vaihtotapahtumana, joka on päinvastainen kuin eläimillä. • Yhteyttäminen on kasvin hengittämistä 	<ul style="list-style-type: none"> • Korostaa kaasujen vaihtoa (oppilas 11, 24) • Korostaa hapen vapautumista (oppilas 21) • (oppilas 35)
Veden rooli	<ul style="list-style-type: none"> • Vettä ei liitetä yhteyttämiseen. • Vesi erillään muista aineista, ei liitetä yhteyttämisprosessiin. 	<ul style="list-style-type: none"> • (oppilas 16, 21, 36) • Vesi maasta (oppilas 2, 3, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 31, 35) • Vesi ei tule maasta (oppilas 13)
Yhteyttämisilmiö	<ul style="list-style-type: none"> • Tieteellisesti täysin virheellinen käsitys • Erittäin hatara käsitys 	<ul style="list-style-type: none"> • Kasvien lisääntyminen (oppilas 5, 39) • Lähtöaineet ja tuotteet sekaisin ja liittää kasvien lisääntymiseen (oppilas 9) • Lähtöaineet ja tuotteet sekaisin (oppilas 17)

7. TULOSTEN TARKASTELU

7.1 Määrällisten tulosten tarkastelu

7.1.1 Yhteyttämiskäsitteiden hallinta

Opetuksen vaikutuksesta oppilaan yksittäisten keskeisten yhteyttämiskäsitteiden hallinta ja hallitsemiensa käsitteiden kokonaismäärä lisääntyi molemmissa opetusryhmissä. Tutkimiemme opetusryhmien samankaltaisuus käsitteiden hallinnan kehittymisessä selittynee aikaisemman opetuksen yhtenevyydellä (3.2) ja samanlaisella opetuksella tutkimustilanteessa (5.1) (Liite 1).

Ennen opetusta alkutestissä Jyväskylän oppilaista 47,1 % ja Mikkelin oppilaista 47,8 % ymmärsi *auringon energianlähteenä*, mutta kummankaan opetusryhmän oppilaat eivät hallinneet käsitettä *sidosenergia*. He eivät ymmärtäneet energian säilymistä ja muuttumista. Energiäkäsitteen ymmärtäminen oli oppilaille haasteellista. Tämä voi johtua abstraktin energiäkäsitteen ymmärryksen vaativuudesta ja tiedon sirpaloitumisesta. Piaget'n (1978) mukaan 8-luokkalaisella oppilaalla on kyky abstraktiin ajatteluun. Kuitenkin tutkimustuloksemme tukevat Hamiltonin ja Ghatalan (1994) sekä Tirosh'n ym. (1998) näkemystä yksilön ajattelun kehittymisestä eri tietoaueilla eri vaiheittain. Tämä ilmeni tutkimiemme samanikäisten oppilaiden yhteyttämisen ymmärtämisen keskinäisinä eroina ja yhteisesti energian ymmärtämisen vaikeutena. Vygotskyn (1978) mukaan oppilas tarvitsee tukea kehittääkseen ajatteluaan. Koulussa luonnontieteiden opetuksessa tulisi tukea vaativien abstraktien käsitteiden (esimerkiksi energia) merkityksellistä ymmärtämistä (3.3.2). Luonnontieteellisten oppiaineiden integroinnilla voidaan muodostaa luonnontieteiden yhteinen kieli (Ahte 1994, Sormunen ym. 1998). Luonnontieteiden oppiaineiden yhteinen käsitys esimerkiksi energiasta estää tiedon sirpaloitumisen ja tukee haasteellisten käsitteiden ymmärtämistä ja mahdollistaa merkityksellisen ymmärtävän oppimisen.

Opetuksen vaikutuksesta kaikki Jyväskylän ja lähes kaikki Mikkelin oppilaista ymmärsivät *auringon energianlähteenä*. Käsitteen *sidosenergia* ymmärtäminen lisääntyi molemmissa opetusryhmissä (Jyväskylä jälkitesti 2 31,3 % ja Mikkelin jälkitesti 2 33,0 %). Opetuksen vaikutuksesta *säteilyenergian* ja sen säilymisen ja muuttumisen ymmärtämisessä tapahtui pysyvää käsitteellistä rikastumista (Vosniadou 2007) (2.4.2). Oppilas oli syväprosessoinut opittavaa ilmiötä, mikä mahdollisti merkityksellisen ymmärtävän oppimisen. Piaget (1978), Vygotsky (1978), Novak (1998) ja Tynjälä (1999) korostavat oppilaan omaa aktiivisuutta oppimisprosessissaan.

Energiäkäsitteiden (*säteilyenergia* ja *sidosenergia*) lisäksi Mikkelin oppilailta tapahtui merkityksellistä ymmärtävää oppimista käsitteiden *hiilidioksidi*, *vesi*, *happi*, *sokeri* ja *viherhiukkanen* osalta, ja Jyväskylän oppilailta käsitteen *hiilidioksidi* osalta. Näiden käsitteiden kohdalla käsitteellinen rikastuminen ei ollut pysyvää (Taulukko 6) (2.4.2). Oppilas oli pintaprocessoinut opittavaa ilmiötä, mikä johti tietämiseen, joka on Barakin ym. (1999) ja Leinosen (2002) mukaan aineiden ja käsitteiden luettelua.

7.1.2 Yhteyttämisen ymmärtäminen

Opetuksen jälkeenkään opetusryhmissä yksikään oppilas ei osannut esittää yhteyttämiproessia asianmukaisesti eikä yhdistää yhteyttämisiimiötä laajempaan kokonaisuuteen esimerkiksi ekosysteemiin (Bloom 1971), joka oli edellytys ymmärrysluokkaan seitsemän pääsemiseksi (Taulukko 3). Lordin (1999) ja Yenimez'in ja Tekkaya'n (2006) mukaan uuden tiedon konstruointi vaatii aikaa, mikä rajoittaa oppilaan hyödynnettävissä olevaa tiedon määrää. Tutkimiemme oppilaiden käsityksen rikastumattomuus ja muuttumattomuus tieteellisen käsityksen mukaiseksi malliksi voi selittyä heidän aiemmalla tiedollisella tasolla ja opetuksen kestolla. Määrällisesti opetus ei vaikuttanut Jyväskylän oppilaiden mutta vaikutti Mikkelin oppilaiden ymmärrykseen yhteyttämisestä (6.1.2). Kuitenkaan opetusryhmien välillä ei ollut eroa yhteyttämisen ymmärtämisessä.

7.1.3 Soveltava testi ja vastauksen antomuoto

Molemmissa opetusryhmissä yleisin tulos (Jyväskylä 40,0 %, Mikkelä 61,9 %) **soveltavassa testissä** oli kaksi pistettä. Soveltavan testin tulos ei kuitenkaan korreloinut oppilaan ymmärryksen kanssa (ymmärrysluokittelu) jälkitestissä 2. Tämän vuoksi soveltavan testin tuloksista ei voida tehdä päätelmiä oppilaiden yhteyttämisen ymmärryksestä. Kuitenkin soveltavassa testissä täydet kuusi pistettä saaneiden oppilaiden (n=6) havaittiin antaneen jälkitestissä 2 vastauksensa yhtä oppilasta lukuun ottamatta kuvana. Kuvana vastauksen antaneet oppilaat sijoittuivat ymmärrysluokkaan kolme (ymmärrysluokittelu). Näiden oppilaiden soveltavassa testissä menestyminen ja keskinertainen ymmärrys yhteyttämisestä (ymmärrysluokittelu) selittyy kuvallisen vastauksen tulkinnan vaikeudella tai oppilaan kyvyllä tuottaa vastaus avoimeen kysymykseen (Özay & Öztas 2003). Alkutestissä **vastauksen antomuodoista** yleisin oli teksti (Jyväskylä 58,8 %, Mikkelä 52,2 %) ja jälkitestissä 2 kuva (Jyväskylä 62,5 %, Mikkelä 61,9 %). Jälkitestissä 2 kuvallisten vastausten suuri osuus selittyy opetuksessa käytetyllä runsaalla kuvamateriaalilla (vihkotyöskentely, tunti- ja kotitehtävämöniste) (Liite 2, 3, 4).

7.2 Laadullisten tulosten tarkastelu

7.2.1 Yhteyttämisen ymmärtämiseen vaikuttavat tekijät

Ennen opetusta Jyväskylän Normaalikoulun ja Mikkelin Urheilupuiston koulun oppilaiden yhteyttämisen ymmärtämisessä oli selviä eroja oppilaiden välillä. Erot selittyivät oppilaiden henkilökohtaisilla tekijöillä (Ahtee 2004), aiemman opetuksen soveltavuudella kullekin oppilaalla (Mezirow 1995, Rauste-von Wright & von Wright 2000, Özay & Öztas 2003) ja yksilöllisellä oppimisprosessilla (Grabe 1986, Tynjälä 1999, 2004, Törmä 2001, Kauppila 2007). Oppilaan ymmärrys (ymmärrysluokka) ei ollut suoraan sidoksissa tietäntyyppiseen oppimisprosessin rakenteeseen (2.3). Eri ymmärrystason yhteyttämisestä saavuttaneilla oppilailla löytyi samanlaisia oppimisprosessin rakenteita esimerkiksi hahmotustavassa ja oppimisorientaatiassa.

Opetuksen vaikutuksesta yhtä oppilasta (5) (Liite 7) lukuun ottamatta yhteyttämisen ymmärtämisessä tapahtui konstruktivismiin mukaista oppimista (Piaget 1978, Vygotsky 1978, Ojanen 2000, Rauste-von Wright & von Wright 2000, Kauppila 2004), vaikka oppilaiden ymmärryksessä oli edelleen eroja. Konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaan oppija on aktiivinen tiedon käsittelijä ja tulkitsija, joka ohjaa ja perustelee toimintaansa (Ahtee 1994,

Hamilton & Ghatala 1994, Rauste-von Wright & von Wright 1997, 2000, Tynjälä 1999, Ojanen 2000, Kauppila 2004).

Useissa ymmärrysluokissa oppilaiden oppimisessa havaittiin samankaltaisuutta oppimisprosessiin vaikuttavissa tekijöissä. Tynjälän (1999), Kauppilan (2004) ja Lehtisen ym. (2007) mukaan heikko *motivaatio* (2.3.4) ja *oppimisorientaatio* (2.3.3) (Entwistle 1998, Vermunt 1998) voivat vaikuttaa oppilaan aktiivisuuteen oppimisprosessissaan ja selittää näin oppilaan oppimismenestystä. Oppilaan oppiminen oli *tietämistä* tai *merkityksellistä ymmärtämistä* (käsitteellinen rikastuminen ja muutos) (2.4). Tietäessään oppilas osasi nimetä ja luettelomaisesti mainita yhteyttämiseen liittyviä käsitteitä selittämättä yhteyksiä ja syy-seuraussuhteita (Bloom 1971, Leinonen 2002). Barak ym. (1999) nimeävät edellä mainitun tietämisen *ainekeskeiseksi* ymmärrykseksi. Sisäisesti motivoituneen ja merkitysorientoituneen oppilaan oppiminen oli merkityksellisesti ymmärtävää (Novak 1998, Törmä 2001). Oppilas osasi integroida biologian ja kemian eli hän ymmärtää yhteyttämisen kemiallisena prosessina (*prosessikeskeisyys*) (Barak ym. 1999). Novak (1998), Lord (1999) ja Yenilmez & Tekkaya (2006) korostavat riittävää *aikaa* suhteessa opetettavaan *tietomäärään* ja *oppilaan ymmärrykseen*, jotta oppilas voisi määritellä ja eritellä käsitteitä ja ilmiöitä sekä tarkastella ja jäsentää niiden välisiä suhteita omaksuakseen tieteellisen mallin mukaisen merkityksellisen ymmärryksen. Vaikka oppilaiden oppimisprosessissa oli samankaltaisuutta, jokaisen oppilaan ymmärryksen kehittyminen oli yksilöllisistä.

7.2.2 Opetuksen vaikutus yhteyttämisen ymmärtämiseen

Oppilaan lähtötaso ymmärrysluokka 1

Ennen opetusta oppilaiden (1-9) (n=9) käsitys yhteyttämisestä oli tieteellisesti täysin virheellinen (Kuva 16). Opetuksen vaikutuksesta yhtä oppilasta (5) lukuun ottamatta oppilailla oli puutteellinen käsitys yhteyttämisestä eli heillä tapahtui Vosniadou (2007) määrittelemä käsitteellinen muutos (oppiminen). Oppilas (5), joka säilytti aiemman kasvien lisääntymiseen perustuvan tietorakenteensa (skeema) yhteyttämisestä ei hyötynyt opetuksesta. Mikkilä ja Olkinuora (1995), Tirosh ym. (1998) ja Mintzes ym. (2001) ovatkin havainneet yksilön tietorakenteiden olevan vakaita ja muutosta vastustavia. Oppilaalla (5) saattoi olla puutteita metakognitiivisissa tiedoissa, jonka vuoksi hän ei kyennyt säätelemään omaa oppimistaan ja ajatteluaan oppimistilanteessa eli hänellä ei ollut metakognitiivista taitoa (Duell 1986, Goman & Perttula 1999). Oppilaan heikko motivaatio (Tynjälä 1999, Kauppila 2004, Lehtinen 2007) ja oppimisorientaatio (Entwistle 1998, Vermunt 1998) voivat selittää oppimismenestystä.

Ymmärrysluokkaan **kaksi** kehittynyt oppilas (9) pyrki opetuksen vaikutuksesta sulauttamaan eli rikastamaan yhteyttämislmiön aiempaan lisääntymisen skeemaansa. Hän liitti yhteyttämiskäsitteitä ja aineiden vaihdon kasviin. Oppilaan vastauksesta oli nähtävissä oman intuitiivisen käsityksen ja opetuksessa annetun tieteellisen käsityksen sekoittuminen. Vosniadoun (2007) mukaan hänellä on syntynyt synteettinen malli (2.4.2). Oppilaalla oli mahdollisuus saavuttaa merkityksellistä ymmärtävää oppimista, koska hän oli oppimisprosessoinnissaan aktiivinen, syväsuuntautunut ja merkitysorientoitunut (Phye 1986, Novak 1998). Hän pyrki selittämään yhteyttämistä ja antamaan sille merkityksen omin sanoin (Bloom 1971, Phye 1986, Novak 1998).

Opetuksen vaikutuksesta ymmärrysluokkaan **kolme b** kehittyneillä oppilailla (2-4, 6-8) tapahtui käsitteellinen muutos (Vosniadou 2007). He hallitsevat viisi keskeistä yhteyttämiskäsitettä, joiden lisäksi oli yksilöllisiä eroja. Oppilaista viisi kuudesta (2, 3, 4, 7, 8)

ymmärsi energian edellytyksen yhteyttämiselle. He osasivat liittää energian yhteyttämiseen, mutta he eivät ymmärtäneet sen merkitystä, sillä vastauksissaan he vain mainitsivat käsitteitä (2.3.2) ja pitivät kasvia aineiden vaihtajana. Tämä ainesosien luettelu ilman selitystä tukee Mikkilän ja Olkinuoran (1995) aiempia havaintoja oppilaiden tiedonrakenteista. Oppilaiden (2-4, 6-8) oppimisprosessi ei ollut täysin konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukainen, sillä heidän hahmotuksensa perustui yksittäisten asioiden tai osakokonaisuuksien havainnoimiseen ja pyrki oppimaan asian opettajan antamassa muodossa.

Ymmärrysluokkaan **neljä** kehittyneellä oppilaalla (1) tapahtui käsitteellinen muutos (Vosniadou 2007). Hän hallitsi sidosenergiaa lukuun ottamatta kaikki keskeiset yhteyttämisikäsitteet. Hän ymmärsi auringon edellytyksen yhteyttämiselle, vaikka ei ymmärtänyt käsitettä energia. Oppilaan oppimisprosessi oli *konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukainen* ja hänen oppimisensa oli merkityksellisesti ymmärtävää (Ahtee 1994, Hamilton & Ghatala 1994, Rauste-von Wright & von Wright 1997, 2000, Tynjälä 1999, Ojanen 2000, Kauppila 2004). Hän pyrki aktiivisella tietojen prosessoimisella luomaan itselleen johdonmukaisen ja ymmärrettävän kokonaiskuvan yhteyttämisilmiöstä (merkitysorientaatio: Entwistle 1998, Vermunt 1998; sisäinen motivaatio: Tynjälä 1999, Kauppila 2004). Hän hallitsi käsitteet, joilla hän pyrki selittämään yhteyttämisilmiötä (serialisti: Kauppila 2004; selittäjä: Olkkonen 1984). Oppilaan (1) yhteyttämisestä ymmärtäminen mukailee Barakin ym. (1998) yhteyttämisestä merkitykselliselle ymmärtämiselle asettamia ehtoja. Hänen vastauksestaan oli vaikea tulkita syy-seuraussuhteita.

Oppilaan lähtötaso ymmärrysluokka 2

Ennen opetusta kaikilla oppilailla (10-14, 16-20) (n=10) oli jonkinlainen, mutta puutteellinen käsitys yhteyttämisestä. Opetuksen vaikutuksesta heillä tapahtui käsitteellistä rikastumista (Vosniadou 2007). Kaikkien oppilaiden yhteyttämisestä käsitteistö rikastui. Kaksi oppilasta (16, 17) pysyi ymmärrysluokassa **kaksi**. Opetuksen vaikutuksesta heillä kuitenkin tapahtui oppimista (käsitteistön rikastuminen) (Vosniadou 2007), mutta energiakäsitteen ja aineiden muuttumisen hallintaan opetuksella ei ollut vaikutusta. Oppilaiden heikko oppimistulos voi selittyä opetuksen liian suurella tietomäärällä oppilaiden metakognitiivisiin taitoihin ja tiedolliseen tasoon nähden (Enkenberg 1985, Phye 1986, Astington & Pelletier 1996, Vosniadou & Ioannides 1998). Lisäksi oppilaat saattoivat olla ulkoisesti motivoituneita (Kauppila 2004, 2004, Lehtinen ym. 2007), jonka vuoksi he eivät pyrkineet aktiivisesti käsittelemään tietoa ja oppiminen jäi tietämisen tasolle (Leinonen 2002). Oppilaan (17) vastauksessa oli nähtävissä selvää kopiointia vihkotyöstä. Hän ei prosessoinut tietoa itse, vaan pyrki muistamaan opetuksessa annetun tiedon muuttumattomassa muodossa (atomisti: Olkkonen 1984; toistamisorientoitunut: Entwistle 1998, Vermunt 1998) (Bloom 1971) (2.3). Molemmat oppilaat olivat pintasuuntautuneita (Harri ym. 1998, Vermunt 1998) käsitteitä luettelevia mainitsijoita (Olkkonen 1984).

Opetuksen vaikutuksesta ymmärrysluokkaan **kolme b** kehittyneiden oppilaiden (10-14, 18-20) käsitteistö täsmentyi ja rikastui (Vosniadou 2007). He hallitsivat viisi keskeistä yhteyttämisikäsitettä. Lisäksi yksi oppilas (10) hallitsi käsitteet sidosenergia ja viherhiukkanen. Hänen käsitteistönsä rikastui kemiallisilla merkeillä (hiilidioksidi, happi ja sokeri). Kemian integroiminen biologian opetukseen hyödytti ainakin tätä oppilasta. Integroinnin hyödyn oppilaan yhteyttämisestä oppimiselle ovat aiemmin tutkimuksissaan havainneet Marmaroti ja Galanopoulou (2006). Oppilaalla (10) olisi ollut mahdollista saavuttaa syvällisempi merkityksellinen ymmärrys yhteyttämisestä, jos opetus olisi jatkunut, koska hän ymmärsi

energian säilymisen ja hän pyrki kuvaamaan käsitteiden välisiä suhteita (nuolet) (merkitysorientoitunut). Oppilas (10) pyrki osakokonaisuuksista muodostamaan kokonaiskäsitteiden yhteyttämisestä biologisena ilmiönä ja hän pyrki myös liittämään kemian yhteyttämiseseen. Hänen ymmärryksensä on Barakin ym. (1998) yhteyttämismerkityksellisen ymmärtämisen kaltaista. Oppilas (10) oli syväsuuntautunut (Harri ym. 1986, Vermunt 1998) serialisti (Kauppila 2004).

Oppilaiden (11-13) vastaukset olivat kopiointia oppitunnin vihkotoyöstä. He eivät prosessoineet tietoa itse, vaan pyrkivät muistamaan opetuksessa annetun tiedon muuttumattomassa muodossa (atomisti: Olkkonen 1984; toistamisorientoitunut: Entwistle 1998, Vermunt 1998) (2.3). Oppilaat olivat pintasuuntautuneita (Marton ym. 1980, Vermunt 1998) käsitteitä luettelevia mainitsijoita (Olkkonen 1984). Heidän ymmärryksensä yhteyttämisestä perustui ainekeskeisyyteen (Barak ym. 1999). Tämän ainesosien luettelemisen ovat havainneet myös Mikkilä ja Olkinuora (1995). Opetuksen vaikutuksesta viisi oppilasta kahdeksasta ymmärsi auringon energiana, heistä kolme ymmärsi energian säilymisen. Kaikki oppilaat prosessoivat tietoa itse sillä heidän vastauksistaan oli tulkittavissa pyrkimys ymmärtää yhteyttämistä (merkitysorientoitunut, syväsuuntautunut) (Piaget 1978, Vygotsky 1978, Novak 1998, Tynjälä 1999, Törmä 2001, Kauppila 2007). Oppilaiden oppimisprosessissa oli nähtävissä Rauste-von Wrightin (1997) ja Ojasen (2000) mainitsemia konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaisia piirteitä (2.1). Konstruktivismiin pohjautunut opetus hyödytti kyseisten oppilaiden oppimista (3.3).

Oppilaan lähtötaso ymmärrysluokka 3

Ennen opetusta kaikki oppilaat (15, 21-24, 26-32) (n=12) osasivat liittää yhteyttämiseseen vähintään kolme keskeistä käsitettä. Opetuksesta huolimatta oppilaat rinnastivat yhä käsitteet aurinko ja energia muihin käsitteisiin. Ennen opetusta ymmärrysluokkaan kolme a sijoittui yhdeksän oppilasta (15, 24, 26-32) ja kolme (21-23) luokkaan kolme b. Nämä kolme oppilasta (21-23) **pysyivät** ymmärrysluokassa **kolme b**. Opetus ei vaikuttanut yhden oppilaan (23) käsitteistön rikastumiseen (Vosniadou 2007), ja yhdellä (21) oppilaalla käsitteistö köyhtyi. Oppilaiden (21, 23) kohdalla yhteyttämisymmärtäminen pysyi tietämisenä (4.2.2) sillä heidän ymmärryksensä perustui ainekeskeisyyteen (Barak ym. 1999). Mikkilä ja Olkinuora (1995) ovat myös havainneet oppilaiden tiedonrakentumisen ainesosien luettelemisen varaan. Oppilaiden (21-23) tietorakenteiden muuttumattomuus selittyy heikolla motivaatiolla, ”minä hallitsen jo tämän asian” –ajattelu, ja pyrkimyksellä selvittää opetustilanteesta (saavutusorientaatio; Entwistle 1998, Vermunt 1998). Oppilaiden oppiminen vaikuttaa olleen pintasuuntautunutta (Marton 1980, Olkkonen 1984, Harri ym. 1986, Vermunt 1998) (2.3).

Opetuksen vaikutuksesta oppilaalla (22) tapahtui käsitteellistä rikastumista (viherhiukkanen, kemiallinen merkki hiilidioksidista) ja käsitteellinen muutos (Vosniadou 2007). Hän ymmärsi yhteyttämisessä tarvittavan energian tulevan auringosta, mutta ymmärrys yhteyttämisestä pysyi Leinosen (2002) mukaisena tietämisenä (yksittäisten asioiden hallinta). Opetuksen vaikutuksesta oppilas (22) löysi yhteyttämisilmiön ydinaineksen, mutta ei pyrkinyt selittämään ilmiön merkitystä. Oppilaan vastauksessa ei näkynyt aktiivista asian prosessointia, (toistamisorientaatio; Entwistle 1998, Vermunt 1998; pintasuuntautunut: Marton ym. 1980, Harri ym. 1986, Vermunt 1998). Hänen yhteyttämisymmärrys oli ainekeskeistä (Barak ym. 1999) (2.3). Oppilailla (21-23) olisi ollut mahdollista oppia opetuksen vaikutuksesta, koska heidän keskeisten yhteyttämisikäsitteiden hallinta oli hyvä jo ennen opetusta.

Opetuksen vaikutuksesta ymmärrysluokasta kolme a **kolme b:hen** siirtyneiden oppilaiden (24, 28, 31) käsitteistö rikastui (Vosniadou 2007) ja kahdella heistä (24, 31) tapahtui käsitteellinen muutos (Vosniadou 2007). Oppilailla (24, 31) auringonvalo muuttui energiaksi ja he ymmärsivät energian säilyvän. Oppilaat (24, 28, 31) vaikuttivat meristeiltä (Olkkonen 1984), koska heidän ymmärrys yhteyttämisestä pysyi ainekeskeisenä tietämisenä (ei selvää kokonaisuutta) (Barak ym. 1999). Mutta oppilaiden oppimisprosessista löytyi myös serialistisia piirteitä (2.3.1). He pyrkivät serialistien tapaan saamaan yhden osakokonaisuuden (yksityiskohdan) hyvin haltuun (Kauppila 2004) tässä tapauksessa keskeisen käsitteistön. Näin ollen oppilailla (24, 28, 31) olisi ollut mahdollisuus saavuttaa syvällisempi merkityksellinen ymmärrys yhteyttämisestä, jos opetus olisi jatkunut. Opetuksella oli negatiivinen vaikutus oppilaiden (24, 28, 31) ymmärrykseen kasvin merkityksestä yhteyttämisessä. Oppilaat vaihtoivat käsityksensä kasvista työntekijänä hyvän tekijäksi. Opetuksessa annettu tietomäärä mahdollisesti ylitti oppilaiden ajattelutason (Enkenberg 1985, Ojanen 2000) ja kyvyn käsitellä tietoa (metakognitiiviset taidot) (Phye 1986). Oppilaiden vastaukset olivat yksilöllisiä tuotoksia, mistä oli tulkittavissa heidän omaa aktiivista ajatteluaan ja opittavan aineksen omaehtoista muokkaamista ja tulkintaa (syväsuuntautuneita: Marton ym. 1980, Olkkonen 1984, Harri ym. 1986, Vermunt 1998).

Opetuksen vaikutuksesta ymmärrysluokkaan **neljä** kehittynyt oppilas (30) rikasti käsitteistöään (Vosniadou 2007) käsitteellä hiilidioksidi. Opetuksen vaikutuksesta oppilaan ymmärrys yhteyttämisestä ei syventynyt. Oppilaalla olisi ollut hyvä mahdollisuus oppia aiempien tietojensa pohjalta, jos hänellä olisi ollut motivaatiota (Tynjälä 1999, Lehtinen ym. 2007).

Opetuksen vaikutuksesta ymmärrysluokkaan **viisi** kehittyneillä oppilailla (26, 27, 32) tapahtui käsitteellistä rikastumista ja jäsentymistä (Vosniadou 2007). He hallitsivat kaikki keskeiset yhteyttämisikäsitteet. Oppilaalla (32) tapahtui käsitteellinen muutos (Vosniadou 2007). Opetuksen vaikutuksesta myös hän ymmärsi auringon energianlähteenä. Opetuksen vaikutuksesta oppilaiden ymmärrys yhteyttämisestä oli merkityksellistä (4.2.2). He selittivät yhteyttämisprosessia energian säilymisellä ja aineen muuttumisena kuten Barakin ym. (1999) merkityksellisen ymmärtämisen ehdot edellyttävät (prosessikeskeisyys). Oppilas (26) käytti prosessin selittämiseen hallitsemaansa kemiallista termistöä. Hän hyötyi opetuksen integroimisesta kemiaan, minkä myös Marmaroti ja Galanopoulou (2006) ovat aiemmissa tutkimuksissaan havainneet. Oppilaiden (26, 27, 32) oppimisprosessi oli konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukainen (syväsuuntautunut, selittäjä, merkitysorientoitunut, sisäisesti motivoitunut) (2.3) (Piaget 1978, Vygotsky 1978, Ojanen 2000, Rauste-von Wright & von Wright 2000, Kauppila 2004).

Opetuksen vaikutuksesta kaksi oppilasta (15, 29) kehittyi ymmärrysluokkaan **kuusi**. Heillä tapahtui käsitteellistä rikastumista ja jäsentymistä (käsitteistö) ja käsitteellinen muutos (Vosniadou 2007). He ymmärsivät auringon energianlähteenä, energian säilymisen ja muuttumisen. Opetuksen vaikutuksesta oppilaiden (15, 29) ymmärrys yhteyttämisestä oli Barakin ym. (1999) mukaista merkityksellistä ymmärtämistä. Ymmärtäessään yhteyttämisbiologisenä ilmiönä ja kemiallisena prosessina heidän oli mahdollista liittää ilmiö laajempaan kokonaisuuteen (Stavy ym. 1987), ja ymmärtää yhteyttämisilmiön merkitys nykymuotoisen elämän kannalta (Ray & Beardsley 2008). Oppilaat (15, 29) saavuttivat merkityksellisen ymmärtämisen selittämällä yhteyttämisbiologisenä ilmiönä (kasvin ravinnonvalmistus) ja kemiallisena prosessina (yhteyttämisprosessi; energia ja aineen muutos). Oppilaiden (15, 29) yhteyttämisbiologisen ymmärrys oli lähellä tieteellisen mallin mukaista ymmärrystä (4.1). Ymmärryksen kehittyminen tieteellisen mallin mukaiseksi olisi edellyttänyt enää

täsmennyksiä ja jäsennyksiä oppilaiden tietorakenteisiin. Tavoitteiden saavuttamista olisi tukenut oppilaiden (15, 29) saavuttama Bloomin (1971) mainitsema ajattelukyky asioiden analysoimiseen ja syntetisoimiseen. Oppilaiden huomattava oppiminen, tietorakenteiden konstruointi, johtunee oppilaiden aktiivisuudesta oppimisprosessissaan (Piaget 1978, Vygotsky 1978, Ojanen 2000, Rauste-von Wright & von Wright 2000, Kauppila 2004).

Oppilaan lähtötaso ymmärrysluokka 4

Ymmärrysluokkaan **viisi** kehittyneellä oppilaalla (33) tapahtui käsitteellistä rikastumista ja muutosta (Vosniadou 2007). Opetuksen vaikutuksesta hän rikasti yhteyttämiskäsitteistöään kemiallisilla merkeillä (hiilidioksidi, happi, vesi), ja hän ymmärsi auringon energianlähteenä ja energian säilymisen. Opetuksen vaikutuksesta hän ymmärsi aineen muuttumisen merkityksen kasville. Hänen ymmärryksensä yhteyttämisestä oli merkityksellistä (Barak ym. 1999), sillä hän pyrki selittämään yhteyttämislmiötä ja sen syy-seuraussuhteita (selittäjä) (Olkkonen 1984) hänen. Oppilas (33) oli konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukainen oppija (Piaget 1978, Vygotsky 1978, Ojanen 2000, Rauste-von Wright & von Wright 2000, Kauppila 2004). Hahmotustavaltaan holistina hän pyrki aktiivisesti hahmottamaan yhteyttämislmiötä kokonaisuutena ja löytämään osakokonaisuuksien välisiä syy-seuraussuhteita (syväsuuntautunut: Marton ym. 1980, Harri ym. 1987, Vermunt 1998; holisti: Kauppila 2004; merkitysorientoitunut: Entwistle 1998, Vermunt 1998; sisäisesti motivoitunut: Tynjälä 1999, Kauppila 2004, 2007, Lehtinen ym. 2007) (2.3).

Oppilaan lähtötaso ymmärrysluokka 5

Opetuksen vaikutuksesta ymmärrysluokkaan **kolme b** taantuneella oppilaalla (36) tapahtui käsitteellistä ja ymmärryksellistä köyhtymistä. Opetuksen vaikutus oli oppilaan kohdalla pääosin negatiivinen. Oppilaalla (35) tapahtui käsitteellinen muutos (Vosniadou 2007), vaikka hän taantui ymmärrysluokkaan **neljä**. Opetuksen vaikutuksesta oppilas (35) ymmärsi auringon energianlähteenä ja energian säilymisen (käsitteellinen muutos) (Vosniadou 2007). Oppilaiden (35, 36) taantuminen ymmärrysluokittelussa selittynee heikolla motivaatiolla. He todennäköisesti edelleen ymmärsivät yhteyttämisen merkityksen, mutta he eivät vain halunneet ilmaista vastauksessaan koko ymmärrystään yhteyttämisestä. Motivoituneena oppilailla (35, 36) olisi ollut mahdollisuus hyötyä opetuksesta enemmän.

Oppilas (34) pysyi ymmärrysluokassa **viisi**, vaikka hänellä tapahtui opetuksen vaikutuksesta huomattavaa oppimista. Hän rikasti käsitteitään kemiallisilla merkeillä ja hän ymmärsi energian ja energian säilymisen (käsitteellinen muutos) (Vosniadou 2007) ja aineen muuttumisen (kasvin merkitys yhteyttämisessä). Opetuksen vaikutuksesta oppilas (34) pyrki selittämään yhteyttämistä biologisena ilmiönä ja kemiallisena prosessina. Hänen yhteyttämisen ymmärtäminen perustui prosessikeskeisyyteen (merkityksellinen ymmärtäminen) (Barak ym. 1999). Oppilas (34) hyötyi opetuksen integroimisesta kemiaan (Marmaroti & Galanopoulou 2006). Virheiden esiintyminen sokerin ja hapen kemiallisissa merkeissä osoitti oppilaan omaa aktiivista prosessointia yhteyttämislmiön ymmärtämiseksi. Näin ollen oppilaan (34) oppimisprosessi oli konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukainen (syväsuuntautunut: Marton ym. 1980, Harri ym. 1987, Vermunt 1998; selittäjä: Olkkonen 1984; merkitysorientoitunut: Entwistle 1998, Vermunt 1998; sisäisesti motivoitunut: Tynjälä 1999, Kauppila 2004, 2007, Lehtinen ym. 2007) (2.3). Hahmotustavaltaan serialistina hän pyrki syventämään ymmärrystään yhteyttämisen kemiallisesta prosessista (osakokonaisuus), jonka kautta hän jäseni yhteyttämislmiön kokonaisuuden. Tällä oppilaalla olisi

potentiaalinen mahdollisuus kehittyä yhteyttämisen ymmärryksessä ymmärrysluokkaan seitsemän, jos oppimiselle olisi varattu riittävästi aikaa (Novak 1998, Lord 1999, Yenilmez & Tekkaya 2006) ja häntä olisi tuettu hänen lähikehityksen vyöhykkeellä (eriyttäminen) (Vygotsky 1978).

Oppilas (37) kehittyi ymmärrysluokkaan **kuusi**. Opetuksen vaikutuksesta hänellä tapahtui käsitteellistä rikastumista (käsite viherhiukkanen) ja käsitteellinen muutos (Vosniadou 2007). Hän ymmärsi auringon energianlähteenä sekä energian säilymisen. Oppilas (37) selitti yhteyttämistä biologisena ilmiönä (kasvin ravinnonvalmistus) ja kemiallisena prosessina (yhteyttämisprosessi). Opetuksen vaikutuksesta oppilas (37) selitti aineen muuttumista ja yhteyttämisprosessia viherhiukkasilla. Näiden perusteella oppilas (37) yhteyttämisen ymmärtäminen oli Barakin ym. (1999) mukaan merkityksellistä. Hän kykeni käsittelemään yhteyttämisen kokonaisuutta ja laajempia merkitysyhteyksiä (Stavy ym. 1987, Ray & Beardsley 2008). Oppilaan (37) yhteyttämisen ymmärrys oli lähellä tieteellisen mallin mukaista ymmärrystä (4.1). Ymmärryksen kehittyminen tieteellisen mallin mukaiseksi olisi edellyttänyt enää täsmennyksiä ja jäsennyksiä oppilaiden tietorakenteisiin. Oppilaalla oli mahdollisuus saavuttaa korkein tiedollinen taso yhteyttämisestä, koska hänellä oli kyky ilmiöiden analysoimiseen ja asiakokonaisuuksien yhdistelyyn (Bloom 1971). Oppilaan oppiminen, tietorakenteiden konstruointi, johtunee oppilaan aktiivisuudesta oppimisprosessissaan, joka on konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukainen (Piaget 1978, Vygotsky 1978, Ojanen 2000, Rauste-von Wright & von Wright 2000, Kauppila 2004).

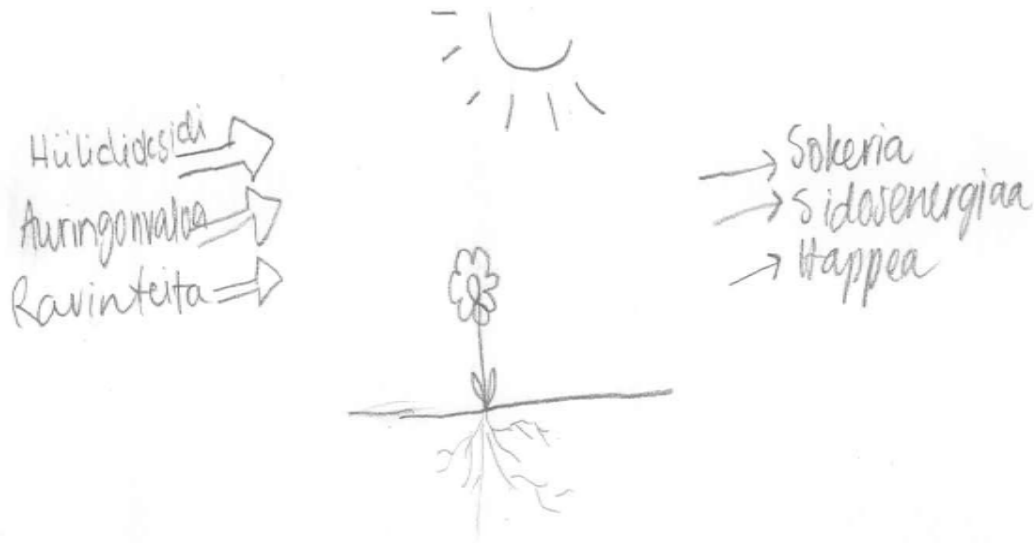
7.2.3 Oppilaiden käsitykset yhteyttämisestä opetuksen jälkeen

Opetuksen jälkeen Jyväskylän Normaalikoulun ja Mikkelin Urheilupuiston koulun oppilaiden yhteyttämisen ymmärtämisessä oli edelleen tieteellisesti virheellisyyttä ja puutteellisuutta (Taulukko 12). Oppilailla oli vaikeuksia ymmärtää energiaa ja sen säilymistä ja aineen muuttumista, mikä tukee aiempia tutkimuksia (energia; Stylianidou & Boohan 1998, Carlsson 2002, Özay & Öztas 2003) (aine: Stavy ym. 1987, Mikkilä & Olkinuora 1995, Leach ym. 1996, Cañal 1999, Carlsson 2002, Erbert-May ym. 2003, Özay & Öztas 2003, Marmaroti & Galanopoulou 2006). Lisäksi oppilailla oli ongelmia ymmärtää kasvin merkitys yhteyttämisessä (kasvin merkitys; hengitys, kaasujen vaihtoa), mikä tukee aiempia tutkimuksia (kasvin merkitys; Cañal 1999, Özay & Öztas 2003) (hengitys: Leach ym. 1996, Cañal 1999, Özay & Öztas 2003, Marmaroti & Galanopoulou 2006, Yenilmez & Tekkaya 2006).

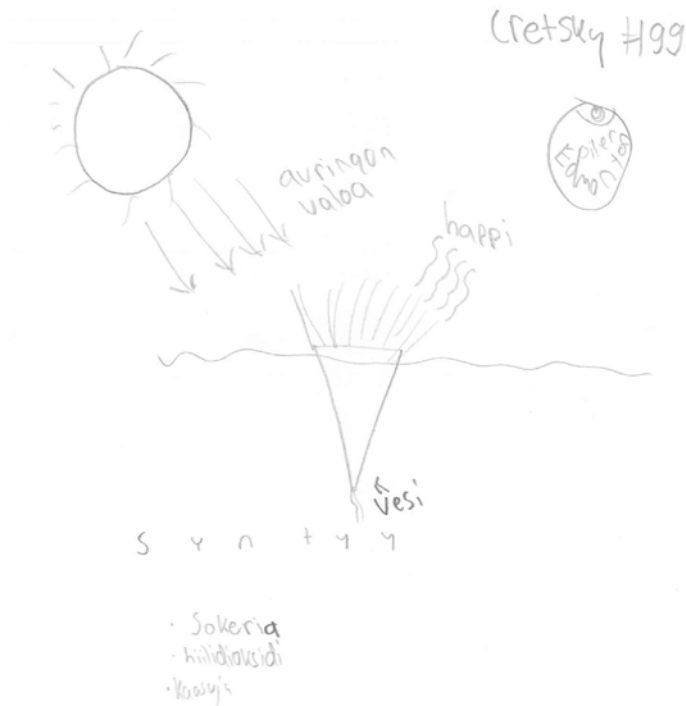
Tutkimuksessamme havaitsimme, että oppilaista yli puolella (59,0 %) oli vaikeuksia ymmärtää veden merkitys yhteyttämisessä (Taulukko 12). Kolme oppilasta ei liittännyt vettä yhteyttämiseen (Kuva 34). Oppilaista 20 ei esittänyt vettä yhteyttämisprosessin yhteydessä (Kuva 35), ja heistä yksi ei ymmärtänyt veden tulevan maasta (Kuva 36). Oppilaiden vaikeus ymmärtää veden merkitys yhteyttämislle voi selittyä heidän yhteyttämisprosessin ymmärtämättömyydellä. Tutkimamme oppilaat eivät ymmärtäneet yhteyttämisen merkitystä kasvin elossa pysymiselle (Stavy ym., Palmer 1998, Lin & Hu 2003, Marmaroti & Galanopoulou 2006), vaan he saattoivat ymmärtää veden kasvin elossa pitävänä voimana.

Opetuksen vaikutuksesta kahdella oppilaalla (9, 17) oli erittäin hatara käsitys yhteyttämisestä (Liite 7). He sekoittivat lähtöaineet ja tuotteet keskenään, mikä voi johtua siitä, etteivät he ymmärtäneet yhteyttämisprosessia kokonaisuutena (ainekeskeisyys: Barak ym. 1999). Energian ja sen säilymisen ja aineen muuttumisen ymmärtämisen vaikeus selittänee oppilaiden yhteyttämisen ymmärryksen syventymättömyyden (kukaan oppilas ei

saavuttanut ymmärrysluokkaa 7) Stylianidou ja Boohan (1998), Cañal (1999) ja Marmaroti ja Galanopoulou (2006). ovat tehneet tutkimuksissaan samankaltaisia energian ja aineen ymmärtämiseen perustuvia havaintoja.



Kuva 34. Oppilaan (36) vastaus jälkitestissä 2 esimerkkinä veden puuttumisesta vastauksessa.



Kuva 35. Oppilaan (25) vastaus jälkitestissä 2 esimerkkinä veden tulevan maasta.



Kuva 36. Oppilaan (13) vastaus jälkitestissä 2 esimerkkinä vesi ei tule maasta.

8. JOHTOPÄÄTÖKSET

Opetuksen vaikutuksesta oppilaiden yhteyttämistä koskevissa tietorakenteissa tapahtui muutoksia (oppimista), sillä heidän keskeisten yhteyttämiskäsitteiden hallinta lisääntyi ja ymmärrys yhteyttämisestä syveni. Opetusryhmien välillä ei ollut eroa. Kahta oppilasta lukuun ottamatta oppilaat saavuttivat perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden (Opetushallitus 2004) yläkoululaisille asettamat oppimistavoitteet, vaikka tieteellisen mallin mukaista ymmärrystä yhteyttämisestä ei saavuttanut yksikään oppilas. Saamansa opetuksen jälkeenkin oppilailla oli ongelmia energiakäsitteen ja aineen muuttumisen ymmärtämisessä. Lisäksi havaitsimme veden merkityksen yhteyttämislle olevan monelle oppilaalle epäselvää.

Tutkimuksessamme havaitsimme, että jo ennen opetusta yhteyttämistä hallitsevien oppilaiden kohdalla ymmärrys yhteyttämisestä olisi voinut syventyä, jos oppimiseen olisi ollut enemmän aikaa. Heikosti yhteyttämistä hallitsevien oppilaiden kohdalla ymmärtävä oppiminen olisi edellyttänyt tietomäärän jakamista pidemmälle opetusjaksolle. Näin ollen opettajan hyvää oppilaan tuntemusta tulisi korostaa, koska se on edellytys onnistuneelle opetuksen eriyttämiselle. Koska tutkimuksessamme havaitsimme osan oppilaista hyötyneen kemian integroimisesta opetukseen, tulisi luonnontieteiden opetuksessa panostaa samanaikaisopetukseen tärkeimpien luonnontieteellisten käsitteiden kuten esimerkiksi energian kohdalla luonnontieteellisen kielen saavuttamiseksi ja luonnon ilmiöiden ymmärtämiseksi.

Määrälliset tulokset eivät olisi antaneet todellista kuvaa oppilaiden yksilöllisestä oppimisesta. Tämän vuoksi mixed method -menetelmä lisäsi tutkimuksesta saatavaa tietoa sekä tulosten laatua, luotettavuutta ja monipuolisuutta. Yhteyttämisen ymmärtämisen tulkitseminen kuvallisista vastauksista osoittautui haasteelliseksi. Näiden vastauksien kohdalla oppilaan haastattelu olisi saattanut varmentaa kuvasta tekemääme tulkintaa.

Tutkimuksemme tulosten luotettavuuden lisäämiseksi ja mahdollisen lisätiedon saamiseksi 8-luokkalaisten oppilaiden yhteyttämisen ymmärtämisestä voisi tehdä jatkotutkimuksia. Erittäin mielenkiintoista olisi tehdä pitkittäistutkimus koko oppivelvollisuuden ajalta sekä kysyä oppilailta mistä hiili tulee kasviin (miten siemen kasvaa puuksi) ja selvittää oppilaiden käsityksiä elollisuudesta, jotta selviäisi ymmärtävätkö oppilaat yhteyttämisen sekä biologisena ilmiönä että kemiallisena prosessina. Tutkittaessa oppilaiden ymmärrystä yhteyttämisestä useamman testaustavan käyttäminen huomioisi paremmin erilaiset oppijat.

Opettajan tulee selvittää oppilaiden aiemmat käsitykset opetettavasta aiheesta ennen opetusta tarjotakseen laadukkaan ja mielekkään oppimistilanteen. Tähän ei ole aina aikaa. Tutkimuksemme antaa mahdollisuuden saada käsityksen 8-luokkalaisten oppilaiden yhteyttämisen ymmärtämisestä ja siitä miten laadukkaalla konstruktivistisella opetuksella voidaan vaikuttaa oppilaiden oppimiseen. Tutkimuksemme osoittaa, että laadukas konstruktivistinen biologian opetus takaa perusopetussuunnitelman perusteiden mukaisen oppimisen.

KIITOKSET

Mielestämme opettajankoulutuksessa tulisi suosia työparityöskentelyä tehtäviä didaktisia pro gradu-töitä. Työparina työskennellessämme pystyimme keskinäiseen kriittiseen keskusteluun ja ajatteluun, joka tuki ammatillista kasvuamme ja lisäsi valmiuksiamme tarjota laadukasta biologian opetusta. Kiitokset tutkimustamme ohjanneille Jari Haimille ja Ilkka Ratiselle. Kiitämme tutkimukseemme osallistuneita Jyväskylän Normaalikoulun ja Mikkelin Urheilupuiston koulun oppilaita, heidän vanhempiaan, rehtoreita ja biologian opettajia. Kiitos Tiia Suopangille englanninkielisen tiivistelmän avustamisessa. Virve haluaa osoittaa tärkeät kiitokset miehelleen kannustuksesta ja pojalleen virkistävästä ja ilahduttavista leikkihetkistä. Maija kiittää perhettään ja ystäviään kannustuksesta ja tuesta. Kiitämme toisiamme sosiokonstruktivistisesta yhteisprojektista.

KIRJALLISUUS

- Ahtee M., Kankaanrinta I-K. & Virtanen L. 1994. *Luonnontieto koulussa*. Otava, Keuruu, 205 s.
- Ahtee M. 1998. Arkitieto ja tieteellinen tieto luonnontieteiden opetuksessa. *Kasvatus* 29 (4): 358-362.
- Alparslan C., Tekkaya C. & Geban Ö. 2003. Using the conceptual change instruction to improve learning. *Journal of Biological Education* 37: 133-137.
- Andre T. & Phye G. D. 1986. Cognition, learning, and education. Teoksessa: Phye G. D. & Andre T. (toim.), *Cognitive classroom learning. Understanding, thinking, and problem solving*, Academic Press, Inc., The United State of America, 1-21.
- Atram S. 1998. From folk biology to scientific biology. Teoksessa: Olson D. R. & Torrance N. (toim.), *The handbook of education and human development*, Blackwell Publishers Ltd., UK, 646-683.
- Astington J. W. & Pelletier J. 1996. The language of mind. Its role in teaching and learning. Teoksessa: Olson D. R. & Torrance N. (toim.), *The handbook of education and human development*, Blackwell Publishers Ltd., UK, 593-620.
- Ausubel D. P. & Robinson F. G. 1969. *School learning. An Introduction to educational psychology*. Holt, Rinehart & Maudus, London, 691 s.
- Barak J., Sheva B., Gorodetsky M. & Gurion B. 1999. As 'process' as it can get. Students' understanding of biological processes. *International Journal of Science Education* 21 (12): 1281-1292.
- Beadle C. L., Long S. P., Imbamb S. K., Hall D. O. & Olemdo R. J. 1985. *Photosynthesis in relation to plant production an terrestrial environments*. Tycoolly Publishing Ltd., Iso-Britannia, 156 s.
- Bell B. & Freyberg P. 1985. Language in the Science Classroom. Teoksessa: Osborne R. & Freyberg P. (toim.), *Learning in science. The Implications on children's science*, Heinemann, Hong Kong,

- 29-40.
- Biggs J. 1996. Enhancing teaching through constructive alignment. *Higher Education* 32: 347-264.
- Bloom B. (toim.). 1971. *Taxonomy of educational objectives. The Classification of educational goals*. McKay, New York, 196 s.
- Campbell N. A., Reece J. B. & Urry L. A. 2008. *Biology*. Pearson & Benjamin Cummings, San Francisco, 1267 s.
- Cañal P. 1999. Photosynthesis and 'inverse respiration' in plants. An Inevitable misconception?. *International Journal of Science Education* 21 (4): 363-371.
- Carlsson B. 2002. Ecological understanding 1. Ways of experiencing photosynthesis. *International Journal of Science Education* 24 (7): 681-699.
- Cosgrove M. & Osborne R. 1985. Lesson frameworks for changing children's ideas. Teoksessa Osborne R. & Freyberg P. (toim.), *Learning in science. The implications on children's science*. Heinemann, Hong Kong, 101-111.
- diSessa A. A. & Sherin. B. L. 1998. What changes in conceptual change?. *International Journal of Science Education* 20 (10): 1155-1191.
- Driver R., Asoko H., Leach J., Mortimer E. & Scott T. 1994. Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher* 32 (7): 5-12.
- Duell O. K. 1986. Metacognitive skills. Teoksessa: Phye G. D. & Andre T. (toim.), *Cognitive classroom learning. Understanding, thinking, and problem solving*, Academic Press, Inc., The United State of America, 205-242.
- Ekborg M. 2003. How student teachers use scientific conceptions to discuss a complex environmental issue. *Journal of Biological Education* 37 (3): 126-132.
- Eloranta V., Jeronen E. & Palmberg I. 2005. *Biologia eläväksi. Biologian didaktiikka*. PS-kustannus, Otavan kirjapaino Oy, Keuruu, 365 s.
- Enkenberg, J. 1985. *Formaalin ajattelun skeemojen kehittyneisyydestä peruskoulun yläasteen oppilaille*. Joensuun yliopisto, Kasvatustieteiden tutkimuksia 6, Joensuu, 138 s.
- Entwistle N. J. & Ramsden P. 1983. *Understanding student learning*. Croom Helm, London, 248 s.
- Entwistle Noel. 1998. Motivational factors in students' approaches to learning. Teoksessa: Schmeck R. S. (toim.), *Learning strategies and learning styles*, Plenum Press, New York, 21-51.
- Erbert-May D., Batzli J. & Lim H. 2003. Disciplinary research strategies for assessment of learning. *Bio Science* 53 (32): 1221-1228.
- Froti G. 1987. Energy conversion in higher plants and algae. Teoksessa: Ames J. (toim.), *Photosynthesis*, Elsevier Science Publishers B. V., Alankomaat, 1-20.
- Gagne R. M. 1971. *The conditions of learning*. Holt, Rinehart & Winston, New York, 407 s.
- Gibbs M. (toim.). 1971. *Structure and function of chloroplasts*. Springer-Verlag, Germany, 286 s.
- Goman J. & Perttula J. 1999. Mitä on oppimaan oppiminen ja kuinka sitä voidaan kehittää?. *Kasvatus* 30 (2): 109-119.
- Grabe M. 1986. Attentional processes in education. Teoksessa: Phye G. D. & Andre T. (toim.), *Cognitive classroom learning. Understanding, thinking, and problem solving*. Academic Press, Inc., The United State of America, 49-82.
- Griffiths A. K. & Thompson J. 1993. Secondary school students' understandings of scientific processes: an interview study. *Science & Technological Education* 11 (1): 15-12.
- Haapasalo L. 1997. *Oppiminen, tieto & ongelmanratkaisu*. MEDUSA-Software, Vaajakoski, 357 s.
- Hakkarainen K., Lonka K. & Lipponen L. 2001. *Tutkiva oppiminen. Älykkään toiminnan rajat ja niiden ylittäminen*. Wsoy, Porvoo, 295 s.
- Hakkarainen K., Bollström-Huttunen M., Pyysalo R. & Lonka K. 2005a. *Tutkiva oppiminen käytännössä. Matkaopas opettajille*. Wsoy, Porvoo, 300 s.
- Hakkarainen K., Lonka K. & Lipponen L. 2005b. *Tutkiva oppiminen. Järki, tunteet ja kulttuuri oppimisen synnyttäjinä*. Wsoy, Porvoo, 416 s.
- Hamilton R. & Ghatala E. 1994. *Learning and instruction*. McGraw-Hill Inc., USA, 478 s.
- Hanski I., Lindström J., Niemelä J., Pietiäinen H. & Ranta E. 1998. *Ekologia*. Wsoy, Juva, 580 s.

- Harri L., Koskinen J., Mikkonen A., Olkinuora A. & Pakaste M. 1986. *Oppilaita ohjaamaan*. Valtion painatuskeskus, Helsinki, 117 s.
- Hatano G. & Inagaki K. 1996. Cognitive and cultural factors in the acquisition of intuitive biology. Teoksessa: Olson D. R. & Torrance N. (toim.), *The handbook of education and human development*, Blackwell Publishers Ltd., UK, 683-708.
- Hatano G. & Inagaki K. 1997. Qualitative changes in intuitive biology. *European Journal of Psychology of Education* 12 (2): 111-130.
- Heikkurinen T. 1994. *Kouluttamisen perusteet*. Maanpuolustuskorkeakoulu, Koulutuksen laitos, Helsinki, 174 s.
- Herron J. D., Candu L. L., Ward R. & Srinivision V. 1977. Problems associated with contend analysis. *Science Education* 61: 185-199.
- Hirsjärvi S. & Huttunen J. 1995. *Johdatus kasvatustieteeseen*. Wsoy, Juva, 216 s.
- Jeronen E. 2005. Biologian opetus ja sen suunnittelu. Teoksessa: Eloranta V., Jeronen E. & Palmberg I. (toim.), *Biologia eläväksi. Biologian didaktiikka*, Otavan kirjapaino Oy, Keuruu, 47-92.
- Julkunen M-L. 1997. *Opetus, oppiminen, vuorovaikutus*. Wsoy, Juva, 322 s.
- Kauppila R. A. 2004. *Opi ja opeta. Psykkinen valmennus oppimisen tukena*. PS-kustannus, Juva, 274 s.
- Kauppila R. A. 2007. *Ihmisen tapa oppia. Johdatus sosiokonstruktivistiseen oppimiskäsitykseen*. PS-kustannus, Juva, 207 s.
- Kinchin I. M. 2000. Concept mapping in biology. *Journal of Biological Education* 34 (2): 61-68.
- Kramer P. J. 1983. *Water relations of plants*. Academic Press, New York, 489 s.
- Krebs C. J. 2001. *Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance*. Benjamin Cummings, San Francisco, 695 s.
- Lambert D. & Balderstone D. 2000. *Learning to teach geography in the secondary school. A Companion to school experience*. Routledge, London, 479 s.
- Leach J., Driver R., Scott P. & Wood-Robinson C. 1996. Children's ideas about ecology 2. Ideas found in children aged 5-16 about the cycling of matter. *International Journal of Science Education* 18 (1): 19-34.
- Lehtinen E., Kuusinen J. & Vauras M. 2007. *Kasvatuspsykologia*. Wsoy, Oppimateriaalit Oy, Helsinki, 345 s.
- Lehto J. E. 2005. Konstruktivismi peruskoulun didaktiikan ohjenuoraksi?. *Kasvatus* 36 (1): 7-19.
- Leino J. 1992. Koulun tiedonkäsitys ja sen relevanssi. Teoksessa: Antikainen A. (toim.), *Koulu ja tieto*, Kouluhallitus ja Valtion painatuskeskus, Helsinki, 42-53.
- Leinonen J. 2002. Ymmärtäminen. Jäsentynyttä tietämistä. *Kasvatus* 5: 475-483.
- Leinonen J. 2003. Käsite ja ymmärtäminen. *Kasvatus* 34 (1): 56-65.
- Leiwo M., Kuusinen J., Nykänen P. & Pöyhönen M-R. 1987. Kielellinen vuorovaikutus opetuksessa ja oppimisessa II. Peruskoulun luokkakeskustelun määrällisiä ja laadullisia piirteitä. Jyväskylän yliopisto, Kasvatustieteiden tutkimuslaitos, 211 s.
- Lin C-Y. & Hu R. 2003 Students' understanding of energy flow and matter cycling in the context of the food chain, photosynthesis and respiration. *International Journal of Science Education* 25 (12): 1529-1544.
- Lonka I. (toim.). 1991. *Aktivoiva opetus. Käsikirja aikuisten ja nuorten opettajille*. Kirjayhtymä, Helsinki, 127 s.
- Lord T. R. 1999. A comparison between traditional and constructivist teaching in environmental science. *Journal of Environmental Education* 30 (1): 22-31.
- Marmaroti P. & Galanopoulou D. 2006. Pupils' understanding of photosynthesis. A questionnaire for the simultaneous assessment of all aspects. *International Journal of Science Education* 28 (4): 383-403.
- Marton F., Dahlgren L. O., Svensson L. & Säljö R. 1980. *Oppimisen ohjaaminen*. Weilin+Göös, Espoo, 155 s.
- Mathis P. & Rutherford A. W. 1987. The primary reactions of photosystems I and II of algae and

- higher plants. Teoksessa: Ames J. (toim.), *Photosynthesis*, Elsevier Science Publishers B. V., Alankomaat, 63-96.
- Metsämuuronen J. 2005. *Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä*. Gummerus, Jyväskylä, 1292 s.
- Mezirow J. 1995. Kriittinen reflektio uudistavan oppimisen käynnistäjänä. Teoksessa: Mezirow J. (toim.), *Uudistava oppiminen. Kriittinen reflektio aikuiskoulutuksessa*, Helsingin yliopisto, Lahden koulutuskeskus, Oppimateriaaleja 23, 17-37.
- Mikkilä M. & Olkinuora E. 1995. Miten oppilaat ymmärtävät fotosynteesin oppikirjatekstin ja tehtävien avulla? Teoksessa: Mikkilä M. & Olkinuora E. (toim.), *Oppikirjat ja oppiminen*, Oppimistutkimuksen keskus, julkaisuja 4, Painosalama Oy, Turun yliopisto, 52-62.
- Mintzes J. J., Wandersee J. H. & Novak J. D. 2001. Assessing understanding in biology. *Journal of Biological Education* 35 (3): 118-124.
- Neisser U. Jahnukainen H. (suom.). 1982. *Kognitio ja todellisuus*. Weilin+Göös, Espoo, 173 s
- Newcomb W. 1990. Plastid structure and development. Teoksessa: Dennis D. T. & Turpin D. H, *Plant physiology, biochemistry and molecular biology*, Longman scientific & technical, UK., 529 s.
- Niiniluoto I. 2002. *Johdatus tieteenfilosofiaan*. Otava, Keuruu, 314 s.
- Nobel P. S. 1983. *Biophysical plant physiology and ecology*. W. H. Freeman & company, San Francisco, 608 s.
- Nobes G., Martin A. E. & Panagiotaki G. 2005. The development of scientific knowledge of the Earth. *British Journal of Developmental Psychology* 23: 47-64.
- Novak J. D. 1998. *Learning, creating, and using knowledge. Concept maps as facilitative tools in schools and corporations*. Lawrence Erlbaum, London, 251 s.
- Nummenmaa I. 2008. *Käyttätymistieteiden tilastolliset menetelmät*. Tammi, Vammala, 400 s.
- Ojanen S. 2000. *Ohjauksesta oivallukseen ohjausteorian kehittelyä*. Palmenia-kustannus, Saarijärvi, 175 s.
- Olkkonen, I. 1984. *Oppimisstrategiat ja -käsitteet peruskoulun viides-, kuudes- ja yhdeksäsluokkalaisten historian ja maantiedon opiskelussa*. Jyväskylän yliopisto, Opettajankoulutuslaitoksen tutkimuksia 19, Jyväskylä, 119 s.
- Opetushallitus. 2004. *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet*. Vammala kirjapaino Oy, Vammala, 320 s.
- Osborne R. 1985. Relating the new to the familiar. Teoksessa: Osborne R. & Freyberg P. (toim.), *Learning in science. The Implications on children's science*. Heinemann, Hong Kong, 41-50.
- Osborne R. & Freyberg P. 1985. Roles for the science teacher. Teoksessa: Osborne R. & Freyberg P. (toim.), *Learning in science. The implications on children's science*. Heinemann, Hong Kong, 91-99.
- Osborne J. F. 1996. Beyond constructivism. *Science Education* 80 (1): 53-82.
- Palmberg I. (toim.). 2004. *Luonnon ja luonnontiedon ymmärtäminen. Kymmenen työpajaa ymmärtämisen edistämiseksi*. Pedagogiska fakulteten, Vaasa, 231 s.
- Palmer D. H. 1998. Exploring the link between students' scientific and nonscientific conceptions. *Science Education* 83: 639-653.
- Phye G. D. 1986. Practice and skilled classroom performance. Teoksessa: Phye G. D. & Andre T. (toim.), *Cognitive classroom learning. Understanding, thinking, and problem solving*, Academic Press, inc., The United State of America, 141-168.
- Piaget J. & Inhelder B. Rutanen M. (suom.). 1977. *Lapsen psykologia*. Gummerus, Jyväskylä, 155 s.
- Piaget J. (Rosin A. transl.). 1978. *The development of thought. Equilibration of cognitive structures*. Basil Blackwell, United States of America, 213 s.
- Prezelin B. B. & Nelson N. B. 1990. The formation of ATP and reducing power in the light. Teoksessa: Dennis D. T. & Turpin D. H, *Plant physiology, biochemistry and molecular biology*, Longman scientific & technical, UK., 529 s.
- Rauste-Von Wright M. 1997. *Opettaja tienhaarassa. Konstruktivismia käytännössä*. Atena, Juva, 133 s.

- Rauste-von Wright M. & von Wright J. 2000. *Oppiminen ja koulutus*. Wsoy, Juva, 219 s
- Ray A. M. & Beardsley P. M. 2008. Overcoming student misconceptions about photosynthesis. A Model- and inquiry-based approach using aquatic plants. *Science activities* 45 (1): 13-22.
- Rumelhart D. E. 1993. The Architecture of mind. A Connectionist approach. Teoksessa: Posner I. (toim.), *Foundations of cognitive science*, The MIT Press, Cambridge, 133-159.
- Sander E., Jelemenská. P. & Kattman U. 2006. Towards a better understanding of ecology. *Journal of Biological Education* 40 (3): 119-123.
- Schmeck R. R. (toim.). 1988. *Learning strategies and learning styles*. Plenum Press, New York, 368 s.
- Sormunen K., Viiri J. & Saari H. 1998. Konstruktivismi luonnontieteiden opetuksessa. Pitkospuita pitkin yli hyllyvän suon?. Teoksessa: Leinonen J. (toim.), *Teorian ja käytännön vuorovaikutus ainedidaktiikassa*, Lapin yliopistopaino, Rovaniemi, 189-208.
- Stavy R., Eisen Y. & Yaakobi D. 1987. How students' aged 13-15 understand photosynthesis. *International Journal of Science Education* 9 (1): 105-115.
- Stavy R. & Wax N. 1989. Children's conceptions of plants as living things. *Human Development* 32: 88-94.
- Stylianidou F. & Boohan R. 1998. Understanding why things happen. Case-studies of pupils using an abstract picture to represent the nature of changes. *Research in Science Education* 28 (4): 447-462.
- Tirosh D., Stavy R. & Cohen S. 1998. Cognitive conflict and intuitive rules. *International Journal of Science Education* 20 (10): 1257-1269.
- Tynjälä P. 1999. *Oppiminen tiedon rakentamisena. Konstruktivistisen oppimiskäsityksen perusteita*. Tammer-paino Oy, Tampere, 202 s.
- Tynjälä P. 2004. *Oppiminen tiedon rakentamisena. Konstruktivistisen oppimiskäsityksen perusteita*. Tammer-paino Oy, Tampere, 214 s.
- Törmä S. 2001. Merkityksellinen oppiminen ja tiedon rakentaminen kasvatuksen haasteena. *Kasvatus* 32 (1): 5-14.
- Uusikylä K. & Atjonen P. 2000. *Didaktiikan perusteet*. Wsoy, Helsinki, 216 s.
- Vermunt J. D. 1998. The Regulation of constructive learning processes. *British Journal of Educational Psychology* 68 (2): 149-171.
- Vosniadou S. & Brewer W. F. 1987. Theories of knowledge restructuring in development. *Review of Educational Research* 57 (1): 51-67.
- Vousiadiou S. 1991. Designing curricula for conceptual restructuring. Lessons from the study of knowledge acquisition in astronomy. *Journal of Curriculum studies* 23: 219-237.
- Vosniadou S. 1994. Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction* 4: 45-49.
- Vousiadiou S. & Ioannides C. 1998. From Conceptual development to science education. A Psychological point of view. *International Journal of Science Education* 20 (10): 1213-1230.
- Vousiadiou S. 2007. Conceptual change and education. *Human Development* 50 (47): 47-54.
- Vygotsky L. S. 1978. *Mind and society. The Development of higher mental processes*. MA: Harvard University Press, Cambridge, 270 s.
- Vygotsky L. S. & Luria A. 1994. Tool and symbol in child development. Teoksessa: van der Veer R. & Valsiner J. (toim.), *The Vygotsky reader*, Blackwell, Oxford, 99-174.
- Wu Y-T. & Tsai C-C. 2005. Effects of constructivist-oriented instruction on elementary school students' cognitive structures. *Journal of Biological Education* 39 (3): 113-119.
- Yenilmez A. & Tekkaya C. 2006. Enhancing students' understanding of photosynthesis and respiration in plant through conceptual change approach. *Journal of Science Education and Technology* 15 (1): 81-87.
- Özay E. & Öztas H. 2003. Secondary students' interrepresentations of photosynthesis and plant nutrition. *Journal of Biological Education* 37 (2): 68-70.

Liite 1. Tuntisuunnitelma.

Tuntisuunnitelma

Tavoitteet

- **Tiedolliset:**
 - Käsitteet: Yhteyttäminen, viherhiukkanen, (kloroplasti), lehtivihreä, (klorofylli), kemiallinen energia (sidosenergia), säteilyenergia, ravintoketju, ravintoverkko, tuottajat, kuluttajat
 - Yhteyttämisen merkitys, aineen häviämättömyys, energian virtaus
- **Taidolliset:**
 - Yhdessä toimiminen (ryhmätyö, parityö)
- **Asenteet:**
 - Riippuvuus luonnosta
 - Myönteinen asenne biologiaa kohtaan
- **Opettajan omat tavoitteet:**
 - Ohjeistaminen, ajankäytön hallinta

Tunnin kulku

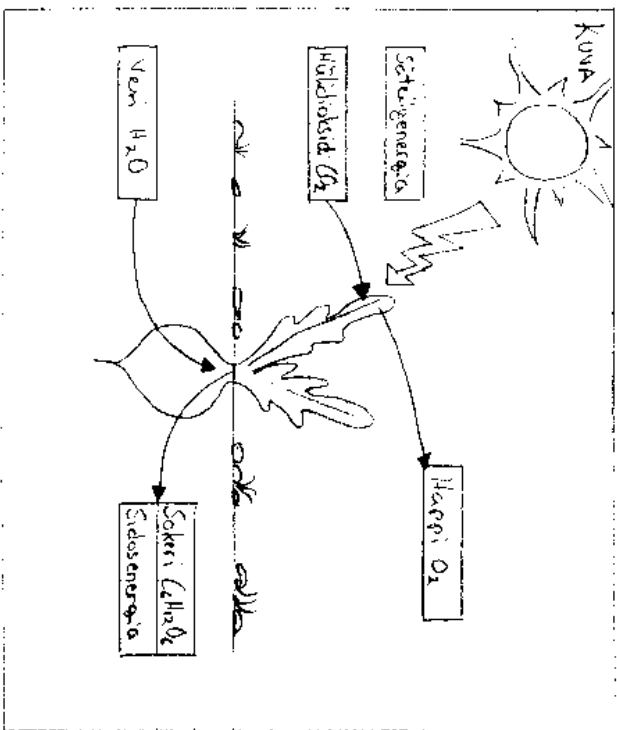
- **Läksynkuulustelu:** -
- **Motivointi ja siirtymä**
 - Ennakkokäsitysten kartoittaminen paperille: mitä tulee mieleen sanasta yhteyttäminen?
 - Läpikäynti snow ball –menetelmän mukaisesti
- **Uusi asia**
 - 1. tunti**
 - Opettajajohtoinen osuus: yleistä asiaa yhteyttämisestä huomioiden oppilaiden ennakkokäsitykset ; vihkotyöskentely
 - Opettajajohtoinen osuus kyselevällä opetusotteella: missä yhteyttäminen tapahtuu
 - 2. tunti**
 - Tiedon soveltaminen leikin avulla
 - Yhteyttämiskaavan havainnointi neljän hengen ryhmissä
+ pohdintakysymykset
 - yhteinen läpikäynti (vapaaehtoinen ryhmä esittelee tehtävän?)
 - Lopuksi yhteistä pohdintaa siitä, miksi yhteyttämistä tapahtuu/miksi se on niin tärkeää, mitä tapahtuisi jos yhteyttäminen loppuisi?, miten kasvi hyötyy yhteyttämisestä?
 - Opettajajohtoinen osuus: sokerin muodostuminen

Materiaalit:

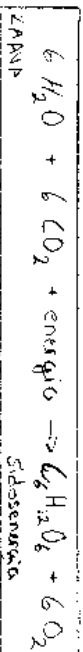
- Peli (pahvit, sinitarra), monisteet (2kpl)

Liite 2. Malli vihkötöskentelystä (opettajan piirros taululle).

Osaikko (Yhteystöminen)

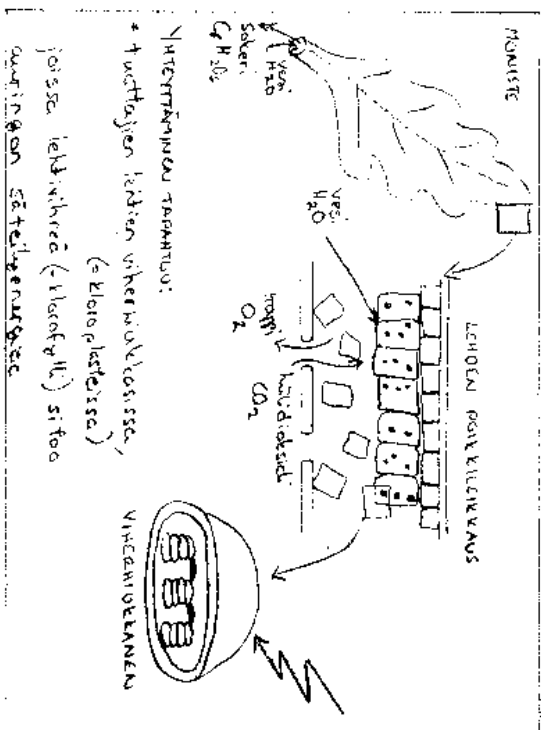


Osaikko (Yhteystöminen reaktio)

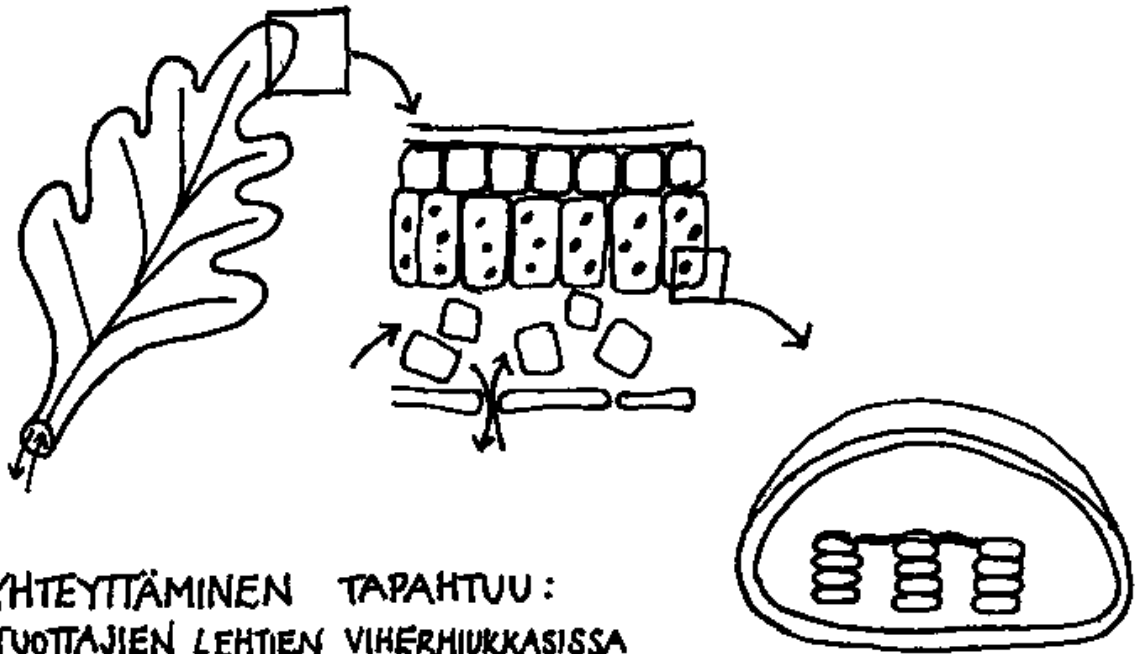


TESTI Yhteystöminen = Fotosynteesi

- Tuottajat muuttavat auringon säteilyenergian kemialliseksi energiaksi, sokerin
- Tuottajat sitovat auringon säteilyenergian itsellään käyttökelpoiseen muotoon
- Kaikie eläimillä on riippuvainen yhteystömisestä

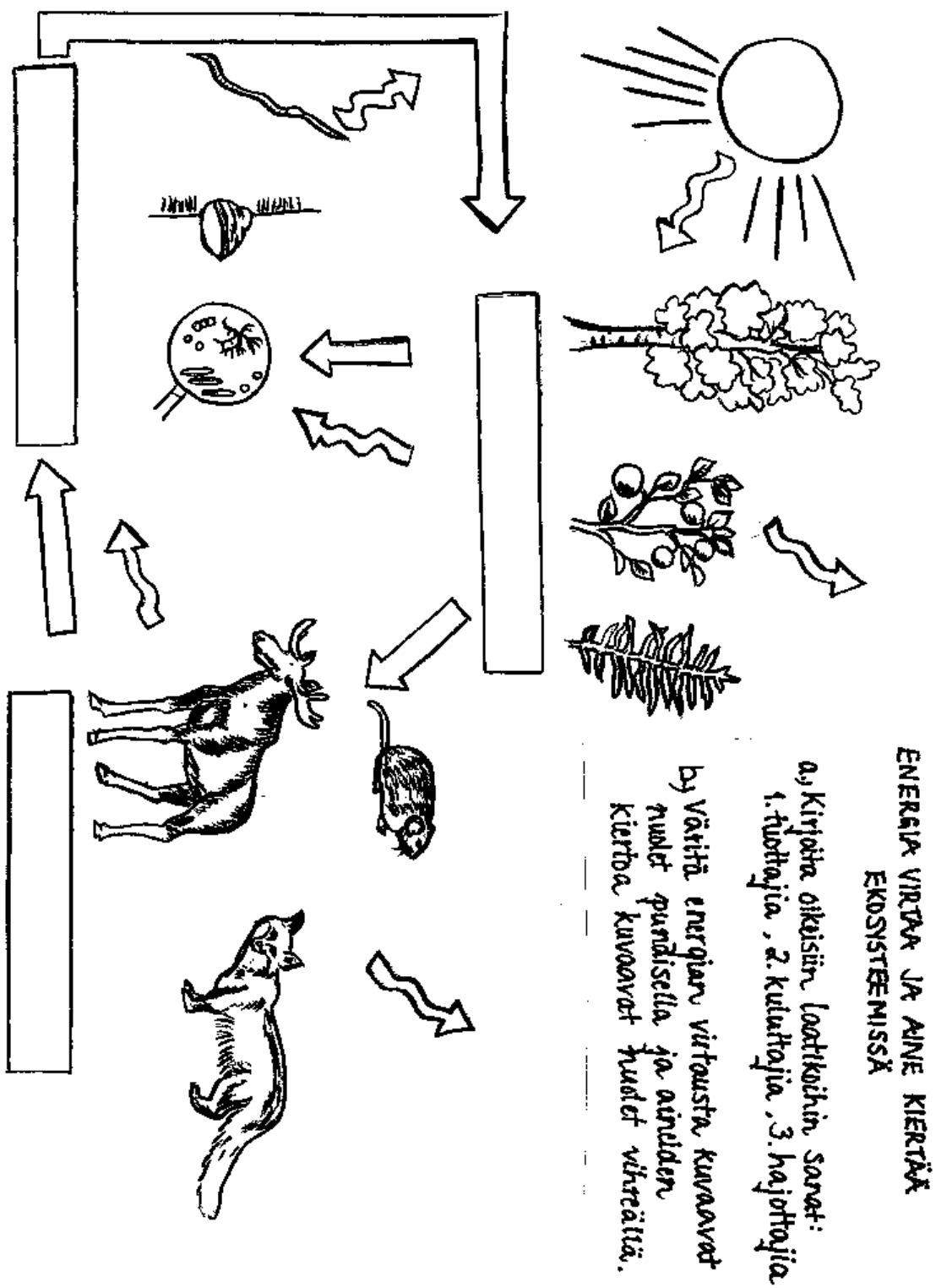


Liite 3. Tuntitehtävämoniste.

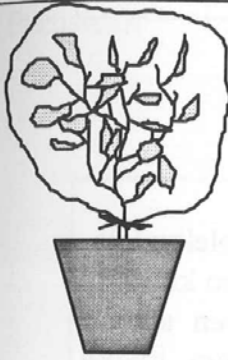


YHTEYTTÄMINEN TAPAHTUU:
 *TUOTTAJIEN LEHTIEN VIHÉRHIUKKASISSA
 (=KLOORPLASTEISSA)
 *JOISSA LEHTIVIHREÄ (=KLOORFYLLI)
 SITOO AURINGON VALDENERGIAN

Liite 4. Kotitehtävämoniste.



Liite 5. Soveltava testi.



Kaarina täyttää muovipussin tavallisella ilmalla (ilma on eri kaasujen sekoitus). Sitten hän pujottaa pussin ruukkukasvin päälle ja sitoo sen tiiviisti rungon ympärille kuvan osoittamalla tavalla. Kasvi jätetään yöksi pimeään.

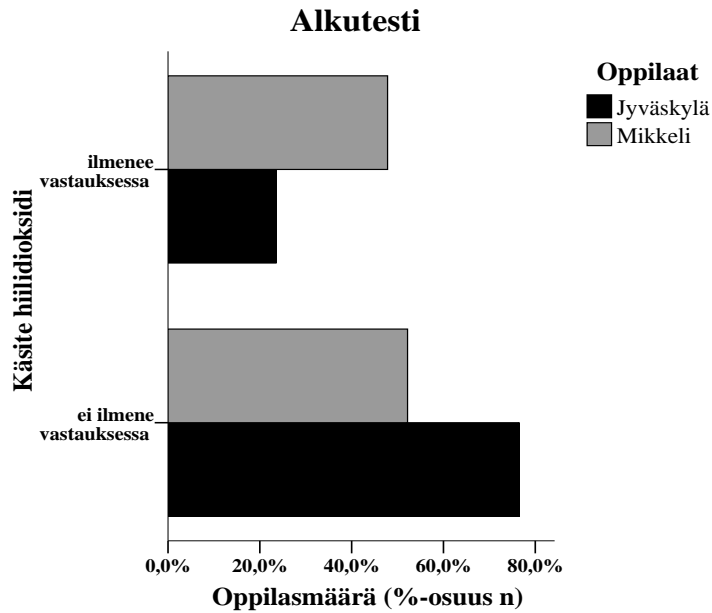
Alla on väittämiä siitä, mitä pussin kaasuseokselle tapahtuu yön aikana. Merkitse kunkin väittämän kohdalle, onko se oikein vai väärin.

OIKEIN VÄÄRIN

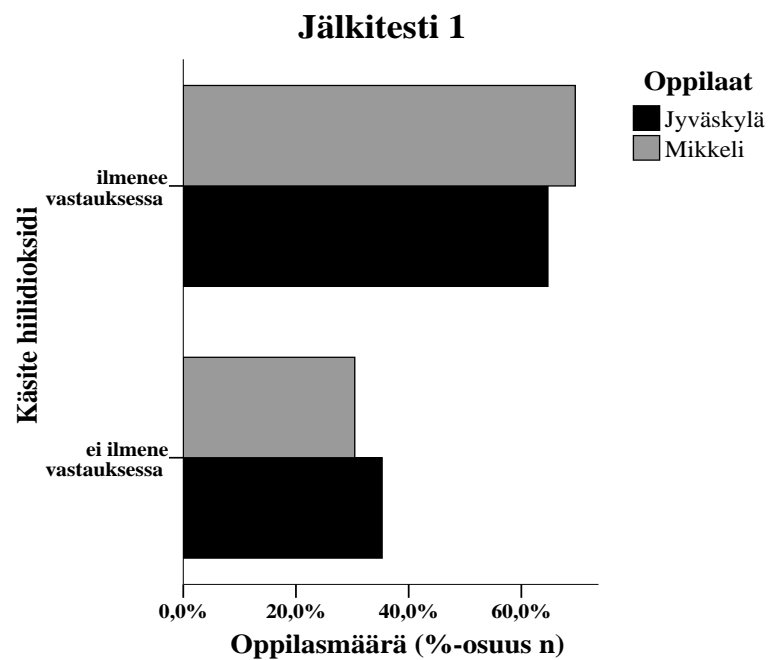
Hapen määrä kasvaa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hapen määrä vähenee	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hapen määrä ei muutu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hiilidioksidin määrä kasvaa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hiilidioksidin määrä vähenee	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hiilidioksidin määrä ei muutu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Liite 6. Oppilaiden käsitteiden hallinta alkutestissä ja jälkitesteissä.

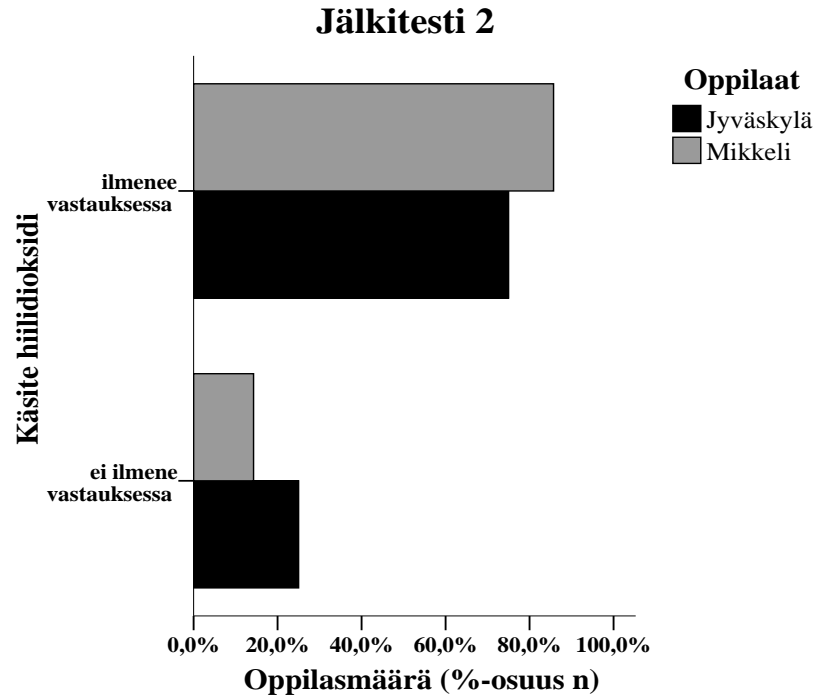
Hiilidioksidi



Kuva. Käsitteen hiilidioksidi ilmeneminen Jyväskylän Normaalikoulun ja Mikkelin Urheilupuiston koulun oppilaiden vastauksissa alkutestissä.

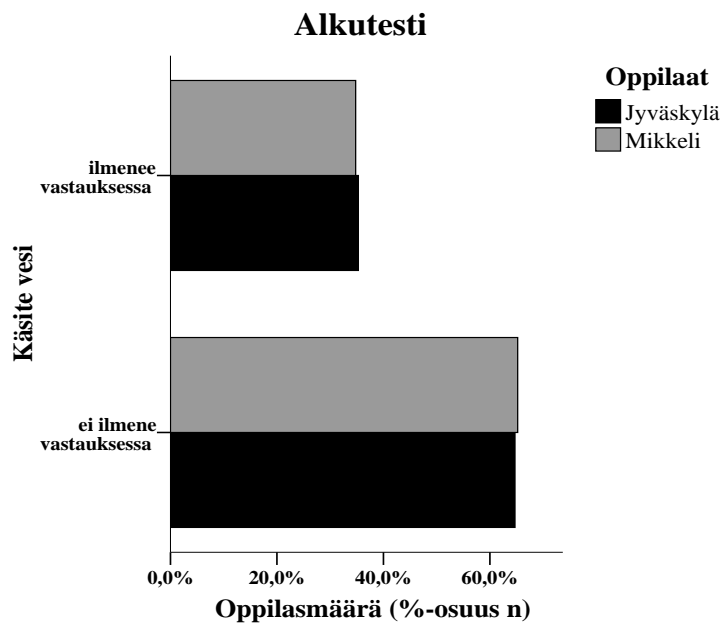


Kuva. Käsitteen hiilidioksidi ilmeneminen Jyväskylän Normaalikoulun ja Mikkelin Urheilupuiston koulun oppilaiden vastauksissa jälkitestissä 1.

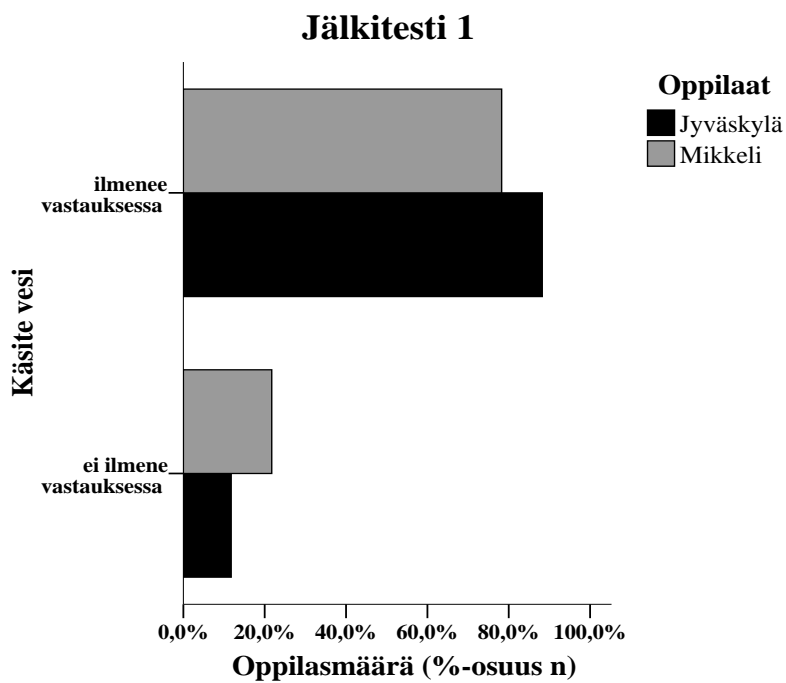


Kuva. Käsitteen hiilidioksidi ilmeneminen Jyväskylän Normaalikoulun ja Mikkelin Urheilupuiston koulun oppilaiden vastauksissa jälkitestissä 2.

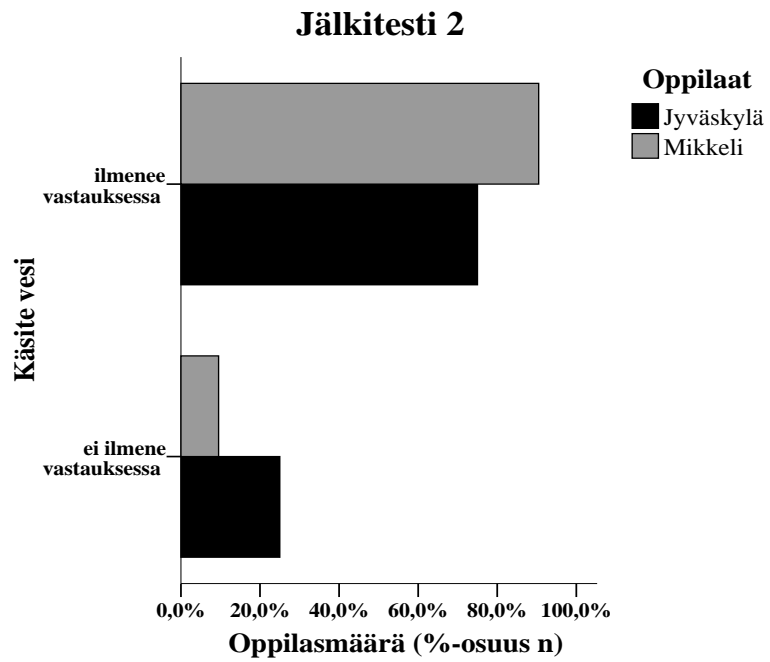
Vesi



Kuva. Käsitteen vesi ilmeneminen Jyväskylän Normaalikoulun ja Mikkelin Urheilupuiston koulun oppilaiden vastauksissa alkutestissä.

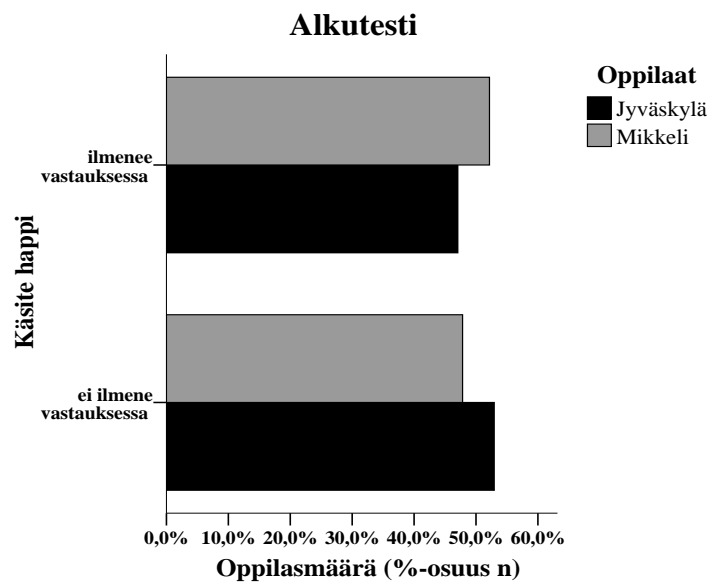


Kuva. Käsitteen vesi ilmeneminen Jyväskylän Normaalikoulun ja Mikkelin Urheilupuiston koulun oppilaiden vastauksissa jälkitestissä 1.

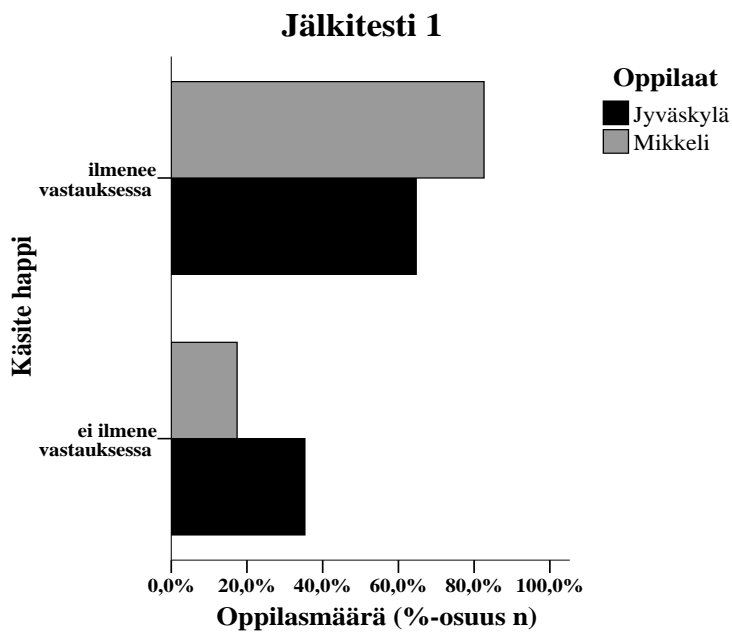


Kuva. Käsitteen vesi ilmeneminen Jyväskylän Normaalikoulun ja Mikkelin Urheilupuiston koulun oppilaiden vastauksissa jälkitestissä 2.

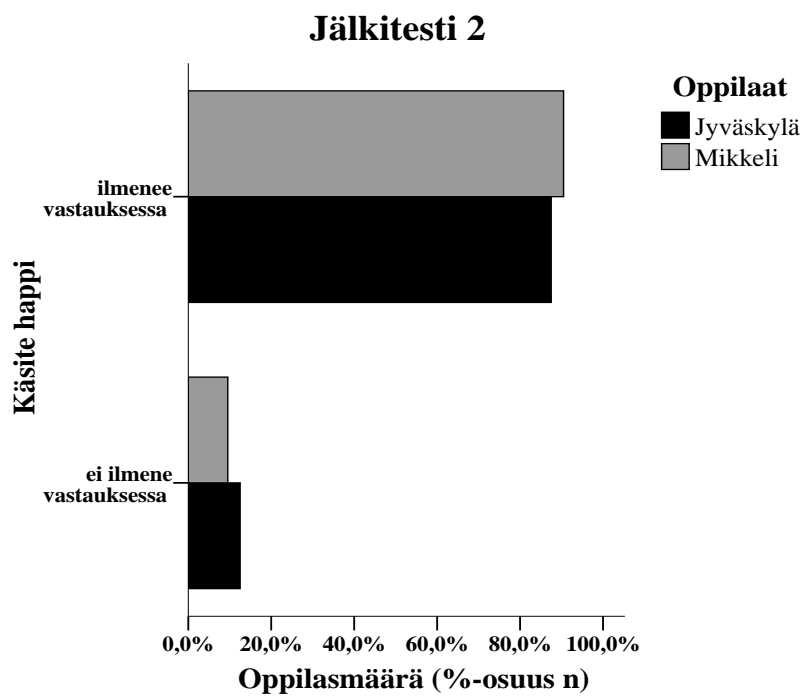
Happi



Kuva. Käsitteen happi ilmeneminen Jyväskylän Normaalikoulun ja Mikkelin Urheilupuiston koulun oppilaiden vastauksissa alkutestissä.

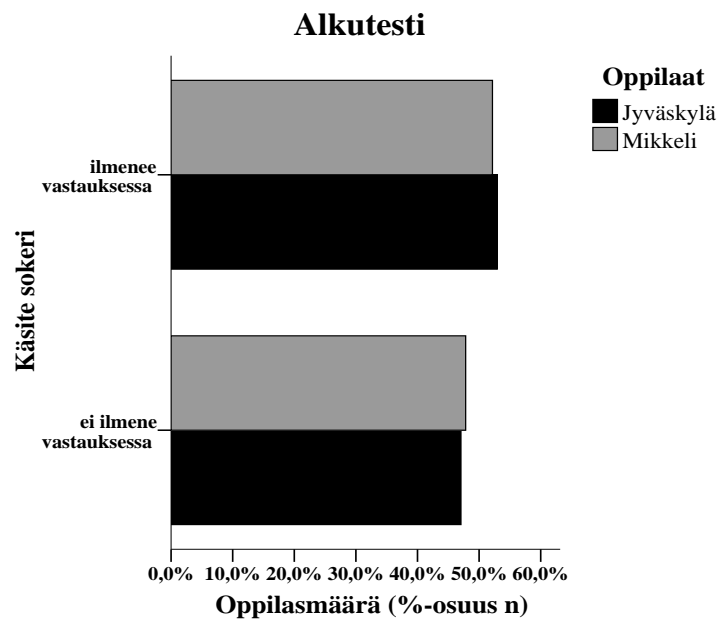


Kuva. Käsitteen happi ilmeneminen Jyväskylän Normaalikoulun ja Mikkelin Urheilupuiston koulun oppilaiden vastauksissa jälkitestissä 1.

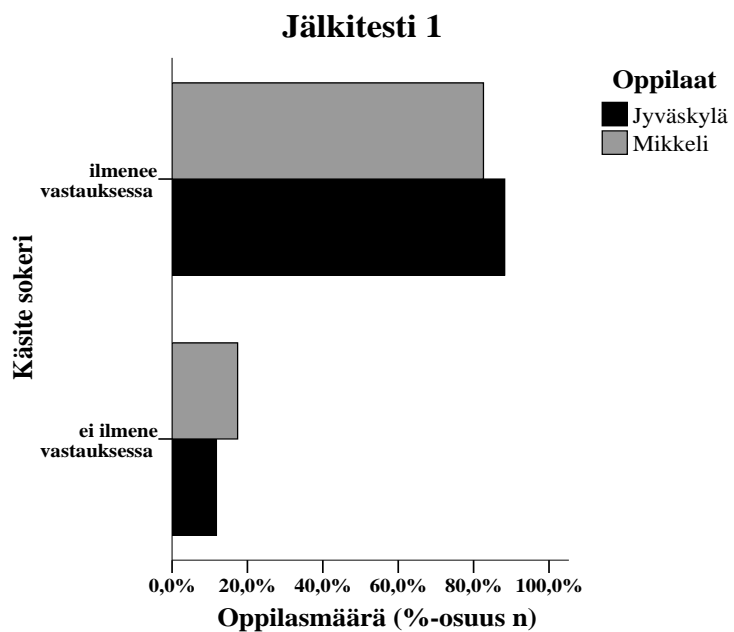


Kuva. Käsitteen happi ilmeneminen Jyväskylän Normaalikoulun ja Mikkelin Urheilupuiston koulun oppilaiden vastauksissa jälkitestissä 2.

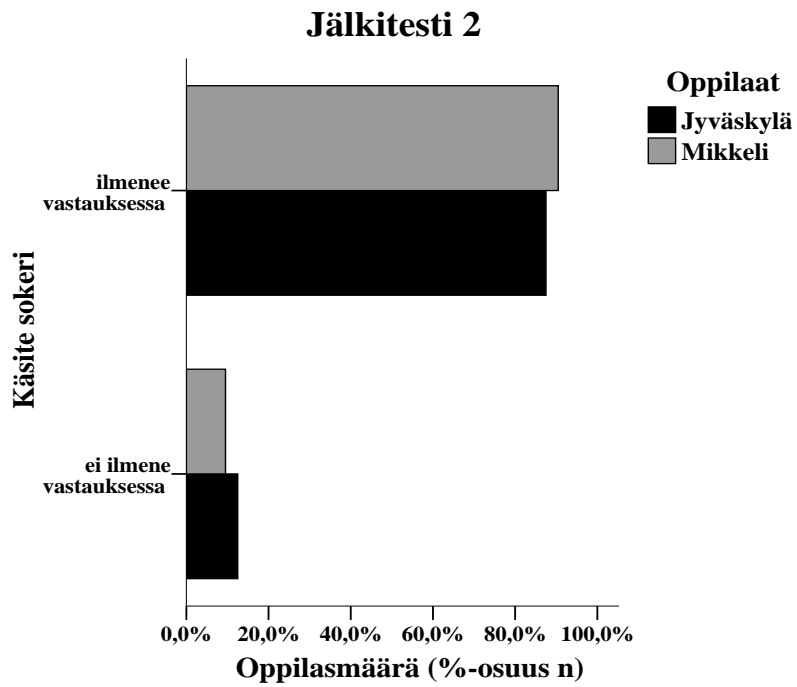
Sokeri



Kuva. Käsitteen sokeri ilmeneminen Jyväskylän Normaalikoulun ja Mikkelin Urheilupuiston koulun oppilaiden vastauksissa alkutestissä.

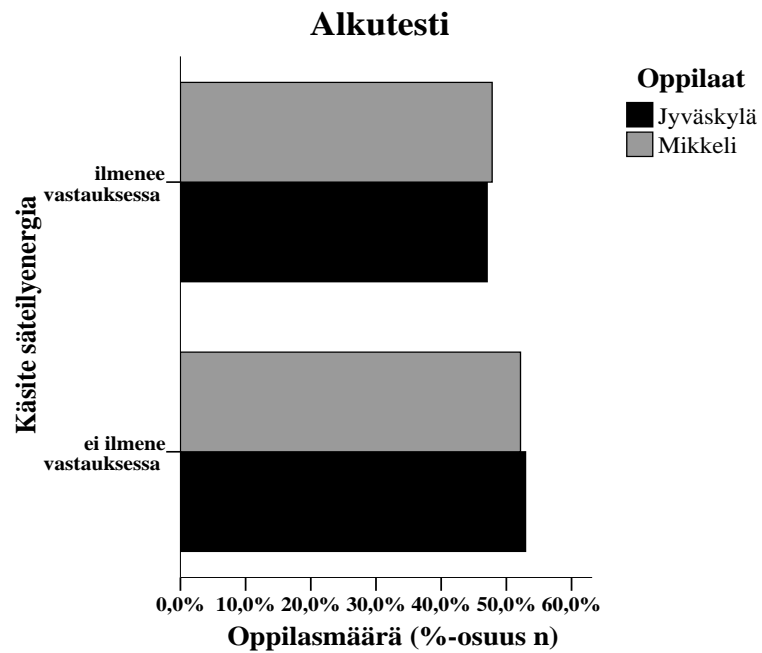


Kuva. Käsitteen sokeri ilmeneminen Jyväskylän Normaalikoulun ja Mikkelin Urheilupuiston koulun oppilaiden vastauksissa jälkitestissä 1.

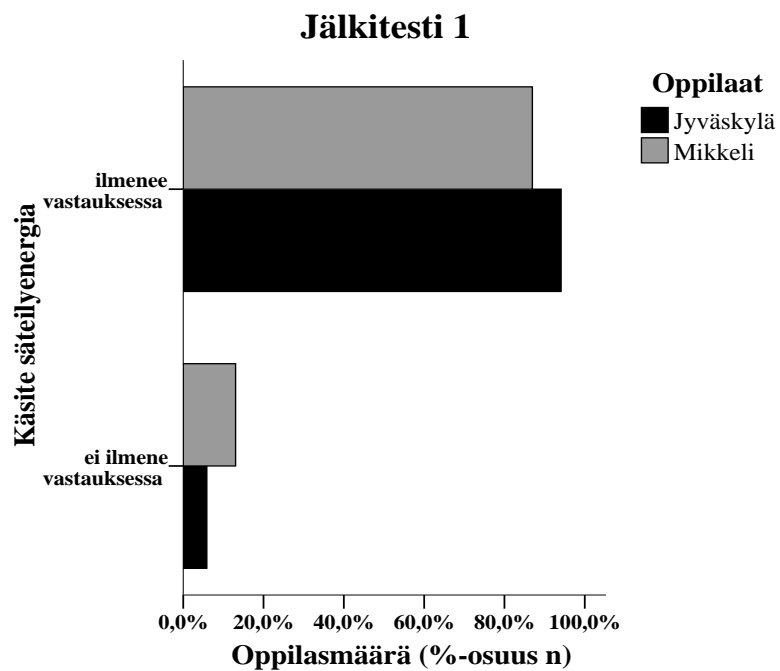


Kuva. Käsitteen sokeri ilmeneminen Jyväskylän Normaalikoulun ja Mikkelin Urheilupuiston koulun oppilaiden vastauksissa jälkitestissä 2.

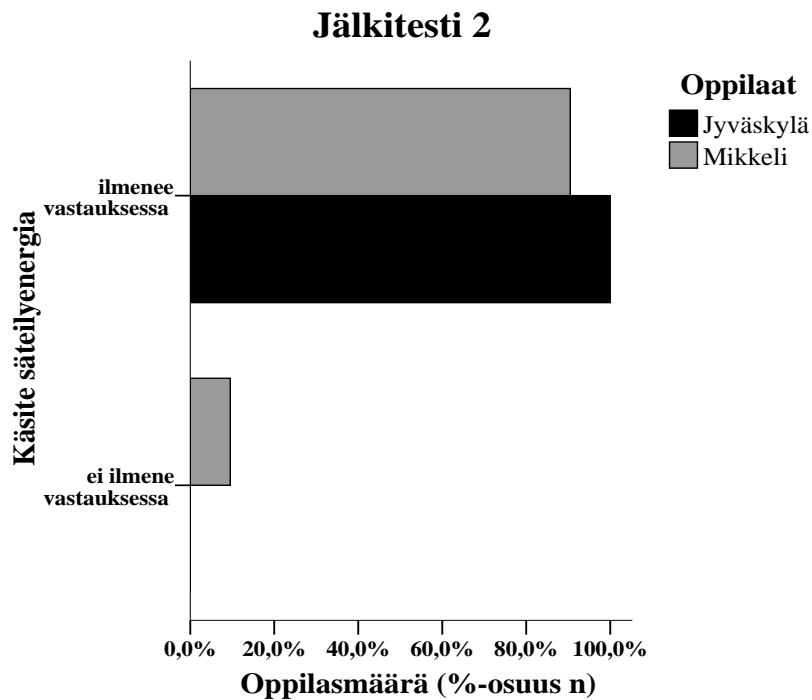
Säteilyenergia



Kuva. Käsitteen säteilyenergia ilmeneminen Jyväskylän Normaalikoulun ja Mikkelin Urheilupuiston koulun oppilaiden vastauksissa alkutestissä.

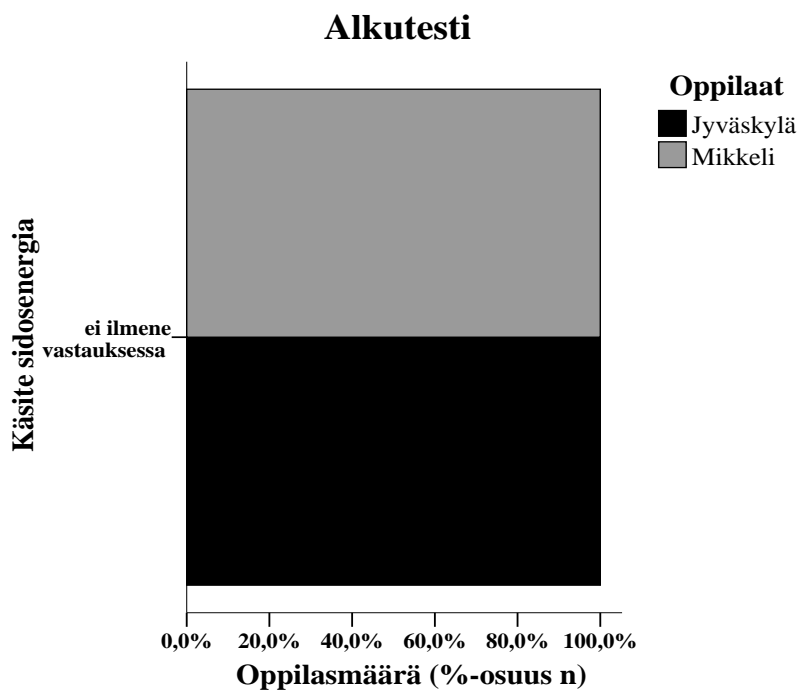


Kuva. Käsitteen säteilyenergia ilmeneminen Jyväskylän Normaalikoulun ja Mikkelin Urheilupuiston koulun oppilaiden vastauksissa jälkitestissä 1.

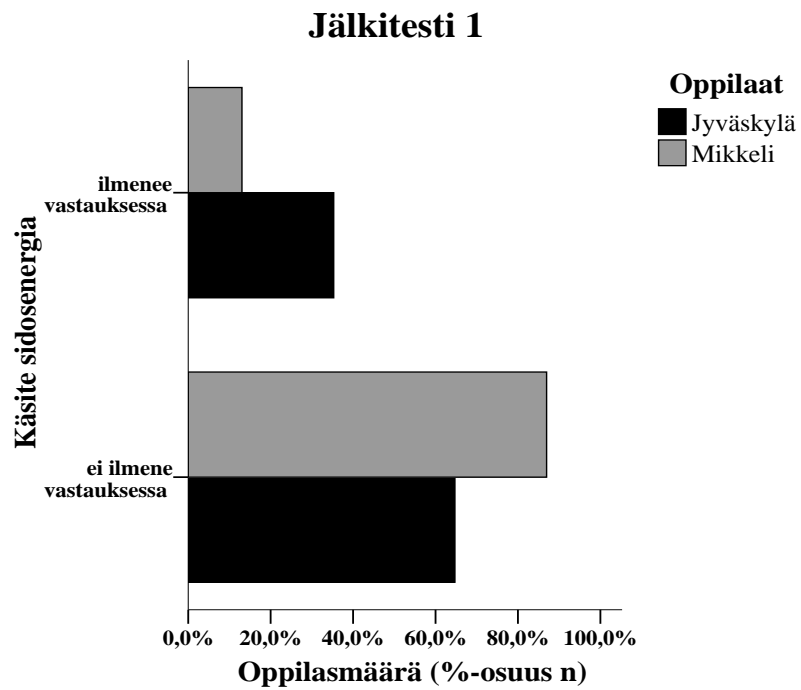


Kuva. Käsitteen säteilyenergia ilmeneminen Jyväskylän Normaalikoulun ja Mikkelin Urheilupuiston koulun oppilaiden vastauksissa jälkitestissä 2.

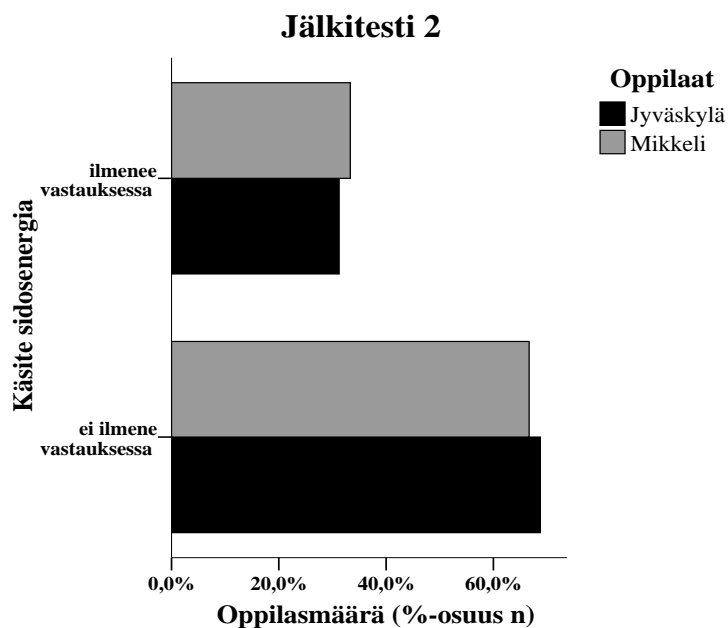
Sidosenergia



Kuva. Käsitteen sidosenergia ilmeneminen Jyväskylän Normaalikoulun ja Mikkelin Urheilupuiston koulun oppilaiden vastauksissa alkutestissä.

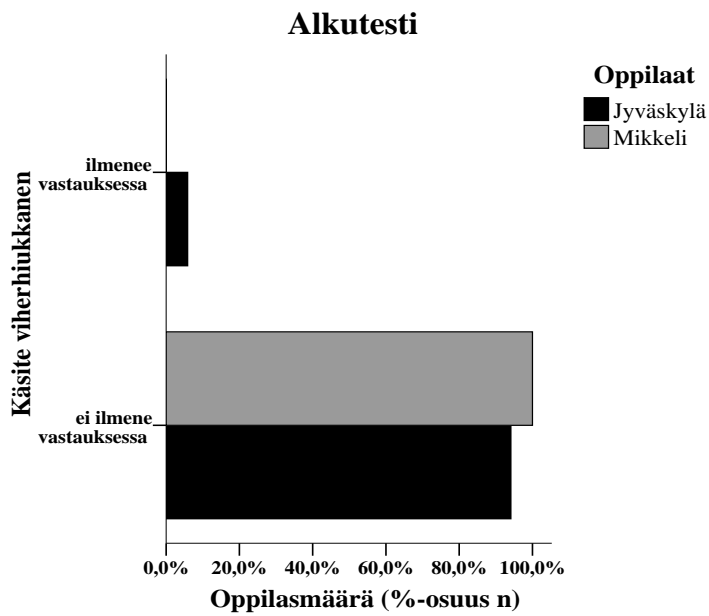


Kuva. Käsitteen sidosenergia ilmeneminen Jyväskylän Normaalikoulun ja Mikkelin Urheilupuiston koulun oppilaiden vastauksissa jälkitestissä 1.

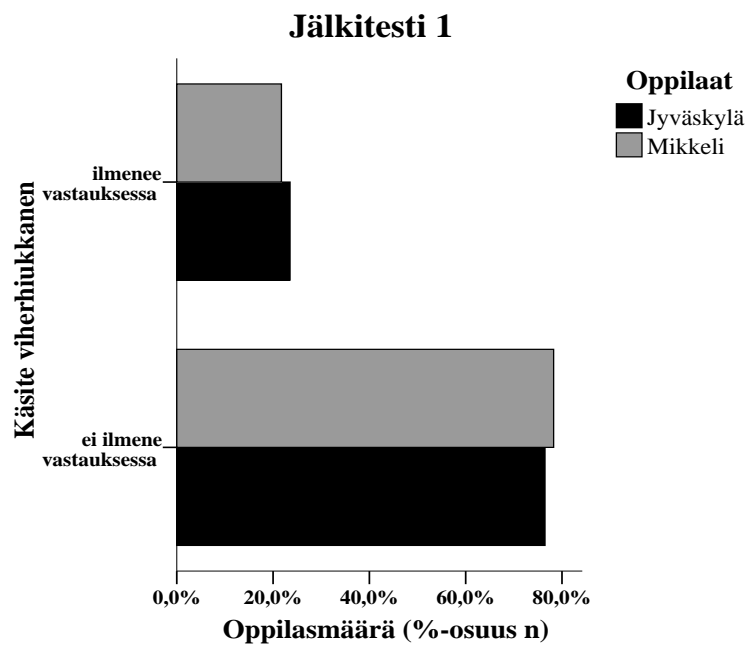


Kuva. Käsitteen sidosenergia ilmeneminen Jyväskylän Normaalikoulun ja Mikkelin Urheilupuiston koulun oppilaiden vastauksissa jälkitestissä 2.

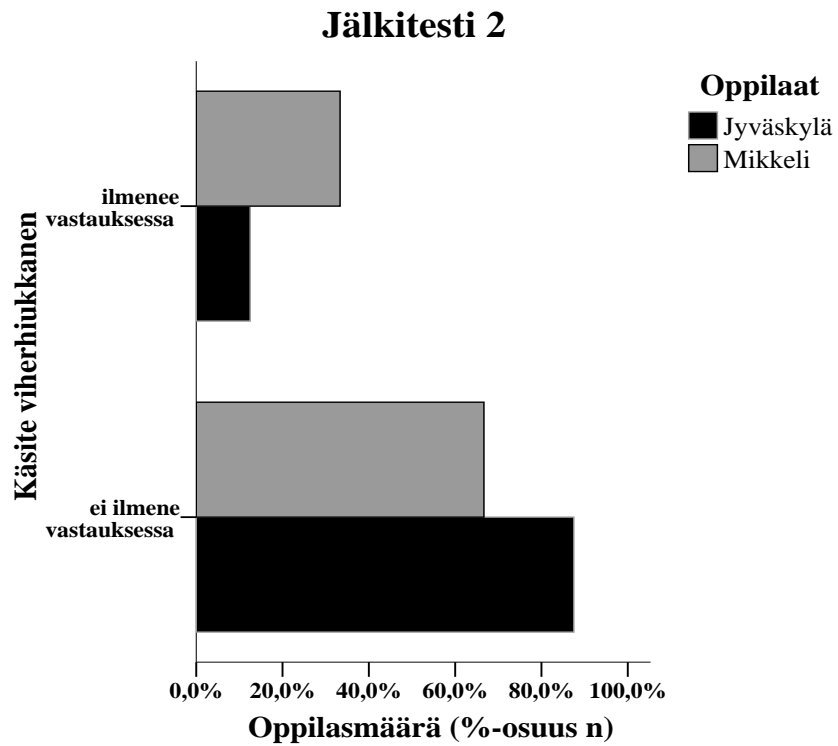
Viherhiukkanen



Kuva. Käsitteen viherhiukkanen ilmeneminen Jyväskylän Normaalikoulun ja Mikkelin Urheilupuiston koulun oppilaiden vastauksissa alkutestissä.

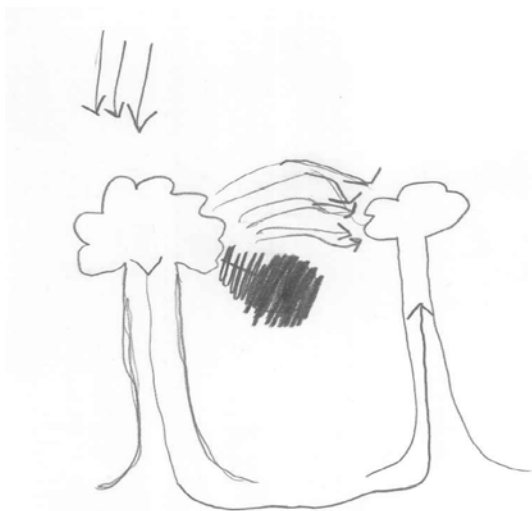


Kuva. Käsitteen viherhiukkanen ilmeneminen Jyväskylän Normaalikoulun ja Mikkelin Urheilupuiston koulun oppilaiden vastauksissa jälkitestissä 1.



Kuva. Käsitteen viherhiukkanen ilmeneminen Jyväskylän Normaalikoulun ja Mikkelin Urheilupuiston koulun oppilaiden vastauksissa jälkitestissä 1.

Liite 7. Oppilaiden (n= 36) vastaukset alkutestissä ja jälkitestissä 2. Oppilaan (38) vastaus jälkitestissä 2.



Oppilas 1. Alkutesti



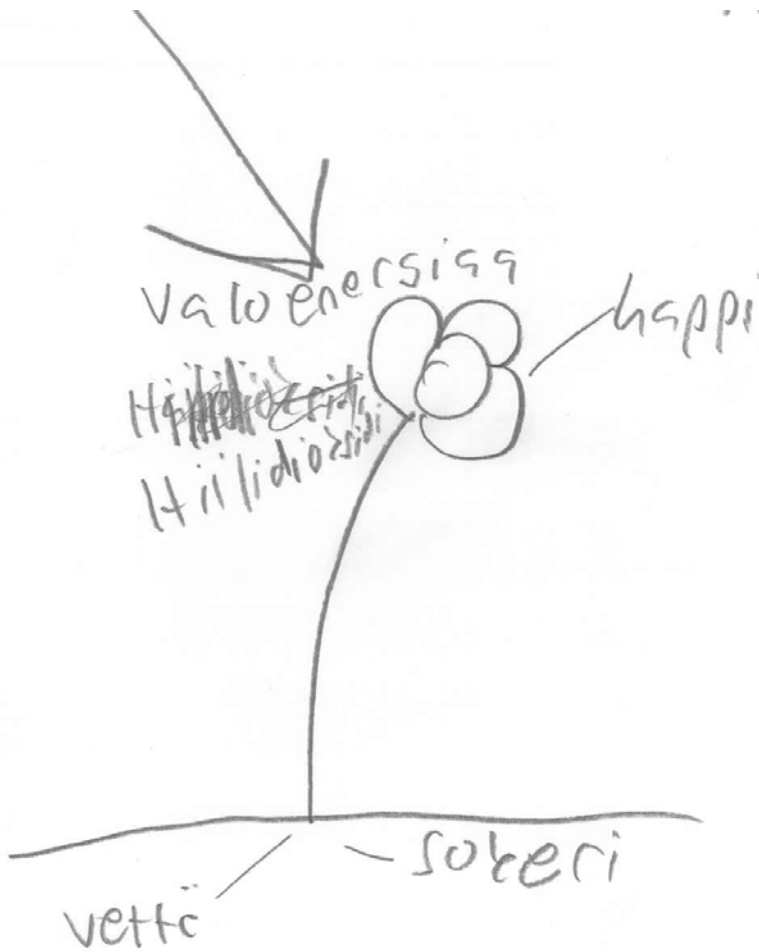
Oppilas 1. Jälkitesti 2

Oppilas 2. Alkutesti

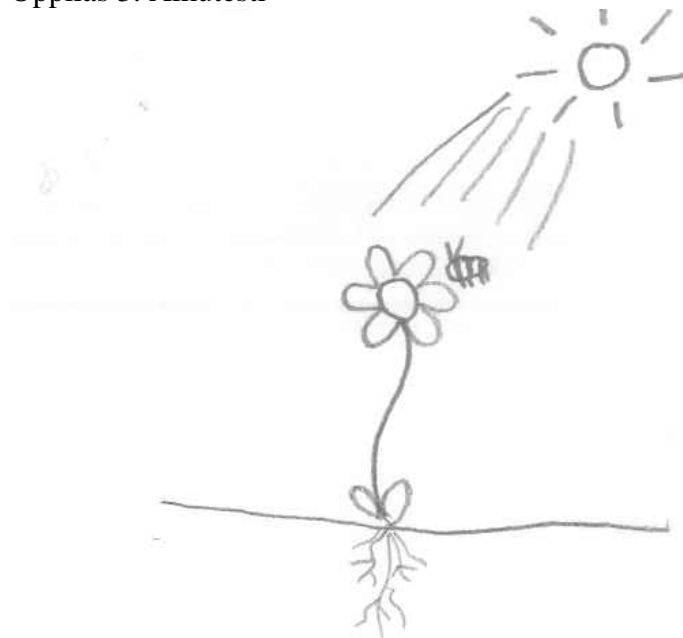
- Jokuluontejuttu ~~on~~ se joku semmonen missä erin. hyintänen levittää kukan siitepölyä???



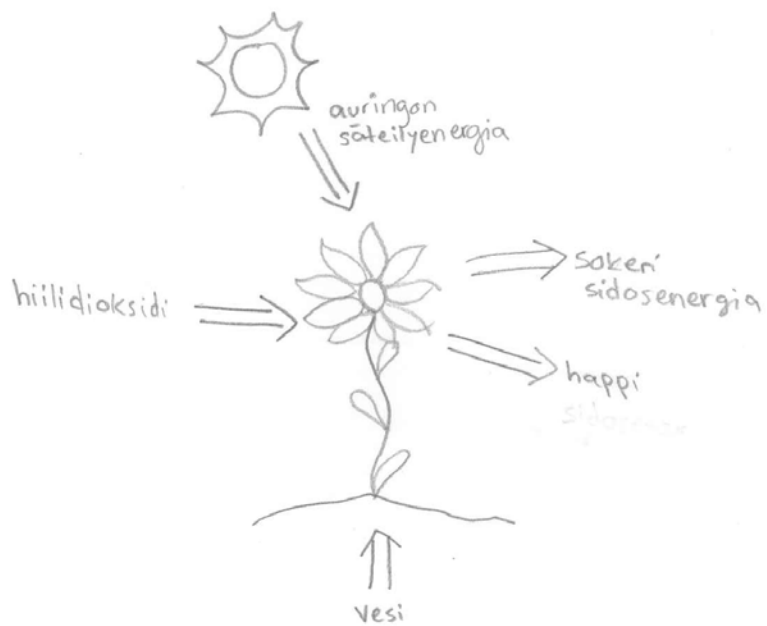
Oppilas 2. Jälkitesti 2



Oppilas 3. Alkutesti



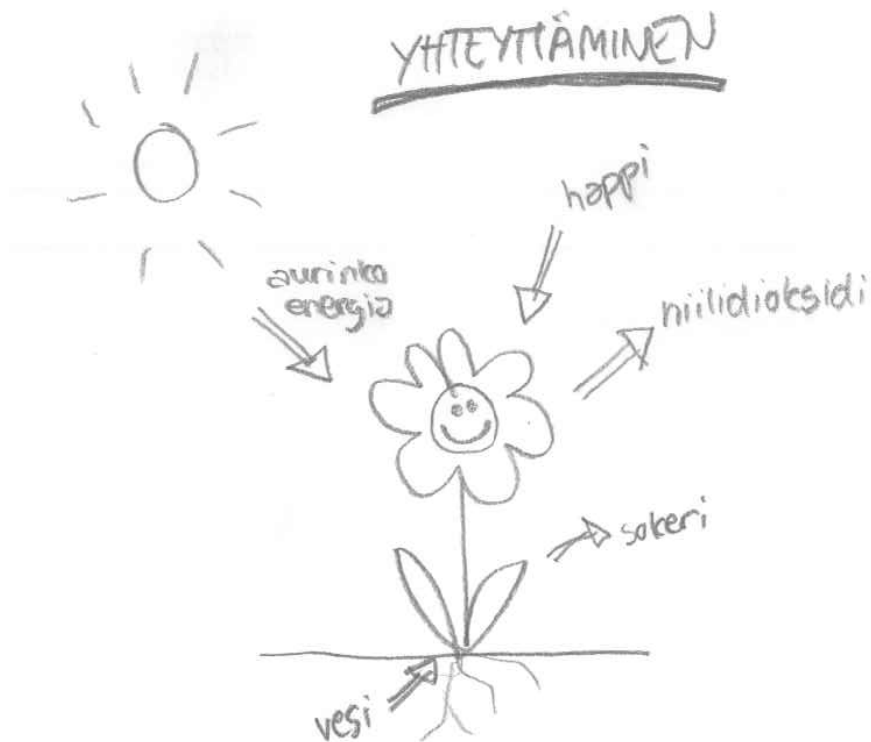
Oppilas 3. Jälkitesti 2



Oppilas 4. Alkutesti

Yhteyttäminen on sitä että kukat lisäänty.
 Ne lisäänty silleen että tuuli tulee
 ja ottaa siemeniä ja ne kasvaa sitten
 sinne ~~missä~~ mihin ne siemenet tippuu.

Oppilas 4. Jälkitesti 2



Oppilas 5. Alkutesti

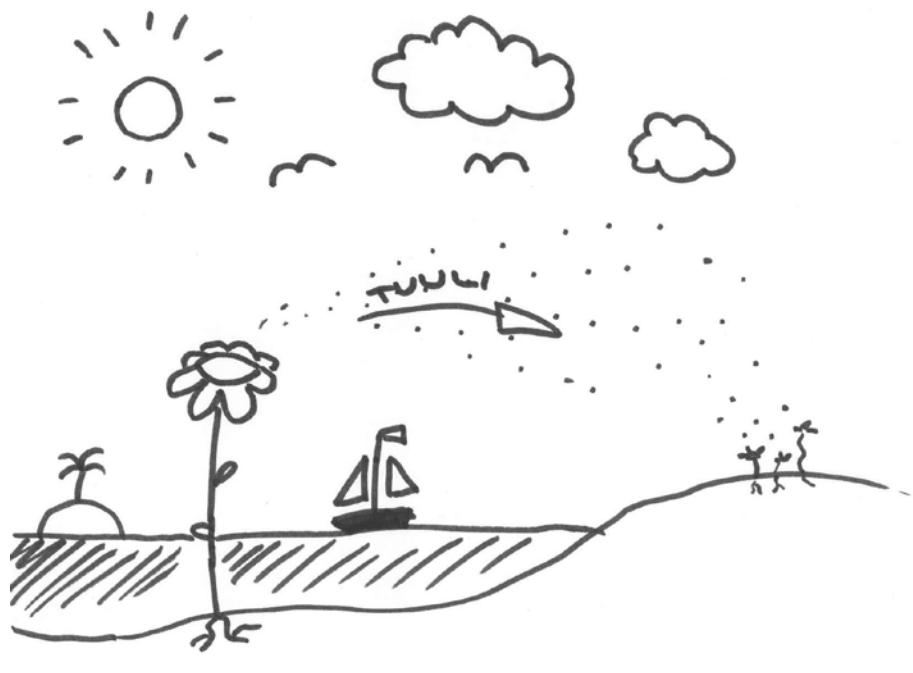
Kun kasvit lisääntyvät ~~niitä~~ sitä on yhteyttäminen.

Oppilas 5. Jälkitesti 2

Kasvit yhteyttävät keväällä ja samalla lisäänty.

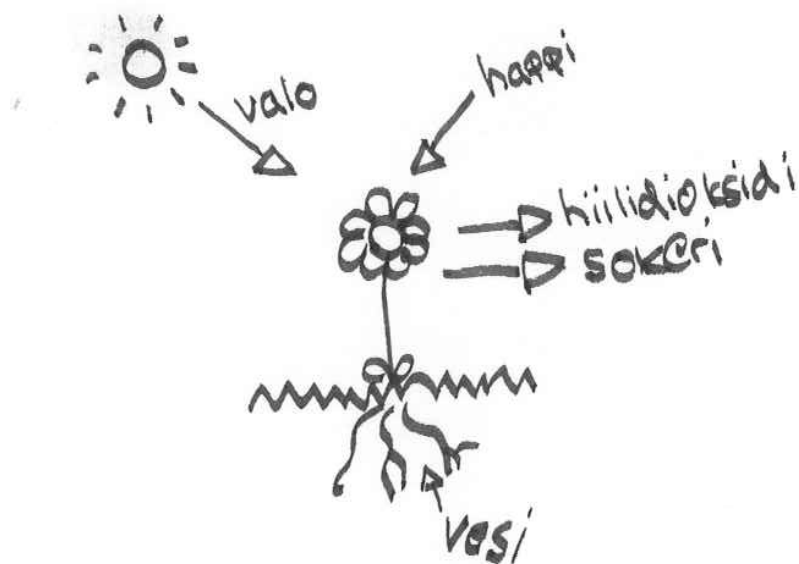


Oppilas 6. Alkutesti



Oppilas 6. Jälkitesti 2

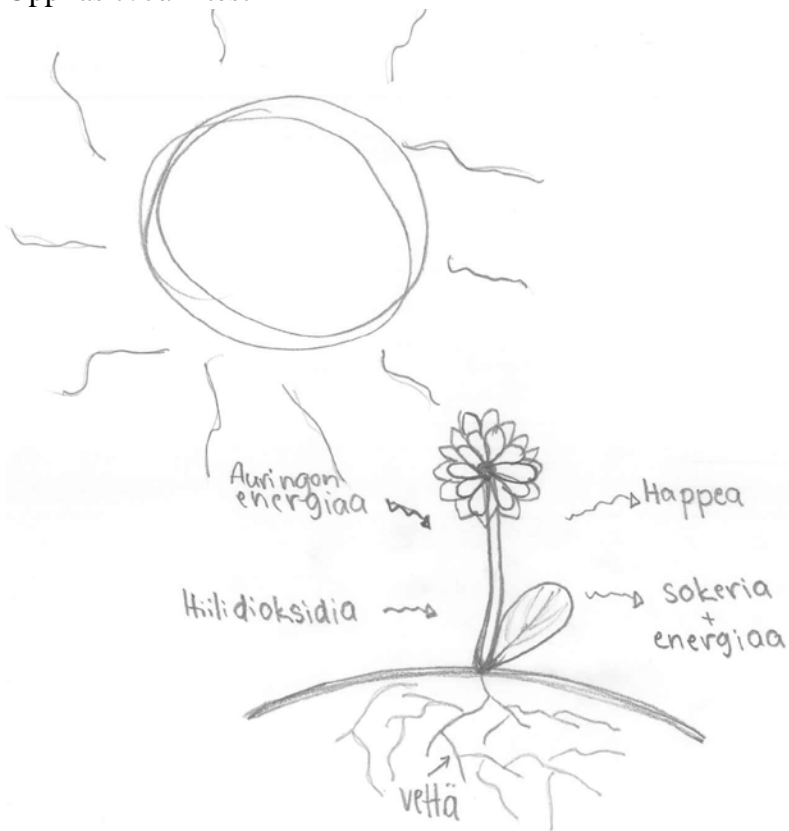
Yhteyttäminen



Oppilas 7. Alkutesti

Yhteyttäminen on sitä kun kasvi levittää siemeniä ympäriinsä ja niille paikoille mihin niitä siemeniä menee niiltä alkaa kasvaa sitä samaa laja olevaa kasvia. tai sitten kai jotenkin juuriston avulla.

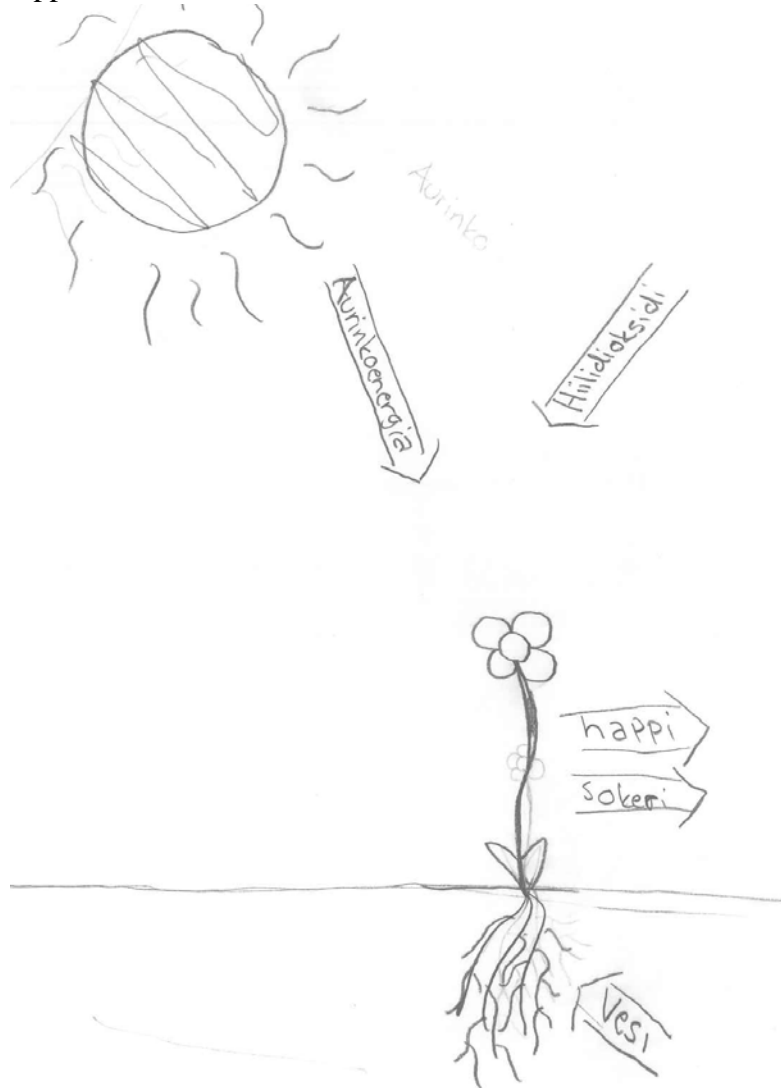
Oppilas 7. Jälkitesti 2



Oppilas 8. Alkutesti

Yhteyttäminen on sitä kun hyönteiset keräävät kukista mettä ja liputtavat sitä eteenpäin ja uudet kasvit alkavat kasvaa

Oppilas 8. Jälkitesti 2



Oppilas 9. Alkutesti



Kasvi riputtaa siemenen ja antaa lisääntymään
se onse yhteyttämisistä.

Oppilas 9. Jälkitesti 2

Kasvit yhteyttää kun ne saavat

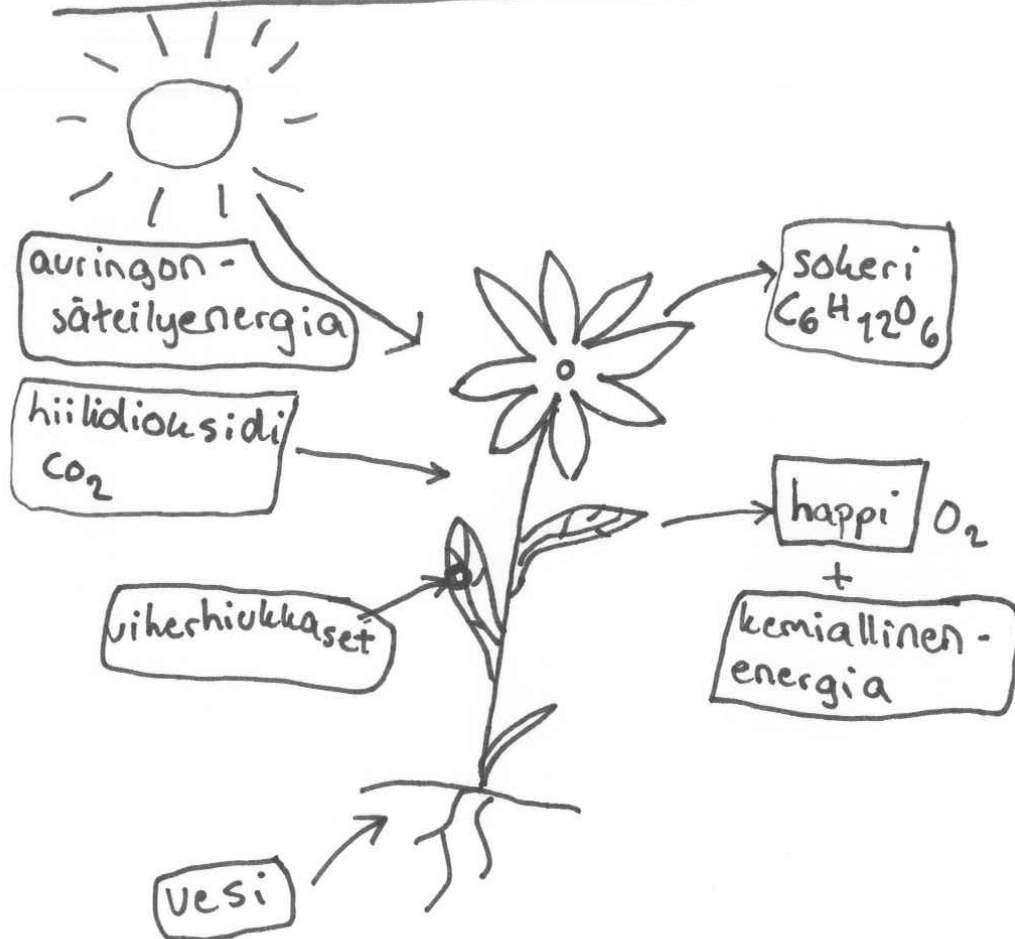
hiilidioksidia ja vettä ja sitten
yhteyttämisen tuloksena tulee hapetta
biologisesti kasvit yhteyttää ja lisääntyä



Oppilas 10. Alkutesti

- Kasvit vapauttavat sen aikana sokeria.
- Tarvitaan hiilidioksidia ja vettä.

Mitä yhteyttäminen on?



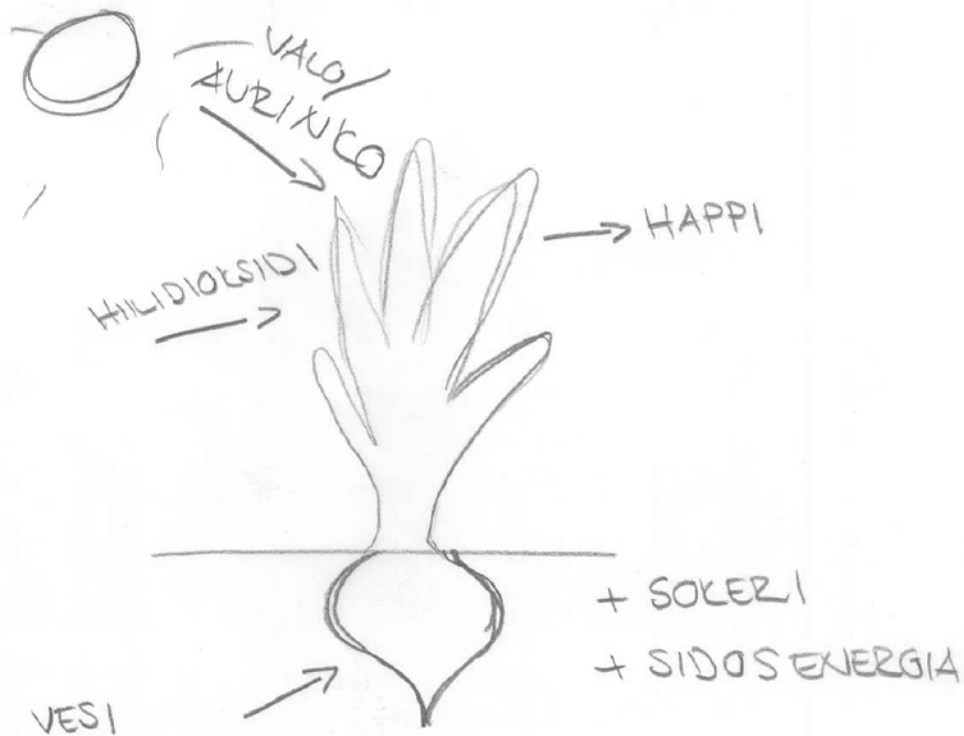
Oppilas 10. Jälkitesti 2

Oppilas 11. Alkutesti

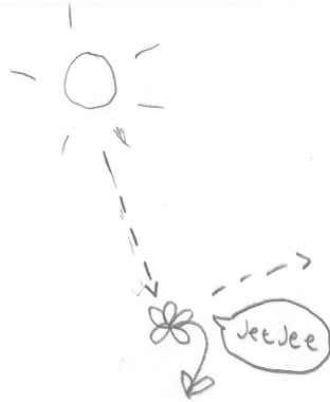
Yhteyttäminen

- kasvit yhteyttävät
- saavat siitä energiaa → happi

Oppilas 11. Jälkitesti 2



mitä yhteyttäminen on?

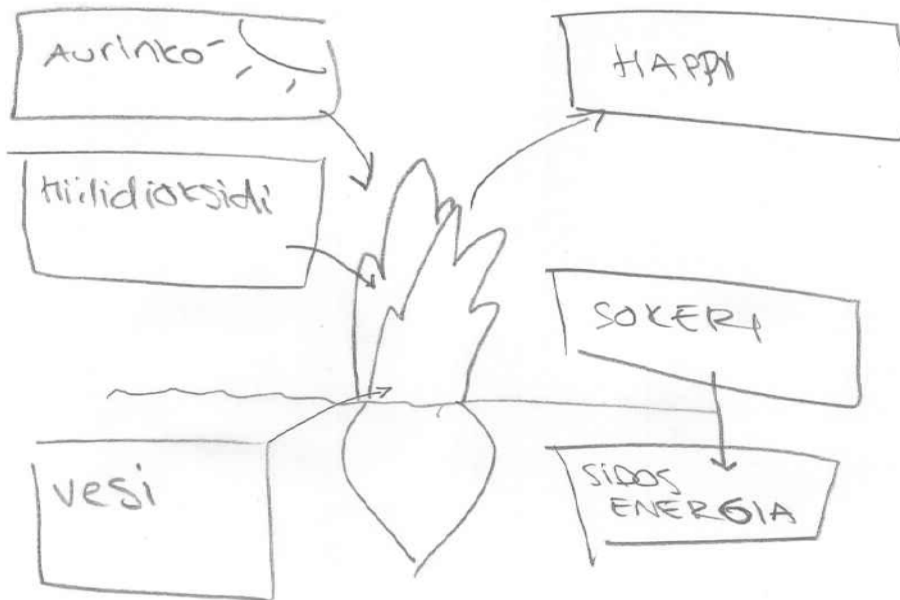


-Tulee vaan aurinko ja kasvit mieleen :D

vesi + sokeri + aurinko

Oppilas 12. Alkutesti

Oppilas 12. Jälkitesti 2

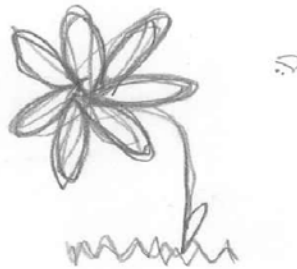


Oppilas 13. Alkutesti

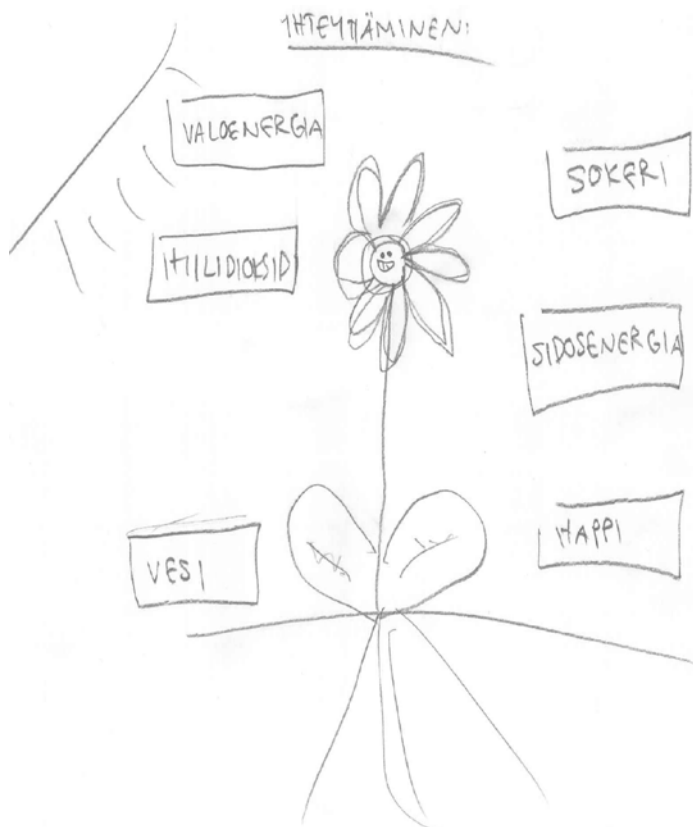
yhteyttäminen on sitä kun kasvit tekee sitä sokeria.

yhteyttäminen = fotosynteesi

Ja siihen yhteyttämiseen tarvitaan kaikkia näitä tasvientin tarvitsemia juttuja? :D



Oppilas 13. Jälkitesti 2

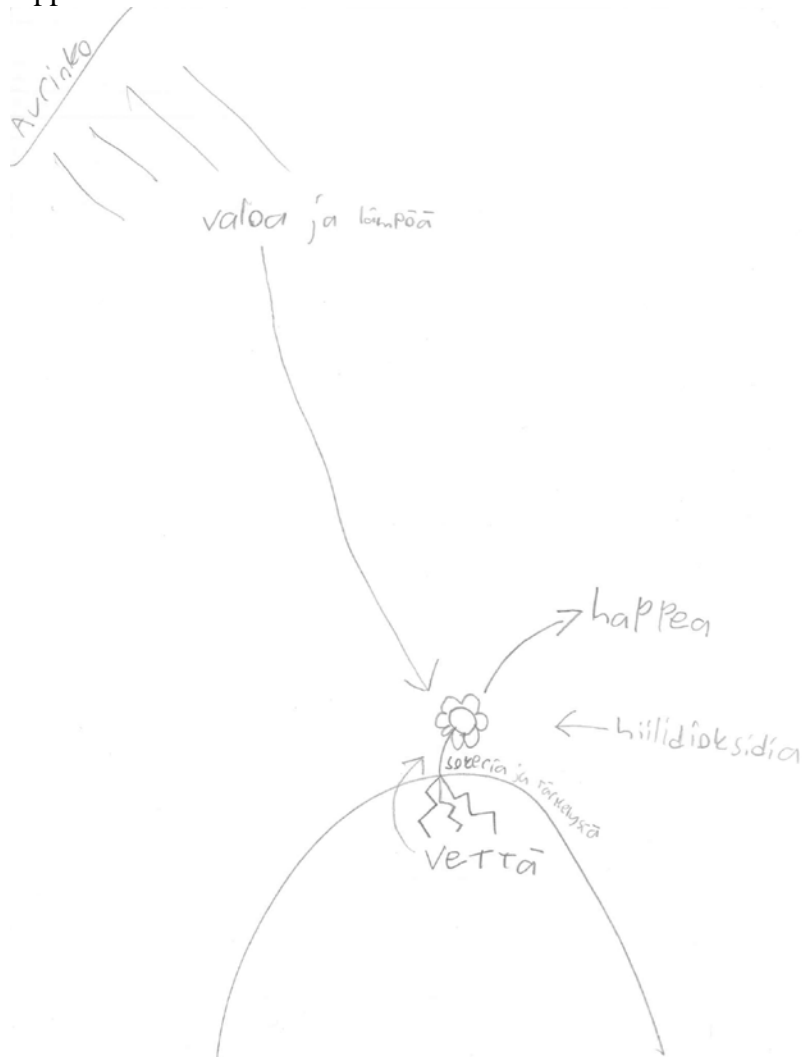


Oppilas 14. Alkutesti

Yhteystämistä on kun kasvit antavat happea ja eläimet/ihmiset antavat hiilidioksidia kas-



Oppilas 14. Jälkitesti 2



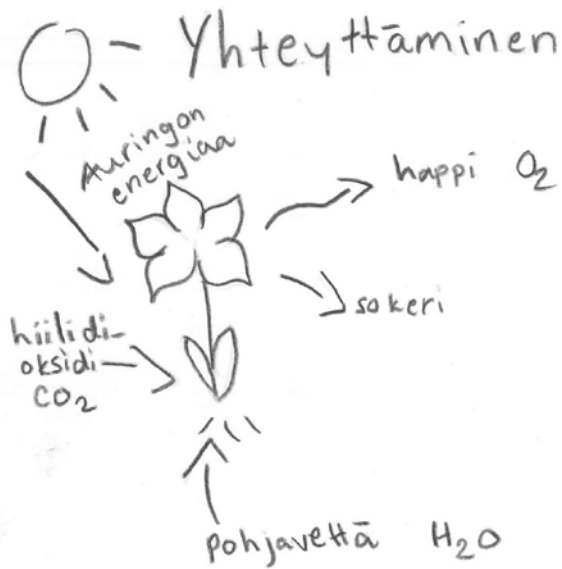
Oppilas 15. Alkutesti

Tilanne, jossa kasvit vapauttavat happea.

Ne ottavat ilmasta hiilidioksidia, auringonvaloa, vettä ja sokereita, minkä tuloksena syntyy happea, ja se vapautuu ilmaan.

Ne voivat yhteyttää vain lämpimillä keleillä.

Happi vapautuu kasvin lehdistä, ja vettä kasvit ottavat juurillaan maasta.



Kasvi ottaa ilmasta hiilidioksidia, maasta vettä ja auringonenergiaa.

Yhteyttämistuotteena syntyy happea ja sokeria, jota se käyttää ravinnokseen

Osan se varastoi. Kemiallista energiaa siirtyy auringosta sokerin hiilisiidosten väliin.



Oppilas 15. Jälkitesti 2

Oppilas 16. Alkutesti

Kasvit valmistavat sokeria yhteyttämillä

Oppilas 16. Jälkitesti 2

~~Kasvit valmistavat sokeria yhteyttämillä~~

Kasvit valmistavat sokeria.



Oppilas 17. Alkutesti

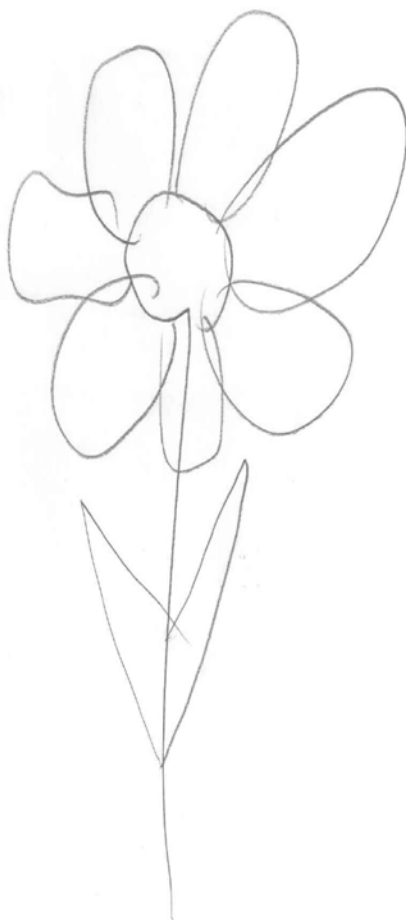
Kasvit yhteistyvät. Ne saavat siitä sokeria ja happea. Sieni voi myös yhteistyä puun kanssa.

Oppilas 17. Jälkitesti 2

Auringon valo

Happi

Vesi



Hitiidiosiidi

Solzen

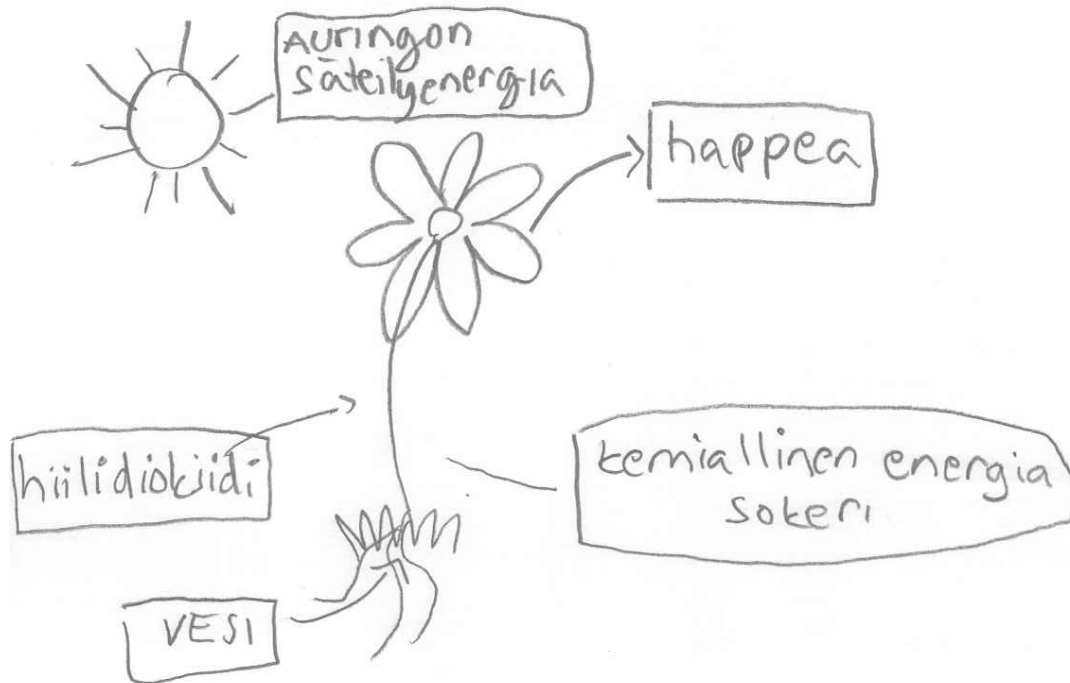
Oppilas 18. Alkutesti

Yhteyttäminen on kasvien muuttumista muodosta toiseen. Kasvi tuottaa hiilidioksidia, happea ja sokeria.

Oppilas 18. Jälkitesti 2

Mitä yhteyttäminen on?

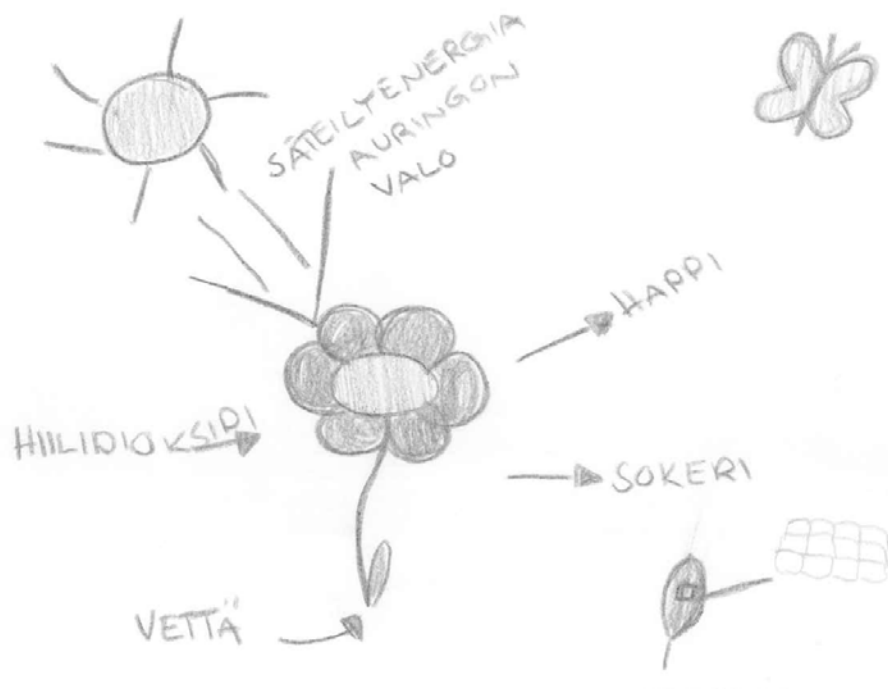
-Yhteyttämisessä syntyy sokeria.



Oppilas 19. Alkutesti



Oppilas 19. Jälkitesti 2

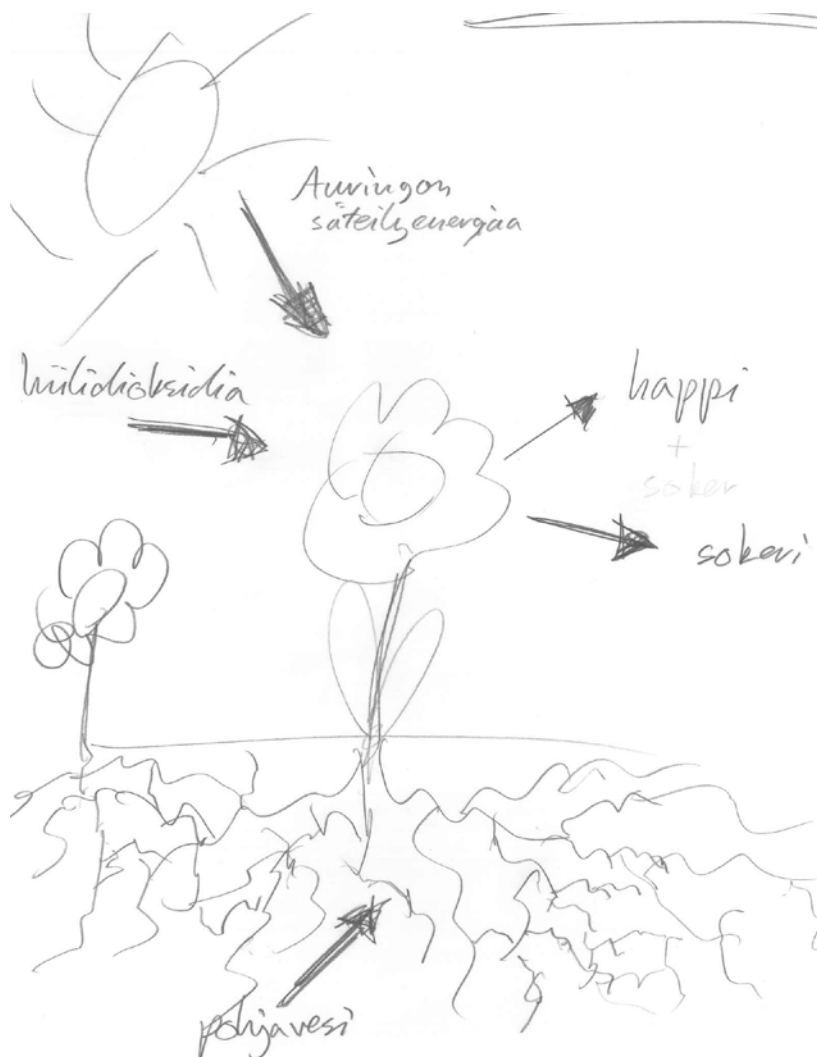


- kasvit yhteyttävät...

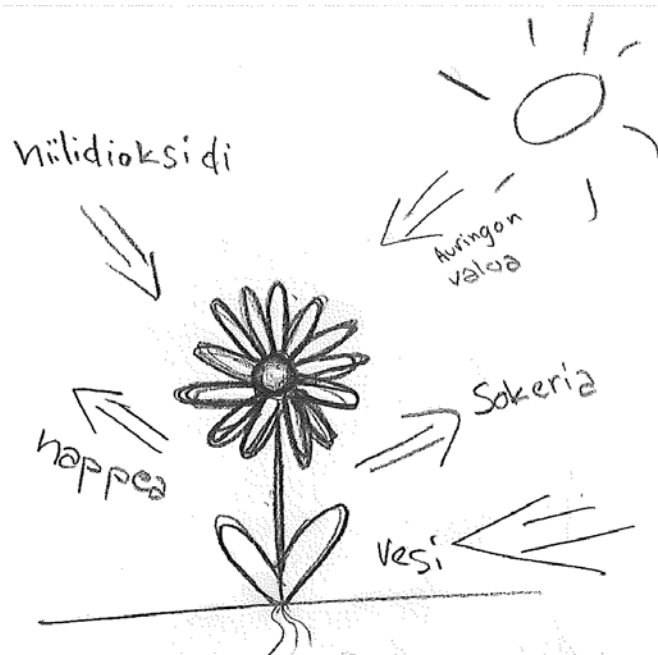


Oppilas 20. Alkutesti

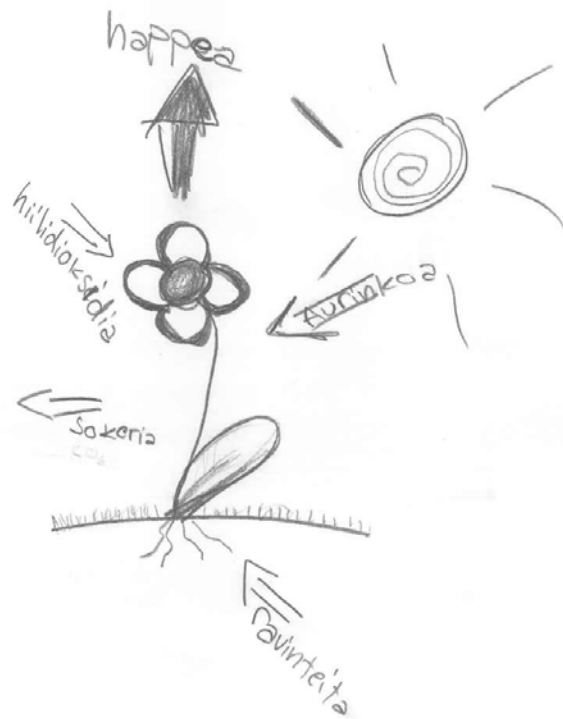
Oppilas 20. Jälkitesti 2



Oppilas 21. Alkutesti



Oppilas 21. Jälkitesti 2



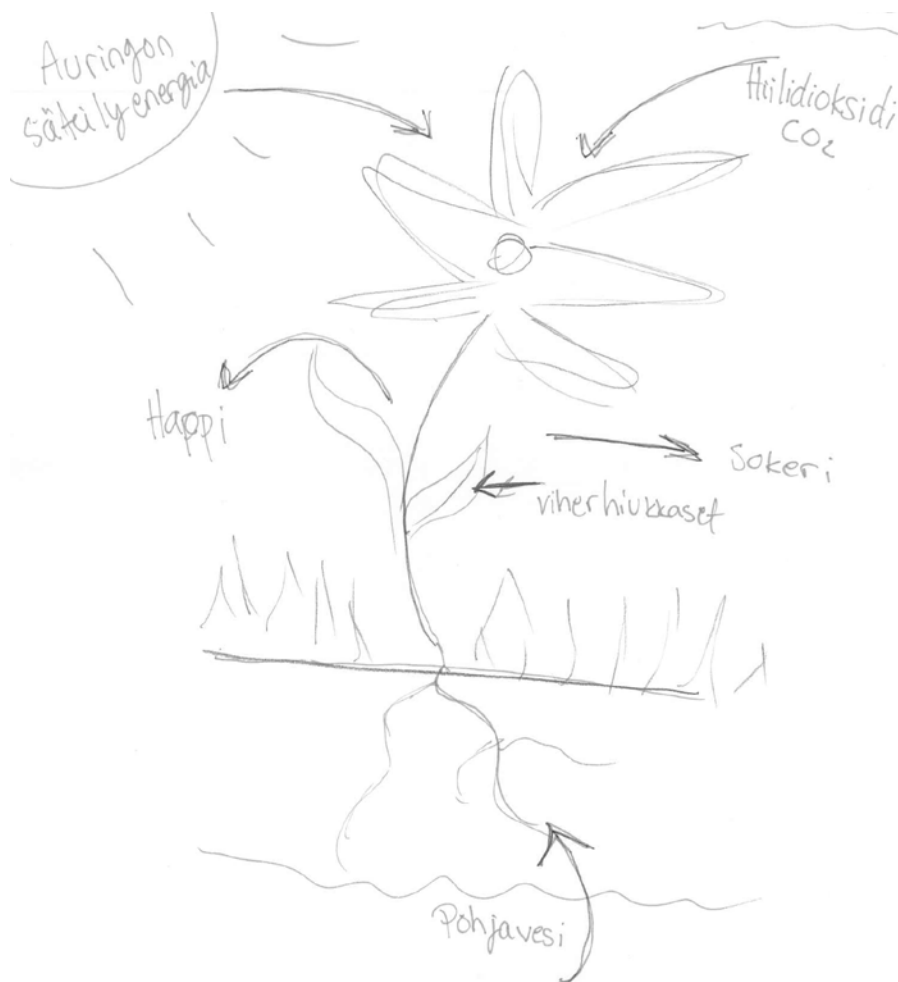
Oppilas 22. Alkutesti

Yhteyttämisen aikana kasvit vapauttavat sokeria ja happea.

Yhteyttämiseen tarvitaan hiilidioksidia ja vettä.

Yhteyttäminen lakkaa talven ajaksi, koska silloin kasvit eivät saa luonnosta elinvoimaa.

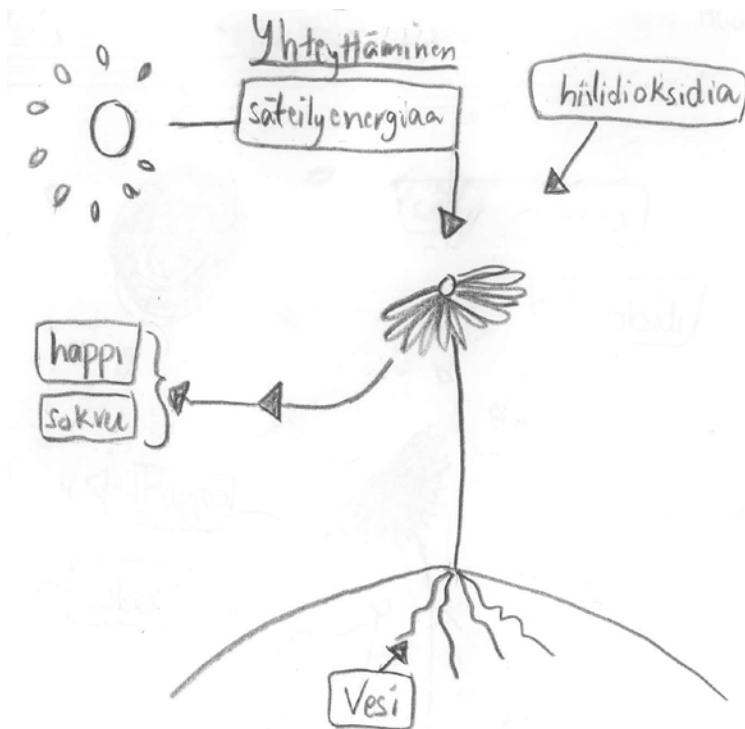
Oppilas 22. Jälkitesti 2



Oppilas 23. Alkuteisti



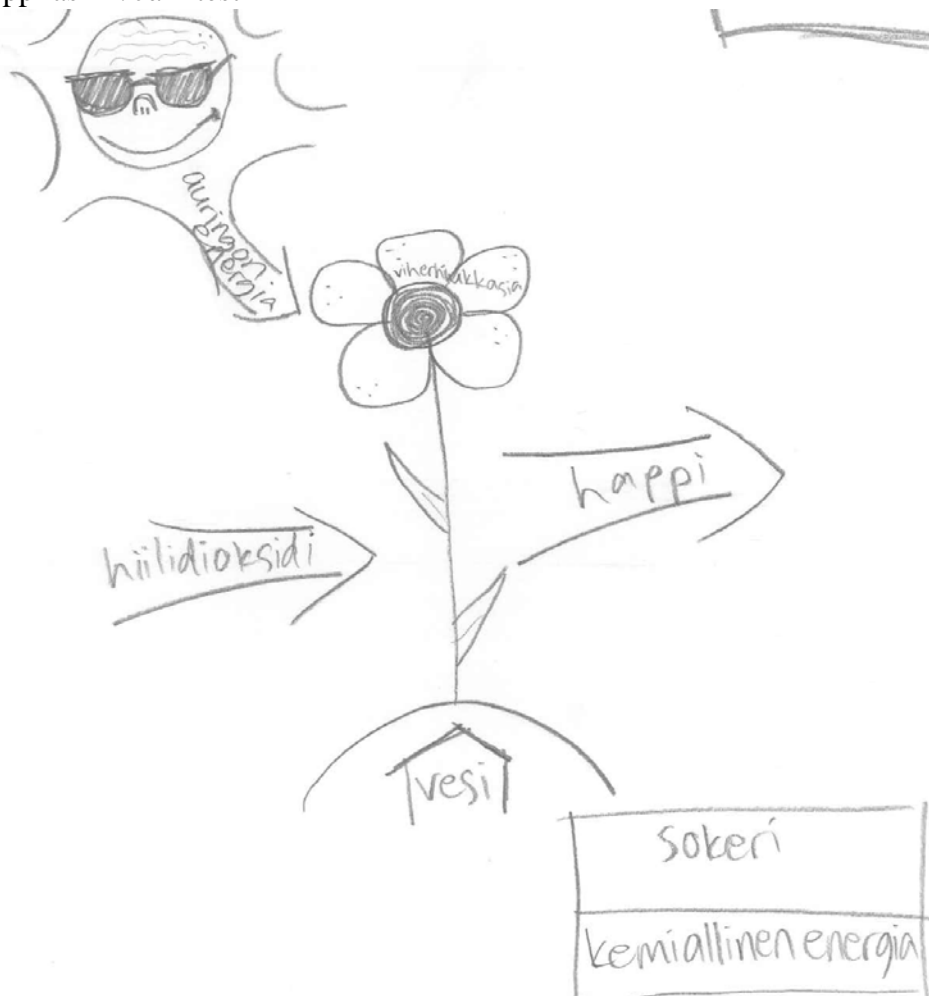
Oppilas 23. Jälkitesti 2



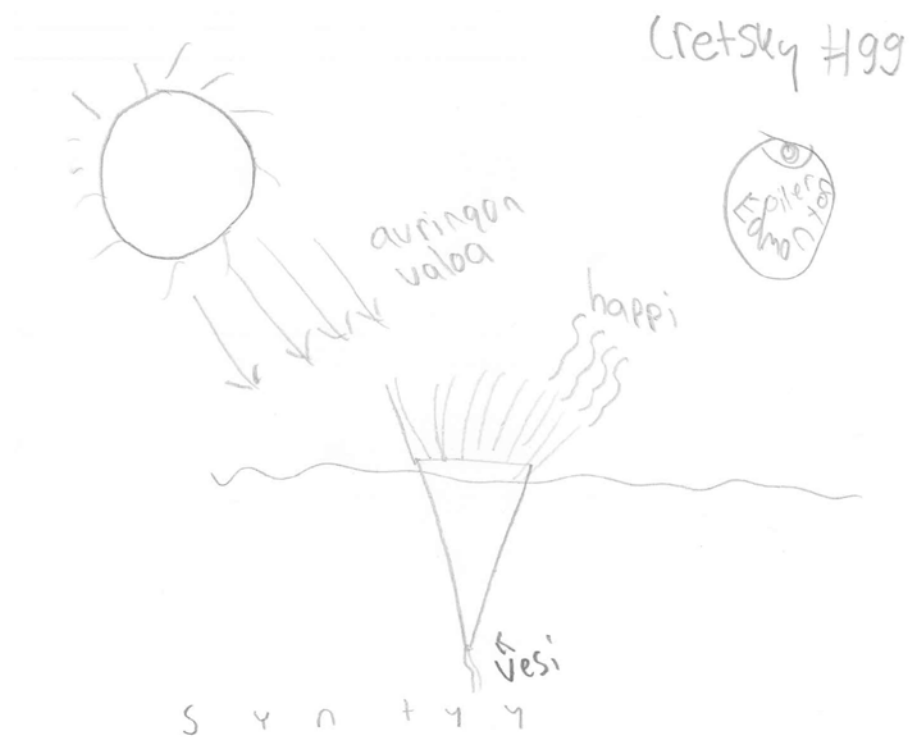
Oppilas 24. Alkutesti



Oppilas 24. Jälkitesti 2



Oppilas 25. Jälkitesti 2

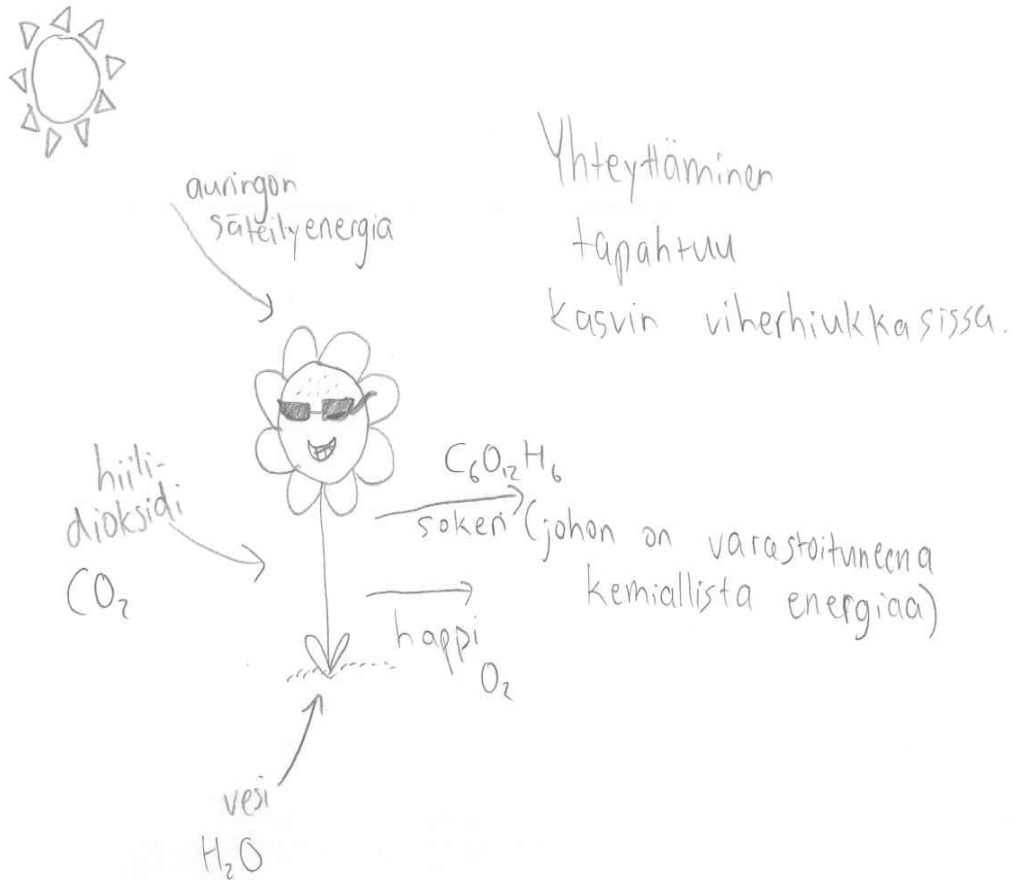


- Sokeria
- hiidioksiidi
- kalsyji

Oppilas 26. Alkutesti

Yhteyttäminen on sitä kun kasvit käyttävät auringon energiaa ja hiilidioksidia ja samalla ne muodostavat happea ja sokereita.

Oppilas 26. Jälkitesti 2



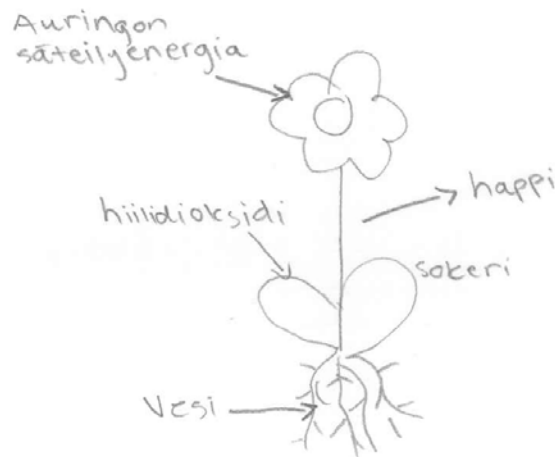
Oppilas 27. Alkutesti

Kasvi reagoi johonkin jonkin kanssa...
Syntyy happea ja sokeria
Yhteyttämiseen tarvitaan hiilidioksidia

Oppilas 27. Jälkitesti 2

Kasvin vihersolut reagoivat auringon säteilyenergian ja hiilidioksidin kanssa.


Lopputuloksena syntyy happea ja sokeria.



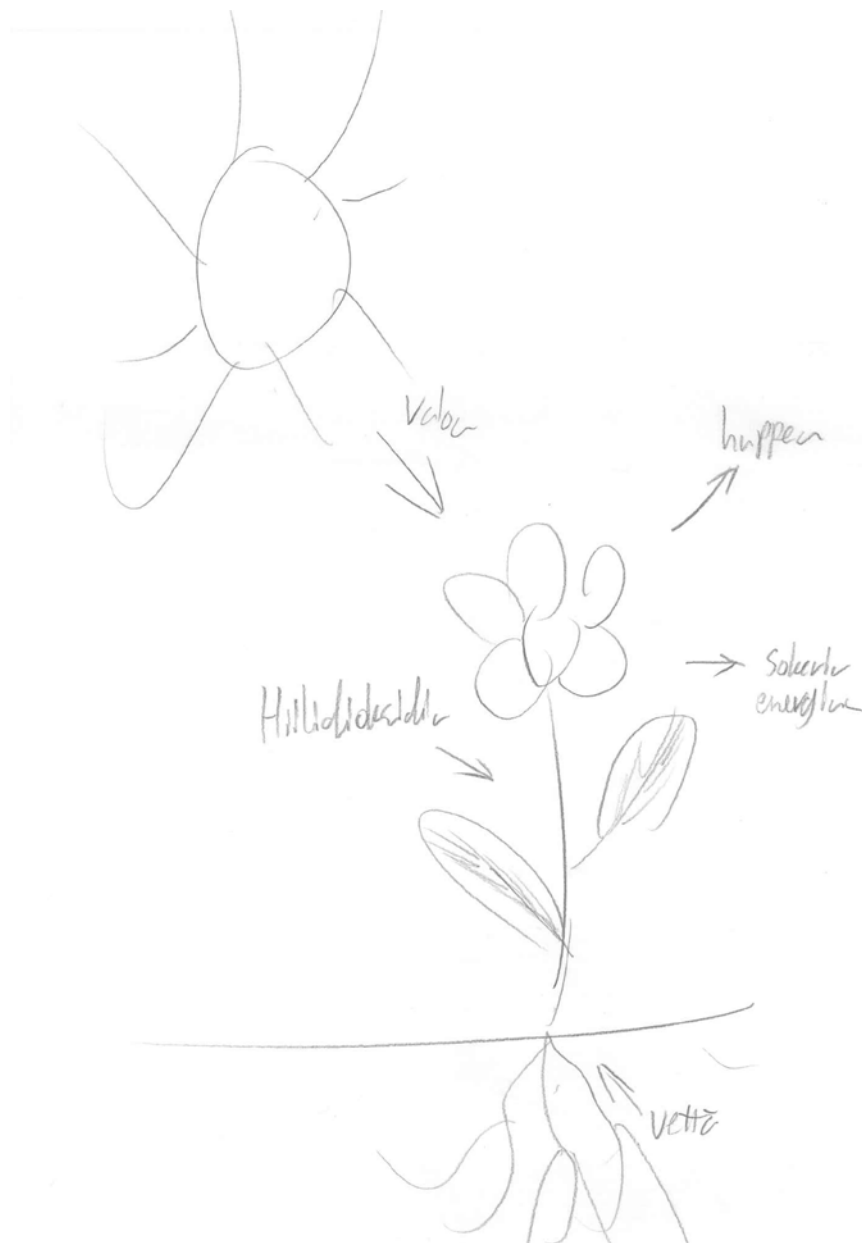
Oppilas 28. Alkutesti

yhteyttäminen

- yhteyttämisellä tarkoitetaan kasvin tekemää työtä kun se muuntaa aurinkon valon hiili dioksidista hapoksi ja sokeriksi



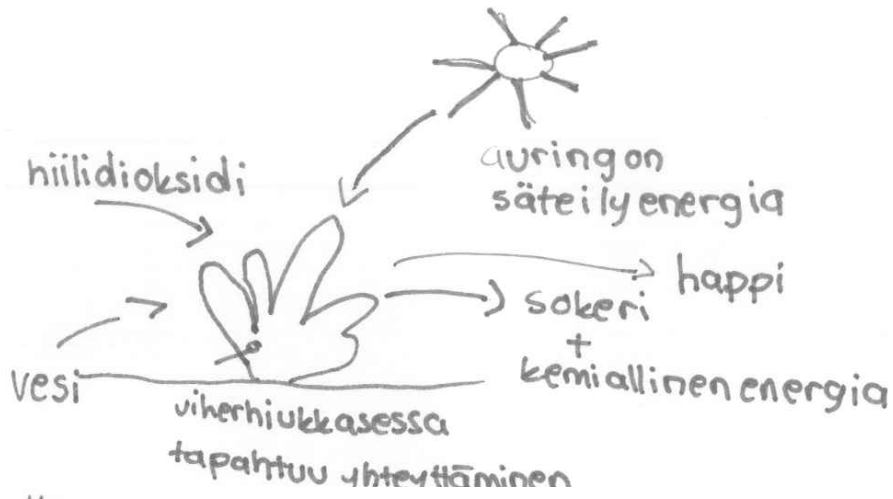
Oppilas 28. Jälkitesti 2



Oppilas 29. Alkutesti

Yhteyttämisessä vapautuu happea. Kasvit yhteyttävät. Yhteyttämiseen tarvitaan kasvi, valo ja lämpöä. Yhteyttämisessä vapautuu myös sokeria. Kasvit yhteyttävät kesken.

Oppilas 29. Jälkitesti 2



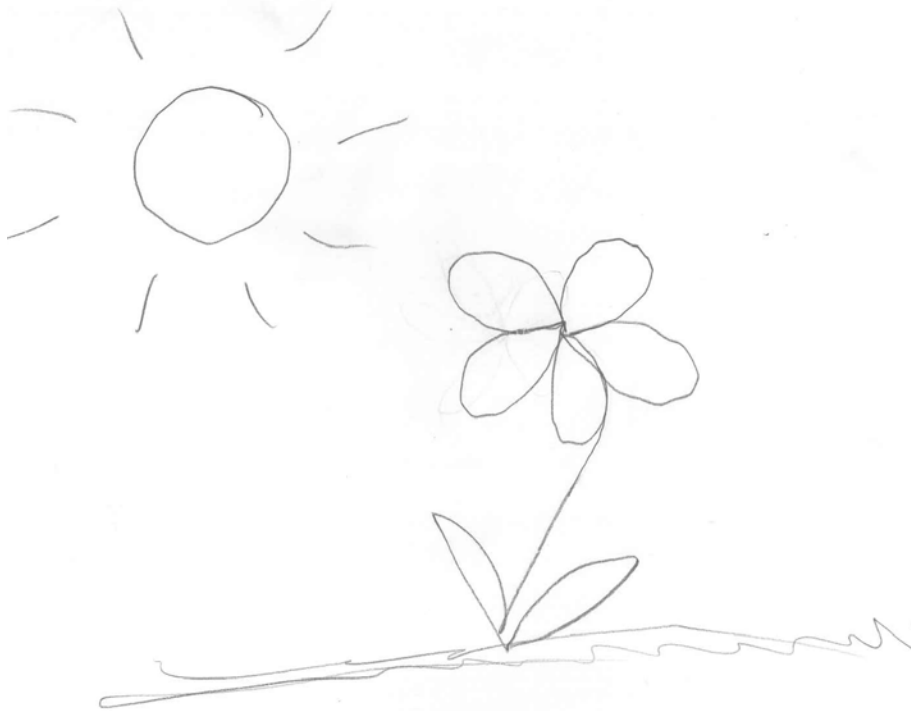
Yhteyttäminen tapahtuu lehden viherhiukkasissa. Yhteyttämiseen tarvitaan hiilidioksidiä, vettä ja auringon säteilyenergiaa. Yhteyttämisessä vapautuu happea ja sokeria. Sokeriin on sidottu energiaa auringon säteilyenergia. Yhteyttämis tuottaa sokeria kasvi käyttää kasvuun ja elintoimintoihin ja varastoi sitä.

Oppilas 30. Alkutesti

Yhteittäminen on kasvien ravinnon valmistamista. Yhteyttämiseen kasvi tarvitsee valoa ja vettä. Yhteyttämisessä muodostuu sokeria ja happea.

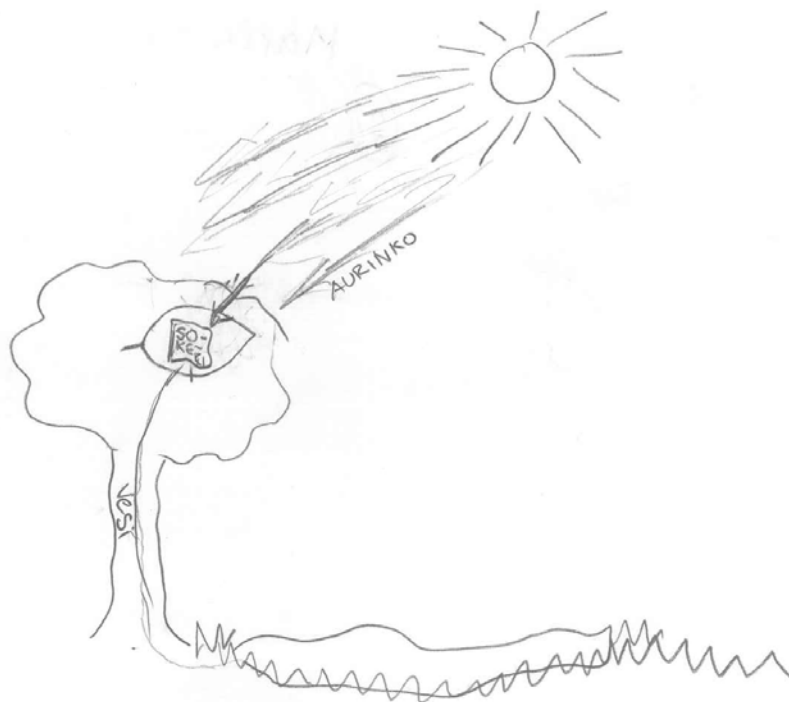
Oppilas 30. Jälkitesti 2

Yhteittäminen on kasvien ravinnon valmistusta, johon kasvi tarvitsee auringon valoa, vettä ja hiilidioksidia. Yhteyttämisessä vapautuu happea ja sokeria.

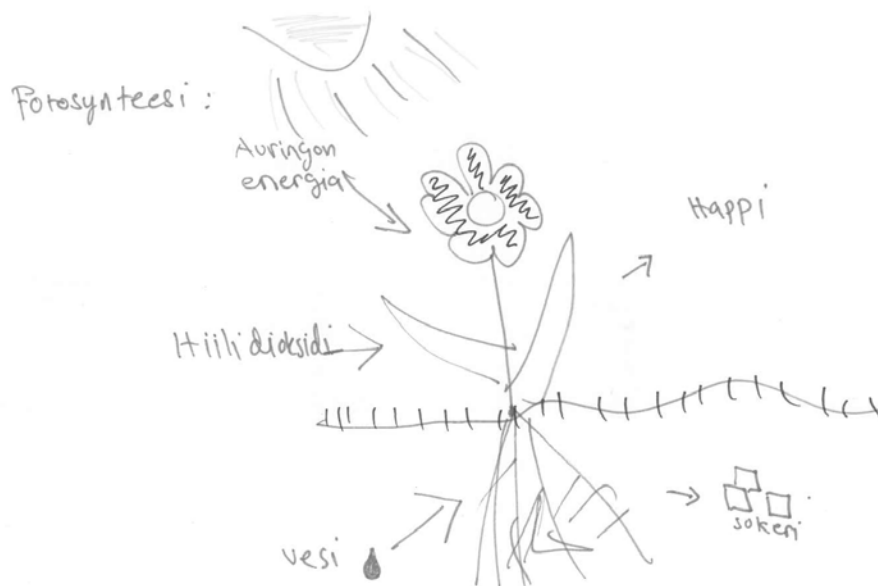


Oppilas 31. Alkutesti

VESI + AURINKO = SOKERI



Oppilas 31. Jälkitesti 2



Oppilas 32. Alkutesti

Yhteyttäminen

Yhteyttäessä kasvi muuttaa aurinkosta, vedestä ja hiilidioksidista saamansa energian sokeriksi. Sivutuotteena syntyy happea, jota vapautuu ympäristöön.

Oppilas 32. Jälkitesti 2

Yhteyttäminen eli fotosynteesi:

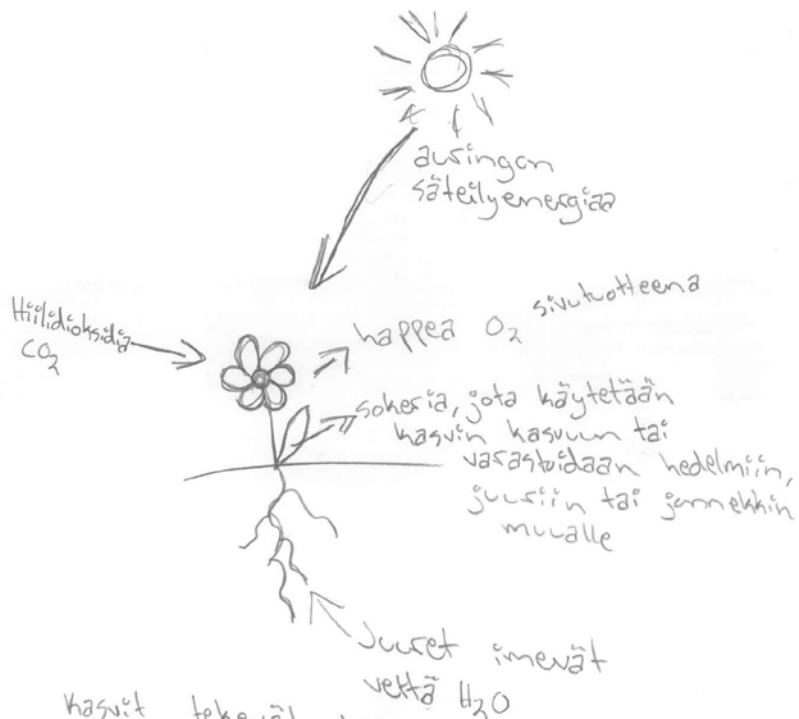
Vihert kasvi muuttaa hiilidioksidin, veden ja aurinko-
on valon energian sokeriksi, jota varastoituu
juuriin. Yhteyttäminen tapahtuu lehdistä. Yhteyttäessä
vapautuu happea.

Oppilas 33. Alkutesti

yhteyttäminen on sitä, kun kasvit tekevät auringon valosta, hiilidioksidista ja vedestä hedelmäsokeia. yhteyttämisestä vapautuu happea.



Oppilas 33. Jälkitesti 2



kasvit tekevät hiilidioksidista, vedestä ja energiasta sokeia, jota kasvit käyttävät kasvunsa. sivutuotteena happea.

Oppilas 34. Alkutesti

Jotta kasvi voi yhteyttää se tarvitsee vettä, valoa ja hiilidioksidia. Yhteyttämiseksi syntyy happea ja sokeria. Yhteyttämiseen kasilla on viherhilkkoja.

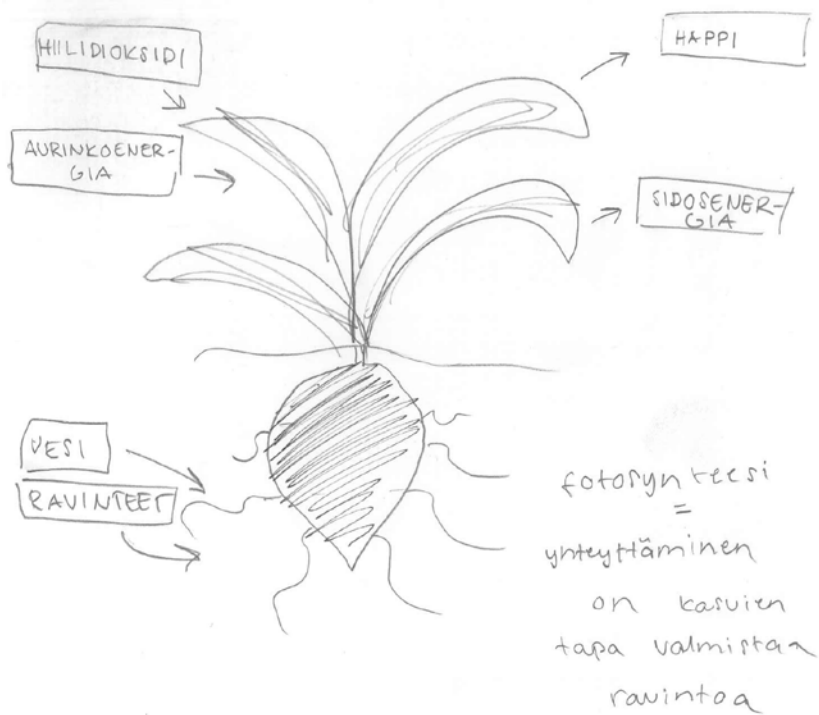
Oppilas 34. Jälkitesti 2

Yhteyttämisen tapahtuu kasvin viher_soluissa. Yhteyttämiseen tarvitaan vettä (H_2O), hiilidioksidia (CO_2) ja energiaa (valoa/energiaa). Yhteyttämiseksi syntyy sokeria ($C_6H_{12}O_6$), happea (O_2) ja energiaa.

Oppilas 35. Alkutesti

- kasvien tapa valmistaa ravintoa
- yhteyttäessä kasvi kerää ilmasta hiilidioksidia, auringon valoa ja maasta vettä ja ravinteita
- > syntyy sokeria, jota kasvit, mutta myös kuluttajat käyttävät ravintonaan

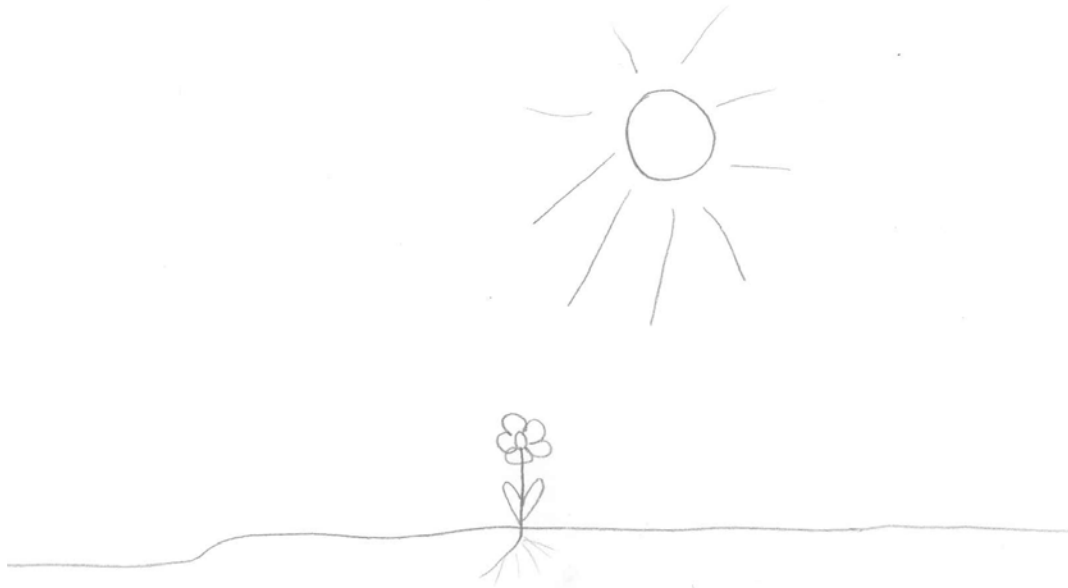
Oppilas 35. Jälkitesti 2



KARVA
RETII S!!!

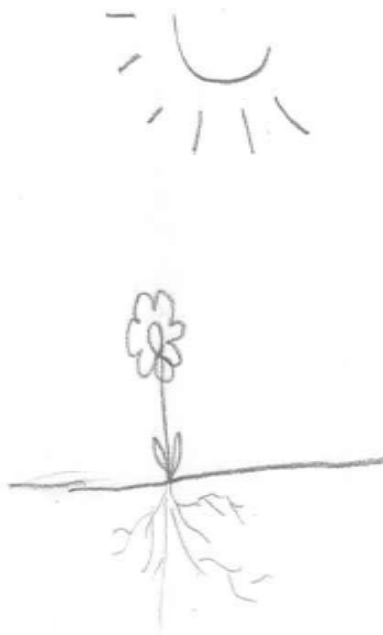
Oppilas 36. Alkutesti

Yhteyttämiseen tarvitaan auringon valoa, hiilidioksidia ja vettä. Kun kasvi yhteyttää, syntyy happea ja sokereita. Kasvit ovat tuottajia, ne voivat yhteyttää, eläimet taas eivät voi.



Oppilas 36. Jälkitesti 2

Hilidiidiesidi →
Auringonvaloa →
Ravinteita →



→ Sokeria
→ Sidosenergiaa
→ Happea

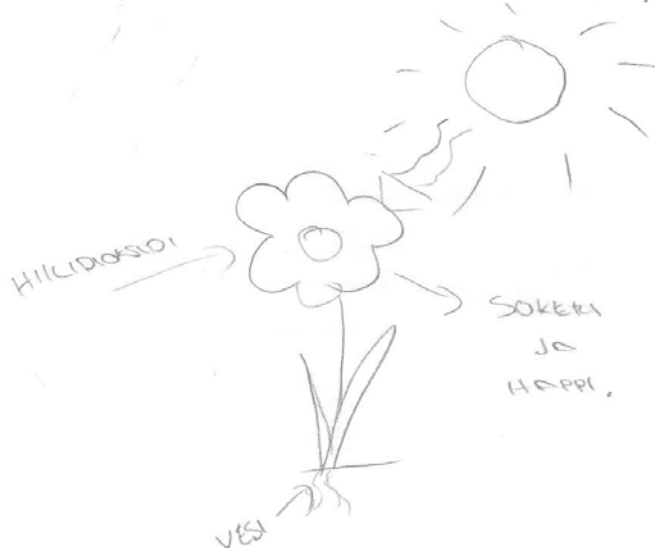
Oppilas 37. Alkutesti

KASVIT VALMISTAVAT SOKERIA YHTEYTTÄMÄLLÄ. SUVUOTTEINA SYNTYVÄ HAPPIA. YHTEYTTÄMINEN TAPAHTUU AURINGON, VEDEN JA HIILIDIOKSIDIN AVULLA. YHTEYTTÄMISESTÄ SYNTYVÄÄ SOKERIA KASVIT KÄYTTÄVÄT "RAVINNOKSEEN". SOKERI KERTYVÄ KASVIN SIEMENIIN, HEDEKSIIN, JUURIIN TAI SILMUKKIIN.



Oppilas 37. Jälkitesti 2

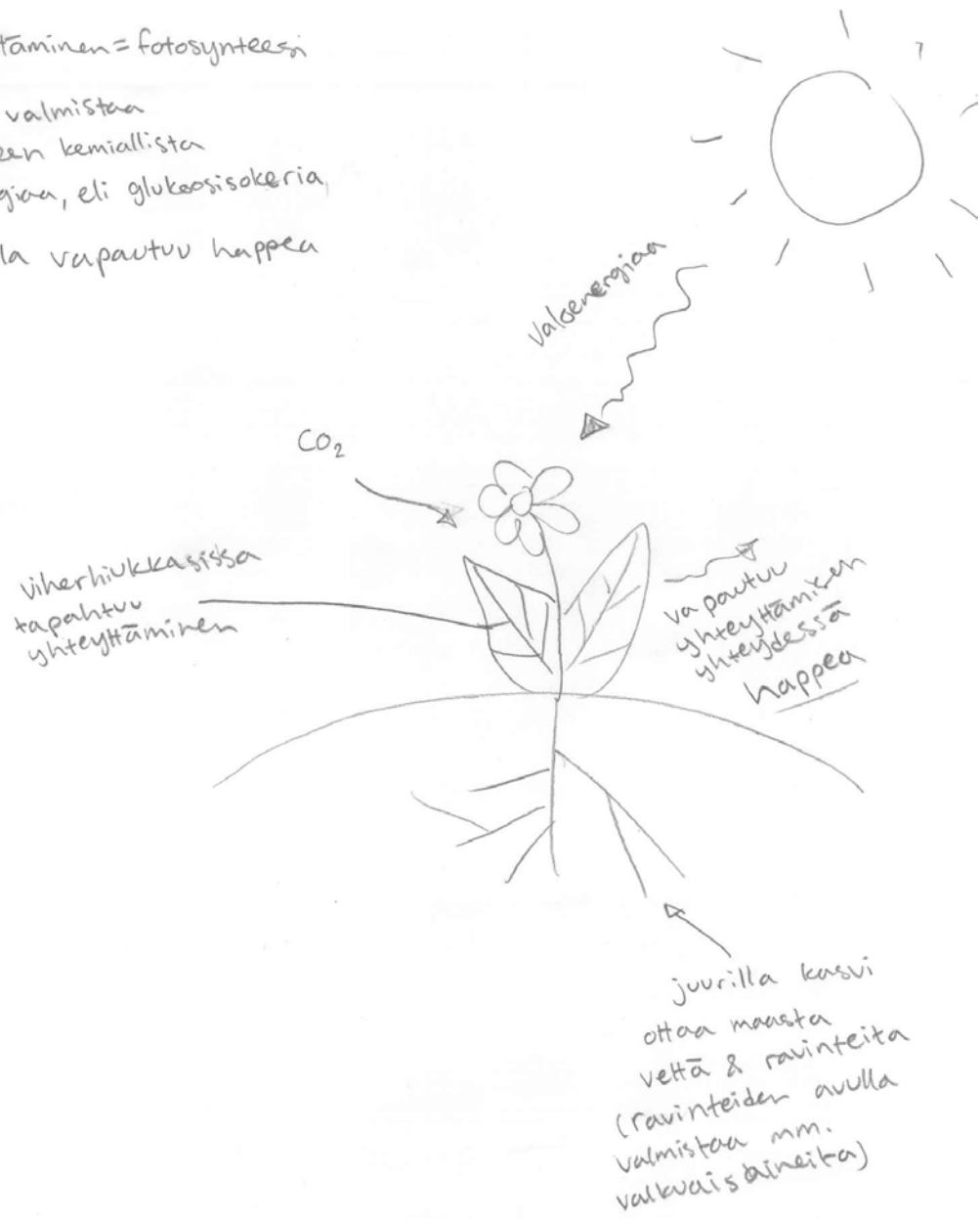
KASVI TARVIKSEE YHTEYTTÄMISEEN AURINGON SÄTELY ENERGIATA, JA HIILIDIOKSIDIA. KASVI VALMISTAA NIISTA SOKERIA LEHTIEN ULLER HIUKKASISSA JA SUVUOTTEENA SYNTYVÄ HAPPI. KASVI VARASTOI SOKERIN SIEMENIIN JA SILMUKKIIN. KASVI KÄYTTÄÄ SOKERIA KASVAMISEEN.



Oppilas 38. Jälkitesti 2

Yhteyttäminen = fotosynteesi

- kasvi valmistaa itselleen kemiallista energiaa, eli glukoosisokeria,
- samalla vapautuu happea



Oppilas 39. Jälkitesti 2

Kukka heittää siemenen ilmaan ja toinen
nappaa sen sisälleen

