

Pro Gradu -tutkielma

**Ongelmia ekologisten ilmiöiden ymmärryksessä ja  
tehtäviä yläkoulun ekologian opetukseen**

**Piia Gullans ja Nina Korkala**



**Jyväskylän yliopisto**

Bio- ja ympäristötieteiden laitos

Biologian opettajankoulutus

20.11.2007

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

Bio- ja ympäristötieteiden laitos

Biologian opettajankoulutus

GULLANS, P. ja Ongelmia ekologisten ilmiöiden ymmärryksessä  
KORKALA, N.: ja tehtäviä yläkoulun ekologian opetukseen

Pro Gradu –tutkielma: 65s.

Työn ohjaajat: FT Jari Haimi, FT Markku Käpylä

Tarkastajat: FT Jari Haimi, FT Ilkka Ratinen

Syyskuu 2007

---

Hakusanat: arkikäsitukset, ekologia, opetus, systeemiajattelu

## TIIVISTELMÄ

Pro gradu -työssämme kartoitamme ongelmia, joita yläkouluikäisillä oppilailla ilmenee ekologisten ilmiöiden ymmärtämisessä. Työmme pohjautuu aihetta käsitteleviin kansainvälisiin tutkimuksiin. Lähestymistapana työssämme käytämme systeemiajattelua. Rajasimme työmme keskeisimpien ekologisten ilmiöiden, aineiden kierron ja energian virtauksen tarkasteluun. Niihin liittyen käsittelemme myös fotosynteesiä, hajotusta ja ravintoverkkoja. Ongelmia ekologisessa ymmärryksessä aiheuttavat esimerkiksi sekavasti käytetty terminologia, arkipäiväiset ajattelumallit, oppikirjojen puutteellisuus ja biologian opetuksen erillisuus muista luonnontieteistä. Kävi ilmi, että oppilaiden käsitykset ekologisista ilmiöistä ovat vaihtelevia. Oppilailla esiintyy puhtaita väärinkäsityksiä, toisaalta oppilaan käsitys on usein sekoitus arki ajattelua ja tieteellistä selitystä. Oppilaan käsitys voi myös olla niin suppea, ettei sitä voida pitää tieteellisesti oikeana. Koulussa esitettyä teoreettista tietoa on vaikea yhdistää arkielämässä syntyneisiin käsityksiin. On havaittu, että mikäli oppilas ei ymmärrä tiettyä asiakokonaisuuden solmukohtaa (*critical aspect*), hän ei voi tavoittaa korkeampaa ekologista ymmärrystä. Työmme lopussa esitämme tehtäviä, joiden avulla pyritään lähestymään ekologistia ilmiöitä opetuksessa konkreettisemmin ja luomaan niistä parempi kokonaiskuva.

UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ, Faculty of Science

Department of Ecological and Environmental Science

GULLANS, P. and                      Problems in understanding ecology and exercises for  
KORKALA, N.:                        teaching ecology in secondary school

Master of Science Thesis:    65p.

Supervisors:                      PhD Jari Haimi, PhD Markku Käpylä

Inspectors:                        PhD Jari Haimi, PhD Ilkka Ratinen

September 2007

---

Key Words: ecology, informal thinking, systems thinking, teaching

## **ABSTRACT**

In our MSc thesis we mapped out problems that appear among the comprehensive school students in understanding ecological phenomena. Our study was based on international research dealing with student's conceptions about ecological issues. We restricted our focus on the most essential ecological phenomena, chemical cycling and energy flow. In connection to these issues we also dealt with photosynthesis, decomposition and foodwebs. Problems in understanding ecological issues are caused for example by incoherently used terminology, colloquial thinking, inadequate textbooks and teaching biology separately from other natural sciences. We also analyzed more closely the nature of the problems and misunderstandings related to ecological phenomena. Student's conceptions about ecological phenomena seem to vary. There seems to appear pure misconceptions - on the other hand student's ideas of ecological phenomena are often a mixture of informal thinking and scientific explanation. Student's conception can also be so simplified that it can not be considered scientifically correct. It seems to be difficult for students to connect the information learned in school to the phenomena in their everyday life. Also, if the student can not understand a specific *critical aspect* of the matter in question, he can not reach a higher ecological understanding. We used the system thinking as an approach to seek for solutions for improving the instruction of ecology in school. At the end of our study we present tasks, the aim of which is to give answers to the educational problems found out in our study.

## SISÄLTÖ

<b>1. JOHDANTO</b> .....	<b>5</b>
<b>2. TEOREETTINEN TAUSTA</b> .....	<b>7</b>
2.1. Yleistä .....	7
2.2 Bloomin tavoitetaksonomia .....	7
2.3 Systeemiajattelu .....	8
<b>3. MITÄ ON EKOLOGINEN YMMÄRRYS?</b> .....	<b>11</b>
<b>4. EKOLOGINEN YMMÄRRYS EDELLYTYKSENÄ YMPÄRISTÖNSUOJELULLE</b> .....	<b>11</b>
<b>5. MISTÄ JOHTUVAT ONGELMAT EKOLOGIAN OPETUKSESSA?</b> .....	<b>12</b>
5.1 Arkiajattelu ja väärinymmärrykset .....	12
5.2 Biologian oppikirjoista johtuvat ongelmat .....	13
5.3 Termeistä johtuvat ongelmat.....	16
5.4 Käsitteellisen muutoksen ongelma .....	16
5.5 Luonnontieteiden hajanaisuudesta johtuvat ongelmat.....	17
5.6 Motivaatiosta johtuvat ongelmat .....	17
5.7 Opetuksen solmukohdat.....	18
5.8 Suppeat käsitykset .....	19
<b>6. MILLAISIA ONGELMIA EKOLOGISESSA YMMÄRRYKSESSÄ ESIINTYY?</b> 20	
6.1 Kolme virheajattelumallia Sanderin ym. (2006) mukaan.....	20
6.2 Ongelmat ravintoverkkojen ja energian virtauksen ymmärtämisessä .....	21
6.3 Ongelmat fotosynteesin ymmärtämisessä.....	24
6.4 Ongelmat hajotuksen ja aineen kierron ymmärtämisessä.....	26
<b>7. EHDOTUKSIA EKOLOGIAN OPETUKSEN PARANTAMISEKSI</b> .....	<b>27</b>
7.1 Luonnontieteiden integroiminen .....	27
7.2 Teorian ja luonnon lähentäminen .....	28
<b>8. OPETUSMETODEISTA</b> .....	<b>28</b>
<b>9. TEHTÄVÄT</b> .....	<b>30</b>
9.1 Yleistä tehtävistä .....	30
9.2 Havainnointitehtävät.....	31
9.3 Pedagoginen draama.....	36
9.4 Pähkinä-posterit.....	43
9.5 Miniekosysteemit ja mikrokosmokset .....	44
9.6 Käsittekartta .....	49
9.7 Ekologiset pelit.....	50
<b>10. ARVIOINNIN VAIKUTUS OPPIMISTULOKSIIN</b> .....	<b>55</b>
<b>11. LOPUKSI</b> .....	<b>57</b>
<b>Kiitokset</b> .....	<b>59</b>
<b>Kirjallisuus</b> .....	<b>60</b>

## 1. JOHDANTO

Peruskoulussa saadun opetuksen jälkeen oppilaiden ekologisen ymmärryksen on havaittu jäävän vajaaksi ja pintapuoliseksi (Barak ym. 1999, Carlsson 2002a,b, Lin & Hu 2003). Oppilaat eivät ymmärrä käsitteitä kuten ravintoketju, aineiden kierto ja hajotus, eivätkä varsinkaan ekosysteemin toimintaa suurempana kokonaisuutena (Leach ym 1996a, Carlsson 2002a, b, Lin & Hu 2003, Sander ym 2006).

Perustason ekologinen ymmärrys on tärkeää yleisen sivistyksen ja ympäristötietoisuuden kannalta. Tulevaisuudessa joudumme yhä enemmän punnitsemaan elintapojamme ja ympäristöä koskevia valintojamme, jolloin ekologinen tieto toimii sekä kannustimena että keinona kestävämpiin valintoihin. Lisäksi ekologia itsessään on tärkeä ja merkityksellinen osa biologian opetusta.

Valtakunnallinen opetussuunnitelma painottaa "keskeisten ekologisten ilmiöiden ymmärtämistä", muttei erittele tarkemmin, mitä nämä ilmiöt ovat (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004). Ekologian opetuksen sisältö jää siis opettajan ratkaistavaksi. Luokilla 7–9 on yhteensä vain seitsemän vuosiviikkotuntia<sup>1</sup> biologiaa, mikä on mielestämme vähän verrattuna opetettavan aineksen määrään. Esimerkiksi matematiikkaa ja äidinkieltä on molempia 14 vuosiviikkotuntia (Valtioneuvoston asetus perusopetuslaissa tarkoitetun opetuksen valtakunnallisista tavoitteista ja perusopetuksen tuntijaosta 2001).

Halusimme kartoittaa, mitä yläkouluikäisten oppilaiden ekologiaa koskevista virhekäsityksistä tiedetään jo olemassaolevien tutkimusten perusteella. HavaitSIMME, että aihetta on tutkittu Suomessa vain vähän, joten tuloksemme pohjautuvat kansainvälisiin tutkimuksiin. Suurin osa tutkimuksista käsitteli 13–16-vuotiaita eli yläkouluikäisiä oppilaita. Tarkastelussa oli mukana myös muutama tutkimus, joissa oppilaat olivat hieman nuorempia, noin 11–13-vuotiaita. Nämä tutkimukset kertovat siitä, millaisista lähtökohdista yläkoulun biologian opiskelu alkaa. Osassa tutkimuksista oli mukana yliopisto-opiskelijoita. Nämä tutkimukset kertovat, millaisia käsityksiä opiskelijoille on jäänyt yläkoulun jälkeen.

---

<sup>1</sup> Yksi vuosiviikkotunti on 38 oppituntia.

Koska käsittelemämme tutkimukset on toteutettu ulkomailla, on syytä pohtia johtopäätösten yleistettävyyttä. Opetuksen taso ja laajuus voivat vaihdella eri maissa ja eri luokka-asteilla. Kansainvälisessä PISA-tutkimuksessa on löydetty eroja luonnontieteellisessä ymmärryksessä eri maiden oppilaiden välillä. Viimeisimmät tulokset ovat saatavissa vuoden 2003 PISA:sta, jossa suomalaiset menestyivät hyvin. Vuoden 2003 PISA painottui matematiikan osaamisen arviointiin, ekologista osaamista tutkimus ei erittele. Vuoden 2006 PISA:n painopiste oli jälleen luonnontieteissä (Kupari & Välijärvi 2005), mutta sen tuloksia ei vielä työmme tekoheikellä ollut saatavissa. Näistä syistä näkisimme erityistä tarvetta kotimaiselle tutkimukselle.

Tavoitteenamme on kartoittaa, millaisia ymmärtämisen vaikeuksia yläkouluikäisillä oppilailla esiintyy ekologiin ilmiöihin liittyen, sekä mitkä seikat opetuksessa johtavat niihin ongelmiin. Rajasimme työmme tarkastelemaan ekologisia perusilmiöitä: aineen kiertoa ja energian virtausta. Niihin liittyen käsittelemme erityisesti fotosynteesiä, hajoitusta ja ravintoverkkoja. Lisäksi tavoitteenamme on edistää systeemiajattelun mukaisen ekologisen ymmärryksen kehittymistä. Työmme lopussa esitämme tehtäviä, joilla pyrimme vastaamaan niihin opetuksen ongelmakohtiin, joita olemme tutkimuksessamme havainneet.

## 2. TEOREETTINEN TAUSTA

### 2.1. Yleistä

Bloomin tavoitetaksonomia ja systeemiajattelu ovat teorioita, jotka kuvaavat tiedon rakentumista ja ymmärryksen tasoja (Bloom & Krathwohl 1965, Assaraf & Orion 2005). Bloomin tavoitetaksonomia on paljon käytetty oppimisen ja ymmärtämisen tasoja kuvaava teoria, joten esittelemme sen pääkohdat lyhyesti. Työssämme painottuu kuitenkin systeemiajattelu, joka on uudempi ja mielestämme työmme kannalta parempi tapa kuvata ekologista ymmärrystä sekä sen tasoja ja tavoitteita. *Ekologisella ymmärryksellä* tarkoitamme oppijan käsityksiä ekologiasta tieteenä, eli ymmärrystä ekologian lainalaisuuksista. Oppija käyttää *ekologista ajattelua*, kun hän tarkastelee ilmiötä ekologian näkökulmasta.

Systeemiajattelussa pyritään hahmottamaan systeemin osat ja ajattelemaan systeemin toimintaa yhtenäisenä, dynaamisena kokonaisuutena (Senge 1994). Systeemiajattelua on käytetty paljon inhimillisten systeemien tarkastelussa esimerkiksi talouden ja kaupan alalla. Työssämme sovellamme systeemiajattelua biologian opetukseen kuvaamaan sitä, kuinka ekosysteemin toimintaa voidaan hahmottaa. Systeemiajattelun avulla voidaan tarkastella, kuinka monipuolinen kuva oppilaalla on ekosysteemin toiminnasta. Systeemiajattelua voidaan käyttää opetuksen suunnittelun apuvälineenä ja arvioinnin yhteydessä selvittämään, millaisen ekologisen ymmärryksen oppilaat ovat saavuttaneet.

Työssämme tarkastelimme esimerkiksi oppikirjoja systeemiajattelun näkökulmasta pohtiessamme, auttavatko ne laajan ekologisen ymmärryksen rakentumisessa. Työmme lopussa esittämämme tehtävät on suunniteltu systeemiajattelun mukaisen ymmärryksen edistämiseksi.

### 2.2 Bloomin tavoitetaksonomia

Bloomin tavoitetaksonomiassa on kuusi hierarkkisesti järjestynyttä kognitiivista tasoa, jotka kuvaavat yksilön ajattelua ja ymmärrystä (Bloom & Krathwohl 1956). Ekologisen ajattelun voidaan nähdä rakentuvan vastaavanlaisista tasoista.

*Tietotaso* on alin tieto- ja ajattelun alueen taso. Se käsittää ideoiden tai asioiden mieleenpalauttamisen, muistamisen ja tunnistamisen (Bloom & Krathwohl 1956). Ekologiassa tämä voisi tarkoittaa esimerkiksi eliölajien tunnistamista tai yksittäisten faktatietojen muistamista. *Ymmärtämisen tasolla* oppija tietää, mistä on kysymys. Hän kykenee muuntamaan tietoa toiseen muotoon, selittämään asioita ja ideoita sekä tekemään johtopäätöksiä (Bloom & Krathwohl 1956). Oppilas pystyy esimerkiksi hahmottamaan eliölajien välisiä vuorovaikutussuhteita ja kuvaamaan ekologisia ilmiöitä omin sanoin.

*Soveltamisen tasolla* oppija pystyy käyttämään teoreettisia käsitteitä uusissa tilanteissa. Oppilas kykenee esimerkiksi käyttämään metsäekosysteemistä tuttuja termejä hahmottaessaan vesiekosysteemin toimintaa. *Analyysitasolla* oppija osaa jakaa kokonaisuuden osiin ja hän hahmottaa osien merkityksen ja osaa selittää osien väliset suhteet kokonaisuuden kannalta (Bloom & Krathwohl 1956). Tällä tasolla oppilas pystyy hahmottamaan ekosysteemissä toimivia prosesseja, kuten yhteyttämisen ja hajotuksen, ja ymmärtää niiden yhteyden ja merkityksen ekosysteemissä.

*Synteesitasolla* oppija pystyy yhdistämään analysoidut osat joko samaksi tai uudeksi kokonaisuudeksi. Esimerkiksi suunnittelu ja kehittäminen tapahtuvat tällä tasolla. *Arviointitasolla* oppija kykenee arvioimaan asioiden ja aineistojen oikeellisuutta (Bloom & Krathwohl 1956). Oppilas kykenee kriittisesti lukemaan ja arvioimaan tietoa esimerkiksi Internetissä.

Oppilaiden ekologinen ymmärrys jää usein tietotasolle ja ymmärtämisen tasolle. Oppilaat esimerkiksi muistavat, että on olemassa reaktio nimeltä fotosynteesi ja että se on jollakin tavoin tärkeä ekosysteemissä, mutta eivät ymmärrä prosessin toimintaa tai merkitystä tämän paremmin (Barak ym. 1999). Paremman ekologisen ymmärryksen saavuttamiseksi olisi mielestämme syytä tavoittaa lisäksi ainakin soveltamisen ja analyysitasot.

### 2.3 Systeemiajattelu

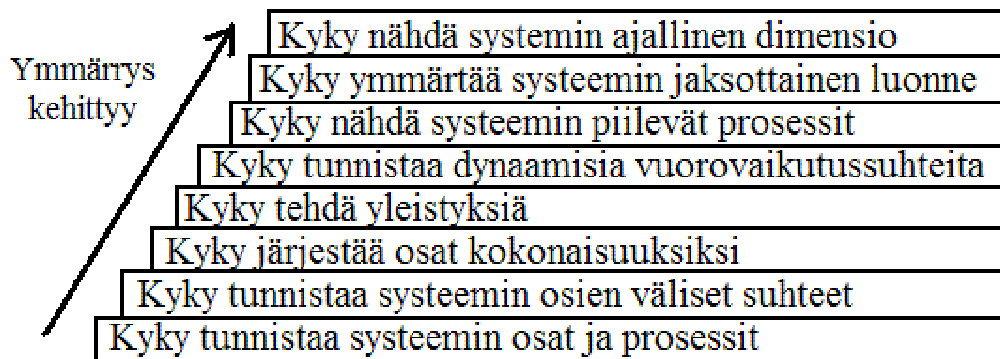
Systeemiajattelu on Bloomin tavoitetaksonomiaa uudempi tapa kuvata sitä, millaisia ajattelun tasoja oppija voi saavuttaa ja millaisia kognitiivisia taitoja tällöin vaaditaan (Senge 1994, Assaraf & Orion 2005). Valitsimme työmme teoreettiseksi pohjaksi



systemiajattelun, koska se on mielestämme työmme kannalta käytännöllisempi tarkastelunäkökulma.

Sengen (1994) mukaan systemiajattelu on ajattelumalli, jossa pyritään tunnistamaan systeemin osat ja liittämään ne yhtenäiseksi kokonaisuudeksi. Systemiajattelussa pyritään tunnistamaan systeemissä toistuvia malleja (*patterns*) ja vuorovaikutussuhteita sekä muodostamaan näiden avulla tehokasta ja tarkkaa ajattelua (Senge 1994). Systemiajattelu on siis paitsi systeemin osien, myös ennen kaikkea niiden välisten vuorovaikutussuhteiden ja riippuvuuksien tunnistamista. Systemistä pyritään saamaan kokonaisvaltainen, tarkka kuva.

Systemiajattelun yhteydessä systeemillä tarkoitetaan kokonaisuutta, jonka olemassaolo ja toiminta perustuvat sen osien väliseen vuorovaikutukseen. Jokaisella systeemin osalla on tietty tarkoitus, ja jotta systeemi voi toimia optimaalisesti, jokaisen osan on oltava läsnä ja toiminnassa. Systeemi pyrkii säilyttämään vakautensa takaisinkytkentöjen (*feedback*) avulla (Assaraf & Orion 2005).



Kuva 1. Systemiajattelun kahdeksan ulottuvuutta Assarafin ja Orionin (2005) mukaan. Systemiajattelun mukainen ymmärrys rakentuu portaittain.

Systemiajattelua on aikaisemmin sovellettu esimerkiksi kaupan ja teknologian alalla. Se sopii kuitenkin myös ekologisysteemin toiminnan hahmottamiseen. Ekologisten ilmiöiden yhteydessä systeemin osiksi voidaan ymmärtää esimerkiksi eliölajit ja trofiatasot. Osien välisiä suhteita ovat mm. saalistussuhteet. Dynaamisia suhteita voidaan ajatella olevan

esimerkiksi ravintoverkoissa, joissa lajit vaikuttavat toisiinsa takaisinkytkentöjen avulla; saaliseläimen populaation pienentyminen vaikuttaa petojen populaatiokokoihin jne. Ekosysteemien jaksottainen luonne on nähtävissä muun muassa kannanvaihteluissa ja sukkessiossa. Ekosysteemin aikaperspektiivi voidaan nähdä esimerkiksi aineen kierrossa; osan ajasta aine on sitoutuneena eliöiden kudoksiin.

Jotta ekosysteemiä pystyy ajattelemaan systeemiajattelun mukaisesti linkittyneenä kokonaisuutena, Assarafin ja Orionin (2005) mukaan vaaditaan seuraavia kognitiivisia taitoja:

- a) kykyä ajatella dynaamisia prosesseja (viiveitä, takaisinkytkentöjä, vaihteluja)
- b) kykyä ymmärtää, kuinka systeemin toiminta on seurausta sen osien välisestä kanssakäymisestä ajassa (dynaaminen kompleksisuus)
- c) näkyvien toimintojen takana olevien takaisinkytkentöjen tunnistamista
- d) varastojen (*stock*) ja virtausten (*flow*) välisen vuorovaikutuksen tunnistamista
- e) viiveiden (*delays*) ja niiden vaikutusten tunnistamista
- f) epälineaarisuuksien tunnistamista
- g) tieteellistä ajattelua, eli kykyä määrittää asioiden välisiä suhteita sekä tehdä ja testata hypoteeseja ja oletuksia.

On huomioitava, että oppijoiden kognitiiviset taidot ovat vaihtelevia. Vaikka oppilas keskittyy opiskeluun, hän ei välttämättä saavuta korkeaa systeemistä ajattelua, koska hänen kognitiiviset taitonsa eivät ole tarpeeksi kehittyneet (Assaraf & Orion 2005). Toisaalta oppilaan systeemiajattelun kehittymiseen eivät vaikuta ainoastaan hänen kognitiiviset valmiutensa, vaan myös käytetyt opetusmenetelmät. Parhaaseen tulokseen päästään niin sisätiloissa kuin ulkona tapahtuvan tutkivan oppimisen (*inquiry-based learning*) sekä opittujen asioiden integroimista edistävien tehtävien avulla (Assaraf & Orion 2005).

Systeemiajattelusta käytetään myös termiä systeemiäly, jonka Raimo Härmäläinen ja Esa Saarinen ovat määrittäneet seuraavasti: "systeemiäly on kyvykkyyttä hahmottaa vuorovaikutuksellisia takaisinkytkentöjä sisältäviä kokonaisuuksia tarkoituksenmukaisesti ja luovasti" (Härmäläinen & Saarinen 2005). Systeemiäly käsittelee pääasiassa inhimillisiä systeemejä, sekä yksilön optimaalista toimintaa systeemin hyväksi.

### 3. MITÄ ON EKOLOGINEN YMMÄRRYS?

Ekologinen ymmärrys tarkoittaa tietoa ekosysteemin olemuksesta, logiikasta ja syy-seuraussuhteista (Carlsson 2002a). Ekosysteemin toiminta perustuu osien väliseen kanssakäymiseen, suhteisiin ja riippuvuuksiin. Ekologisessa ymmärryksessä korostuu holistisuus; luonnonsysteemeillä on ominaisuuksia ja piirteitä, jotka ovat enemmän kuin osiensa summa (Lin & Hu 2003). Systeemiajattelu on hyvä väline ekosysteemin tarkasteluun, koska sillä voidaan hahmottaa paitsi yksittäisten ekologisten prosessien, kuten yhteytyksen tai hajotuksen, toimintaa, myös ennen kaikkea niiden merkitystä kokonaisuuden kannalta.

Ekologisen ymmärryksen kannalta tärkeää on hahmottaa ekosysteemin perusilmiöt; aineiden kierto ja energian virtaus. Näiden ympärille kietoutuvat opetuksessa esiin tulevat ekologiset ilmiöt, kuten fotosynteesi, ravintoverkot, lajien väliset suhteet ja hajotus. Nykymuotoisessa opetuksessa nämä yksittäiset ilmiöt tulevat kohtuullisesti ymmärretyiksi (Barak 1999, Carlsson 2002a,b). Systeemiajatteluun pyrittäessä ei kuitenkaan riitä, että oppilas ymmärtää ainoastaan yksittäisen ilmiön toimintaperiaatteen. Oleellista olisi hahmottaa ilmiöiden *keskinäiset suhteet*, esimerkiksi fotosynteesin ja hajotuksen suhde, ja kyetä muodostamaan ekosysteemistä toiminnallinen, laaja kokonaiskuva. Olemme vakuuttuneita, että systeemiajattelun mukaisen kokonaiskuvan muodostuminen auttaisi oppilaita ymmärtämään paremmin myös yksittäisen ilmiön toiminnan ja tarkoituksen ekosysteemissä. Kokonaisuuden hahmottaminen auttaa ymmärtämään paremmin myös yksittäisten osien merkityksen.

### 4. EKOLOGINEN YMMÄRRYS EDELITYKSENÄ YMPÄRISTÖNSUOJELULLE

Ekologinen ymmärrys on edellytys sekä ympäristövastuullisuuden syntymiselle että onnistuneelle ympäristönsuojelulle (Carlsson 2002a, Sander 2006). Tämän vuoksi ekologian opetuksessa tulisi huomioida myös ympäristönsuojelulliset näkökohdat (Majamaa & Ollila 1998). Tärkeimpien ekologisten ilmiöiden, kuten ravintoketjujen toiminnan ja merkityksen hahmottaminen, on edellytys sille, että oppilas voisi ymmärtää

muita ekosysteemeissä vaikuttavia prosesseja. Ellei oppilas ymmärrä esimerkiksi aineiden kiertoa, hän tuskin voi käsittää, kuinka haitalliset aineet luonnossa vaikuttavat (Majamaa & Ollila 1998).

Oppilaiden tulisi nähdä ihminen osana ekosysteemin toimintaa eikä siitä irrallisena. Ekosysteemien toiminta on edellytyksenä myös meidän hyvinvoinnillemme. Lyytimäki (2005) on määrittänyt systeemiälykkään ympäristötietoisuuden ihmisen haluksi vaikuttaa ympäristönsuojelun hyväksi sekä kyvyksi hahmottaa itsensä aktiivisena osana erilaisia ympäristön tilaan liittyviä kokonaisuuksia. Systeemiälykkään ympäristötietoisuuden ideaalissa yhdistyvät ekologisen kestävyuden kautta ymmärretty fyysinen todellisuus ja yksilön toimintakyvyn ja -halun kautta ymmärretty yhteiskunnallinen todellisuus. Ympäristötietoisuus liittyy toiminnan motivaatioon, systeemiäly toiminnan keinoihin (Lyytimäki 2005).

## 5. MISTÄ JOHTUVAT ONGELMAT EKOLOGIAN OPETUKSESSA?

### 5.1 Arkiajattelu ja väärinymmärrykset

Arkitiedolla tarkoitetaan välittömiin havaintoihin ja kokemuksiin perustuvaa ymmärrystä ja spontaania tilannetietoa (Engström 1984). Arkikäsitteet poikkeavat tieteellisistä ajatuksista, sillä ne perustuvat subjektiviisiin kokemuksiin ja mielikuviin (Leach ym 1996a). Arkikokemusten pohjalta rakennettu tieto ei auta tiedon soveltamisessa tai jäsentyneiden tietorakenteiden muodostamisessa. Tieto jää pinnalliseksi, irralliseksi ja jopa naiiviksi (Havu-Nuutinen 2005). Oppilas saattaa esimerkiksi ajatella Auringon olevan pienikokoinen, jopa Maata pienempi, sekä sijaitsevan melko lähellä, sillä Aurinkoa katsottaessa näyttää siltä. Tällaiset omiin havaintoihin perustuvat käsitykset jäävät voimakkaasti henkilön mieleen, ja niitä on vaikea muuttaa kouluopetuksessa (Ojala 1997).

Biologiaan liittyvät virheelliset käsitykset muodostuvat ennen kouluopetusta, tai oppilas omaksuu ne biologian opetuksessa (Majamaa & Ollila 1998). Väärinkäsitysten on todettu olevan melko pysyviä (Majamaa & Ollila 1998, Havu-Nuutinen 2005). Väärinkäsitysten hyväksyminen asian selitysmallina on jo itsessään haitallista tieteellistä ymmärrystä

ajatellen. Lisäksi ongelmana on, että uusia tietorakenteita muodostetaan arkitiedon pohjalta. Oppilaan havainnoissa luonnontieteellistä ilmiötä hän automaattisesti tarkastelee sitä aiemmin omaksumiensa ajatusmallien ja käsitysten perusteella. Oppilas ei siis havainnoi ainoastaan silmillään vaan koko ”kognitiivisella järjestelmällään”. Se, mitä havaitsemme, riippuu sekä ”siitä, mikä on ulkopuolella” että ”siitä, mikä on päässämme”, toisin sanoen teorioista ja käsitteistä (Palmberg 2004). Esimerkiksi oppilaiden kasveihin liittyvät väärinkäsitykset vaikuttavat heidän ymmärrykseensä ravintoketjuista. Jos oppilaat eivät tiedä kasvien elävän myös vedessä, he eivät osaa sijoittaa kasveja vesiympäristöjen ravintoketjuihin (Majamaa & Ollila 1998).

Biologian opetusta suunniteltaessa tulisi selvittää oppilaiden arkikäsitteitä ja tieteelliselle käsitykselle vaihtoehtoisia ajattelumalleja ja rakentaa opetus nämä käsitykset tiedostaen (Andersson & Wallin 2006, Sander ym. 2006). Opetuksessa tulisi ottaa huomioon, että oppilaan oma käsitys voi olla ristiriidassa tieteellisen selityksen kanssa. Oppilaan odotetaan hyväksyvän sellainen selitys, jota hän ei itse omilla aisteillaan pysty todentamaan.

Jerosen (2003) mukaan opetusharjoittelijat kokevat, että heillä on puutteita biologian ja maantieteen ainetiedossa. Tutkimuksissa on osoitettu, että luokanopettajien ja opettajaopiskelijoiden luonnontieteellinen tieto perustuu arkitiedolle ja on jäsentymätöntä (de Jong & Brinkman 1999, de Jong ym. 1999, Carlsson 2002a,b). Mikäli opettajan omat käsitykset ovat virheellisiä, hän ei pysty havaitsemaan oppilailta esiintyviä virheellisiä ajattelumalleja ja väärinkäsityksiä. Pahimmillaan opettaja siirtää omia virheellisiä käsityksiään oppilaille.

## 5.2 Biologian oppikirjoista johtuvat ongelmat

Yläkoulun biologian oppikirjojen pinnallinenkin tarkastelu osoittaa, että tieto esitetään melko hajanaisesti. Lisäksi termejä esitetään runsaasti, mutta niiden selittäminen jää usein vajaaksi. Tällöin termien omaksuminen tai liittäminen aikaisempiin tietorakenteisiin on oppilaille vaikeaa (Majamaa & Ollila 1998). Oppikirjojen tekstit muodostuvat pääasiassa lyhyistä väitelauseista, joissa nousee esiin paljon yksittäisiä faktoja. Oppikirjat eivät problematisoi käsiteltyjä puheenaiheita eivätkä johda omien käsiterakenteiden luomiseen,

vaan oppiminen on väitelauseiden omaksumista. Tekstit ovat muotoilultaan harhaanjohtavan yksinkertaisia ja helppoja toistettavaksi, mutta sisällöltään liian niukkoja ja abstrakteja tulkittavaksi ja edelleen kehitettäväksi. Oppijalle ei jää muuta keinoa kuin tiedon toistamisen tai listaamisen strategia (Karvonen 1995).

Pahimmillaan biologian oppikirjojen on havaittu sisältävän erilaisia väärinkäsityksiä tai sekavuuksia, jotka johtavat oppilaita tulkitsemaan väärin biologisia ilmiöitä. Tämä tulisi huomioida, koska oppilaita usein kehoitetaan selvittämään asioita oppikirjoista (Majamaa & Ollila 1998). Asian vakavuutta lisää se, että oppilaat arvostavat eniten oppikirjaa tiedonlähteenä (Valkonen 2002). Jos opettajan antama tieto on ristiriidassa kirjan kanssa, oppilaat tukeutuvat helposti kirjan tietoon. Oppikirjat ohjaavat usein opetusta ja antavat sille viitekehysten (Mikkilä-Erdmann 2002), vaikka niiden tehtävä olisi toimia paremminkin opetuksen apuvälineenä.

Tarkastellessamme yläkoulun biologian kirjasarjoja (Otava, WSOY) huomasimme, että useissa kirjojen kappaleissa käsitellään vain yhtä suppeaa aihepiiriä tai eliölajia. Sivumääräisesti eliölajien kuvailu saa huomattavasti enemmän painoarvoa kuin ekologiisiin perusilmiöihin perehtyminen. Ekosysteemin toimintaa ja eliöyhteisöjä ylläpitävät prosessit, kuten yhteytys, hajotus ja lajien väliset suhteet, on ”piilotettu” tekstin sekaan. Kappaleet eivät käsittele aiheita kuten ”Mistä eliöyhteisöön saadaan energiaa?” tai ”Millaisia suhteita eliölajien välillä on?” Paremminkin kappaleet ovat aiheeltaan ”Lehtipuut luovat värikkyyttä metsämaisemaan” tai ”Lokit ovat osa suomalaista järvimaisemaa”. Tällöin oppilaan huomio saattaa kiinnittyä täysin epäolennaisuuksiin, jolloin yleiset prosessit ja lainalaisuudet jäävät ymmärtämättä. Oppilas saattaa esimerkiksi ajatella, että lokin pesimiskausi on keskeinen asia, joka tulee muistaa. Kirjat etenevät mielestämme myös melko epäloogisesti: ensin käsitellään maisemallisia asioita tai yksittäisiä lajeja, ja vasta paljon myöhemmin esitellään ekosysteemien perustoimintoja. Esimerkiksi Otavan Koulun biologia -kirjasarjan Sisävedet -teoksessa kappaleet 7 ja 8 käsittelevät rapua ja simpukkaa, yksittäisiä lajeja. Vasta kappale 20 on aiheeltaan ”Auringon säteily luo perustan järven elämälle”. Epäjohdonmukaisuutta osoitti myös, että Maan esihistoriaa käsittelevä kappale oli asetettu Koulun biologia: Metsät ja suot -kirjan keskelle, täysin ilman kontekstia. Edellisessä kappaleessa käsiteltiin yhteyttämistä ja seuraavassa kappaleessa eliöiden talvehtimistä.

Mielestämme oppikirjojen kuvaileva ote ja sekavuus johtavat siihen, etteivät ne edistä systeemiajattelun mukaisen ymmärryksen kehittymistä. Eliölajien esittelyn sijaan ekosysteemin perustoiminnoille tulisi antaa enemmän painotusta. Esimerkiksi eliöyhteisön toiminnan kannalta välttämätön hajotusprosessi sivuutetaan usein muutamalla lauseella. Myöskään työkirjat eivät tue oppilaan omaa päättelyä tai ongelmanratkaisua. Tehtävät eivät kannusta biologisen ajattelun syventämiseen tai soveltamiseen vaan perustuvat pitkälti oppikirjan tekstin siirtämiseen työkirjan tyhjiin kohtiin (Mikkilä-Edmann 2002).

WSOY:n uudessa Luonnonkirja-sarjassa tuodaan paremmin esiin ekologisen ymmärryksen suuria linjoja. Huonolaatuisia kirjoja käytetään kuitenkin yhä, ja koulukohtaiset kirjauudistukset tapahtuvat hitaasti.

### 5.3 Termeistä johtuvat ongelmat

Yläluokkien ja lukion oppilaiden virheellisten käsitysten taustalla ovat usein käsitesekaannukset, jotka johtuvat tiedon sirpalemaisesta oppimisesta (Kaunismaa & Äikäs 1998, Jeronen 2005b). Ongelmia syntyy, kun oletetaan, että oppijat hallitsevat ja muistavat aikaisemmillä luokilla tai kursseilla opitut käsitteet ja asiat. Näin ei välttämättä kuitenkaan ole. Oppijat ovat saattaneet kyllä oppia ne, mutta ovat sitten ne unohtaneet – tai ovat oppineet termit vain pinnallisesti ilman, että ovat ymmärtäneet oppimaansa. Voi olla myös niin, etteivät he ole oppineet niitä lainkaan. Oli syy mikä tahansa, oppijoille ei ole muodostunut kokonaiskuvaa, jonka varaan rakentaa uutta tietoa. Pelkkä biologisen oppiaineksen jäsentäminen sellaisenaan ei riitä, vaan uudet tiedot on sidottava oppijan aikaisempiin tietoihin (Jeronen 2005b).

Tutkimuksissa on todettu, että liiallinen termistön käyttö ei edistä oppimista vaan paremminkin vaikeuttaa sitä. Puutteellisesti määritellyt käsitteet ja käsitteiden ristiriitainen käyttö hidastavat ja vaikeuttavat myöhempää oppimista (Majamaa & Ollila 1998). Arkitiedon ja tieteellisen tiedon välisen ristiriitaisuuden kulmakiveksi on monesti esitetty oppilaiden omaksumien käsitysten ja käytössä olevien käsitteiden puutteelliset tai jopa virheelliset sisällöt ja käsitteiden väliset suhteet (Havu-Nuutinen 2005). Termien tulisi toimia oppimisen välineenä, ei itsetarkoituksena. Termejä täytyy kuitenkin sisällyttää opetukseen, sillä niillä on tärkeä merkitys yhteisen "tieteellisen kielen" toimivuudessa – termien avulla voidaan asioista keskustella yhteisillä nimillä.

Opettajan on syytä välttää liiallista termien esilletuontia ja käyttää ainoastaan kaikkein oleellisimpia käsitteitä. Tarvittavien käsitteiden valinnassa on käytettävä harkintaa, ja lisäksi on huomioitava, että myös tieteen kentällä on termeissä epätarkkuuksia (Sander ym. 2006).

### 5.4 Käsitteellisen muutoksen ongelma

Käsitteellisen muutoksen ongelmaksi voidaan kutsua sitä, että oppiminen ei johda olennaisiin muutoksiin niissä käsitteissä, joiden varassa yksilö hahmottaa asioita tai ymmärtää ja selittää maailmaa. Toisin sanoen käsitykset, joiden varassa yksilö hahmottaa



maailmaa, eivät muutu oppimisprosessin seurauksena, vaan hän ainoastaan omaksuu uusia yksittäisiä tosiseikkoja tai ratkaisumalleja. Koulun ja oppimisen kannalta kysymyksessä on luonnollisesti huolestuttava ilmiö: vuosikausien ponnistuksista huolimatta opiskelijat eivät opi tai saavuta opiskeltujen tiedonalojen käsitteellistä ymmärrystä (Hakkarainen ym 2000).

### 5.5 Luonnontieteiden hajanaisuudesta johtuvat ongelmat

Biologia tieteenä on jakautunut osa-alueisiin, kuten molekyylibiologia, ekologia ja fysiologia, jotka kysyvät eri kysymyksiä ja muodostavat erilaisia teorioita (Lin & Hu 2003). Tämän lisäksi biologia on erotettu oppiaineena muista luonnontieteistä, kuten fysiikasta ja kemiasta. Jako näkyy niin oppikirjoissa kuin opetuksessakin. Kaikki tämä on esteenä kokonaisvaltaisen biologisen ymmärryksen kehittymiselle (Barak ym. 1999, Lin & Hu 2003). Esimerkiksi elottoman ja elollisen luonnon yhteyttä on vaikea ymmärtää ilman kemian soveltamista biologian opiskeluun (Barak ym. 1999).

Biologian eri osa-alueiden yhdistäminen ja biologian liittäminen muihin luonnontieteisiin tuottavat oppilaille huomattavia vaikeuksia. Oppiaineiden soveltaminen ja käyttäminen muiden aineiden oppitunneilla vaatii oppilaalta filosofista ja korkeaa abstraktia ajattelua eikä onnistu ilman opettajalta tulevaa ohjausta (Barak ym. 1999).

Ratkaisuksi on ehdotettu eri oppiaineiden parempaa integroimista (Lin & Hu 2003). Aineryhmärajojen ylittäminen on helpompaa alakoulussa, jolloin sama opettaja opettaa kaikkia aineita. Sen sijaan yläkoulussa jokaisella aineella on eri opettajat ja heillä omat lukujärjestyksensä ja aikataulunsa. Tällöin opetuksen integroiminen on paljon haasteellisempaa.

### 5.6 Motivaatiosta johtuvat ongelmat

Yksi oleellinen seikka luonnontieteiden – kuten minkä tahansa muunkin aineen – opiskelussa on motivaatio. Ausubelin teorian mukaan kolmen asian täytyy toteutua, jotta merkityksellistä oppimista voi tapahtua: 1) opiskeltavan asian tulee olla oppijalle jollain tavalla merkityksellinen, 2) oppijalla täytyy olla jonkinlaisia alustavia mielikuvia opiskeltavasta aihepiiristä ja 3) oppijan täytyy olla halukas oppimaan (Helldén 2004).

Tutkimuksen mukaan oppilaita kiinnostavat biologian osa-alueista eniten ihmiseen liittyvät aiheet, kuten ihmisen biologia, terveys ja hyvinvointi. Ympäristöongelmat ja niitä koskevat haasteet kiinnostavat oppilaita kaikkein vähiten (Lavonen ym. 2005). Tämä voi mielestämme olla viite siitä, että oppilaat kokevat ekologiset ilmiöt kaukaisiksi, oman elämänpiirinsä ulkopuolisiksi tekijöiksi.

Ongelmana luonnontieteiden kouluopetuksessa on jo pitkään ollut arkitiedon ja teoreettisen tiedon yhteensopimattomuus. Lapset elävät ikään kuin kahdessa eri maailmassa: toisaalta arkitiedon ja kokemusten maailmassa, toisaalta luonnontieteen opetuksen teoreettisessa maailmassa. Oppilaan näkökulmasta ongelmana on, että teoreettinen tieto ja tietämys kehittyvät eri tavoin ja eri kontekstissa kuin arkitietoon pohjautuvat käsitteet (Havu-Nuutinen 2005).

Oppilaat eivät osaa yhdistää koulussa opittua tieteellistä tietoa "ulkona olevan maailman" ilmiöihin ja tapahtumiin. Oppilaat ikään kuin opiskelevat koulua varten ja jättävät tietonsa kouluun. Ongelma on olemassa myös toisinpäin: opiskellessaan oppitunnilla luonnontieteellisiä ilmiöitä oppilaat keskittyvät ajattelemaan vain oppikirjan esimerkkiä eivätkä osaa laajentaa ajatteluaan sen ulkopuolelle (Hakkarainen ym. 2000). Mitä aikaisemmin oppilaat omaksuvat ajattelutavan, joka tukee luonnontieteellisen tiedon omaksumista, sitä pienemmäksi kuilu arkitiedon ja tieteellisen, teoreettisen tiedon välille muodostuu (Havu-Nuutinen 2005).

Yläkoulun oppilaiden opiskelu tuntuu tähtäävän vain kokeen läpäisyyn ja koulussa selviämiseen. Oppilaat eivät ajattele tietoa koko elämää varten opiskeltavana pääomana, vaan tavoitteena on ainoastaan tehtävistä ja kokeista suoriutuminen. Esimerkiksi yhdeksäsluokkalainen oppilasryhmä ihmetteli Metsävisan edellä, että kuinka he voisivat enää osata metsäasioita, nehän opiskeltiin vuosi sitten (Korkala 2007)!

### 5.7 Opetuksen solmukohdat

Systeemiajattelun mukaan oppilaan ymmärrys kehittyy asteittain, jolloin tiettyjen perusasioiden tulee olla selvillä, ennen kuin ajattelussa voidaan päästä pidemmälle

(Assaraf & Orion 2005). Myös Carlsson (2002b) esittää, että ekologinen ymmärrys voidaan nähdä kategorioiden hierarkiana. Hänen mukaansa avaimia korkeampien ymmärryksen tasojen saavuttamiseksi ovat ns. opetuksen solmukohtat (*critical aspects*). Mikäli oppija ei ymmärrä tiettyä aihekokonaisuuden kannalta oleellista asiaa, hän ei voi saavuttaa korkeampaa ymmärrystä aiheesta. Esimerkiksi aineen muodonmuutoksen (*transformation*) ymmärtäminen on ehdoton edellytys aineen kierron ymmärtämiselle (Carlsson 2002b).

Kun opettajalle selviää, että oppilas ei tavoita tiettyä aihealueen solmukohtaa, sen avaamiseen tulee keskittyä. Vasta, kun solmukohtat ovat oppilaille avautuneet, voi ilmetä uusia tapoja ajatella, eli oppimista voi tapahtua (Carlsson 2002b). Opettajalla on oleellinen rooli solmukohtien avaajana. Vygotskin proksimaalisen kehityksen vyöhyke -ajattelun mukaan oppilas voi tavoittaa yksin opiskellessaan vain tietyn tason, ja opettajan tehtävä on ohjata häntä kehittyneempään ajatteluun. Näin oppilas voi saavuttaa sellaisia oppimisen ja ymmärryksen tasoja, joihin hän ei yltäisi ilman ohjausta (Vygotski 1978).

## 5.8 Suppeat käsitykset

Aina ei välttämättä ole kyse väärinymmärryksistä, vaan oppilaan käsitykset voivat olla niin rajoittuneita, etteivät ne vastaa todellisuutta (Barak ym. 1999). Toisin sanoen oppilas tavoittaa ajattelussaan vain alimpia systeemiajattelun tasoja. Esimerkiksi fotosynteesin yhteydessä oppilas muistaa, että kasvi tuottaa sokeria ja vapauttaa happea, mutta itse prosessi ja sen merkitys eliöyhteisön kannalta jäävät epäselviksi. Suppeisiin käsityksiin johtaa myös se, etteivät oppilaat osaa liittää yhteen fotosynteesiä, hajotusta ja ravinnekiertoa (Barak ym. 1999). Systeemiajattelun mukaisen ymmärryksen edellytyksenä on hahmottaa paitsi yksittäiset prosessit, myös ennen kaikkea niiden väliset yhteydet ja dynaamiset vuorovaikutussuhteet.

Barak ym. (1999) esittävät, että aineellisuuteen perustuva kielenkäyttö opetuksessa on yksi rajoittuneisiin käsityksiin johtavista syistä. Se antaa biologiasta yksinkertaistetun kuvan sekä vaarantaa dynaamisen ajattelun ja biologian laajan ymmärtämisen (Barak ym. 1999). Myös opetuksen eriyttäminen voi osaltaan johtaa suppeisiin käsityksiin. Opettaja tekee tietoisia valintoja siitä, kuinka tarkasti hän esittää tietyn asian oppilaille tai

oppilasryhmälle, ja juuri nämä valinnat voivat johtaa oppilaiden rajoittuneisiin käsityksiin.

## 6. MILLAISIA ONGELMIA EKOLOGISESSA YMMÄRRYKSESSÄ ESIINTYY?

Olemme kartoittaneet, millaisia ymmärtämisen ongelmia tai puutteellisia käsityksiä oppilailla konkreettisesti esiintyy. Käymme tarkemmin läpi ravintoverkkoihin ja energian virtaukseen, fotosynteesiin sekä aineen kiertoon ja hajotukseen liittyviä käsityksiä. Esittelemme myös kolme laajempaa virheellistä ajattelumallia, jotka Sander ym. (2006) esittävät tutkimuksessaan. Nämä virheajattelumallit eivät koske vain yksittäisiä ilmiöitä, vaan kyseessä on ikään kuin vääränlainen tai rajoittunut näkökulma, joka ohjaa oppilaan ekologista ymmärrystä ja saa hänet lähestymään ekologisia ilmiöitä väärällä tavalla.

### 6.1 Kolme virheajattelumallia Sanderin ym. (2006) mukaan

Sander ym. (2006) esittävät tutkimuksessaan kolme virheajattelumallia koskien ekologista ymmärrystä: ”orientaatio kohti näkyvää”, ”elämän säilyminen” sekä ”yksisuuntaiset suhteet” (Sander ym. 2006).

#### *Orientaatio kohti näkyvää*

Oppilaat kiinnittävät huomiota luonnon ulkoisiin ja näkyviin piirteisiin. Määrittäessään esimerkiksi ekosysteemiä tai eliöyhteisöä he erottavat ne toisistaan koon perusteella; eliöyhteisö on pieni alue, ekosysteemi suuri. Yksi virhekäsitys on, että luonto on normaalitilassa jonkinlaisessa tasapainossa; sivustakatsojalle luonto esiintyy ikään kuin muuttumattomana ja pysyvänä. Todellisuudessa luonto on jatkuvassa muutoksessa, esimerkkinä voidaan ajatella sukkessiota ja maankohoamista. Aiemmin ekologiassa on käytetty virallisestikin topografisiin seikkoihin perustuvia eliöyhteisöjakoja. Nykynäkemyksen mukaan ravintoverkot ym. kuitenkin ylittävät maisemalliset eliöyhteisörajat (Sander ym. 2006).

#### *Elämän säilyminen*

Oppilas saattaa ajatella, että luonnossa vallitsevan ”tasapainon” tarkoitus on säilyttää elämää. Tasapainon menetystä ei ajatella muutoksena, vaan vaarana ja elämän tuhoutumisena. Oppilaat ajattelevat usein, että elämä säilyy muuttumattomana ilman ulkopuolisia vaikutteita. Luonnossa häiriötekijät ovat kuitenkin jatkuvia, esimerkiksi tuuli, aallot ja eläinten aktiivisuus. Nykyisin painotetaan yhä enemmän eliöyhteisöjen heterogeenisyyttä. Häiriöillä on suuri merkitys monimuotoisuuden kannalta, esimerkiksi Maan historiassa häiriöt eivät ole aiheuttaneet täydellistä katastrofia, vaan ne ovat mahdollistaneet nykyisten elämänmuotojen syntymisen (Sander ym. 2006).

#### *Yksisuuntaiset suhteet*

Oppilaalle syntyy helposti väärinkäsitys, että elottoman luonnon tekijät, kuten ilmasto, vaikuttavat eliöihin, mutta ei päinvastoin. Toisin sanoen, että eliöt ihmistä lukuunottamatta eivät itse vaikuta elinympäristöönsä, eivätkä elinolosuhteet muutu oleellisesti organismien toimiessa aktiivisesti alueella (Sander ym. 2006). Todellisuudessa esimerkiksi suksession katsotaan perustuvan mutualistiseen suhteeseen eliöiden ja niiden abioottisen ympäristön välillä. Hyvä esimerkki eliöiden vaikutuksesta elinympäristöönsä on myös Maan esihistoriassa alkanut kasvien yhteytystoiminta sekä sen vaikutus ilmakehään ja siten nykyisiin elinoloihin (Sander ym. 2006).

#### 6.2 Ongelmat ravintoverkkojen ja energian virtauksen ymmärtämisessä

Aine ja energia käsitteinä tuottavat oppilaille huomattavia vaikeuksia, ja oppilaat sekoittavat ne helposti keskenään. Tästä lähtökohdasta on vaikea edetä uuden asian oppimisessa; ravintoverkkojen toiminnan ymmärtäminen vaatii aine- ja energiakäsitteiden hallintaa. Jos uutta tietoa rakennetaan väärin ymmärrettyjen käsitteiden pohjalta, uudetkin aiheet tulevat väärin ymmärretyiksi.

Linin ja Hun (2003) mukaan on erotettavissa kolme biologista tasoa, joilla energian virtausta ja aineen kiertoa voidaan tarkastella. *Organismitasolla* energian virtaus ja aineen kierto voidaan kuvata ravintoverkon ja sen muodostavien osien (tuottajat, kuluttajat, hajottajat) avulla. *Solutasolla* energian virta ja aineen kierto ilmenevät fotosynteesissä ja soluhengityksessä. Lisäksi ilmiöitä voidaan tarkastella myös *molekyylitasolla*. Linin ja Hun

(2003) mukaan energian virtauksen ja aineen kierron integroitu ymmärrys vaatii kaikkien kolmen tason tarkastelua ja niiden välisten yhteyksien pohtimista. Vasta tällöin voidaan johdattaa oppilaat monimutkaisen systeemin ymmärtämiseen.

Tutkimusten perusteella (Carlsson 2003, Lin & Hu 2003) näyttää siltä, että organismitason ajattelu on parhaiten oppilaiden hallinnassa. Sen sijaan solu- ja varsinkin molekyyli-tason ymmärrys on puutteellista. Soluhengitys (*respiration*) sotketaan usein hengittämiseen (*breathing*). Soluhengityksen tuottaman energian synty-tapa ja "olemus" ovat epäselviä etenkin nuoremmille oppilaille (Lin & Hu 2003). Carlssonin (2003) mukaan ratkaisuna voisi olla molekyyli-tason ajattelutavan esittely oppilaille jo nuoremmassa iässä. Tämä estäisi tai ainakin vähentäisi väärinkäsitysten syntymistä (Carlsson 2003).

Ravintoketjuihin liittyvät termit vaativat erityishuomiota. Ravintoketjuja kuvaavat käsitteet ovat eritasoisia ja niiden ymmärtäminen vaatii eritasoista ajattelua. Konkreettisemmat käsitteet kuten peto ja kasvi muodostavat abstraktimman suhdejärjestelmän (ravintoketju), jonka ymmärtäminen vaatii peruskäsitteiden hyvää hallintaa (Kaunismaa ja Äikäs 1998). Osittain termeistä johtuen ravintoverkkoihin liittyy paljon virhekäsityksiä; oppilaat saattavat esimerkiksi ajatella petoa ja saalista yksilöinä, eivät populaatioina (Leach ym 1996a). Ravintoketju nähdään siis helposti yksinkertaisena syöjän ja syödyksi tulevan eliön välisenä suhteena (Leach ym. 1996, Majamaa & Ollila 1998).

Oppilaiden on helpompi ymmärtää syy-seuraussuhteita trofiatasolta ylöspäin kuin alaspäin. Heidän on helppo ymmärtää, että ensimmäisen asteen kuluttajien väheneminen johtaa petojen vähenemiseen niiden ravintotilanteen huonontuessa. Oppilaiden on huomattavasti vaikeampi huomata tuottajiin kohdistuvia seurauksia: niiden kasvuolosuhteet paranevat kuluttajien vähentyessä (Leach ym 1996a).

#### *Viisi tapaa ymmärtää energian virtaus*

Carlsson (2002b) esittää viisi erilaista tasoa energian virtauksen ymmärtämisessä. Carlssonin tutkimus koski opettajaopiskelijoita, jolloin tulokset kertovat siitä, millainen ekologinen ymmärrys on peruskoulu- ja lukio-opetuksen jälkeen. Carlsson (2002b) havaitsi, että osalla opiskelijoista ekologinen ymmärrys oli yhä heikolla tasolla. Mikäli

näin on yliopisto-opiskelijoiden kohdalla, todennäköisesti tilanne yläkoululaisten keskuudessa ei ole ainakaan parempi.

Osa opiskelijoista ajattelee, että kun energiaa käytetään, se *kulutetaan loppuun*. Kun energia on kulutettu, se on hävinnyt, eli energia ei muuta muotoaan. Opiskelijat tiedostavat kasvien auringonvalon tarpeen, mutta kasvien ajatellaan tarvitsevan sitä omiin sisäisiin tarpeisiinsa. Kasvien ajatellaan tarvitsevan auringonvaloa kuten ihmistenkin, ainoastaan voidakseen hyvin (Carlsson 2002b).

Hieman kehittyneemmässä ajattelumallissa opiskelijat ymmärtävät, että energia *muuttaa muotoaan*. Ajatusprosessi tai ymmärrys ei kuitenkaan mene tämän pidemmälle (Carlsson 2002b).

Seuraavalla ymmärtämisen tasolla ajatellaan, että energia on *rajallinen resurssi*, joka muuttaa muotoaan suljetussa systeemissä. Opiskelijat eivät havaitse energian tulosäteilyä tai lähtösäteilyä, eivätkä he huomaa yhteyttä auringonvalon ja ekosysteemin energian välillä (Carlsson 2002b).

Neljännellä ymmärtämisen tasolla opiskelija tietää, että auringonvalo on perusta organismien energiansaannille. Maa ymmärretään avoimena systeeminä, jonne virtaava *energia on peräisin Auringosta* – ekosysteemiin siis tulee tulosäteilyä ja siitä poistuu lähtösäteilyä (Carlsson 2002b).

Kehittyneimmällä ymmärryksen tasolla opiskelija ymmärtää energian virtauksen *suhteessa aikaan*. Energia voi tallentua ekosysteemiin tietyksi ajanjaksoksi, esim. fossiilisiin polttoaineisiin ja organismien kudoksiin (Carlsson 2002b).

Näistä esimerkeistä voidaan nähdä, että opiskelijoiden käsitykset eivät aina ole vääriä, vaikka ne voivat olla liian suppeita tieteellisesti ajatellen.

### 6.3 Ongelmat fotosynteesin ymmärtämisessä

Kuten edellä todettiin, oppilaiden on vaikea hahmottaa, mitä aine ja energia ovat. Ongelmallisia kohtia fotosynteesin ymmärtämisessä ovat erityisesti aineen muuttuminen toiseksi eli transformaatio (esim.  $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{sokeri}$ ) ja energian olomuodon muutos (säteilyenergian muuttuminen kemialliseksi energiaksi) (Carlsson 2002a).

Fotosynteesiin liittyvien mahdollisten virheajattelumallien kirjo on suuri. Oppilas saattaa esimerkiksi ajatella, että kasvit tarvitsevat auringonvaloa tullakseen vihreiksi, ja vihreys on siten vain terveyden merkki (Helldén 2004). Fotosynteesin merkitys on siis jäänyt ymmärtämättä. Fotosynteesi saatetaan myös ajatella kasvien käänteiseksi tavaksi hengittää; siinä, missä ihminen hengittää happea, kasvi hengittää hiilidioksidia (Leach ym 1996a). Fotosynteesin yhteydessä oppilaiden on vaikeaa käsittää, että kasvi rakentaa biomassansa näkymättömästä ilmakehän kaasusta (hiilidioksidista) käyttäen energiana auringonvaloa, eikä biomassassa ole peräisin jostakin "kiinteämmästä", kuten maaperästä (Leach ym 1996a). Multaa pidetään kasvien ruokana (Carlsson 2002a, Leach ym 1996a), ja näin ollen oppilas saattaa ajatella, että kasvit saavat kaiken tarvitsemansa, myös hapen tai "ilman", maaperästä (Helldén 2004).

Osa oppilaista käyttää fotosynteesin yhteydessä aineeseen liittyviä termejä kuten "yhdiste" tai "osa", sen sijaan prosessin dynaamista luonnetta ei juuri mainita. Oppilaat pitävät tärkeinä fotosynteesin lähtöaineita ja tuotteita, ei sitä, mitä prosessissa tapahtuu tai mikä on sen merkitys – eikä se heidän mielestään ole välttämättä edes oleellista. Prosessi on "musta laatikko" (Barak ym. 1999).

Soluhengityksen, fotosynteesin vastareaktion, ymmärtäminen tuottaa samoin vaikeuksia. Kun oppilaita pyydetään selvittämään, mistä ihmisruumis saa energiaa, vain osa oppilaista käyttää tässä yhteydessä prosessitermejä, kuten "vapauttaa" ja "hajottaa". Oppilaat tietävät, että eläimet tarvitsevat happea, mutta sen käyttötarkoitus jää epäselväksi. Erityisen vaikeaa oppilaiden on ymmärtää, että kasvitkin tarvitsevat happea elintoimintoihinsa. Ajatus kasveista pelkästään happea tuottavina eliöinä on syvään juurtunut (Barak ym. 1999, Carlsson 2002a). Fotosynteesi siis ymmärretään joten kuten, soluhengitystä – erityisesti kasveilla – ei ymmärretä juuri lainkaan, eikä varsinkaan näiden kahden välistä yhteyttä



(Lin & Hu 2003).

### *Neljä tapaa ymmärtää fotosynteesi*

Carlsson (2002a) kartoitti opiskelijoiden ymmärryksen tasoja koskien fotosynteesiä.

Yksinkertaisin tapa ymmärtää fotosynteesi sisältää käsityksen joidenkin aineiden tuottamisesta ja kuluttamisesta niin, että ne ovat toisistaan riippumattomia ilmiöitä (Carlsson, 2002b). Kasvit ottavat sisäänsä aineita ja vapauttavat toisia, ja nämä kaksi toimintoa *eivät ole riippuvaisia toisistaan*. Kasvi on ikään kuin ”musta laatikko”. Näin fotosynteesi nähdään aineiden sisään- ja ulosvirtauksena, jotka ovat toisistaan riippumattomia tapahtumia (Carlsson 2002a).

Toisessa ajattelumallissa ekosysteemi nähdään toimivana kokonaisuutena, jonka pohjan kasvit muodostavat. Tällöin on jo mukana *ymmärrys aineen muutoksesta*, eli että fotosynteesissä aineet muuttuvat toisiksi, uudet ominaisuudet omaaviksi yhdisteiksi (Carlsson 2002a).

Kolmannella tasolla opiskelija ymmärtää, että *kasvitkin hengittävät*, ja ne voidaan käsittää enemmän tai vähemmän omavaraisiksi organismeiksi. Samoin fotosynteesin ja soluhengityksen yhteys on ymmärretty, eli kasvien elintoiminnot on otettu huomioon (Carlsson 2002a).

Kehittyneimmässä tavassa ymmärtää fotosynteesi nähdään sen luovan järjestystä ja resursseja, eli ymmärretään *energian varastoituvan* atomien uuteen järjestykseen (Carlsson 2002a). Se sisältää myös ajatuksen prosessien epälineaarisuudesta eli *suhteesta aikaan*. Opiskelijat huomaavat, että aine ja energia voivat olla varastoituneina ja siten pois kierrosta tietyn ajanjakson ajan (Carlsson 2002 b).

Ratkaisevaksi ”vedenjakajaksi” näyttää muodostuvan aineen muodonmuutoksen ymmärtäminen – sen jälkeen on mahdollista viedä ajatusta huomattavasti eteenpäin (Carlsson 2002b). Jos opiskelija ymmärtää aineen olomuodon muutoksen yhteyden auringonvaloon, hän kykenee näkemään ekosysteemin kokonaisuutena. Opetuksen

haasteeksi muodostuukin tällaisten ”solmukohtien” (*critical aspects*) avaaminen oppilaalle (Carlsson 2002a).

Aineen kierron, fotosynteesin ja energian virtauksen ymmärryksen tasot vastaavat usein toisiaan paitsi yksilöillä, myös kollektiivisesti. Toisin sanoen, jos henkilöllä on yksinkertaistettu kuva fotosynteesistä, hänellä on sellainen kuva myös energian virtauksesta (Carlsson 2002b).

#### 6.4 Ongelmat hajotuksen ja aineen kierron ymmärtämisessä

Ekosysteemissä elollinen ja eloton luonto ovat tiiviisti yhteydessä toisiinsa fotosynteesin, soluhengityksen ja hajotuksen välityksellä. Oppilaat kuitenkin näkevät nämä kolme erillisinä ilmiöinä. Oppilaiden on helpompi ymmärtää elollista luontoa koskevia ilmiöitä kuin nähdä yhteyksiä elollisen ja elottoman luonnon välillä (Carlsson 2002a, Lin & Hu 2003). Aineen muodonmuutoksen ymmärtäminen muodostaa tärkeän linkin elollisen ja elottoman luonnon välisen yhteyden ymmärtämiseen (Carlsson 2002b). Koska aineen olomuodonmuutosta ei ymmärretä, käsitykset hajotusprosessista ja sen merkityksestä ekosysteemissä jäävät puutteellisiksi (Leach ym 1996a, Majamaa & Ollila 1998). Oppilas saattaa esimerkiksi ajatella, että kun aine on kerran käytetty, sitä ei voi käyttää uudelleen. Maaperään joutuessaan aineen ajatellaan saavuttaneen jonkinlaisen ”pääteaseman” (Carlsson 2002a,b) tai yksinkertaisesti hävinneen (Leach ym 1996a, Carlsson, B. 2002a,b). Todellisuudessa Maa on suljettu systeemi, eikä aine voi hävitä.

Oppilaat saattavat ajatella hajoamisprosessia ainoastaan fysikaalisista tekijöistä, kuten auringonvalosta tai muista sääolosuhteista riippuvana ilmiönä. He eivät välttämättä tiedosta hajottajaeliöiden merkitystä. Toisaalta oppilaat saattavat käyttää termejä, kuten "hajotus" tai "hajottaja", vaikka eivät täysin ymmärrä niiden merkitystä eivätkä siis käytä niitä tieteellisesti ja oikein (Leach ym 1996a).

#### *Viisi tapaa ymmärtää aineen kierto*

Carlsson (2002b) esittää yliopisto-opiskelijoiden viisi tapaa ymmärtää aineen kiertoa.

Yksinkertaisin ja puutteellisin tapa ajatella aineen kiertoa on, että joitakin aineita kulutetaan ja toisia tuotetaan, ja jälkimmäinen ei riipu edellisestä. Aine, riippumatta sen muodosta, *kestää vain rajoitetun ajan*, minkä jälkeen se häviää tai siitä tulee (kulutuksen jälkeen) jonkinlaista jätettä (Carlsson 2002b).

Toinen hyvin yksinkertainen tapa ajatella aineen kiertoa on, että ekosysteemissä osa aineesta häviää ja *vain osa voidaan muuttaa* joksikin muuksi (Carlsson 2002b).

Kolmannessa ajattelumallissa opiskelija jo ymmärtää, ainakin osittain, aineen kierron. Aineen kierto *tiedetään välttämättömäksi* ekosysteemin toiminnalle ja ymmärretään, että ekosysteemissä kaikki orgaaninen aines on mukana kierrossa (Carlsson 2002b).

Neljännessä ajattelumallissa aineen kierto nähdään *osana dynaamista systeemiä*, jolloin sitä säätelevät takaisinkytkennät (*feedback*). Viides, kaikkein pisimmälle viety tapa ajatella aineen kiertoa ottaa huomioon myös *ajallisen ulottuvuuden*. Opiskelija ymmärtää, että aine voi olla varastoituneena esimerkiksi eliön kudoksiin, jolloin se on hetkellisesti poissa kierrosta (Carlsson 2002b).

Opiskelijoiden käsitykset aineen kierrosta ja hajotuksesta voivat vaihdella suuresti. Opettajaksi opiskelevienkin ajatusmallit voivat olla vielä hyvin yksinkertaisia (Carlsson 2002a). On olemassa riski, että yliopistokoulutuksen jälkeen osalla valmistuvista opettajista ekologinen ymmärrys jää vajavaiseksi. Opettaja kuitenkin opettaa asian niin kuin on sen itse ymmärtänyt, oli se oikein tai väärin.

## 7. EHDOTUKSIA EKOLOGIAN OPETUKSEN PARANTAMISEKSI

### 7.1 Luonnontieteiden integroiminen

Biologia oppiaineena on sisäisesti hajanainen (Leach ym 1996a, Lin & Hu 2003). Sen lisäksi luonnontieteet on peruskoulussa erotettu toisistaan erillisiksi kokonaisuuksiksi. Maailma, jota luonnontieteillä pyritään kuvaamaan, ei kuitenkaan ole tällä tavoin jakautunut, ja siksi luonnontieteiden tulisikin pyrkiä integroitumaan ja tukemaan toisiaan

kouluopetuksessa. Opetuksen tulisi tähdätä siihen, että biologisten ilmiöiden yhteys muihin tieteisiin ja luonnonlakeihin (*scientific laws*) tulee ymmärretyksi (Barak ym. 1999). Biologian parempi integroiminen muihin luonnontieteisiin edistäisi systeemiajattelun mukaisen ymmärryksen kehittymistä.

## 7.2 Teorian ja luonnon lähentäminen

Ekologisia ilmiöitä kuvattaessa kyseessä ovat teoreettiset mallit; luonnossa ei voi nähdä energian virtausta tai ravintoverkkoja. Mallit auttavat kuitenkin jäsentämään, ymmärtämään ja tulkitsemaan luontoa. Opetuksessa ekologiset mallit tulisi yhdistää oikeaan luontoon ja oikeisiin eliöihin. Elävän luonnon avulla opetusta voidaan konkretisoida ja havainnollistaa (Applegate 1993, van Matre 1998, Vilminko 2001). Tällöin on kuitenkin otettava huomioon myös eettiset näkökulmat ja luonnon kunnioitus (Meichtry 2005).

Oppilaita kiinnostavat heitä koskevat arkielämän tapahtumat ja siksi arkipäiväisiä ilmiöitä käytetään usein esimerkkeinä opetuksen elävöittämiseksi (Lin & Hu 2003, Lavonen 2005). Tutustuttaessa uuteen luonnontieteelliseen ilmiöön voidaan sitä lähestyä jonkin oppilaille tutun asian kautta. Tämä toimii hyvin motivaationa, mutta opiskelun edetessä pidemmälle arkipäiväistä lähestymistapaa olisi syytä välttää. Ihmiskeskeiset lähestymistavat voivat rajoittaa oppilaiden ajattelua ja estää heitä ymmärtämästä biologian fysikaalisia ja mikrotasolla tapahtuvia ilmiöitä. Tällöin arkiajattelu sotkeutuu tieteelliseen ajatteluun (Lin & Hu 2003).

## 8. OPETUSMETODEISTA

Työtapojen vaikutuksia itse oppimisprosessiin ja oppimisessa asetettujen tavoitteiden saavuttamiseen on tutkittu biologiassa vain vähän (Kärkkäinen 2004). Opetustyyllillä on kuitenkin nähty olevan mahdollisesti vaikutusta oppimistuloksiin (Lambert & Balderstone 2003). Mikään yksittäinen opetusmuoto tai työtapo ei sinänsä takaa oppimista, vaan kokonaisvaltaista oppimista tuetaan parhaiten vaihtelevien ja tarkoituksenmukaisten työtapojen avulla. Monipuolisia työtapoja suositellaan käytettäväksi oppijoiden erilaisten oppimisstrategioiden vuoksi sekä viihtyvyyden, vireyden ja aktiivisuuden ylläpitämiseksi

opetus–opiskelu–oppimisprosessissa. Eri työtapoja käyttämällä varmistetaan oppimistavoitteiden saavuttaminen (Palmberg 2005b).

Kun opettaja käyttää uutta opetusmetodia oppilasryhmien kanssa, oppimistulokset paranevat parhaimmillaan kerta kerralta. Tämä johtuu siitä, että opettaja ymmärtää paremmin opetusmetodin sisällön ja tavoitteet. Tietyn opetusmetodin toimivuutta ei siis kannata arvioida yhden tai kahden opetuskerran perusteella (Andersson & Wallin 2006).

Opettajajohtoisen opetuksen vaikutuksesta oppimistuloksiin on ristiriitaisia tuloksia. Perinteistä esittävää opetusta moititaan usein pintapuolisuudesta oppijoiden passiivisen roolin takia (Hakkarainen ym. 2000, Palmberg 2005b), eikä sitä suositella työmuodoksi myöskään opetussuunnitelmassa (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004). Parempi vaihtoehto on kyselevä opetus, jolloin opettaja johdattaa oppilaita omiin hypoteeseihin, oivalluksiin ja keskusteluun. Opetuksen yksi keskeinen tehtävä on auttaa oppijaa tulemaan tietoiseksi omasta ajattelustaan ja toiminnastaan (Rubinstein 1968). Tämä toteutuu kyselevässä opetuksessa, sillä tulemme tietoisiksi omista ajattelumalleistamme, kun vertaamme niitä toisten ihmisten näkemyksiin (Carlsson 2002b). Kyselevän opetuksen vaarana on väärin vastausten muistiin jääminen ja siitä seuraavat väärinkäsitykset. Kyselevän opetuksen avulla opettajalla on kuitenkin mahdollisuus selvittää oppilaiden ajattelun ja johtopäätösten taustaa. Esimerkiksi väärinkäsitysten taustoista voidaan saada arvokasta tietoa tekemällä lisäkysymyksiä ja pyytämällä oppijaa selittämään, miksi hän ajattelee kyseisellä tavalla (Palmberg 2005b). Jo omaksuttujen virheellisten käsitysten ja väärinymmärrysten muuttaminen onnistuu parhaiten välittömän palautteen avulla (Jeronen 2005b).

Biologisen tiedon ja tieteen vahvan kokeellisen perustan tulee näkyä myös kouluopetuksessa. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa (2004) todetaan, että oppijoiden tulisi opiskella asioita reaalitieteissä pitkälti omatoimisesti työskennellen joko luokassa tai luokan ulkopuolella (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004). Tämän oppimistyylin on todettu tukevan parhaiten systeemiajattelun kehittymistä (Assaraf & Orion 2005). Tutkivassa oppimisessa oppijan tulee itse rakentaa tietonsa opittavasta asiasta, toisin sanoen oppijan tulee ymmärtää asia. Tutkimusta tehdessä mahdollisesti hämäräksi jääneet käsitteet joudutaan selvittämään perinpohjaisesti, ja näin käsitteet

alkavat sisäistyä. Biologiassa on runsaasti käsitteitä, joita saattaa olla vaikea ymmärtää ja sisäistää ilman konkreettista tutkimusta. Tutkiva oppiminen tarjoaa mahdollisuuden niin vaikeasti hallittavien ilmiöiden kuin myös niitä koskevien termien opiskeluun. Lisäksi oppilaat saavat kosketuksen tieteellisen, kokeellisen tutkimuksen tekemiseen ja sen vaatimukseen (Yli-Panula 2005). Tutkiva oppiminen luo puitteet oppijan omien skeemojen eli oppimislinkkien rakentelulle ja todelliselle oppimiselle. Biologiassa se on avain hierarkkisten tietojen kokoamiselle (Yli-Panula 2005).

## 9. TEHTÄVÄT

### 9.1 Yleistä tehtävistä

Yläkoulun oppilailla on todettu olevan vaikeuksia ymmärtää ekologisia ilmiöitä, minkä vuoksi pohdimme, kuinka opetusta olisi mahdollista parantaa. Kokosimme työhömmme yläkouluun sopivia tehtäviä, joilla ekosysteemin toimintaa voidaan paremmin hahmottaa. Tehtäviä valitessamme kiinnitimme huomiota niihin asioihin, joissa väärinymmärryksiä esiintyi paljon ja tieto oli puutteellisinta. Mukana on kaksi tehtävää, joista toinen keskittyy erityisesti fotosynteesi- ja toinen hajotusprosessiin, koska näissä ilmiöissä havaittiin esiintyvän paljon ymmärtämisen ongelmia. Mielestämme suurimmaksi ongelmaksi osoittautui, että oppilaiden käsitys ekologisista ilmiöistä jää kaiken kaikkiaan hajanaiseksi. Opetuksessa jää muodostumatta systeemiajattelun mukainen kokonaiskuva ekosysteemin toiminnasta. Assarafin ja Orionin (2005) mukaan systeemiajattelun mukaiseen ymmärrykseen päästään parhaiten opittujen asioiden integroimista edistävillä tehtävillä. Tämän vuoksi suurin osa esittämistämme tehtävistä on kokoavia, jolloin yksittäisen ekologisen ilmiön sijasta pyritään hahmottamaan ekologisten prosessien yhteyksiä. Useat tehtävät soveltuvat kertaaviksi tehtäviksi opintojakson loppupuolelle, jolloin ekologiset perusilmiöt ovat jo tuttuja.

Mikä ja millainen -kysymysten sijaan tehtävien yhteydessä esitetään miksi ja miten -kysymyksiä. Luonnon kuvailu on tapa tutustuttaa oppilaita luontoon, mutta ainoastaan miksi ja miten -kysymykset johdattavat syvempään ymmärtämiseen (Abrams 2001). Koska liiallisen termien käytön on nähty vaikeuttavan oppimista (Majamaa & Ollila 1998), turhaa

terminologiaa pyritään välttämään. Sen sijaan paino on keskeisten termien ymmärtämisellä.

Tutkivan oppimisen on todettu olevan paras tapa johdattaa oppilaita systeemiajattelun mukaiseen laajempaan ymmärrykseen (Assaraf & Orion 2005). Siksi tehtävissä painopiste on itse tekemisellä, kokeilemisella ja omalla pohdinnalla enemmän kuin valmiin tiedon omaksumisella. Pyrkimyksenä on myös käyttää erilaisia työmuotoja tukemaan erilaisia oppimistyyplejä.

Useissa lähteissä esitetään, että opetusta tulisi havainnollistaa ja konkretisoida luonnon avulla, siirtämällä opetusta mahdollisuuksien mukaan ulos luokkahuoneesta (Applegate 1993, van Matre 1998, Vilminko 2001). Ympäristö- ja maakasvatusta käsittelevissä teoksissa (Cornell 1979,1980, van Matre 1998, Cantell 2004) esitetään runsaasti luontoon sijoittuvia tehtäviä, joissa asetetaan sekä tiedollisia että affektiivisiä tavoitteita. Mielestämme kirjoissa painottuu voimakkaasti luontokokemusten affektiivisuus tehtävien tiedollisen annin jäädessä melko kevyeksi. Affektiivisuus on toki merkittävässä roolissa biologian opetuksessa, mutta tehtävissämme keskitymme tiedollisiin tavoitteisiin. Luonnossa tapahtuva opetus on järjestettävä niin, että myös tiedolliset tavoitteet toteutuvat, sillä ainoastaan luonnon tarkastelu ja luonnossa retkeily eivät saa oppilaita havaitsemaan ekologisia ilmiöitä.

Tehtäviä ei ole tarkoitettu toteutettavaksi esitetyssä järjestyksessä, eivätkä ne ole yksistään riittäviä kattamaan opetettavia aihepiirejä. Ne ovat esimerkkejä siitä, millaisten tehtävien avulla ekologisia ilmiöitä voidaan lähestyä ja opetusta parantaa.

## 9.2 Havainnointitehtävät

Havainnointitehtävillä pyritään ekologisen tiedon ja luonnon lähentämiseen. Luonnossa tapahtuva opetus tuottaa omakohtaisia havaintoja, kokemuksia ja elämyksiä, jotka auttavat oppilasta oppimaan (Vilminko 2001). Saatu oppimistulos voi tämältyyppisissä tehtävissä olla monella oppilaalla erilainen, mutta silti oikea (Pitkänen 2001).

### 9.2.1 Luonnossa on energiaa

Oppilaiden on vaikea ymmärtää energian muodonmuutosta, minkä vuoksi energian virtausta ekosysteemissä on vaikea hahmottaa (Carlsson 2002a,b, Lin & Hu 2003). Luonnossa on energiaa -tehtävällä pyritään siihen, että oppilas hahmottaisi energian sitoutumisen, muodonmuutokset ja virtauksen ekosysteemin läpi jossain tietyssä ympäristössä (Pitkänen 2001). Tehtävässä tulevat esille käsitteet ekosysteemi, energia, yhteyttäminen, tuottaja, kuluttaja ja ravintoketju. Oppilas pääsee yhdistämään luokassa opittua teoreettista tietoa luonnon ja ympäristön tarkasteluun. Tehtävässä ei ole faktakysymyksiä, vaan kaikki ovat päättely- ja soveltamiskysymyksiä.

*Opettaja jakaa oppilaille monisteen, jonka kysymysten pohjalta tehtävä suoritetaan. Oppilaat etsivät luonnosta minkä tahansa esineen ja pohtivat, millä tavoin energia ilmenee löydöksessä. Tämän jälkeen oppilaat tuovat esineen kokoontumispaikkaan ja esittelevät löydöksensä vuorotellen. Oppilaat kertovat, miten energia ilmenee löydöksessä ja mistä siihen sitoutunut energia on peräisin ja onko energiasta hyötyä jollekin eliölle. Lisäksi oppilas kertoo energian muodonmuutoksista. Lopuksi käydään yhteistä keskustelua oppilaiden löydösten ja monisteen kysymysten pohjalta.*

*Kysymysmonisteen teksti voi olla esimerkiksi seuraavanlainen:*

*Luonnossa on energiaa lähes kaikkialla. Mieti, missä kaikessa energiaa on. Etsi luonnosta jotain, mikä mielestäsi sisältää energiaa. Tuo löydös mukana ja kerro sen sisältämästä energiasta muillekin.*

*Oppilas pohtii itsekseen näitä kysymyksiä:*

- *Miten energia ilmenee löydöksessäsi?*
- *Mistä löytämäsi energia on peräisin?*
- *Mitkä eläimet saavat energiaa löydöksestäsi?*
- *Muuttaako löytämäsi energia olomuotoaan? Jos muuttaa, miten se muuttuu?*
- *Onko tällä energialla ympäristövaikutuksia? Jos on, niin millaisia?*
- *Miksi valitsit tämän energiaa sisältävän löydöksen?*
- *Onko tästä löydöksestä mitään hyötyä vuosien kuluttua? Jos on, niin mitä hyötyä siitä on?*



*Ryhmässä pohdittavaksi:*

- *Mistä lähes kaikki energia on peräisin?*
- *Montako erilaista energiaa sisältävää löydöstä keräsitte yhdessä tästä ympäristöstä?*
- *Oliko niistä jokin sellainen, mitä et itse ajatellut lainkaan energiaksi tai energiaa sisältäväksi? Jos oli, niin mikä tai mitkä olivat sellaisia?*

*Jos oppilas tuo esimerkiksi puun lehden, siitä voidaan nostaa esille seuraavia asioita: Lehti on sitonut Auringon energiaa viherhiukkasissaan sokeriksi. Energia on edelleen kasvinsyöjien, vaikkapa toukkien, käytettävissä. Syksyllä, kun puun lehdet putoavat, sen energia on hajottajien käytettävissä. Lehden sisältämä kemiallinen energia (sokeri) voi muuttua kasvinsyöjässä lämmöksi tai vaikkapa liike-energiaksi. Tämä tapahtuu, kun kasvinsyöjän elimistössä sokeri "poltetaan" energiaksi soluhengityksessä. Lehden sisältämä aine ja energia ovat luonnon omia tuotteita, jolloin ne eivät aiheuta ympäristövaikutuksia. Oppilas voi perustella, miksi hän on valinnut tämän esineen, koska käytännössä mikä tahansa esine käy. Lehden sisältämä aine ei häviä, vaan jatkaa kiertokulkuaan luonnossa. Eliöt kuluttavat energiaa jatkuvasti, mutta sekin voi olla sitoutuneena toiseen eliöön vielä vuosienkin päästä (esimerkiksi rasvakudoksena). Lopuksi pohditaan, että lähes kaikki energia on peräisin Auringosta (voidaan mainita myös geoterminen lämpö).*

Tehtävä mukailee Pitkäsen (2001) esimerkkiä. Poistimme kysymyksiä, jotka liittyivät ihmiskunnan energiankulutukseen, koska emme nähneet niitä tarpeellisiksi tehtävän kannalta. Tehtävän toteutuspaikkaa on pohdittava sen mukaan, millaisiin esineisiin oppilaiden löydösten halutaan keskittyvän. Esimerkiksi koulun piha on ympäristö, josta oppilaat poimivat todennäköisesti melko paljon ihmisen muovaamia esineitä. Ihmistoiminnasta peräisin olevien esineiden energian pohtiminen tuo opetukseen ympäristökasvatuksellisen näkökulman. Mikäli energiaa halutaan pohtia erityisesti osana luonnon ekosysteemiä, olisi tehtävä syytä toteuttaa jossakin luonnollisemmassa ympäristössä, kuten metsässä.

Tehtävä voidaan toteuttaa, kun energian peruskäsitteet on käyty opetuksessa läpi, tai sitä

voidaan käyttää johdantona energiäkäsitteen ja ekosysteemin energian opiskeluun.

### 9.2.2 Kaikki riippuu kaikesta

Tehtävässä sovelletaan ja syvennetään luokkahuoneessa saatua teoreettista tietoa tarkkailemalla luonnon oikeita ekosysteemejä. Tehtävässä tarkastellaan ekosysteemin elollista ja elotonta osaa ja niissä toimivia vuorovaikutussuhteita. Etenkin elottoman luonnon vuorovaikutussuhteiden havaitseminen tuottaa oppilaille vaikeuksia (Pitkänen 2001). Tehtävällä voidaan nostaa luonnosta esille asioita, joita pelkällä retkeilyllä ei saavutettaisi.

*Tehtävä voidaan toteuttaa vaikkapa metsässä, niityllä tai vesistön rannalla. Luokassa saadun opetuksen perusteella tutustutaan ekosysteemin elolliseen ja elottomaan osaan ja niiden välisiin vuorovaikutussuhteisiin. Opettajan on syytä hieman avata oppilaille, mitä näillä vuorovaikutussuhteilla tarkoitetaan.*

*Opettaja jakaa oppilaille tehtävämonisteen, jossa esitettyihin kysymyksiin oppilaat vastaavat. Moniste voi olla esimerkiksi seuraavanlainen:*

*Etsi esimerkkejä seuraavista elollisen ja elottoman luonnon riippuvuus- ja vuorovaikutussuhteista. Etsi luonnosta esimerkkejä näistä suhteista kahden elollisen (kasvi/eläin) välillä, kahden elottoman luonnonosan (ilma/vesi/maa-aines) välillä sekä elollisen että elottoman luonnon välillä.*

*Kahden elävän organismin (eliön) väliset suhteet:*

- 1. Eläimen ja kasvin välisestä suhteesta*
- 2. Kahden eri kasvilajin välisestä suhteesta*
- 3. Kahden eri eläinlajin väliset suhteet*

*Kahden elottoman luonnonosan suhteet*

- 1. Ilman ja veden välinen suhde*

- 2. Ilman ja maa-aineksen suhde*
- 3. Veden ja maa-aineksen välinen suhde*

*Elävän ja elottoman luonnon väliset suhteet*

- 1. Kasvin ja maa-aineksen välinen suhde*
- 2. Kasvin ja veden välinen suhde*
- 3. Kasvin ja ilman välinen suhde*
- 4. Eläimen ja maa-aineksen välinen suhde*
- 5. Eläimen ja ilman välinen suhde*
- 6. Eläimen ja veden välinen suhde*

*Oppilaiden löydöksistä keskustellaan yhteisesti, ja kaikki edellä mainitut kohdat käydään läpi. Jos oppilaat eivät ole keksineet esimerkkiä johonkin kohtaan, sellainen mietitään yhdessä. Opettaja johtaa keskustelua tehden lisäyksiä ja jatkokysymyksiä.*

*Jatkokysymyksiä oppilaiden kanssa pohdittavaksi:*

- 1. Löysitkö elävän ja elottoman luonnon osia, jotka eivät ole tekemisissä keskenään?*
- 2. Mitä tapahtuisi, jos jokin osa, vaikkapa kasvit, häviäisivät?*
- 3. Mistä luetelluista ekosysteemin osista olet itse riippuvainen?*

*Esimerkiksi elävän ja elottoman luonnon suhteesta voidaan pohtia seuraavaa: Kasvi saa maasta vettä ja ravinteita, sekä kasvualustan. Kasvin juuret muokkaavat maata ja kasvi muuttaa maaperän kemiallista koostumusta paitsi eläessään, myös kuoltuaan (hajotus). Kasvi tarvitsee vettä elintoimintoihinsa, mm. yhteytykseen ja solujen tukemiseen. Ylimääräisen veden kasvi haihduttaa pois, jolloin vesihöyryä vapautuu ilmakehään. Ilmasta kasvi ottaa hiilidioksidia, jota se käyttää yhteyttämiseen ja uuden kasvisolukon rakennusaineena. Eläin saa ravintoaineita maaperästä välillisesti kasvien kautta. Eläimen kuollessa se hajotetaan ja sen sisältämät ainesosat palautuvat maahan. Eläin ottaa ilmasta happea, jota se tarvitsee soluhengitykseen energian vapauttamiseksi. Reaktiossa syntyvän hiilidioksidin eläin hengittää ulos. Eläimistä suuri osa on vettä, ja vesi toimii soluissa liuottimena - kaikki solun kemialliset reaktiot tapahtuvat vesiympäristössä. Eläin juo vettä ja vapauttaa sitä pois virtsatessaan (sekä hieman uloshengityksessä).*

Tehtävä on muokattu Pitkäsen (2001) esittämän alkuperäisversion pohjalta. Poistimme tehtävän alusta kysymyksiä, jotka liittyivät lajinsisäiseen kilpailuun, koska tarkoitus on keskittyä tarkastelemaan lajien välisiä suhteita ekosysteemin toiminnan kannalta. Jatkokysymyksistä poistimme kysymyksiä, jotka vertasivat ekosysteemin toimintaa yhteiskunnan toimintaan. Esimerkiksi kysymykset "Toimivatko ihmiset mieluummin yhdessä vai kilpailevatko he keskenään?" ja "Miten riippuvainen olet omassa elämässäsi toisista ihmisistä?" ovat mielestämme tämän tehtävän yhteydessä irrelevantteja. Ihmiskeskeisten kysymysten esittäminen voi harhauttaa oppilaiden ajattelua ja viedä huomion keskeisimmistä asioista. Jatkokysymyksiin toimme kysymyksiä, jotka olisi mielestämme hyvä ottaa esille.

### 9.3 Pedagoginen draama

Pedagogisen draaman etuna on sosiaalisuus ja oppilaiden aktivointi. Pedagogisessa draamassa käytetään mielikuvitusta, joka on edellytys abstraktin ajattelun kehittymiselle (Carlsson 2003). Sen avulla voidaan konkretisoida ja selventää abstrakteja luonnon ilmiöitä. Leikeissä tiedon taso voi olla yksinkertaisimmillaan pelkkä tiedon toteaminen, mutta parhaimmillaan se voi johtaa asian ymmärtämiseen keskustelujen ja päättelyn kautta (Palmberg 2005c). Pedagogisissa peleissä ja leikeissä on vaara, että oppilaille muodostuu opiskeltavasta asiasta vääriä käsityksiä. Siksi keskusteleminen, niin pelin aikana kuin sen jälkeenkin, on ensiarvoisen tärkeää (Carlsson 2003).

Pedagogisessa draamassa on riskinä eliöiden liiallinen inhimillistäminen eli antropomorfisointi. Antropomorfisointi antaa eliöistä vääristyneen kuvan, eliöt nähdään esimerkiksi inhimillisinä tai kaavamaisina, mikä ei ole suotavaa (Vilka 1993). Eliön inhimillistämisen sijaan oppilaan tulisi mielestämme yrittää asettua eliön asemaan ja ajatella sen tarpeita ja intressejä eliön itsensä näkökulmasta.

#### 9.3.1 Ravintoverkkoleikki

Ravintoverkot ovat yksi ekologian opetuksen keskeisistä teemoista. Niihin liittyvät niin

aineiden kierto, energian virtaus kuin myös eri lajien keskinäiset suhteet. Ravintoverkkojen yhteydessä voidaan käsitellä kaikkia näitä ilmiöitä ja niiden vuorovaikutussuhteita.

Oppilaiden on vaikea ymmärtää, kuinka ravintoverkko muodostuu eliölajien välisistä monimutkaisista suhteista (Leach ym 1996a, Lin & Hu 2003). Ravintoverkkokoleikissa pyritään selventämään eliöiden vuorovaikutussuhteita ja konkretisoimaan ravintoverkon toimintaa. Leikin avulla selvennetään oppilaille, kuinka aine ja energia sitovat ravintoverkoissa eliöt yhteen ja siirtyvät trofiatasolta toiselle. Perinteisesti ravintoverkkojen yhteydessä energian siirtyminen eliöstä toiseen kuvataan nuolella. Oppilaat sekoittavat kuitenkin helposti nuolen kulkusuunnan, eli tehtävissä he piirtävät sen kuvaamaan, mikä eliö käyttää ravinnokseen toisen eliön. (Esimerkiksi nuoli ketusta myyrään, koska kettu syö myyriä.) Todellisuudessa nuoli kuvaa energian siirtymistä ravintokohteesta syöjään.

*Opettaja ojentaa narunpään oppilaalle, joka edustaa tuottajaa eliöyhteisössä. Oppilas itse sanoo, tai ryhmässä mietitään, millaisia lajeja tuottajat ovat, ja mikä voisi toimia esimerkkilajina. Seuraavaksi naru ojennetaan toiselle oppilaalle, jonka tulee miettiä jokin 1. asteen kuluttaja. Seuraava oppilas valitsee jonkin 2. asteen kuluttajan. Näin edetään, kunnes päästään huippupetoon ja sitä kautta hajottajiin. Tämän jälkeen palataan jälleen tuottajiin. Jatketaan, kunnes kaikki leikkijät ovat päässeet mukaan pitämään narusta kiinni. Todetaan, että näin muodostuu ravintoverkko. Opettaja tarkentaa, että ravintoverkko-käsitteellä kuvataan ekologiassa sitä, miten aine ja energia siirtyvät ekosysteemissä eliöltä toiselle.*

*Seuraavaksi havainnollistetaan, miten johonkin lajiin kohdistuva häiriö vaikuttaa muihin eliöyhteisön eliöihin. Opettaja selvittää, että esimerkiksi tuottaja kärsii kevähallousta tänä vuonna (luonnollinen häiriö) tai että ilmansaasteet vaikuttavat tuottajakasviin (ihmisen aiheuttama häiriö). Kaikki kiristävät narun sopivan kireälle. Sitten esim. ”mustikka” joka on kärsinyt hallasta, nykäisee narusta. Heti, kun jokin muu ”eliö” tuntee nykäisyä, hän nykäisee myös narusta. Koska kaikki leikkijät ovat yhteydessä toisiinsa, jokainen tuntee nykäyksen, ja narun muodostama verkko alkaa elää. Näin huomataan, että häiriö missä tahansa systeemin osassa heijastuu koko systeemiin. Liike voi alkaa mistä eliöstä vain.*

*Leikin lopussa voidaan demonstroida jonkin lajin häviämistä verkosta. Esimerkiksi joku tuottajaa edustava oppilas otetaan piiristä pois, ja lanka katkaistaan hänen kohdaltaan. Keskustellaan, mitä tällöin tapahtuisi energian saannille häntä seuraavien eliöiden kohdalla.*

*Verkon merkityksestä keskustellaan koko leikin ajan, ja opetuskeskustelua jatketaan myös leikin jälkeen. On syytä nostaa esille seuraavanlaisia kysymyksiä:*

- Mikä ravintoverkossa on sellaista, joka konkreettisesti yhdistää eliöt toisiinsa?*
- Mistä kasvit saavat sen energian, joka ravintoverkon kautta jakaantuu muille eliöille?*
- Missä kohtaa ravintoverkkoa ihminen on (lajina)?*

Leikki on melko yksinkertainen ja erittäin helppo toteuttaa, mutta siitä huolimatta sillä voidaan havainnollistaa useita asioita. Leikkijät edustavat eliölajeja, eli tuottajia, kuluttajia ja hajottajia. Heidän väliinsä pingottuva lanka edustaa systeemin näkymätöntä osaa, energiaa, sekä näkyvää osaa, eli ainetta. Lanka, eli "energia ja aine", yhdistää leikkijät eli "eliöt" toisiinsa, ja muodostuu "ravintoverkko". Langasta vetämällä oppilaat huomaavat, kuinka lajit muodostavat vuorovaikutteisen kokonaisuuden.

Ravintoverkkoleikki on toteutettu mukailien Cornellin (1979) ja Käpylän (1997) esittämää leikkiä. Lisäsimme leikkiin pohdinnan siitä, kuinka eliölajin katoaminen vaikuttaisi ravintoverkon toimintaan. Halusimme myös nostaa esille kysymyksen ihmisen roolista ekosysteemissä, yhtenä eliölajeista, koska tämä näkökulma voi opetuksessa helposti unohtua. Alkuperäisessä leikissä eliölajeja yhdistäväksi tekijäksi esitettiin ainoastaan energia, vaikka leikin avulla voidaan käsitellä myös aineen siirtymistä eliöstä toiseen. Muokkasimme myös hieman leikin ohjeita sen toimivuuden parantamiseksi.

### 9.3.2 Molekyylileikki

Tämän leikin avulla konkretisoidaan aineen olomuodon muutosta eli transformaatiota. Tutkimusten mukaan oppilaat ovat selvillä fotosynteesin lähtöaineista ja lopputuotteista, mutta he eivät ymmärrä ajatusta atomien uudelleenjärjestäytymisestä (Barak ym. 1999, Carlsson 2002a). Tässä leikissä kemiassa opitut asiat yhdistyvät biologian opetukseen, jolloin fotosynteesiin liittyvät kemialliset reaktiot tulevat paremmin ymmärretyiksi. Lin,

Hu (2003) ja Carlsson (2003) ovat esittäneet, että oppiaineiden parempi yhdistäminen auttaisi oppilaita biologisten prosessien ymmärtämisessä.

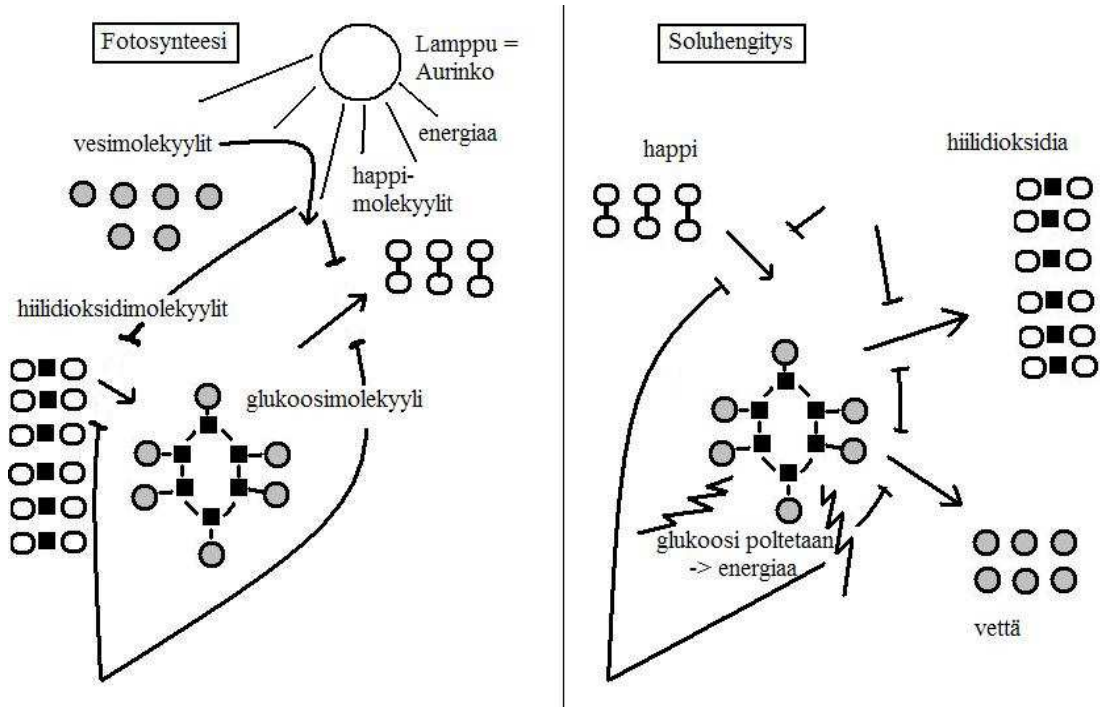
Fotosynteesi ja soluhengitys ilmiöinä on käsiteltävä jo ennen leikkiä ja niiden periaatteiden tulee olla oppilaille selvillä.

*Leikissä oppilaat edustavat fotosynteesin lähtöaineita ja lopputuotteita niin, että oppilaat edustavat reaktiossa mukana olevia atomeja ja molekyyliä. He siirtyvät molekyyleinä lehden sisään ja järjestäytyvät uudelleen niin, että syntyy sokerimolekyyli (glukoosi  $C_6H_{12}O_6$ ) (Käpylä & Wahlström 1994). Oppilaita tarvitaan leikkiin yhteensä 24: kuusi ”vesimolekyyliä”, kaksitoista ”happiatomia” ja kuusi ”hiiliatomia”. Luokkaan tai koulun pihalle rajataan jokin alue, joka esittää kasvin lehteä. Luokassa lehteä voi edustaa vaikkapa matto, ulkona lehden voi esimerkiksi piirtää hiekkaan. Sisätiloissa Aurinkoa voi edustaa kattolamppu.*

*Opettaja jakaa jokaiselle oppilaalle oman roolin. Oppilaat kirjoittavat roolinimensä paperiin ja kiinnittävät paperin rintaansa. Aluksi kaikki samaa ainetta olevat kokoontuvat omiin ryhmiinsä. Sitten muodostetaan hiilidioksidimolekyyli  $CO_2$  siten, että kukin hiiliatomi ottaa käsipuoleensa kaksi happiatomia. Syntyy kuusi kolmen oppilaan muodostamaa hiilidioksidimolekyyliä. Kaikki aineet menevät sovituille paikoilleen lehden ulkopuolelle: vesimolekyylit asettuvat ”maaperään” ja hiilidioksidit ”ilmarakojen” luokse. Opettaja ohjaa leikkiä. Vesi- ja hiilidioksidimolekyylit lähestyvät jonossa lehteä. Jokainen vesimolekyyli asettaa kädet hiiliatomin hartioille. Samalla hapet irtoavat hiilestä ja tarttuvat toisiaan kädestä muodostaen happimolekyylin ( $O_2$ ). Happimolekyylit ”haihtuvat” lehdestä ulos ilmaraon kautta. Hiilet tarttuvat toisistaan käsikynkkää muodostaen kuuden hiilen renkaan (kuva 2). Jokaisessa hiilessä on kiinni vesi, ja näin on syntynyt sokerimolekyyli, joka on hiilihydraattia ja koostuu hiilestä, hapesta ja vedystä. Auringon energia on nyt hiilten välisessä sidoksessa.*

*Haluttaessa voidaan havainnollistaa myös fotosynteesin vastareaktio, soluhengitys. Valmis sokerimolekyyli siirtyy viherhiukkasesta mitokondrioon, jota happimolekyylit lähestyvät parijonossa. Opettaja ohjaa leikkiä. Sokeri pilkotaan niin, että yksi hiili-vesi-yhdistelmä irtoaa renkaasta. Vesi irrottaa otteensa hiilestä ja happiatomit ottavat väliinsä tämän*

hiilen. Näin syntyy taas hiilidioksidia  $CO_2$  ja vettä  $H_2O$ . Kun kaikki hiilet ovat irronneet toisistaan, sokerin energia on käytetty.



Kuva 2. Molekyylileikissä oppilaat esittävät vesimolekyylejä sekä happi- ja hiiliatomeja. Fotosynteesissä oppilaat liikkuvat "lehteen" ja muodostavat sokerimolekyylin sekä happimolekyylejä, jotka "haihtuvat" lehdestä ulos. Leikillä voidaan demonstroida myös soluhengitystä eli glukoosin hajoamista.

*Leikki käydään ensin pari kertaa läpi hitaasti, ja opettajan johdolla kerrataan koko ajan, mitä tapahtuu. Vaihdetaan rooleja ja leikitään tilanne useaan kertaan. (Huom! Leikissä on yhteyttämisen idea yleistetty. Oikeasti ilmakehään vapautuva happi syntyy vettä hajottamalla, eikä hiilidioksidista, kuten tässä.)*

Molekyylileikki on toteutettu mukaillen Käpylän (1994), Carlssonin (2003) ja Holopaisen ym. (2005) esimerkkejä. Leikki konkretisoi hyvin oppilaille vaikeatajuista aineen transformatiota. Lisäksi leikissä käsitellään fotosynteesin ja soluhengityksen välistä yhteyttä, joka jää oppilailta usein huomaamatta. Leikissä ongelmana on, että oppilasryhmän koon ja hallittavuuden vuoksi osan oppilaista on esitettävä atomin sijaan molekyylillä. Tämän vuoksi molekyylin hajoamista ja atomien uudelleenjärjestäytymistä ei voida havainnollistaa täysin oikein. Opetustilanteessa tämä puute on mainittava, jolloin on



vaarana, että se sekoittaa oppilaiden ajattelua. Lisäksi vaarana on, että oppilaiden esittäessä atomeja huomio kiinnittyy "puuhasteluun", jolloin leikin tiedollinen tavoite jää toteutumatta.

### 9.3.3 Molekyylitehtävä

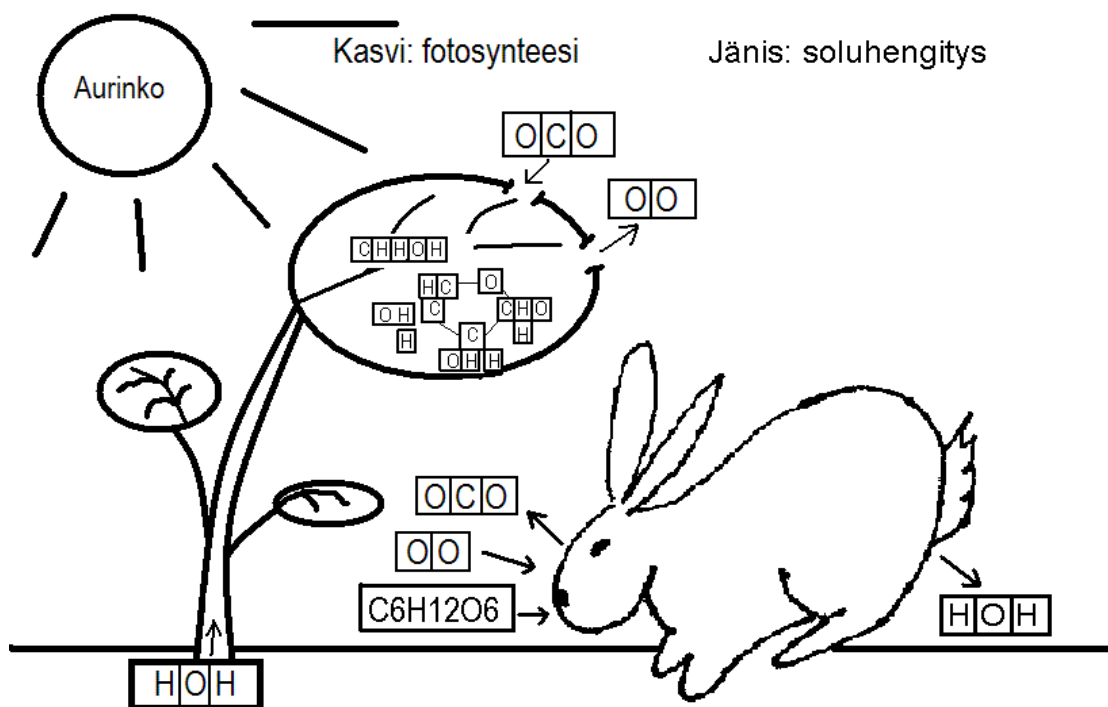
Kehitimme vaihtoehdoisen tehtävän pohtiessamme edellisen leikin ongelmakohtia. Tehtävä voidaan toteuttaa niin, että oppilaiden sijaan atomeja kuvaamaan käytetään esimerkiksi paperilappuja. Tällöin oppilaat rakentavat ryhmissä sokerimolekyylin sopivista "lähtöaineista". Näin pystytään käyttämään oikeaa atomimäärää ja oppilaat saavat tarkastella transformaatiota edelliseen leikkiin verrattuna ikään kuin ulkopuolelta, jolloin kokonaiskuva ehkä hahmottuu paremmin.

Tehtävässä on tavoitteena avata oppilaille erityisesti fotosynteesin ja soluhengityksen välistä yhteyttä sekä sitä, missä ja miten nämä reaktiot tapahtuvat. Transformaation hahmottaminen on oppilaille vaikeaa, ja siksi tällä tehtävällä pyritään sen konkretisoimiseen. Tehtävässä havainnollistuu oppilaille usein esitettävä sokerimolekyylin syntyä kuvaava kemiallinen kaava ( $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ), joka jää opetuksessa usein avaamatta. Tehtävässä läpikäydään, mistä kasvi saa fotosynteesissä tarvittavat molekyylit, kuinka ne hajotetaan sekä kuinka sokerimolekyylit muodostuu ja happea vapautuu.

*Tehtävässä kootaan posterit, jossa fotosynteesi ja soluhengitys yhdistyvät ja havainnollistuvat. Posterit kootaan pahville, jotka jaetaan oppilasryhmille. Opettaja avaa keskustelun pohtimalla luokan kanssa, mistä kaikki energia on peräisin. Vastauksen saatuaan opettaja piirtää taululle posterin rajat ja Auringon. Seuraavaksi keskustellaan, mihin Auringon energia maapallolla sitoutuu ja piirretään kuvaan kasvi. Lopuksi mietitään, miksi tämä on välttämätöntä. Mitä kasvin sitoma Auringon energia merkitsee kasville itselleen? Entä muille maapallon eliöille? Kuvaan piirretään lehteä syövä jänis. (kuva 3). Oppilaat jäljittelevät pahvilleen opettajan piirtämän kuvan. Opettajan on syytä johtaa piirtämistä tällä tavoin, jotta kuvasta tulee sellainen, että siihen myöhemmin mahtuu liimaamaan paperilapuista kootut molekyylit.*

*Kun oppilaat ovat piirtäneet posterit valmiiksi, opettaja jakaa oppilaille paperilaput, jotka edustavat fotosynteesissä tarvittavia alkuaineita. Lapuissa lukee atomin kemiallinen tunnus*

ja nimi. Laput voivat olla erivärisiä. Oppilaat kokoavat ryhmissä lapuista fotosynteesin lähtöaineet ( $\text{CO}_2$  ja  $\text{H}_2\text{O}$ ). Vesi- ja hiilidioksidimolekyylejä rakennetaan molempia seitsemän kappaletta. Näistä kuusi menee sokerimolekyylin rakentamiseen ja jäljelle jäävä liimataan posteriin. Vesimolekyylit liimataan kasvin juurelle ja hiilidioksidi lehden pinnalle pürrettävän ilmaraon viereen. Nuolilla osoitetaan molekyylien kulkusuunta (kuva 3). Opettaja näyttää oppilaille sokerimolekyylin kemiallisen kaavan esimerkiksi pürtoheittimellä. Mallista esimerkkiä ottaen oppilaat rakentavat kuudesta hiilidioksidi- ja kuudesta vesimolekyylistä sokerimolekyylin. Laput voi koota pelkäksi ryhmäksi kuvan mukaan niin, että sokerimolekyylit sisältää oikeat atomit. Jos asiaa halutaan viedä pidemmälle, lapuissa olevien atomien välille voidaan piirtää kemialliset sidokset. (Sidoksia pürrettäessä on syytä varmistaa kemian opettajalta, että atomien välisiä sidoksia on jo aiemmin käsitelty.) Lehdelle piirretään suuri viherhiukkanen, jonka sisään sokerimolekyylit liimataan. Sokerimolekyylit rakennettaessa ”ylitse jääneet” happimolekyylit liimataan lehden ulkopuolelle ja osoitetaan niiden suunta. Työtä tehtäessä opettaja ei tarjoa valmiita ratkaisuja vaan pyrkii kysymyksin ohjaamaan oppilaat itse pohtimaan asioita. Opettaja esittää kysymyksiä, kuten: Mitä tapahtuu sokerimolekyylit rakennettaessa ylijäävälle hapelle?



Kuva 3. Valmis posterit, jossa fotosynteesiin ja soluhengitykseen tarvittavat yhdisteet on asetettu paikoilleen.

*Kuvassa olevan jäniksen kanssa toimitaan samoin kuin kasvin. Soluhengityksessä vaadittavat molekyylit kootaan ja liimataan jäniksen nenän ja suun eteen. Nuolilla esitetään molekyylien kulkusuuntaa. Sokerimolekyylin hajoaminen esitetään jäniksen sisällä olevassa solussa. Tässä on hyvä painottaa vapautuvaa energiaa. Hajoamistuotteet liimataan jäniksen nenän eteen ja hännän alle, näidenkin suunta esitetään nuolella.*

*Kasvin ylle voi kirjoittaa otsikon "Auringosta sitoutuu energiaa: fotosynteesi" ja jäniksen ylle "Auringon energia vapautuu: soluhengitys".*

#### 9.4 Pähkinä-posterit

Posterit on kouluissa paljon käytetty työskentelymenetelmä. Parhaimmillaan posterin avulla voidaan kehittää monipuolisesti tiedonkäsittelytaitoja. Posterissa asia voidaan koota tiiviisti ja asioiden väliset yhteydet ovat helposti esitettävissä. Työtä arvioidessaan opettaja voi yhdellä silmäyksellä arvioida ajattelun tason (Käpylä 2007). Ryhmätyönä tapahtuva posterien teko ja esittäminen edistävät kommunikointitaitoja. Postereita on kuitenkin kritisoitu usein siitä, että niitä tehtäessä ajattelutyöskentelyn sijaan keskitytään pelkkään kopioimiseen. Posterit ovat koreita, mutta usein köyhiä sisällöltään. Lisäksi posterit sisältävät usein hyvin kaavamaisen esitystavan. Edelläkuvatut ongelmat ovat seurausta siitä, että posterien tehtävänannoista puuttuu ongelmalähtöisyys (Käpylä 2007). Tilannetta voitaisiin mielestämme korjata antamalla tehtävänannoksi soveltavia kysymyksiä.

*Pähkinä-posteri on periaatteeltaan samanlainen kuin perinteinen posterit. Tehtävänannoksi ei kuitenkaan anneta esimerkiksi tutustumista yksittäiseen eliölajiin vaan esitetään laajempi kysymys, johon vastataksaan oppilaiden on sovellettava ekologista ymmärrystään. Vastauksen kopioiminen suoraan oppikirjasta tai Internetistä ei siis ole mahdollista. Kysymykset voivat olla esimerkiksi seuraavanlaisia:*

*- Koivu ja ihminen ottavat aurinkoa. Mitä eroa on siinä, miten auringonsäteet niihin*

vaikuttavat?

- *Maailmassa ei pian enää riitä ruokaa kaikille ihmisille. Miksi kasvisruoan syömistä on esitetty ratkaisuksi tähän ns. nälkäongelmaan?*

- *Papin voi kuulla sanovan hautajaisissa: ”Maasta olet sinä tullut, maaksi pitää sinun jälleen tuleman.” Miten biologi tämän ymmärtäisi?*

- *Pohjoisella napamantereella jääkarhun uloshengityksessä vapautuu hiilidioksidimolekyylejä. Kahden vuoden kuluttua yksi hiiliatomeista on sijoittunut Pohjois-Norjassa asuvan ahman etutassun lihakseen. Selitä, miten hiiliatomin matka on kulkenut.*

*Työ toteutetaan pienehköissä, noin kolmen oppilaan ryhmissä. Posterin ei tarvitse olla totutun kaavan mukainen, vaan se voi olla esimerkiksi sarjakuvamuodossa. Kysymyksiin pyritään vastaamaan mahdollisimman tyhjentävästi. Opettaja vierailee ryhmissä seuraten ja ohjaten keskustelua. Lopuksi kysymykset esitetään koko luokalle, ja oppilaat saavat ryhmissä miettiä vastausta myös toisten kysymyksiin. Jokaisen kysymyksen jälkeen ”asiantuntijaryhmä” esittää työnsä tulokset.*

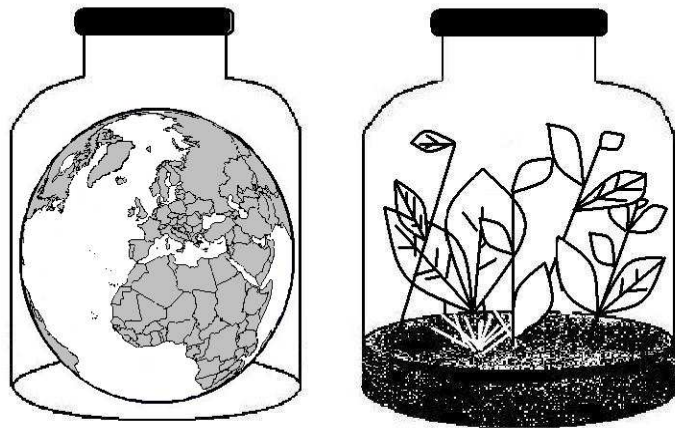
Mielestämme tällaiset tehtävänannot ohjaavat parhaimmillaan oppilaita omaan ajatteluun ja luovaan ongelmanratkaisuun. Työskentelyn ohjaaminen on opettajalle vaativampaa kuin perinteinen posterityöskentely, koska oppilaat tarvitsevat tukea ja keskustelun ohjaamista oikeaan suuntaan. Pähkinä-posteri soveltuu kokoavaksi tehtäväksi opiskelujakson loppuun, jolloin ekologiset perusilmiöt ovat oppilaiden hallussa.

#### 9.5 Miniekosysteemit ja mikrokosmokset

Monet ekologiset ilmiöt ja lainalaisuudet eivät aukea ilman kokeellista todentamista. Olemme valinneet kaksi yksinkertaista, mutta erittäin havainnollista biologista koetta ekologisten perusilmiöiden selventämiseksi. Samalla kokeet opettavat yleisiä tieteellisen tutkimisen ja havainnoinnin perusasioita ja ohjaavat loogiseen ongelmanratkaisuun sekä havaintojen kirjaamiseen (Haimi & Käpylä 2003).

Miniekosysteemillä tarkoitetaan pienikokoista keinotekoisesti rakennettua ekosysteemiä. Sellainen voidaan helposti rakentaa myös luokkahuoneessa vaikkapa lasipurkkiin. Miniekosysteemi on pienoismaailma, jossa kaikki ekologiset pääilmiöt toimivat itsenäisesti

ja jossa ekosysteemin toimintaa voidaan seurata (kuva 4). Se on yksinkertaisempi kuin luonnon ekosysteemi, mutta kuitenkin monimutkaisempi kuin vaikkapa terraario. Miniekosysteemi tai mikrokosmos on syytä rakentaa läpinäkyvään astiaan, jotta sen toimintaa voidaan kunnolla seurata (Haimi 2003). Miniekosysteemin ongelma on, että eliöyhteisö on luonnon otos luonnonyhteisöstä ja suppea todelliseen luontoon verrattuna. Koe on usein verrattain lyhytaikainen (Haimi 2003). Opettajan on syytä mainita nämä asiat kokeen yhteydessä samoin kuin se, että tietyt prosessit, kuten sukkessio sekä lähtö- ja tulomuutto, jäävät toteutumatta.



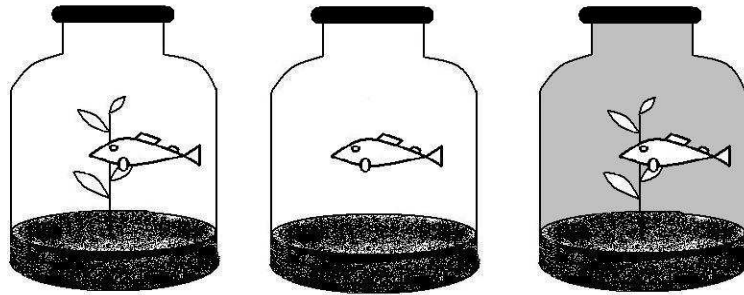
Kuva 4. Miniekosysteemi on pienoismaailma, jossa toimivat kaikki ekosysteemin perusilmiöt.

#### 9.5.1 Miniekosysteemi (Palmberg 2005d)

Energiäkäsite, energiavirrat ja aineiden kiertokulut sekä fotosynteesin ja soluhengityksen merkitys elämää ylläpitävinä prosesseina jäävät usein hyvin teoreettiselle tasolle opetuksessa (Palmberg 2005d). Siksi valitsimme tehtävän, joka perustuu tutkivaan oppimiseen ja ongelmanratkaisuun. Tehtävässä integroituu kätevästi useiden ekologisten ilmiöiden demonstroiminen sekä niiden välisten yhteyksien pohtiminen.

*Aluksi opettaja näyttää oppilaille kuvan kolmesta suljetusta pienekosysteemistä, jotka ovat hieman erilaisia (kuva 5). (On myös myös mahdollista rakentaa nämä erilaiset*

miniekosysteemit luokassa.) Ensimmäisessä ekosysteemissä on tiiviisti suljetussa lasipurkissa hiekkaa, vettä sekä kala. Toisessa on hiekkaa, vettä, kala sekä kasvi. Kolmannessa purkissa on hiekkaa, vettä, kala sekä kasvi, mutta purkkia pidetään pimeässä. Oppilaat pohtivat pienryhmissä, mitä kalalle tapahtuu eri purkeissa vaikkapa 1-2 päivän, viikon tai kuukauden aikana. Samaa pohditaan myös kasvin suhteen. Samalla tehdään vertailuja Maan aitoihin ekosysteemeihin.



Kuva 5. Esimerkin avulla pohditaan eri tekijöiden merkitystä ekosysteemissä.

Seuraavaksi oppilaat miettivät pienryhmissä, mitä elementtejä maaekosysteemin rakentamiseksi tarvitaan. Opettaja piirtää taululle tyhjän lasipurkin, ja jokainen ryhmä mainitsee ainakin yhden elementin sekä perustelee valintansa. Samalla keskustellaan eri osien, esimerkiksi veden tai vihreiden kasvien, merkityksestä. Kun kaikki tarvittavat osat ovat oppilaiden mielestä koossa, rakennetaan miniekosysteemi suureen lasipurkkiin. Sitä varten opettaja on varannut ainakin seuraavia tarvikkeita:

- lasipurkki ja kansi
- soraa
- multaa
- kasveja
- vettä
- pieniä eläimiä, kuten lieroja, etanoita jne.
- lamppu

Ennen purkin sulkemista oppilaat muodostavat hypoteeseja siitä, mitä purkissa tapahtuu

*sen jälkeen, kun se on suljettu. Oppilaiden kanssa pohditaan myös, mitä sisällä oleville kasveille ja eliöille merkitsee, että purkki on suljettu kannella. Mitä eroa on avoimella ja suljetulla purkilla? Miten lämpö ja valo vaikuttavat? Kuinka paljon vettä tarvitaan? Mikä on soran tehtävä?*

*Lasipurkki suljetaan, jolloin sen sisään syntyy pienoisekosysteemi. Ekosysteemiä havainnoidaan ja siinä tapahtuvia muutoksia kirjataan ylös. Purkkia punnitaan väliajoin, lisäksi seurataan lehtien lukumäärää, veden määrän ja olomuodon vaihtelua sekä hajotusprosesseja jne. Kaikista pohdinnoista ja päätelmistä tehdään tutkimuspäiväkirja.*

Miniekosysteemi on toteutettu mukailen Palmbergin (2005d) esimerkkiä. Miniekosysteemi on tehtävänä ideaalinen, koska sen avulla voidaan yhdistää ekologiset ilmiöt ja näin edistää systeemiajattelun kehittymistä. Systeemiajattelun eri tasot eivät kuitenkaan avaudu oppilaalle ainoastaan ekosysteemiä tarkkailemalla, vaan opettajan vastuulle jää niiden nostaminen esiin keskustelun avulla. Miniekosysteemin rakentaminen ja tarkastelu on hyvä esimerkki tutkivasta oppimisesta, jonka on todettu tukevan systeemiajattelun mukaisen ymmärryksen kehittymistä (Assaraf & Orion 2005).

#### 9.5.2 Lieromikrokosmos (Haimi 2003)

Hajotustoiminnan on todettu olevan erityisen heikosti ymmärretty ekologinen prosessi (Leach ym. 1996a). Lisäksi hajotustoimintaa on melko vaikea havainnoida luonnossa. Lieromikrokosmoksen tarkoitus on demonstroida lähemmin hajotusta ja hajottajaeliöiden, tässä tapauksessa lierojen, toimintaa. Mikrokosmos eroaa miniekosysteemistä siinä, että siitä puuttuvat elävät kasvit, eikä se siis sinällään edusta "kokonaista" ekosysteemiä.

*Lierokosmoksen rakentaminen alkaa hankkimalla kokeessa tarvittavat lierot sopivasta metsämaasta. Rajataan muutama 50-100 cm kokoinen maa-ala. Kastelukannuun tehdään liuos esimerkiksi formaliinista tai sinappijauheesta ja vedestä. Liuosta kaadetaan maa-aloille, jolloin lierot nousevat pintaan ja ne on helppo kerätä purkkeihin.*

*Haluttaessa voidaan kerätä kaikki koealalta nousevat lierot ja siten arvioida lierojen tiheyttä metsämaassa. Lieroja voidaan tarkastella suurennuslasilla luokassa ennen*

*mikrokosmukseen asettamista. Samassa yhteydessä on syytä pohtia myös elävien eläinten käyttämisen moraalisia näkökulmia.*

*Lierokosmos rakennetaan läpinäkyvään astiaan, vaikkapa vinyyliputkeen. Pohjaan tehdään verkoilla peitetyt reiät valumavedelle. Alimmaiseksi laitetaan hiekkaa muutaman senttimetrin paksuinen kerros, sen päälle eloperäinen eli multamaakerros. Maakerroksen päälle levitetään kariketta, joka sisältää eri puulajien lehtiä. Eloperäisen aineen ja karikkeen laatua voidaan muunnella, jos tehdään useita rinnakkaisia kokeita. Merkitään muistiin käytetyt puulajit ja lehtien määrä sekä paino. Lopuksi lisätään lierot, jotka myös on punnittu. Mikrokosoksen päälle asetetaan muovilevy, jossa on pumpulilla peitettyjä ilma-aukkoja. Yksi mikrokosmos rakennetaan vertailukosmoksiksi ja jätetään ilman lieroja.*

*Mikrokosmosta hoidetaan kastelemalla sitä viikoittain. Haihtumista voi seurata punnitsemalla mikrokosmokset säännöllisesti. Hajotustoiminta on verrattain hidasta, minkä vuoksi koeajan on hyvä olla 6–8 viikkoa.*

*Myös lierottoman kosmoksen kariketta punnitaan. Punnitustulosten jälkeen pohditaan, mistä sen massan väheneminen johtuu. Keskustelussa tuodaan esille mikrobien merkitys hajotustoiminnassa.*

*Kokeen alkaessa on asetettava tutkimuskysymyksiä, joihin kokeen edetessä pyritään vastaamaan. Niitä voivat olla esimerkiksi:*

*-Mikä on lierojen merkitys mikrokosmoksessa?*

*-Millaista ravintoa lierot käyttävät? (Onko eroja karikelaatujen hajoamisen välillä?)*

*-Millaisia muutoksia mikrokosmoksessa tapahtuu ajan kuluessa? (Tapahtuuko sekoittumista, muuttuuko massa, muuttuuko karikkeen laatu jne?)*

*-Millaisia merkkejä hajottajaeliöt (lierot) jättävät? (Syöntijäljet, karikkeen hajoaminen jne.)*

*-Mihin lehdet ovat hävinneet?*

*-Miksi lehdet ovat muuttuneet?*

*Kokeen lopussa mietitään yhdessä myös seuraavia kysymyksiä:*



- *Mitä muita hajottajaeliöitä luonnossa on lierojen lisäksi?*
- *Mikä muut tekijät vaikuttavat hajoamiseen hajottajaeliöiden lisäksi?*
- *Mikä on hajotusprosessin merkitys ekosysteemissä?*
- *Miten kasvit hyötyvät lierojen ja muiden hajottajaeliöiden toiminnasta?*
- *Mitä tapahtuisi, jos hajottajia ei olisi?*

Tehtävän on suunnitellut Haimi (2003). Alkuperäinen tehtävä oli osoitettu yliopisto-opiskelijoille, joten muokkasimme sitä hieman yläkouluun sopivammaksi. Tehtävän loppuun lisäsimme muutamia yleisluontoisia kysymyksiä, joiden esittäminen yläkoulussa on varmasti tarpeen.

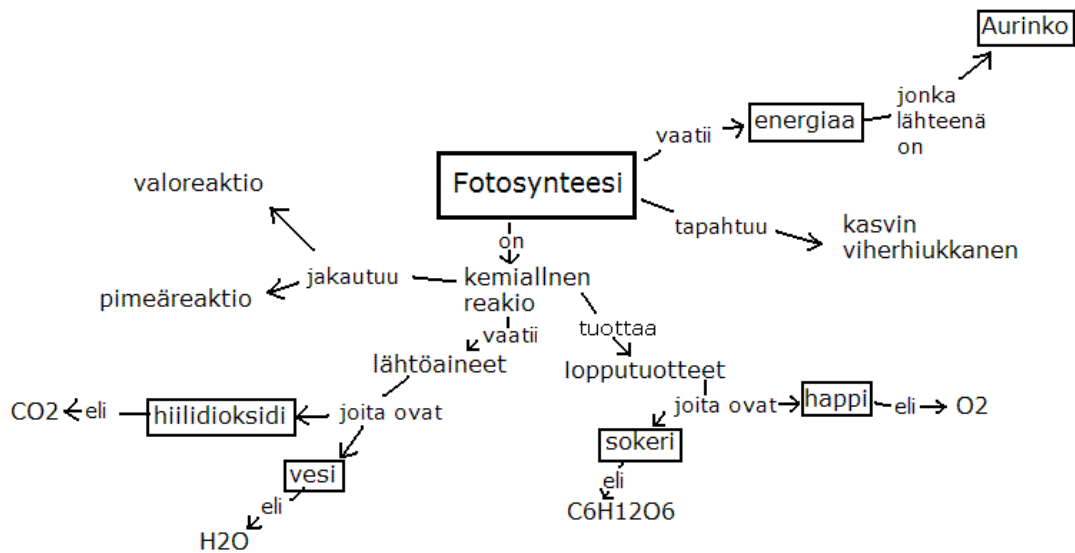
## 9.6 Käsitekartta

Biologian aihealueisiin sisältyy varsin paljon käsitteitä. Käsitteiden oppiminen ja etenkin niiden ymmärtäminen painottuvat jo peruskouluopetuksessa. Tutkimukset osoittavat, että käsitteiden hallinta on oleellista kokonaisuuksia hahmotettaessa. Virheelliset käsitykset ilmiöistä ja kokonaisuuksista johtuvat suurimmaksi osaksi puutteellisesta luonnontieteellisten käsitteiden ymmärryksestä (Palmberg 2005a).

Käsitekarttaa rakentaessaan oppija joutuu pohtimaan käsitteiden merkitystä pystyäkseen luomaan niiden välille yhteyksiä. Käsitekartta voi siis auttaa luonnontieteellisten käsitteiden sisäistämässä. Lisäksi käsitekartan avulla oppija jäsentää ajatuksiaan ja muodostaa oppimistaan asioista kokonaisuuksia. Käsitekartta antaa vapauden tehdä työtä ja arvioida omaa oppimista rauhassa, ja se sopii siksi suurten oppimiskokonaisuuksien yhteyteen. Käsitekartta huomioi oppijoiden erilaiset oppimisedellytykset ja antaa mahdollisuuden jäsentää käsityksiä oppilaan omista lähtökohdista (Kärkkäinen 2004).

Käsitekartan kehitti yhdysvaltalainen Joseph D. Novak. Tässä esittelemme parannetun käsitekarttatekniikan, jonka kehitti suomalainen Mauri Åhlberg. Käsitekarttaa muodostettaessa käsitteet luokitellaan ylä- ja alakäsitteisiin ja tärkeimmät käsitteet kehystetään (kuva 6). Käsitteiden välistä yhteyttä osoittavat linkit ovat nuolia, jotka osoittavat lukusuunnan käsitteestä toiseen. Käsitteiden väliset yhteydet ilmaistaan tarkemmin linkkisanoilla, jotka kirjoitetaan väitelauseiksi (Houtsonen & Åhlberg 2005).

Opettaja voi halutessaan ohjata käsitekartan tekoa antamalla muutamia avainsanoja, joiden ympärille karttaa lähdetään rakentamaan. Näin käsitekartan tekoa voidaan painottaa oikeisiin aihepiireihin.



Kuva 6. Yksinkertainen käsitekartta fotosynteesistä.

Käsitekartan luominen on vaativampaa kuin aiheesta kirjoittaminen, mutta sen avulla pystytään jäsentyneemmin ilmaisemaan ajattelun keskeisimmät osat ja niiden väliset suhteet. Tämän takia vain kaikkein tärkeimmät asiat kannattaa ilmaista käsitekarttojen avulla (Houtsonen & Åhlberg 2005). Käsitekartat ovat työkalu korkealaatuiseen oppimiseen. Niiden avulla voidaan seurata ja edistää oppimisen ja ajattelun laatua (Houtsonen & Åhlberg 2005). Käsitekartat soveltuvat hyvin myös virhekäsitysten tutkimiseen, sillä ne paljastavat luonnontieteiden käsitteiden ristiriitaisuuksia ja väärinymmärryksiä (Kärkkäinen 2004).

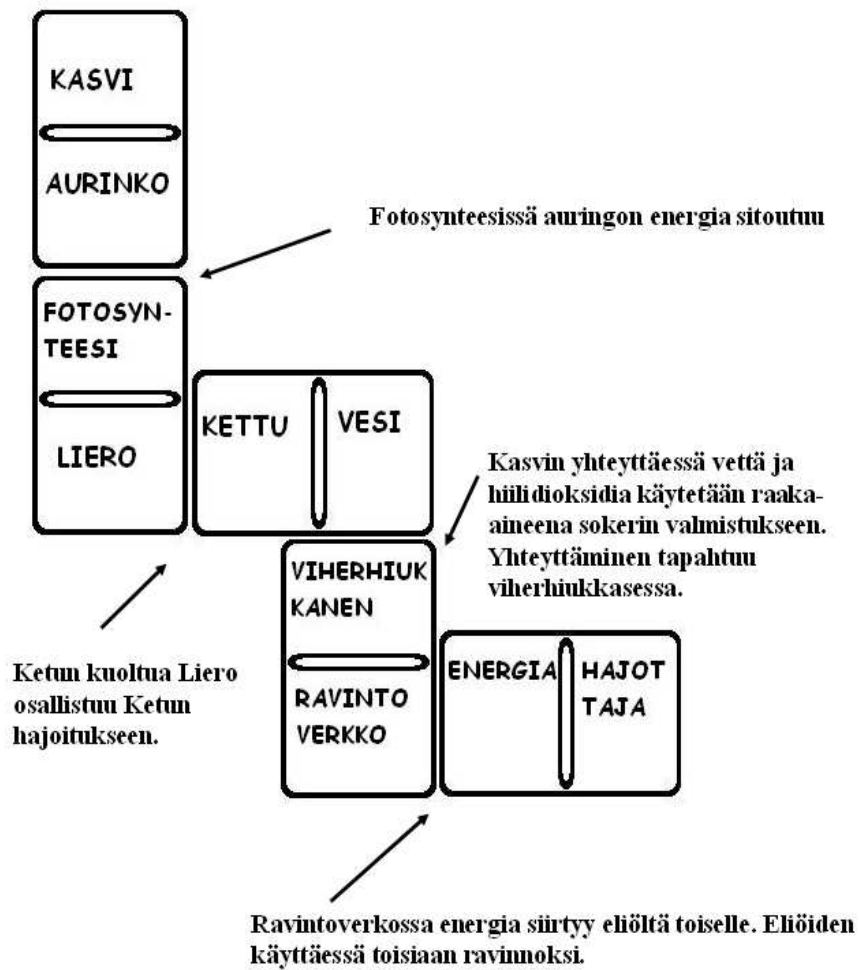
## 9.7 Ekologiset pelit

### 9.7.1 Ekologinen Domino -peli

Suunnittellessamme Ekologinen Domino -peliä tavoitteenamme oli systeemijattelun mukaisen ekologisen ymmärryksen edistäminen. Pelin avulla kerrataan ekologisia termejä, avataan niiden sisältöjä ja ohjataan oppilaat pohtimaan ekologisten ilmiöiden välisiä

yhteyksiä. Parhaimmillaan peli auttaa oppilaita ymmärtämään, kuinka ekosysteemissä kaikki on yhteydessä kaikkeen. Peli on hyvä sijoittaa kertaavaksi tehtäväksi opintojakson loppuun, ja se voidaan tehdä esimerkiksi käsitekartan jälkeen tai sen sijasta.

*Pelissä tarvitaan Domino-palikoita, joissa lukee sanoja ekologisten ilmiöiden ympäriltä. Jokaiseen palaan kirjoitetaan kaksi erilaista sanaa, joiden ei tarvitse liittyä toisiinsa. Sanoja voivat olla esim. fotosynteesi, vesi, hajottaja, Aurinko, energia, peto jne. Pelin idea on, että Domino-palasia liitetään jonoksi yhdistämällä eri sanoja keskenään. Pelaajan täytyy pystyä selittämään, miksi hän liittää tietyt sanat yhteen, eli mikä on sanojen tai asioiden välinen yhteys (kuva 7). Yhtä oikeaa järjestystä paloille ei ole, vaan ne voidaan asettaa mihin tahansa järjestykseen. Tärkeitä ovat sanoja yhdistämään muodostetut väitelauseet.*



Kuva 7. Dominossa pelaaja voi liittää sanoja peräkkäin, jos osaa selittää niiden välisen yhteyden.

*Aluksi peliin tutustutaan niin, että opettajan johdolla rakennetaan ensimmäinen Domino-ketju keskustelemalla yhdessä. Tämän voi toteuttaa esimerkiksi:*

- kiinnittämällä palaset sinitarralla liitutaululle (palojen oltava riittävän isoja)
- tekemällä palaset piirtoheitinkalvosta ja rakentamalla Domino-ketju puhtaan kalvon päälle
- kokoamalla Domino lattialla piirissä esim. posteripaperin päällä

*Tärkeää on, että oppilaiden esittämät perusteet sanojen yhdistämiselle voidaan kirjoittaa ylös.*

*Seuraavaksi oppilaat jaetaan pienempiin ryhmiin, ja jokaiselle oppilaalle jaetaan 4–6*

*Domino-palasta. Pöydälle asetetaan yksi Domino-pala ja valitaan aloittaja. Yksi kerrallaan oppilaat yrittävät liittää oman palasensa Dominon jatkoksi kumpaan tahansa päähän. Pelaajan täytyy yhdistää joku omien palastensa sanoista valmiina olevaan jonoon perustelemalla, miten kaksi sanaa liittyvät yhteen. Muiden oppilaiden tulee hyväksyä perustelu, ongelmatilanteissa opettaja ratkaisee asian. Mikäli oppilas ei pysty liittämään palastaan ketjuun, vuoro siirtyy seuraavalle. Ensimmäisenä palasensa loppuun pelannut on voittaja. Hyvin ekologisista ilmiöistä perillä oleva oppilas kykenee periaatteessa liittämään yhteen mitkä tahansa kaksi sanaa. Pelin kilpailuhenkisyys toimii kannustimena oppimiseen.*

*Oppilaat voivat liimata valmiin Domino-ketjunsä posteriin ja kirjoittaa ylös esittämänsä perusteet sanojen yhdistämiselle. Oppilaat voivat lisäksi esittää ryhmässä posterinsa ja perustelunsa muulle luokalle. Tässä vaiheessa asioista voidaan vielä keskustella luokan kesken ja korjata mahdollisia väärinkäsityksiä.*

Pelissä tulevat esiin systeemiajattelun kannalta tärkeät syy-seuraussuhteet. Systeemiajattelun mukaisesti ensin on hahmotettava yksittäiset systeemin osat eli sanojen merkitykset, ja tämän jälkeen osista hahmotetaan kokonaisuuksia. Pelin hyviä puolia ovat oppilaiden omakohtainen pohdinta ja asioiden välisten yhteyksien perusteleminen. Peli ohjaa oppilaita ajattelemaan asioiden välisiä yhteyksiä ja ekologisten termien merkityksiä. Sanaparit, joiden yhteyttä oppilas joutuu miettimään, voivat olla hyvinkin yllättäviä. Peli voi parhaimmillaan johdattaa ajattelua uusien yhteyksien löytämiseen, mitä esimerkiksi käsitekarttaa rakentamalla ei välttämättä tapahdu. Pelissä ovat mukana myös sosiaalinen ja leikkimielinen puoli.

Domino-pelissä voi nousta esiin myös virheellisiä käsityksiä ja ajattelumalleja; toisaalta tämä on ongelma myös käsitekarttoja rakentaessa. Peliä seurattaessa opettajan on mahdollista puuttua virheellisiin käsityksiin heti eikä vasta valmista tuotosta tarkastellessa. Oppilaiden pelatessa peliä he vertailevat näkemyksiään. Väärinkäsitykset voivat korjautua myös oppilaiden keskenäisen keskustelun tuloksena. Mikäli oppilaat eivät pääse sopuun oikeasta selityksestä, voidaan asiasta keskustella opettajan kanssa. Pelin kilpailuhenkinen luonne kannustaa oppilaita suhtautumaan tarvittaessa kriittisesti toisten antamiin vastauksiin. Esimerkiksi perinteisissä ryhmätöissä oppilaat tyytyvät helposti yksinkertaisiin

ja mahdollisesti virheellisiin selitysmalleihin, jotta työ vain saataisiin tehtyä.

### 9.7.2 Ekologinen sananselityspeli

Biologian opetuksessa esiintyy runsaasti termejä, jotka sivuutetaan usein melko nopeasti, ja tämän vuoksi termien sisäistäminen voi olla oppilaille hankalaa (Majamaa & Ollila 1998). Saattaa olla, että oppilaat vain sivuuttavat käsitteet niitä oppimatta (Jeronen 2005b). Turhaa termistön käyttöä on syytä välttää, mutta keskeisiä käsitteitä voidaan painottaa ja nostaa esiin ekologisen sananselityspelin avulla. Pelin avulla oppilaille annetaan aikaa tutustua termeihin paremmin.

*Opettaja jakaa oppilaille kortit, joihin hän on koonnut keskeisimpiä termejä. Jokaisessa kortissa lukee yksi sana. Oppilaat muodostavat ryhmiä, joissa he vuorotellen selittävät sanoja toisilleen. Kortissa olevaa sanaa ei saa mainita ääneen, vaan sana on selitettävä muille pelaajille toisin sanoin. Kun kortit on jaettu, oppilaille voidaan antaa aikaa valmistella selitystään oppikirjan avulla. Näin selityksistä tulee todennäköisesti tarkempia ja vältytään tilanteelta, ettei selittäjä tarkalleen tiedä selitettävää sanaa. Oppilaat selittävät sanoja ryhmissä vuorotellen. Haluttaessa pelistä voidaan tehdä kilpailuhenkinen lisäämällä siihen pisteiden lasku. Pisteitä voi laskea niin, että jokainen, joka arvaa sanan oikein, saa yhden pisteen ja lisäksi oppilas, joka on onnistunut selittämään oman sanansa, saa pisteen. Peli loppuu, kun kaikki sanat on selitetty.*

Tehtävä soveltuu hyvin termien kertaukseen opiskeltujen asiakokonaisuuksien jälkeen. Termien selittäminen omin sanoin edistää niiden syvempää hallintaa.

## 10. ARVIOINNIN VAIKUTUS OPPIMISTULOKSIIN

Arviointi eli evaluaatio on oleellinen osa oppimista, ja sen tärkein tehtävä on oppimisen ja opettamisen tukeminen (Koppinen 1994). Opetussuunnitelmassa määritellään yleiset ja oppiainekohtaiset arvioinnin perusteet (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004). Perinteisesti käytetään summatiivista eli päättöarviointia, jolla oppijoiden saavuttama tietotaso testataan oppimisjakson loputtua. Sen lisäksi olisi hyvä käyttää myös muita arviointimenetelmiä. Ennen opetuksen alkamista oppilaiden lähtötaso olisi syytä selvittää diagnostisella arvioinnilla, joka auttaa opetuksen suunnittelussa. Oppimisprosessin aikana oppijoiden edistymistä voidaan seurata formatiivisella arvioinnilla, jolloin opettaja voi kehittää opetustaan ja tehdä tarvittavia muutoksia oppimisen edistämiseksi (Koppinen ym 1994). Arvioinnin tulisi siis kulkea opetuksen rinnalla koko oppimisjakson ajan.

Parhaimmillaan arviointi tukee syvällistä oppimistyyliä ja systeemiajattelun mukaisen ymmärryksen kehittymistä. Valitettavan usein opintojakson loppupuolella pidettävät kokeet testaavat pintaoppimista ja yksittäisten faktojen muistamista, jolloin koe on mahdollista läpäistä pelkän ulkoluvun perusteella. Tätä tukee myös kokeiden oppikirjakeskeisyys. Kokeessa kysytään usein asioita suoraan oppikirjan kappaleista, jolloin ei testata, onko asia todella ymmärretty. Tehtäviä, jotka testaavat oppijan muistitietoon perustuvaa tietämistä, ovat pikkukysymykset, täydennys- tai yhdistelytehtävät, oikein/väärin-kysymykset ja yksinkertaiset monivalintatehtävät (Palmberg 2005e).

Ulkomuistikokeista pitäisi päästä soveltavampiin oppimisen testausmetodeihin. Koekysymysten tulisi olla soveltavia ja näin olisi kyettävä selvittämään, onko syvempi ymmärrys saavutettu. Ylempiä tavoitetasoja eli tiedon ymmärtämistä voidaan arvioida esseiden, pohdinta- ja päättelytehtävien avulla (Palmberg 2005e). Sopivat koekysymykset voisivat mielestämme olla esimerkiksi seuraavanlaisia: Miksi tuottajia on maapallolla enemmän kuin kuluttajia? Miten on mahdollista, että sinä saat Auringon lähettämää energiaa, vaikket kykene sitä itse Auringosta ottamaan? Miksi vihreät kasvit muodostavat ekologisen pyramidin pohjan? Tee jokin ravintoverkko.

Kokeen ja kokeen palautuksen tulisi olla myös oppimistilanteita. Kokeen palautukseen ja

oikeiden vastausten läpikäymiseen tulisi varata riittävästi aikaa. Esiin tullessiin virheellisiin käsityksiin on mahdollista puuttua ja oppilaille on tilaisuus tehdä lisäkysymyksiä. Parhaimmillaan arvioinnilla voidaan ohjata ja motivoida opiskeluun sekä lisätä oppijan kykyä itsearviointiin (Peltonen 1992).



## 11. LOPUKSI

Työllämme halusimme avata keskustelua ekologisten ilmiöiden ymmärtämiseen liittyvistä ongelmakohdista. Työmme ansiosta on nyt koottuna yhteen se, mitä asiasta voidaan sanoa kansainvälisten tutkimusten perusteella. Tutkimusten mukaan eri oppilailla esiintyvät virheelliset käsitykset ovat keskenään melko samantyyppisiä. Työmme valottaa syitä, jotka johtavat oppilaiden virheellisiin käsityksiin ekologiasta, jolloin näihin seikkoihin on mahdollista puuttua opetuksessa.

Halusimme etsiä vaihtoehtoja opettajajohtoiselle opetukselle kehittämällä ekologian opetukseen oppilaslähtöisempiä tehtäviä. Tehtävät eivät tarjoa kattavaa ratkaisua syvemmän ymmärryksen saavuttamiseen, vaan niillä on tarkoitus täydentää muuta opetusta. Tehtävissä on käsitelty aiheita, joiden ymmärtämisessä on havaittu olevan eniten vaikeuksia. Useimmissa tehtävissä yhdistetään ilmiöitä laajemmiksi kokonaisuuksiksi, jolloin edistetään systeemiajattelun mukaisen, kattavan kokonaiskuvan syntymistä.

Vaikka ekologiset ilmiöt tapahtuvat ympärillämme ja ovat todellisia, esimerkiksi fotosynteesiä ei pysty paljain silmin havaitsemaan. Abstraktien ekologisten mallien havainnollistaminen ja konkretisoiminen järkevästi opetuksessa on haastavaa. On olemassa vaara, että esimerkiksi leikin yhteydessä keskitytään sääntöjen opetteluun ja merkityksettömään ”puuhasteluun”, jolloin tavoiteltava asiasältö jää sivuseikaksi. Opetuksen järjestämiseen tuovat oman haasteensa suuret ryhmäkoot, jolloin opettajan on mahdotonta olla selvillä jokaisen oppilaan käsityksistä. Lisäksi suurten ryhmien hallittavuus rajoittaa sitä, millaisia tehtäviä opetuksessa on mahdollista toteuttaa.

Tehtävillämme halusimme antaa esimerkin siitä, millaiseen suuntaan opetusta voitaisiin viedä. Käytimme systeemiajattelua uutena työkaluna ekologisten ilmiöiden tarkastelussa, ja tässä tarkoituksessa se toimi mielestämme hyvin. Uskomme, että systeemiajattelun soveltaminen ekologian opetuksessa tulee jatkumaan ja että työmme parhaimmillaan auttaa opetuksen suunnittelussa ja rekonstruktiossa.

Tähän saakka Suomessa on tutkittu lähinnä alakouluikäisten käsityksiä ekologian ilmiöistä, vaikka ongelmia esiintyy myös vanhemmilla oppilailla ja aikuisilla. Työmme osoittaa

mielestämme tarpeen lisätutkimukselle suomalaisia yläkouluikäisiä koskien.

Kiitokset

Lämmin kiitos Jari Haimille ja Markku Käpylälle työmme ohjauksesta.

## Kirjallisuus

- Abrams, E. 2001. The how's and why's of biological change: how learners neglect physical mechanisms in their search for meaning - *International Journal of Science Education* 23(12): 1271-1281
- Andersson, B. & Wallin, A. 2006: On Developing Content-oriented Theories Taking Biological Evolution as an Example – *International Journal of Science Education* 28(6): 673-695
- Applegate, J. 1993: Species as System - *The American Biology Teacher* 55(7): 392-398
- Assaraf, O. B-Z. & Orion, N. 2005. Development of System Thinking Skills in the Context of Earth System Education - *Journal of Research in Science Teaching* 42(5): 518-560
- Barak, J., Sheva, B., Gorodetsky, M. & Gurion, B. 1999: As 'process' as it can get: student's understanding of biological processes - *International Journal of Science Education* 21(12): 1281-1292
- Bloom, B. & Krathwohl, D. 1965. *Taxonomy of educational objectives*. 196s. New York 1965
- Cantell, H. 2004. *Ympäristökasvatuksen käsikirja*. 241s. PS-kustannus, Juva
- Carlsson, B. 2002a: Ecological understanding 1: ways of experiencing photosynthesis - *International Journal of Science Education* 24(7):681-699
- Carlsson, B. 2002b: Ecological understanding 2: transformation - a key to ecological understanding - *International Journal of Science Education* 24(7):701-715
- Carlsson, B. 2003: Dramatic Potosynthesis (sic) - *Australian Science Teachers' Journal* 49(1):26-35
- Cornell, J. 1979. *Sharing nature with children: the classic parent's and teachers nature awareness guidebook*. 138s. Nevada City, Dawn Publications
- Cornell, J. 1980. *Sharing the joy of nature: nature activities for all ages*. 167s. Nevada City, Dawn
- de Jong., Ahtee, M., Goodwin, A., Hatzinikita, V. & Koulaidis, V. 1999. An International Study of Prospective Teachers' Initial Teaching Conceptions and Concerns: the case of teaching 'combustion' - *European Journal of Teacher Education* 22(1): 45-59  
<http://www.informaworld.com/smpp/content~content=a746471206~db=all~order=page>  
(Luettu 26.6.2007)
- de Jong, O. & Brinkman, F. 1999. Investigating Student Teachers' Conceptions of How to Teach: international network studies from science and mathematics education - *European Journal of Teacher Education* 22(1): 5-9  
<http://www.informaworld.com/smpp/content~content=a746471203~db=all~order=page>

(Luettu 26.6.2007)

Eloranta, V. 2005. Teoksessa Eloranta, V., Jeronen, E & Palmberg, I. (toim.) *Biologia eläväksi, biologian didaktiikka*. Keuruu 2005

Engström, Y. 1984. *Perustietoa opetuksesta*. 175s. Helsinki, Valtion painatuskeskus

Haimi, J. 2003. Oppimateriaali yliopistokurssille BIO123

Haimi, J. & Käpylä, M. 2003. Oppimateriaali yliopistokurssille BIO123.

Hakkarainen, K., Lonka, K. ja Lipponen, L. 2000 *Tutkiva oppiminen. Älykkään toiminnan rajat ja niiden ylittäminen* 295s. WSOY Porvoo 2000

Havu-Nuutinen, S. 2005: *Lasten käsityksiä luonnontieteen käsitteistä ja ilmiöistä*. 150s. Joensuun yliopistopaino 2005

Helldén, G. 2004: *A Study of Recurring Core Developmental Features in Students' Conceptions of Some Key Ecological Processes - Canadian Journal of Science, Mathematics & Technology* 4(1):59-76

Holopainen, M., Raekunnas, M., Reinikkala, P., Ryhänen, E-L., Saarivuori, M., Sarvilinna, R. & Tenhunen, A. 2005: *Luonnonkirja 7-9: Metsät*. 174s. WSOY Porvoo 2005

Holopainen, M., Raekunnas, M., Reinikkala, P., Ryhänen, E-L., Saarivuori, M., Sarvilinna, R. & Tenhunen, A. 2005: *Luonnonkirja 7-9: Metsät: Tehtävävihko*. 95s. WSOY Porvoo 2005

Holopainen, M., Raekunnas, M., Reinikkala, P., Ryhänen, E-L., Saarivuori, M., Sarvilinna, R. & Tenhunen, A. 2005: *Luonnonkirja 7-9: Metsät: Opettajan opas* 200s. WSOY Porvoo 2005

Holopainen, M., Raekunnas, M., Reinikkala, P., Ryhänen, E-L., Saarivuori, M., Sarvilinna, R. & Tenhunen, A. 2005: *Luonnonkirja 7-9: Sisävedet*. 156s. WSOY Porvoo 2005

Holopainen, M., Raekunnas, M., Reinikkala, P., Ryhänen, E-L., Saarivuori, M., Sarvilinna, R. & Tenhunen, A. 2004: *Luonnonkirja 7-9: Sisävedet: Tehtävävihko*. 95s. WSOY Porvoo 2004

Houtsonen L. & Åhlberg, M. (toim.) 2005. *Kestävän kehityksen edistäminen oppilaitoksissa*. 175s. Hakapaino Oy Helsinki 2005

Hämäläinen, R. & Saarinen, E. (toim.) 2005. *Systeemiäly 2005*. 316s. Systems Analysis Laboratory Research Reports. Helsinki University of Technology

Jeronen, E. 2003. *Luokanopettajaopiskelijoiden ammatillisten käsitysten kehittyminen päättöharjoittelujakson biologian ja maantieteen opetuksessa*. Oulun yliopisto, Kasvatustieteiden ja opettajankoulutuksen yksikkö. Acta Universitatis Ouluensis, Scientiae Rerum Socialium

E 65. ISBN 951-42-7162-9, ISSN 0355-323X  
<http://herkules.oulu.fi/isbn9514271637/isbn9514271637.pdf>  
(Luettu 26.6.2007)

Jeronen, E. 2005a. Tiedonkäsitys, oppimiskäsitykset ja biologian opetus. Teoksessa Eloranta, V., Jeronen, E & Palmberg, I. (toim.) *Biologia eläväksi, biologian didaktiikka*. Keuruu 2005, 47-53

Jeronen, E. 2005b. Ajattelun kehittymisestä luonnontieteiden näkökulmasta. Teoksessa Eloranta, V., Jeronen, E & Palmberg, I. (toim.) *Biologia eläväksi, biologian didaktiikka*. Keuruu 2005, 176-178

Karvonen, P 1995. Oppikirjateksti toimintana. 236s. Gummerus Jyväskylä

Kaunistmaa, M. & Äikäs T. 1998. Kaksi opetusmenetelmää ravintoketju-käsitteen oppimisessa peruskoulun toisella luokalla. 71s. Jyväskylän yliopisto 1998 Pro gradu-tutkielma.

Koppinen, M-L., Korpinen E. & Pollari, J. 1994. Arviointi oppimisen tukena. 149s. WSOY, Juva.

Korkala, N. 2007. Oma havainto, 9. -luokkalaisten Metsävisaa edeltävä keskustelu Kilpisen yläasteella keväällä 2006

Kupari, P. & Välijärvi, J. (toim.) 2005. Osaaminen kestäväällä pohjalla: PISA 2003 Suomessa. 262s.  
[http://ktl.jyu.fi/pisa/PISA\\_2003\\_-RAPORTTI.pdf](http://ktl.jyu.fi/pisa/PISA_2003_-RAPORTTI.pdf) (Luettu 23.7.2007)

Käpylä, M. 2007. Luentomateriaali.

Käpylä, M. 1997. Ympäristökasvatuksen menetelmäopas 2: Vihreä ihminen. 278s. Jyväskylän yliopistopaino.

Käpylä, M. & Wahlström, R. 1994: Ympäristökasvatuksen menetelmäopas 180 s. Jyväskylän yliopistopaino.

Kärkkäinen, S. 2004. Biologiaa oppimassa; Vee-heurestiikka ja käsitekartat kahdeksaluokkalaisten talviprojektissa. 185s. Joensuun yliopiston kasvatustieteellisiä julkaisuja 1996

Lambert, D. & Balderstone, D: 2003. Learning to Teach Geography in the Secondary School. A Companion to School Experience. RoutledgeFalmer Lontoo 2003, 176-178

Lavonen, J., Juuti, K., Meisalo, V., Uitto, A. & Byman, R. 2005. Attractiveness of Science Education in the Finnish Comprehensive School. Teoksessa A. Manninen, K. Miettinen, & K. Kiviniemi (Eds.), *Research Findings on Young People's Perceptions of Technology and Science Education*. Helsinki 2005  
[http://www.ils.uio.no/forskning/rose/documents/papers/ROSE\\_finland\\_May05.pdf](http://www.ils.uio.no/forskning/rose/documents/papers/ROSE_finland_May05.pdf) (Luettu 5.6.2007)

- Leach, J., Driver, R., Scott, P. ja Wood-Robinson, C. 1996a. 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
- Leach, J., Driver, R., Scott, P. ja Wood-Robinson, C. 1996b. Children's ideas about ecology 3: ideas found in children aged 5-16 about the interdependency of organisms - International Journal of Science Education. 18(2): 129-141
- Leinonen M., Nyberg T., Veistola S. 2005: Koulun biologia: Metsät ja suot. 177s. Otava Helsinki 2005
- Leinonen M., Lehtiö, P. Nyberg T., Veistola S. 2005: Koulun biologia: Metsät ja suot: Opiskeluvihko 141s. Otava Helsinki 2005
- Leinonen M., Nyberg T., Veistola S. 2004: Koulun biologia: Sisävedet. 138s. Otava Helsinki 2004
- Leinonen M., Lehtiö, P., Nyberg T., Kuisma, M., Veistola S. 2004: Koulun biologia: Sisävedet: Opiskeluvihko 128s. Otava Helsinki 2004
- Lin, C-Y. & Hu, R. 2003: Student's 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
- Lyytimäki, J. 2005. Systeemiälykkään ympäristötietoisuuden haaste. Teoksessa Hämäläinen, R. & Saarinen, E. (toim.) 2005. Systeemiäly 2005. Systems Analysis Laboratory Research Reports. Helsinki University of Technology s.133-140
- Majamaa, S & Ollila, K. 1998 Kuudesluokkalaisten käsityksiä ravintoketjusta ja opettajan arvio luokkansa osaamisesta. 120s. Turun yliopisto. Turun opettajakoulutuslaitos. Pro gradu -tutkielma.
- Meichtry, Y. 2005: Teaching the Web of Life - Science Activities 42(3): 3-9 Heldref Publications 2005
- Mikkilä-Erdmann M 2002 Textbook text as a tool for promoting conceptual change in science. 102s. Turun yliopisto. Väitöskirja.
- Ojala, J. 1997. Kirjoittamaton kirja, kirjoitettu kirja ja luonnonkirja : planetaariset ilmiöt teksteinä ja kuvina peruskoulun ja lukion oppikirjoissa. 108s. Jyväskylän yliopisto. Väitöskirja.
- Palmberg, I. 2005a. Käsitekartat ja Vee-heurestiikka tutkivan oppimisen apuvälineinä. Teoksessa Eloranta, V., Jeronen, E & Palmberg, I. (toim.) Biologia eläväksi, biologian didaktiikka. Keuruu 2005, 114-115
- Palmberg, I. 2005b. Opettajakeskeiset opetusmuodot. Teoksessa Eloranta, V., Jeronen, E & Palmberg, I. (toim.) Biologia eläväksi, biologian didaktiikka. Keuruu 2005, 94-97

- Palmberg, I. 2005c. Erityyppisten pelien ja leikkien pedagogiset ulottuvuudet. Teoksessa Eloranta, V., Jeronen, E & Palmberg, I. (toim.) *Biologia eläväksi, biologian didaktiikka*. Keuruu 2005, s.142
- Palmberg, I. 2005d. Suljettu ekosysteemi ongelmanratkaisuesimerkinä. Teoksessa Eloranta, V., Jeronen, E & Palmberg, I. (toim.) *Biologia eläväksi, biologian didaktiikka*. Keuruu 2005, 115-118
- Palmberg, I. 2005e. Arviointi ja arvostelu. Teoksessa Eloranta, V., Jeronen, E & Palmberg, I. (toim.) *Biologia eläväksi, biologian didaktiikka*. Keuruu 2005, 217-243
- Palmberg, I. (toim.) 2004. Luonnon ja luonnontieteiden ymmärtäminen. Kymmenen työpajaa ymmärtämisen edistämiseksi. 231s. Vaasa 2004
- Peltonen, M. 1992. Oppimismotivaatio: teoriaa, tutkimuksia ja esimerkkejä oppimihalukkuudesta. 160s. Helsinki Otava
- Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004, Opetushallitus
- Pitkänen, R. 2001. Lyhytkestoiset tehtävät luokan ulkopuolisessa ympäristökasvatuksessa. 195s. Joensuun yliopisto. Väitöskirja.
- Rubinstein, S.L. 1968. Problems of Psychological Theory. Teoksessa *Psychological Research in the USSR*.
- Sander, E., Jelemenská, P. & Kattmann, U. 2006: Towards a better understanding of ecology - *Journal of Biology Education* 40(3): 119-123
- Senge, P.M. 1994. *The fifth discipline: The art and practice of the learning organization*. 423s. Doubleday Currency. New York 1994
- Valkonen, S. 2002: "Tärkeintä kasvin kasvamiselle on, että se kasvaa" 2., 4. ja 6. -luokkalaisten käsityksiä kasvien kasvamisesta ja ravitsemuksesta. 83s. Jyväskylän yliopisto Pro gradu -tutkielma,
- Valtioneuvoston asetus perusopetuslaissa tarkoitetun opetuksen valtakunnallisista tavoitteista ja perusopetuksen tuntijaosta 2001  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2001/20011435> (Luettu 7.8.2007)
- van Matre, S. 1998. *Maakasvatus... : uusi alku*. 315s. Rakennusalan kustantajat, Kustantajat Sarmala, Helsinki
- Vilka, L. 1993. *Ympäristöetiikka* 238s. Helsingin yliopistopaino. (s.145)
- Vilminko, A. 2001. Luonnon hyödyntäminen opetuksessa. 65s. Jyväskylän yliopisto 2001 Pro gradu-tutkielma.



Vygotsky, L.S. 1978. Mind and society: The development of higher mental processes. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Yli-Panula, E. 2005. Tutkiva oppiminen. Teoksessa Eloranta, V., Jeronen, E & Palmberg, I. (toim.) *Biologia eläväksi, biologian didaktiikka*. Keuruu 2005, 97-102