

MITTAUSAUTOMAATIO YMPÄRISTÖKEMIAN OPPIMISEN TUKENA PERUSOPETUKSESSA

Aino Laitala
Pro gradu –tutkielma
17.12.2007
Kemian opettajan suuntautumisvaihtoehto
Kemian koulutusohjelma
Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta
Helsingin yliopisto
Ohjaajat: Maija Aksela ja Jan Lundell

Tiedekunta/Osasto Fakultet/Sektion – Faculty		Laitos Institution – Department
Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta		Kemian laitos
TekijäFörfattare – Author		
Aino Laitala		
Työn nimi Arbetets titel – Title		
Mittausautomaatio ympäristökemian oppimisen tukena perusopetuksessa		
Oppiaine Läroämne – Subject		
Kemia (kemian opettajan suuntautumisvaihtoehto)		
Työn laji Arbetets art – Level	Aika Datum – Month and year	Sivumäärä Sidoantal – Number of pages
Pro gradu -tutkielma	17.12.2007	76 + 44
Tiivistelmä Referat – Abstract		
Ympäristöasiat ovat valtakunnallisen opetussuunnitelman perusteissa keskeisesti esillä. Vastuu ympäristöstä, hyvinvoinnista ja kestävästä tulevaisuudesta -aihekokonaisuus on tarkoitettu opetettavaksi jokaisessa oppiaineessa perusopetuksessa. Erilaisten oppimisympäristöjen käyttö kemian opetuksessa on opetuksen painopistealue lähitulevaisuudessa. Tämä pro gradu on yhteistyöhanke Tiedekeskus Heurekan kanssa. Tutkimuspohjaisesti kehitetty oppimateriaali tulee käyttöön uudessa vuonna 2009 valmistuvassa oppimiskeskuksessa. Tieto- ja viestintätekniikka tulisi olla oppimisen apuväline, joka voi seurata oppilasta minne vain. Tässä tutkielmassa tutkimuskohteeksi valittu moderni mittausautomaatiotekniikka antaa mahdollisuuden tutkia kemian ilmiöitä eri oppimisympäristöissä. Tutkimus on tyypiltään kehittämistutkimus. Tutkimuksen kaksi pääkysymystä ovat 1) miten ympäristökemia on osana kemian perusopetusta? ja 2) miten ympäristökemian oppimista voidaan tukea mittausautomaatiota ja ongelmaperustaista lähestymistapaa käyttäen? Kehittämistutkimuksen tarveanalyysissä selvitettiin, miten ympäristökemiaa on käsitelty peruskoulun kemian oppikirjoissa. Tarveanalyysin ja aiemman tutkimustiedon pohjalta suunniteltiin ympäristökemia-aiheista oppimateriaalia. Oppimateriaali sisältää kokeellisia mittausautomaatiolla tehtäviä oppilastoita, joissa korostetaan kontekstipohjaista ja ongelmalähtöistä oppimista.		
Avainsanat – Nyckelord – Keywords		
Fysikaalinen kemia, perusopetus, mittausautomaatio, ympäristökemia, kontekstuaalisuus, ongelmaperustaisuus		
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited		
Helsingin yliopisto, Kemian laitos		
Muuta tietoja – Övriga uppgifter – Additional information		
Ohjaajat: Maija Aksela ja Jan Lundell		

SISÄLLYS

<i>1. JOHDANTO</i>	<i>1</i>
<i>2. YMPÄRISTÖKEMIA OPETUKSESSA</i>	<i>3</i>
2.1 Ympäristökemia valtakunnallisen opetussuunnitelman perusteissa	3
2.2 Ympäristökemia	4
2.2.1 Rikkidioksidin vaikutus happosateiden muodostumisessa	7
2.2.2 Maan happamuus	12
2.2.3 Vesistöjen rehevöityminen ja fosfaatti	13
2.3 Kontekstipohjainen oppiminen	18
2.3.1 Kemian opetuksen haasteita	19
2.3.2 Kontekstipohjaisen oppimisen mahdollisuuksia	20
2.3.3 Kontekstipohjaisen oppimisen haasteita	22
2.4 Ongelmaperustainen lähestymistapa	23
<i>3. MITTAUSAUTOMAATIO KEMIAN OPPIMISEN TUKENA</i>	<i>29</i>
3.1 Yleistä mittausautomaatiosta	29
3.1.1 Tietokoneavusteinen opetus	29
3.1.2 Mittausautomaatio kemian opetuksessa	30
3.2 Mittausautomaation hyödyt	33
3.3 Huomioitavia asioita	36
<i>4. TUTKIMUS</i>	<i>39</i>
4.1 Tutkimuskysymykset	39
4.2 Tutkimuksen toteutus	39
4.2.1 Tarveanalyysi	39
4.2.2 Oppimateriaalin tekeminen	41

5. TULOKSET	42
5.1 Ympäristökemia osana kemian perusopetusta	42
5.1.1 Ympäristökemian laajuus peruskoulun kemian oppikirjoissa	42
5.1.2 Ympäristökemian asiayhteydet ja niiden laajuus peruskoulun kemian oppikirjoissa	45
5.1.3. Ympäristökemia-aiheiset oppilastyöt peruskoulun kemian oppikirjoissa	48
5.2 Ympäristökemian oppimista tukevat ongelmaperustaiset oppilastyöt mittausautomaatiota apuna käyttäen	50
5.2.1 Oppimistehtävä sadeveden happamuudesta	51
5.2.2 Oppimistehtävä maaperän happamuudesta	56
5.2.3 Oppimistehtävä rehevöitymisestä ja fosfaatin määrittämisestä	59
6. JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	62
6.1 Tarveanalyysi	62
6.2 Oppimateriaali	63
6.3 Tutkimuksen merkitys	64
LÄHTEET	67
LIITTEET	

1. JOHDANTO

Ympäristöasiat ovat valtakunnallisen opetussuunnitelman perusteissa keskeisesti esillä. Vastuu ympäristöstä, hyvinvoinnista ja kestävästä tulevaisuudesta -aihekokonaisuus on tarkoitettu opetettavaksi jokaisessa oppiaineessa perusopetuksessa. Tämän kokonaisuuden tavoitteina on antaa oppilaalle valmiuksia tehdä jokapäiväisiä valintoja ja keskustella erityisesti energian tuotantoon, ympäristöön ja teollisuuteen liittyvistä asioista ja ohjata oppilasta ottamaan vastuuta ympäristöstään. Tavoitteeseen pääsemiseksi tarvitaan uusia lähestymistapoja ympäristökemian opetukseen.

Erilaisten oppimisympäristöjen (esimerkiksi tiedekeskuksen) käyttö kemian opetuksessa on opetuksen painopistealue lähitulevaisuudessa. Tavoitteena on monipuolistaa opetusta ja koulun ulkopuolella tapahtuvaa oppimista. Oppimisympäristöjen hyödyntäminen voi tarkoittaa vierailuja eri kohteissa, tehtävien ratkomista ja oma-aloitteista tiedon hakua eri lähteistä. (Opetushallitus, 2007) Oppimisympäristöjen monipuoliseen käyttöön tarvitaan tutkimuspohjaisesti kehitettyä materiaalia ja työtapoja. Tieto- ja viestintätekniikka tulisi olla oppimisen apuväline, joka voi seurata oppilasta minne vain. Esimerkiksi tässä tutkielmassa tutkimuskohteeksi valittu moderni mittausautomaatiotekniikka antaa mahdollisuuden tutkia kemian ilmiöitä eri oppimisympäristöissä ympäristöystävällisesti.

Tämä pro gradu on yhteistyöhanke Tiedekeskus Heurekan kanssa. Tutkimuspohjaisesti kehitetty oppimateriaali tulee käyttöön uuteen vuonna 2009 valmistuvaan oppimiskeskukseen. Heurekassa on mahdollisuus käyttää modernia teknologiaa, jota ei ole välttämättä ole kaikissa kouluissa niin hyvin saatavilla.

Tämän pro gradu -tutkielman tavoitteena on tuottaa kehittämistutkimuksen avulla kokeellisia mittausautomaatiolla tehtäviä oppilastöitä, joissa korostetaan kontekstipohjaista ja ongelmalähtöistä oppimista. Mittausautomaatio antaa uuden lähestymistavan ympäristökemian kokeelliseen opiskeluun erilaisissa oppimisympäristöissä.

Tämä pro gradu -tutkielma koostuu rakenteellisesti kahdesta osasta: teoreettisesta viitekehyksestä ja tutkimusosasta. Teoreettisessa viitekehyksessä kuvataan kemian teoriaa ja oppimisteorioita, jotka ovat kehitettyjen kokeellisten oppilastöiden pohjana.

Tutkimusosassa esitetään tämän pro gradu -tutkielman tutkimuskysymykset ja tutkimustulokset. Teoreettiseen viitekehykseen kuuluvat luvut 2 ja 3. Tutkimusosaan kuuluvat luvut 4 ja 5.

Ympäristökemiaa ja sen opetusta käsitellään luvussa kaksi. Ympäristökemian osuudessa tarkastellaan kemian käsitteitä ja ilmiöitä, joita tarvitaan tutkimusosuuden kokeellisten töiden ymmärtämiseksi. Käsiteltäviä aiheita ovat maaperän happamuus, lumen ja sadeveden happamuus sekä vesistöjen rehevöityminen. Luvussa kaksi käsitellään lisäksi kokeellisissa töiden suunnittelun pohjana olevia teorioita kontekstipohjaisesta oppimisesta ja ongelma-perustaisesta lähestymistavasta.

Luvussa kolme kerrotaan mittausautomaatiosta kemian oppimisen tukena. Luvussa kerrotaan tietokoneavusteisesta opetuksesta, mittausautomaation historiasta ja aiemmista tutkimuksista. Luvussa käsitellään lisäksi, mitä hyötyä mittausautomaation käytöstä on ja millaisia haasteita se asettaa kemian oppimiselle ja opetukselle.

Luvussa neljä esitellään tutkimusta ohjaavat tutkimuskysymykset. Tutkimus on kehittämistutkimus, joka sisältää tarveanalyysin ja uuden materiaalin toteutuksen. Luvussa viisi tarkastellaan ja analysoidaan tehdyn tutkimuksen tuloksia. Johtopäätökset käsitellään kappaleessa kuusi. Tutkielman liitteissä esitellään uusi tiedekeskukseen soveltuva oppimateriaali, opettajan materiaali ja tarveanalyysin tulostaulukot.

2. YMPÄRISTÖKEMIA OPETUKSESSA

2.1 Ympäristökemia valtakunnallisen opetussuunnitelman perusteissa

Valtakunnallisen opetussuunnitelman perusteissa (2004) *perusopetuksen arvopohjana ovat ihmisoikeudet, tasa-arvo, demokratia, luonnon monimuotoisuuden ja ympäristön elinkelpoisuuden säilyttäminen sekä monikulttuurisuuden hyväksyminen.*

Opetus voi olla valtakunnallisen opetussuunnitelman perusteiden (2004) mukaan ainejakoista tai eheytettyä. Eräänä eheytettyä kokonaisuutena on mainittu vastuu ympäristöstä, hyvinvoinnista ja kestävästä tulevaisuudesta. Sen tarkoituksena on *lisätä oppilaan valmiuksia ja motivaatiota toimia ympäristön ja ihmisen hyvinvoinnin puolesta.* Valtakunnallisen opetussuunnitelman perusteiden mukaan perusopetuksen tavoitteena on *kasvattaa ympäristötietoisia, kestävään elämäntapaan sitoutuneita kansalaisia. Koulun tulisi opettaa tulevaisuusajattelua ja tulevaisuuden rakentamista ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestäville ratkaisuille”.*

Vastuu ympäristöstä, hyvinvoinnista ja kestävästä tulevaisuudesta –kokonaisuuden tavoitteina ovat, että oppilas oppii esimerkiksi *ymmärtämään ympäristönsuojelun välttämättömyyden, toimimaan elinympäristön hyväksi ja arvioimaan oman kulutuksensa ja arkikäytäntöjensä vaikutuksia ja omaksumaan kestävä kehityksen edellyttämiä toimintatapoja.* Tämän kokonaisuuden keskeisiä sisältöjä ovat esimerkiksi kestävä kehitys omassa koulussa ja elinympäristössä, yksilön ja yhteisön vastuu elinympäristön tilasta, ympäristöarvot ja kestävä elämäntapa, ekotehokkuus tuotannossa ja yhteiskunnassa sekä arjen toimintavoissa ja tuotteen elinkaari. (OPS, 2004)

Vuosiluokilla 7-9 kemian opetuksen tulee antaa oppilaalle *valmiuksia tehdä jokapäiväisiä valintoja ja keskustella erityisesti energian tuotantoon, ympäristöön ja teollisuuteen liittyvistä asioista ja ohjata oppilasta ottamaan vastuuta ympäristöstään.* Kemian opetuksen yhtenä tavoitteena on, että oppilas oppii *aineiden kiertokulkuun ja tuotteiden elinkaareen liittyviä prosesseja sekä niiden merkityksen luonnolle ja ympäristölle.* Yksi kokonaisuus on *ilma ja vesi*, jossa erikseen mainittuina aiheina ovat *ilmakehän aineet ja niiden merkitys ihmiselle ja luonnon tasapainolle ja palamistuotteiden vaikutukset*

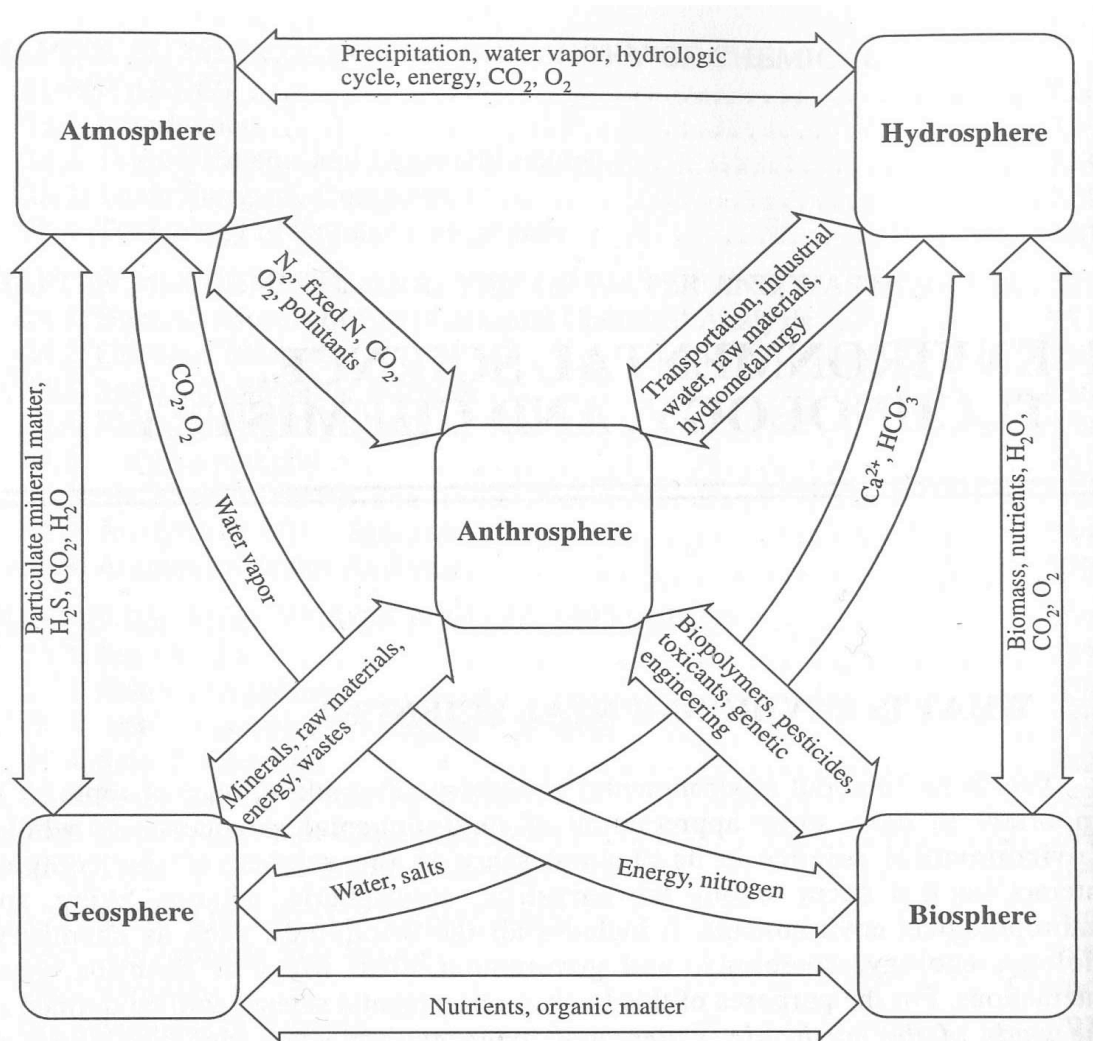
ympäristössä. Toinen kokonaisuus on raaka-aineet ja tuotteet, jonka yhtenä aiheena on kierrätettävyys. (OPS, 2004)

Ympäristökemia on valtakunnallisen opetussuunnitelman perusteissa hyvin edustettuna. Tässä pro gradu -tutkielmassa kokeellisten oppilastöiden aiheista happamat sateet ja maan happamoituminen ovat esillä päättöarvioinnin kriteereissä arvosanalle 8. Kriteerit edellyttävät esimerkiksi, että *oppilas tuntee aineiden kiertoprosesseja ja niiden aiheuttamia ilmiöitä luonnossa ja ympäristössä, esimerkiksi kasvihuoneilmiö ja happamoituminen* (OPS, 2004). Yhden oppilastyön osa-alue, rikkidioksidin vaikutus happaman sateen muodostumiseen, sisältyy yhteen päättöarvioinnin kriteeriin. Kriteerin mukaan *oppilaan tulee tuntea ympäristöön vaikuttavia aineita, niiden lähteitä, leviämistapoja ja vaikutuksia ihmisen ja luonnon hyvinvointiin, esimerkiksi fossiilisten polttoaineiden palamistuotteita ja raskasmetalleja* (OPS, 2004). Vesistöjen rehevöitymistä ei ole erikseen mainittu valtakunnallisen opetussuunnitelman perusteissa kemian opetuksessa.

2.2 Ympäristökemia

Tässä pro gradu -tutkielmassa kehitettyjen kokeellisten oppilastöiden aiheita ovat (i) rikkidioksidin vaikutus happosateiden muodostumisessa, (ii) maan happamuus, happosateiden vaikutus maaperään ja kalkitseminen, sekä (iii) pesuaineiden sisältämät fosfaatit ja niiden vaikutus rehevöitymiseen. Tässä luvussa käsitellään edellä mainittujen oppilastöiden kemian ymmärtämiseksi seuraavia asioita: mitä ympäristökemia on ja minkälaisia kemiallisia prosesseja valittuihin oppilastöihin liittyy ja minkälaisia mittatekniikoita niiden tutkimiseksi voidaan käyttää.

Ympäristökemia tutkii kemiallisten yhdisteiden lähteitä, reaktioita, kulkeutumista, vaikutuksia ympäristössämme, vedessä, maaperässä, ilmassa ja elävässä luonnossa. Ympäristökemia tutkii myös teknologian vaikutuksia näihin. (Manahan, 2000) Kuva 2.1 havainnollistaa ilman, veden ja maaperän läheistä yhteyttä ja niiden yhteyttä elolliseen luontoon sekä teknologiaan.



Kuva 2.1 Ilman, veden ja maaperän läheiset yhteydet ja niiden yhteys elolliseen luontoon sekä teknologiaan (Manahan, 2000).

Atmosfääri eli ilmakehä on ohut kaasukerros, joka ympäröi maata. Sen tehtävä on pitää yllä kaasuväriä, säädellä maapallon lämpötilaa, absorboida auringosta tulevaa energiaa, kuljettaa energiaa pois maan keskiosista sekä toimia kulkuväylänä veden hydrologisessa kiertossa. (Manahan, 2000) Maapallon ilmakehässä tapahtuu ainutlaatuisia kemiallisia prosesseja, sen ilmakehässä on happea ja hiilidioksidia, jotka ylläpitävät elämää. Tämä erottaa maapallomme muista aurinkokuntamme planeetoista, esimerkiksi aurinkokuntamme uloimmilla planeetoilla ilmakehä koostuu lähes kokonaan vedystä ja heliumista. (vanLoon & Duffy, 2000)

Hydrosfääri peittää 73 % maapallon pinta-alasta, mutta vesi on myös erittäin tärkeä osa ilmakehää ja maaperää (vanLoon & Duffy, 2000). Hydrosfääri eli vesikehä sisältää

maapallon veden. Yli 97 % maapallon vedestä on merissä ja suurin osa makeasta vedestä on jään muodossa. Tämän vuoksi vain pieni osuus veden kokonaismäärästä maapallolla on mukana erilaisissa maaperän ja ilmakehän sekä biologisissa prosesseissa. (Manahan, 2000)

Geosfääri eli kivikehä pitää sisällään kiinteän osan ja myös maaperän, joka toimii useimpien kasvien kasvualustana. Litosfääri on geosfäärin osa ja se on suoraan mukana atmosfäärin, hydrosfäärin ja elollisten luonnon ympäristöprosesseissa. (Manahan, 2000) Maaperä on erittäin tärkeä ihmisille ja muulle eliöstölle, koska se on pääasiallinen kasvien kasvualusta ja muodostaa perustan maataloudelle ja metsätaloudelle (vanLoon & Duffy, 2000).

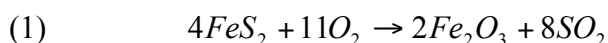
Biosfäärin eli elokehän muodostaa se osa ympäristöstä, joka sisältää elävän biologisen materiaalin ja organismit. Käytännössä koko biosfääri sisältyy geosfääriin ja hydrosfääriin erittäin ohuessa kerroksessa, jossa ympäristön kerrokset kohtaavat atmosfäärin. Biosfääri vaikuttaa voimakkaasti muihin ympäristön osiin ja vastaavasti muut osat vaikuttavat myös biosfääriin. Biosfääri on rakentunut kasvien varaan, joissa tapahtuu fotosynteesi. (Manahan, 2000)

Antrosfäärillä tarkoitetaan sitä osaa ympäristöstä, jonka ihminen on tehnyt tai muokannut, ja jota on käytetty ihmisen toimintaa varten. Antrosfääri pitää sisällään muun muassa rakennukset, veden, polttoaineen ja sähkön jakelun, jätteiden kuljetuksen ja viemäroinnin, liikennevälineet, tiet ja kaivostoiminnan. (Manahan, 2000)

Edellä mainituissa maapallon eri kehissä tapahtuu lukuisia kemiallisia reaktioita. Seuraavassa tarkastellaan rikkidioksidin vaikutusta ilmankehän saastumisessa ja happosateiden muodostumisessa, maaperän happamoitumista ja fosfaattien vaikutusta vesistöjen rehevöitymisessä.

2.2.1 Rikkidioksidin vaikutus happosateiden muodostumisessa

Maaailmanlaajuisesti rikin yhdisteitä päätyy ilmakehään hyvin paljon ihmisten toiminnan tuloksena. Suurin piirtein 100 miljoonaa metristä tonnia rikkiä pääsee kokonaisuudessaan ilmakehään ihmisen toiminnan tuloksena. Pääosin tämä on rikkidioksidia (SO_2), jota muodostuu hiilen ja polttoöljyn polttamisesta. Rikkidioksidi täytyy poistaa hiilestä, jotta rikkidioksidipäästöt saataisiin pidettyä kohtalaisella tasolla. Noin puolet hiilen sisältämästä rikistä on pyriitin, FeS_2 , muodossa ja puolet orgaanisen rikin muodossa. Rikkidioksidin muodostuminen pyriitin polton yhteydessä voidaan kuvata seuraavan reaktioyhtälön avulla (Manahan, 2000):



2.2.1.1 Ilmakehän rikkidioksidi

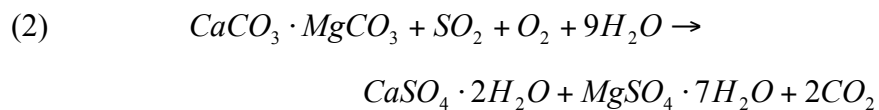
Pienillä rikkidioksidin pitoisuuksilla voi olla joitakin vaikutuksia ihmisen terveyteen (Manahan, 2000). Rikkidioksidin pääasiallinen vaikutus kohdistuu lähinnä hengitysteihin. Se aiheuttaa ärsytystä ja vaikeuttaa hapenottoa, erityisesti niiden henkilöiden osalta, joilla on heikkoutta hengitysteissä tai astmaattisuutta. Liman erityksen on myös todettu lisääntyvän ihmisen altistuessa ilmalle, jonka rikkidioksidi on saastuttanut. Rikkidioksidi aiheuttaa ihmisen kuoleman 500 ppm tasolla. Suomessa ilmanlaadulle on asetettu ohjearvoja ja rikkidioksidin raja-arvo terveyden suojelemiseksi on $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eli $3,5 \cdot 10^{-4} \text{ ppm}^1$.

Rikkidioksidi on vahingollista myös kasveille. Kasvin altistuminen äkilliselle suurelle rikkidioksidipitoisuudelle aiheuttaa kuoleman kasvisolukolle. Pitkäaikainen altistuminen rikkidioksidille aiheuttaa lehden värin haalistumisen tai kellastumisen. Rikkidioksidi muuttuu rikkihapoksi ilmakehässä, joten alueilla, jotka ovat saastuneet rikkidioksidista, kasvit voivat vahingoittua rikkihappoaerosoleista. (Manahan, 2000)

Yksi rikkidioksidin vaikutuksista on rakennusmateriaalien heikkeneminen. Kalkkikivi, marmori ja dolomiitti ovat kalsium- ja/tai magnesiumkarbonaatteja. Kun ilmakehässä oleva

¹ (<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=165057&lan=FI>, 2007)

rikkidioksidi pääsee rakennusmateriaalien pinnalle, ne muodostavat yhdisteitä, jotka ovat joko vesiliukoisia tai muodostaa huonosti kantavan kiinteän kuoren kiven pinnalle. Tämä vaikuttaa negatiivisesti ulkonäköön, heikentää rakenteellista eheyttä ja alentaa rakennuksen elinikää. Dolomiitti, kalsiummagnesiumkarbonaatti reagoi ilmakehässä olevan rikkidioksidin kanssa seuraavan reaktioyhtälön mukaisesti (Manahan, 2000):



2.2.1.2 Rikkidioksidin reaktiot ilmakehässä

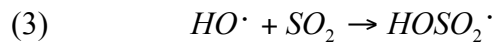
Monet tekijät kuten lämpötila, kosteus, valon voimakkuus, kulkeutuminen ilmakehässä ja tietyn aineen pinnan ominaisuudet voivat vaikuttaa rikkidioksidin ilmakehässä tapahtuviin kemiallisiin reaktioihin. Kuten monet muutkin kaasumaiset saasteet, myös rikkidioksidi reagoi ilmakehässä muiden yhdisteiden, kuten veden, kanssa. Nämä reaktiotuotteet laskeutuvat tai huuhtoutuvat ilmakehästä sateen mukana tai muiden prosessien kautta. Suurin osa ilmakehän rikkidioksidista lopulta hapettuu rikkihapoksi ja sulfaatin suoloiksi, erityisesti ammoniumsulfaatiksi tai ammoniumvetysulfaatiksi. (Manahan, 2000)

Manahanin (2000) mukaan rikkidioksidin kemialliset reaktiot voivat käynnistyä seuraavasti:

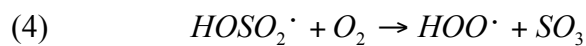
- (1) valokemiallisella reaktiolla
- (2) valokemiallisella reaktiolla ja kemiallisella reaktiolla typpioksidien ja/tai vetykarbonaattien ollessa läsnä
- (3) kemiallisessa prosessissa vesipisaran sisällä, varsinkin jos se sisältää metallin suoloja tai ammoniakkia
- (4) reaktiossa kiinteän partikkelin päällä ilmakehässä

2.2.1.3 Rikkihapon muodostuminen ilmakehässä

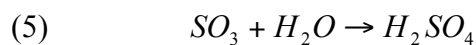
Tärkein kaasufaasissa tapahtuva reaktio, joka johtaa rikkidioksidin hapettumiseen ilmakehässä on $\text{HO}\cdot$ radikaalin liittyminen:



$\text{HOSO}_2\cdot$ radikaali osallistuu muutamaan suhteellisen nopeaan reaktioon, jonka tuloksena muodostuu rikkihappoa. Yksinkertaisin ja tärkein haponmuodostusprosessi on kuvattu seuraavan reaktioyhtälön avulla (vanLoon & Duffy, 2000):

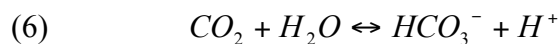


Tätä reaktiota seuraa rikkidioksidin liukeneminen veteen, jolloin muodostuu rikkihappoa. Tämä voidaan esittää seuraavan reaktioyhtälön mukaan:

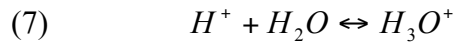


2.2.1.4 Hiilidioksidin vaikutus veden happamuuteen

Puhtaan sadeveden pH on luonnostaan hieman hapanta. Ilmakehässä oleva vesi sisältää kaasujen liukoisia muotoja, kun se on tasapainossa kaasumaisten yhdisteiden kanssa. Hiilidioksidi on heikko happo ja se liukenee ilmassa olevaan veteen seuraavan yhtälön mukaisesti (Manahan, 2000):



Koska reaktioyhtälön tasapainovakio $K_{a1} = 4,45 \cdot 10^{-7}$, niin reaktio on voimakkaasti lähtöaineiden puolella. Veteen liuenneen hiilidioksidin konsentraatio 25°C lämpötilassa ilman kanssa tasapainossa on $1,146 \cdot 10^{-5}$ mol/l. Kuten edellä mainitusta reaktioyhtälöstä voidaan huomata, hiilidioksidi liukenee osittain veteen muodostaen yhtä suuret määrät vetyionia (H^+) ja vetykarbonaatti-ionia (HCO_3^-). Vetyioni reagoi veden kanssa edelleen muodostaen oksoniumionin:



Oksoniumionin ja vetykarbonaatti-ionin konsentraatiot voidaan laskea K_{a1} arvosta seuraavan yhtälön avulla:

$$(8) \quad K_{a1} = \frac{[H_3O^+][HCO_3^-]}{[CO_2]} = \frac{[H_3O^+]}{1,146 \cdot 10^{-5}} = 4,45 \cdot 10^{-7}$$

$$[H_3O^+] = [HCO_3^-] = \sqrt{1,146 \cdot 10^{-5} \cdot 4,45 \cdot 10^{-7}} = 2,25 \cdot 10^{-6}$$

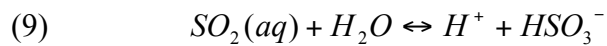
$$pH = 5,65$$

Tämä lasku selittää, miksi ilmakehässä oleva saastumaton vesi on hieman hapanta eli pH on hieman alle seitsemän.

2.2.1.5 Hapan sade

Happosateeksi kutsutaan sitä ilmiötä, jossa hiilidioksidia vahvempi happo tekee laskeuman happamaksi (Manahan, 2000). Happaman sateen pH voi olla 4,5-2,0. Joskus happaman sateen pH voi olla jopa alle 2,0. (Schwartz, Bunce, Silberman, Stanitski, Stratton & Zipp, 1994) Happamaan sateeseen kuuluu kaikenlaiset vesipitoiset laskeumat, kuten sumu, kaste, lumi ja räntä. Yleisemmin hapan laskeuma viittaa liuenneiden happojen, happamien kaasujen, kuten SO_2 , ja happamien suolojen, kuten NH_4HSO_4 , laskeumaan maan pinnalle. Rikki- ja typpiyhdisteet ovat merkittävimmät tekijät, jotka aiheuttavat hapanta laskeumaa. Ne ovat peräisin antropogeenisistä lähteistä eli ovat ihmisen aiheuttamia. Suuri osa ilmakehässä olevasta rikistä on peräisin polttamisesta ja teollisista prosesseista. (vanLoon & Duffy, 2000)

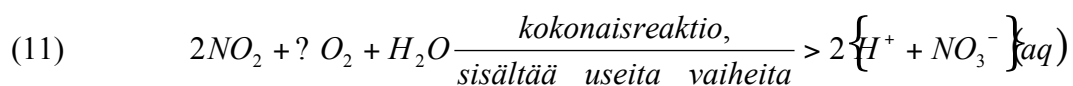
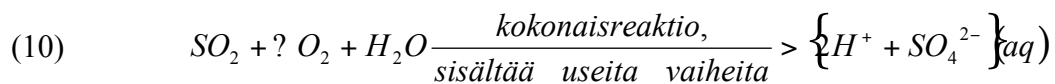
Määritelmän mukaan laskeuma voidaan jakaa märkään ja kuivaan laskeumaan. Vaikka ilmakehän hiilidioksidipitoisuus olisi erittäin korkea, rikkidioksidi vaikuttaa enemmän laskeuman happamuuteen kahdesta syystä. Rikkidioksidi on paljon vesiliukoisempi kuin hiilidioksidi. Tämä tarkoittaa sitä, että rikkidioksidista pystyy muodostumaan enemmän happoa kuin hiilidioksidista. Rikkidioksidin K_{a1} arvo on myös paljon korkeampi kuin hiilidioksidin vastaava arvo on $4,45 \cdot 10^{-7}$ (Manahan, 2000):



$$K_{a1} = \frac{[\text{H}^+][\text{HSO}_3^-]}{[\text{SO}_2]} = 1,7 \times 10^{-2}$$

Tämä tarkoittaa sitä, että kun tasapainovakion K_{a1} arvo on pieni, niin reaktio tapahtuu etenevään suuntaan vain vähäisessä määrin ja kun tasapainovakio on suuri, huomattava osa lähtöaineista muuttuu reaktiotuotteiksi. Tässä tapauksessa reaktio, joka kuvaa rikkidioksidin liukenemista on enemmän reaktiotuotteiden puolella kuin hiilidioksidin liukenemisreaktiossa. Hiilihappo on pysymätön ja hajoaa hyvin nopeasti takaisin vedeksi ja hiilidioksidiksi, koska sen $K_{a1} = 4,45 \cdot 10^{-7}$ arvo on niin pieni.

Vaikka hapan sade voi muodostua suoranaista vahvojen happojen päästöistä, kuten suolahappokaasusta ja rikkihapposumusta, suurin osa happamasta sateesta muodostuu kuitenkin ilmansaasteista, jotka muodostavat happoja ilmakehässä hapettumisen kautta:



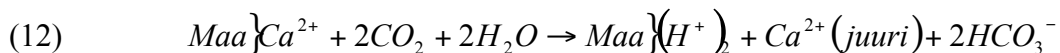
Happosateita on myös havaittu alueilla, joiden lähellä ei ole edellä mainittuja lähteitä. Tämä johtuu siitä, että happoja muodostavat kaasut ovat hapettuneet happojen osiksi, jotka ovat kulkeutuneet ilmamassojen mukana kilometrien päähän ja laskeutuneet siellä useiden päivien päästä. (Manahan, 2000)

Happosateet leviävät useiden satojen tai jopa useiden tuhansien kilometrien päähän. Tämä tekee happosateesta *alueellisen* ilmansaasteongelman, kun sitä verrataan esimerkiksi *paikalliseen* ilmansaasteongelmaan kuten savusumuun tai *maailmanlaajuiseen* otsonikerrosta tuhoaviin CFC -yhdisteisiin ja kasvihuonekaasuihin. (Manahan, 2000)

2.2.2 Maan happamuus

Suomen maaperä on luontaisesti hapanta kallioperän laadun takia ja sen vuoksi pystyy huonosti vastustamaan happamoittavia tekijöitä, kuten hapanta sadetta. Maa on kuitenkin hyvin puskuroitunut ja pH ei muutu heti vaikka siihen kohdistuisikin H^+ -kuomaa. Maan haponneutraloimiskyky pienenee koko ajan happamoitumisen edetessä. Suomessa on vähän kalkkipitoisia maita, joissa karbonaatit voivat toimia tehokkaina puskureina. Suomessa on kylläkin korkea humuspitoisuus, jonka avulla maa pystyy sitomaan vetyioneja itseensä. Puskurointireaktioiden haittapuolena on, että maa menettää samalla kationinvaihtopaikkoja. (Hartikainen, 2005)

Yksi maaperän tärkeimmistä kemiallisista tehtävistä on kationien vaihto. Kationinvaihto maaperässä on mekanismi, jonka kautta kalium, kalsium, magnesium ja välttämättömät hivenainemetallit saadaan kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Kun ravinnemetalli-ionit kulkeutuvat kasviin juurien kautta, vetyioni vaihdetaan metalli-ioniksi. Tämä prosessi sekä kalsium-, magnesium- ja muiden metalli-ionien suodattuminen maaperästä veden avulla, joka sisältää hiilihappoa, tekee maaperän happamaksi:



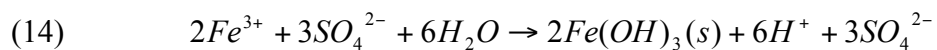
Maaperä toimii puskurina ja vastustaa pH:n muutosta. (Manahan, 2000) Puskurointikyky riippuu maaperän tyypistä. Happamoitumisella tarkoitetaan sitä, että luonnon kyky vastustaa hapanta laskeumaa heikkenee. Happamoitumisen seurauksia ovat esimerkiksi kasviravinteiden, kuten fosfaatin ja molybdaatin, käyttökelpoisuuden heikkeneminen pH:n laskiessa. Hyvin happamien maiden ongelma on, että ravinteet saattavat saavuttaa maavedessä myrkylliset pitoisuudet. (Hartikainen, 2005)

Alhainen pH yleensä hidastaa orgaanisen aineksen hajotusta ja heikentää maan tuottokyvyn kannalta hyödyllisten mikrobien kilpailukykyä ja suosii vahingollisia mikrobeja. Sienet viihtyvät happamissa oloissa paremmin kuin bakteerit. Ne sitovat enemmän hajottamaansa ainesta soluihinsa kuin bakteerit ja näin hidastavat ravinnekiertoa. (Hartikainen, 2005)

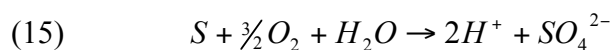
Yleisimmät kasvit elävät parhaiten maaperässä, jonka pH on lähellä neutraalia. Jos maaperä tulee liian happamaksi, niin sen tuottavuus voidaan palauttaa kalkitsemalla, yleisimmin lisäämällä kalsiumkarbonaattia:



Alueilla, joilla sademäärä on vähäinen, maaperä saattaa tulla emäksiseksi perussuolan Na_2CO_3 vuoksi. Emäksistä maaperää voi käsitellä alumiini- tai rautasulfaattilla:



Rikki hapettuu bakteerien välityksellä maaperässä rikkihapoksi:



Tämän vuoksi rikkiä käytetään emäksisen maaperän happamoittamisessa. Suuria määriä rikkiä poistetaan fossiilisista polttoaineista, jotta ilma ei saastuisi rikkidioksidin takia. Rikin käyttö emäksisten maa-alueiden happamoittamisessa voisi olla taloudellisesti kannattavaa. (Manahan, 2000)

2.2.3 Vesistöjen rehevöityminen ja fosfaatti

Termi rehevöityminen tulee Kreikasta ja tarkoittaa ”hyvin ravittua”. Rehevöityminen kertoo vesistöjen kunnosta ja liiallisesta levien kasvusta. Levät on välttämätön osa vesistöjen ekosysteemin ravintoketjussa, mutta niiden liiallinen kasvu rehevissä olosuhteissa voi johtaa lopulta vakavaan vesistön tilan heikkenemiseen. Ensimmäinen askel rehevöitymisessä on kasviravinteiden tai jäteveden pääsy vesistöihin. Tämän jälkeen ravinnerikkaassa vesistössä muodostuu paljon kasvien biomassaa fotosynteesin kautta. Kuollut biomassa kerääntyy järven pohjalle, jonne se myös osittain mädäntyy, jolloin ravinteiden kuten hiilidioksidin, fosforin, typen ja kaliumin kierto jatkuu. Jos järvi ei ole liian syvä, pohjakasvit alkavat kasvaa kiihdyttäen kiinteän aineksen kerääntymistä

pohjalle. Lopulta muodostuu suo, joka voi vielä täyttyä ja muodostaa niityn tai metsän. (Manahan, 2000)

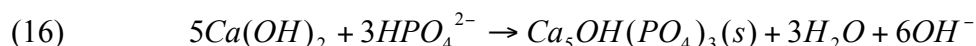
Ihmisen toiminta voi kiihdyttää rehevöitymistä. Esimerkiksi ihmisen aiheuttamat jätevedet sekä voimakkaasti lannoitettujen peltujen valumavedet sisältävät yleensä typpeä, fosforia ja kaliumia, jotka aiheuttavat rehevöitymistä. Fosfori on yleisesti nimitetty syylliseksi liialliseen rehevöitymiseen. Kotitalouksien pesuaineet ovat yleisesti jätevesien fosfaatin lähde. Rehevöitymisen kontrollointi keskittyy poistamaan fosfaatteja pesuaineista ja poistamaan niitä likavesistä vedenpuhdistuslaitoksissa sekä estää fosfaattipitoisten jätevesien pääsyä vesistöihin. (Manahan, 2000)

Polymeerisiä fosfaatteja on käytetty veden käsittelyssä, veden pehmentämisessä ja pesuaineissa jo 1930-luvulta lähtien. Veden käsittelyssä polyfosfaatti eristää kalsiumionin joko liukoiseen muotoon tai lietteeksi. Polyfosfaattikäsittelyn tarkoituksena on pienentää kalsiumionin tasapainokonsentraatiota ja ehkäistä kalsiumkarbonaattisaostumien muodostumista esimerkiksi vesiputkiin. Kun veden pehmentäminen suoritetaan kunnolla polyfosfaateilla, kalsium ei muodosta saostumia saippuan kanssa tai reagoi haitallisesti pesuaineiden kanssa. (Manahan, 2000)

2.2.3.1 Fosfaattien poisto jätevesistä

Kehittynyt jätteen käsittely vaatii yleensä fosforin poiston levän kasvamisen vähentämiseksi. Levä voi kasvaa niinkin pienissä PO_4^{3-} pitoisuuksissa kuin 0,05 mg/l. Kasvamisen ehkäiseminen vaatii paljon pienempiä pitoisuuksia kuin 0,5 mg/l. Kuntien jätevedet sisältävät fosfaatteja tyypillisesti noin 25 mg/l, joten fosfaattien poiston tehokkuuden pitää olla korkea. Kemiallisia tavoista yleisimmin käytetty keino on poistaa fosfaatit saostamalla. Saostamisprosessit kykenevät poistamaan 90–95% fosforista. (Manahan, 2000)

Kalkkia, Ca(OH)_2 , käytetään yleisesti kemiallisessa fosforin poistossa:



Kalkin etuja ovat matalat kustannukset ja sitä on helppo muodostaa uudelleen. Muita saostajia ja niiden tuotteita on mainittu seuraavassa taulukossa.

Taulukko 2.1 Kemiallisia fosfaatin saostajia ja niiden tuotteita (Manahan, 2000).

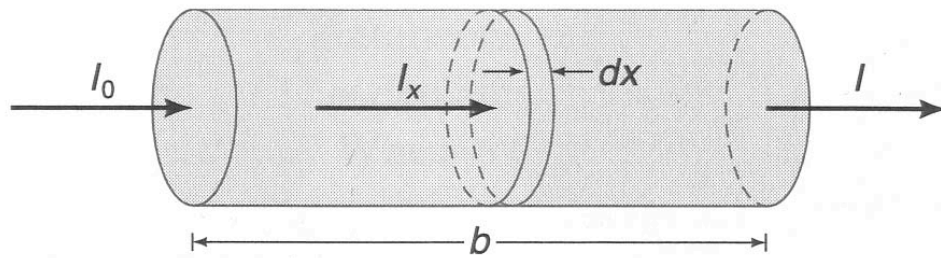
Saostaja	Tuote
Ca(OH)_2	$\text{Ca}_5\text{OH(PO}_4)_3$
$\text{Ca(OH)}_2 + \text{NaF}$	$\text{Ca}_5\text{F(PO}_4)_3$
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	AlPO_4
FeCl_3	FePO_4
MgSO_4	MgNH_4PO_4

2.2.3.2 Fosfaattien määrittäminen vesiliuoksesta

Kolorimetrinen analyysi

Systeemin värinmuutos konsentraation muutoksen mukana muodostaa perustan kolorimetriselle analyysille. Väri on usein peräisin värillisen yhdisteen muodostumisesta tai jonkin sopivan reagenssin lisäämisestä, tai se voi kuulua haluttuun tuotteeseen luontaisesti. Värin intensiteettiä voidaan sitten verrata käsittelemällä tiedetty pitoisuus ainetta samalla tavalla. (Bassett, Denney, Jeffery ja Mendham, 1978)

Kolorimetrialla määritetään aineen konsentraatio mittaamalla valon suhteellinen absorptio ja vertaamalla sitä tiedetyn aineen konsentraatioon. Visuaalisessa kolorimetriassa luonnollinen tai keinotekoinen valkoinen valo toimii valonlähteenä ja mittaukset tehdään yksinkertaisella laitteella, jota kutsutaan kolorimetriksi. Kolorimetrisissa mittauksissa käytetään näkyvän valon aallonpituuksia eli aallonpituusaluetta 400-760 nm. Kolorimetrisella mittauksella saadaan määritettyä esimerkiksi tuntemattoman liuoksen pitoisuus ja konsentraation muutos ajan kuluessa. (Bassett, Denney, Jeffery ja Mendham, 1978)



Kuva 2.2 Valon absorboituminen liuoksessa, jonka paksuus on b (Chang, 2000).

Lambert-Beerin laki on hyvin käyttökelpoinen kun tutkitaan absorptiota kvantitatiiviselta kannalta. Kun monokromaattinen valo kulkee liuoksen läpi, valon intensiteetin pieneneminen määrällä $-dI_x$ on verrannollinen liuoskerroksen paksuuden suhteen $I_x dx$ (Chang, 2000):

$$(17) \quad \begin{aligned} -dI_x &\propto I_x dx \\ &= kI_x dx \end{aligned}$$

I_x on valon intensiteetti matkalla x ja k on verrannollisuuskerroin, joka riippuu absorboivasta liuksesta. Kun yhtälö 17 integroidaan ja huomioidaan koko absorboivan liuoksen paksuus, saadaan lopulta yhtälö:

$$(18) \quad -\log \frac{I}{I_0} = k'b$$

Symboli b on liuoksen paksuus ja k' on verrannollisuuskerroin ($k=2,303k'$). Suhdetta I/I_0 kutsutaan transmittanssiksi (T). Transmittanssi on näytteestä läpi päässeän säteilyn intensiteetti jaettuna säteilyn alkuperäisellä intensiteetillä. Yhtälö 18 voidaan ilmoittaa myös seuraavassa muodossa:

$$(19) \quad -\log T = A = \epsilon bc$$

tai

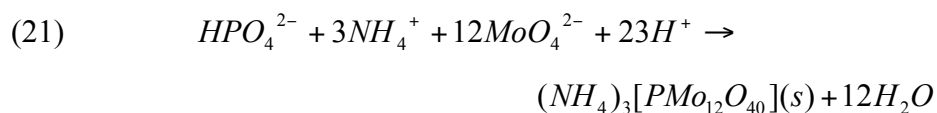
$$(20) \quad A = \epsilon bc$$

A on absorbanssi, ϵ on molaarinen absorptiokerroin $\left(\frac{l}{\text{cm} \cdot \text{mol}}\right)$, b on valon kulkema matka liuoksen läpi (cm) ja c on konsentraatio $\left(\frac{\text{mol}}{l}\right)$. Yhtälö 19 tunnetaan Lambert-Beerin lakina. Yhtälön avulla voidaan todeta, että mitä pienempi transmittanssi on, sitä suurempi on valon absorptio. Yhtälön avulla voidaan todeta myös, että absorbanssi ja liuoksen konsentraatio ovat verrannollisia keskenään. Tämä laki muodostaa kvantitatiivisen perustan absorptiospektroskopialle ja sitä voidaan käyttää myös kolorimetrisessä analyysissä.

Analyysitulokset lasketaan tai ratkaistaan graafisesti mitatun absorbanssin ja konsentraation välisestä lineaarisesta yhteydestä. Absorptiometriset menetelmät antavat saadut tulokset 5-10% tarkkuudella, joten näitä menetelmiä voidaan pitää hieman epätarkempina kuin massa-analyttisiä tai mitta-analyttisiä menetelmiä, joiden tarkkuus on 1-2%. Kolorimetrian virhelähteitä ovat esimerkiksi valonlähteen huono stabiilisuus, valon huono monokromaattisuus, heijastumat kyvetin pinnasta, naarmut ja lika kyvetin pinnoilla, liuoksen epähomogeenisuus ja mittaolosuhteiden muutokset kesken mittaussarjaa (lämpötila, pH, mitattavan liuoksen valmistusajankohdan ja mittaushetken väliset aikaerot). (Klinga & Näsäkkälä, 2003)

2.2.3.3 Fosfaatin määrittäminen

Fosfaatti voidaan määrittää liuoksesta molybdeenisinimenetelmällä kolorimetrisesti. Happamaan PO_4^{3-} -ioneja sisältävään liuokseen syntyy keltaista ammoniummolybdofosfaattia $\{(\text{NH}_4)_3[\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}]\}$, kun siihen lisätään ammoniummolybdaattia $((\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4)$:



Kun keltainen ammoniummolybdofosfatti pelkistetään askorbiinihapolla, niin muodostuu sinistä kompleksia, ammoniumfosfomolybdaattia. Sinisen värin voimakkuus kertoo liuoksen sisältämän fosfaatin pitoisuudesta. Kalibrointi on lineaarinen ainakin välillä $0 \text{ g/mol} \leq [\text{PO}_4^{3-}] \leq 0,0010 \text{ g/mol}$. (Lavonen & Kolari, 1991) Samoin ortofosforihapon (H_3PO_4) anioni (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} ja PO_4^{3-}) muodostaa ammoniumheptamolybdaattitetrahydraatin $[(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$ kanssa kompleksiyhdisteen, joka muuttuu askorbiinihapolla pelkistettäessä siniseksi ammoniumfosfomolybdaatiksi. Värin voimakkuus on verrannollinen liuoksen fosfaattikonsetraatioon, kun pH ja molybdaatti-ionikonsentraatio ovat vakioita². Tällöin voimme käyttää kolorimetristä analyysia määrittäessä liuoksien fosfaatin pitoisuutta (Lavonen & Kolari, 1991). Parhaan lopputuloksen saa, kun oppilastyössä (ks. liite 4) fosfaatin määrittäminen tehdään 0,8 % ammoniumheptamolybdaattitetrahydraattiliuoksella, joka on liuotettu 1 M suolahappoliuokseen. Fosfaatin pitoisuuden määrittämisessä käytetään punaista linssiä punaisen valon muodostamiseksi, koska kokeessa käytettävä sininen liuos absorboi voimakkaimmin punaista valoa.

2.3 Kontekstipohjainen oppiminen

Ympäristökemian opiskelu on kontekstipohjaista oppimista. Sen lähestymistavoissa opetetaan ja opiskellaan luonnontieteitä lähtemällä liikkeelle tilanteista, jotka kiehtovat oppilaita ja jotka osoittavat, että kemiasta on hyötyä. Kontekstipohjaisen opetuksen päämääränä on herättää nuorten kiinnostus luonnontieteisiin ja osoittaa kuinka luonnontieteet liittyvät arkipäivään (Lavonen, 2006). Kontekstit kemian opiskelussa voivat olla esimerkiksi teknologia- ja yhteiskuntakonteksteja ja tähän pro gradu -tutkielmaan liittyvät ympäristökontekstit. Ainakin 1920-luvulta lähtien ollaan oltu kiinnostuneita kontekstiin sidotusta oppimisesta (Lavonen, 2006).

² (http://www.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/ymparistoanalyysit_maananaytteen_fosfori.html, 2007)

”Kontekstin tehtävä on kuvata sellaisia olosuhteita, jotka antavat merkityksen sanoille, fraaseille ja lauseille. Kontekstin tulee tarjota johdonmukainen rakenteellinen merkitys jollekin uudelle, joka sisältyy laajempaan kokonaisuuteen. Nämä kuvaukset ovat yhdenmukaiset sen kanssa, kuinka kontekstin käytön tulisi toimia kemian opetuksessa: oppilailla tulisi olla mahdollisuus saada merkitys kemian opiskelulle, heidän tulisi kokea opiskelu merkityksellisenä jollain heidän elämän alueella ja heidän tulisi olla mahdollisuus rakentaa yhtenäinen kokonaisuus oppiaineesta. (Gilbert, 2006)

Kontekstia käytetään keskustelun tulkitsemiseen. Sanaton käyttäytyminen, kuten diagrammien käyttö, animoitu malli tai valokuva voi luoda kontekstin, jonka pohjalta keskustelu käydään: Tätä kutsutaan ”keskeiseksi tapahtumaksi”. Se on tapahtuma, joka saa huomiota ja joka laitetaan valokeilaan. Konteksti on keskeinen tapahtuma, johon kuuluu myös kulttuuriset asetelmat. (Duranti & Goodwin, 1992)

Opetuksellisella kontekstilla tulee olla neljä ominaisuutta (Duranti ja Goodwin, 1992), esimerkkinä on ”The chemistry of global warming” (Stanitski, Eubanks, Middlecamp & Pienta, 2003, s. 98-144):

- (1) Minne, milloin, miten keskeinen tapahtuma sijoittuu? Keskeinen tapahtuma on yleinen ilmiö eli maailmanlaajuinen ilmaston lämpeneminen, joka ilmenee eri tavoin ympäri maailmaa.
- (2) Mitä ihmiset tekevät siinä tilanteessa? Keskustellaan monista tavoista vähentää ilmiöön vaikuttavien kaasujen syntyä ja mahdollisuuksista poistaa ilmakehässä nyt jo olevia kaasuja.
- (3) Millä kielellä ihmiset puhuvat heidän toimistaan? Esimerkiksi kaasujen molekyyliarakenteista voidaan puhua.
- (4) Mikä on niiden henkilöiden taustatieto. On tarve saada yleistä koulutusta molekyylien rakenteista ja energian muuttumisesta.

2.3.1 Kemian opetuksen haasteita

Gilbert (2006) on artikkelissaan koonnut kemian opetukseen liittyviä haasteita:

- (1) Ylikuorma. Tieteellistä tietoa kertyy aina vain kiihtyvällä vauhdilla ja sen seurauksena opetussuunnitelmat ovat tulleet ylikuormitetuiksi sisällön määrällä (Millar & Osborne, 2000; Rutherford & Ahlgren, 1990). Koska sisällön määrä on suuri, oppisisältö on liian

usein kokonaisuus, joka koostuu yksittäisistä faktoista, jotka on irrotettu niiden tieteellisestä alkuperästä (De Vos, Bulte & Pilot, 2002).

(2) Yksittäiset faktat. Näitä oppisisältöjä opetetaan ilman, että oppilaat tietävät miten heidän tulisi muodostaa yhteyksiä yksittäisten faktojen sisällä ja välillä. Ison määrän yksittäisten faktojen sisäistämisestä ei itsestään muodostu mentaaleja malleja. Oppilaat eivät itse voi hankkia tietoa kuinka antaa merkitys sille mitä he ovat opiskelemassa. Tämä voi ainoastaan johtaa siihen, että oppilaat sitoutuvat vähän oppitunteihin.

(3) Siirtovaikutuksen puute. Oppilaat voivat ratkaista ongelmia, jotka on esitetty tavoilla, joita on käytetty opetuksessa. He eivät onnistu ratkaisemaan ongelmia, kun ne esitetään eri tavalla. Siirtovaikutusta on vähän tai ei ollenkaan. Siirtovaikutus valmistaisivat oppilaita elämän mittaiseen kemian oppimiseen tai sen käyttämiseen jokapäiväisessä elämässä (Osborne & Collins, 2000, s. 21).

(4) Merkityksen puute. Oppilaat eivät ymmärrä miksi heidän tulisi opiskella pakollinen materiaali. Parhaimmillaan kemiasta on tullut pakollinen oppiaine sitä varten, että oppilaat pääsisivät opiskelemaan sellaista, josta he ovat oikeasti kiinnostuneita, esimerkiksi lääketiede.

(5) Riittämätön korostus. Perinteiset painotukset kemian opetussuunnitelmassa ovat olleet ”luja perustus” (niin, että oppilas voi ymmärtää seuraavan kurssin), ”täsmälliset selitykset” (tiede on täsmällinen selitys maailmasta) ja ”tieteellisen taidon kehittyminen” (käyttämällä oikeaa prosessia voidaan tuottaa luotettavaa tietoa) (Roberts & Ostman, 1998, s. 6-10). Nämä painotukset on lisääntyvästi nähty riittämättömänä pohjana edistyneemmän kemian opiskeluun. Se on myös riittämätön pohja kemian opetukselle, joka kohdistuu suurimpaan osaa oppilaista, jotka eivät jatka kemian opiskelua (Laugksch, 2000).

2.3.2 Kontekstipohjaisen oppimisen mahdollisuuksia

Kemian opetuksen haasteisiin on yritetty vastata kehittämällä kontekstipohjaista tiedeopetusta, joka alkoi jo 1970 luvulla (Pilot ja Bulte, 2006). Esimerkiksi Salters'n perhe on kehittänyt kontekstipohjaisia lähestymistapoja Yhdistyneessä kuningaskunnassa, ChemCom ja Chemistry in Context Yhdysvalloissa. Niiden tavoitteena on ollut tehdä tieteiden oppiminen oppilaille mielekkäämmäksi. Oppisisältöjen kehittäminen tähtäävät enemmän muutamien avainideoiden syvälliseen ymmärtämiseen kuin perinteiseen kemian opiskeluun, joka on sisällöllisesti kattava. Kontekstipohjaisten lähestymistapojen tarkoituksena on yhdistää tiede ja teknologia sosiotieteellisiin aiheisiin. Niistä voidaan

tuoda esille seuraavat esimerkit: Mikä on ilman laatu yhteisössä, kuinka hyvää vesi on ja miksi pitäisi pitää turvavyötä autossa (mm. Hart, 2002; Lijnse, Kortland, Eijkelhof, Van Genderen & Hooymakers, 1990)

Kontekstipohjaisella oppimäärällä on havaittu olevan seuraavia hyötyjä (Gilbert, 2006; Bennett, 2003):

- (1) oppilaiden kiinnostus ja nauttiminen tiedeaineiden oppitunneista on yleisesti lisääntynyt, kun kontekstipohjaisia materiaaleja on käytetty ja on seurattu kontekstipohjaisia kursseja
- (2) kontekstipohjaiset materiaalit helpottavat oppilaita näkemään ja arvostamaan selvemmin yhteyksiä opiskeltavat tieteen ja jokapäiväisen elämän välillä
- (3) oppilaat, jotka suorittavat kurssia kontekstipohjaisesti oppivat tieteiden käsitteitä ainakin yhtä tehokkaasti kuin perinteistä opetusta saavat oppilaat
- (4) opetussuunnitelman kehittämismalli, jossa opettajat saavat olla mukana, on tehokas saamaan aikaan muutoksia ja se helpottaa opettajien huolia ja levottomuutta uudistuksen keskellä

Pilot ja Bulte (2006) esittelevät artikkelissaan viisi erilaista kontekstipohjaista tutkimusta, joiden tarkoituksena oli vastata Gilbertin (2006) esittelemiin kemian opetuksen haasteisiin. Tutkimukset olivat Chemistry in Context Yhdysvalloissa, Salters Advanced Chemistry Yhdistyneessä kuningaskunnassa, Industrial Chemistry Israelissa, Chemie im Kontext Saksassa ja Context–concept Approach Alankomaissa. Tutkimuksen tarve nousi lisääntyneestä mielenkiinnosta kontekstipohjaista opetusta kohtaan. Kiinnostus on ollut ilmeinen sekä tutkijoiden yhteisön ja kemian opetussuunnitelmien kehittäjien keskuudessa että organisaatioissa, jotka valmistavat ja päättävät kemian opetuksesta valtakunnallisella tasolla.

Pilot ja Bulte (2006) analysoivat viiden tutkimuksen tulokset. Tuloksista käy selville, että opetussuunnitelman kehittäminen kontekstipohjaisesti tarjoaa hedelmällisiä mahdollisuuksia välttää oppimäärän ylikuormittumisen (Gilbertin mainitsema haaste 1, ks. kappale 2.3.1). Neljä viidestä tutkimuksesta mahdollisti yhtenäisen mentaalisen mallin muodostamisen (2. haaste), Mentaalien mallien kehittymisestä on kuitenkin vain vähän tuloksia. Kaikissa viidessä tutkimuksessa kemian oppimisen kokeminen merkitykselliseksi oli suurempi kuin perinteisessä opetuksessa (4. haaste). Yksikään tutkimuksista ei löytänyt

riittävää ratkaisua tiedon siirtovaikutuksen lisäämiseksi (3. haaste). Analyysi osoittaa, että eksplisiittisiä ja implisiittisiä ratkaisuja tehtiin kemian opetuksen tavoitteiden laajentamiseksi käyttämällä muita kuin perinteisiä opetussuunnitelman painopisteitä (5. haaste). Löydökset vahvistavat myös, että kontekstipohjainen opetus tukee oppilaan motivaatiota ja siten auttaa heitä sitoutumaan kemian opiskeluun.

2.3.3 Kontekstipohjaisen oppimisen haasteita

Suuren mittakaavan muutoksen tekeminen kemian opetussuunnitelman perusteissa on vaikeaa. Opettajan asenteella on vaikutusta innovaation onnistumiseen. Esteenä saattaa olla, että kokeneilla opettajilla ja opettajaopiskelijoilla on käsityksiä omasta onnistumisesta perinteistä ohjelmaa seuratessa ja pysyttyä siinä. Heillä saattaa olla myös käsityksiä siitä mikä ”lasketaan kemian opettamiseksi”. Vaikka opettajat olisivat erittäin innostuneita uudesta lähestymistavasta, niin he voivat kokea paineita pysyttyä perinteisissä opetusmenetelmissä. (Pilot & Bulte, 2006)

Kontekstipohjaisen opetuksen onnistumisen esteenä voi olla oppilaat ja heidän vanhemmat, jotka pitävät kiinni perinteisistä tavoista opettaa ja oppia kemiaa. Tämä pitää paikkansa myös monissa jatkokoulutuksen instituutioissa, niiden opettajilla ja ammatillisten organisaatioiden päättäjillä. Eräs estävä tekijä kontekstipohjaisen opetuksen kehittämiseksi on myös päättäjien vaatimukset tulevaa opetusta kohtaan. (Pilot & Bulte, 2006)

Arvioinnin sisällöllä ja muodolla on merkittävä vaikutus oppimis- ja opettamisprosessiin (Pilot & Bulte, 2006). Kontekstipohjainen oppiminen tarvitsee tulevaisuudessa arvioinnin metodeja, jotka mukautuvat ja ovat johdonmukaisia opetuksen tavoitteiden kanssa. Perinteinen arvioiminen kokeiden avulla saattaa estää innovatiivista kehittämisprosessia. Kontekstipohjaiseen arviointiin tulisi johtaa normeja uuden kontekstipohjaisen opetuksen visioista ja tavoitteista.

Kontekstipohjaisten lähestymistapojen haasteita ovat esimerkiksi irrallisista havainnoista ja jokapäiväisen ympäristön sovelluksista liikkeelle lähteminen. Tämä voi johtaa siihen, että omaksutut tiedot jäävät irrallisiksi sirpaletiedoiksi. Sovelluksiin liittyvä teoria saattaa olla tavattoman vaikea. Jos kontekstipohjainen oppimateriaali ei ole valmiina, sen laatiminen

vie opettajalta aikaa ja sen opiskelu vie myös aikaa. (Lavonen, 2006) Yhtenä haasteena voi olla, että oppilaat sekoittavat asiat keskenään, kun opettajat puhuvat eri kontekstien perspektiiveistä ilman, että he tarkentavat sitä mitä tarkoittavat (Pilot & Bulte, 2006). Tilannetta helpottaa jos yhden oppimäärän osa perustuu vain yhteen valittuun tarkkaan oppimäärän painopisteeseen (Roberts, 1988).

2.4 Ongelmaperustainen lähestymistapa

Ongelmaperustaisen oppimisen (PBL) idea on käynnistää oppiminen autenttisten, ammatillisesta käytännöstä nousevien ongelmien, erilaisten tilanteiden ja teemojen kautta (Poikela, 2003). PBL:ää on kutsuttu jopa viime vuosikymmenen tärkeimmäksi koulutukselliseksi innovaatioksi ammatillisessa koulutuksessa (Boud & Feletti, 1991). Ongelmaperustaisessa oppimisessa yhdistyvät monet hyvän ja tehokkaan oppimisen ja opetuksen tekijät. Niitä ovat esimerkiksi itseohjautuva oppiminen, kyky kriittiseen ja analyyttiseen ajatteluun, poikkitieteellisyys, ryhmä- ja vuorovaikutustaidot sekä informaation käsittelyn taidot. (Poikela, 2003) Nämä kaikki ovat myös keskeisiä asioita perusopetuksen opetussuunnitelmien perusteissa (OPS 2004). Ongelmaperustaisen opetussuunnitelman tarkoitus on luoda yhteys koulutuksen ja työn välille (Poikela & Nummenmaa, 2006).

Ongelmaperustainen oppiminen tulee englannin kielen sanoista problem-based learning. Englannin kielessä käytössä on muitakin ilmaisuja, joiden tarkoituksena on korvata ikävältä kuulostava sana, ongelma. Käytössä on esimerkiksi integrated learning, case based learning, pathway models, context based learning ja solution focused approaches. (Chen, Cowdroy, Kingsland & Ostwald 1994; Poikela, S. Lähtenmäki & Poikela, E., 2002) Suomessa käytetään käsitettä ongelmaperustainen oppiminen. Suomessa ongelmaperustainen oppiminen on samaistettu toisinaan ylimalkaisesti projektioppimiseen ja tutkivaan oppimiseen (Hakkarainen, Lonka & Lipponen, 1999; Vesterinen, 2001). Termien selkeyden vuoksi on paikallaan käyttää suomen kielessäkin alkuperäistä lyhennettä PBL tarkoittamaan ongelmaperustaista oppimista, jotta sekaantuminen mahdollisuus ei olisi niin suuri (Poikela, 2003).

Ensimmäiset ongelmaperustaisen oppimisen sovellukset liittyivät lääketieteen ja terveystieteiden opetukseen. Yksi PBL:n syntysija on kanadalainen McMasterin yliopisto 1960-luvulla (Neufield & Barrows, 1974). 1970-luvulla PBL oli levinnyt jo maailmanlaajuisesti, etenkin englanninkielisellä alueella. Suomessa PBL:stä on kiinnostuttu enemmän vasta 1990-luvulta lähtien. Vuonna 1994 ongelmaperustaista lähestymistapaa esiteltiin Tampereen yliopistossa lääketieteen yhteydessä ja 1996 Pirkanmaan ammattikorkeakoulussa fysioterapian yhteydessä. (Poikela, 2003) Myöhemmin sitä on käytetty myös lastentarha- ja luokanopettajakoulutuksessa Tampereen yliopistossa (Poikela & Poikela, 1997, 2001; Nummenmaa & Perä-Rouhu, 2002; Lähteenmäki, 2000, 2001; Nummenmaa & Virtanen, 2002; Virtanen, 2001).

Kokemuksellinen oppiminen ja konstruktivismi korostuvat koulutuksen järjestämisen taustalla, kun PBL:stä puhutaan opetusfilosofiana. Tällöin oppijan toiminnassa korostuu elinikäisen oppimisen merkitys. Ongelmaperustaisessa oppimisessa opetussuunnitelma integroi eri oppiaineiden tietoaineiksia, jolloin oppija pystyy jo opiskeluvaiheessa muodostamaan työelämäntarpeita palvelevia kokonaisuuksia ja aloittamaan ammatillisen osaamisen kehittämisen. (Poikela, 2003)

Ongelmaperustainen oppiminen on oppimismalli, jonka keskipisteenä on oppilas. Se kehittää aktiivista oppimista, ongelmanratkaisutaitoja ja lisää tietoa. Se pohjautuu ymmärtämiseen ja ongelmanratkaisuun. (Barrows & Tamblyn, 1980; Mayo et al., 1993; Mechling, 1995; Skrutvold, 1995; Major et al., 2000; Malinowski & Johnson, 2001) Luokkahuone, jossa ongelmaperustainen lähestymistapaa käytetään, oppilaiden täytyy ottaa paljon vastuuta omasta oppimisestaan. Heidän pitäisi tulla itsenäisiksi oppijoiksi, jotka voivat jatkaa oppimista koko elämänsä ajan. (Akinoğlu & Özkardeş Tandoğan, 2006)

Ongelmaperustainen lähestymistapa muuttaa oppilaan roolin passiivisesta tiedon vastaanottajasta aktiiviseksi, vapaaksi itseopiskelijaksi ja ongelmanratkaisijaksi ja se siirtää opetusohjelmien painotuksen opetuksesta oppimiseen. Tämä oppimismalli mahdollistaa oppilaalle oppia uutta tietoa kohtaamalla ratkaistavia ongelmia sen sijaan, että oppilaan tulisi opiskella suuri taakka sisältöjä. (Akinoğlu & Özkardeş Tandoğan, 2006).

Ongelmaperustaisessa lähestymistavassa tärkeitä seikkoja ovat: (i) Ongelmat täytyy valita niin, että ne sopivat parhaalla mahdollisella tavalla arkielämään. (ii) Ongelmien

täytyy olla avoimia. (iii) Ongelmien täytyy herättää uteliaisuutta. (iiii) Ongelmien pitää keskittyä vain yhteen aiheeseen. (Akinoğlu & Özkardes Tandoğan, 2006)

Ongelmaperustaisen lähestymistavan hyötyinä pidetään (Akinoğlu & Özkardes Tandoğan, 2006; Treagust & Peterson, 1998):

- Tunnit ovat oppilaskeskeisiä sen sijaan, että ne olisivat opettajakeskeisiä.
- Oppimismalli kehittää oppilaiden itsekontrollia. Se opettaa suunnitelmien tekemistä, todellisuuden kohtaamista ja tunteiden ilmaisua.
- Malli mahdollistaa oppilaille tapahtumien näkemistä moniulotteisesti ja syvällisesti.
- Se kehittää oppilaiden ongelmanratkaisutaitoja.
- Se rohkaisee oppilaita oppimaan uutta tietoa ja käsitteitä samalla kun he ratkaisevat ongelmia.
- Se kehittää oppilaiden sosiaalisia taitoja ja kommunikointitaitoja ryhmätyöskentelyn kautta
- Se kehittää oppilaan korkeamman tason ajattelua ja kriittistä ajattelua ja myös tieteellisen ajattelun taitoja.
- Se yhdistää teorian ja käytännön.
- Se antaa oppilaalle mahdollisuuden yhdistää vanhan tiedon uuteen tietoon ja se kehittää oppilaiden arviointitaitoja.
- Se motivoi sekä oppilaan että opettajan oppimaan.
- Oppilaat tarvitsevat ajan hallinnan, keskittymisen, tiedon keräyksen, tulosten valmistelun ja arvioinnin taitoja.
- Se mahdollistaa elinikäisen oppimisen.

Ongelmaperustainen lähestymistavan haasteina on havaittu olevan (Akinoğlu & Özkardes Tandoğan, 2006; Treagust & Peterson, 1998):

- Opettajien voi olla vaikeaa vaihtaa opetustyyliään.
- Oppilailla voi kestää pitempi aika ratkaista ongelmallisia tilanteita, kun ne esitetään ensimmäistä kertaa luokassa.
- Ryhmät tai henkilöt saavat työnsä valmiiksi eri aikaan.
- Ongelmaperustainen oppiminen vaatii opettajalta paljon materiaaleja ja tutkimista.
- Ongelmaperustaista lähestymistapaa on vaikea käyttää jokaisella tunnilla.
- Oppimista on vaikea arvioida.

Oppijan toiminnan näkökulma korostuu, jos PBL ymmärretään koulutuksellisenä välineenä ja lähinnä tekniikkana ja metodina (Chen, 2000). Tällöin PBL välittää oppijoille pirstaleisen käsityksen maailmasta ”ongelmakeskeisenä” ja sen myötä oletuksen siitä, että ammatillinen käytäntö olisi vain sokeaa ongelmanratkaisua (Fenwick & Parsons, 1998). Ongelmien käsittely ei automaattisesti tue laaja-alaista osaamisen kehittymistä, mikäli ongelmat ovat koko koulutuksen ajan luonteeltaan selkeästi ratkaistavissa olevia kuvauksia. Tällöin ongelmat voivat antaa yksinkertaistetun ja kapean kuvan ammatillisesta todellisuudesta. Yksi opetussuunnitelmien ja ongelmien laatimisen suurimpia haasteita on, saada ongelmat heijastamaan autenttisia tilanteita ja viemään opiskelijat uusien kehittävien kokemusten äärelle. (Poikela, 2003)

Nykyään eri tieteiden opettajat ovat lisääntyvästi alkaneet soveltaa ongelma-perustaista lähestymistapaa tiedeopetukseen (Lazear, 1991; Treagust & Peterson, 1998; Gallagher et al., 1999; Slavin, 1999; Greenwald, 2000; Yuzhi, 2003). PBL:n käyttöä helpottaa se, että tiedeopetus perustuu käytäntöön ja tulkintaan. Tiedeopetus on myös yhteydessä arkielämään ja vaatii yhteistyötä (Akinoğlu & Özkardeş Tandoğan, 2006).

Ongelma-perustaisen lähestymistavan käyttöä on tutkittu tiedeopetuksessa. Eräs tutkimus tehtiin peruskoulun seitsemäsluokkalaisilla Istanbulissa (Akinoğlu ja Özkardeş Tandoğan, 2006). Tutkimuksessa selvitettiin oppilaiden teoreettisia saavutuksia, käsitteiden oppimista ja asenteiden muutosta tiedeopetusta kohtaan.

Tutkimuksessa selvisi, että luokka, jossa käytettiin ongelma-perustaista lähestymistapaa, oli menestyksekkäämpi kuin vertailuluokka, jossa käytettiin perinteistä opetusta. Tulokset todistivat, että PBL vaikutti positiivisesti oppilaiden käsitteenmuodostukseen ja virhekäsityksien määrä jäi pieneksi. Ongelmien valitseminen arkipäiväisistä aiheista poisti oppilaiden pelkoja ongelmanratkaisua kohtaan, helpotti oppimista ja auttoi oppilaita ymmärtämään, että tiede on tärkeä osa elämää. Nämä tekijät ovat saaneet oppilaiden asenteita tieteitä kohtaan muuttumaan positiiviseen suuntaan.

Tutkimuksista havaittiin myös, että ongelma-perustainen lähestymistapa vaikutti positiivisesti oppilaiden yhteistyöhön ja sosiaaliseen kehittymiseen. Oppilaat kehittivät esimerkiksi päätöksen tekemisessä yhdessä muiden ryhmän jäsenien kanssa ja yhteishengessä toimimisessa. Oppilaiden sosiaalinen kehittyminen, tiedon välittäminen ja

aktiivisuus yhdessä yhteishengen kanssa ovat mahdollisia saavuttaa luokkahuoneessa, jossa käytetään ryhmätyöskentelyä ja solidaarisuutta sisältävää ongelmaperustaista lähestymistapaa. Nämä arvot ovat erittäin tärkeitä sekä sosiaalisen elämän sekä tiedeopetuksen kannalta.

PBL-menetelmässä oppilaiden tulisi työskennellä 3-7 hengen ryhmissä. Ryhmän koko riippuu käsiteltävästä asiasta ja käsiteltävän ongelman laajuudesta. Ryhmän kokoon vaikuttaa myös mahdollisesti eri oppiaineiden välillä suoritettun integroinnin laajuus. Nämä tekijät vaikuttavat myös siihen kuinka paljon käsiteltävään asiaan on tarpeellista/mahdollista käyttää aikaa. (Juppi, 2006)

Oppilaille tulee esitellä PBL-menetelmän sisältämät vaiheet ennen kuin oppilailta voidaan edellyttää sen mukaista työskentelyä. PBL-opetuksen vaiheet (Juppi, 2006):

- (1) Oppilaat jaetaan 3-7 hengen ryhmiin. Tavoitteena on saada muodostettua heterogeenisiä ryhmiä, joista jokainen ryhmä sisältää mahdollisimman paljon erilaista sekä tiedollista että taidollista osaamista.
- (2) Oppilaille esitetään ongelma, joka tulee tarinan tai tapausesimerkin muodossa. Oppilaiden tulee itsenäisesti keskustella ryhmässä tapauksesta ja määrittää siinä esiintyvät ratkaistavat ongelmat. (Jotta tapauksen käsittelyä voitaisiin nopeuttaa 7-9. luokilla, menetelmää voidaan soveltaa siten, että tapauksen esittelyn yhteydessä oppilaille selkeästi määritellään ratkaistava ongelma.)
- (3) Oppilaat jakavat ryhmän kesken ratkaistavat ongelmat aihealueisiin. Oppilaat selvittävät keskustelemalla, minkälaisia tietoja ja taitoja tarvitaan, jotta sopiva ratkaisu löytyisi. Oppilaiden tulee selvittää mitä tietoja ja taitoja ryhmässä jo hallitaan ja mitä tulee vielä opiskella lisää. Jokaisella ryhmän jäsenellä on oma vastuualueensa, jonka asiantuntijana hän toimii.
- (4) Oppilaat selvittävät vastuualueeseensa liittyviä ongelmanratkaisuun vaadittavia tietoja ja taitoja. Näitä he hankkivat esimerkiksi tietokoneen, kirjallisuuden ja harjoituslaboratorion avulla.

(5) Ryhmä kokoontuu sen jälkeen kun kaikki jäsenet ovat selvittäneet tarvittavat tiedot ja taidot. Vastuualueiden asiantuntijat esittävät löydöksensä ryhmän muille jäsenille. Tämän jälkeen ryhmän tulee pohtia, minkälaisia menetelmiä voisi käyttää, jotta alussa määritellyt ongelmat voisi ratkaista. Ryhmän tavoitteena on luoda useita mahdollisia ratkaisumalleja ja hypoteeseja niiden tuloksista. Oppilaat valitsevat ongelman ratkaisemiseen parhaiten soveltuvat ”ratkaisuareitit”.

(6) Ryhmä suorittaa ongelman ratkaisemiseksi valitsemansa menetelmät. Menetelmät voivat sisältää muun muassa kokeellista työskentelyä, mittaamista, kirjallista työskentelyä, videointia ja tietokoneella mallintamista. Ryhmä pitää kirjaa tuloksista, kokoaa ne ja piirtää mahdolliset kuvaajat.

(7) Ryhmä esittää muille ryhmille mielestään ongelman ratkaisuun parhaiten soveltuvan ”ratkaisuareitin” ja sen tulokset muille ryhmille. Oppilaiden on tärkeää huomata, että ei ole olemassa vain yhtä ”oikeaa” ratkaisua, vaan on olemassa useita erilaisia ratkaisumalleja.

(8) Oppilaat arvioivat omaa oppimistaan kirjallisesti tai suullisesti. Oppilaat pohtivat itsearvioinnin kautta omien opiskelutaitojen ja -menetelmien kehittymistä sekä opiskeltavaan aiheeseen liittyvien tietojen ja taitojen kehittymistä.

3. MITTAUSAUTOMAATIO KEMIAN OPPIMISEN TUKENA

3.1 Yleistä mittausautomaatiosta

3.1.1 Tietokoneavusteinen opetus

Tieto- ja viestintäteknikka (TVT) on kuulunut luonnollisena osana jokaiseen moderniin kemian tutkimuksen laboratorioon 1950-luvulta lähtien (Lagowski, 1998; Zielinski & Swift, 1997). 1970-luvulta lähtien tietokoneet ovat ilmestyneet kouluihin (mm. Vosniadou, DeCorte, Glaser & Mandl, 1996). Vaikka kouluissa on ollut tietokoneita ja tarvittavia ohjelmia, opettajat ovat käyttäneet tietokoneita mielekkään oppimisen tukena vain hyvin vähän (Aksela, 2005). Valtakunnallisen perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden mukaan oppimisympäristön varustuksen tulee tukea myös oppilaan kehittymistä nykyaikaisen tietoyhteiskunnan jäseneksi ja antaa tilaisuuksia tietokoneiden ja muun mediatekniikan sekä mahdollisuuksien mukaan tietoverkkojen käyttämiseen (OPS 2004).

Tieto- ja viestintäteknikan käyttö kemiassa voidaan luokitella tietokoneavusteiseksi opiskeluksi, tietokoneavusteiseksi tutkimukseksi ja etäopiskeluksi. Tietokone tukee kemian oppimista simulaatioiden ja mallinnuksen, multimedian, tietokoneavusteisen laboratoriotyöskentelyn (MBL), perustyökalujen, kommunikaatio-ohjelmien ja tietokantojen avulla. (Lavonen, Meisalo, Aksela, Juuti, 2001)

Tieto – ja viestintäteknikka antaa oppilaalle mahdollisuuden käyttää erilaisia tekniikoita ja työkaluja oppilaskeskeisten tutkimusten aikana. Tietokoneavusteinen opiskelu mahdollistaa oppimisympäristön, joka voi sisältää mittausautomaatiolaitteiston käyttöä, tutkimustorimallin hyödyntämistä sekä opiskelua verkkopohjaisten oppimisympäristöjen avulla. (Aksela, 2005) Aksela on kehittänyt WWW-pohjaisen oppimisympäristön, tutkimustorin (Virtual Research Platform, VRP), jossa WWW-pohjainen oppimisalusta, mittausautomaatioavusteinen laboratoriotyöskentely ja visualisointiohjelmat ovat kytköksissä toisiinsa. VRP sisältää tutkimus-, kirjasto-, keskustelu- ja arviointifoorumin, joita oppilaat voivat käyttää tutkimuksissaan edetessään kohti ennalta määrättyjä tavoitteita.

Tieto- ja viestintäteknikka voi lisätä oppilaiden motivaatiota, opettaa laboratoriotaitoja, avustaa käsitteen omaksumista ja kehittymistä, lisätä ymmärrystä tieteellisestä tutkimuksesta, lisätä taitoa tehdä tutkimuksia, lisätä ns. tieteellistä asennetta ja rohkaista sosiaalisten kykyjen kehittymistä. (Hodson, 1996)

Tieto- ja viestintäteknikka a) edistää kognitiivista kiihtymistä, b) mahdollistaa kokemuksia, joilla oppilas voi liittää tiedettä omiin kokemuksiin ja muihin arkielämän kokemuksiin, c) lisää oppilaiden itsesääätelyä ja d) helpottaa tiedon keräystä ja esittämistä (Webb, 2005).

Tietokoneiden käyttöä rajoittavia tekijöitä ovat riittämätön opettajien koulutus, tietokoneiden ja ohjelmien puute, epäsovelias opetussuunnitelma, tuntisuunnitelmiin huonosti integroitu tietokonepohjainen aktiviteetti (mm. McFarlane & Sakellariou, 2002).

Oppimis- ja opettamisystävällisen oppimisympäristön luomisessa tieto- ja viestintäteknikalla on vaikutusta etenkin opettamismetodeihin ja opettajan luovuuteen. Rehtorit pitävät tieto- ja viestintäteknikkaa oppilaita motivoivana ja oppilaiden aktiivisuutta lisäävänä tekijänä. Tärkeimmät tavat tieto- ja viestintäteknikan integroimisessa oppimis- ja opettamisystävälliseen oppimisympäristöön ovat rehtorien mukaan erityisesti infrastruktuurin rakentaminen ja kehittäminen ja jatkuva opettajien koulutus. Opettajien haluttomuus muutokseen oli yksi este tieto- ja viestintäteknikan käyttämisessä. Positiivisena tuloksena voidaan pitää, että rehtorit eivät pidä tieto- ja viestintäteknikkaa epäolennaisena tekijänä tavanomaisessa opetuksessa. (Zounek, 2005)

3.1.2 Mittausautomaatio kemian opetuksessa (Microcomputer-based laboratory, MBL)

Mittausautomaatio on opetuksen apuväline, joka käyttää tietokonetta tiedon keräämiseen, esittämiseen ja analysoimiseen. Mittausautomaatio sisältää laitteiston, ohjelmiston, jotka ovat yhteydessä tietokoneeseen. (Tinker, 1996) Yhdistyneessä kuningaskunnassa tiedonkeräysmetodista käytetään termiä data-logging (Barton, 1997, 2004; Rogers, 1997). Suomessa käytetään termiä mittausautomaatio tai mittausjärjestelmä (Lavonen & Meisalo, 1997).

Mittausautomaatiolla tarkoitetaan tilanteesta riippuen joko oppilaan oppimisen välinettä tai opettajan opetusvälinettä. Mittausautomaatiolla saadaan tietoa kemian tai fysiikan kohteista, ja sen avulla tätä tietoa voidaan myös esittää (Lavonen 1996). Mittausautomaatiolla oppilaat voivat antureilla ja niiden yhteydessä käytettävillä ohjelmilla kerätä, nauhoittaa, piirtää kuvaajia suoraan tietokoneelle eli voivat tehdä vastaavanlaisia töitä kuin kemistit (Novak & Krajick, 2004).

Mittausautomaatiota on käytetty kemian opetuksessa 1980-luvulta lähtien (mm. Atar, 2002; Barton, 2004; Duric, 2001; Good & Berger, 1998; Harsuijker, Friedler & Gravenberch, 1996; Lavonen, Aksela, Juuti & Meisalo, 2003; Nakhleh, 1994; Nakhleh, Polles & Malina, 2002; Novak & Krajick, 2004; Rigeman, 2001; Rogers, 1995, 1997; Volz, 1997). Suomessa on ollut neljä merkittävää mittausautomaation opetuskäytön kehittämishanketta, jotka alkoivat 80-luvulta: MAOL ry:n ja MFKA:n Mitta-Masa fysiikan ja kemian käyttöön, kouluhallituksen tukema interface, IS-VET Oy:n Hollannista tuoma IP-COACH ja Suomen LUONTI-projektissa kehitetty Empirica-mittausjärjestelmä (Lavonen & Meisalo, 1997). Lavonen on 1980-luvun lopusta lähtien (1989a, 1989b, 1989c) kehitellyt tapoja käyttää tietotekniikkaa fysiikan opetuksen rikastuttajana ja osana kokeellisessa työskentelyssä tarvittavaa mittalaitteistoa ja lopulta Lavonen, Kåll, Simbierowichz ja Knuuttila kehittivät fysiikan opetuskäyttöön soveltuvan Empirica-mittausjärjestelmän ja julkaisivat sen vuonna 1989 (Lavonen, Kåll, Simbierowichz, & Knuuttila, 1989). Mittausautomaatio on ollut kemian opettajien koulutuksessa vuodessa 1997 lähtien.

Mittausautomaation käyttö on uutta kemian opettajille, samoin oppilaille (Lavonen, Aksela, Juuti & Meisalo, 2003; Newton, 2000). Oppilaat ovat käyttäneet mittausautomaatiota suhteellisen harvoin kemian opiskelussa. Noin 80% oppilaista ei ole koskaan käyttänyt mittausautomaatiota ja ainoastaan 2% oppilaista oli käyttänyt sitä usein (Lavonen, Meisalo, Aksela & Juuti, 2001).

Kemian opetus tänään -tutkimus (Aksela & Juvonen, 1999) osoitti, että opettajat tarvitsevat tukea mittausautomaation käyttöön opetuksessa. Vain 7 % opettajista raportoi käyttävänsä mittausautomaatiota kemian tunneilla. Tutkimuksesta nousi esille opettajien tarve saada sopivia materiaaleja ja koulutusta, jotta mittausautomaatiota voisi käyttää opetuksessa.

Mittausautomaatio-pakettien suunnittelussa, sekä pedagogiset että tekniset näkökulmat ovat tärkeitä, varsinkin kemian opettajan näkökulmasta katsottuna. Jos mittausautomaation käyttö on kemian opettajille helppoa, niin he voivat luoda oppimisympäristöjä oppilaille, mitkä edistävät kemian mielekästä oppimista. (Aksela & Juvonen, 1999) Jos opettajilla on vaikeuksia käyttää mittausautomaatiota, niin on itsestään selvää, että sen käyttö tuottaa vaikeuksia myös oppilaille (Aksela, 2005). Leskisen ja Akselan (2007) tutkimuksen mukaan oppilaiden mittausautomaation käyttö oli hieman noussut, mutta on edelleen hyvin alhainen. Sen mukaan 16 % opettajista käytti mittausautomaatiota vähintään kerran kuussa ja 14 % opettajista teetti oppilailla mittausautomaatiotyön vähintään kerran kuussa.

Mittausautomaation käyttö on lisännyt mielekästä oppimista tieteellisen tutkimuksen tapojen kautta (Settlage, 1995). Se lisää mahdollisuuksia tuoda kokeellisuutta luokkahuoneeseen. Oppilaat voivat nopeasti toistaa kokeen, luoda lisää tietoa analyysiä varten ja oppilaat voivat muuttaa kokeen parametreja. Oppilaat voivat näyttää kaikki tulokset samalla ikkunalla, josta tuloksia voi vertailla. (Newton, 1997) Mittausautomaatio mahdollistaa myös ilmiöiden tutkimisen luokkahuoneen ulkopuolella, vaikkapa luonnossa (Lavonen, Aksela, Juuti & Meisalo, 2003).

Mittausautomaatiota on alettu käyttää myös perusopetuksessa. Lukuvuonna 2002-2003 toteutettiin pilottitutkimus nimeltä ”across the threshold” (van der Berg & Ellermeijer, 2006). Se tehtiin kahdessa amsterdamilaisessa peruskoulussa kuudesluokkalaisten oppilaiden keskuudessa. Sen tarkoituksena oli alentaa peruskoulun opettajien kynnystä käyttää tietokoneita laboratoriotunneilla. Tutkimuksen tarkoituksena oli osoittaa, että peruskoulun oppilaat pystyvät kontrolloimaan Coach-laitteistoa ja että he pystyvät oppimaan sen avulla. Toinen tavoite oli osoittaa, että TVT:n käytön peruskoulussa ei tarvitse olla kallista. Tuntien materiaalit kehitettiin alemman toisen asteen ohjelmasta ja niitä muokattiin kuudesluokkalaisille sopivaksi. Materiaalien kielellistä tasoa laskettiin ja lukemisen määrää vähennettiin. Tekstiä korvattiin kuvaajilla ja kuvilla.

Tutkimuksen tulokset kertoivat, että peruskoulun oppilaat oppivat nopeasti kontrolloimaan Coach-ympäristöä (van der Berg & Ellermeijer, 2006). He pystyivät 20 minuutissa kirjautumaan sisään, valitsemaan sensorit, tekemään mittaukset ja tuottamaan kuvaajat. Lapset pystyivät opettamaan toisiaan ja he ymmärsivät kuvaajien merkityksen melko

nopeasti. Tietokoneen kontrollointi, mittausten tekeminen ja kuvaajien tuottaminen oli yllättävän helppoa oppilaille. Opettajat olivat tehneet paljon työtä kuvaajien tulkinnan ja muodostamisen opettamisessa ennen kuin oppilaat käyttivät mittausautomaatiota. Tutkimus osoittaa, että Coach-ympäristö on erittäin sopiva kuvaajien tulkitsemisen ja ymmärtämisen opiskeluun ja se auttaa myös löytämään yhteyden kuvaajan ja todellisen ilmiön välillä.

3.2 Mittausautomaation hyödyt

Mittausautomaatio tarjoaa oppilaille uusia mahdollisuuksia saada tietoa tavoilla, jotka lisäävät ilmiön ymmärtämistä (Tinker, 1996). Mittausautomaatio on tehokas tieteellisen tiedon välityksessä, koska se esittää tietoa monilla eri tavoilla. Kuvaajat ovat lähes reaaliaikaisia, jonka vuoksi itse tapahtuma voidaan esittää symbolisen kuvaajan rinnalla. Mittausautomaatio antaa oppilaille mahdollisuuden tutkia ilmiötä tavoilla, jonka kaltaisia tieteilijätkin käyttävät. Mittausautomaatio antaa oppilaalle myös mahdollisuuden keskittyä kuvaajan tulkintaan ilman, että oppilaan täytyy käyttää voimavaroja kuvaajan tuottamiseen. (Mokros & Tinker, 1987)

Mittausautomaatio a) kehittää tutkimisen, reflektoinnin ja analysoinnin taitoja, b) luo ja jalostaa käsitteen muutosta, c) antaa mahdollisuuden löytää ratkaisuja ongelmiin ja d) asettaa ongelmia jatkotutkimuksia varten (McRobbie & Thomas, 2000). Mittausautomaation avulla oppilaat tulevat varmemmiksi omista kyvyistään suunnitella koejärjestelyjä, ilmaista hypoteeseja, kontrolloida muuttujia, tulkita tietoa ja tehdä johtopäätöksiä tiedon ja hypoteesin pohjalta (Zuman & Kim, 1989). Mittausautomaatio antaa myös mahdollisuuksia enemmän itsenäiseen ja jännittävään tieteelliseen tutkimukseen ja kaiken lisäksi se auttaa oppilaita kemian oppimisessa (Newton, 2000).

Eräs mittausautomaation hyöty on reaaliaikainen yhteys kokeellisen työn ja muodostuvan kuvaajan välillä. Tämä erityisesti motivoi oppilaita ja muokkaa asenteita kemiaa kohtaan positiivisemmiksi, myös niiden oppilaiden kohdalla, joilla on vaikeuksia piirtää itse kuvaajia. (Nachmias, 1989) Reaaliaikainen mittausautomaatio vaikuttaa oppilaan oppimiseen vähentämällä taakkaa oppilaan lyhyt- ja pitkämuistilta ja vapauttaa kapasiteettia prosessointiin ja tiedon ylläpitämiseen (Brasell, 1987).

Mittausautomaation avulla oppilaat tarvitsevat vähemmän aikaa ymmärtääkseen teorian ja käytännön yhteyden verrattuna perinteiseen laboratoriotyöskentelyyn (Friedler, Nachimias & Linn, 1990). Mittausautomaation käyttö säästää aikaa, koska kokeellinen tieto on helppo kerätä ja esittää (Rogers & Wild, 1996). Oppilaat, jotka käyttivät perinteisiä laboratoriojärjestelyjä, tarvitsivat kaksinkertaisen ajan mittausautomaatiota käyttävään luokkaan nähden (mm. Schecker, 1998). Tällä tavoin mittausautomaatio-oppimisympäristössä oppilaille jää enemmän aikaa keskustelulle, suunnittelulle ja vastuun ottamiselle omasta oppimisprosessista (mm. Good & Berger, 1998).

Välittömästi muodostuva kuvaaja on yksi tärkeimmistä tekijöistä mittausautomaation käytössä (Friedler & McFarlane, 1997). Muodostuvilla kuvaajilla on merkittävä rooli opiskeltavien käsitteiden oppimisessa (Nakhleh, Polles & Malina, 2002). Kuvaajien käyttö edellyttää kolmea osaamisen aluetta, joita ovat (Kwon, 2002): a) tulkinta eli kyky kääntää kuvaaja sanalliseen muotoon, b) mallinnus eli kyky kääntää todellisen elämän tilanteet kuvaajiksi ja c) muuttaminen eli kyky nähdä ja piirtää erilaisia kuvaajia samasta tapahtumasta.

Kuvaajat antavat ärsykkeen oppilaiden ajattelulle ja ymmärtämiselle. Mittausautomaation edistää mielekästä oppimista esimerkiksi helpottamalla välittömien havaintojen tekoa, vastausten löytämistä kerätystä tiedosta, linkkien etsimistä muiden tietojen välille, vertailujen tekoa ja ennustamista. (Rogers, 1997)

Mittausautomaation käytöstä saatavat oppimistulokset riippuvat kontekstista, mutta yleisimmän tulokset ovat Rogersin (1997) mukaan: a) oppilaat kykenevät käyttämään kuvaajia kuvaillessaan tutkimuksen tapahtumia, b) oppilas on kykenevä muodostamaan yhteyksiä havaintojen ja kuvaajan muodon välille, c) oppilaalla on tietoa muuttujista, jotka vaikuttavat toisiinsa, d) oppilas kuvailee malleja ja muuttujien välisiä suhteita, e) oppilaat ovat tietoisia ominaisuuksista, joilla on lineaarinen suhde, f) oppilaat tulkitsevat kerättyä tietoa aiemmin oppimansa teorian pohjalta, g) oppilaat ymmärtävät kuinka teoriaa pystyy testaamaan tutkimalla tietoa ja h) oppilaat tekevät ennusteita kerätystä tiedosta.

MBL lisää oppilaiden välistä vuorovaikutusta ja vertaisryhmäkeskustelua (Nakhleh, 1994). MBL vapauttaa oppilaita omistamaan enemmän huomiota havainnoinnille, reflektoinnille ja keskustelulle (Rogers, 1996). MBL lisää oppilas-oppilas vuorovaikutusta ja

vertaisryhmässä käytyä keskustelua (Nakhleh, 1994). Valitettavasti monesti oppilaat puhuvat mittausautomaation kuvaajista kuvailevasti ja heidän sanastonsa on epätieteellistä (Newton, 1997).

Mittausautomaatio stimuloi oppilaita ajattelemaan ilmiötä (esim. Aksela, 2005; Friedler & McFarlane, 1997) ja mittausautomaation käyttö oli aloituspiste oppilaiden ajattelulle (Aksela, 2005; Newton, 1997). Kuvaajan muodostuminen ja sen tulkinta mahdollistaa oppilaille yhteyden rakentamisen ilmiön ja formaalin ilmaisuuden välille (Aksela, 2005; Nachmias, 1989).

Atarin (2002) tutkimuksen mukaan opettajat ja oppilaat arvostivat mittausautomaation käyttöä ja halusivat, että sitä käytettäisiin jatkossakin kemian oppitunneilla. Lähes kaikki oppilaat ajattelivat, että MBL vähensi tarvittavaa aikaa ja työmäärää, jota kuluu tiedon keruuseen, analysointiin ja esittämiseen. Tämä on yhdenmukainen muiden kirjallisten tutkimusten kanssa. Opettaja ja 24 % oppilaista, jotka halusivat käyttää jatkossa mittausautomaatiota, sanoivat myös, että he eivät halua käyttää sitä jokaisella kemian laboratoriokerralla. Tutkimuksen tulosten mukaan 91 % oppilaista halusi käyttää mittausautomaatiota tulevaisuudessa, koska he pitivät sitä tehokkaana tapana kerätä, analysoida ja esittää tietoa.

Akselan (2005) mukaan oppilaat ovat aktiivisia tehdessään tutkimuksia ja pystyvät hyvin keräämään tietoa mittausautomaation avulla. Heidän tutkimustaidot olivat aika huonoja (Aksela, 2005; Halkka, 2003). Suurin osa oppilaista nauttii opiskelusta mittausautomaatioavusteisessa oppimisympäristössä (Aksela, 2005; Nakhleh, 1994).

3.3 Huomioitavia asioita

Oppilaiden toiminta pitää suunnitella ja strukturoida huolellisesti. Mittausautomaation käyttö ei yksistään lisää oppilaan kemian oppimista. Se pitää upottaa opetussuunnitelman, koulun ja sosiaaliseen kontekstiin (Newton, 1997; Tinker, 1996). Tunnin suunnittelu on keskeisessä roolissa. Suunnittelun lähtökohtana tulee olla tehtävän tavoitteiden ja päämäärän löytyminen. Tunnin suunnittelussa tulee myös huomioida, että oppilailla on aikaa saavuttaa tuttuuden tunne ja varmuus ohjelmien ja laitteiden käytöstä. (Rogers, 1997) Oppilaat saavuttavat tarvittavat taidot ja varmuuden kuitenkin lyhyessä ajassa (Rogers & Wild, 1994).

Mielekästä oppimista laboratorioaktiviteettien, kuten mittausautomaatiotöiden aikana tukevat (Nakhleh, Polles & Malina, 2002): (i) kokeellisuuden käytännönläheisyys ja sen yhdistettävyyden arkielämään, (ii) suullinen keskustelu ennen ja jälkeen laboratoriotyöskentelyn, (iii) laboratoriotyöskentelyn rajoitetut ja tarkat tavoitteet, (iiii) laboratoriotöiden suunnittelu niin, että käytännön taidot tai välineet, joita oppilaat käyttävät ovat ryhmitelty useampaan paikkaan ja (iiiii) oppilaiden rohkaiseminen tekemään ”Mitä jos?” kysymyksiä, jotta he tutkisivat opiskeltavan aiheen vaikeita kohtia.

Oppilaat tarvitsevat enemmän harjoitusta kuvaajan tulkinnessa, jotta he tunnistaisivat kemialliset ominaisuudet ja yhteydet. Oppilaat tarvitsevat myös harjoitusta kuvaajista puhumisessa (Newton, 1997). Kuvaaja on ajattelun apuväline, mutta oppilaat tarvitsevat aikaa harjoitellakseen niiden kuvaamista ja mallien käyttämistä, jotta tarvittava yhteys löytyisi tutkimusten tuloksiin (Rogers, 1994).

Kuvaajien lukutaito edellyttää taitoja, joita ovat tiedon vertailu, kursorien käyttö, laskutoimituksien tekeminen, käyrien sovittaminen ja asteikon muuttaminen. Linn, Layman ja Nachmias (1987) ovat esittäneet ”kognitiivisten saavutusten ideaalisen ketjun” kuvaajien käytölle. Ensimmäisenä vaiheena on kuvaajan ominaisuuksien tietäminen. Seuraava vaihe on mentaalisen mallin muodostaminen kuvaajista aiempaan tiedon pohjalta. Kolmantena vaiheena on kyky muodostaa kuvaajia yhdistämällä ja vaihtelemalla malleja, jotta se vastaisi uutta tilannetta ja viimeisenä kyky käyttää kuvaajia ongelmanratkaisussa.

Oppilaat reagoivat eri tavoin mittausautomaatiosta välittömästi muodostuvaan tietoon. Jotkut oppilaat sanoivat sen vahvistavan oppimista ja lisäsi heidän sitoutumista kokeelliseen työhön. Toiset oppilaat sanoivat sen hämmentävän heitä ja estävän heitä ymmärtämästä mitä kokeessa oikeastaan tapahtui. (Atar, 2002)

Mittausautomaation käyttö ei ole kaikille oppilaille helppoa (esim. Aksela, 2005). Heillä on vaikeuksia kuvaajan nimeämisessä, x ja y akselien valitsemisessa kuvaajasta ja kahden anturin käytössä yhtäaikaaisesti samassa mittauksessa. Kaikki oppilaat eivät ymmärrä mittausautomaation merkitystä tarkasteltaessa kemiallista reaktiota. Jos oppilailla ei ole riittävää kemian ymmärtämystä, he voivat epäonnistua ilmiön havainnoinnissa tutkimuksen aikana tai he voivat jopa havainnoida jotain väärää asiaa (Atar, 2002; Friedler, Nachimias & Linn, 1990). Mittausautomaatio ei edistä kaikkien oppilaiden oppimista ja varsinkin hitaat oppilaat tarvitsevat erityistä huomiota (Atar, 2002).

Opettajalla on merkittävä rooli noviisioppilaiden korkeamman ajattelutason tukemisessa. Opettajan kysymys voi auttaa oppilaita analysoimaan ilmiötä yksityiskohtaisesti. (Aksela, 2005) Noviisioppilaat tarvitsevat enemmän tukea tutkimustaidoissa, varsinkin kuinka suunnitella tutkimus (mm. Aksela, 2005; Hegarthy-Hazel, 1990) ja kuinka käyttää mittausautomaatiota. Oppilaiden vuorovaikutus opettajan kanssa on erittäin tärkeä, jotta saataisiin suurin hyöty mittausautomaation käytöstä (Barton, 1997; Lavonen, Aksela, Juuti & Meisalo, 2003; Newton, 1997). Opettajan tulisi saada oppilaat keskustelemaan graafisen tiedon merkityksestä niin usein kuin mahdollista (Barton, 1997).

Oppiaineen aiheen tuttuus lisäsi oppilaan oppimista mittausautomaatiota käytettäessä (Friedler, Nachmias & Linn, 1990). Tutkimuksessa oppilaiden oppimistulokset paranivat 49 %:sta 90 %:iin, kun oppilaat suorittivat saman kokeen käyttämällä toisella kerralla mittausautomaatiota. Kun uusia muuttujia tuotiin samaan kokeeseen, oppilaiden oppimistulokset laskivat.

Atarin (2002) tutkimuksessa oli tilanne, jossa oppilaiden kuvaaja ei ollut sellainen kuin oppilaat ja opettaja odottivat eli kuvaaja oli poikkeava. Tämä tilanne auttoi oppilasta tutkimaan kuvaajan ja tieteellisen käsitteen yhteyttä. Jos opettaja yhdessä oppilaiden kanssa ei olisi tutkinut tilannetta ja kuvaajaa tarkemmin, niin se olisi voinut johtaa tiedon väärintulkintaan ja siten tieteellisen käsitteen väärinymmärtämiseen.

Koko luokan toiminnan pitää lisätä kaikkien oppilaiden oppimista (Tobin, 1997). Mittausautomaation käyttö ei välttämättä lisää kaikkien oppilaiden oppimista (Atarin, 2002). Jotkut oppilaat tarvitsevat enemmän apua opettajilta, jotta he voisivat oivaltaa tieteellisen käsityksen, joka on sisällytetty mittausautomaatiotoimintaan. Opettajan ohjauksella on suuri merkitys mittausautomaatiolla tehdyissä kokeissa (Friedler, Nachmias & Linn, 1990). Ilman opettajan opastusta ja tukea oppilaat monesti tekevät virheitä muuttujien välisen yhteyden kanssa ja oppimistulokset laskevat (Atar, 2002).

Oppilaiden haasteiden vähentämiseksi opettajan on välttämätöntä antaa pientä tukea, jotta oppilaat ymmärtäisivät mittausautomaatiolla tuotettuja kuvaajia (Atar, 2002). Tehokkaamman mittausautomaation käytössä opettajan tulisi jatkuvasti katsoa löytyykö oppilaiden kuvaajista poikkeuksia, jotka voivat johtua väärin kytketyistä antureista.

Odottelu tiedon keräyksen yhteydessä vaikutti toimintaan sitoutumiseen negatiivisesti. Jotkut oppilaat kokivat, että heillä ei ollut mitään tekemistä sillä aikaa kun mittausautomaatiolaite keräsi tietoa; he tylsistyivät ja kokivat olevansa kokeellisen työskentelyn ulkopuolella. Opettajalla on merkittävä rooli pitää oppilaiden huomiota yllä mittauksen aikana. Opettajan tulee löytää tehokkaita välineitä, jotta oppilaat pysyisivät älyllisesti kiireisinä. (Atar, 2002)

4. TUTKIMUS

Tämä tutkimus on kehittämistutkimus (Edelson, 2002). Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa toteutettiin tarveanalyysi. Siinä tutkittiin peruskouluun suunnattuja oppikirjoja, koska tutkimuksen kohderyhmäksi valittiin peruskoulun 7.-9.-luokat.

4.1 Tutkimuskysymykset

1. Miten ympäristökemia on osana kemian perusopetusta?

1.1 Miten laajasti ympäristökemiaa käsitellään kemian perusopetuksessa?

1.2 Missä kemian asiayhteyksissä ympäristökemiaa on käsitelty?

1.3 Kuinka paljon ympäristökemiaan liittyviä oppilastöitä on kemian perusopetuksessa?

2. Miten ympäristökemian oppimista voidaan tukea mittausautomaatiota ja ongelmaperustaista lähestymistapaa käyttäen?

4.2 Tutkimuksen toteutus

4.2.1 Tarveanalyysi

Tarveanalyysi toteutetaan sisällönanalyysinä (Tuomi & Saarijärvi, 2002). Analyysin tarkoituksena on selvittää, miten ympäristökemiaa on käsitelty peruskoulun kemian oppikirjoissa. Tarkoituksena on myös saada tavoitteita oppimateriaalin kehittämiseksi. Tutkimuskohteeksi valittiin perusopetuksen 7.-9. luokkien oppikirjat, koska jopa 95 % opettajista pitää opetuksensa lähteenä oppikirjaa (Ahtineva, 2000). Kirjasarjat olivat vuoden 2004 valtakunnallisten opetussuunnitelman perusteiden mukaan laadittuja. Kirjasarjoista tutkittiin käsikirjat, työkirjat ja opettajanoppaat. Aine ja Energia -kirjasarjan kirjoja kuvaa symbolit P1-P7 ja Avain -kirjasarjan kirjoja kuvaa symbolit P8-P16. Käsikirjojen sisältö lajiteltiin sen mukaan, missä asiayhteydessä ympäristökemiaa käsiteltiin. Asiayhteyksiä olivat atmosfääri, hydrosfääri, geosfääri, biosfääri, antroposfääri eli

Ihmisen toiminnan vaikutus ympäristöön ja vihreä kemia. Vihreä kemia käsittää kaikki ympäristön suojelemiseen liittyvät asiat, kuten kierrätys, kestävä kehitys ja maailmassa tehdyt ympäristönsuojelemiseen liittyvät sopimukset. Tarveanalyysin tutkimusaineistossa käytettiin sanoja ilma, vesi, maa, bio, ihmisen toiminta ja vihreä kemia kuvaamaan edellä mainittuja asiayhteyksiä. Kirjojen informaation laajuus on selvitetty laskemalla virkkeiden lukumäärä kussakin asiayhteydessä. Kirjasarjoista löytyneet tehtävät ja oppilastyöt lajiteltiin kappalemäärän mukaan. Tarveanalyysin tulosten pohjalta suunnitellaan ympäristökemian opetusta tukevaa oppimateriaalia. Esimerkit luokista peruskoulun kemian oppikirjoissa:

Ilma:

"Luonnonkatastrofit, kuten tulivuorenpurkaukset ja laajat metsäpalot, vaikuttavat ilmakehän koostumukseen, joten ilmakehä on jatkuvassa muutoksessa. Ilmakehä sietää muutoksia, mutta ei rajattomasti ilman, että ne alkavat vaikuttaa elämäämme maapallolla."

(Aine ja energia: Kemian tietokirja, s. 77)

Vesi:

"Pesu- ja puhdistustuotteisiin lisättävien aineiden yksi tärkeimmistä tehtävistä on veden kovuuden poistaminen. Suomessa käytetyimpiä vedenpehmentäjiä ovat zeoliitti, polymeeriset kompleksinmuodostajat sekä fosforia sisältävät suolat, fosfaatit. Fosfaattien käytöstä luovuttiin välillä lähes kokonaan, koska niiden havaittiin rehevöittävän vesistöjä yhdessä typpiyhdisteiden kanssa. Nykyään jätevesi pystytään kuitenkin puhdistamaan fosfaateista tehokkaasti. Siksi fosfaatteja sisältäviä pesuaineita on tullut uudelleen markkinoille. Lisäksi zeoliitit, jotka tulivat fosfaattien tilalle, saostuvat usein ikävästi pesukoneisiin tai viemäriputkiin"

(Avain: Kemia 3, s. 87)

Maa:

"Myös sammutettu kalkki on emäksinen aine. Sitä käytetään mm. soiden maaperän happamuuden vähentämiseen eli neutraloimiseen"

(Avain: Kemia 1, s. 87)

Bio:

"Hapan sadevesi huuhtoo ravinteita ja näin vaikeuttaa kasvien ravinnonsaantia. Happosade on erityisen haitallinen havumetsille."

(Avain: Kemia 1, s. 91)

Ihmisen toiminta:

"Euroopassa liikenne aiheuttaa noin puolet typpipäästöistä. Autojen lisäksi muita merkittäviä typenoksidien päästölähteitä ovat fossiilisia polttoaineita käyttävät voimalaitokset ja teollisuuslaitokset."

(Aine ja energia: Kemian tietokirja, s. 281)

Vihreä kemia:

"Suurin osa maailman palladiumista käytetään nykyisin pakokaasuja puhdistavien katalysaattorien valmistukseen. Katalysaattori on auton pakoputkeen asennettu laajapintainen kennosto, joka on päällystetty jollakin katalyyttimetallilla, esimerkiksi palladiumilla."

(Avain: Kemia 2, s. 107)

4.2.2 Oppimateriaalin tekeminen

Tutkimuksen toisessa vaiheessa suunniteltiin ympäristökemian oppimateriaalia peruskoulun 7.-9.-luokkien kemian opetukseen. Suunniteltujen kokeellisten oppilastöiden pohjana on suoritettu tarveanalyysi ja aiempi tutkimustieto kontekstipohjaisesta oppimisesta, ongelmaperustaisesta oppimisesta ja kokeellisen työskentelyn tukemisesta mittausautomaation avulla. Kontekstipohjaisen oppimisen tavoitteena on saada oppilaiden mielenkiinto heräämään lähtemällä liikkeelle tilanteista, jotka kiinnostavat heitä (ks. luku 2.4). Lisäksi kontekstipohjaisen oppimisen tavoitteena on rakentaa yhteys tieteen ja arkielämän välille. Ongelmaperustaisen oppimisen tavoitteena on taas käynnistää oppiminen käytännön ongelmien kautta (ks. luku 2.5). Mittausautomaatiota käytetään opetuksessa, koska sen avulla tulosten käsittely helpottuu, se havainnollistaa kemian ilmiöitä ja mittaaminen on nopeaa sen avulla (ks. luvut 3.1; 3.2 ja 3.3). Kokeellisten töiden testaaminen on esitetty luvussa 5.2. Kokeelliset oppilastyöt ovat liitteissä 2-4 ja opettajille suunnattu materiaali liitteissä 5-8.

5. TULOKSET

5.1 Ympäristökemia osana kemian perusopetusta

Kehittämistutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa toteutettiin tarveanalyysi oppikirjojen sisällön analyysinä (Tuomi & Saarijärvi, 2002), jonka avulla saatiin selville peruskoulun kemian oppikirjojen sisältämän aineiston nykytilanne ympäristökemian näkökulmasta ja tarpeet oppimateriaalien kehittämiseksi.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, (i) missä määrin ympäristökemiaa käsitellään peruskoulun kemian oppikirjoissa, (ii) mitä ympäristökemian teemoja käsitellään ja (iii) missä laajuudessa. Tutkimuksen tavoitteena oli myös selvittää, minkälaisia ympäristökemiaan liittyviä kokeellisia töitä ja kuinka paljon ympäristökemiaan liittyviä tehtäviä kirjoissa on. Sisällönanalyysitutkimuksessa keskityttiin oppikirjojen sisältämän informaation määrälliseen tutkimukseen. Tarveanalyysin pohjalta nähdään ympäristökemian tilanne oppikirjoissa. Tällöin voidaan havaita mahdolliset puutteet ja voidaan asettaa tavoitteet kehitettävälle oppimateriaalille.

5.1.1 Ympäristökemian laajuus peruskoulun kemian oppikirjoissa

Tutkimuksessa oli mukana yhteensä 16 oppikirjaa. Näistä jokainen kirja käsitteli ympäristökemiaa. Tutkimusaineisto on kokonaisuudessaan luettavissa liitteestä 1.

Kirjasarjasta P1-P7 tutkittiin oppikirjan, työkirjojen ja opettajan oppaiden sisältämän ympäristökemiaan liittyvän informaation määrä (ks. taulukko 5.1). Informaation määrä mitattiin virkkeiden, tehtävien, kuvatekstien ja oppilastöiden lukumääränä. Virkkeiden määrä oli oppikirjassa luonnollisesti suurin. Toiseksi eniten virkkeitä oli opettajan oppaissa, määrä oli kuitenkin huomattavasti pienempi kuin oppikirjoissa. Vähiten virkkeitä oli työkirjoissa, joissa oli ainoastaan oppilastyöhön tai tehtävään liittyviä lyhyitä johdanto-osioita. Tehtäviä oli eniten työkirjoissa, mutta hyvin lähellä työkirjojen tehtävien määrää oli oppikirjan tehtävien määrä. Opettajan oppaassa oli vain yksi ympäristökemia-aiheinen lisätehtävä. Kuvatekstejä ja kuvia oli eniten oppikirjassa. Opettajan oppaissa oli melkein

puolet vähemmän kuvia ja kuvatekstejä. Kirjasarjan P1-P7 kaikki muut oppilastyöt paitsi yksi oli työkirjoissa. Tämä yksi oppilastyö oli opettajan oppaassa lisätyönä. Oppikirja ei sisältänyt lainkaan oppilastöitä.

Taulukko 5.1 Ympäristökemiaan liittyvien virkkeiden, tehtävien, kuvatekstien ja oppilastöiden määrä kirjoissa P1-P7.

P1-P7 yhteensä	Oppikirja	Työkirjat	Opettajan oppaat	Yhteensä
Virkkeet	587	14	93	694
Tehtävät, väitekortit	54	66	1	121
Kuvatekstit, kuvat, kalvopohjat, käsitekartat, kaaviot	59	1	32	92
Oppilastyöt, kirjalliset oppilastyöt	0	19	1	20

Kirjasarjassa P8-P16 virkkeitä oli eniten oppikirjoissa (ks. taulukko 5.2). Toiseksi eniten virkkeitä oli opettajan oppaissa. Virkkeitä oli niissä yli puolet vähemmän kuin oppikirjoissa. Työkirjat eivät sisältäneet ollenkaan virkkeitä. Kirjasarjassa P8-P16 tehtäviä oli eniten oppikirjoissa. Työkirjojen sisältämä ympäristökemia-aiheisten tehtävien määrä oli oppikirjoihin nähden yli puolet pienempi. Opettajan oppaat sisälsivät 19 lisätehtävää. Tämä määrä on huomattavasti suurempi kuin kirjasarjan P1-P7 opettajan oppaiden sisältämän lisätehtävien määrä (ks. taulukko 5.1). Oppikirja sisälsi eniten kuvatekstejä. Työkirjassa ei ollut ollenkaan kuvia tai kuvatekstejä. Kirjasarja P8-P16 sisälsi yhteensä 8 oppilastyötä. Puolet oli oppikirjoissa ja puolet opettajan oppaissa lisäoppilastöinä.

Taulukko 5.2 Ympäristökemiaan liittyvien virkkeiden, tehtävien, kuvatekstien ja oppilastöiden määrä kirjoissa P8-P16.

P8-P16 yhteensä	Oppikirja	Työkirjat	Opettajan oppaat	Yhteensä
Virkkeet	402	0	182	584
Tehtävät, väitekortit	168	67	19	254

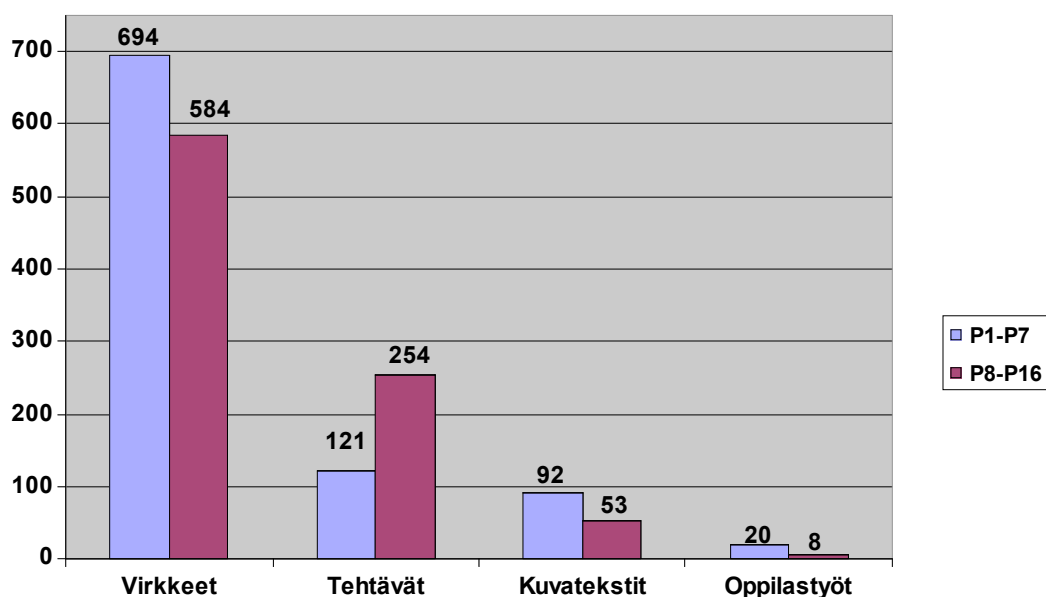
Kuvatekstit, kuvat, kalvopohjat, käsitekartat, kaaviot,	41	0	12	53
Oppilastyöt, kirjalliset oppilastyöt	4	0	4	8

Tutkimuksen tuloksista voi huomata, että ympäristökemian käsittely oli laajempaa kirjasarjassa P1-P7 kaikissa muissa kuin tehtävien kategoriassa (ks. kuva 5.1). Virkkeiden määrän ero voi osittain johtua siitä, että kirjasarjan P1-P7 käsikirjassa oli kaksi kokonaista lukua, jotka käsittelivät ympäristökemiala. Kyseiset luvut käsittelivät erityisesti elinkaariarviointia ja ilmakehän ympäristöongelmia. Kirjasarjassa P8-P16 oli vain yksi kokonainen luku, joka käsitteli ympäristökemiala. Tämä luku käsitteli uudelleenkäyttöä ja kierrätystä. Virkkeiden lukumäärät ovat todellisia ja niissä ei ole päällekkäisyyksiä.

Kirjasarjassa P8-P16 tehtävien määrä oli suurempi. Se voi johtua siitä, että oppikirjojen lisäksi kirjasarjaan kuului kolme erillistä tehtäväkirjaa, jotka sisälsivät vain tehtäviä. Kirjasarjassa P1-P7 on myös työkirjoja, mutta ne sisältävät myös oppilastoita, jolloin tehtävien määrä on vähäisempi. Tehtävien luokittelussa oli hieman päällekkäisyyttä, mutta se oli kuitenkin aika vähäistä, joten sillä ei ole vaikutusta kokonaiskuvaan tehtävien osuudesta.

Kuvatekstien luokittelussa oli myös hieman päällekkäisyyksiä. Kirjasarja P1-P7 sisältää ympäristökemia-aiheisia kuvatekstejä, käsitekarttoja ja kalvopohjia yhteensä enemmän kuin kirjasarja P8-P16.

Kirjasarjoissa oli huomattava ero ympäristökemia-aiheisten oppilastöiden määrässä. Lisäksi kirjasarjassa P8-P16 oli vain yksi kokeellinen ympäristökemia-aiheinen oppilastyö.



Kuva 5.1 Kirjojen P1-P7 ja P8-P16 virkkeiden, tehtävien, kuvatekstien ja oppilastöiden määrän vertailu.

5.1.2 Ympäristökemian asiayhteydet ja niiden laajuus peruskoulun kemian oppikirjoissa

Kirjasarjojen ympäristökemiaa koskeva informaatio jaettiin eri luokkiin. Luokkia olivat atmosfääri eli ilma, hydrosfääri eli vesi, geosfääri eli maa, biosfääri eli elokehä, antrosfääri eli Ihmisen toiminnan vaikutus ympäristöön ja vihreä kemia. Informaation jakautuminen eri luokkiin on esitetty taulukoissa 5.3 ja 5.4. Kirjasarjojen virkkeiden määrän vertailu eri asiayhteyksissä on esitetty kuvassa 5.2.

Virkkeiden, tehtävien, oppilastöiden ja kuvatekstien määrä oli suurimpia ilman, veden ja vihreän kemian kontekstissa (ks. taulukko 5.3). Esimerkiksi kirjasarjassa P1-P7 virkkeistä 30 % oli vihreän kemian, 20 % ilman, 19 % veden, 13 % ihmisen toiminnan vaikutuksen, 13 % biosfäärin ja ainoastaan 5 % maan kontekstissa. Biosfäärin ja ihmisen toiminnan vaikutuksen konteksti jäi hieman vähäisemmäksi jokaisessa osiossa kuin ilman, veden ja vihreän kemian yhteydessä. Ympäristökemian käsittely maan kontekstissa oli hyvin vähäistä.

Taulukko 5.3 Ympäristökemiaan liittyvien virkkeiden, tehtävien, kuvatekstien ja oppilastöiden määrä eri asiayhteyksissä kirjoissa P1-P7.

P1-P7 yhteensä	Ilma	Vesi	Maa	Bio	Ihmisen toiminta	Vihreä kemial
Virkkeet	136	130	33	90	91	214
Tehtävät, väitekortit	24	30	8	13	16	30
Oppilastyöt	4	4	0	1	2	9
Kuvateksti, kuvat	23	17	4	9	11	28

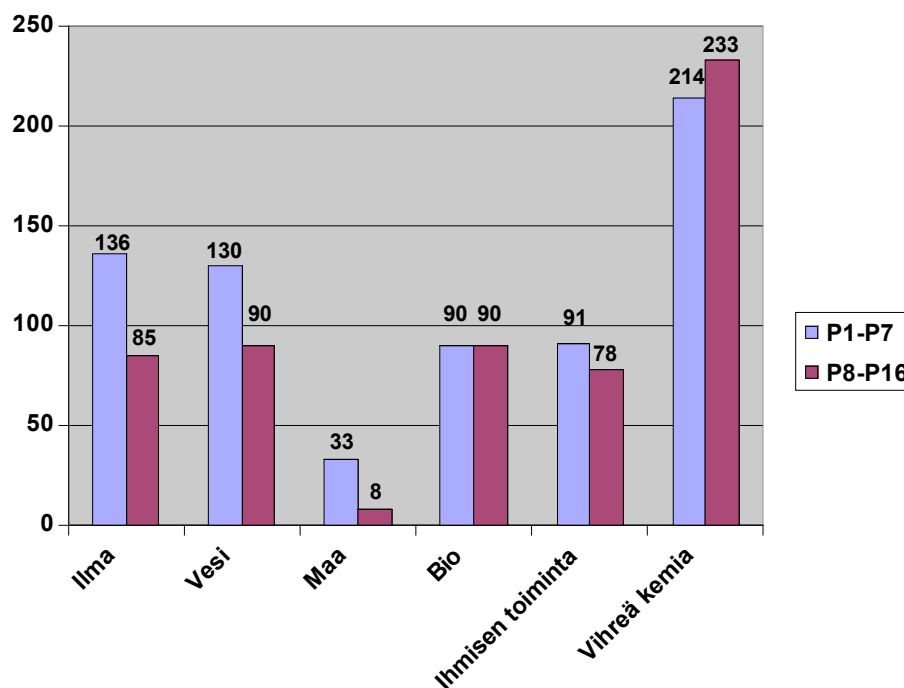
Kirjasarjassa P8-P16 ympäristökemian käsittely vihreän kemian kontekstissa oli kaikista laajinta niin virkkeiden, tehtävien, oppilastöiden kuin kuvatekstien osalta (ks. taulukko 5.4). Vihreän kemian osuus virkkeiden määrästä oli 41 %, 63 % tehtävien määrästä, 75 % oppilastöiden määrästä ja noin 40 % kuvatekstien määrästä. Toisen sijan virkkeiden määrässä vie vesi, ilma ja bio kukin 15 % osuudella. Ihmisen toiminnan osuus oli 13 % ja maan osuus oli ainoastaan 1 %. Tehtävien osuus muiden kuin vihreän kemian ja maan kontekstin osalta jakautui suhteellisen yhtä suuriin osiin. Tehtäviä maan kontekstissa oli vain 2 % verran. Oppilastöitä vihreän kemian kontekstin lisäksi oli vain veden asiayhteydessä. Kuvatekstejä biosfäärin kontekstissa oli noin 23 % verran ja ilman kontekstissa oli noin 21 % verran.

Taulukko 5.4 Ympäristökemiaan liittyvien virkkeiden, tehtävien, kuvatekstien ja oppilastöiden määrä eri asiayhteyksissä kirjoissa P8-P16.

P8-P16 yhteensä	Ilma	Vesi	Maa	Bio	Ihmisen toiminta	Vihreä kemial
Virkkeet	85	90	8	90	78	233
Tehtävät	21	27	6	24	19	157
Oppilastyöt	0	2	0	0	0	6
Kuvateksti, kuvat	11	5	1	12	3	21

Kummassakin kirjasarjassa virkkeitä oli eniten vihreän kemian kontekstissa (ks. kuva 5.2). Kirjasarjassa P1-P7 vihreän kemian lisäksi ympäristökemiaa on eniten käsitelty ilman ja veden asiayhteyksissä. Ympäristökemian käsittely biosfäärin ja ihmisen toiminnan

vaikutuksen kontekstissa oli molemmissa kirjoissa lähes yhtä suurta. Kummassakin kirjasarjassa ympäristökemiaa oli vähiten käsitelty maan kontekstissa.



Kuva 5.2 Kirjasarjojen P1-P7 ja P8-P16 virkkeiden määrän vertailu eri asiayhteyksissä.

Ympäristökemian käsittely kemian oppikirjoissa on virkkeiden suhteen valtakunnallisten opetussuunnitelman perusteiden (OPS, 2004) mukaista. Opetussuunnitelmassa mainittu ilma ja vesi -kokonaisuus oli hyvin edustettuna kummassakin kirjasarjassa. Opetussuunnitelman perusteissa esillä oleva vihreä kemia ja kestävä kehitys ovat tekstimäärältään käsitelty kummassakin kirjasarjassa kaikista kategorioista laajimmin. Ympäristökemian käsittely oli tekstimäärältään laajempaa kirjasarjassa P1-P7 kuin kirjasarjassa P8-P16.

5.1.3. Ympäristökemia-aiheiset oppilastyöt peruskoulun kemian oppikirjoissa

Kirjasarjoista löytyi yhteensä 28 ympäristökemiaan liittyvää oppilastyötä. Kokeellisia oppilastoita oli 14 (ks. taulukko 5.5) ja kirjallisia oppilastoita 14 (ks. taulukko 5.6). Yhdessäkään oppilastyössä ei ollut ongelmaperustaista lähestymistapaa eikä missään oppilastyössä käytetty apuna mittausautomaatiolaitteistoa.

Kokeellisista oppilastoista viisi käsitteli kestävää kehitystä. Näiden töiden aiheita olivat kierrätys ja uusiokäyttö. Kahden työn aiheina olivat ilmanlaatu ja ilmantasapaino. Kaksi työtä käsitteli ihmisen vaikutusta ilmanlaatuun ja yksi saasteiden siirtymistä luontoon. Neljä kokeellista työtä liittyvät veden kontekstiin. Kaksi työtä käsitteli hapanta sadetta, yksi veden puhdistamista ja yksi puskurointikykyä. Mielenkiintoinen huomio on, että toisen kirjasarjan kirjoissa (P8-P16) oli vain yksi kokeellinen ympäristökemiaan liittyvä oppilastyö. Sen aihe liittyi vihreään kemiaan. Toisessa kirjasarjassa (P1-P7) oli puolestaan monipuolisesti eri ympäristökemian asiayhteyksiin liittyviä kokeellisia oppilastoita.

Taulukko 5.5 Tutkituissa peruskoulun oppikirjoissa esiintyneet ympäristökemiaan liittyvät kokeelliset oppilastyöt.

Työn nimi	Luokittelu	lähde
Veden puhdistaminen: A. Veden puhdistaminen suodattamalla B. Veden puhdistaminen tislamalla C. Veden puhdistaminen kemiallisesti	Vesi, veden puhdistaminen	P2
Puskuriliuos	Vesi, puskurointikyky	P3
Epämetallioksidin vesiliuos	Vesi, hapan sade	P3
Happosateiden vaikutus rakennuksiin ja patsaisiin	Vesi, hapan sade	P3
Puusta paperiksi: uusiokäyttö	Vihreä kemia, kestävä kehitys	P4
Öljystä muoveiksi: Styroksin kierrätys	Vihreä kemia, kestävä kehitys	P4
Lasi ja keramiikka: taidetta lasiputkesta, uusiolasi	Vihreä kemia, kestävä kehitys	P4
Systeemin tasapaino	Ilma, aineen pitoisuuden asettuminen tasapainoon, ilmanlaatu	P4
Hiukkaslaskeuma, liikenteen vaikutus hiukkasten määrään	Ihmisen toiminta, ilmanlaatu	P4
Hapan kuiva- ja märkälasseuma, liikenteen vaikutus, maaperän	Ilma, ilman saasteiden siirtyminen maaperään	P4

happamoituminen		
Auton pakokaasu	Ihmisen toiminta, pakokaasujen happamoittava vaikutus	P4
Rikkidioksidin vaikutus, vaikutukset kasviin	Bio, ilmansaasteet	P4
Lasin uusiokäyttö	Vihreä kemia, kestävä kehitys	P7
Alumiinin sulattaminen: kierrätys	Vihreä kemia, kestävä kehitys	P13

Kirjallisista oppilastöistä 11 käsitteli kestäväää kehitystä (ks. taulukko 5.6). Aiheita olivat elinkaariarviointi, kierrätys, jätteiden lajittelu ja vuotavasta putkesta aiheutuvat vuotuiset kustannukset. Kahden työn aiheet koskivat kasvihuoneilmiötä ja ilmanlaatua. Yhden työn aihe oli veden käyttö ja puhdistus. Kirjallisista oppilastöistä seitsemän löytyi kirjoista P1-P6. Näistä viisi työtä käsitteli kestäväää kehitystä ja kaksi ilmaa ja ilman laatua. Toisen kirjasarjan kirjoista P8-P16 löytyi seitsemän kirjallista oppilastyötä, joista kuuden työn aihe oli kestävä kehitys ja yhden oli veden puhdistus. Kummassakin kirjasarjassa kirjallisten töiden aiheet olivat painottuneet kestävään kehitykseen.

Taulukko 5.6 Tutkituissa peruskoulun oppikirjoissa esiintyneet ympäristökemiaan liittyvät kirjalliset oppilastyöt.

Työn nimi	Luokittelu	lähde
Puusta paperiksi: Sanomalehtipaperin elinkaari, Paperiteollisuuden jätteet ja päästöt, paperin kierrätys	Vihreä kemia, kestävä kehitys	P4
Öljystä muoveiksi: Muovisen virvoitusjuomapullon elinkaari, Muovien kierrätys	Vihreä kemia, kestävä kehitys	P4
Kosmetiikka kaunistaa: Käsivoiteen elinkaari, kosmetiikan ostajan vaikutusmahdollisuudet ympäristökysymyksiin	Vihreä kemia, kestävä kehitys	P4
Tekstiilikuidut ja niiden pesu: Farkkujen elinkaari, vaatteiden kierrätys	Vihreä kemia, kestävä kehitys	P4
Lasi ja keramiikka: Lasisen juomapullon elinkaari, lasin kierrätys, tutustuminen kaupan pullonpalautusautomaattiin	Vihreä kemia, kestävä kehitys	P4
Yläilmakehän otsoni, merkitys kasveille ja eläimille, Montrealin sopimus	Ilma, ilmanlaatu	P4
Kasvihuoneilmiö ja sen voimistuminen, päästölähteet, ihmisen vaikutus, Rion ympäristösopimus	Ilma, kasvihuoneilmiö	P4
Vesivuoto	Vihreä kemia, kestävä kehitys	P8

Veden tutkimista, käsitekartta: veden käyttö, veden puhdistus, veden kierto	Vesi, veden käyttö, puhdistus ja kierto	P10
Käynti kierrätyskeskuksessa	Vihreä kemia, kestävä kehitys	P13
Tutkimus koulun jätteiden käsittelystä	Vihreä kemia, kestävä kehitys	P14
Jätteiden lajittelu	Vihreä kemia, kestävä kehitys	P14
Mitä jätteiden lajittelu maksaa?	Vihreä kemia, kestävä kehitys	P14
Voisiko makeiset pakata ympäristöystävällisemmin?	Vihreä kemia, kestävä kehitys	P16

Kirjasarjan P1-P7 kokeelliset oppilastyöt olivat aihealueiltaan monipuolisia. Ainoa kategoria, josta ei löytynyt kokeellista oppilastyötä, oli maa. Kirjasarjassa P8-P16 oli ainoastaan yksi ympäristökemiaan liittyvä kokeellinen oppilastyö ja sen aihealue oli vihreä kemia.

Kirjallisten oppilastöiden aihealueita kirjasarjassa P1-P7 oli vihreä kemia ja ilma. Aihealueista vesi, maa, bio ja ihmisen toiminnan vaikutus ei ollut yhtään kirjallista oppilastyötä. Kirjasarjassa P8-P16 kirjallisten oppilastöiden aihealueet olivat vihreä kemian ja vesi. Muista aihealueista kirjallisia oppilastöitä ei ollut. Kirjasarjassa P1-P7 sekä kokeellisia että kirjallisia oppilastöitä oli enemmän ja töiden aihealueet olivat monipuolisempia.

5.2 Ympäristökemian oppimista tukevat ongelmaperustaiset oppilastyöt mittausautomaatiota apuna käyttäen

Tämän tutkielman oppilastöiden aiheiksi valittiin lumi- tai sadevesinäytteen happamuus, maaperän happamuus sekä vesistöjen rehevöityminen, koska suoritetun tarveanalyysi yhteydessä selvisi, että oppikirjat eivät sisällä yhtään lumeen, maaperään tai rehevöitymiseen liittyvää oppilastyötä. Lumeen liittyvä oppilastyö voisi motivoida oppilaita, koska Suomessa on pitkä talvi ja lumi on sen keskeinen elementti. Maaperä on ympäristön keskeinen elementti, joten maaperän kemian käsittely olisi tärkeää peruskoulun kemian tunneilla. Rehevöityminen on tällä hetkellä ajankohtainen ongelma. Esimerkiksi Itämeri on rehevöitynyt ihmisen aiheuttamasta ravinnekuormituksesta.

Tarveanalyysin tuloksista nähdään, että ongelma-perustaisia oppilastöitä ja mittausautomaatioavusteisia töitä ei ollut yhtään. Näiden tulosten perusteella uusien ongelma-perustaisten ja mittausautomaatiota hyödyntävien oppilastöiden kehittäminen on tarpeellista. Tässä tutkielmassa kehitetyissä kokeellisissa oppilastöissä tavoitteena on tukea ympäristökemian oppimista konteksti- ja ongelma-perustaisten oppilastöiden avulla. Keskeisessä asemassa on kokeisiin liittyvien ilmiöiden havainnollistaminen mittausautomaatiolaitteiston avulla. Tehtävät lähtevät liikkeelle elämän arkipäiväisistä asioista, jolloin uuden oppimisen tulisi olla oppilaalle mielekäästä.

Tehtävien idealähteinä käytettiin seuraavia lähteitä:

Aspholm, S. & Pikkarainen, O. 2000. Aine ja energia, teollisuus tutuksi, kemian lisäkurssi. WSOY, Porvoo.

Freeman, W.H. & Company. 2002. Chemistry in the community. Neljäs painos. New York: American Chemical Society

Soljamo, K., Korvenranta, J., Tilus, P., Hyvönen, H. & Lindroos, S. 2003. Ympäristökemian harjoitustöitä, HY, Kemian laitos, Epäorgaaninen kemian laboratorio. Yliopistopaino, Helsinki.

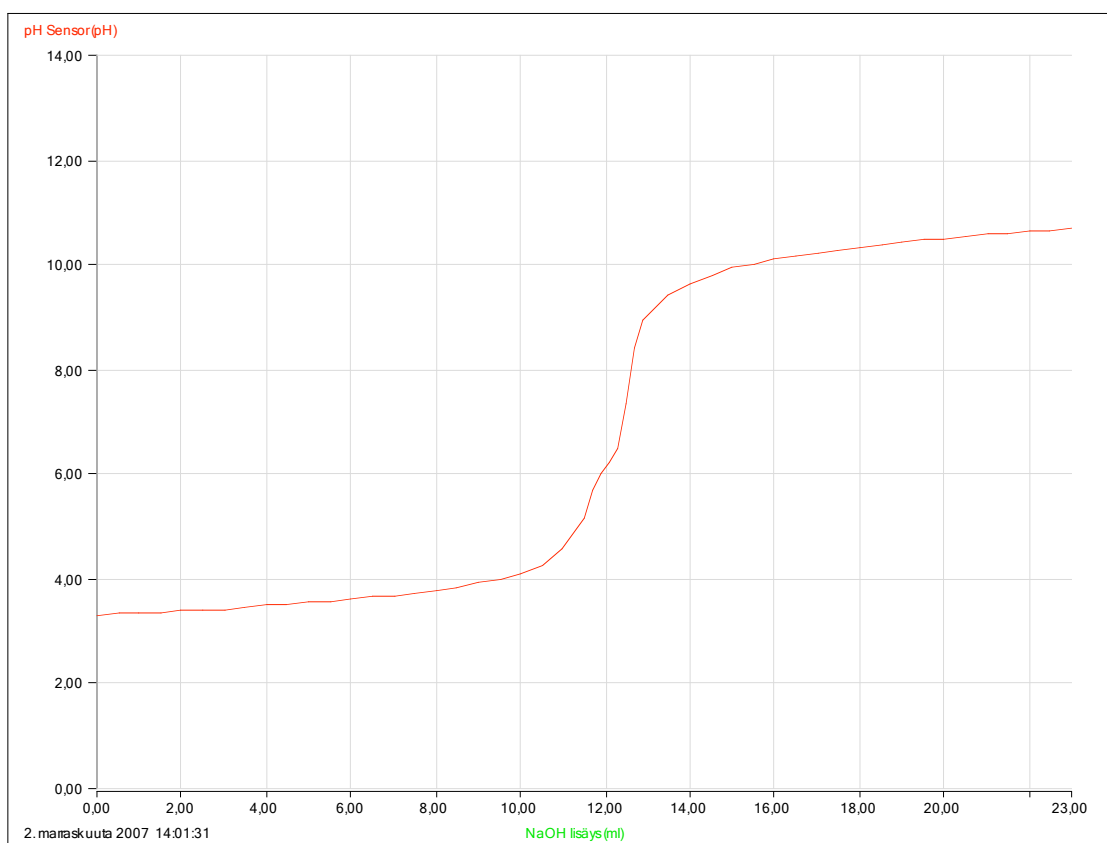
Lavonen, J. & Kolari, M-L., 1991. Vesistöjen laadun tarkkailuun liittyviä fysikaalisia ja kemiallisia määritysmenetelmiä. Chemas Oy, Helsinki.

5.2.1 Oppimistehtävä sadeveden happamuudesta

Oppilastyössä (ks. oppilaan ohje: liite 2, opettajan materiaali: liite 6) tutustutaan rikkidioksidin vaikutukseen happosateen muodostumisessa. Työ lähtee liikkeelle uutisesta. Uutisessa kerrotaan ihmisen aiheuttamista rikkidioksidipäästöistä ja niiden vaikutuksista happaman sateen muodostumisessa. Työssä on tarkoituksena mitata oman lähialueen sadeveden tai luminäytteen pH. Työssä tavoitteena on herättää keskustelua siitä, mitkä kaikki asiat vaikuttavat sateen happamuuteen. Oppilaiden olisi hyvä miettiä, (i) mitkä asiat vaikuttavat juuri oman näytteen happamuuteen ja (ii) onko näytteenottopaikan lähellä jokin tehdas tai vaikkapa moottoritie, jotka voisivat aiheuttaa happamuutta.

Oppilastyö toteutetaan standardilisäystitrauksena. Työn testausvaiheessa ensin titrattiin standardiliuos, johon vesi- tai luminäytteen titrausta verrataan. Standardiliuos valmistettiin

pipetoimalla 10 ml 0,00500 M rikkihappoa ja 100 ml tislattua vettä dekantterilasiin. Tämä liuos titrattiin magneettisekoituksen ollessa päällä 0,0100 M NaOH-liuoksella. Liuoksen pH:ta mitattiin jatkuvasti pH-anturilla ja mittausautomaatiolaitteistolla. Jokaisen NaOH:n lisäyksen jälkeen pH-mittarin lukema kirjattiin tietokoneelle. Kuvassa 5.3 on standardiliuoksen titrauskäyrä ja taulukossa 5.7 esitetään standardiliuoksen titrauksessa kuluneen NaOH:n määrä ja pH:n muutos. Ekvivalenttipiste saavutettiin, kun NaOH:n kulutus oli 12,5 ml.



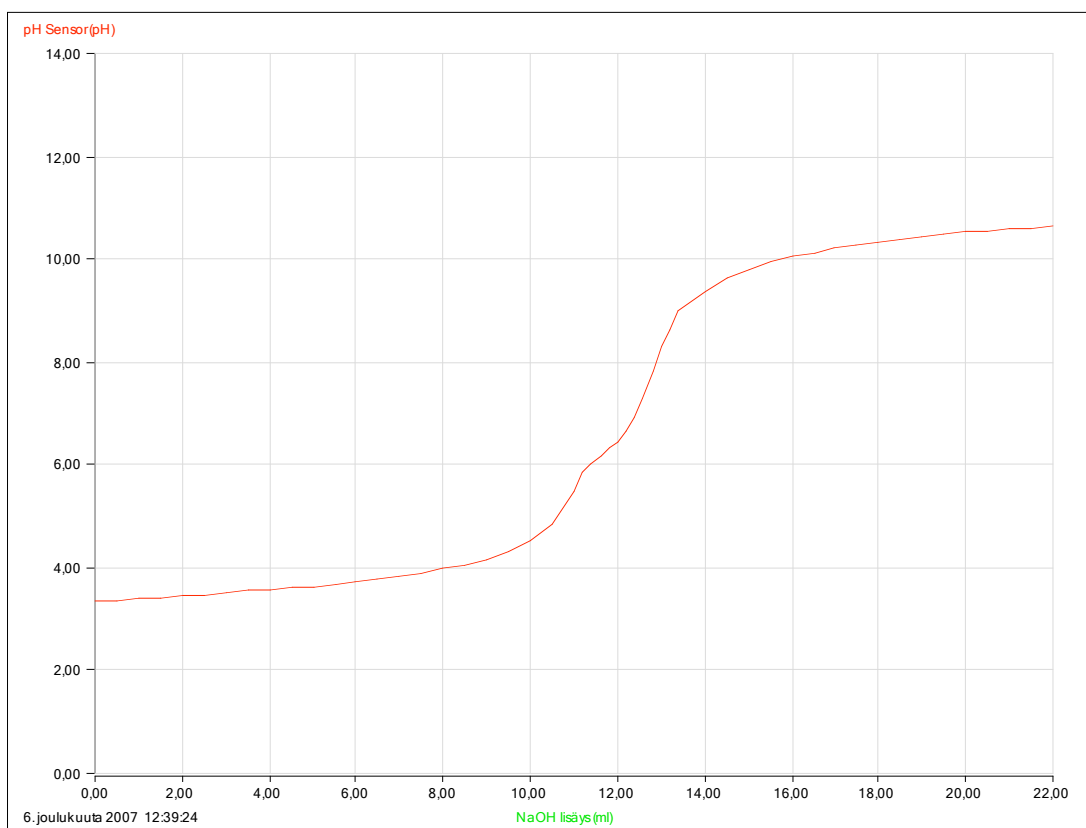
Kuva 5.3 Standardiliuoksen titrauskäyrä.

Taulukko 5.7 Standardiliuoksen titraus. NaOH:n lisäys ja pH:n muutos.

	pH	NaOH lisäys (ml)		pH	NaOH lisäys (ml)
1	3,31	0,0	27	6,22	12,1
2	3,33	0,5	28	6,50	12,3
3	3,35	1,0	29	7,36	12,5 muutos
4	3,37	1,5	30	8,43	12,7
5	3,39	2,0	31	8,96	12,9
6	3,41	2,5	32	9,42	13,5
7	3,43	3,0	33	9,64	14,0
8	3,46	3,5	34	9,81	14,5
9	3,49	4,0	35	9,93	15,0
10	3,51	4,5	36	10,03	15,5
11	3,54	5,0	37	10,11	16,0

12	3,57	5,5	38	10,18	16,5
13	3,61	6,0	39	10,23	17,0
14	3,65	6,5	40	10,29	17,5
15	3,69	7,0	41	10,35	18,0
16	3,74	7,5	42	10,39	18,5
17	3,78	8,0	43	10,43	19,0
18	3,85	8,5	44	10,47	19,5
19	3,92	9,0	45	10,51	20,0
20	4,00	9,5	46	10,54	20,5
21	4,11	10,0	47	10,58	21,0
22	4,28	10,5	48	10,60	21,5
23	4,57	11,0	49	10,63	22,0
24	5,19	11,5	50	10,66	22,5
25	5,70	11,7	51	10,68	23,0
26	6,03	11,9			

Sadevesinäyteliuos valmistettiin pipetoimalla dekanterilasiin 10 ml 0,00500 M rikkihappoa sekä 100 ml sadevettä. Sadevesiliuos titrattiin samalla tavalla kuin standardiliuos. Kuvassa 5.4 on sadevesinäytteen titrauskäyrä ja taulukossa 5.8 esitetään sadevesinäytteen titrauksessa kuluneen NaOH:n määrä ja pH:n muutos. Ekvivalenttipiste saavutettiin, kun NaOH:n kulutus oli 12,6 ml.



Kuva 5.4. Sadevesinäytteen titrauskäyrä.

Taulukko 5.8 Sadevesinäytteen titraus. NaOH:n lisäys ja pH:n muutos.

	pH	NaOH lisäys (ml)		pH	NaOH lisäys (ml)
1	3,37	0,0	27	6,31	11,8
2	3,38	0,5	28	6,43	12,0
3	3,40	1,0	29	6,68	12,2
4	3,43	1,5	30	6,92	12,4
5	3,45	2,0	31	7,30	12,6 muutos
6	3,48	2,5	32	7,80	12,8
7	3,50	3,0	33	8,29	13,0
8	3,54	3,5	34	8,63	13,2
9	3,58	4,0	35	8,99	13,4
10	3,60	4,5	36	9,38	14,0
11	3,64	5,0	37	9,65	14,5
12	3,69	5,5	38	9,81	15,0
13	3,73	6,0	39	9,94	15,5
14	3,78	6,5	40	10,06	16,0
15	3,84	7,0	41	10,14	16,5
16	3,90	7,5	42	10,22	17,0
17	3,97	8,0	43	10,28	17,5
18	4,06	8,5	44	10,33	18,0
19	4,17	9,0	45	10,39	18,5
20	4,31	9,5	46	10,43	19,0
21	4,50	10,0	47	10,47	19,5
22	4,82	10,5	48	10,52	20,0
23	5,48	11,0	49	10,55	20,5
24	5,83	11,2	50	10,58	21,0
25	6,01	11,4	51	10,61	21,5
26	6,19	11,6	52	10,64	22,0

Sadevesinäytteen pH: laskeminen:

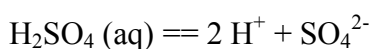
Standardiliuoksen NaOH:n kulutus $V(\text{NaOH})_{\text{standardi}}=12,5$ ml, joten $n(\text{NaOH})_{\text{standardi}} = CV=$
 $0,0100 \text{ mol/l} \cdot 12,5 \text{ ml} = 0,125 \text{ mmol}$

Sadevesiliuoksen NaOH:n kulutus $V(\text{NaOH})_{\text{sadevesi}}=12,6$ ml, joten $n(\text{NaOH})_{\text{sadevesi}}=CV=$
 $0,0100 \text{ mol/l} \cdot 12,6 \text{ ml} = 0,126 \text{ mmol}$

Sadevesinäytteen pH saadaan laskettua seuraavasti, kun $n(\text{H}_2\text{SO}_4)=n(\text{NaOH})/2$.

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{sadevesi}} = 0,5 \cdot [n(\text{NaOH})_{\text{sadevesi}} - n(\text{NaOH})_{\text{standardi}}] = 0,5 \cdot [0,126 \text{ mmol} - 0,125 \text{ mmol}]$$

$$= 0,0005 \text{ mmol}$$



$$n(\text{H}_3\text{O}^+) = 2 \cdot n(\text{H}_2\text{SO}_4)$$

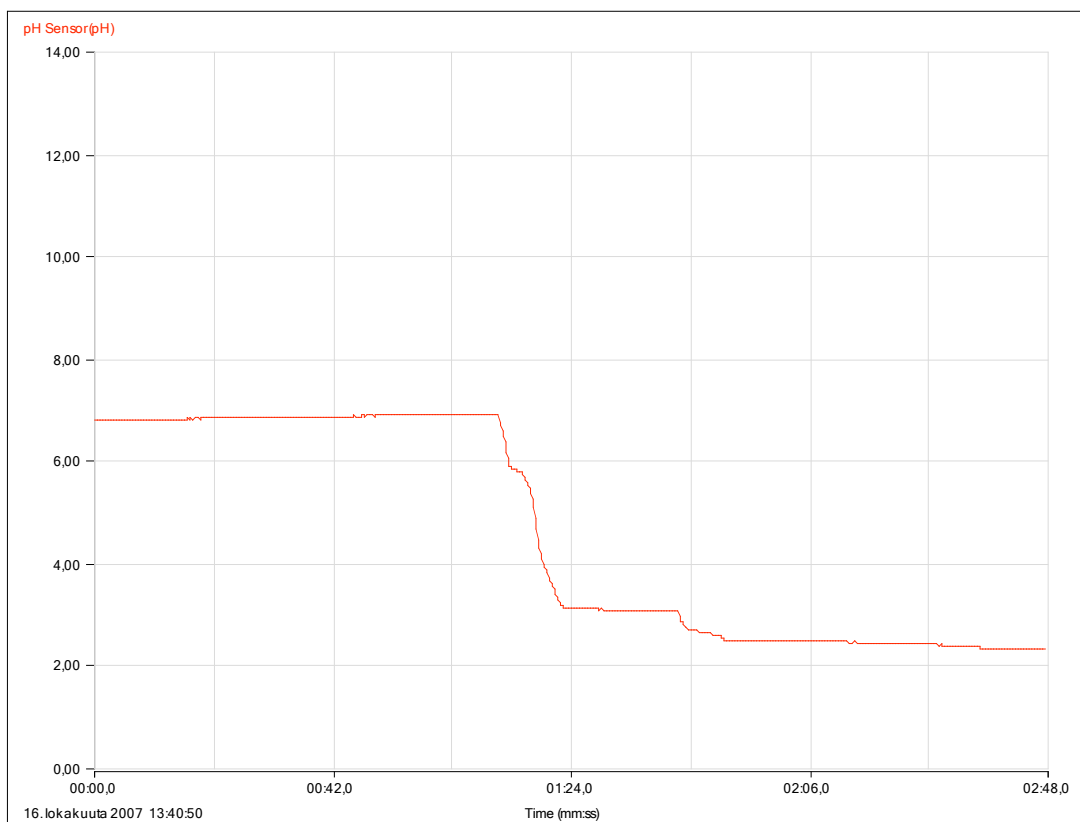
$$\begin{aligned} \Rightarrow \text{pH}_{\text{sadevesi}} &= -\lg[\text{H}_3\text{O}^+] = -\lg [2 \cdot n(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{sadevesi}} / V_{\text{sadevesi}}] \\ &= -\lg [2 \cdot 0,0005 \text{ mmol} / 100 \text{ ml}] = \underline{5,0} \end{aligned}$$

Sadevesinäytteen pH on 5,0.

Happosateen simulointi

Tämän oppilastyön voi tehdä sekä sadeveden happamuustyön tai maaperän happamuustyön yhteydessä tai aivan erillisenä työnä. Happosateen simulointi minigrip – pussissa voidaan toteuttaa demonstraationa tai oppilastyönä. Työssä on tarkoitus käyttää mittausautomaatiota, jolloin oppilaat näkevät, että rikkidioksidi kulkeutuu ilman välityksellä pussin pohjalla olevaan veteen ja happamoittaa sen.

Työn alussa veden pH on lähellä seitsemää eli neutraalia. Kun natriumsulfiitti ja suolahappo reagoivat, vapautuu kaasumaista rikkidioksidia. Rikkidioksidi liukenee pussin pohjalla olevaan veteen ja muodostaa rikkihapoketta. Liuennut rikkidioksidi laskee pussin pohjalla olevan veden pH:ta. Veden pH:n muutos mitattiin mittausautomaatiolaitteistolla ja se on esitetty kuvassa 5.5.



Kuva 5.5 Rikkidioksidin liukeneminen veteen alentaa veden pH:ta. Veden pH on työn lopussa 2,35.

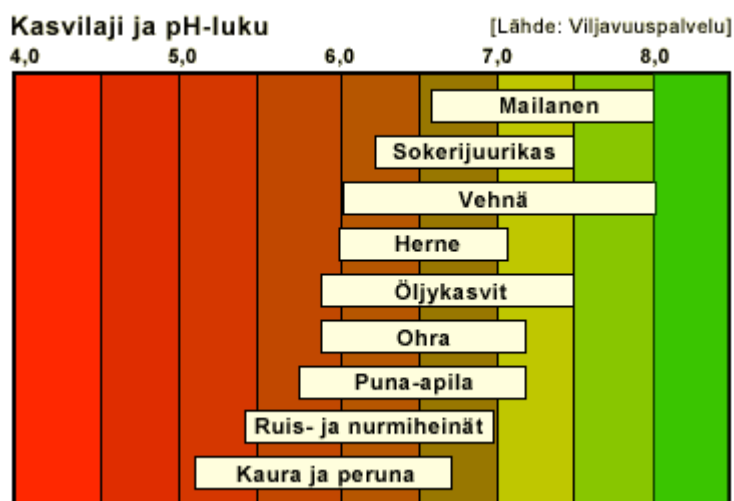
5.2.2 Oppimistehtävä maaperän happamuudesta

Kokeellisen oppilastyön (ks. oppilaan ohje: liite 3, opettajan materiaali: liite 7) tarkoituksena on mitata eri maaperänäytteiden pH:ta mittausautomaatiolaitteiston avulla. Oppilaiden on myös tarkoitus tutustua siihen, että eri kasvit viihtyvät eri pH-alueilla. Oppilastyössä tutustutaan myös siihen, miten maaperän happamoituminen vaikuttaa kasvien kasvuun ja miten maan happamuutta voidaan vähentää.

Maaperän happamuus mitattiin sekoittamalla kuivatettua maanäytettä veteen. Maaperänäytteen ja veden seoksen annettiin seistä yön yli. Seuraavana päivänä seos suodatettiin. Suodoksen pH mitattiin mittausautomaatiolaitteistolla pH -anturin avulla. Maaperänäytteet olivat havumetsästä, pellolta ja savisesta maasta. Maaperänäytteiden pH -arvot on esitetty taulukossa 5.9.

Taulukko 5.9 Maaperänäytteiden pH

maaperänäyte	pH
Havumetsä	5,20
Pelto	6,71
Savimaa	7,25



Kuva 5.6 Kasvilaji ja pH-luku

Happaman maan kasveilla tarkoitetaan niitä kasveja, jotka viihtyvät maaperässä, jonka pH on alle 5,5. Happaman maan pensaita ovat esimerkiksi hortensiat, pensas mustikka ja – puolukka³. Kuvan 5.6 mukaan pellolle, jonka pH on 6,71 voisi viljellä ohraa, ja vehnää voisi viljellä savimaalle, jonka pH on 7,25⁴. Vehnä viihtyy muutenkin savisella maalla, koska esimerkiksi silloin niille ei yleensä muodostu oraita tuhoavaa jääpeitettä.

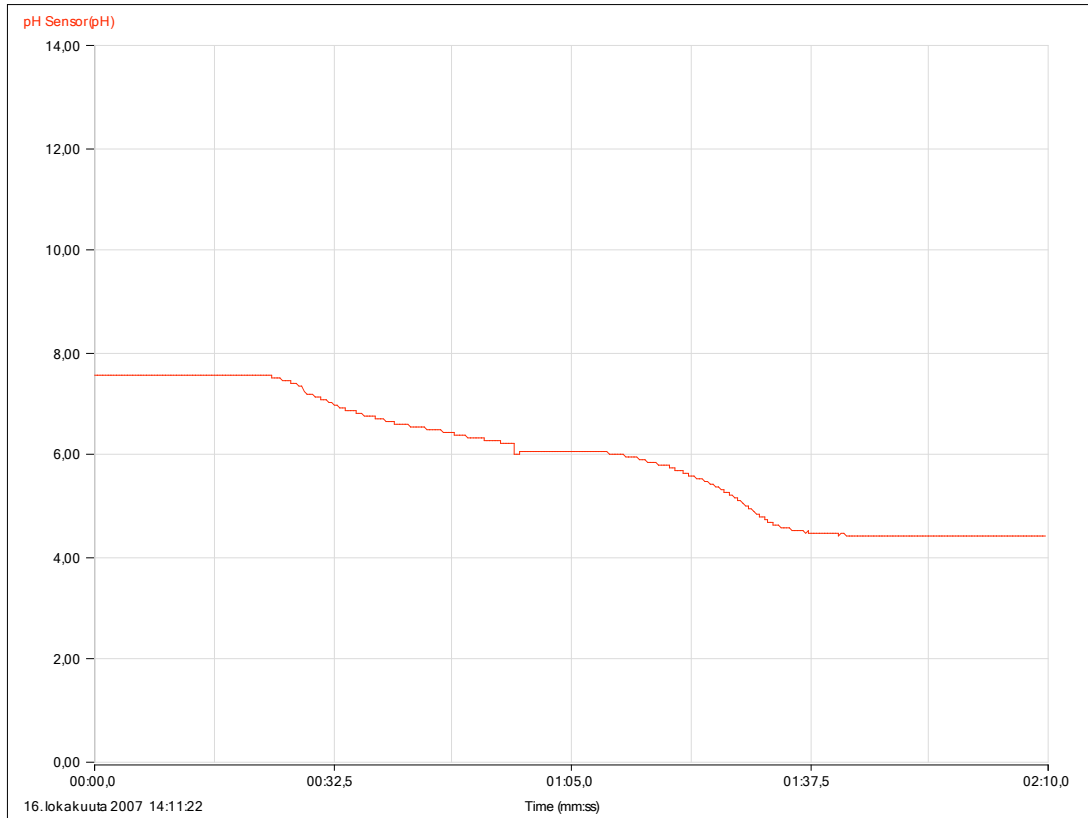
Happosateen vaikutus maaperään

Maaperän happamuuden mittauksesta saatu maanäytteen suodos käytetään työn seuraavassa vaiheessa. Suodokseen tiputetaan tipoittain noin 2 ml laimeaa rikkihappoliuosta. Tällä vaiheella simuloidaan happosateen vaikutusta maaperän happamoitumiseen. Kuva 5.7 esittää maaperän happamoitumista. Alussa suodoksen pH on

³ (<http://www.kekkila.fi/web/web.nsf/sp?open&cid=peruskouluhappamanmaankasvit>, 2006)

⁴ (<http://www.finfood.fi/finfood/ffom.nsf/0/AA5D2F637BB2EF9AC22564F40038C215?opendocument&lng=Suomi&sh=Kaikille&cat1=Ylli&cat2=Maatila&cat3=Viljelykasvit&cat4=Peltokasvit&cat5=Vehn%E4>, 2007)

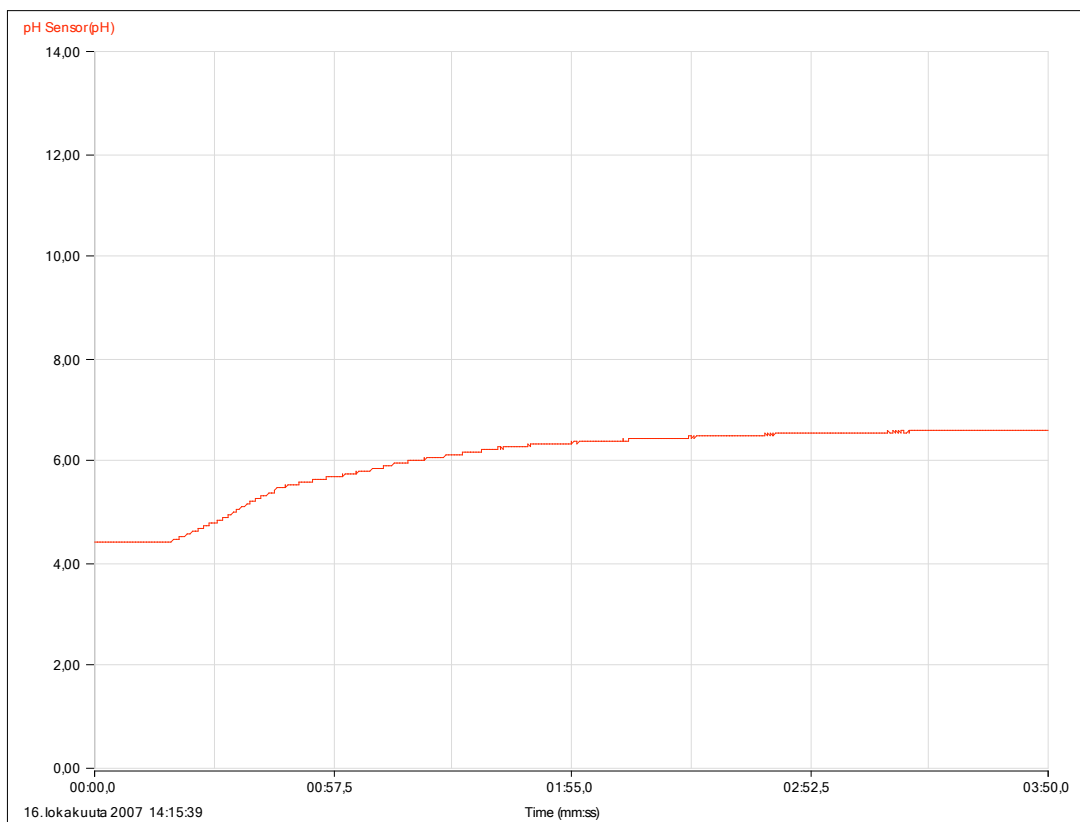
hieman yli seitsemän. Rikkihapon lisäyksen jälkeen suodoksen pH on lähes neljä. Työn tarkoituksena on herättää keskustelua maaperän happamoitumisesta luonnossa, happosateista ja siitä kuinka happamoituminen vaikuttaa kasvien kasvamiseen.



Kuva 5.7 Maaperän happamoitumista esittävä kuvaaja

Happamoituneen maaperän kalkitseminen

Työn seuraavassa vaiheessa on tarkoitus tutustua happamoituneen maaperän pH:n nostamiseen. Edellisessä vaiheessa happamoituneen suodoksen pH:ta nostetaan kalsiumhydroksidin avulla. Työn tavoitteena on saada oppilaat pohtimaan, mikä merkitys kalkitsemisella on maanviljelyssä. Kuva 5.8 esittää, kuinka kalkki nostaa maaperän pH:ta. Alussa suodoksen pH on hieman yli neljä. Kun suodokseen lisätään kalkkia muutama hippu, pH nousee lähes seitsemään.



Kuva 5.8 Kalkki nostaa happamoituneen maaperän pH:ta.

5.2.3 Oppimistehtävä rehevöitymisestä ja fosfaatin määrittämisestä

Tehtävän (ks. oppilaan ohje: liite 4, opettajan materiaali: liite 8) tavoitteena on tutustua luonnon rehevöitymiseen ja erityisesti pesuaineiden vaikutuksia rehevöitymiseen. Lisäksi tavoitteena on, että oppilaat oppisivat käsittelemään ja tulkitsemaan graafisia tuloksia. Oppilaiden tavoitteena on myös tutustua kolorimetrisen analyysiin, jolla tässä työssä tutkitaan vesiliuoksen sisältämän fosfaatin määrää. Oppilastyön orientaatiovaiheeseen kuuluu, että oppilaat tutustuvat käsitteeseen kova vesi. Oppilaat tutustuvat myös veden pehmentämiseen fosfaattien avulla.

Työn ennakkotehtävässä tutkitaan veden kovuutta kokonaiskovuusliuskojen avulla. Työssä verrataan vesijohtoveden ja kovan veden eroa. Kovavesi sisältää kalsiumioneja 1000 mg/l.

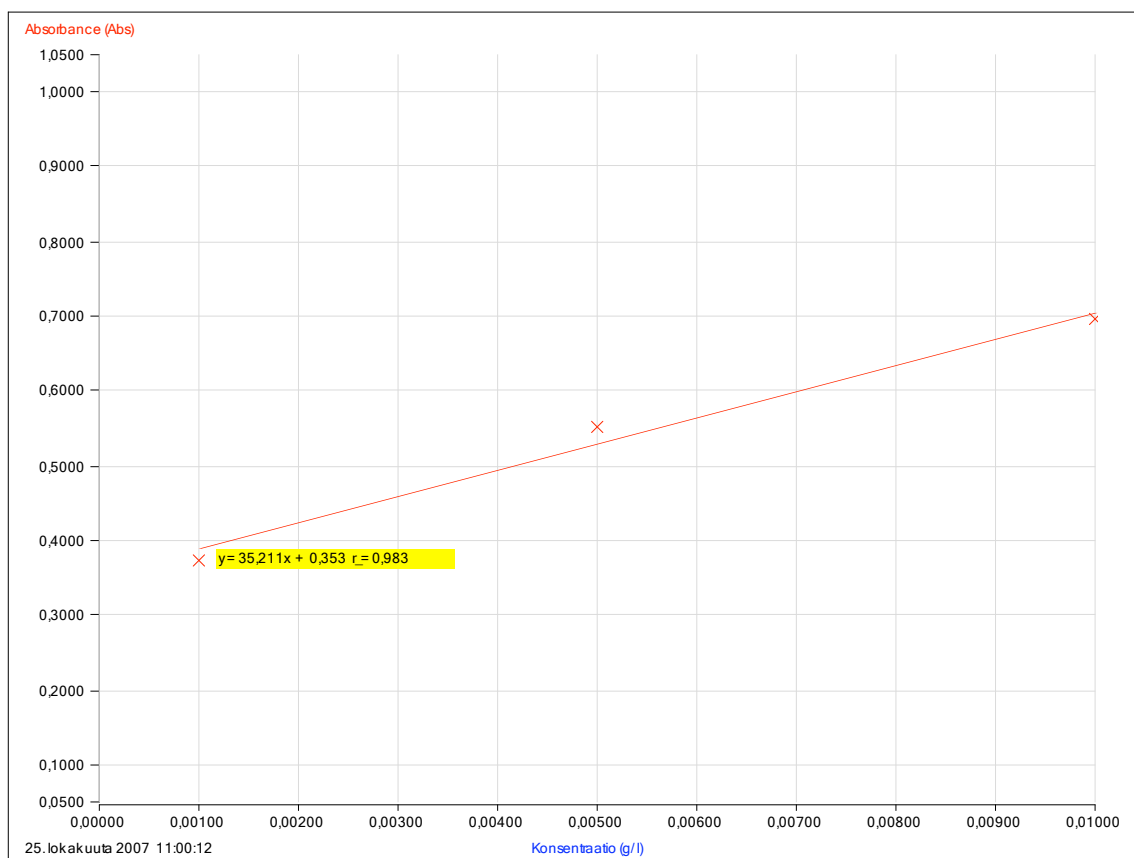
Kovan veden ominaisuuksia voidaan tutkia myös vaahtoavuuden perusteella. Yhteen koeputkeen laitetaan 5 ml kovaa vettä ja toiseen 5 ml vesijohtovettä. Kumpaankin

koeputkeen laitetaan yksi tippa pesuainetta. Koeputkia ravistellaan voimakkaasti. Kokeessa havaitaan, että kova vesi vaahtoa huonommin kuin pehmeä vesi.

Fosfaattitehtävä alkaa lyhyellä uutisella, joka johdattaa oppilaat työn aiheen eli rehevöitymisen pariin (ks. liitteet 4 ja 8). Tehtävässä on tarkoitus selvittää tutkittavan pesuaineen fosfaattipitoisuus. Tehtävässä valmistettiin kolme vertailuliuosta ja tutkittava pesuaineliuos. Mittausautomaatilaitteena käytettiin Data Harvest -merkkistä mittausautomaatilaitteistoa ja kolorimetriä. Kaikki vertailuliuokset ja pesuaine näyte on tärkeä valmistaa samanaikaisesti. Kun kaikki valmistetut liuokset ovat valmiina, aloitetaan vertailusuoran muodostaminen. Vertailuliuoksien avulla muodostetaan tietokoneen toiminnon avulla pienimmän neliösumman suora, jonka avulla analysoitavan pesuaineliuoksen fosfaattipitoisuutta voidaan arvioida. Tutkittavan pesuaineliuoksen absorbanssin arvo sijoitetaan suoran yhtälöön $y = ax + b$ y:n paikalle. Ratkaisemalla yhtälöstä x, saadaan arvioitu pesuaineliuoksen pitoisuus. Taulukossa 5.10 on esitetty vertailuliuoksien absorbanssien arvot, joiden avulla vertailusuora muodostettiin.

Taulukko 5.10 Vertailuliuoksien absorbanssien arvot.

Vertailuliuos	Absorbanssi	Pitoisuus (g/l)
Vertailuliuos 1	0,3750	0,00100
Vertailuliuos 2	0,5537	0,00500
Vertailuliuos 3	0,6946	0,01000



Kuva 5.9 Vertailuliuosten absorbanssien arvot on merkitty rasteilla. Vertailuliuosten absorbanssien arvojen avulla muodostettu suora on merkitty punaisella suoralla. Suoran yhtälö on kuvaajassa keltaisella pohjalla.

Pesuaineliuoksen absorbanssiksi saatiin 0,3974. Sijoittamalla absorbanssin arvo yhtälöön $y = 35,211x + 0,353$ y :n paikalle, saadaan pesuaineliuoksen pitoisuudeksi 0,00126 g/l. Pesuaineliukseen laitettiin pesuainetta alun perin 0,033g/l, joten liuos sisältää fosfaatteja noin 3,8 %. Pesuaine sisältää fosfaatteja 15-30 % etiketin mukaan. Absorptiometriset menetelmät antavat saadut tulokset 5-10 % tarkkuudella (Klinga & Näsäkkälä, 2003). Lisäksi tarkkuutta vähentää koulukäyttöön tarkoitettu mittausautomaatiolaitteisto ja kolorimetri, joiden tarkkuus ei vastaa yliopistojen kalliiden laitteiden tasoa. Pesuaineen sisältämät aineet saattavat myös vaikuttaa fosfaatin liukoisuuteen ja fosfaatin värinmuodostusreaktioon.

6. JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Tämän tutkielma tarkoituksena on kartoittaa, miten laajasti ympäristökemiaa käsitellään kemian perusopetuksessa sekä kehittää uutta oppimateriaalia perusopetuksen 7.-9. luokkien käyttöön ja erityisesti käytettäväksi Tiedekeskus Heurekan uudessa oppimiskeskuksessa. Tutkielman lähtökohtina ovat ympäristökemian kontekstipohjainen oppiminen (ks. luku 2.3), ongelma-perustainen oppiminen (ks. luku 2.4) ja oppimisen tukeminen mittausautomaation avulla (ks. luvut 3.1; 3.2 ja 3.3).

Tutkimuksen tärkeimpänä tavoitteena on uusien oppilastöiden kehittäminen kemian opetukseen. Oppimateriaalin kehittämisen lähtökohtana olivat peruskoulun kemian oppikirjojen pohjalta tehdyn tarveanalyysin tulokset (ks. luku 5.1) ja aiemmat tutkimustulokset, erityisesti mittausautomaatiolaitteiston käytön hyödyt ja haasteet (ks. luku 3.2 ja 3.3).

6.1 Tarveanalyysi

Peruskoulun 7.-9.-luokkien kemian opetuksessa on käytössä kaksi kirjasarjaa (ks. luku 5.1). Ympäristökemian käsittely näissä peruskoulun kemian oppikirjoissa on opetussuunnitelmien mukaista. Kirjasarjassa P1-P7 ympäristökemian käsittely on tekstimäärältään laajempaa kuin kirjasarjassa P8-P16. Kummassakin kirjasarjassa ympäristökemiaa on käsitelty eniten vihreän kemian ja kestävä kehityksen näkökulmasta. Kirjasarjassa P1-P7 on ilman ja veden ympäristökemiaa on käsitelty toiseksi eniten. Biokehän kemian ja ihmisen toiminnan vaikutuksen käsittely on tekstimäärältään vähäisempää kuin ilman ja veden käsittely. Kirjasarjassa P8-P16 Ilman, veden, biokehän ja ihmisen toiminnan vaikutuksen käsittely on suurin piirtein yhtä laajaa. Poikkeuksena kummassakin kirjasarjassa on, että maaperän ympäristökemian käsittely on erittäin vähäistä.

Ympäristökemiaan liittyvien oppilastöiden osuus on kirjasarjoissa vaihtelevaa. Kirjasarjan P1-P7 oppilastyöt käsittelevät ympäristökemiaa huomattavasti monipuolisemmin kuin kirjasarja P8-P16 (ks. luku 5.1). Oppikirjoista löytyy yhteensä 28 ympäristökemiaan

liittyvää oppilastyötä. Näistä 14 on kokeellisia oppilastöitä ja toiset 14 kirjallisia oppilastöitä. Kokeellisista oppilastöistä viisi käsittelee vihreää kemiaa, neljä veden ympäristökemiaa, kaksi ilmakehän ympäristökemiaa, kaksi ihmisen toiminnan vaikutusta ja yksi biokehän ympäristökemiaa. Yksikään kokeellinen oppilastyö ei käsittele maaperän ympäristökemiaa. Kirjallisista oppilastöistä 11 käsittelee vihreää kemiaa, kaksi ilmakehän ja yksi veden ympäristökemiaa. Oppikirjat eivät sisällä yhtään lumeen, maaperään tai rehevöitymiseen liittyvää oppilastyötä. Tämän vuoksi tämän tutkielman oppilastöiden aiheiksi valittiin maaperän happamuus, vesistöjen rehevöityminen sekä lumi- tai sadevesinäytteen happamuus.

Peruskoulun kirjasarjoista ei löydy yhtään ongelmaperustaisia ja mittausautomaation avulla tuettuja oppilastöitä. Lisäksi valtakunnallisen opetussuunnitelman perusteiden mukaan ympäristökemiaa on tärkeä opettaa peruskoulun luokilla 7.-9. (ks. luku 2.1). Kontekstipohjainen lähestymistapa (ks. luku 2.3) ja ongelmaperustaisuus (ks. luku 2.4) lisäävät oppilaiden motivaatiota kemian opiskeluun ja luovat yhteyden arkipäiväisen elämän ja luonnontieteiden välille. Tämän vuoksi tässä tutkielmassa on perusteltua kehittää ongelmaperustaisia mittausautomaatiolaitteiston avulla tuettuja ympäristökemian oppilastöitä.

6.2 Oppimateriaali

Tässä tutkielmassa kehitettyjen uusien kokeellisten oppilastöiden perustana olivat kontekstipohjainen oppiminen, ongelmaperustainen oppiminen ja opetuksen tukeminen mittausautomaation avulla. Oppimateriaalien aiheiksi valittiin maaperän happamuus, vesistöjen rehevöityminen sekä lumi- tai sadevesinäytteen happamuus. Oppimateriaali on kehitetty käytettäväksi Tiedekeskus Heurekan uudessa oppimiskeskuksessa, mutta sitä voidaan hyödyntää myös kouluissa, joissa on saatavilla mittausautomaatiolaitteet.

Kokeelliset oppimistehtävät on toteutettu ongelmaperustaisen opetusmenetelmän mukaisesti (ks. luku 2.4). Työn alussa oppilaat jakautuvat ryhmiin ja heille kerrotaan PBL-menetelmän vaiheet. Kokeelliset oppimistehtävät lähtevät liikkeelle pienestä tarinasta tai lyhyestä uutisesta (ks. liitteet 2-4), joka johdattelee oppilaat oppilastyön aiheen pariin ja se sisältää myös ratkaistavan ongelman. Oppilastöiden toteuttaminen vaatii tietokoneita tai

kannettavia tietokoneita ja mittausautomaatiolaitteistoja sekä antureita. Tässä tutkielmassa kehitetyt oppilastyöt vaativat pH-anturin ja kolorimetrin. Kokeellisten oppilastöiden suorittamisen sujuvuuteen vaikuttaa käytössä olevien tietokoneiden ja mittausautomaatiolaitteistojen määrä. Jos jokaisella oppilasryhmällä on käytettävissä oma tietokone ja mittausautomaatiolaitteisto, työt sujuvat nopeammin kuin jos käytössä olisi vain muutama laitteisto.

Oppimateriaali kehitettiin peruskoulun 7.-9.-luokille, mutta työt sopivat erittäin hyvin myös lukio-opetukseen. Oppimateriaaleista maan happamuus ja lumi- tai sadeveden happamuus sopivat käsiteltäviksi pH-käsitteen yhteydessä tai luonnon happamoitumisen yhteydessä. Fosfaattien vaikutus rehevöitymiseen sopii opetettavaksi esimerkiksi vedenpuhdistuksen yhteydessä.

6.3 Tutkimuksen merkitys

Tässä tutkielmassa kehitettiin uutta oppimismateriaalia kontekstipohjaisen oppimisen menetelmää käyttäen. Ympäristökemian opiskelu on kontekstipohjaista oppimista (luku 2.3). Kontekstipohjaisen oppimisen tavoitteena on lähteä liikkeelle tilanteista, jotka kiehtovat oppilaita ja jotka osoittavat, että kemiasta on hyötyä. Kontekstipohjaisen opetuksen hyötyjä on esimerkiksi oppilaiden kiinnostuksen lisääntyminen ja yhteyden löytäminen tieteen ja arkielämän välille (Gilbert, 2006; Bennett, 2003).

Jos valtakunnallisia opetussuunnitelmia kehitettäisiin kontekstipohjaisiksi, kouluissa olisi mahdollisuus välttää kemian oppimäärän ylikuormittuminen. Lisäksi kontekstipohjainen opetus mahdollistaa kemian oppimisen kokemisen merkitykselliseksi. Kontekstipohjainen oppiminen tukee myös oppilaan motivaatiota ja auttaa heitä sitoutumaan kemian opiskeluun. (Pilot & Bulte 2006)

Toisena näkökulmana oli ongelmaperustainen oppiminen. Ongelmaperustaisen oppimisen idea on käynnistää oppiminen käytännöstä nousevien ongelmien, erilaisten tilanteiden ja teemojen kautta (ks. luku 2.4). Sen tarkoituksena on yhdistää monia hyvän ja tehokkaan oppimisen ja opetuksen tekijöitä kuten itseohjautuva oppiminen, kriittinen ja analyyttinen ajattelu, poikkitieteellisyys, ryhmä- ja vuorovaikutustaidot sekä informaation

käsittelyntaidot. Ongelmaperustaisessa oppimisessa korostetaan elinikäistä oppimista ja oppilaan aktiivista roolia niin oppimisessa kuin ongelmanratkaisussakin. (Poikela, 2003)

Ratkaistavien ongelmien tulee liittyä arkielämään, niiden tulee olla avoimia, niiden täytyy herättää uteliaisuutta ja niiden pitää keskittyä vain yhteen aihealueeseen (Akinoğlu & Özkardeş Tandoğan, 2006; Çuhadaroglu et al., 2003). Ongelmaperustaisen lähestymistavan hyötyjä ovat esimerkiksi oppilaskeskeisyys, ongelmanratkaisutaitojen kehittyminen, oppilaan sosiaalisten taitojen ja kommunikointitaitojen kehittyminen ryhmätyöskentelyn kautta ja teorian ja käytännön yhdistäminen.

Menetelmän haasteina ovat oppilasarviointi ja uusien oppimateriaalien laatiminen, sillä se vaatii paljon materiaaleja ja tutkimista. (Dinçer & Güneysu, 1998; Treagust & Peterson, 1998; Kalaycı, 2001; Şenocak, 2005)

Kolmas lähtökohta oli mittausautomaatioavusteinen kemian opetus (ks. luvut 3.1; 3.2 ja 3.3). Vuonna 1999 Kemian opetus tänään –tutkimuksen (Aksela & Juvonen, 1999) mukaan ainoastaan 7 % opettajista käytti mittausautomaatiota kemian opetuksessa Suomessa. Mittausautomaation käyttö on kuitenkin lisääntynyt viime vuosina kemian opetuksessa. 16 % kemian opettajista käytti jotain mittausautomaatiosysteemiä työssään vähintään kerran kuussa ja 14 % opettajista teetti oppilailla mittausautomaatiotyön vähintään kerran kuussa. (Leskinen, 2007)

Opettajat käyttävät mittausautomaatiota opetuksessa, koska sen avulla on helppo käsitellä tuloksia, havainnollistaa kemian ilmiöitä ja mittaaminen on nopeaa. Syitä mittausautomaation vähäiseen käyttöön oli esimerkiksi, että sitä ei osata käyttää tai sen käyttö koetaan hankalaksi. Mittausautomaation käytön rajoituksia olivat myös laitteiden puute tai vaikea saatavuus. (Aksela & Juvonen, 1999)

Jatkossa tulisi tutkia, miten kontekstipohjaisen, ongelmaperustaisen oppimisen ja mittausautomaation käyttö vaikuttavat oppilaiden oppimistulokseen ja motivaatioon. Myös näiden menetelmien käytön haasteita pitäisi tutkia. Jatkossa tulisi kehittää lisää oppimateriaalia, joka tukee oppimista tässä tutkielmassa käytettyjen menetelmien kautta.

Kontekstipohjaisen oppimisen arvioimista tulisi kehittää, koska sillä on merkittävä vaikutus oppimis- ja opettamisprosessiin. Kontekstipohjainen oppiminen tarvitsee tulevaisuudessa arvioinnin metodeja, jotka ovat mukautuvia ja johdonmukaisia opetuksen tavoitteiden kanssa. (Pilot ja Bulte 2006)

Ongelmaperustaista oppimisen käyttämistä tulisi jatkossa tukea kehittämällä lisää oppimateriaaleja sekä oppilaan arvioinnin metodeja. PBL -menetelmän avulla myös oppimateriaaleista, jotka ovat mekaanisia ja opettajajohtoisia, voidaan kehittää mielenkiintoisia ongelmaperustaisia oppilastoita. Jatkossa voisi olla hyvä rakentaa kokonainen kemian kurssi ongelmaperustaisen menetelmän mukaisesti. Lisäksi tulisi vielä tutkia lisää tämän menetelmän käytön hyötyjä ja mahdollisia haasteita.

Mittausautomaation käyttöä tulisi tukea kehittämällä lisää opetusmateriaalia. Mittausautomaatiota tulisi käyttää enemmän perusopetuksen 7.-9. luokilla. Laajempaa tutkimusta tarvitaan myös jatkossa mittausautomaation käytön vakiinnuttamiseksi kemian opiskeluun ja opetukseen.

Tutkielma vastaa ympäristökemian opetuksen haasteisiin, koska oppimateriaalia kehitettiin aiheista, joita ei ole käsitelty peruskoulun kemian 7.-9.-luokkien oppikirjoissa. Oppilastoissa käytetään modernia teknologiaa, mittausautomaatiolaitteistoa. Tämä tutkielma oli yhteistyöhanke Tiedekeskus Heurekan kanssa. Kehitetty oppimateriaali tulee käyttöön Heurekan uudessa vuonna 2009 valmistuvassa oppimiskeskuksessa. Se mahdollistaa lukuisten oppilaiden mahdollisuuden tutustua moderniin ympäristökemian opiskeluun.

LÄHTEET

- Ahtineva, A. 2000. Oppikirja - tiedon välittäjä ja opintojen innoittaja? Lukion kemian oppikirjan - Kemian maailma 1 - tiedonkäsitys ja käyttökokemukset. Turun yliopiston julkaisuja. Sarja C. Osa 164. Turun yliopisto.
- Akınoğlu, O. & Özkardeş Tandoğan, R. 2007. The Effects of Problem-Based Active Learning in Science Education on Students' Academic Achievement, Attitude and Concept Learning Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education 3(1), 71-81.
- Aksela, M. 2005. Supporting Meaningful Chemistry Learning and Higher-order Thinking through Computer-Assisted Inquiry: A Design Research Approach. Helsinki, Helsingin yliopiston kemian laitos.
- Aksela, M. & Juvonen, R. (1999). Kemian opetus tänään [Chemistry Education Today]. Helsinki: Opetushallitus.
- Atar, H. Y. (2002). Chemistry Students' Challenges in using MBL's in Science Laboratories. In Proceedings of the Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science. (Charlotte, NC, January 10-13, 2002)
- Barrows, H. & Tamblyn, R. (1980). Problem-Based Learning: An Approach to Medical Education, New York: Springer.
- Barton, R. (1997). Computer-aided graphing: a comparative study. Journal of Information Technology for Teacher Education, 6(1), 59 – 72.
- Barton, R. (2004). Why use computers in practical science? Teoksessa R. Barton (Ed.), Teaching Secondary Science with ICT (pp. 27 – 39). Open University Press.
- Bassett, J., Denney, R. C., Jeffery, G. H. & Mendham, M., 1978. Vogel's Textbook of quantitative inorganic analysis. Neljäs painos. Longman. London and New York.
- Bennett, J. (2003). Context-based approaches to the teaching of science. Teaching and learning science. London , UK: Continuum.
- Boud, D. & Feletti, G. 1991. The Challenge of Problem-Based Learning. London: Kogan Page.
- Brasell, H. (1987). The effect of real-time laboratory graphing on learning graphic representation of distance and velocity. Journal of Research in Science Teaching, 24(2), 385 – 395.
- Chang, R., 2000. Physical chemistry for the chemical and biological sciences –kolmas painos. University Science Books. Sausalito, California.

- Chen, S. E. 2000. Problem based learning – educational tool or philosophy. Teoksessa Tan, O. S., Little, P., Hee, S. Y. & Conway, J. (eds.) Problem based learning: Educational innovations across disciplines. A Collection of selected papers. 2nd Asia-Pacific Conference on Problem-Based Learning. Singapore: Temasek Centre for Problem based learning, 210-219.
- Chen, S. E., Cowdroy, R. M., Kingsland, A.J. & Ostwald, M. J. (Eds.) 1994. Reflections on Problem Based Learning. Sydney: Australian Network.
- Çuhadaroğlu, F., Karaduman, A., Önderoğlu, S., Karademir, N. & Şekerel, B. (2003). Probleme Dayalı Öğrenme Oturumları Uygulama Rehberi. Hacettepe Üniversitesi Tıp Eğitimi ve Bilişimi Anabilim Dalı, Ankara. (Accessed from: http://www.medinfo.hacettepe.edu.tr/tebad/docs/kitap/PDO_2003.pdf , (12 May 2004)
- De Vos, W., Bulte, A. M. W. & Pilot, A. (2002). Chemistry curricula for general education: Analysis and elements of a design. In J. K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. F. Treagust & J. H. Van Driel (Eds.), Chemical education: Towards research-based practice (s. 185-226). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Duranti, A. & Goodwin, C. (Eds.). (1992) . Rethinking context: Language as an interactive phenomenon. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Durick, M. A. (2001). The study of chemistry by guided inquiry method using computerbased laboratories, Journal of Chemical Education, 78, 574 – 575.
- Edelson D., 2002, Design Research: What We Learn When We Engage in Design, The Journal of The Learning Sciences 11(1), pp. 105-121. Fenwick, T. & Parsons, J. 1998. Boldly solving the world: A critical analysis of problem-based learning as a method of professional education. Studies in the Education of Adults 30, 1: 53-67.
- Friedler, Y. & McFarlane, A. (1997). Data logging with portable computers: a study of the impact on graphing skills in secondary pupils. The Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, 16(4), 527 – 550.
- Friedler, Y., Nachmias, R. & Linn, M. C. (1990). Learning scientific reasoning skills in microcomputer-based laboratories. Journal of Research in Science Teaching, 27(2), 173 – 191.
- Gallagher, S.A., Stephien, W.J., Sher, B.T. & Workman, D. (1999). Implementing Problem-Based Learning in Science Classrooms. School Science and Mathematics. 95(3), 136-146.
- Gilbert, J., K. 2006. On the Nature of “Context” in Chemical Education. International Journal of Science Education, 28(9), 957-976.
- Good, R. & Berger, C. (1998). The computer as powerful tool for understanding science. Teoksessa J. J. Mintzes, J. H. Wandersee & J. D. Novak, (Eds.), Teaching science for understanding: a human constructivistic view (pp. 213 – 227), San Diego, CA: Academic Press.

- Greenwald, N.L. (2000). Learning From Promblems. *The Science Teacher*, 67(4), 28-32.
- Hakkarainen, K., Lonka, K. & Lipponen, L. 1999. Tutkiva oppiminen. Älykkään toiminnan rajat ja niiden ylittäminen. Porvoo: WSOY.
- Halkka, K. (2003). Lukion fysiikan ja kemian oppimistulosten arviointi 2001. Helsinki: Opetushallitus.
- Hart, C. 2002. Framing Curriculum Discursively: Theoretical perspectives on the experience of VCE physics. *International Journal of Science Education*, 24(10), 1055-1077.
- Hartikainen, H. 2005. Johdatus ympäristökemiaan: Maaperän ympäristökemiaa, luentomoniste.
- Hartsuiker, A., Friedler, Y. & Gravenberch, F. (1996). MBL, MML, and the Science Curriculum—Are We Ready for Implementation? Teoksessa R. Tinker (Ed.), *Microcomputer-Based Labs: educational research and standards* (volume 156, pp. 73 – 88). Berlin: Springer-Verlag.
- Hegarty-Hazel, E. (Ed.) (1990). *The Student Laboratory and the Science Curriculum*. London: Routledge.
- Hodson, D. (1996). Laboratory work as scientific method: three decades of confusion and distortion. *Journal of Curriculum Studies*, 28, 115-135.
- Juppi T., 2006, Ongelmaperustainen lähestymistapa ja A. I. Virtanen kemian opetuksessa. Helsinki; pro gradu – tutkielma
- Klinga, M. & Näsäkkälä, M., 2003. Epäorgaanisen perustyöt 2. Epäorgaanisen kemian osasto, Helsingin yliopisto.
- Kwon, O. N. (2002). The effect of calculator-based ranger activities on students' graphing ability. *School Science and Mathematics*, 102(2), 57 – 67.
- Lagowski, J. J. (1998). Chemical education: Past, Present, and future. *Journal of Chemical Education*, 75(4), 425-436.
- Laugksch, R. C. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science education*, 84(1), 71-94.
- Lavonen, J. 1989a. Computer as a Tool in Physics Education. Teoksessa V. Meisalo & H. Kuitunen (toim.) *Innovations in the Science and Technology Education*. National Board of General Education. Information Bulletin 2/1989, 112-115.
- Lavonen, J. 1989b. Tietotekniikan hyödyntäminen kokeellisen lähestymistavan yhteydessä. Lisensiaattitutkielma. Helsingin yliopiston fysiikan laitos.

- Lavonen, J. 1989c. Tietotekniikka fysiikan opetuksen rikastuttajana. Teoksessa K. Seinälä (toim.) Matemaattis-luonnontieteellisten aineiden didaktiikan päivät 23.-24.9.1989 Tampereen yliopistossa. Tampereen yliopiston opettajankoulutuslaitoksen julkaisuja A12/1989, 176-181.
- Lavonen, J. 1996. Fysiikan opetuksen kokeellisuus ja mittausautomaatio (väitöskirja). University of Helsinki.
- Lavonen, J. 2006. Kontekstuaaliset lähestymistavat. Helsinki, Helsingin yliopiston soveltavan kasvatustieteen laitos.
http://www.helsinki.fi/sokla/malu/AD1_luento3&4_2006.pdf (luettu 14.8.2007)
- Lavonen, J., Aksela, M., Juuti, K. & Meisalo, V. (2003). Designing user-friendly datalogging for chemical education through factor analysis of teacher evaluations. *International Journal of Science Education*, 25(12), 1471-1487.
- Lavonen, J. & Kolari, M-L., 1991. Vesistöjen laadun tarkkailuun liittyviä fysikaalisia ja kemiallisia määrittämenetelmiä. Chemas Oy, Helsinki.
- Lavonen, J., Käll, L., Simbierowicz, P. & Knuuttila, M. 1989. Empirica-mittausjärjestelmä. Vantaa: SensoComp Ky ja Printel Oy
- Lavonen, J. & Meisalo, V. 1997. Luonnontieteiden opetuksen kokeellisuus ja mittausautomaatio. LUONTI-projekti. Helsingin yliopisto. Opettajankoulutuslaitos.
- Lavonen, J., Meisalo, J., Aksela, M. & Juuti, K. (2001). Finnish Virtual School for science education: starting points and expectations, In D. Psillos, P. Kariotoglou, V. Tselves, G. Bisdikian, G. Fassouloupoulos, E. Hatzikraniotis & M. Kallery (Eds). *Proceedings of the third international conference on science education research in the knowledge-based society. Volume 2* (pp. 515-517). Thessaloniki: Aristoteles University of Thessaloniki, Department of primary Education.
- Leskinen, H. (2007). Mittausautomaatio lukion kemian opetuksessa. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, kemian laitos, Helsingin yliopisto.
<http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja>
- Leskinen, H. & Aksela, M. (2007). Mittausautomaatio lukion kemian oppimisen ja opiskelun tukena. Kirjassa Aksela & Montonen (toim.) *Uusia lähestymistapoja kemian opetukseen perusopetuksesta korkeakouluhin*. Opetushallitus.
- Lazear, D. (1991). *Seven Ways of Knowing: Teaching for Multiple Intelligences*, Skylight Publishing, Inc. Palantine, IL.
- Lijnse, P., Kortland, K., Eijkelhof, H., Van Genderen, D. & Hooymakers, H. 1990. A Thematic Physics Curriculum: A balance between contradictory curriculum forces. *Science Education*, 74, 95-103.
- Linn, M. C., Layman, J. W. & Nachmias, R. (1987). Cognitive consequences of microcomputer-based laboratories: Graphing skills development. *Contemporary Education Psychology*, 12(3) 244-253.

- Lähtenmäki, M-L. 2000. Problem-based learning – ongelma-perustainen oppiminen ammatillisessa koulutuksessa ensimmäisen opiskeluvuoden aikana. Pirkanmaan ammattikorkeakoulun julkaisusarja A. Tutkimuksia ja selvityksiä. Nro. 1. Tampere.
- Major, C., H., Baden, M., S. & Mackinnon, M., (2000). Issues in Problem Based Learning: A Message From Guest Editors, Journal on Excellence in College Teaching, USA, Web Edition, 11, 2.
- Malinowski, J. & Johnson, M., (2001). Navigating the Active Learning Swamp. Journal of College Science Teaching, 31, 3.
- Manahan, S.E., 2000. Environmental chemistry. Seitsemäs painos Lewis Publishers, USA.
- Mayo, P., Donnely, N.B., Nash, P.P. & Schwartz, R., W., (1993). Student Perceptions of Tutor Effectiveness in Problem Based Surgery Clerkship, Teaching and Learning In Medicine, 5(4), 227-233.
- Mechling, K. (1995). Teaching Science Backwards: Constructivism and Learning Cycle. European Council of International Schools, Montreux, Switzerland.
- Millar, R. & Osborne, J. (2000). Beyond 2000: Science education for the future. London, UK: School of Education, King's college London.
- McFarlane, A. & Sakellariou, S. (2002). The role of ICT in science education. Cambridge Journal of Education, 32, 219-232.
- McRobbie, C. J. & Thomas, G. P. (2000). Epistemological and contextual issues in the use of microcomputer-based laboratories in a year 11 chemistry classroom. Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, 19 (2), 137 – 160
- Mokros, J. R. & Tinker, R. F. (1987). The Impact of microcomputer-based labs on children's ability to interpret graphs. Journal of Research in Science Teaching, 24(4), 369 – 383.
- Nachmias, R. (1989). The microcomputer based laboratory: Theory and practice. Megamot Behavioural Science Quarterly, 32, 245 – 261.
- Nakhleh, M. B. (1994). A review of microcomputer-based labs: How have they affected science learning? Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, 13(4), 368 – 381.
- Nakhleh, M. B., Polles, J. & Malina, E. (2002). Learning chemistry in a laboratory environment. Teoksessa J. K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. F. Treagust & J. H. Van Driel (Eds.), Chemical Education: Towards Research-based Practice (pp. 69 – 94). Dordrecht: Kluwer.
- Newton, L. (1997). Graph talk: some observations and reflections on students' data-logging. School Science Review, 79(287), 49-53

- Newton, L. (2000). Data-logging in practical science: research and reality. *International Journal of Science Education*, 22(12), 1247–1259.
- Novak, A. M. & Krajick, J. S. (2004). Using technology to support inquiry in middle school science. Teoksessa L. Flick & N. G. Lederman (Eds.) *Scientific inquiry and nature of science implications for teaching, Learning, and Teacher Education* (volume 25, pp. 75 – 102), Series: Science & Technology Education Library. Dordrecht: Kluwer.
- Neufield, V. R. & Barrows, H. S. 1974. The MacMaster Philosophy. An approach to medical education. *Journal of Medical Education* Vol 49, 1040-1050.
- Nummenmaa, A. R. & Perä-Rouhu, H. 2002. Opetuksen ja oppimisen arvionti. Teoksessa A. R. Nummenmaa & J. Virtanen (eds.) *Ongelmasta oivallukseen. Ongelmaperustainen opetussuunnitelma*. Tampere: Tampere University Press, 111-128.
- Nummenmaa, A. R. & Virtanen, J. (Eds.) 2002. *Ongelmasta oivallukseen. Ongelmaperustainen opetussuunnitelma*. Tampere: Tampere University Press.
- Opetushallitus, 2007. Bräutigam, T. 2007. Oppimisympäristöt kehittämisen kohteena – Spektri 3/2007 Opetushallituksen lehti, Kirjapaino Uusimaa, Porvoo. www.oph.fi/julkaisut/spektri/Spektri2007_3.pdf (luettu 9.12.2007)
- Osborne, J. & Collins, S. (2000). Pupils' and parents views of the school science curriculum. London, UK: King's College.
- Perusopetuksen valtakunnallisen opetussuunnitelman perusteet 2004. 2004. Opetushallitus. http://www.oph.fi/ops/perusopetus/pops_web.pdf (luettu 23.11.2007)
- Pilot, A. & Bulte, A. M. W. (2006). Why DO You “Need to Know”? Context-based education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 953-956.
- Poikela, E. & Nummenmaa, A. R. 2006. *Understanding Problem-Based Learning*. Tampere: Tampere University Press.
- Poikela, E & Poikela, S. 1997. Conceptions of learning and knowledge – impacts of the implementation of problem-based learning. *Zeitschrift für Hochschuldidaktik – Austrian Journal for Higher Education* 21 (1), 8-22.
- Poikela, E & Poikela, S. 2001. Knowledge and knowing in problem-based learning. Published proceedings of 3rd Asia Pasific conference on PBL. Experience, empowerment and evidence. Australia: University of Newcastle, 342-353.
- Poikela, S. 2003. *Ongelmaperustainen pedagogiikka ja tutorin osaaminen*. Akateeminen väitöskirja. Tampereen: Tampere University Press.
- Poikela, S., Lähteenmäki, M.-L. & Poikela, E. 2002. Mikä on ongelmaperustaista oppimista ja mikä ei? Teoksessa Poikela, E. (toim.) *Ongelmaperustainen pedagogiikka – teoriaa ja käytäntöä*. Tampere: Tampere University Press, 23- 32.

- Rigeman, S. A. (2001). The impact of technology on chemistry students' construction of meaning from a laboratory investigation of Boyle's Law. Ph. D. Thesis, University of Iowa.
- Roberts, D. A. 1988. What Counts as Science Education? In P. J. Fensham (Ed.), *Development and Dilemmas in Science Education* (s. 27-54). London, UK: Falmer Press.
- Roberts, D. A., & Ostman, L. (1998). *Problems of meaning in science curriculum*. New York: Teachers College Press.
- Rogers, L. T. & Wild, P. (1994). The use of IT in practical science - a practical study in three schools. *School Science Review*, 75(273), 21-28.
- Rogers, L. T. (1995). The computer as an aid for exploring graphs. *School Science Review*, 76(276), 31 – 39.
- Rogers, L. T. (1996). A Study of Pupil's Skills of Graphical Interpretation with Reference to the Use of Data-Logging Techniques in Microcomputer-Based Labs: Educational Research and Standards (volume 156, pp. 165 – 176), NATO ASI Series F: Computer and Systems Sciences.
- Rogers, L. T. (1997). New data-logging tools-new investigations. *School Science Review*, 79 (287) 61— 68.
- Rogers, L. & Wild, P. (1996). Data-logging: Effects on practical science. *Journal of Computer Assisted Learning*, 12(3), 130 – 145.
- Saarinen, S. & Lajunen, H., J. 2004. *Analyyttisen kemian perusteet*. Oulun yliopistopaino. Oulu.
- Schecker, H. (1998). Integration of experimenting and cognition by advanced educational technology: Examples from nuclear physics. Teoksessa B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (pp. 383 – 398). Great Britain: Kluwer.
- Schwartz, A. T., Bunce, D. M., Silberman, R., Stanitski, C. L., Stratton, W. J. & Zipp, A. P. (1994). *Chemistry in Context: Applying Chemistry to Society*. Dobuque: William C. Brown Publishing.
- Settlage, J. (1995). Children's conceptions of light in the context of a technology-based curriculum. *Science Education*, 79(5), 535 – 553.
- Skrutvold, K. (1995) *Teaching Student Science: A Project – Based Approach*. European Council of International Scholls, Montreux, Switzerland.
- Slavin, R.E. (1999), *Comprehensive Approaches to Cooperative Learning, Theory Into Practice*, 38, 2.

- Stanitski, C. L., Eubanks, L. P., Middlecamp, C. H. & Pienta, N. J. (2003). *Chemistry in context: Applying chemistry to society*. Boston, MA: McGraw Hill.
- Tinker, R. F. (Ed.) (1996). *Microcomputer-based labs: Educational research and standards*. Berlin: Springer.
- Tobin, K. (1997). The Teaching and learning of elementary Science. *Handbook of Academic Learning*, Academic Press, 369-403.
- Treagust, D.F. & Peterson, R.F. (1998). Learning To Teach Primary Science Trough Problem Based Learning. *Science Education*, 82(2), 215-237.
- Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2002. *Laadullinen tutkimus ja sisällön analyysi*. Helsinki: Tammi
- van der Berg, E. & Ellermeijer, T. (2006). *Science Activities with Computers in a Learning Centre*. AMSTEL Institute. University of Amsterdam. Netherlands. Teoksessa *The Second European Conference on Primary Science and Technology Education, Science is Primary II, Engaging the new generation*, October 15-17, 2006. Stockholm, Sweden, s. 37-46.
- vanLoon, G., W. & Duffy, S., J., 2000. *Environmental chemistry, a global perspective*. Oxford University Press, USA.
- Vesterinen, P. 2001. *Projektiopiskelu ja –oppiminen ammattikorkeakoulussa*. Jyväskylä studies in education, psychology and social research. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto.
- Virtanen, J. 2001. Ongelmaperustaisen opetussuunnitelman rakentaminen. In E. Poikela & S. Öystilä (Eds.) *Tutkiminen on oppimista – ja oppiminen tutkimista*. Tampere: Tampere University Press., 118-131.
- Volz, D. V. (1997). Microcomputer based chemistry experiments—an American perspective. *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry*, 357, 214.
- Vosniadou, S., De Corte, E. & Mandl, H. (Eds.). (1996). *Technology-based learning environments*. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Webb, M. E. 2005. Affordances of ICT in science learning: implications for an integrated pedagogy. *International Journal of Science Education* 27 (6), 705–735.
- Yuzhi, W. (2003). *Using Problem–Based Learning and Teaching Analytical Chemistry*, The China Papers., July, 28-33.
- Zielinski, T. J. & Swift, M. L. (1997). Preface. In T. E. Zielinski & M. L. Swift (Eds.). *Using computers in chemistry and chemical education* (p. xiii). American Chemical Society.
- Zounek, J. 2005. *ICT and learning- and teaching-friendly environment in contemporary Czech school*. Department of Educational Sciences, Masaryk University, Brno, the Czech Republic.

Zuman, J. & Kim, H. (1989). Effects of microcomputer-based laboratories on students' understanding of scientific experimentation. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, San Francisco, CA.

WWW-dokumentit:

Aquahoito.info, Akvaarioveden kovuus

<http://www.aquahoito.info/suomi/akvaario/kovuus.php>, (luettu 12.12.2007).

Data Harvest

<http://www.data-harvest.co.uk/> (luettu 8.12.2007)

Farmit Website Oy

http://www.farmit.net/farmit/fi/03_kasvinviljely/03_kalkitus/08_kalkitussuunnitelma/02_viljeltavakasvi/index.jsp, (luettu 8.12.2007)

Finnfood, Oppimateriaali, Viljelykasvit, Vehnä

<http://www.finfood.fi/finfood/ffom.nsf/0/AA5D2F637BB2EF9AC22564F40038C215?opendocument&lng=Suomi&sh=Kaikille&cat1=Ylli&cat2=Maatila&cat3=Viljelykasvit&cat4=Peltokasvit&cat5=Vehn%E4>, (luettu 8.12.2007)

Finnfood, Oppimateriaali, Peltokasvit

<http://www.finfood.fi/finfood/ffom.nsf/0/3A13E6C7C9E91CFEC22564F40038C20C?opendocument&lng=Suomi&sh=Kaikille&cat1=Ylli&cat2=Maatila&cat3=Viljelykasvit&cat4=Peltokasvit> (luettu 8.12.2007)

Finnfood, Oppimateriaali, Viljelykasvit

<http://www.finfood.fi/finfood/ffom.nsf/0/9683C7F37FA2D65DC2256E5B0029D998?opendocument&lng=Suomi&sh=Kaikille&cat1=Ylli&cat2=Maatila&cat3=Viljelykasvit> (luettu 8.12.2007)

Ilmatieteen laitos, Vallitsevat tuulet suotuisia Suomen rikkilaskeumalle

<http://www.fmi.fi/uutiset/index.html?A=1&Id=1078740694.html>, (luettu 12.12.2007)

Jyväskylän yliopisto, Koulutuksen tutkimuslaitos, Peda.net, Ympäristö meillä ja maailmalla, Rehevoityminen ja sinilevät ongelmina

http://www.peda.net/en/magazine/alkio/ymparistomm?m=content&a_id=2 (luettu 8.12.2007)

Kekkilä, Happaman maan kasvit

http://www.kekkila.fi/web/web.nsf/sp?open&cid=peruskouluhappamanmaan_kasvit, (luettu 8.12.2006)

Opetushallitus, Laboratortioanalyysit

http://www.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/ymparistoanalyysit_maanaytteen_fosfori.html, (luettu 12.12.2007)

Opetushallitus, Ympäristökemian verkkokurssi, Maaperän happamoituminen.

<http://www.edu.fi/oppimateriaalit/ymparistokemia/maahappamoituminen.html> (luettu 12.12.2007)

Opetushallitus, Ympäristökemian verkkokurssi, Rikin oksidit
<http://www.edu.fi/oppimateriaalit/ymparistokemia/rikki.html> (luettu 12.12.2007)

Valtion ympäristöhallinto, Ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=165057&lan=FI> (luettu 22.11.2007)

Valtion ympäristöhallinto, Metsämaan happamoituminen
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=428&lan=fi> (luettu 12.12.2007)

Valtion ympäristöhallinto, Rehevöityminen
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=12463&lan=fi> (luettu 12.12.2007)

Wikipedia, Happamoituminen
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Happamoituminen> (luettu 12.12.2007)

WWF Suomi, Ekovinkit, Siivous
http://www.wwf.fi/tue_toimi/osallistu_toimintaan/ekovinkit/siivous.html
(luettu 12.12.2007)

Liite 1

TARVEANALYYSISSÄ TUTKITUT OPPIKIRJAT

Taulukko 1. Kirjasarja P1-P7. Oppikirjojen sisältämä ympäristökemian käsittely luokiteltuna eri kategorioihin.

Kirja	Asia	Ilma	Vesi	Maa	Bio	Ihmisen toiminta	Vihreä kemia
P1	s. 10 Myrkky kuva: Ympäristölle vaarallinen -merkki				8		kuva
P1	s. 11 Extra: Luonnon myrkkijä: Kasvit, kyy, sienet, entsyymit voivat pilkkoa myrkkijä				18		
P1	s. 12 Extra: Supermyrkky dioksiini				4	2	2
P1	s.13 t. 2 Tunnista varoitusmerkit. d) Ympäristölle vaarallinen t. 6 Tutki kotona pesuaineen, liuottimen tms. tuoteselostetta. Terveyshaitat? t. 7* a) Luettele luonnossa kasvavia myrkyllisiä kasveja. b) Miksi jokin kasvi on ihmiselle vaarallinen, vaikka se on jonkin eläimen ravintoa?				Tehtävä Tehtävä Tehtävä		
P1	s. 22 Kuolleenmeren vesi. Kalat eivät voi elää siinä.		Kuva teksti		Kuva teksti		
P1	s. 26 Kotona lajitellaan roskat eri säiliöihin. Kierrätys, erotusmenetelmä.						3
P1	s. 40 Extra: Atomit kiertävät vuosituhannesta toiseen	7	1		3		
P1	s. 45 Extra: Elohopea: myrkky, elohopeaa kasautuu ravintoketjun yläpäähän.				3		
P1	s. 48 t. 7 a) Miksi elohopeakuumemittarit pyritään vaihtamaan spritiä sisältäviin kuumemittareihin?					Tehtävä	
P1	s. 59 Extra: Auton katalysaattori						9
P1	s. 60 t 6. Mitä ongelmia seuraisi, jos ilmassa olisi huomattavasti enemmän kuin 21% happea?	Tehtävä					
P1	s. 64 Asbestia käytettiin talon eristeinä. Asbesti haitallinen terveydelle.				2		
P1	s. 69 Tulipaloissa syntyy myrkyllistä savua				2		
P1	s. 76 Ilmakehän tyyppi, palamisreaktioissa muodostuu haitallisia typen oksideja s. 77 Ilmakehä on jatkuvassa muutoksessa, tulivuoren purkaukset kuva: Ovatko ilmakehässä tapahtuneet muutokset vaikuttaneet sää olosuhteisiin? Tulvat s. 78 Otsonikerroksen ohentuminen, ihmisen toiminta s. 80 Extra: Lannoitteiden pääsyä vesistöihin estetään, rehevöityminen s. 81 t. 7* Miksi tyypeä sisältäviä yhdisteitä, kuten lannoitteita, ei saa päästää vesistöihin?	1 3 Kuva- teksti 1				1	
P1	s. 83 kuva: Hiki sisältää vettä, se on happosateiden ainesosa,... kuva: yhteyttäminen s. 86 Extra: Veden kiertokulku luonnossa s. 87 t. 8* Miksi merivettä ei voi käyttää kasvien kasteluun?		Kuva- teksti 12 + kuva Tehtävä		Kuva- teksti		
P1	s. 88-93 Vesien puhdistus						

	valmistetaan jätevedenpuhdistamoissa, metaani on kasvihuone kaasu kuva: Seutulan kaatopaikan kaasulaitos							Kuva- teksti 2
	s. 148 Tiesitkö? Maakaasu on ympäristöystävällisin fossiilista polttoaineista							
P1	s. 149 t. 8 Biokaasu							Tehtävä
P1	s. 153 Bensiiniin lisätään happea sisältävää yhdistettä, Bensiini palaa puhtaammin							1
P1	s. 154 Jotkut aromaattiset yhdisteet ovat myrkkijä					1		
P1	s. 160 Extra: Vierasaineita elintarvikkeissa voi olla ympäristösaasteet kuten lyijy ja kadmium					2		
P1	s. 161 Extra: maantiesuolan joutuminen pohjavesiin, korvaus ksylitolilla, aiheuttaa rehevöitymistä		2				5	
P1	s. 169 Yhteyttäminen					5		
P1	s. 170 Yhteyttäminen ja soluhengitys kuva: soluhengitys					kaavio kuva- teksti		
P1	s. 178 Luonnossa valkuaisaineiden muuttumisen voi aiheuttaa lyijy, kadmium, elohopea					2		
P1	s. 180					Tehtävä		
P1	t. 4 Raskasmetallien vaikutus soluun							
P1	s. 197 Extra: Raudan kierrätys kuva: Metallin jalostus, kierrätys, ruostuminen							7 Kuva- teksti
P1	s. 198 Tiesitkö? Rautaromun käyttö, jatkojalostus							2
P1	s. 199							
	t. 6* Miksi metallien kierrättäminen on tärkeää?							Tehtävä
P1	s. 203 metallien ympäristövaikutukset		1	1		2	4	
P1	s. 204 Extra: Ongelmallisia metalleja: Elohopea, kadmium, lyijy, alumiini		1			7	3	
P1	s. 204 Tiesitkö? Uuden vuoden tina on ongelmajäte, puurakenteiden lahonsuojauksessa käytetään esim. arseenia.						5	
P1	s. 223 Tiesitkö? Alumiinisen juomapurkin häviäminen luonnossa kestää n. 500 vuotta						1	
P1	s. 227 Tiesitkö? Jokainen kierrätetty teräskilo säästää n. 13 000 kJ energiaa.							2
P1	s. 234-241 Elinkaariarviointi s. 234 Kestävä kehitys s. 235 kuva: Kestävä kehitys: pienikin teko auttaa kuva: Kemian teollisuuden ydinalueet: mm. ympäristötuotteet, metsäteollisuuskemikaalit, maatalouden kemikaali s. 236 Teollisuus ja ympäristö, ympäristönsuojelu kuva: Responsible Care on ympäristö-, terveys- ja turvallisuusohjelma kuva: vedenpuhdistusta Jämsänkoskella s. 237 Elinkaariarviointi kuva: Suomessa käytettävät ympäristömerkit s. 237-239 Elinkaaren tutkiminen s. 238 Maitopurkin elinkaari prosessikaaviona s. 238 Maitopurkin elinkaari vapaamuotoisena kaaviona s. 239 Ekologinen selkäreppu kuva: Elintarvikkeiden kuljetus			Kuva- teksti			Kuva- teksti	12 Kuva- teksti 9 Kuva- teksti 13 Kuva- teksti 14 Kaavio Kaavio 9 Kuva-

	ympäristöä ajatellen kuva: Ekologinen selkäreppu ja tuotteiden valmistus s. 240 Lasiastia vai muovimuki? s. 240 Vähennä jätettä kuva: jäteasiat ja jätteiden lajittelu s. 241 Ongelmajätteet: vaara terveydelle ja ympäristölle, hävittäminen s. 241 Kun jätettä syntyy – kierrätä s. 241 Tiesitkö? Suomalaisen kemianteollisuuden tuotteiden osuus maailman markkinoista: Vedenpuhdistuskemikaalit 1. sija s. 242 t. 1 Ekooginen selkäreppu, elinkaariarviointi, kestäväkehitys t. 2 Muovipakkauksien käyttö lasiastioiden sijasta t. 3 Jätteiden vähentäminen t. 4 kestävä kehitys t. 5 Kodin turhat tavarat t. 6 Pakkausmateriaalia liikaa, liian vähän? Kokeile kotona: Etsi ympäristömerkkejä						teksti Kuva- teksti 11 9 Kuva- teksti 13 6 Tauluk- ko Tehtävä Tehtävä Tehtävä Tehtävä Tehtävä
P1	s. 246 Paperia mekaanisella tai kemiallisella menetelmällä. Hyötyprosentti ja energian kulutus kuva: Sulfaattimenetelmä vs. mekaaninen menetelmä, päästöt					5	
P1	s. 247 Puhtaat paperit, veteen kohdistuva kuormitus on vähentynyt kuva: Paperituotanto ja päästöt s. 247 Paperi kiertää kuva: paperin kierrätys		4	Kuva- teksti		1	7
P1	s. 248 Keräyspaperin käyttö kuva: Keräyspaperi s. 248 Paperin elinkaari						5 Kuva- teksti
P1	s. 249 Paperin elinkaari –kaavio						15 Kuva- teksti 4
P1	s. 250 t. 4 Sanomalehtipaperin hyödyntäminen lukemisen jälkeen t. 8 Tuotteita keräyspaperista						Kaavio
P1	s. 254 Yleisimmät muovilaadut, voiko muovin polttaa?						Tehtävä
P1	s. 255 Muovien hävittäminen kotitalouksissa kuva: Uusiomuovista tehty laitur						Tehtävä
P1	s. 256 Tiesitkö? Muovit kaatopaikalla t. 5 Muovien polttaminen t. 6 Muovikassi vai paperikassi?						Tauluk- ko
P1	s. 262 80% vaatteiden ympäristökuormasta syntyy käytön ja hoidon aikana						13
P1	s. 265 Tekstiilikuitujen kierrätys kuva: Fleece, voidaan valmistaa virvoitusjuomapullosta						Kuva- teksti
P1	s. 265 Tekstiilien kierrätys						
P1	s. 267 Pesuaineissa käytetään vedenpehmittimiä, ne voivat olla biologisesti hajoavia karboksyylihappojen yhdisteitä s. 267 Fosfaatit rehevöittävät vesistöjä, jos jätevedet pääsevät vesistöihin		1			2	Tehtävä Tehtävä
P1	s. 268 t. 3 Tekstiilikuitujen kierrätys, uusiotuotteet t. 6 ympäristöystävällisen kuluttajan 10 käskyä					2	4 Kuva- teksti Kaavio
P1	s. 273 Lasi kiertää						1
P1							Tehtävä Tehtävä
P1							12

	Kirjallinen osa: s. 70 Sanomalehtipaperin elinkaari, Paperiteollisuuden jätteet ja päästöt, paperin kierrätys, s. 75 Kokeellinen osa: T1 E uusiokäyttö s. 76 t. 1 Paperin kierrätys t. 2 d) paperin keräys s. 77 t. 4 Sellutehtaiden ympäristökuormitukset t. 5 Paperin keräys s. 79 <i>Öljystä muoveiksi</i> Kirjallinen osa: s. 79 Muovisen virvoitusjuomapullon elinkaari, Muovien kierrätys Kokeellinen osa: s. 84 T3 Styroksin kierrätys s. 86 t. 3 b) Uusiomuovi c) Muovijäte s. 87 <i>Kosmetiikka kaunistaa</i> Kirjallinen osa: s. 87 Käsivoiteen elinkaari, kosmetiikan ostajan vaikutusmahdollisuudet ympäristökysymyksiin s. 95 <i>Tekstiilikuidut ja niiden pesu</i> Kirjallinen osa: s. 95 Farkkujen elinkaari, vaatteiden kierrätys s. 102 <i>Lasi ja keramiikka</i> Kirjallinen osa: s. 102 Lasisen juomapullon elinkaari, lasin kierrätys, tutustuminen kaupan pullonpalautusautomaattiin Kokeellinen osa: s. 105 T2 taidetta lasiputkesta, uusiolasi s. 106 t. 2d) Lasin valmistuksessa syntyvät päästöt s. 108 t. 9 Lasin kierrätys					Tehtävä Tehtävä	nen oppilas-työ Oppilas-työ Tehtävä Tehtävä Tehtävä Kirjallinen oppilas-työ Oppilas-työ Tehtävä Kirjallinen oppilas-työ Kirjallinen oppilas-työ Kirjallinen oppilas-työ Oppilas-työ Tehtävä
P4	s. 110-127 Ilmakehän ympäristöongelmat s. 110 Ihmisen toiminnan vaikutus, vaikutukset kasveihin ja eliöihin Kokeellinen osa: s. 110-111 T1 Systeemin tasapaino, ilman tasapaino s. 112-113 T2 Hiukkaslaskeuma, liikenteen vaikutus hiukkasten määrään s. 114 T3 Hapan kuiva- ja märkälaskeuma s. 115 T4 Auton pakokaasu s. 116 T5 Rikkidioksidin vaikutus, vaikutukset kasviin Kirjallinen osa: seinäjuliste, esitelmä, internet-sivut: s. 117 T1 Yläilmakehän otsoni, merkitys kasveille ja eläimille, Montrealin sopimus s. 118 T2 Kasvihuoneilmiö ja sen voimistuminen, päästölähteet, ihmisen vaikutus, Rion ympäristösopimus s. 119 t. 1 Ristikko: ilmakehä t. 2 Kasvihuoneilmiö, päästöt s. 120 t. 3 Ilmakehä, päästöt, kasvihuoneilmiö s. 121 t. 4 Valtamerien lämpeneminen ja kasvihuoneilmiö t. 5 Ihmisen vaikutus kasvihuonekaasupäästöihin teollisuusmaissa ja muualla t. 6 Rikkidioksidin vaikutus maaperään Suomessa, vähentämismahdollisuudet	1 Oppilas-työ Oppilas-työ Kirjallinen oppilas-työ Kirjallinen oppilas-työ Tehtävä Tehtävä Tehtävä Tehtävä			Oppilas-työ	1 Oppilas-työ Oppilas-työ Tehtävä Tehtävä Tehtävä Tehtävä	

	s. 122 t. 7 Typen oksidien vaikutus Suomen maaperään, vähentämismahdollisuudet t. 8 Hiilidioksidipäästöt Suomessa, vaikutus maaperään ja kasvihuoneilmiön voimistumiseen, vähentämismahdollisuudet s. 125-126 t. 10 e) Henkilöautojen käytön haitat ilmanlaatuun t. 11 Eri kulkutapojen vaikutus ilmanlaatuun s. 127 t. 12 Autoilun vähentäminen ja sen vaikutukset t. 13 Päivittäisten toimien vaikutus aineiden kiertokulkuun	Tehtävä Tehtävä		Tehtävä Tehtävä		Tehtävä Tehtävä Tehtävä	
P5	s. 7 Oppimateriaali ja aihekokonaisuus aihekokonaisuudet: vastuu ympäristöstä, hyvinvoinnista ja kestävästä kehityksestä Ilmakehän ympäristöongelmat ja tuotteiden elinkaari antavat oppilaille mahdollisuuden oppilaalle kehittyä aktiiviseksi kantaa ottavaksi kansalaiseksi. Samat luvut ohjaavat oppilasta ottamaan vastuuta ympäristöstä ja kestävästä tulevaisuudesta.						X
P5	s. 12 Kemian opetuksen tavoitteet: antaa oppilaalle valmiuksia kuluttajana tekemään päivittäisiä valintoja tuotteiden hankkimisessa, käyttämisessä sekä niiden kokonaisvaltaisessa elinkaariarviossa. Kemian opetus tukee myös oppilaita ottamaan vastuuta ympäristöstään. Kokeellista lähestymistapaa käytetään, kun tutkitaan aineiden ominaisuuksia ja tehdään havaintoja oppilaan elinympäristöön liittyvistä ilmiöistä. Oppimateriaaleissa on huomioitu esim. - aineiden kiertokulku luonnossa - kemiallisen osaamisen hyödyntäminen erilaisissa arkielämän tilanteissa ja valinnoissa sekä osallistuu luontoon ja ympäristöä koskevaan yhteiskunnalliseen keskusteluun						X
P5	s. Ympäristölle vaarallinen -merkki						kuva
P5	s. 141 Väitekortit: Hiilidioksidin määrä kasvaa ilmakehässä	Väite-kortti					
P5	s. 156 Lisätietoa: Vedyn käyttö polttoaineena, pakokaasut saattavat olla puhtaampia kuin ilma						7
P5	s. 160 Vesien puhdistus: Oppilastöiden ohjeet sivuilla 160 -166 Tavoitteet: vedenpuhdistusmenetelmien harjoittelemine		X				
P5	Kalvopohjat: s. 169 Hapen kiertokulku s. 171 Veden kiertokulku	Kalvo-pohja		Kalvo-pohja			
P6	s. 54 Luonnon happamoituminen Oppilastöiden ohjeet sivuilla 54-57 ja 61 Tavoitteet: puskuriliuos ja puskurointikyky		X	X			
P6	s. 57 Lisätietoa: Pakokaasujen haitalliset aineet					7	
P6	s. 61 Lisätietoa: Rapautuminen			8			
P6	s. 86 Hiili – yksi elämän alkuaineista Tavoitteet: Hiilen kiertokulku	X	X	X	X	X	
P6	Kalvopohjat: s. 164 Hiilen kiertokulku	Kalvo-pohja	Kalvo-pohja	Kalvo-pohja	Kalvo-pohja	Kalvo-pohja	
P7	Kalvopohja s. 72 Rauta-atomin tie, kierrätys						Kalvo-pohja
P7	Tuotteiden elinkaari, tavoitteet: Luvun perusteella havaitaan, että kemian teollisuus on oleellinen osa Suomen						

Taulukko 2. Kirjasarja P8-P16. Oppikirjojen sisältämä ympäristökemian käsittely luokiteltuna eri kategorioihin.

Kirja	Asia	Ilma	Vesi	Maa	Bio	Ihmisen toiminta	Vihreä kemia
P8	s. 15 Ympäristölle vaarallinen -merkki						Kuva
P8	s. 17 Jätteiden lajittelu kemian laboratoriossa						8
P8	s. 19 Vahinko ei tule kello kaulassa, luonnon ja kodin myrkyt kuva: korvasieni kuva: Kyykkäärme				13 Kuva-teksti Kuva-teksti		
P8	s. 30 kuva: hengityssuojain, ilman epäpuhtaudet s. 30 Hengityssuojaimet erottavat ilman epäpuhtaudet	Kuva-teksti 1					
P8	s. 31 Ilman suodattaminen kuva: Teollisuudessa päästöt suodatetaan	3 Kuva-teksti					Kuva-teksti
P8	s. 33 Kromatografia: veden tai ilman puhtauden tutkiminen	1	1				
P8	s. 34 t. 6 Pohjavesi t. 9 Luonnon erotusmenetelmät		Tehtävä Tehtävä	Tehtävä			
P8	s. 51 Atomien kiertokulku, typen kierto, jätteet, kalakuolemat, rehevöityminen,	4	1		1	1	
P8	s. 68-75 Happi s. 70 Happi pitää yllä elämää, fotosynteesi ja palamisreaktio kuva: fotosynteesi s. 71 Happikato, kalat kuva: kuollut kala, veteen liuennut happi on loppunut s. 72-73 Otsoni suojaa UV-säteilyltä, CFC-aineet, juomaveden puhdistus s. 73 kuva: Otsoniaukko kuva: Otsonikerroksen oheneminen s. 74 t. 1 Miten ilmakehään tulee happea? Fotosynteesi t. 7 Otsonikerros t. 9 Mikä aiheuttaa otsonikadon? t. 10 Happikato s. 75 Otsonista on haittaa ja hyötyä kuva: Savusumu	4 Kuva-teksti Kuva-teksti Tehtävä Tehtävä 2 Kuva-teksti	3 Kuva-teksti 1 Tehtävä		7 Kuva-teksti 2 Kuva-teksti 1 Tehtävä	3 Tehtävä 8	
P8	s. 80 Vetyä käytetään polttoaineena ja teollisuudessa, vedyn palamistuote on vesi, ei saastuta ympäristöä					1	6
P8	t. 9 Miksi vety on hyvä polttoaine?						Tehtävä
P8	s. 83 Vety on tulevaisuuden polttoaine, saasteeton, raaka-aineena vesi, fossiiliset polttoaineet					3	19
P8	s. 87 Sammutettu kalkki, happaman maaperän neutraloiminen s. 87 Pesuaineet, ympäristön rehevöityminen, ympäristömerkki		1	2	4		4 kuva
P8	s. 90 t. 9 Pesuaineiden ympäristövaikutukset t. 11 Maaperän happamoitumisen vähentäminen t. 12 Maaperän ja vesistöjen happamoituminen		Tehtävä Tehtävä	Tehtävä Tehtävä	Tehtävä		
P8	s. 91 Sadevesi on lievästi hapanta, ilman	3	4	3	5	4	2

[illegible]

	tuotteita, ympäristöystävällisiä maali- ja väriaineita sekä saasteetonta energiaa.						
P10	Sopusointu ympäristön kanssa s. 15 Lisätietoa ja kuvien tarkastelua: jätehuoltolaki, ongelmajätelaki,						1
P10	s. 19 Luonnon myrkylliset kasvit ja eläimet				6		
P10	s. 22 Lisätietoa ja kuvien tarkastelua: Vesijohtovesi, veden puhdistus, pohjavesi		8				
P10	s. 27 Lisätehtäviä ja ongelmia: t. 3 Öljyvahinko		Tehtävä			Tehtävä	
P10	s. 30 Lisätietoa ja kuvien tarkastelua: SARS ja hengityssuojaimet	5					
P10	Happi s. 68 Johdanto/ennakkokäsityskysymys: happikato s. 68 Tavoitteet: hapen kiertokulku, otsoni, hapen merkitys ihmiselle ja luonnolle s. 70 Lisätietoa ja kuvien tarkastelua: Sademetsät, yhteyttäminen, polttoaineet s. 71 Lisätietoa ja kuvien tarkastelua: happikato, kalat, yhteyttäminen, s. 72 Lisätietoa ja kuvien tarkastelua: Otsonikato s. 73 Lisätietoa ja kuvien tarkastelua: Otsonikato s. 75 Lisätietoa ja kuvien tarkastelua: Savusumu	4 6	3		6 1		5
P10	s. 80 Polttoaineet, kasvihuoneilmiö, ilmansaasteet	1					5
P10	s. 84 Happamat ja emäksiset aineet tavoitteet: Oppilas ymmärtää happamuusasteen yhteyden luonnon ja ympäristön tilaan		X				
P10	s. 88 Lisätietoa ja kuvien tarkastelua: Luonnon pohjavesi vs. tekopohjavesi, tekopohjaveden happamuus ja pH: n nostaminen		3				
P10	s. 91 Lisätietoa ja kuvien tarkastelua: SO ₂ :n aiheuttama sadeveden happamoituminen, uhka havupuille		2		1	1	
P10	s. 92-99 Veden ominaisuuksia s. 92 Tavoitteet: Veden kiertokulku luonnossa, veden merkitys ihmiselle ja luonnolle s. 95 Lisätietoa ja kuvien tarkastelua: Veden lämpötilajakaumat eri vuodenaikoina, makeavesi, merivesi, happikato s. 97 97% suolaista merivettä, makean veden osuus s. 98 Oppilastyön ohjeet Lisätutkimus: Veden tutkimista: käsitekartta: veden käyttö, veden puhdistus, veden kierto s. 99 Lisätietoa ja kuvien tarkastelua: Makean veden kulutus		X 2 4 Oppilas- työ 4				
P10	s. 100-107 Elinympäristömme s. 100 Johdantodemo/ennakkokäsityksen kartoitus: kasvihuoneilmiö, fotosynteesi Tavoitteet: osaa selittää ympäristön ilmiöitä, yhteyttämisreaktio, osaa tehdä havaintoja, tutkimuksia ja päätelmiä luonnosta s. 102 Lisätietoa ja kuvien tarkastelua: yhteyttäminen s. 104 Lisätietoa ja kuvien tarkastelua: Fotosynteesi s. 105 Lisätietoa ja kuvien tarkastelua: Alumiini on ympäristöystävällinen käyttömatali, loputon kiertokulku s. 107 Lisätietoa ja kuvien tarkastelua:	6	1			1 3	4

	Kasvihuoneilmiö, jäätiköiden sulaminen, maanviljelyolojen paraneminen				3		
P10	s. 132 -133 Tietokilpailu kysymys 12: Otsonikato 19: Kasvihuoneilmiö	Tehtävä Tehtävä					
P10	s. 137 Varoitusmerkit, Ympäristölle vaarallinen -merkki				kuva		
P10	Kalvopohjat: s. 158 Yhteyttäminen s. 159 Otsoni s. 168 Veden kierto luonnossa	Kalvo- pohja Kalvo- pohja	Kalvo- pohja				
P11	s. 40 Yhteyttäminen kuva: yhteyttäminen				4 Kuva- teksti		
P11	s. 67 Puskuri estää pH:n muuttumisen, vesistöt		5		3		
P11	s. 72 Metalleja on helppo kierrättää kuva: metallien kierrätys kuva: alumiinin kierrätys						7 Kuva- teksti Kuva- teksti
P11	s. 73 Jotkut metallit ovat ongelmajätteitä kuva: akut ovat ongelmajätettä					11 Kuva- teksti Tehtävä	
P11	s. 74 t. 6 Myrkyllisiä tai ympäristölle haitallisia metalleja t. 9 Metallien kierrätys t. 12 Miksi auton akkua ei saa viedä kaatopaikalle? t. 13 Alumiinin valmistus ja kierrätys t. 14 Metallien ja ongelmajätteiden kierrätys kuva: kierrätysmerkki						Tehtävä Tehtävä Tehtävä Tehtävä kuva
P11	s. 79 Metallurgia: valmistus, käyttö, kierrätys			1			1
P11	s. 82 t. 4 Metallurgia			Tehtävä			Tehtävä
P11	s. 97 Akut ovat ongelmajätettä, pitää viedä esim. huoltoasemalle					3	
P11	s. 98 t. 8 Miksi akkuja ei saa viedä kaatopaikalle? t. 13 Mitä ongelmajätteitä kotona syntyy ja mitä niille tehdään?					Tehtävä Tehtävä	
P11	s. 99 Uusia akkuja kehitetään jatkuvasti, ympäristöhaitat, myrkyllisiä kasveille ja eläimille, ympäristöystävällisemmät akut				1	6	4
P11	s. 102-103 Korroosion aiheuttavat usein happi tai ilmassa olevat epäpuhtaudet, veteen liuenneet suolat	4	3				
P11	s. 106 t. 13 Miksi metallit hapettuvat helposti luonnossa?	Tehtävä	Tehtävä				
P11	s. 107 palladium katalyysaattoreissa						2
P11	s. 111 Kertaustehtäviä t. 23 Kierrätys t. 24 Ongelmajäte					Tehtävä	Tehtävä
P12	s. 20 t. B Yhteyttäminen t. C Yhteyttäminen s. 39 t. A Kierrätys, ongelmajäte s. 40 t. B Ongelmajäte t. C Ongelmajäte s. 58 t. E Korroosiota lisäävät olosuhteet s. 60 t. B Ongelmajäte t. C Kierrätys s. 61 t. D Alumiinin valmistus ja kierrätys	Tehtävä	Tehtävä		Tehtävä Tehtävä	Tehtävä Tehtävä Tehtävä Tehtävä	Tehtävä Tehtävä Tehtävä
P13	s. 40 Lisätietoa ja kuvien tarkastelua: fotosynteesi Vety on saasteeton polttoaine				8		4
P13	s. 57 Lisätietoa ja kuvien tarkastelua: Finlandia -talon julkisivu on tehty marmorista, se kestää huonosti ilmaaasteita	2					

P13	s. 59 Lisätehtäviä ja ongelmia: t. 3 Mitä ovat haposateet?		Tehtävä				
P13	s. 67 Lisätehtäviä ja ongelmia: t. 1 Miksi pelloille levitetään maatalouskalkkia?			Tehtävä	Tehtävä		
P13	s. 72 Lisätietoa ja kuvien tarkastelua: Kaivostoiminnan ja jätemetallien haitat ympäristölle, kierrätys					2	3
P13	s. 74 Lisätutkimuksia: Alumiinin sulattaminen: kierrätys Käynti kierrätyskeskuksessa						Oppilas- työ Oppilas- työ Tehtävä
P13	s. 75 Lisätehtäviä ja ongelmia: t. 1 Metallien kierrätys						
P13	s. 81 Lisätietoa ja kuvien tarkastelua: Alumiinin kierrätys						1
P13	s. 99 Lisätehtäviä ja ongelmia: t. 1 Miksi muutamat akkutyypit ovat ongelmajätettä?					Tehtävä	
P13	s. 103 Lisätietoa ja kuvien tarkastelua: Ilman epäpuhtaudet edistävät kuparin patinoitumista	1					
P13	s. 105 Lisätietoa ja kuvien tarkastelua: Uurimetallia käytetään erityisesti kohteissa, joissa metalli on jatkuvasti kosketuksissa suoloja sisältävän veden tai märän maaperän kanssa.		1	1			
P13	s. 107 Lisätietoa ja kuvien tarkastelua: Katalysaattori s. 107 Lisätehtäviä ja ongelmia: t. 1 Miten sadevesi vaikuttaa metallirakenteisiin? sadevesi hieman hapanta		Tehtävä				2
P13	Kalvopohjat: s. 165 Yhteyttäminen s. 182 Metallien kierrätys					Kalvo- pohja Kalvo- pohja	
P14	s. 9 Hiili kiertää luonnossa, yhteyttäminen, ilmakehän CO ₂ liukenee veteen, saasteet kuva: CO ₂ , kasvihuoneilmiö	5 Kuva- teksti				2	2
P14	s. 11 Hiilidioksidi on ilmansaaste, yhteyttäminen, fossiiliset polttoaineet, kasvihuoneilmiö kuva: metsät sitovat ilman hiilidioksidia	11				2 Kuva- teksti	1
P14	s. 22 Maakaasu on luonnonkaasu, puhdaspolttoaine, ympäristöhaitat vähäiset						4
P14	s. 25 muovien kierrätys						1
P14	s. 26 t. 5 Maakaasu ja öljy, uusiutumattomat polttoaineet					Tehtävä	
P14	s. 46 Yhteyttäminen					2	
P14	s. 50 t. 1 Yhteyttäminen					Tehtävä	
P14	s. 51 Paperin valmistus, Ympäristömerkki, paperin laatu, kierrätyskelpoisuus						6
P14	s. 63 kasvirasvat polttoaineina, ei lisää ilman CO ₂ , ei sisällä rikkiä kuva: rypsiä saatava rypsiöljy on hyvä energian lähde					3 Kuva- teksti	3
P14	s. 66 t. 10 rypsiöljyn käyttö polttoaineena						Tehtävä
P14	s. 70 Soluhengitys					4	
P14	s. 74 t. 8 Yhteyttäminen t. 9 Soluhengitys					Tehtävä Tehtävä	
P14	s. 79 Kestomuovi ja kertamuovi, uudelleen käyttö mahdollisuus kuva: kestomuovi						10 Kuva- teksti
P14	s. 81 Muovit hajoavat hitaasti luonnossa, kierrätys kuva: muovipullojen kierrätys kuva: muoviroskat pilaavat luontoa					1 Kuva- teksti	8 Kuva- teksti

P14	s. 82 t. 11 Muovien kierrätys t. 13 Muovin keräys						Tehtävä Tehtävä
P14	s. 86 kuva: jätevesien puhdistus		Kuva- teksti				
P14	s. 87 Veden pehmitin, fosfaatti, vesien rehevoityminen		6				
P14	s. 97 Vanhentuneiden lääkkeiden hävitys						4
P14	s. 98 Mihin vanhentuneet lääkkeet viedään?						Tehtävä
P14	s. 100-107 Uudelleen käyttö ja kierrätys s. 101 T1 Tutkimus koulun jätteiden käsittelystä T2 Jätteiden lajittelu T3 Mitä jätteiden lajittelu maksaa?						Oppilas- työ Oppilas- työ Oppilas- työ
P14	s. 102 Jätteiden hyötykäyttö vaatii lajittelua s. 102-103 Biojätteet kompostoidaan, mädätys, metaania voidaan käyttää energianlähteenä s. 102 kuva: muovipussin voi käyttää useampaan kertaan kuva: lajittelu kuva: EU:n ympäristömerkki s. 103-104 Paperi ja pahvi käytetään uudelleen kuva: komposti kuva: talous- ja WC-paperit kierrätyskuidusta s. 104 Pullot ja tölkit kiertävät tehokkaasti kuva: muovi- ja lasipullojen keräys kuva: alumiinin kierrätys						12 13 Kuva- teksti Kuva- teksti Kuva- teksti 13 Kuva- teksti Kuva- teksti 13 Kuva- teksti Kuva- teksti
P14	s. 105 Muovien polttoa ei suositella kuva: muovipullojen kierrätys kuva: muovilaatujen poltto ei suositeltavaa kuva: polyeteenistä valmistetut muovit voi polttaa					4	10 Kuva- teksti Kuva- teksti Kuva- teksti
P14	s. 106 t. 1 Jätteiden lajittelu t. 2 Biojäte ja kuivajäte t. 3 Muovien kierrätys t. 5 Metallitölkkien uudelleenkäyttöaste t. 6 Muovien polttaminen t. 7 Kotitalousjäte t. 8 Kotitalousjätteiden hyödyntäminen t. 9 Komposti t. 10 Komposti t. 11 Keräyspaperi t. 12 Ongelmajäte t. 13 Jätteiden syntymisen estäminen t. 14 Kodin jätehuolto t. 15 Lisääntyneen muovien käytön haitat t. 16 Mihin autonrenkaat voi viedä ja mitä niistä valmistetaan? kuva: Kierrätysmerkki					Tehtävä	Tehtävä Tehtävä Tehtävä Tehtävä Tehtävä Tehtävä Tehtävä Tehtävä Tehtävä Tehtävä Tehtävä Tehtävä Tehtävä Tehtävä Tehtävä Tehtävä kuva
P14	s. 107 Jätteiden määrää voidaan vähentää kuva: kirpputori					2	17 Kuva- teksti
P14	s. 111 Kertaustehtävät t. 37 Miksi metalleja kierrätetään? t. 38 Miksi paperia kierrätetään? t. 39 Ongelmajäte t. 40 Kompostointi						Tehtävä Tehtävä Tehtävä Tehtävä
P15	s. 3 t. A 8 Ilman hiilidioksidipitoisuus 10 kasvihuoneilmiö	Tehtävä					

	12 Fotosynteesi						
P15	s. 4 t. C	Tehtävä					
P15	s. 6 t. E 1 Hiilen kierto	Tehtävä	Tehtävä		Tehtävä	Tehtävä	
P15	s. 14 t. E 2 Polttoaineiden vertailu: ympäristön saastuminen					Tehtävä	
P15	s. 36 t. C Rypsiöljy, uusiutuva energianlähde						Tehtävä
P15	s. 39 t. A 4 Soluhengitys				Tehtävä		
P15	s. 43 t. A 7 Muovien hajoaminen luonnossa					Tehtävä	
P15	s. 44 t. B 10 Kierrätettävä muovi t. C 9 Muovien kierrätys						Tehtävä Tehtävä
P15	s. 45 t. D 5 Muovien kierrätys						Tehtävä
P15	s. 47 t. A 8 Fosfaatit, vesien rehevöityminen		Tehtävä				
P15	s. 48 t. B 10 Vesien rehevöittäjä		Tehtävä				
P15	s. 53 t. D 2d) Ongelmajäte					Tehtävä	
P15	s. 55 t. A 1 Suomen jätteet 2 Kotitalouksien jätteet 3 Biojäte 4 Biojäte 6 Paperin keräys 7 Lasipakkauksien uudelleenkäyttö 8 Lasipullon kierrätys 9 Muovipullon kierrätys vs. lasipullon kierrätys 10 Kierrätysmetalli 12 Muovipakkauksien kierrätys						Tehtävä
P15	s. 56 t. B Uudelleenkäyttö ja kierrätys -ristikko t. C Uudelleenkäyttö ja kierrätys						Tehtävä Tehtävä
P15	s. 57 t. D 1 Jätteet t. 2 Kierrätys					Tehtävä	Tehtävä
P15	s. 58 t. E 1 Tuotteen elinkaari t. 2 Kestävä kehitys						Tehtävä Tehtävä
P15	s. 59 t. A 10 Pullojen kierrätys 12 Kierrätys						Tehtävä
P15	s. 60 t. B Kierrätys t. C kierrätysmetalli						Tehtävä Tehtävä
P16	s. 4 Tavoitteet: hiilen kiertokulku	X	X	X	X	X	
P16	s. 9 Lisätietoa ja kuvien tarkastelua: Hiilen kierto, ilman saasteet Kiinassa, autot	2	1	1	1	2	
P16	s. 11 Ilman hiilidioksidipitoisuus, kasvihuoneilmiö	4				1	
P16	s. 22 Lisätietoa ja kuvien tarkastelua: Maakaasubussit, vähäiset pakokaasupäästöt						4
P16	s. 44 Ennakkokäsitystenkartoitus: Mikä on yhteyttäminen				Tehtävä		
P16	s. 51 Lisätietoa ja kuvien tarkastelua: valkoisen paperin tuottaminen, vesistöjen saastuminen, ympäristömerkki		1				7
P16	s. 81 Lisätietoa ja kuvien tarkastelua: Muovien kierrätys, hajoaa luonnossa hitaasti					3	6
P16	s. 84 Ennakkokäsityksien kartoitus: Miksi jätevesiä ei alsketa suoraan vesistöön?		Tehtävä				
P16	s. 86 Lisätietoa ja kuvien tarkastelua: Jäteveden puhdistus		3				
P16	s. 87 Lisätietoa ja kuvien tarkastelua: Biologisesti hajoavat tensidit						2
P16	s. 91 Lisätehtäviä ja ongelmia: t. 3 Miten kosmetiikan käyttäjä voi vaikuttaa ympäristökysymyksiin?						Tehtävä
P16	s. 92 tavoitteet: Mitä vanhoille lääkkeille tehdään?					X	
P16	s. 100 Ennakkokäsityksien kartoitus: Kierrätys tavoitteet: Kierrätys, lajittelu, jätteen						Tehtävä X

	käsittely						
P16	s. 101 Uudelleenkäyttö ja kierrätys: Ohjeet oppilaitöihin T1, T2 ja T3						X
P16	s. 102 Lisätietoa ja kuvien tarkastelua: autonrenkaiden kierrätys, uusiokäyttö						8
P16	s. 103 Lisätietoa ja kuvien tarkastelua: Kaatopaikka, kompostointi					3	5
P16	s. 104 Lisätietoa ja kuvien tarkastelua: juomatölkkien palautus, kodinkoneiden kierrätys						4
P16	s. 105 Lisätietoa ja kuvien tarkastelua: Muovien kierrätys ja poltto						6
P16	s. 106 lisätutkimuksia: voisiko makeiset pakata ympäristöystävällisemmin?						Oppilas- työ
P16	s. 107 Lisätietoa ja kuvien tarkastelua: Kierrätyskeskus ja kirpputori Lisätehtäviä ja tutkimuksia: t. 1 Mihin toimiva jääkaappi ja autonrenkaat tulisi toimittaa? t. 2 Jätteiden synnyn ehkäisy t. 3 Ongelmajäte t. 4 Uusiokäyttö ja kierrätys					Tehtävä	5 Tehtävä Tehtävä Tehtävä
P16	s. 126 Kurssin keskeiset tavoitteet: tuotteiden elinkaari, lajittelu ja kierrätys, ihmisen toiminnan ympäristövaikutukset						
P16	s. 130-131 Tietokilpailu: t. 5 Kasvihuoneilmiö	Tehtävä					
P16	kalvopohjat: s. 132 Hiilen kiertö s. 146 Yhteyttäminen s. 163 Kierrätys s. 164 muovien hävittäminen	kalvo- pohja		kalvo- pohja	kalvo- pohja kalvo- pohja		kalvo- pohja kalvo- pohja

Tutkitut oppikirjat:

- P1 Aspholm, S., Hirvonen, H., Lavonen, J., Penttilä, A., Saari, H., Viiri, J., 2001. Aine ja energia, Kemian tietokirja. WSOY, Porvoo
- P2 Aspholm, S., Hirvonen, H., Lavonen, J., Penttilä, A., Saari, H., Viiri, J., 2002. Aine ja energia, Kemian työkirja 1. WSOY Porvoo
- P3 Aspholm, S., Hirvonen, H., Lavonen, J., Penttilä, A., Saari, H., Viiri, J., 2004. Aine ja energia, Kemian Työkirja 2. WSOY, Porvoo
- P4 Aspholm, S., Hirvonen, H., Lavonen, J., Penttilä, A., Saari, H., Viiri, J., 2004. Aine ja energia, Kemian Työkirja 3. WSOY, Porvoo
- P5 Aspholm, S., Hirvonen, H., Lavonen, J., Penttilä, A., Saari, H., Viiri, J., 2002. Aine ja energia, Kemian Työkirja Kurssi 1 Opettajan opas. WSOY, Porvoo
- P6 Aspholm, S., Hirvonen, H., Lavonen, J., Penttilä, A., Saari, H., Viiri, J., 2003. Aine ja energia, Kemian työkirja Kurssi 2 Opettajan opas. WSOY, Porvoo
- P7 Aspholm, S., Hirvonen, H., Lavonen, J., Penttilä, A., Saari, H., Viiri, J., 2003. Aine ja energia, Kemian Työkirja 3 Opettajan opas. WSOY, Porvoo

- P8 Happonen, J., Heinonen, M., Muilu, H., Nyrhinen, K., 2005. Avain Kemia 1. Otava, Keuruu
- P9 Happonen, J., Heinonen, M., Muilu, H., Nyrhinen, K., 2005. Avain Kemia 1 tehtäväkirja. Otava, Keuruu
- P10 Happonen, J., Heinonen, M., Muilu, H., Nyrhinen, K., 2004. Avain Kemia 1 opettajan aineisto. Otava, Keuruu
- P11 Happonen, J., Heinonen, M., Muilu, H., Nyrhinen, K., 2005. Avain Kemia 2. Otava, Keuruu
- P12 Happonen, J., Heinonen, M., Muilu, H., Nyrhinen, K., 2005. Avain Kemia 2 tehtäväkirja. Otava, Keuruu
- P13 Happonen, J., Heinonen, M., Muilu, H., Nyrhinen, K., 2004. Avain Kemia 2 opettajan aineisto. Otava, Keuruu
- P14 Happonen, J., Heinonen, M., Muilu, H., Nyrhinen, K., 2005. Avain Kemia 3. Otava, Keuruu
- P15 Happonen, J., Heinonen, M., Muilu, H., Nyrhinen, K., 2005. Avain Kemia 3 tehtäväkirja. Otava, Keuruu
- P16 Happonen, J., Heinonen, M., Muilu, H., Nyrhinen, K., 2004. Avain Kemia 3 opettajan aineisto. Otava, Keuruu

Onko vesi ja lumi hapanta?

Tutkimus sisältää kolme vaihetta: virittäytymisen aiheeseen lehtiartikkelin kautta, ilmiöön perehtymisen kokeellisen mittausautomaation avulla ja koonnin.

1. Virittäytyminen

UUTINEN: Suomen rikkilaskeuma 15.3.2004

Ihmisen toiminnan aiheuttamat ja luontoperäiset rikin ja typen oksidien päästöt ovat keskeisiä happaman laskeuman aiheuttajia.

Kansainvälisen ilmansaasteiden kaukokulkeutumisopimuksen mukaisesti Euroopan maat ovat vähentäneet happamoittavia päästöjään, erityisesti rikkipäästöjä. Suomen rikkidioksidipäästöt ovat vähentyneet 85 % vuodesta 1981, mikä on selvästi enemmän kuin Suomen happamoittavaan laskeumaan vaikuttavissa maissa keskimäärin. Positiivinen kehitys ei kuitenkaan ole vaikuttanut pitoisuuksiin yhtä voimakkaasti johtuen siitä, että päästöjä kulkeutuu maahan Suomen rajojen ulkopuolelta. Suomen rikkilaskeumasta vajaa viidennes oli vuonna 2000 peräisin Suomen omista lähteistä.

Fossiilisten polttoaineiden poltto ja monet teollisuusprosessit ovat tärkeimmät ihmisen toiminnasta johtuvat päästölähteet. Ilmakehässä rikin ja typen oksidit happamoituvat, kulkeutuvat ilmapvirtauksien mukana ja laskeutuvat takaisin maanpinnalle sateen mukana märkälasseumana tai hiukkasten ja kaasujen muodossa kuivalasseumana. Rikki- ja typpilaskeuma happamoittavat maaperää ja vesistöjä¹.

Kysymyksiä pohdittavaksi yhdessä ennen mittauksen suorittamista:

- Mitä tarkoittaa hapan laskeuma?
- Mitkä ovat keskeisiä happaman laskeuman aiheuttajia?
- Miten voit tutkia esimerkiksi happamuutta?
- Mikä on sadeveden pH yleensä?
- Mikä vaikuttaa sadeveden happamuuteen?
- Mikä on lähiseutus lumen tai sadeveden pH?

¹ <http://www.fmi.fi/uutiset/index.html?A=1&Id=1078740694.html>, luettu 12.12.2007

2. Vesi- ja luminäytteen happamuus

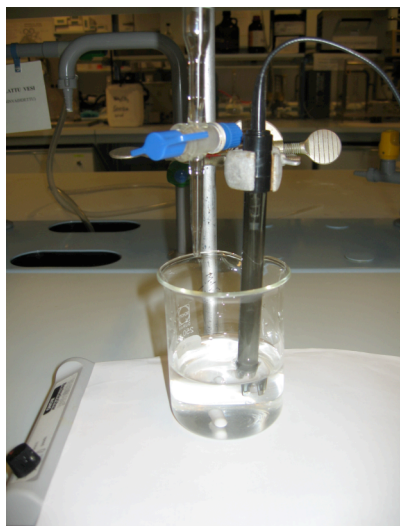
1. Työn valmistelu

Välineet:

Keitinlasi (250 ml)
täyspipetti (50 ml)
mittapipetti (10 ml)
pumppetti
byretti (50 ml)
Magneettisauva ja -sekoitin
mittausautomaatiolaitteisto
pH -anturi

Aineet:

fenoliftaleiini-indikaattori
0,0100 M NaOH -liuos
0,00500 M H₂SO₄ -liuos
150 ml sadevettä tai lumesta sulatettua vettä



Kuva 1. Koejärjestelyt:

Mittausautomaatiolaitte, pH-anturi, byretti, statiiivi, koura, magneettisekoitin ja magneetti sauva

Mittausautomaatiolaitteen asetukset ennen mittausta

- Valitse alkuvalikosta Snap Shot
- Valitse sensoriksi pH-anturi
- Paina Finish. Mene valikkoon Tools ja valitse sieltä Pre-log Function.
- Valitse ensimmäisestä valikosta titration ja toisesta valikosta Ask for the volume added
- Paina next.
- Laita nimeksi NaOH lisäys
- Laita Units kohtaan millilitra (ml) ja desimaalien lukumääräksi 1.
- Valitse expand to fit ja FINISH.
- Mene kohtaan Options.
- Mene valikkoon X-axis ja valitse Channel, paina OK.
- Paina hiiren vasemmalla näppäimellä kuvaajan x-akselin nimeä. Nyt x-akselin nimenä tulisi olla NaOH lisäys (ml).

2. Mittauksen suoritus

a) Vertailunäytteen titraus (HUOM! Työ nopeutuu jos esimerkiksi opettaja tekee tämän osion yhteisesti):

- Pipetoidaan 100 ml:aa tislattua vettä 250 ml:n keitinlasiin.
- Lisätään mittapipetillä 10 ml 0,00500 M H₂SO₄-liuosta (= standardilisäys).
- Laita magneettisauva keitinlasiin ja keitinlasi magneettisekoittimen päälle. Laita magneettisekoitin päälle ja huolehdi siitä, että magneettisauva pyörii tasaisesti.
- Laita keitinlasiin muutama pisara fenoliftaleiini-indikaattoria.
- Aseta pH-anturi näytteeseen siten, että magneettisauva ei osu siihen.
- Titraus aloitetaan. Mittausautomaatiolaitteisto laitetaan päälle.
- Näyte titrataan 0,0100 M NaOH-liuoksella.
- Titraus tehdään aluksi 0,5 ml:n lisäyksillä kunnes pH on noin 5. pH:n arvo kerätään joka lisäyksen jälkeen.
- Kun pH alue on 5-9, titrataan 0,2 ml:n lisäyksillä. Kun pH on noin 9, jatketaan 0,5 ml:n lisäyksillä kunnes pH on noin 11.
- Ota liuoksen värinmuutoksen aiheuttaneen kokonaistilavuuden määrä muistiin.

b) Sadeveden tai lumen sulamisveden titraus

- Pipetoidaan 100 ml:aa sadevettä tai sulamisvettä vettä 250 ml:n keitinlasiin.
- Lisätään mittapipetillä 10 ml 0,00500 M H₂SO₄-liuosta (= standardilisäys).
- Laita magneettisauva keitinlasiin ja keitinlasi magneettisekoittimen päälle. Laita magneettisekoitin päälle ja huolehdi siitä, että magneettisauva pyörii tasaisesti.
- Laita keitinlasiin muutama pisara fenoliftaleiini-indikaattoria.
- Aseta pH-anturi näytteeseen siten, että magneettisauva ei osu siihen.
- Titraus aloitetaan. Mittausautomaatiolaitteisto laitetaan päälle.
- Näyte titrataan 0,0100 M NaOH-liuoksella.
- Titraus tehdään aluksi 0,5 ml:n lisäyksillä kunnes pH on noin 5. Mittaustulos kerätään joka lisäyksen jälkeen.
- Kun pH alue on 5-9, titrataan 0,2 ml:n lisäyksillä. Kun pH on noin 9, jatketaan 0,5 ml:n lisäyksillä kunnes pH on noin 11.
- Ota liuoksen värinmuutoksen aiheuttaneen NaOH-liuoksen kokonaistilavuuden määrä muistiin.

c) Tuloksen laskeminen

$$V_{\text{standardi}}(\text{NaOH:n kulutus, standardi}) = \\ V_{\text{sadevesi}}(\text{NaOH:n kulutus, sadevesi}) =$$

$$n(\text{NaOH})_{\text{standardi}} = CV = 0,0100 \text{ mol/l} \cdot V_{\text{standardi}} \text{ ml} = 0,0100 \text{ mol/l} \cdot \underline{\hspace{2cm}} \text{ ml} \\ = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mmol} \\ n(\text{NaOH})_{\text{sadevesi}} = CV = 0,0100 \text{ mol/l} \cdot V_{\text{sadevesi}} \text{ ml} = 0,0100 \text{ mol/l} \cdot \underline{\hspace{2cm}} \text{ ml} \\ = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mmol}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{sadevesi}} = 0,5 \cdot [n(\text{NaOH})_{\text{sadevesi}} - n(\text{NaOH})_{\text{standardi}}]$$

$$=0,5 \cdot [\text{_____ mmol} - \text{_____ mmol}] = \text{_____ mmol}$$

$$\text{pH}_{\text{sadevesi}} = -\lg[\text{H}_3\text{O}^+] = -\lg [2 \cdot n(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{sadevesi}} / V_{\text{sadevesi}}]$$

$$\text{pH} = \text{_____} = -\lg [2 \cdot \text{_____ mmol} / 100 \text{ ml}] = \text{_____}$$

(happamuus)

d) Johtopäätökset ja pohdinta

- Mitä saamasi tulos tarkoittaa?
- Vertaa tulostasi muihin vastaaviin tuloksiin.
- Arvioi myös tutkimuksesi luotettavuutta.

3. Koonti

- Mitä happamuus tarkoittaa?
- Mitkä tekijät vaikuttavat sadevesi- tai luminäytteen happamuuteen?
- Mieti, onko vesi- tai luminäytteenottoa paikan läheisyydessä happamuuteen vaikuttavia tekijöitä?

Miten hapanta maaperä on?

Tutkimus sisältää kolme vaihetta: virittäytymisen aiheeseen pienen tarinan kautta, ilmiöön perehtymisen kokeellisen mittausautomaation avulla ja koonnin.

1. Virittäytyminen

TARINA: McSoilExpertillä on useita erilaisia maaperänäytteitä. Hänen apulaisensa pitää tutkia näytteitä ja viljellä eri kasveja happamuuden puolesta sopivaan maaperään. Maaperä näytteet ovat havumetsästä, pellolta ja savimaasta. Auta McSoilExpertin apulaista viljelemään kasveja maaperään, jossa on kasveille sopiva happamuus.

Kysymyksiä pohdittavaksi yhdessä ennen mittauksien suorittamista:

- Voiko maaperän happamuus vaihdella eri alueilla?
- Mitkä tekijät vaikuttavat maaperän happamuuteen?
- Minkälaista Suomen maaperä on happamuudeltaan? Miksi?
- Miten maaperän happamuus vaikuttaa kasvien kasvuun?

2.1 Mikä on maaperänäytteen happamuus?

1. Työn valmistelu

Välineet:

vaaka
Uuni
3 keitinlasia (250 ml) / maanäyte
mittalasi (100 ml)
suppilo
suodatinpaperi

tuorekelmua

lasisauvoja

mittausautomaatiolaitteisto ja pH-anturi

Aineet:

maanäyte
tislattua vettä

Huomioon otettavia asioita (valmistelutyö kannattaa tehdä etukäteen ennen vierailua):

Ennen kokeellisen työn suorittamista maanäytteet tulee kuivattaa yön yli 35 asteen lämpötilassa tai kaksi tuntia 80 asteen lämpötilassa.

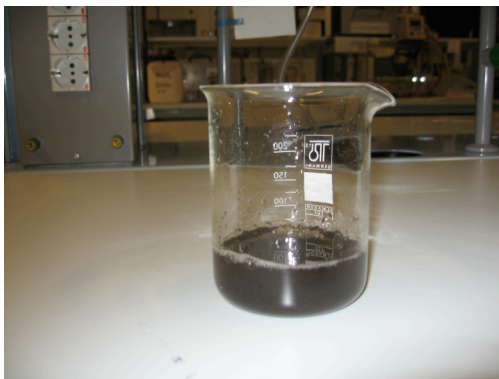
Tislattuun veteen sekoitettu maanäyte voidaan jättää laskeutumaan yön yli seuraavaan kertaan. Toinen mahdollisuus on sekoittaa veden ja maan seosta lasisauvalla, kunnes maa ja vesi sekoittuvat kokonaan. Tämän jälkeen seosta sekoitetaan uudelleen kolmen minuutin

välein 15 minuutin ajan. Seoksen annetaan sakkautua noin viiden minuutin ajan niin, että vesi kirkastuu sakkautuneen maan yläpuolella.

2. Mittauksen suoritus

a) Happamuuden mittaaminen

- Punnitse 200 g maanäytettä 250 ml:n keitinlasiin ja kuivata näytettä joko kaksi tuntia 80 asteen lämpötilassa tai yön yli 35 asteen lämpötilassa.
- Mittaa keitinlasiin 20 g kuivattua näytettä ja sekoita se 100 ml tislattua vettä. Peitä keitinlasi tuorekelmulla ja jätä se laskeutumaan yön yli. Voit myös sekoittaa veden ja maan seosta kolmen minuutin välein 15 minuutin ajan, kuten yllä on selostettu.
- Sekoita näyte lasisauvalla ja suodata se 250 ml:n keitinlasiin suppilon ja suodatinpaperin avulla.
- Aseta pH-anturi näytteeseen 1 cm syvyyteen ja mittaa näytteen pH mittausautomaattilaitteiston avulla. Kirjaa mittaustulokset muistiin.
- Nimeä keitinlasi ja säästä suodos.



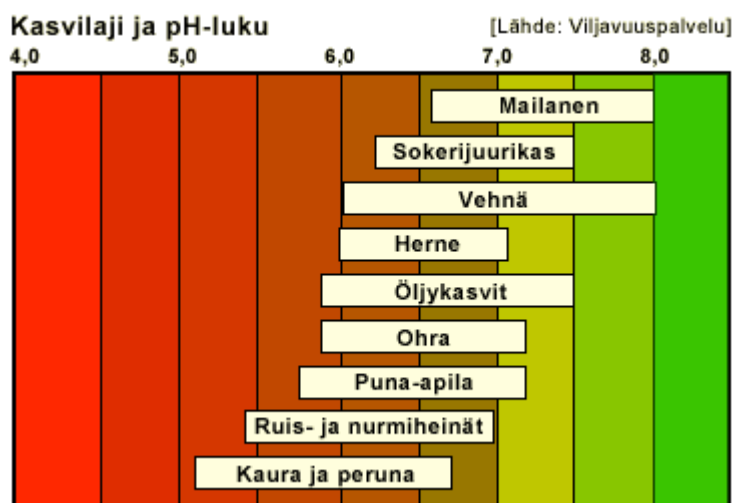
Kuva 1. Maaperänäytteen ja veden seos.



Kuva 2. Maaperänäytteen suodos.

b) Mitä kasveja viljelisit maahan, josta maaperänäyte on peräisin?

- Valitse alla olevasta kuvasta tai luettelosta kullekin maaperänäytteelle sopivat kasvit.



Kuva 3. Kasville sopivan kasvualustan happamuus¹.

Happaman maan kasveilla tarkoitetaan niitä kasveja, jotka viihtyvät pH 5,5 ja sitä matalimmissa lukemissa.

Taulukko 1. Happaman maan puita, pensaita ja perennoja².

Happaman maan puita ja pensaita	Happaman maan perennoja
hortensiat	jaloangervot
alppiruusut	levisiat
atsaleat	varjoymti
pensasmustikka ja –puolukka	vuohenjuuri
havupuut, erityisesti mustakuusi	varjohiippa
mahonia	imikät
	lakka
	rönsytiarella

3. Koonti

- Miten happamuus vaihtelee eri alueiden maaperässä?
- Miten maaperän happamuus vaikuttaa kasvien kasvuun?
- Mitkä muut tekijät vaikuttavat kasvien kasvuun kuin maaperän happamuus?

¹http://www.farmit.net/farmit/fi/03_kasvinviljely/03_kalkitus/08_kalkitussuunnitelma/02_viljeltavakasvi/index.jsp, luettu 8.12.2007

²<http://www.kekkila.fi/web/web.nsf/sp?open&cid=peruskouluhappamanmaankasvit>, luettu 8.12.2007

2.2 Miten happosateita voidaan mallintaa?

Kysymyksiä pohdittavaksi yhdessä ennen mittauksen suorittamista:

- Mitä hapan sade on?
- Miten se muodostuu?
- Miten ihmiset vaikuttavat happamien sateiden muodostumiseen?
- Miten happosateiden muodostumista voi vähentää?



Kuva 1. Kokeen työjärjestelyt: Statiivi, koura, keitinlasi ja suljettava muovipussi, jonka sisällä koeputki ja pipetti.

1. Työn valmistelu

Välineet:

minigrip- pussi (koko: 1 litra)
kertakäyttöpipettejä
koeputki
keitinlasi (500 ml)
mittausautomaatiolaitteisto ja pH anturi
statiivi
koura

Keitinlasi (50 ml)

Aineet:

Natriumsulfiittia (Na_2SO_3)
5M suolahappoa (HCl)

2. Mittauksen suoritus (HUOM! Työ tehdään vetokaapissa, jos mahdollista)

- Aseta minigrip -pussi keitinlasiin
- Kaada minigrip -pussiin 50 ml vettä
- Punnitse noin 1 g Natriumsulfiittia (Na_2SO_3) koeputkeen
- Laita mittausautomaation asetukset kuntoon valitsemalla alkuvalikosta Easylog.
- Laita pH-anturi minigrip- pussiin siten, että se on noin 1 cm syvyydellä vedessä, mutta ei osu pohjaan. Kiinnitä pH- anturi varoen kouran avulla statiiviin.
- Aseta koeputki minigrip -pussiin siten, että se pysyy pystyssä.
- Ota pipettiin suolahappoa noin 2 ml verran. Laita pipetti koeputkeen, mutta ***anna suolahapon olla vielä pipetissä. Opettaja tekee tämän vaiheen!***
- Sulje pussi varovasti ja purista suurin osa ilmasta pois.

- Laita mittausautomaatiolaitteisto keräämään tietoa. Paina hyvin varovasti suolahappo koeputkeen.
- Seuraa mitä pH:n arvolle tapahtuu
- Avaa pussi varoen, äläkä hengitä mahdollisesti vapautuvia kaasuja
- Pipetoi noin 10 ml vettä pussista 50 ml:n keitin lasiin.
- Säästä pipetoitu liuos työn seuraavaa vaihetta varten

3. Koonti

Mitä mittauksesta saatu kuvaaja kertoo?

Miten tämä koe mallintaa happaman sateen muodostumista?

2.3 Happosateen vaikutus maaperään ja kalkitseminen

Kysymyksiä pohdittavaksi yhdessä ennen mittauksen suorittamista:

Miten happosateet vaikuttavat luontoon?

Miten maan happamoituminen vaikuttaa kasvien kasvuun?

1. Työn valmistelu

Välineet:

pipetti
spaatteli/teelusikka
statiivi ja koura
mittausautomaatiolaitteisto ja
pH -anturi
magneettisekoitin ja magneettisauva

Aineet:

Maanäytteen pH -työn suodos 250 ml:n
keitinlasissa
Happosateen simulointi –työn minigrip
–pussista pipetoitu liuos tai laimeaa
rikkihappoliuosta
Kalsiumhydroksidi ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)

2. Mittauksen suoritus

- Laita magneettisauva keitinlasiin, joka sisältää maanäytteen suodoksen ja aseta keitinlasi magneettisekoittimen päälle ja laita sekoitus päälle.
- Aseta pH –anturi keitinlasin liuokseen noin 1 cm:n syvyyteen statiivin ja kouran avulla. Pidä huoli, että magneettisauva ei osu pH -anturiin
- Laita mittausautomaatiolaitteisto keräämään tietoa.
- Pipetoi työn 3.2 minigrip –pussin liuosta noin 2 ml. **Tippa kerrallaan.**
- Havainnoi miten pH muuttuu. Tallenna kuvaaja.
- Aloita uusi pH:n mittaus.
- Laita mittausautomaatiolaitteisto keräämään tietoa.
- Lisää samaan keitinlasiin 1 muutama hippu kalsiumhydroksidia ($\text{Ca}(\text{OH})_2$).
- Seuraa pH:n muuttumista. Tallenna kuvaaja.

3. Koonti

Mitä mittauksesta saadut kuvaajat kertovat?

Miten hapan liuos vaikutti maaperänäytteen suodoksen happamuuteen?

Miten tämä koe mallintaa happaman sateen vaikutusta maaperään?

Mihin tarkoitukseen kalkkia käytetään maanviljelyssä?

Rehevöittääkö fosfaatit vesistöjä?

Tutkimus sisältää kolme vaihetta: virittäytymisen aiheeseen lehtiartikkelin kautta, ilmiöön perehtymisen kokeellisesti mittausautomaation avulla ja koonnin.

1. Virittäytyminen

UUTINEN:

Rehevöityminen johtuu kasvien perustuotannon kasvamisesta. Se on seurausta lisääntyneestä ravinnosta. Rehevöitymistä lisääviä ravinteita leviää luontoon muun muassa jätevesien, ilmasta tulevan laskeuman ja pelloilta valuvien lannoitteiden mukana.

Rehevöitymistä eniten aiheuttavat ravinteet ovat nitraatit ja fosfaatit. Näitä aineita on runsaasti muun muassa virtsassa ja ulosteessa.

Ihmiset kokevat rehevöitymisen erityisen epämiellyttäväksi. Järvien ulkonäkö ja puhtaus kärsivät, ja rannoille levinneet runsaat kasvustot haittaavat mökkeilijöitä. Myös pienet särkikalat lisääntyvät runsaammin. Rehevöitymine näkyy esimerkiksi sinilevän lisääntymisenä.

Rehevöitymisen pysäyttäminen ei ole yksinkertaista. Ravinteet kertyvät vuosien kuluessa maaperään ja vesistöön. Vaikka kuormitus loppuisi, varastoituneet ravinteet liukenevat edelleen kasvien käyttöön. Rehevöitystä voidaan koettaa estää ruoppaamalla pohjalietettä pois ja vähentää ravinteita kasvien mukana poistamalla niitä.

Ruohonjuuritasolla yksi ihminen voi huolehtia vesistöistä muun muassa olla päästämättä mitään jätevesiä tai kemikaaleja vesiin. Hiusten pesu ja peseytyminen järvessä ei ole suositeltavaa. Fosfaattipitoista pesuainetta ei tule myöskään päästää vesistöihin¹.

Kysymyksiä pohdittavaksi yhdessä ennen mittauksen suorittamista:

- Mitä rehevöityminen tarkoittaa?
- Mikä aiheuttaa rehevöitymistä?
- Miten ihmisen toimet aiheuttavat rehevöitymistä?
- Miten ihmiset voivat vähentää rehevöitymistä?
- Miksi fosfaatteja käytetään pesuaineissa?
- Miksi fosfaatit rehevöittävät vesistöjä?
- Mitä vedenpuhdistuslaitokset tekevät rehevöitymisen vähentämiseksi?

¹ http://www.peda.net/en/magazine/alkio/ymparistomm?m=content&a_id=2, luettu 8.12.2007

2. Kuinka paljon pesuaine sisältää fosfaatteja?

1. Työn valmistelu

Välineet:

Mittausautomaatiolaitteisto
kolorimetri
4kpl keitinlasi (100 ml)
täyspipetti (50 ml ja 5 ml)
4 kpl lasisauvoja
kuumennusvälineet
nimilappuja
lämpömittari
3 kpl pipettejä
analyysivaaka

Aineet:

mitattava pesuaineliuos
3 vertailuliuosta
0,8 % ammoniumheptamolybdaattiliuosta
($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)
askorbiinihappoa
tislattua vettä



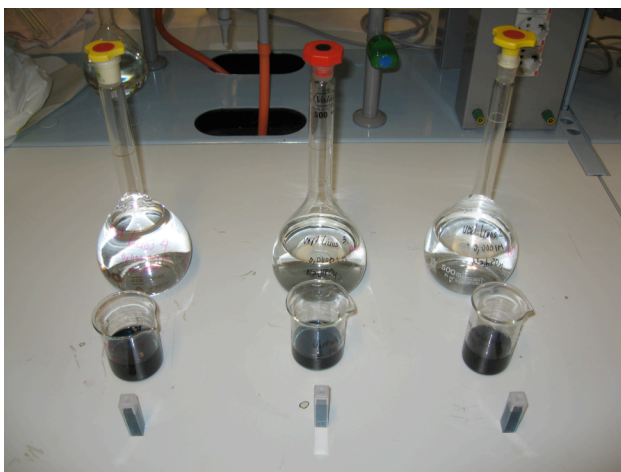
Kuva 1. Mittausautomaatiolaitteisto ja kolorimetrisessä analyysissä tarvittavat välineet.

Mittausautomaatiolaitteen asetukset ennen mittausta:

- Valitse alkuvalikosta SnapShot.
- Valitse, että sensori mittaa absorbanssia.
- Paina Finish. Mene valikkoon Tools ja valitse Pre-log Function.
- Valitse ensimmäisestä laatikosta General ja toisesta Ask for Value.
- Paina Next.
- Anna nimeksi Pitoisuus.
- Anna yksiköksi g/l.
- Aseta desimaalien lukumääräksi 5.
- Paina kohta Manual päälle ja aseta minimiksi 0 ja maksimiksi 0,01.
- Paina Finish.
- Mene kohtaan Options.
- Mene valikkoon X-axis ja valitse Channel, paina OK.
- Paina hiiren vasemmalla näppäimellä kuvaajan x-akselin nimeä. Nyt x-akselin nimenä tulisi olla Pitoisuus (g/l).
- Valitse Options ja sieltä Graph type. Näkyvissä on valikko Line Thickness, valitse none.
- Valitse Point styleksi x (rasti). Paina Ok.
- Laita kolorimetriin punainen filtti.

2. Mittauksen suoritus: Fosfaatin määrittäminen pesuaineesta kolorimetrisesti

- Tutkittavaa pesuaineliuosta ja vertailuliukuksia mitataan 50 ml eri keitinlaseihin, jotka nimetään etukäteen. Jokaiseen liuokseen lisätään 5 ml ammoniumheptamolybdaatin ja suolahapon liuosta ja 300 mg askorbiinihappoa.
- Jokaista liuosta sekoitetaan lasisauvalla. Jokaisella liuoksella on oltava oma lasisauva. Kun askorbiinihappo on liuennut, liukuksia lämmitetään parin minuutin ajan (30-50°). Anna liuosten seistä ainakin 15 minuuttia.



Kuva 2. Vertailuliukokset mittapulloissa, keitinlaseissa ja kyveteissä.

- Kun liukokset ovat seisonneet vähintään 15 minuuttia, voidaan aloittaa laitteiston kalibrointi ja liuoksen pitoisuutta arvioivan suoran muodostaminen.
- Pipetoi valmistamiasi liukuksia muovisiin kyvetteihin. Pipetoi liuosta maksimissaan sen verran, että kyvetissä on tyhjää tilaa noin 1 cm verran yläreunasta katsottuna.
- Pidä huoli, että kyvetit eivät mene sekaisin. Kalibroi kolorimetri käyttämällä vertailuliuosta 1. Valitse valikosta Tools asetus Test Mode ja laita kolorimetriin kyveti, jossa on vertailuliuosta 1. Kierrä nupista siten, että vertailuliuos 1 saa absorbanssin arvon 0,7.

Aloitetaan pitoisuutta arvioivan suoran muodostaminen:

- Paina Start.
- Ota ensin vertailuliuos 3 ja laita se kolorimetriin.
- Paina hiiren vasemmalla näppäimellä alueelle, johon kuvaaja muodostuu. Kone kysyy arvoa ja kirjoita siihen 0,001 ja paina ok.
- Ota vertailuliuos 2 ja klikkaa taas hiiren näppäimellä kuvaajaan. Anna nyt arvo 0,005.
- Ota vertailuliuos 1 ja klikkaa hiiren vasemmalla näppäimellä kuvaajaan. Anna nyt arvo 0,01.
- Paina Stop. Valitse Tools valikosta Best fit. Valitse Automatic ja paina next. Tästä valikosta muuta vain alempi eli Select X-Axis. Valitse valikosta *pitoisuus* ja paina ok.
- Tietokone muodostaa suoran pisteiden välille. Ota ylös yhtälö, joka on muotoa $y=ax+b$.
- Laita pesuaineliuoksen kyveti kolorimetriin ja paina start. Jos kone kysyy, että halutaanko lisätä uusia mittauksia samaan mittaukseen, paina yes. Ota absorbanssin

lukema ylös ja laske pesuaineen pitoisuus yhtälöstä $y = ax + b$ sijoittamalla absorbanssin arvo y :n paikalle. Ratkaise x . $x = (y - b) / a$.

- Kuinka paljon pesuaine sisälsi fosfaatteja?

3. Koonti

- Kannattaisiko tässä työssä tutkittua pesuainetta käyttää mökillä, jossa pesuvedet pääsevät suoraan vesistöön?
- Voiko pesuaineiden fosfaatit korvata muilla aineilla? Millä?
- Ovatko fosfaatteja korvaavat aineet yhtä tehokkaita?

OPETTAJAN MATERIAALI

Kokeellisissa oppilastoissa (liitteet 2-4) lähtökohtina ovat kontekstipohjainen ja ongelmaperustainen oppiminen (ks. Laitala, 2007: luvut 2.3 ja 2.4).

Lisäksi kokeellisissa oppilastoissa käytetään apuna mittausautomaatiolaitteistoa. Oppilastyöt on suunniteltu Data Harvest –merkkiselle mittausautomaatiolaitteistolle, mutta muutkin vastaavat laitteet käyvät kokeellisten oppilastöiden suorittamiseen. Lisää tietoa Data Harvest laitteistosta voit etsiä sivulta <http://www.data-harvest.co.uk/>. Töissä käytettävät anturit ovat kolorimetri ja pH-anturi.

Ongelmaperustaisessa oppimisessä käytetään PBL-menetelmää. Siinä oppilaiden tulisi työskennellä 3-7 hengen ryhmissä. Oppilaille tulee esitellä PBL-menetelmän sisältämät vaiheet ennen kuin oppilailta voidaan edellyttää sen mukaista työskentelyä. PBL-opetuksen vaiheet (Juppi, 2006):

- (1) Oppilaat jaetaan 3-7 hengen ryhmiin. Tavoitteena on saada muodostettua heterogeenisiä ryhmiä, joista jokainen ryhmä sisältää mahdollisimman paljon erilaista sekä tiedollista että taidollista osaamista.
- (2) Oppilaille esitetään ongelma, joka tulee tarinan tai tapausesimerkin muodossa. Oppilaiden tulee itsenäisesti keskustella ryhmässä tapauksesta ja määrittää siinä esiintyvät ratkaistavat ongelmat. (Jotta tapauksen käsittelyä voitaisiin nopeuttaa 7-9. luokilla, tapauksen esittelyn yhteydessä oppilaille määritellään selkeästi ratkaistava ongelma.)
- (3) Oppilaat voivat jakaa ryhmän kesken ratkaistavat ongelmat aihealueisiin. Oppilaat selvittävät keskustelemalla, minkälaisia tietoja ja taitoja tarvitaan, jotta sopiva ratkaisu löytyisi. Oppilaiden tulee selvittää mitä tietoja ja taitoja ryhmässä jo hallitaan ja mitä tulee vielä opiskella lisää. Jokaisella ryhmän jäsenellä on oma vastuualueensa, jonka asiantuntijana hän toimii. Opettaja voi myös ehdottaa, mitä tietoa oppilaat hankkivat ennen kokeellista työskentelyä.
- (4) Oppilaat selvittävät vastuualueeseensa liittyviä ongelman ratkaisuun vaadittavia tietoja ja taitoja. Näitä he hankkivat esimerkiksi tietokoneen, kirjallisuuden ja harjoituslaboratorion avulla.
- (5) Ryhmä kokoontuu sen jälkeen kun kaikki jäsenet ovat selvittäneet tarvittavat tiedot ja taidot. Vastuualueiden asiantuntijat esittävät löydöksensä ryhmän muille jäsenille. Tämän jälkeen ryhmän tulee pohtia, minkälaisia menetelmiä voisi käyttää, jotta alussa määritelty ongelma voisi ratkaista. Ryhmän tavoitteena on luoda useita mahdollisia ratkaisumalleja ja hypoteeseja niiden tuloksista. Oppilaat valitsevat ongelman ratkaisemiseen parhaiten soveltuvat ”ratkaisureitit”.
- (6) Ryhmä suorittaa ongelman ratkaisemiseksi valitsemansa menetelmät. Menetelmät voivat sisältää muun muassa kokeellista työskentelyä, mittaamista, kirjallista työskentelyä,

videointia ja tietokoneella mallintamista. Ryhmä pitää kirjaa tuloksista, kokoaa ne ja piirtää mahdolliset kuvaajat.

(7) Ryhmä esittää muille ryhmille mielestään ongelman ratkaisuun parhaiten soveltuvan ”ratkaisureitin” ja sen tulokset muille ryhmille. Oppilaiden on tärkeää huomata, että ei ole olemassa vain yhtä ”oikeaa” ratkaisua, vaan on olemassa useita erilaisia ratkaisumalleja.

(8) Oppilaat arvioivat omaa oppimistaan kirjallisesti tai suullisesti. Oppilaat pohtivat itsearvioinnin kautta omien opiskelutaitojen ja -menetelmien kehittymistä sekä opiskeltavaan aiheeseen liittyvien tietojen ja taitojen kehittymistä.

Opettajan materiaali on liitteessä 6-8. Kokeelliset oppilastyöt voidaan suorittaa yksittäin, mutta myös laajempi projektimainen työskentely on mahdollista.

Vinkkejä työskentelystä Tiedekeskus Heurekassa:

Kokeellisia oppilastöitä (ks. liitteet 2-4) voi käyttää Tiedekeskus Heurekassa esimerkiksi kouluvierailujen aktiviteettina ja tiedeleirien ohjelmana. Oppilastyöt voidaan toteuttaa yksi kerrallaan, mutta myös laaja projektityöskentely on mahdollista toteuttaa näillä oppimateriaaleilla. Koulussa toteutettavina ennakkotehtävinä voidaan käyttää seuraavia opettajan materiaaleista löytyviä kokeellisia töitä (ks. liitteet 6-8): Miten happosateita voidaan mallintaa?, Veden kovuuden mittaaminen kokonaiskovuusliuskojen avulla, Kovan veden ja kraanaveden vaahtoavuus ja Veden pehmentäminen

Kokeellisista oppilastöistä voi rakentaa suuren kokonaisuuden, jonka aiheena voi olla luonnon happamoituminen. Tällaiseen kokonaisuuteen voisi yhdistää seuraavat kokeelliset työt: Miten hapanta maaperä on? ja Onko vesi ja lumi hapanta?.

Kokeelliset oppilastyöt voi myös yhdistää Tiedekeskus Heurekan näyttelyihin, jos kyseisenä ajankohtana on käynnissä johonkin aiheeseen sopiva näyttely.

Onko vesi ja lumi hapanta?

Oppilastyö suoritetaan ongelmaperustaisen lähestymistavan mukaan (ks. liite 5).

Lisätietoa aiheesta voi hakea esimerkiksi Internetistä:

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Happamoituminen>

<http://www.edu.fi/oppimateriaalit/ymparistokemia/rikki.html>

Työhön kuluva aika

Työn valmistelu:

Liuoksien valmistus: 15 -30 min

Standardiliuoksen titraus: 30 min

Työn suoritus: Yhden liuoksen titraus kestää noin 30 min

Lumen tai sadeveden happamuus määritetään standardilisäysmenetelmällä, koska 100 ml näytteen titraukseen vaadittava 0,01 M NaOH-liuoksen määrä on alle 1 ml. Työssä titraus tehdään standardinäytteelle eli nollanäytteelle ja lumi- tai sadevesinäytteelle.

Opettaja voi suorittaa vertailunäytteen titrauksen, jotta työhön ei kuluisi niin paljon aikaa.

Happamuusarvon laskeminen

Happamuuslasku on liian vaativa perusopetukseen. Se voidaan tehdä opettajajohtoisesti perusopetuksessa.

Luonnossa happosateet muodostuvat yleensä rikin oksideista, jolloin happamuus johtuu rikkihapon muodostumisesta ja siksi työssä tehdään oletus, että kaikki sadevedessä oleva vahva happo on rikkihappoa. Tällöin neutralointireaktio voidaan esittää seuraavasti



Sadevesinäytteen pH: laskeminen:

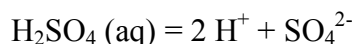
Standardiliuoksen NaOH:n kulutus $V(\text{NaOH})_{\text{standardi}} = 12,5 \text{ ml}$, joten $n(\text{NaOH})_{\text{standardi}} = CV = 0,0100 \text{ mol/l} \cdot 12,5 \text{ ml} = 0,125 \text{ mmol}$

Sadevesiliuoksen NaOH:n kulutus $V(\text{NaOH})_{\text{sadevesi}} = 12,6 \text{ ml}$, joten $n(\text{NaOH})_{\text{sadevesi}} = CV = 0,0100 \text{ mol/l} \cdot 12,6 \text{ ml} = 0,126 \text{ mmol}$

Sadevesinäytteen pH saadaan laskettua seuraavasti, kun $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{NaOH})/2$.

Jos NaOH kulutusten erotus on positiivinen, kuten seuraavassa laskutoimituksessa, pH saadaan ratkaistua seuraavalla tavalla:

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{sadevesi}} = 0,5 \cdot [n(\text{NaOH})_{\text{sadevesi}} - n(\text{NaOH})_{\text{standardi}}] = 0,5 \cdot [0,126 \text{ mmol} - 0,125 \text{ mmol}] = 0,0005 \text{ mmol}$$



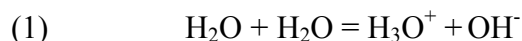
$$n(\text{H}_3\text{O}^+) = 2 \cdot n(\text{H}_2\text{SO}_4)$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \text{pH}_{\text{sadevesi}} &= -\lg[\text{H}_3\text{O}^+] = -\lg [2 \cdot n(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{sadevesi}} / V_{\text{sadevesi}}] \\ &= -\lg [2 \cdot 0,0005 \text{ mmol} / 100 \text{ ml}] = \underline{5,0} \end{aligned}$$

Sadevesinäytteen pH on 5,0.

Jos NaOH kulutusten erotus on negatiivinen eli vesinäyte on emäksinen, niin pH saadaan laskettua samalla tavalla, mutta pOH:n kautta.

Kaikissa vesiliuoksissa veden happoemäsparit $\text{H}_3\text{O}^+ - \text{H}_2\text{O}$ ja $\text{H}_2\text{O} - \text{OH}^-$ osallistuvat tasapainotilan muodostumiseen. Veden autoprotolyysi on (Saarinen & Lajunen, 2004):



ja sen tasapainovakio on

$$(2) \quad K = \frac{(\text{H}_3\text{O}^+)(\text{OH}^-)}{(\text{H}_2\text{O})^2}$$

Laimeissa liuoksissa veden aktiivisuus on 1, joten

$$(3) \quad (\text{H}_3\text{O}^+)(\text{OH}^-) = K_w$$

K_w on veden termodynaaminen ionitulo ja sen arvo lämpötilassa 25 °C on $1,0 \cdot 10^{-14} (\text{mol/l})^2$, eli $\text{p}K_w = -\lg K_w = 14,00$.

Puhtaassa vedessä $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$. Koska ionivahvuus on pieni, voidaan kirjoittaa

$$(5) \quad (\text{H}_3\text{O}^+) = (\text{OH}^-) = \sqrt{K_w}$$

Ottamalla käyttöön merkinnät $\text{p}_a\text{H} = -\lg (\text{H}_3\text{O}^+)$ ja $\text{p}_a\text{OH} = -\lg (\text{OH}^-)$ saadaan puhtaassa vedessä (25 °C):

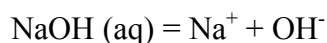
$$(6) \quad \text{p}_a\text{H} + \text{p}_a\text{OH} = 14,00$$

Jättämällä pois konsentraatiota ilmaiseva alaindeksi, saadaan

$$(7) \quad k_w = [\text{H}_3\text{O}^+] [\text{OH}^-]; \text{p}k_w = \text{pH} + \text{pOH}$$

Nyt voidaan laskea

$$n(\text{NaOH})_{\text{sadevesi}} - n(\text{NaOH})_{\text{standardi}} = -0,0005 \text{ mmol, joten}$$



$$n(\text{OH}^-) = n(\text{NaOH})$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \text{pOH}_{\text{sadevesi}} &= -\lg[\text{OH}^-] = -\lg \left[\frac{n(\text{NaOH})_{\text{sadevesi}}}{V_{\text{sadevesi}}} \right] \\ &= -\lg [0,0005 \text{ mmol}/100 \text{ ml}] \approx 5,3 \end{aligned}$$

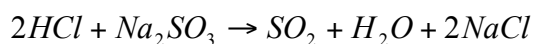
$$\text{pH} = 14 - \text{pOH}$$

$$\Rightarrow \text{pH} \approx 8,7$$

Hapan sade -työn ennakkotehtävänä voidaan suorittaa Happosateen simulointi minigrip - pussin ja mittausautomaatiolaitteiston avulla

Miten happosateita voidaan mallintaa?

Tässä työssä natriumsulfiitin ja suolahapon reagoidessa syntyy rikkidioksidia, vettä ja natriumkloridia seuraavan reaktioyhtälön mukaisesti:



Kaasumaisen rikkidioksidin liulessa veteen happamuus lisääntyy. Rikkidioksidi reagoi veden kanssa muodostaen rikkihapoketta ja rikkihappoa. Teollisuuden rikkidioksidipäästöt reagoivat samoin ilman veden kanssa.

Työhön kuluva aika

Työn valmistelu:

Jos kokeellinen työ tehdään demonstraationa, aikaa valmisteluun kuluu noin 15 min.

Työn suoritus:

Jos tehdään demonstraationa, aikaa kuluu noin 10 min.

Jos työ tehdään oppilastyönä, aikaa kuluu noin 40 min.

Virittäytyminen

Mitä hapan sade on?

Miten se muodostuu?

Välineet:

minigrip- pusseja (koko: 1 litraa)

kertakäyttöpipettejä

koeputki

keitinlasi (500 ml)

mittausautomaatiolaitteisto ja pH anturi

Statiivi

koura

Keitinlasi (50 ml)

Aineet:

Natriumsulfiittia (Na_2SO_3)

5M suolahappoa (HCl)

Työvaiheet:

- Työ tehdään vetokaapissa, jos mahdollista
- Aseta minigrip –pussi keitinlasiin
- Kaada minigrip –pussiin 50 ml vettä
- Punnitse noin 1 g Natriumsulfiittia (Na_2SO_3) koeputkeen
- Laita mittausautomaation asetukset kuntoon valitsemalla alkuvalikosta Easylog.
- Laita pH-anturi minigrip- pussiin siten, että se on noin 1 cm syvyydellä vedessä, mutta ei osu pohjaan. Kiinnitä pH- anturi varoen kouran avulla statiiviin.
- Aseta koeputki minigrip –pussiin siten, että se pysyy pystyssä.
- Ota pipettiin suolahappoa noin 2 ml verran.
- Laita pipetti koeputkeen, mutta anna suolahapon olla vielä pipetissä.
- Sulje pussi varovasti ja purista suurin osa ilmasta pois.
- Laita mittausautomaatiolaitteisto keräämään tietoa. Paina hyvin varovasti suolahappo koeputkeen.
- Seuraa mitä pH:n arvolle tapahtuu
- Avaa pussi varoen, äläkä hengitä mahdollisesti vapautuvia kaasuja

Koonti

Miten tämä työ kuvaa happosateita?

Liite 7 Opettajan materiaali: Maan happamuus

Miten hapanta maaperä on?

Oppilastyöt suoritetaan ongelmaperustaisen lähestymistavan mukaan (ks. Laitala, 2007: liite 5).

Työhön kuluva aika

Maanäytteen happamuus:

Työn valmistelu:

Ennen kokeellisen työn suorittamista maanäytteet tulee kuivattaa yön yli 35 asteen lämpötilassa tai kaksi tuntia 80 asteen lämpötilassa.

Tislattuun veteen sekoitettu maanäyte voidaan jättää laskeutumaan yön yli seuraavaan kertaan. Toinen mahdollisuus on sekoittaa veden ja maan seosta lasisauvalla, kunnes maa ja vesi sekoittuvat kokonaan. Tämän jälkeen seosta sekoitetaan uudelleen kolmen minuutin välein 15 minuutin ajan. Seoksen annetaan sakkautua noin viiden minuutin ajan niin, että vesi kirkastuu sakkautuneen maan yläpuolella.

Työn suoritus: noin 15 min

Happosateen simulointi minigrip -pussin ja mittausautomaatiolaitteiston avulla:

Työn valmistelu:

Jos kokeellinen työ tehdään demonstraationa, aikaa valmisteluun kuluu noin 15 min.

Työn suoritus:

Jos tehdään demonstraationa, aikaa kuluu noin 10 min.

Jos työ tehdään oppilastyönä, aikaa kuluu noin 40 min.

Maaperän happamoituminen ja kalmitseminen:

Työn valmistelu: reagenssien hankinta

Työn suoritus: 15 – 30 min.

Lisätietoa oppilastyön aiheista voi hankkia Internetistä, esimerkiksi seuraavilta sivustoilta:

Finnfood, oppimateriaali, luettu 12.12.2007:

Peltokasvit:

<http://www.finfood.fi/finfood/ffom.nsf/0/3A13E6C7C9E91CFEC22564F40038C20C?opendocument&lng=Suomi&sh=Kaikille&cat1=Ylli&cat2=Maatila&cat3=Viiljelykasvit&cat4=Peltokasvit>

Viljelykasvit:

<http://www.finfood.fi/finfood/ffom.nsf/0/9683C7F37FA2D65DC2256E5B0029D998?openDocument&lng=Suomi&sh=Kaikille&cat1=Ylli&cat2=Maatila&cat3=Viljelykasvit>

www.ymparisto.fi, metsämaan happamoituminen, luettu 12.12.2007

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=428&lan=fi>

Edu.fi, maaperän happamoituminen, luettu 12.12.2007

<http://www.edu.fi/oppimateriaalit/ymparistokemia/maahappamoituminen.html>

Rehevöittääkö fosfaatit vesistöjä?

Oppilastyöt suoritetaan ongelmaperustaisen lähestymistavan mukaan (ks. liite 5).

Työhön kuluva aika

Työn valmistelu: liuoksien valmistus vie aikaa 30 -60 min.

Työn suoritus: noin 60 min.

Työssä ortofosforihapon (H_3PO_4) anioni (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} ja PO_4^{3-}) muodostaa ammoniumheptamolybdaattitetrahydraatin $[(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}]$ kanssa kompleksiyhdisteen, joka muuttuu askorbiinihapolla pelkistettäessä siniseksi ammoniumfosfomolybdaatiksi. Värin voimakkuus on verrannollinen liuoksen fosfaattikonsetraatioon, kun pH ja molybdaatti-ionikonsetraatio ovat vakioita.

Tässä työssä mitataan pesuaineen pitoisuus kolorimetrisellä analyysillä (ks. Laitala, 2007: luku 2.2.3). Kolorimetrisessä analyysissä määritetään aineen konsentraatio mittaamalla valon suhteellinen absorptio ja vertaamalla sitä tiedetyn aineen konsentraatioon. Lambert-Beerin lain mukaan absorbanssi ja liuoksen konsentraatio ovat verrannollisia keskenään. Fosfaatin pitoisuuden määrittämisessä käytetään punaista linssiä punaisen valon muodostamiseksi, koska kokeessa käytettävä sininen liuos absorboi voimakkaimmin punaista valoa.

Välineet:

3 kpl mittapulloja (500 ml)
2 kpl mittapulloja (1000 ml)
täyspipetti (50 ml)

Aineet:

kiinteää $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
vertailuliukuksia varten
kiinteää $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Tislattu vesi

Valmistelut:

Valmista 0,8% $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ -liuosta 1000 ml:n mittapulloon, mittaamalla 8g kiinteää $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ja liuottamalla se 1000 ml 1 M suolahappoa.

Valmista pesuaineliuos, jossa on fosfaattia noin 0,01 g/l, 1000 ml:n mittapulloon. Jos pesuaineessa on 15-30% fosfaattia, niin $x \cdot 0,30 = 0,01\text{g/l} \rightarrow x = 0,033\text{ g/l}$, eli valmista liuosta punnitsemalla 0,033 g pesuainetta ja liuota se 1000 ml:aan tislattua vettä. Voit valmistaa tutkittavan liuoksen myös natriumfosfaatista (Na_3PO_4). Punnitse sitä 0,00173-0,0173g, jotta fosfaatin pitoisuus liuoksessa olisi 0,001-0,01 g/l, ja liuota se tislattuun veteen.

Valmista kolorimetrin kalibrointia varten oheisen taulukon mukaiset vertailuliuokset. Kalibroinnit kautta saatava fosfaatin määrää kuvaava suora on suuntaa-antava.

Perusliuos	0,1495 g Na ₂ HPO ₄ · 2H ₂ O ja 1000 ml tislattua vettä	[PO ₄ ³⁻]=0,10 g/l
Vertailuliuos	Vertailuliuosten valmistusohje	[PO ₄ ³⁻] g/l
1	50 ml perusliuosta ja 450 ml tislattua vettä	0,010
2	25 ml perusliuosta ja 475 ml tislattua vettä	0,0050
3	50 ml vertailuliuosta 1 ja 450 ml tislattua vettä	0,0010

Pesuaineen määrä voidaan laskea prosentteina. Esimerkki: vertailuliuksien avulla muodostettu vertailusuoran yhtälö on $y = 35,211x + 0,353$ ja pesuaineliuoksen absorbanssi on 0,3974. Sijoittamalla absorbanssin arvo vertailusuoran yhtälöön y:n paikalle, saadaan pesuaineliuoksen pitoisuudeksi 0,00126 g/l. Pesuaineliukseen laitettiin pesuainetta alun perin 0,033g/l, joten liuos sisältää fosfaatteja noin 3,8 %.

Oppilaat voivat hankkia lisätietoa esimerkiksi tästä pro gradusta ja www.ymparisto.fi – sivuilta. Esimerkiksi <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=12463&lan=fi> -sivusto (luettu 12.12.2007) kertoo rehevöitymisestä.

Kodin siivouksesta ja pesuaineista löytyy lisätietoa sivulta http://www.wwf.fi/tue_toimi/osallistu_toimintaan/ekovinkit/siivous.html, luettu 12.12.2007.

Työn ennakotehtävinä voidaan tehdä veden kovuuden mittaaminen kokonaiskovuusliuskojen avulla, kovan veden ja kraanaveden vaahtoavuuden tutkiminen ja veden pehmentämiseen liittyvä tutkimus.

Veden kovuuden mittaaminen kokonaiskovuusliuskojen avulla

Työhön kuluva aika

Työn valmistelu: noin 10 min

Työn suoritus: noin 15 min

1. Virittäytyminen

- Mitä kova vesi on?
- Miten kova vesi vaikuttaa vaatteiden vaateiden pesuun?
- Miten veden kovuutta voidaan vähentää?
- Mikä on veden kovuus Suomessa?

Välineet:

Mittapullo (1000 ml)
Kokonaiskovuuden määrittelyliuskoja
2 kpl keitinlaseja (50/100 ml)

Aineet:

CaCl₂ · 2H₂O tai CaCl₂
tislattu vesi
kraanavesi

2. Työvaiheet:

- Kovan veden valmistaminen: mittaa 3,669g $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ja liuota se 1000 ml tislattua vettä. Jos käytössäsi on CaCl_2 , niin punnitse sitä 2,771g ja liuota se 1000 ml tislattua vettä. Tällöin liuoksessa on kalsiumia 1000 mg/l.
- Nimeä keitinlasit ja ota toiseen noin 25 ml kovaa vettä ja toiseen kraanavettä.
- Kasta yksi liuska kovassa vedessä ja ravista ylimääräinen vesi pois. Tee samoin kraana veden kanssa. Odota minuutin verran ja katso tulos. Kirjaa tulokset ylös.

Taulukko 1. Veden kokonaiskovuus kovuus eri merkinnöillä¹.

Kovuus	mg/l (CaCO_3)	dH
Erittäin pehmeää	0 - 55	0 - 3
Pehmeää	55 - 110	3 - 6
Keskikovaa	110 - 160	6 - 9
Kovahkoa	160 - 215	9 - 12
Kovaa	215 - 320	12 - 18
Erittäin kovaa	320+	18+

3. Koonti

- Kuinka kovaa kraanavesi oli? Entä kova vesi?
 - Mikä aiheuttaa veden kovuuden?
-

Kovan veden ja vesijohtoveden vaahtoavuus

Työhön kuluva aika

Työn valmistelu: kovan veden valmistus, noin 10 min.

Työn suoritus: 10 – 15 min.

1. Virittäytyminen

- Miksi pesuainetta tulee laittaa enemmän, jos käyttövesi on kovaa?

Välineet:

koeputkiteline
2 koeputkea
2 korkkia
mittalasi (10 ml)
viivoitin

Aineet:

pesuainetta
kovaa vettä
vesijohtovettä

2. Työvaiheet:

- Nimeä koeputket
- Mittaa toiseen koeputkeen 5 ml kovaa vettä ja toiseen 5 ml vesijohtovettä.
- Laita kumpaankin koeputkeen yksi tippa pesuainetta.

¹ <http://www.aquahoito.info/suomi/akvaario/kovuus.php>, luettu 12.12.2007

- Laita korkit koeputkiin.
- Ravistele kumpaakin koeputkea voimakkaasti.
- Mittaa vaahdon korkeus viivoittimella.

3. Koonti

- Kumpi vesi vaahtosi paremmin? Miksi?

Veden pehmentäminen

Työhön kuluva aika

Työn valmistelu: reagenssien hankinta

Työn suoritus: 15-30 min.

1. Virittäytyminen

Miten vettä voidaan pehmentää?

Välineet:

3 koeputkea
koeputkiteline
3 kpl suodatinpaperin palaa
3 suppiloa
mittapipetti (5 ml)
pumpetti

Aineet:

Kovaa vettä
hiekkaa
kiinteää $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
veden kokonaiskovuuden
määritysliuskoja

2. Työvaiheet:

- Suppilo 1 sisältää ainoastaan suodatinpaperin (kontrolli).
- Suppilo 2: laita suppiloon suodatinpaperin päälle 1/3 suppilon tilavuudesta hiekkaa.
- Suppilo 3: laita suppiloon suodatinpaperin päälle 1/3 suppilon tilavuudesta fosfaattia.
- Pipetoi 5 ml kovaa vettä jokaiseen suppiloon ja kerää suodokset talteen.
- Mittaa jokaisen suodoksen kovuus veden kokonaiskovuuden määritysliuskoilla. Merkitse tulokset ylös.
- Voit testata pehmenneen veden vaahtoavuuden uudelleen.

3. Koonti

- Miksi fosfaatteja käytetään pesuaineissa?