

**KEHITTÄMISTUTKIMUS:
JÄTEVEDENPUHDISTUKSEN
OPETUKSEEN**

**VERKKO-MATERIAALI
ONGELMALÄHTÖISEEN**

Laura Kabata
Pro gradu -tutkielma
Kemian opettajankoulutusyksikkö
Kemianlaitos
Helsingin yliopisto
26.5.2014
Ohjaajat: Maija Aksela

HELSINGIN YLIOPISTO – HELSINGFORS UNIVERSITET – UNIVERSITY OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto – Fakultet/Sektion – Faculty/Section Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta		Laitos – Institution – Department Kemian laitos
Tekijä – Författare – Author Laura Kabata		
Työn nimi – Arbetets titel – Title Kehittämistutkimus: Verkko-materiaali jätevedenpuhdistuksen ongelmalähtöiseen opetukseen		
Oppiaine – Läroämne – Subject Kemia (Kemian opetus)		
Työn laji – Arbetets art – Level Pro Gradu -tutkielma	Aika – Datum – Month and year 05/2014	Sivumäärä – Sidoantal – Number of pages
Tiivistelmä – Referat – Abstract		
Tutkimuksen tavoitteena oli kehittää oppilaiden kiinnostusta lisäävä jätevedenpuhdistusta käsittelevä opetusmateriaali yläkoulun kemian opetukseen. Opetusmateriaalin tavoitteena oli myös täyttää kemian perusopetuksen keskeisiä tehtäviä eli tuoda esille kemian ja teknologian merkitys jokapäiväisessä elämässä, elinympäristössä ja yhteiskunnassa, antaa oppilaalle valmiuksia tehdä jokapäiväisiä valintoja ja keskustella muun muassa ympäristöön liittyvistä asioista sekä ohjata oppilasta ottamaan vastuuta ympäristöstään. Ongelmalähtöinen opetus on tehokas tapa motivoida oppilaita ja lisätä kemian kiinnostavuutta. Se parantaa kemian esitystaitoja ja kehittää ryhmätöitä, lisäksi ongelmalähtöinen oppiminen aktivoi oppilasta ja mahdollistaa toimimisen kuin oikea tutkija. Se avulla oppilas voi harjoitella tärkeitä ongelmanratkaisun taitoja. Vaikka ongelmalähtöistä opetusta käytetään laajasti lääketieteiden opetuksessa, on käytetty jo 1980-luvulta saakka, sen käyttö kouluissa on melko vähäistä. Jätevedenpuhdistuksen konteksti sopii hyvin kemian opettamiseen Science-Technology-Society-Environment-näkökulmasta. STSE-opetuksessa tehdään oppilaille näkyväksi luonnontieteiden, teknologian, yhteiskunnan ja ympäristön välillä olevat merkitykselliset yhteydet. Näiden suhteiden ymmärtäminen auttaa näkemään tieteiden onnistumisia, mikä lisää kiinnostusta luonnontieteitä kohtaan. Opetusmateriaali toteutettiin verkkosivustona. Verkkosivustona julkaistu materiaali on kaikkien käytössä ja se tarjoaa oppilaille kattavan tietopaketin jätevedenpuhdistuksesta, jota voi käyttää ongelmalähtöisen opetuksen itseopiskelumateriaalina. Opettajia varten sivustolle tehtiin oma osuus, joka käsittelee ongelmalähtöistä opetusta. Verkkosivuille on helppo liittää esimerkiksi videoita tukemaan kiinnostusta. Tutkimus raportoidaan kolmessa osassa, ja se jakautuu teoreettiseen ja empiiriseen ongelma-analyysiin, kehittämisprosessiin ja kehittämistuotokseen. Tutkimus alkoi ongelma-analyysillä. Empiirisen ongelma-analyysin perusteella, todettiin jätevedenpuhdistuksen opetuksen olevan aihe, jota yläkoulussa opetetaan oppikirjojen perusteella vaihtelevasti. Teoreettisessa ongelma-analyysissä tutustuttiin jätevedenpuhdistukseen, verkko-opetukseen ja tutkimuksen kannalta olennaisiin opetuksen teorioihin, kuten kiinnostus, ongelmalähtöinen oppiminen ja STSE. Ongelma-analyysin pohjalta kehittämistutkimukselle luotiin tavoitteet. Toinen vaihe oli kehittämisprosessi, jossa kuvattiin kehittämisprosessin eteneminen ja siinä tehty kehittämis päätökset. Kolmas vaihe oli kehittämistuotos, jossa esiteltiin kehittämisprosessin aikana suunniteltu ja tehty materiaali. Opetusmateriaali julkaistiin verkko-osoitteessa http://jatevedenpuhdistus.wordpress.com/. Materiaali arvioitiin kyselyllä toteutetun laadullisen tapaustutkimuksen avulla. Tutkimuksen kohteena olivat kemian opettajat. Linkki kehitettyyn verkko-opetusmateriaaliin ja kyselyyn, lähetettiin opettajille sähköpostilistan kautta. Kahdeksan opettajaa vastasi kyselyyn, jossa selvitettiin oppilaiden kiinnostusta kehitetyn materiaalin kiinnostavuudesta. Kehittämistuotos-vaiheessa tehty opetusmateriaalin arviointi osoitti, että jätevedenpuhdistuksessa oppilaita kiinnostaa se, että jätevedenpuhdistus liittyy jokapäiväiseen elämään, on konkreettista ja sillä on positiivisia vaikutuksia ympäristöön. Ongelmalähtöisen opetuksen kiinnostavuutta lisäsi sen tuomavaihtelu perinteiseen opetukseen, tehtävän avoimuus ja se että saa itse aktiivisesti toimia. Verkkosivuston kiinnostavuuteen vaikutti ulkoasu ja selkeys.		
Avainsanat – Nyckelord – Keywords kehittämistutkimus, kemian opetus, jätevedenpuhdistus, ongelmalähtöinen oppiminen, STSE, kiinnostus		
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited Kemian laitos, Kumpulan tiedekirjasto		
Muuta tietoa – Övriga uppgifter – Additional information		
Tarkastajat: Maija Aksela ja Timo Repo		

SISÄLLYSLUETTELO

1 Johdanto.....	1
2 Kehittämistutkimus	3
2.1 Tutkimuskysymykset	5
3 Teoreettinen ongelma-analyysi	6
3.1 Jätevedenpuhdistus	6
3.1.1 Jätevesi	8
3.1.2 Jätevedenpuhdistusprosessi	9
3.1.3 Välppäys	10
3.1.4 Hiekan- ja rasvanerotus	11
3.1.5 Esi-ilmastus	11
3.1.6 Kemiallinen fosforin poisto	12
3.1.7 Aktiivilietemenetelmä	15
3.1.8 Jälkiselkeytys	18
3.1.9 Lietteen käsittely	19
3.2 Kemian opetuksen teoria.....	19
3.2.1 Kiinnostus.....	19
3.2.2 Ympäristökasvatus	22
3.2.3 Kontekstuaalisuus ja STSE-opetus	23
3.2.4 Ongelmalähtöinen opetus	27
3.3 Verkko-opetus	33
3.4 Teoreettisen ongelma-analyysin yhteenveto	37
4 Empiirinen ongelma-analyysi	39
5 Kehittämisprosessi.....	42
5.1 Opetusmateriaalin suunnittelu	43
5.2 Opetusmateriaalin tekeminen ja julkaiseminen.....	48
6 Kehittämistuotos.....	51
6.1 Verkkosivustosta	51
6.2 Jätevedenpuhdistus-sivut	52
6.3 Ongelmalähtöinen opetus -sivut	55
6.4 Kehittämistuotoksen arviointi	55
6.4.1 Tapaustutkimus	56
6.4.2 Kysely.....	56
6.4.3 Arvioinnin tulokset	59
6.4.4 Tulosten luotettavuus	62
7 Jatkokehittäminen	63
8 Johtopäätökset ja pohdinta	64
8.1 Kiinnostuksen tukeminen.....	64
8.2 Kiinnostava jätevedenpuhdistusta käsittelevä verkkomateriaali	65
8.3 Kiinnostus kehitettyä verkkomateriaalia kohtaan.....	67
8.4 Tutkimuksen merkitys	68
LÄHTEET	71
LIITTEET	80

1 Johdanto

Jätevedenpuhdistus on välttämätöntä ympäristön suojelemiseksi. Sen järjestäminen on merkityksellistä yhteiskunnallisesti. Kemialla, muilla luonnontieteillä ja teknologialla on tärkeä merkitys jätevedenpuhdistuksen kehittämisessä. (Lapinlampi & Raassina, 2002; Butler & Davies, 2004) Jätevedenpuhdistus on integroitavissa kemian opetukseen, sillä kemiallisilla reaktioilla on huomattava merkitys jätevedenpuhdistusprosessissa. (Lapinlampi & Raassina, 2002; Butler & Davies, 2004)

Nykyisessä peruskoulun opetussuunnitelman perusteissa kemian opetuksen keskeisissä sisällöissä on useita kohtia, joiden opettaminen sopii hyvin jätevedenpuhdistuksen kontekstiin. Yläluokkien kemian oppiainekohtaisina tavoitteina on, että oppilas oppii esimerkiksi ”aineiden kiertokulkuun ja tuotteiden elinkaareen liittyviä prosesseja sekä niiden merkityksen luonnolle ja ympäristölle” ja ”tuntemaan kemian ilmiöiden ja sovellusten merkityksen sekä ihmiselle että yhteiskunnalle”. Suunnitelmassa todetaan myös, että kemian opetuksen tulee auttaa oppilasta ymmärtämään kemian ja teknologian merkitys jokapäiväisessä elämässä, elinympäristössä ja yhteiskunnassa. Lisäksi sen tulee antaa oppilaalle valmiuksia tehdä jokapäiväisiä valintoja ja keskustella muun muassa ympäristöön liittyvistä asioista ja ohjata oppilasta ottamaan vastuuta ympäristöstään. Ympäristön elinkelpoisuuden ja luonnon monimuotoisuuden säilyttäminen on osa perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden arvopohjaa. (Opetushallitus, 2004)

Viime vuosien aikana oppilaiden kiinnostus kemiaan on vähentynyt ja asenne sitä kohtaan on muuttunut selkeästi negatiivisemmaksi (Gilbert, 2007; Asunta, 2003). Jotta oppilaiden asenne kemiaa kohtaan muuttuisi positiivisemmaksi, on tärkeää, että he näkevät kemian onnistumisia ympäristön tilan kohentamisessa (Asunta, 2003; Yörük, et al., 2010). Ongelmalähtöinen opetus on tehokas tapa motivoida opiskelijoita, lisätä kemian kiinnostavuutta ja muuttaa asennoitumista kemiaa kohtaan positiivisemmaksi. Siinä korostuu oppilaan aktiivinen rooli tiedonhankkijana. (Kelly & Finlayson, 2009; Rautiainen, 2012) Merkityksellinen verkko-oppiminen vaatii että opiskelija etsii aktiivisesti ja tavoitteellisesti tietoa ja liittää sitä aiemmin oppimaansa (Novak, 1998; Nevgi & Juntunen, 2005). Useissa tutkimuksissa on havaittu, että kiinnostus opittavaa asiaa kohtaan vaikuttaa positiivisesti oppimistuloksiin. Kiinnostukseen voimakkuuteen taas vaikuttaa aihe ja

opetustapa. (Krapp & Prenzel, 2011; Lavonen, et al., 2008) Kontekstuaalisella opetuksella voidaan lisätä nuorten kiinnostusta kemiaan ja auttaa heitä muistamaan kemian käsitteet kytkemällä ne osaksi heidän omaa elämäänsä (Parchmann, et al., 2007; Bennet, 2003; Gilbert, 2007). STSE-opetuksen avulla oppilaat huomaavat tieteen ja teknologian vaikutuksen yhteiskunnan toimintaan, mikä mahdollistaa heidän osallistumisensa keskusteluun yhteiskunnallisissa luonnontieteisiin liittyvistä kysymyksissä esimerkiksi vedenpuhdistuksesta (Pedretti & Nazir, 2011).

Tutkimuksen tavoitteena on kehittää oppilaiden kiinnostusta lisäävä jätevedenpuhdistusta käsittelevä opetusmateriaali yläkoulun kemian opetukseen. Tutkimusstrategiaksi tämän tyyppisen tavoitteen saavuttamiseksi sopii kehittämistutkimus, joka toteutetaan tässä tutkimuksessa neljässä osassa: teoreettinen ongelma-analyysi, empiirinen ongelma-analyysi, kehittämisprosessi ja kehittämistuotos (Edelson, 2002). Kehittämistutkimukseen tutkimusmenetelmänä perehdytään luvussa 2. Luvussa 3 tutustutaan jätevedenpuhdistukseen, tämän tutkimuksen kannalta olennaisiin teorioihin kemian ja luonnontieteiden opetuksesta sekä verkko-opetuksesta. Kolmesta edellisestä muodostuu tutkimuksen teoreettinen ongelma-analyysi. Empiiristä ongelma-analyysiä käsitellään luvussa 4, jossa jätevedenpuhdistuksen opetusta tutkitaan oppikirja-analyysin avulla.

Kehittämisprosessin tavoitteet luotiin teoreettisen ongelma-analyysin perusteella. Tavoitteet ohjasivat suunnittelemaan oppilaita kiinnostavan jätevedenpuhdistusta käsittelevän verkko-materiaalin ongelmalähtöiseen kemian opetukseen. Kehittämisprosessi tavoitteineen esitellään luvussa 5.

Kuudennessa luvussa kuvaillaan kehittämistuotos eli verkkomateriaali ongelmalähtöiseen jäteveden puhdistuksen opetukseen, ja materiaalin arviointi. Kehittämistuotos arvioitiin laadullisella tapaustutkimuksella, jonka aineisto kerättiin verkkokyselyllä. Arvioinnilla pyrittiin selvittämään mikä jätevedenpuhdistuksessa ja ongelmalähtöisessä opetuksessa kiinnostaa. Verkkokyselyssä selvitettiin myös onko verkkomateriaalissa sopivasti tietoa, kuinka materiaalin ulkoasua tulisi kehittää jotta se olisi houkuttelevampi ja käytettävämpi. Tutkimustulosten pohjalta verkkomateriaalia jatkokehitettiin, mikä kuvataan luvussa 7. Luvussa 8 kuvataan tutkimuksen tuloksista tehdyt johtopäätökset ja pohdinta ongelma-analyysin valossa ja pohditaan tulosten luotettavuutta ja tutkimuksen merkitystä.

2 Kehittämistutkimus

Ensimmäiset kehittämistutkimukset opetuslalla on tehty 1990-luvun alussa. Kehittämistutkimuksen käyttö tutkimusmenetelmänä on vakiinnuttanut paikkansa opetuksen tutkimuskentällä ja sitä menetelmänään käyttävien tutkimusartikkelien määrä on noussut koko 2000-luvun (Anderson & Shattuck, 2012).

Kehittämistutkimus on syntynyt pienentämään kuilua koulun reaalimaailman ja opetuksen tutkimuksen välillä. Aiemmin opetuksentutkimus koettiin usein koulumaailmasta vieraantuneeksi, ja jos tutkimuksessa oli didaktisia perusteluja käytännön esimerkkeihin, ne olivat lähinnä tutkijoiden henkilökohtaisten mielipiteiden varassa. (Sandoval & Bell, 2010) Kehittämistutkimuksen tarkoituksena on kehittää toimivia opetuskäytäntöjä ja opetusta edistävää tietoa, jotka perustuvat tutkimukseen. Analysoinnin, suunnittelun, kehityksen ja toteutuksen avulla on tarkoitus antaa opetuksen teoreettisille kysymyksille konteksti, jotta oppiminen helpottuisi ja opittavat asiat olisivat lähempänä oppilaiden arkea. (Collins, et al., 2004; Wang & Hannafin, 2005)

Kehittämistutkimuksessa lähdetään liikkeelle opetuksessa nousseesta tarpeesta, johon kehitetään ratkaisu eli esimerkiksi opetuskäytäntö tutkimuspohjaisesti. Pelkkä tiedon kerääminen ei riitä, vaan kehittämistutkimuksessa on pyrittävä tiedon avulla luomaan uusia opetuskäytäntöjä ja teorioita ja ohjaamaan niiden käyttöönottamista. (Collins, et al., 2004; Wang & Hannafin, 2005)

Tässä tutkimuksessa käytetään Edelsonin (2002) mallia kehittämistutkimuksesta, jossa on kolme eri osa-aluetta: ongelma-analyysi, kehittämisprosessi ja kehittämistuotos. Edelson kuvaa kehittämistutkimuksen syklisenä prosessina, jossa opetusmenetelmän kehittäminen pohjautuu teoriaan, ja jossa kehittämisprosessista myös tuotetaan uutta teoriaa.

Kehittämistutkimus alkaa ongelma-analyysillä. Teoreettinen ongelma-analyysi luo tutkimukselle pohjan, joka on tärkeä, jotta tutkimustuloksia voidaan peilata aiempaan tutkimustietoon. Teoreettisen ongelma-analyysin lisäksi voidaan tehdä empiirinen ongelma-analyysi, jolla täydennetään tutkimuskirjallisuudesta nousseita tutkimustarpeita, -haasteita ja -mahdollisuuksia. (Pernaa & Aksela, 2013)

Ongelma-analyysin perusteella luodaan kehittämistavoitteet, joiden saavuttamiseksi laaditaan kehittämissuunnitelma. Kehittämissuunnitelman tulee vastata ongelma-analyysissä nousseisiin tarpeisiin ja haasteisiin ja hyödyntää siinä löytyneitä mahdollisuuksia. Tutkimuksen edetessä tehdään kehittämispäätöksiä, siitä mitä ja miten tutkitaan tai kehitetään. Kehittämispäätökset pohjautuvat aiempiin tutkimuksiin ja ne kirjataan perusteluineen ylös kehittämiskuvauksen tutkimusprosessia esittelevään osaan. (Pernaa & Aksela, 2013)

Kehittämistutkimukseni sisältää seuraavat vaiheet:

3 Teoreettinen ongelma-analyysi

3.1 Jätevedenpuhdistus

3.2 Kemian opetuksen teoria

3.3 Verkko-opetus

3.4 Analyysin yhteenveto

4 Empiirinen ongelma-analyysi (oppikirja-analyysi vedenpuhdistuksesta)

Luvuissa 3 ja 4 selvitetään tutkimuksen tarpeet ja haasteet, jotta seuraavassa vaiheessa voidaan määritellä tutkimukselle tavoitteet.

5 Kehittämisprosessi

5.1 Opetusmateriaalin suunnittelu

5.2 Opetusmateriaalin tekeminen ja julkaiseminen

Luvussa 5 esitellään tutkimuksen tavoitteet ja kerrotaan kuinka verkkomateriaali suunniteltiin ja toteutettiin.

6 Kehittämistuotos

6.1 – 6.3 Kehitetyn verkkosivuston esittely

6.4 Kehittämistuotoksen arviointi

Luvussa 6 kuvataan kehittämistuotos ja arvioidaan se laadullisella tapaustutkimuksella.

Jotta kehittämistutkimus olisi luotettava, on erittäin tärkeää, että kehittämispäätökset ja tutkimuksen eteneminen kuvataan mahdollisimman tarkasti. Kehittämistutkimus suositellaan kuvattavaksi kehittämiskuvauksella. Siinä kuvataan mahdollisimman tarkasti kehittämistavoitteet, kehittämisolosuhteet ja kehittämispäätökset ja lisäksi siinä kerrotaan kuinka kehittäminen arvioidaan. (Edelson, 2002)

Design-Based Research Collective on kerännyt katsausartikkeliinsa (2003) viisi hyvälle kehittämistutkimukselle luonteenomaista piirrettä. Ensimmäiseksi oppimisen kehittämisen tavoitteiden ja kehitettävien oppimisen teorioiden tulee linkittyä yhteen vahvasti. Toiseksi tutkimuksessa tulee syklittäisesti kehittää, kokeilla, arvioida ja kehittää edelleen. Kolmanneksi tutkimuksen tulee johtaa teoriaan tai tuotteeseen, jota muut alalla työskentelevät voivat hyödyntää. Neljänneksi tutkimuksessa tulee kuvata, kuinka kehittämistuotos toimii suunnitellussa ympäristössä. Onnistumisten ja epäonnistumisten lisäksi tulee kuvata ne vuorovaikutukset, jotka lisäävät ymmärrystä opittavasta asiasta. Viidenneksi tutkimuskuvaus tulee dokumentoida sellaisella tavalla, että siinä näkyy selkeästi kuinka tutkimusprosessi on vaikuttanut kehittämistuotoksen syntyyn.

2.1 Tutkimuskysymykset

Tutkimuksen tavoitteena on kehittää oppilaiden kiinnostusta lisäävä jätevedenpuhdistusta käsittelevä opetusmateriaali yläkoulun kemian opetukseen.

Tutkimusta ohjasivat seuraavat tutkimuskysymykset:

- 1) Miten yläkoulun oppilaiden kiinnostusta jätevedenpuhdistuksen kemiaan pystytään tukemaan?
- 2) Millainen jätevedenpuhdistusta käsittelevä ongelmalähtöinen opetusmateriaali tukee yläkoulun oppilaiden kiinnostusta kemiaan?
- 3) Miten materiaali soveltuu kemian kiinnostuksen tukemiseen yläkoulussa?

Tutkimuskysymykset on laadittu vastaamaan kehittämistutkimuksen kolmea vaihetta. Ensimmäiseen kysymykseen pyritään vastaamaan teoreettisen ja empiirisen ongelma-analyysin avulla. Toiseen kysymykseen pyritään saamaan vastaus kehittämisprosessin ja kehittämistuotoksen avulla. Kolmanteen kysymykseen pyritään saamaan vastaus tutkimalla opettajien arvioita kehittämistuotoksesta.

3 Teoreettinen ongelma-analyysi

Teoreettisessa ongelma-analyysissä tutustutaan ensiksi jätevedenpuhdistukseen (Luku 3.1). Luvussa 3.3 perehdytään tässä tutkimuksessa olennaisiin kemian opetuksen teorioihin kuten kiinnostus, ympäristökasvatus, STSE-opetus ja ongelmalähtöinen opetus. Luvussa 3.3 tutustutaan verkko-opetukseen. Teoreettisen ongelma-analyysin avulla selvitettiin kehittämistutkimuksen tarpeet ja muodostettiin tutkimuksen tavoitteet. (Edelson, 2002)

3.1 Jätevedenpuhdistus

Jätevedenpuhdistus aloitettiin Suomessa yli 100 vuotta sitten. Sinä aikana puhdistus on kehittynyt huomattavasti. Kun sata vuotta sitten tavoitteena oli poistaa kiinteät epäpuhtaudet, nykyisin jätevesien puhdistus on tärkeä osa vesistöjen suojelua. Puhdistuksen avulla saadaan pienennettyä vesistöihin joutuvien epäpuhtauksien ja ravinteiden määrää huomattavasti. Pilaantuneidenkin vesistöjen kunto on saatu parantumaan. (Lapinlampi & Raassina, 2002; Butler & Davies, 2004)

Suomessa yli 80 % kotitalouksista on vesihuoltolaitosten viemäroinnin piirissä eli niissä syntyvä jätevesi kulkeutuu viemäreitä pitkin jätevedenpuhdistamolle (Vesilaitosyhdistys, 2013). Nykyisissä puhdistamoissa jätevedenpuhdistus perustuu erilaisten puhdistusoperaatioiden ja -prosessien suorittamiseen oikeassa järjestyksessä riittävän monta kertaa. Puhdistuksen pääasiallisena tavoitteena on poistaa vedestä kiintoaines, hapenkulutusta aiheuttava orgaaninen aines, ravinteet (typpi ja fosfori), rasvat ja öljyt, patogeenit, myrkyt, radioaktiiviset aineet ja puhdistusaineet. Vedenpuhdistuksessa on aina kyse rahan- ja ajankäytön optimoinnista hyväksyttävän puhdistustuloksen saamiseksi. Viemärlaitoksista lähtevä vesi tulee saada niin puhtaaksi, että se voidaan palauttaa

vesistöihin ilman, että se aiheuttaa ympäristölle ylimääräistä haittaa. (Karttunen, 2004; Spellman, 2009)

Suomella on omat kansalliseen lainsäädäntöön (Valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä 888/2006) perustuvat vaatimukset puhdistuksen tasosta. Ne on esitetty Taulukko 1. Lisäksi suurilla jätevedenpuhdistamoilla on jokaisella oma ympäristölupa, joka määrittelee puhdistamon puhdistusvaatimukset. (Suomen ympäristökeskus SYKE, 2013)

Taulukko 1: Jätevedenpuhdistuksen laatuvaatimukset (Asetus yhdyskuntajätevesistä 888/2006, 2006)

Muuttuja	Pitoisuus	Poistoteho vähintään¹⁾
Biologinen hapen kulutus (BHK ₇ 20°C:ssa ilman nitrifikointia ²⁾)	30 mg/l O ₂	70 %
Kemiallinen hapen kulutus	125 mg/l O ₂	75 %
Kiintoaine	35 mg/l	90 %
Kokonaisfosfori	3 mg/l (alle 2 000 avl) ³⁾ 2 mg/l (2 000-100 000 avl) 1 mg/l (yli 100 000 avl)	80 %
Kokonaistyyppi ⁴⁾	15 mg/l (10 000-100 000 avl) 10 mg/l (yli 100 000 avl)	70 %

¹⁾ Poistoteho lasketaan puhdistamolle tulevasta kuormituksesta.

²⁾ BHK₇:n määrittäminen voidaan korvata orgaanisen hiilen kokonaismäärän (TOC) tai hapentarpeen kokonaismäärän (TOD) määrittämisellä, mikäli BHK₇:n ja korvaavan suureen välinen suhde voidaan määrittää.

³⁾ avl eli asukasvastineluku tarkoittaa sellaista vuorokausikuormitusta, jonka seitsemän vuorokauden biokemiallinen hapenkulutus (BHK₇) on 70 g happea (O₂) yhtä avl:a kohden; asukasvastineluku lasketaan puhdistamolle vuoden aikana tulevan suurimman viikkokuormituksen vuorokautisesta keskiarvosta poikkeuksellisia tilanteita lukuun ottamatta;

⁴⁾ Kokonaistyyppi tarkoittaa Kjeldahl- tyyppien kokonaismäärän (orgaaninen N+NH₄), nitraattityypin (NO₃) ja nitriittityypin (NO₂) summaa.

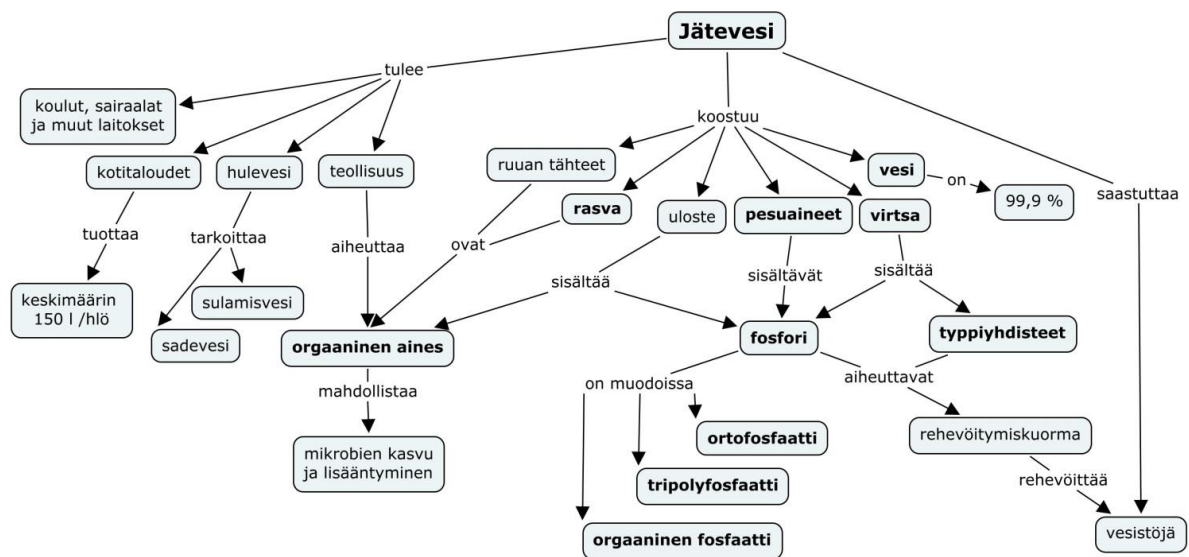
3.1.1 Jätevesi

”Jätevedellä tarkoitetaan nesteinä käytettyä, käytöstä poistettavaa vettä. Jätevedeksi luetaan muukin neste, joka poistetaan käytöstä, sekä niin ikään hautausmaalta, varastopaikalta tai muulta tällaiselta alueelta tuleva vesi, jos siinä on haitallisessa määrin vieraita aineita.” (Vesilaki 246/1961)

Talousjätevedellä tarkoitetaan asunnoista, kouluista, sairaaloista ja muista laitoksista tulevaa jätevettä, jotka ovat peräisin pääasiassa ihmisten aineenvaihdunnasta ja kotitalouksien toimista. Yhdyskuntajätevedeksi kutsutaan talousjäteveden ja teollisuuden tuottaman teollisuusjäteveden tai huleveden seosta. Hulevesi on nimitys sade- ja valumavesille, joita joidenkin kaupunkien keskustojen sekaviemäröinnin takia puhdistetaan osassa puhdistamoita. Jos halutaan korostaa, että puhutaan pääasiassa asunnoista tulevasta jätevedestä, sitä kutsutaan asumajätevedeksi. (Karttunen, 2004)

Jätevedestä 99,9 % on vettä. Jäljelle jäävällä 0,1 prosentilla on kuitenkin ympäristölle suuri merkitys. Ympäristön kannalta jäteveden kiinnostavimmat komponentit ovat kokonaisfosforin määrä, kokonaistypen määrä ja orgaaninen aines. Orgaanista ainesta jätevetteen joutuu lähinnä ihmisten ulosteissa ja teollisuusjätevesissä. Se mahdollistaa erilaisten mikrobien kasvun ja lisääntymisen vedessä. Fosfori ja typpi aiheuttavat vesistöille suurimman rehevöitymiskuorman. Suurin osa jätevedessä olevasta tyypestä tulee virtsasta. Fosforia jätevesiin tulee virtsan lisäksi myös ulosteesta ja pesuaineista. (Lapinlampi & Raassina, 2002; Butler & Davies, 2004) .

Ravinteiden määrän lisääntyminen lisää veden pinnalla elävien levien kasvua. Leväkukinta vaikuttaa vesistön ekosysteemiin kahdella tavalla. Kukinta estää valon pääsyn alempiin vesikerroksiin, jolloin pohjakasvillisuus kuolee. Toiseksi kuolevat levät aiheuttavat happikatoa, mikä aiheuttaa lisää kuolemia vesieliöstössä. Happikadon lisäksi myös ravinteiden määrän lisääntyminen aiheuttaa kaloille terveysongelmia, jotka siirtyvät eteenpäin niitä syöville eläimille ja ihmisille. (Szatkowska, 2007) Jäteveden lähteistä, koostumuksesta ja ympäristövaikutuksista on koottu käsitekartta (Kuva 1).



Kuva 1: Käsitekartta jätevedestä

3.1.2 Jätevedenpuhdistusprosessi

Suomessa jätevedenpuhdistamot on usein katettu tai puhdistusprosessit tapahtuvat maan alla, mikä takaa niille säästä riippumattomat olosuhteet. Puhdistettu vesi johdetaan purkuvesistöön, joko jokeen tai mereen. (Juuti, et al., 2010; HSY - Helsingin seudun ympäristöpalvelut, 2010)

Jätevesi kulkee ensin esikäsittelyprosessien läpi. Niissä saapuvasta jätevedestä poistetaan myöhempiä käsittelyn vaiheita haittaavat, puhdistuslaitteita tukkivat ja rikkovat esineet ja aineet. Esikäsittelyllä pyritään tasaamaan jätevesierän laatu ja puhdistukseen tulevan jäteveden virtaamaa. (Suomen ympäristöministeriö, 2010; Karttunen, 2004).

Pääkäsittelymenetelminä on käytössä joko biologinen tai kemiallinen puhdistus tai niiden yhdistelmä, eli rinnakkaissaostus. Biologisessa puhdistuksessa käytetään aktiivilietemenetelmää, jossa mikrobit käyttävät epäpuhtauksia aineenvaihduntaansa ja lisääntymiseen. Kemiallisessa puhdistuksessa epäpuhtauksia saostetaan erilaisilla saostuskemikaaleilla, esimerkiksi ferrosulfaatilla. Pääkäsittely loppuu jälkiselkeytykseen. Näiden vaiheiden tarkoituksena on vähentää biologista hapenkulutusta sekä vesistöön menevien ravinteiden ja kiintoaineksen määrää. Monissa puhdistamoissa tehostetaan

puhdistustulosta jälkikäsittelymenetelmillä. Prosessin lopussa voi olla esimerkiksi biologinen tai hiekkasuodatin. (Helsingin seudun ympäristöpalvelut, 2010)

Jätevedenpuhdistuksessa syntyy orgaanista ainesta sisältävää lietettä. Lieke kerätään talteen ja mädätetään. Silloin siinä oleva orgaaninen aine muuttuu biokaasuksi, jolla voidaan tuottaa energiaa. (Metcalf & Eddy, 2003)

3.1.3 Välppäys

Välppäyksessä vedestä erotellaan kotitalouksista viemäriin kulkeutuneet karkeat, kuitumaiset ja muoviset epäpuhtaudet, kuten vaipat, kondomit, hammasharjat ja vanupuikot. Välppäys ei sinällään paranna veden laatua, mutta on välttämätöntä, jotta vieraat esineet eivät myöhemmissä prosessin vaiheissa rikkoisi laitteita tai muutenkaan häiritä puhdistusta.

Välppä (Kuva 2) on laite, joka muodostuu yhdensuuntaisista välppäsauvoista, joiden väleistä vesi pääsee virtaamaan, mutta joihin kiinteät kappaleet jäävät kiinni. Jätevedestä erotettu kiinteä välpejäte sisältää patogeenisiä aineita ja mätänevää orgaanista ainesta. Se kompostoidaan tai viedään kaatopaikalle. (Karttunen, 2004)



Kuva 2: Esimerkki välpästä.

<http://members.shaw.ca/gp.lagasse/800x600/GritScreen.jpg>

3.1.4 Hiekan- ja rasvanerotus

Hiekanerotuksessa käytettävä menetelmä on laskeutus, joka on yleisin vedenpuhdistusmenetelmä. Siinä käytetään hyväksi painovoimaa, jolloin vettä raskaammat partikkelit laskeutuvat altaan pohjalle ja vettä kevyemmät nousevat pinnalle. Lyhyen viipymän altaan pohjalle laskeutuu raskas kiintoaines, hiekka, sora sekä kivet, ja pinnalle nousee vettä kevyempi rasva. (Suomen ympäristöministeriö, 2010) (Helsingin seudun ympäristöpalvelut, 2009) Muut kiinteät aineet kulkeutuvat veden mukana eteenpäin seuraaviin puhdistusprosesseihin (Karttunen, 2004, p. 503).

Poistettavan kiinteän kappaleen koko, muoto ja tiheys sekä vesipatsaan syvyys vaikuttavat siihen kuinka kauan kappaleen pohjalle laskeutumiseen kuluu aikaa. Kappaleen laskeutumisnopeus kasvaa, kunnes nopeus saavuttaa tasapainon vedenvastuksen kanssa. Pallomaisen halkaisijaltaan noin 10 mm soran laskeutumisnopeus vedessä on noin 100 cm/s, kun taas erittäin hieno hiekka (halkaisija 0,1mm) laskeutuu vain noin 0,8 cm/s. (Karttunen, 2004, pp. 77-78)

3.1.5 Esi-ilmastus

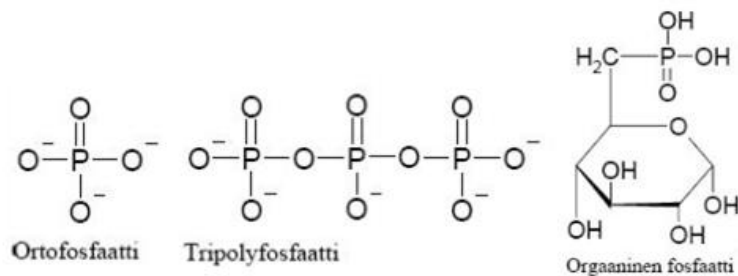
Ilmastuksen tarkoituksena on kaasun siirtäminen neste- ja kaasufaasin välillä. Siinä joko lisätään kaasua veteen (absorbtio) tai poistetaan kaasua vedestä (striippaus). Vaikka ilmastus on luonteeltaan fysikaalinen tapahtuma, sen vaikutuksesta kemialliset tai biologiset prosessit voivat saada alkunsa. (Karttunen, 2004, pp. 69-73)

Esi-ilmastusaltaassa on diffuusio- eli kuplailmastimia, jotka puhaltavat veteen ilmaa. Kun vesi viipyy viemäriverkostossa pitkään, sen happikonsentraatio laskee. Ilmastuksella veden happipitoisuus saadaan kasvamaan, kun ilmakuplien happi liukenee veteen. Ilmastimet nopeuttavat saostuskemikaalien sekoittumista veteen. Samalla jätevesierien laatu tasaantuu. (Helsingin seudun ympäristöpalvelut, 2009) Hidaka et al. ovat tutkimuksessaan (2003) löytäneet esi-ilmastukselle ja sitä seuraavalle esi-koagulaatiolle seuraavia etuja: nitrifikaatio seuraavissa vaiheissa tehostuu, suspendoituneiden kiinteiden aineiden kuorma seuraavissa suodattimissa pienenee ja fosforin poistaminen tehostuu.

Jäteveden mukana laitokselle tulee paljon mikrobeja. Sen lisäksi esi-ilmastusaltaaseen johdetaan myöhemmistä puhdistusvaiheista paljon mikrobeja sisältävää aktiivilietettä. Yhdessä nämä mikrobit muodostavat pohjan biologiselle puhdistukselle. (Metcalf & Eddy, 2003) Pääasiallisesti esi-ilmastusaltaissa tapahtuva puhdistus on kemiallista, vaikka jonkin verran sen aikana tapahtuu myös biologista puhdistusta. Tämän takia tässä luvussa käsitellään esi-ilmastuksessa tapahtuvaa kemiallista puhdistusta ja biologisen puhdistukseen tutustuminen on jätetty kokonaisuudessaan lukuun 3.1.7.

3.1.6 Kemiallinen fosforin poisto

Yksi ihminen aiheuttaa päivässä 3-5 g fosforikuormituksen jäteveeseen. Suurin osa fosforista on jätevedessä ortofosfaattina (PO_4^{3-}), polyfosfaattina (joka veteen liuettessaan muuttuu ortofosfaattimuotoon) tai orgaanisena fosfaattina (Kuva 3). Epäorgaaninen fosfori poistetaan jätevedestä pääasiassa kemiallisesti. Tämä prosessi on pyritty esittämään selkeästi luvun lopussa olevan kemiallinen jätevedenpuhdistus -käsitekartan avulla (Kuva 4).



Kuva 3 Fosforin eri muodot jätevedessä.

Metalliyhdisteitä kuten raudan (Fe^{2+} , Fe^{3+}) ja alumiinin (Al^{3+}) suoloja käytetään jätevedenpuhdistuksessa yleisesti koagulantteina. Kemiallinen fosforinpoisto yhdyskuntajätevesistä perustuu epäorgaanisen fosfaatin saostamiseen alumiini-, rauta- tai kalsiumsuoloina ja syntyneen kiinteän sakan poistamiseen laskeutuksen avulla (Minton & Carlson, 1972). Orgaanisessa muodossa olevaa fosforia ei voida suoraan saostaa kemiallisesti. Osa siitä saadaan kuitenkin poistettua kemiallisesti, kun kiinteässä muodossa olevat hienojakoiset veden mukana ajelehtivat, eli suspendoituneet orgaaniset aineet

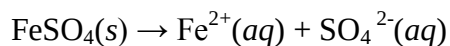
(niiden mukana myös orgaaniset fosforiyhdisteet) koaguloituvat saostuvien suolojen pinnalle. (Metcalf & Eddy, 2003).

Rautasuolat toimivat laajemmalla pH-alueella kuin alumiinisulolat. Ne muodostavat painavampia flokkeja ja ovat vähemmän haitallisia yliannostustilanteissa. (Liang, et al., 2009) Rautakloridin, -nitraatin ja -sulfaatin vaikutus koaguloitumisen tehokkuuteen on sama. Vaikka rautakloridilla ja -nitraatilla on parempi koagulaatiotehokkuus sekä optimiannoksena että sen alla, niin yliannostustapauksessa koagulaatiotehokkuus rautasulfaatilla on tehokkaampi kuin kloridilla tai nitraatilla.

Suomessa saostuskemikaalina käytetään yleisimmin hinnaltaan edullista kemianteollisuuden jäteainetta kidevedellistä ferrosulfaattia ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). Ferrosulfaatti pitää prosessin aikana hapettaa ferri-muotoon, mikä onnistuu, kun pH pysyy alle 7:ssä. (Jokinen, 1990; Karttunen, 2004) Ferrosulfaatin lisäys ei juuri vaikuta biologiseen typen tai fosforin poistoon, toisin kuin alumiinisulolan lisäys, joka hidastaa biologista puhdistusta (Liu, et al., 2010). Seuraavilla reaktioyhtälöillä kuvataan fosforin poistoa rautasulfaatilla.

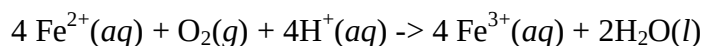
Ferrosulfaatin liukeneminen veteen:

Kaava 1



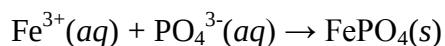
Rauta(II)-ioni hapettuu, kun vedessä on happea ja pH on alle 7:

Kaava 2



Ferri-ioni (Fe^{3+}) reagoi fosfaatin kanssa muodostaen veteen niukkaliukoista rautafosfaattia:

Kaava 3

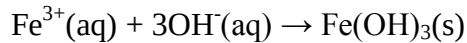


Rautafosfaatti saostuu, ja se voidaan erottaa vedestä antamalla sen vajota altaan pohjalle tai nostamalla ilmakuplien avulla altaan pinnalle.

Käsittelyn tehostamiseksi ferrosulfaattia käytetään ylimäärin, teoreettiseen tarpeeseen nähden jopa nelinkertaisesti. Silloin fosfaatteihin reagoimaton ferrosulfaatti dissosioituu ja

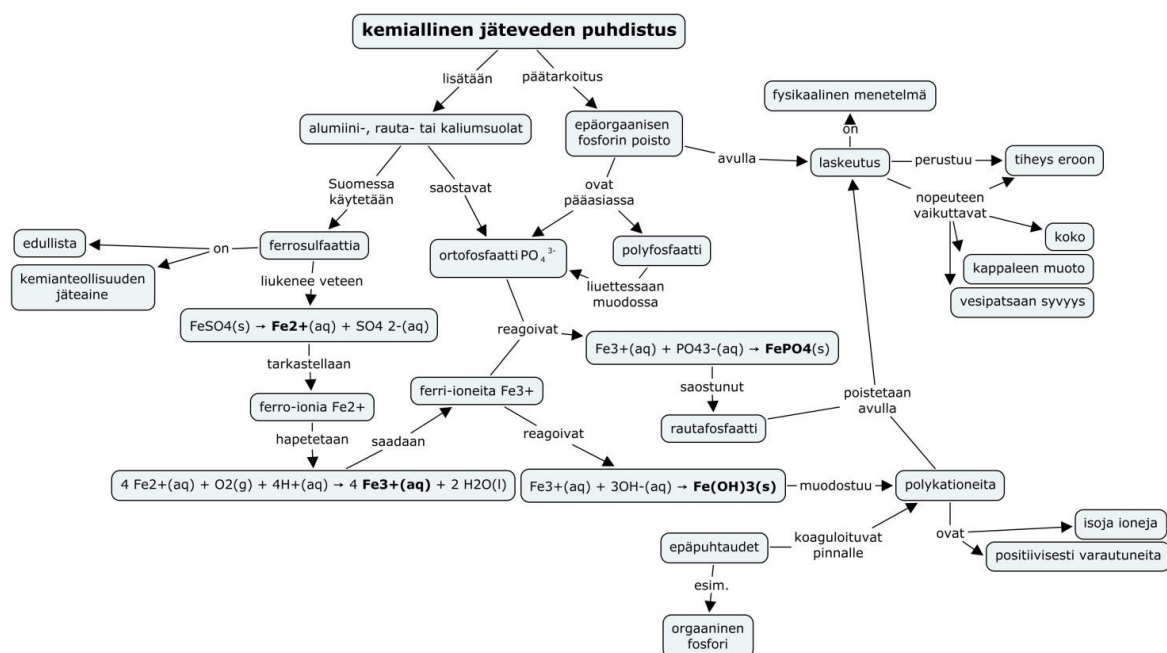
reagoi ympäröivän veden kanssa muodostaen rauta(III)hydroksidia. Samalla muodostuu rikkihappoa, joka neutraloidaan ilmastusaltaaseen lisättävällä kalkilla.

Kaava 4



Ferrihydroksidi muodostaa pH:sta riippuen erilaisia voimakkaasti positiivisesti varautuneita polykationeja, jotka toimivat koagulantteina. Nämä kationit absorboivat voimakkaasti negatiivisten kolloidien pinnoille muodostaen samalla suurempia flokkeja. Flokkien laskeutuessa veden sameus ja väri poistuvat. (Karttunen, 2004, pp. 133-138; El Samrani, et al., 2004)

Esi-ilmastuksessa suuri osa jäteveden epäpuhtauksista on saatu laskeutuvaan muotoon. Tämän jälkeen vesi johdetaan esiselkeytysaltaisiin, joissa vesi eri laitoksissa viipyy 5:stä 45 minuuttiin. Esiselkeytysaltaissa vettä raskaampi, helposti laskeutuva kiintoaines, painuu altaan pohjalle, josta se ja siihen sekoittunut vesi poistetaan. Hyvin toimivassa esiselkeytyksessä kiintoaineksen määrästä saadaan poistettua 50–70% ja orgaaninen kuormitus eli biologinen hapen kulutus (BOD) vähenee 25–40%. Näin biologisen puhdistuksen kuorma pienenee ja seuraavat puhdistusvaiheet tehostuvat (Karttunen, 2004, p. 507) (Karttunen, 2004).



Kuva 4: Käsitemkartta kemiallisesta jätevedenpuhdistuksesta

3.1.7 Aktiivilietemenetelmä

Aktiivilietemenetelmän tarkoituksena on saada aikaan mahdollisimman nopea orgaanisten aineiden hajoaminen ja riittävän laskeutumiskykyisten flokkien synnyttäminen. Tähän biologiseen puhdistusprosessiin kuuluu ilmastusallas sekoitus- ja ilmastuslaitteinen, selkeytysallas, palautuslietejärjestelmä sekä ylimääräisen lietteen poistojärjestelmä. (Karttunen, 2004)

Ilmastusaltaassa puhdistettavaan veteen johdetaan mikrobeja sisältävää biomassaa eli aktiivilietettä. Altaassa olevat ilmastuslaitteet huolehtivat mikrobien hapentarpeen tyydyttämisestä niin, että ne pysyvät hengissä ja pystyvät lisääntymään. On tärkeää, että vesi altaassa pysyy liikkeessä, jotta mikrobit pääsevät kosketuksiin kaikkien epäpuhtauksien kanssa, ja että kaikille mikrobeille on koko ajan riittävästi happea tarjolla. Jos ilmastus itsessään ei saa vettä liikkumaan riittäväällä nopeudella, altaassa käytetään sekoittimia lisäämään veden liikettä. Liikkeen tarkoitus on myös estää syntyvien flokkien laskeutuminen ilmastusaltaan pohjalle. (Karttunen, 2004)

Jäteveteen johdetun aktiivilietteen lisäksi myös jätevedessä itsessään on paljon mikrobeja. Mikrobit käyttävät ravintonaan vedessä olevia orgaanisia aineksia, kuten kuolleita bakteereita. Kasvaakseen ja lisääntyäkseen ne tarvitsevat hapen ja ravinnon lisäksi typpeä ja fosforia, joita jätevedessä onkin runsaasti. Mikrobit muuttavat jätevedessä olevat liuenneet epäpuhtaudet pääasiassa mikrobeiksi, hiilidioksidiksi ja vedeksi. Mikrobien määrän kasvaessa ja ravinteiden määrän koko ajan vähetessä, mikrobit nälkiintyvät. (Metcalf & Eddy, 2003) Kaava 5 on esitetty yleisellä tasolla, mitä aktiivilietteessä tapahtuu (Sherrard & Schroeder, 1976).

Kaava 5

bakteerit + orgaaniset aineet + ravinteet + happi →

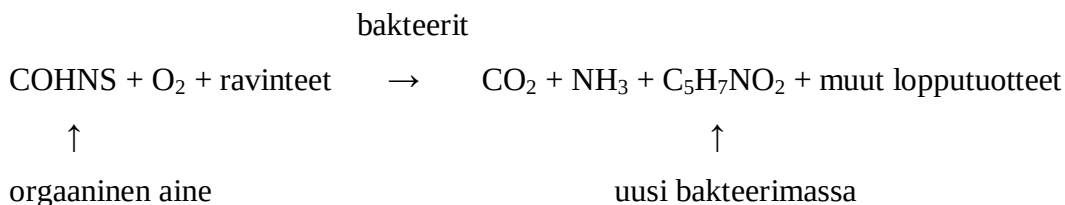
uudet bakteerit + CO₂ + H₂O + jäljelle jäävät orgaaniset ja epäorgaaniset aineet

Jätevesi, joka sisältää tässä vaiheessa enemmän mikrobeja ja huomattavasti vähemmän liuenneita aineita kuin ennen aktiivilieteprosessin alkua, johdetaan laskeutusaltaaseen. Altaassa hapetusvaiheessa syntyneet mikrobiflokkit laskeutuvat altaanpohjalle, ja päällä oleva puhdistettu vesi johdetaan eteenpäin. (Bitton, 2005) (Karttunen, 2004)

Orgaanisen aineksen poisto

Mikrobit muuttavat jäteveteen liuenneen ja kolloidisena olevan orgaanisen aineen bakteerimassaksi ja muiksi tuotteiksi (Kaava 6).

Kaava 6



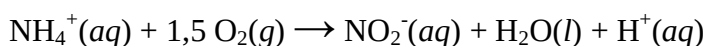
Koska bakteerit ovat huomattavasti suurempia kuin orgaaninen aines, ne laskeutuvat huomattavasti nopeammin. Tämä mahdollistaa niiden laskeutumisen lyhyehkössä ajassa ja sitä kautta lietteen erottamisen puhdistetusta vedestä ja keräämisen talteen. (Karttunen, 2004)

Typenpoisto

Typen poisto on tärkeää, koska vesistöjen rehevöityminen johtuu veden liian suuresta ravintoaineiden pitoisuudesta eli liiasta fosforin ja typen määrästä vesistössä. Merialueilla juuri typpi on yleensä levien kasvua rajoittava tekijä. Siksi typen poistaminen jätevedestä on erittäin tärkeää rehevöitymisen ja happikadon estämiseksi. Jätevedessä typpi on yleisimmin ammoniakkinä (NH_3), ammoniumioneina (NH_4^+), typpikaasuna (N_2), nitriitti- (NO_2^-) ja nitraatti-ioneina (NO_3^-). (Zhang, et al., 2009) & (Metcalf & Eddy, 2003)

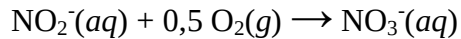
Typenpoisto on kaksivaiheinen biologinen prosessi. Nitrifikaatiovaiheessa tapahtuu nitrifikaatio eli ammoniumtypen (NH_4^+) hapettuminen nitriitiksi (NO_2^-) ja siitä edelleen nitraatiksi (NO_3^-). Ensin nitrifikaatiobakteerit, lähinnä *Nitrosomonas* -bakteerit, hapettavat ammoniumtypen nitriitiksi (Kaava 7). Muita nitrifikaatiota katalysoimaan kykeneviä bakteerisukuja ovat *Nitrosococcus*, *Nitrosolobus*, *Nitrospira* ja *Nitrosovibro*.

Kaava 7



Sitten *Nitrobacter*-, *Nitrococcus*- ja *Nitrospira* -sukujen bakteerit hapettavat nitriitin nitraatiksi (Kaava 8). (Szatkowska, 2007)

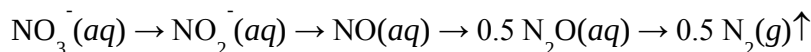
Kaava 8



Nitrifikaatiobakteereihin vaikuttavat pH, lämpötila sekä hapen- ja ammoniumtypen pitoisuus. Lisäksi siihen vaikuttaa aktiivilieteprosessissa olevan lietteen ikä. Nitrifikaatiobakteerit kasvavat parhaiten noin 20°C lämpötilassa. Lämpötilan laskeminen pysyvästi yhdellä celsiusasteella aiheuttaa aktiivilieteprosessin hidastumisen noin 10 prosentilla. (Wanner, et al., 2005; Metcalf & Eddy, 2003)

Denitrifikaatiovaiheessa mikrobit pelkistävät nitraatin alkuainetyypeksi. Denitrifikaatio tapahtuu aina hapettomissa oloissa. Denitrifioimaan pystyviä bakteerisukuja on useita. Ne ovat kaikki heterotrofisia ja ottavat kasvuun tarvitsemansa hiilen ympärillään olevasta orgaanisesta aineesta. Jos orgaanista ainetta ei ole riittävästi saatavilla tai se on kulunut jo nitrifikaatiovaiheessa, voidaan veteen lisätä metanolia hiilenlähteeksi. Pelkistymisen tapahtuu useassa vaiheessa (Kaava 9). (Karttunen, 2004; Szatkowska, 2007)

Kaava 9



Biologinen prosessi on usein taloudellinen valinta ammoniumtypen poistoon jätevedenpuhdistuksessa. Sen ongelmana on hiilen riittämättömyys ja siitä johtuva tehottomuus suurten ammoniumtyypikonsentraatioiden poistossa. (Zhang, et al., 2009)

Biologinen fosforin poisto

Kemiallisen saostamisen lisäksi fosforin poistoon voidaan käyttää myös biologisia prosesseja. Solut käyttävät fosforia normaaliin aineenvaihduntaansa. Fosforia on esimerkiksi nukleiinihapoissa (DNA, RNA) ja solukalvoissa (fosfolipidejä). Lisäksi tietyt mikrobit pystyvät varastoimaan sisälleen fosforia polyfosfaattina. Prosessin aikana mikrobit saatetaan vuorotellen hapettomiin ja hapellisiin oloihin, jolloin soluun kertyy

polyfosfaattia enemmän kuin solut tarvitsevat sitä kasvamiseen. Lopulta mikrobeihin sitoutunut fosfori poistetaan ylijäämälietteen mukana. (Jardin & Pöpel, 1996; Karttunen, 2004)

Polyfosfaatin varastointiin kykenevät mikrobit tuottavat energiaa myös hapettomissa olosuhteissa. Kun niihin varastoitunut polyfosfaatti liukenee veteen, niiden käyttöön vapautuu energiaa. Energia käytetään vedessä olevien rasvahappojen saamiseksi mikrobin solujen käyttöön. Kun mikrobi pääsee hapellisiin olosuhteisiin, se pystyy käyttämään sisällään valmiiksi olevia rasvahappoja solujen kasvuun. Rasvahappojen hydrolysoitumisesta vapautuva energia käytetään liuenneen fosfaatin sitomiseksi solun sisään polyfosfaatiksi. Hapellisessa vaiheessa soluihin sitoutuu enemmän fosforia kuin sitä hapettomissa olosuhteissa on vapautunut. Tällä tavoin mikrobien fosforipitoisuus voi nousta normaalista 1–2 prosentista jopa 5 prosenttiin.. (Karttunen, 2004)

3.1.8 Jälkiselkeytyks

Aktiivilieteprosessin jälkeen vesi johdetaan selkeytysaltaaseen, jossa mikrobeja sisältävä liete ja kemiallisessa prosessissa muodostunut sakka vajoaa pohjalle ja pinnalle jäävä, tässä vaiheessa jo melko kirkas, vesi johdetaan altaasta eteenpäin. Osassa jätevedenpuhdistamoista vesi johdetaan tässä vaiheessa jälkikäsittelyyn esimerkiksi biologiseen suodatuksen tehostamiseksi. Toisista puhdistamoista vesi johdetaan tässä vaiheessa suoraan purkuvesistöön. (Karttunen, 2004)

Jälkiselkeytyksessä tärkeää on pitää veden virtaama riittävän pienenä suhteessa altaan kokoon, jotta laskeutuminen ehtii tapahtua riittävässä määrin. Myös esimerkiksi yhden asteen lämpötilaero voi häiritä laskeutusta, koska se aiheuttaa tulevan veden ja altaassa olevan veden tiheyksiin liian suuren eron. Rankkasateet voivat aiheuttaa vedenpuhdistamolle tulevan jäteveden määrän suuren kasvun, jolloin laitoksella voi tapahtua ylivuotoja. Ne aiheuttavat altaaseen suuren virtaaman ja pahimmassa tapauksessa sekoittavat jo laskeutuneen lietteen veteen, jolloin se pääsee kulkeutumaan vesistöön. (Karttunen, 2004)

Laskeutunut, altaan pohjalle tiivistynyt liete kerätään talteen. Siitä suurin osa palautetaan ilmastus- ja esi-ilmastusaltaihin huolehtimaan uuden jätevesierän puhdistamisesta. Ylimääräinen liete poistetaan ja siirretään jatkokäsittelyyn.

3.1.9 Lietteen käsittely

Lietteen käsittelyn päätavoitteena voidaan pitää lietteen saamista hygieenisesti vaarattomaksi ja saada liete sijoitettua eteenpäin. Lietteen käsittely on monimutkainen prosessi. Tässä esitellään siitä vain pääperiaate, koska se ei varsinaisesti enää ole jätevedenpuhdistusta. Liete johdetaan anaerobiseen mädätysprosessiin, jossa siitä tuotetaan biokaasua (lähinnä metaania), jota käytetään puhdistamojen sähköntuotantoon ja mädättämöiden lämmittämiseen. Mädättämisen jälkeen liete kuivataan ja jatkojalostetaan esimerkiksi multatuotteiksi. (Karttunen, 2004)

3.2 Kemian opetuksen teoria

Tässä luvussa esitellään opetusmateriaalin kannalta tärkeitä kemian opetuksen teorioita. Luvussa 3.2.1 kerrotaan kiinnostuksen käsitteestä, kiinnostuksen kehittymisen neljän vaiheen mallista ja kiinnostuksenherättämistä ja tukemista käsittelevistä tutkimuksista. Luvussa 3.2.2 kerrotaan ympäristökasvatuksesta. Luku 3.2.3 käsittelee kontekstuaalisuutta luonnontieteiden opetuksessa ja STSE-lähestymistapaa kontekstuaalisuuden muotona. Luku 3.2.4 esittelee ongelmalähtöistä opetusta, jota käytetään opetusmenetelmänä tutkimuksessa.

3.2.1 Kiinnostus

Kiinnostus on moniulotteinen käsite. Se voidaan nähdä psykologisena tilana, joka liittyy tunteisiin, on sinnikästä ja jossa huomio keskittyy ja kognitiivinen toiminta lisääntyy (Hidi, 2000). Kiinnostuksella on aina kohde, joka voi olla esimerkiksi asia, aktiviteetti, tieteen kenttä tai tavoite (Gardner, 1996). Kiinnostus ja asenne luokitellaan osassa tutkimuksista esimerkiksi (Schreiner, 2006) synonyymeiksi, mutta tässä tutkimuksessa nähdään, kuten

Osborne et al. (2003) asenne yläkäsitteenä ja kiinnostus sen erityisenä muotona, jolle on tunnusomaista tietty kohde. Kiinnostusta ja sen vaikutusta luonnontieteiden oppimiseen on tutkittu paljon ja siitä on kirjoitettu useita review-artikkeleita esimerkiksi Krappin ja Prenzelin (2011) ja Hidi ja Rennigerin (2010) tutkimukset.

Useissa tutkimuksissa on huomattu että oppijan kiinnostuksella on voimakas vaikutus oppimiseen. Erityisesti kiinnostus vaikuttaa huomioon, tavoitteisiin ja oppimisen tasoon. Yksilöiden ja oppilasryhmien kiinnostuksien välillä on löydetty huomattavia eroja yksittäisen aineen aiheisiin tai aihepiireihin (Krapp & Prenzel, 2011; Lavonen, et al., 2008). Toisaalta kiinnostuksen voi myös usein herättää joku ulkoinen tekijä, esimerkiksi opettaja voi vaikuttaa oppilaan kiinnostuksen heräämiseen. (Hidi & Renninger, 2010) Jotta luonnontieteiden opiskelusta saadaan tehtyä houkuttelevampaa, on tärkeää ymmärtää kuinka kiinnostus luonnontieteisiin syntyy (Ainley & Ainley, 2011).

Hidi ja Renniger (2010) esittelevät tutkimuksessaan neljän vaiheen mallin kiinnostuksen kehittymisestä. Malli on kehitetty empiirisin tutkimuksin kiinnostuksesta ja oppimisesta. Ensimmäinen vaihe on heräävä tilannekohtainen kiinnostus. Jos sitä ylläpidetään, voi ensimmäinen vaihe kehittyä toiseksi vaiheeksi, joka on ylläpidetty tilannekohtainen kiinnostus. Toinen vaihe voi johtaa kolmanteen vaiheeseen eli orastavaan (muotoutuvaan) henkilökohtaiseen kiinnostukseen. Neljäs vaihe on hyvin kehittynyt henkilökohtainen kiinnostus. Kiinnostuksen aste voi kasvaa muiden ihmisten tuella tai, kun henkilö näkee sopivia haasteita tai mahdollisuuksia. Jos kiinnostusta ei ylläpidetä, se saattaa taantua tai kadota kokonaan.

Ensimmäiset kiinnostuksen vaiheet voidaan saavuttaa positiivisilla tuntemuksilla ja huomion kohdistamisella. Esimerkiksi ympäristössä tai tekstissä esiintyvä erikoispiirre, kuten: ristiriitainen, yllättävä tieto, henkilön tunnistaminen tai henkilökohtainen merkityksellisyys, voi synnyttää heräävän tilannekohtaisen kiinnostuksen. Myös ohjaavilla olosuhteilla tai oppimisympäristöllä joka sisältää ryhmätöitä, ongelmia, tietokoneen ja niin edelleen, voidaan auttaa synnyttämään heräävä tilannekohtainen kiinnostus. Kun sitä pidetään yllä läpi merkityksellisten tehtävien ja / tai henkilökohtaisen osallistumisen aktiviteetteihin, kuten projektitöihin ja yhteistoiminnallisiin ryhmätöihin voidaan saada aikaan kehittyvä tilannekohtainen kiinnostus. (Hidi & Renninger, 2010)

Oppilaan luonnontieteiden kiinnostuksen aste ja kiinnostuksen kehittymisen suunta riippuvat voimakkaasti toisaalta oppitunnin aiheen houkuttelevuudesta ja toisaalta siitä, kuinka luonnontieteellistä tietoa opetetaan ja esitetään (Krapp & Prenzel, 2011). Ainley ja Ainley (2011) huomasivat tutkimuksessaan kaksi asiaa, joiden tulee näkyä opetusohjelmassa, jotta oppilaiden kiinnostus luonnontieteisiin tulee vahvemmaksi. Ensimmäinen asia on että opetusohjelmassa näkyy sen tärkeys, että oppilaat nauttivat tekemästään. Toinen asia on että opetus ohjelmassa näkyy oppilaiden huomioiminen yksilöinä. Samassa tutkimuksessa huomattiin myös, että vaikka opiskelijaa kiinnostaisi aihe ja hän kokisi iloa sen tutkimisesta niin ilman vahvaa tietopohjaa hän ei pääse yhtä syvälliseen tietojen etsimiseen tai hallintaan kuin ne oppilaat joiden tietopohja on valmiiksi vahvempi. Toisaalta jos oppilaalla on vahva tietopohja, niin se lisää opiskelusta saatavaa iloa. (Ainley & Ainley, 2011)

Oppilaat kokevat oppikirjat usein tylsiksi. Kiinnostuksen lisäämiseksi usein käytetty tekniikka on lisätä kirjoihin houkuttelevia yksityiskohtia, jotka ovat oppilaista erittäin kiinnostavia ja viihdyttäviä, mutta joiden välittämä tieto vain sivuaa aihetta ja on epäolennainen suhteessa kirjoittajan tarkoittamaan teemaan. Näiden kiinnostavien mutta aiheen kannalta epäolennaisten tarinoiden on tutkittu vähentävän tärkeiden asioiden oppimista. Vaihtoehtoina on käyttää houkuttelevaa tietoa vain johdannossa, jonka jälkeen lukija prosessoi tärkeää materiaalia tai yksinkertaisesti jättää houkuttelevat, mutta epäolennaiset tiedot pois. (Harp & Mayer, 1998)

Fysiikka ja kemia ovat oppiaineita, joista pojat usein ovat kiinnostuneempia kuin tytöt. Peruskoulussa luonnontiedeaineet ja aihepiirit ovat hyvin suosittuja. Ajan kuluessa monet opiskelijat menettävät kiinnostuksensa luonnontieteisiin. Lukiossa ja yläkoulussa suuri osa oppilaista kokee kemian ja fysiikan vaikeina aineina, mikä aiheuttaa sen, että ne ovat melko epäsuosittuja ja niitä harvoin valitaan suosikkioppiaineiksi. (Krapp & Prenzel, 2011)

Oppilaiden kiinnostuksen kohteet vaihtelevat suuresti. Vähiten oppilaita kiinnostavat tekniset kohteet, joista kuitenkin informaatioteknologiaan liittyvät laitteet kiinnostavat. Ympäristökontekstista jotkut sisällöt kuten puhdas ilma, turvallinen juomavesi ja energian säästäminen kiinnostavat oppilaita, kun taas toiset sisällöt eivät kiinnosta. Sisällöt, jotka ovat konkreettisia ja lähellä ihmiskehoa ovat oppilaista kiinnostavampia kuin abstraktit asiat. (Lavonen, et al., 2008)

Luonnontieteisiin liittyvät ympäristökysymykset ovat integroitavissa koulufysiikkaan, -kemiaan, -biologiaan ja -maantietoon. Ympäristökysymykset ovat liitettävissä oppilaan arkielämän ja lähiympäristön, jolloin kemian, fysiikan ja ympäristöekologian opiskelu tulee kiinnostavammaksi. Oppilaiden on tärkeää tietää, kuinka yhteiskunta hyödyntää asiantuntijoiden tietämystä ja kuinka yksilö voi edesauttaa haluamaansa kehitystä yksilönä ja yhteiskunnallisesti. (Lavonen, et al., 2008)

3.2.2 Ympäristökasvatus

Ympäristöasiat ovat nuorille tuttuja ja kiinnostavat heitä, siksi aihe herättää luokassa usein keskustelua. Oppilaat saavat peruskoulun vuosiluokilla 7-9 paljon perusympäristötietoa. Asioista puhutaan koulussa ja kotona ja lisäksi oppilaat saavat tietoa joukkoviestimistä. Oppilaiden tärkeimmät tiedonlähteet ympäristöasioissa ovat tiedotusvälineet ja luonnontieteiden opettajat. Suurin osa oppilaista luottaa hieman enemmän tietoon, jonka saa televisiosta kuin luonnontieteiden opettajilta. (Taskinen, 2008)

Koska televisiolla, radiolla ja sanomalehdillä on keskeinen osa oppilaiden tietolähteinä, opettajien olisi myös entistä enemmän kiinnitettävä huomiota oppilaiden lukutaidon ja erityisesti medialukutaidon kohottamiseen. Jos opetuksen tavoitteena on ympäristölukutaitoinen ihminen, on ympäristömyönteisten asenteiden ja ympäristöopetuksen pedagogiikan kehittäminen tärkeää. Opettajien tulisi tarjota oppilaille mahdollisuuksia positiivisten ympäristöasenteiden kehittämiseen johdonmukaisella ja järjestelmällisellä tavalla. (Asunta, 2003)

Asunta (2003) huomasi tutkimuksessaan että oppilaiden asenteet kemian opiskelua, kemiaa ja kemianteollisuutta kohtaan olivat viidessä vuodessa tulleet selvästi negatiivisemmiksi. Tiedotusvälineet kiinnittävät enemmän huomiota ympäristöongelmiin ja -katastrofeihin ja niiden yhdistämiseen kemiaan kuin kemian myönteisiin saavutuksiin. Opettajien olisikin tärkeä tuoda esille ympäristöasioissa tapahtuneita positiivisia muutoksia ja kemian osuutta niihin, jotta oppilaiden asenteet muuttuisivat positiivisemmiksi. (Asunta, 2003)

Kemian opettajat kokevat tekevänsä työssään ympäristökasvatusta. Nykyisellä tasolla ympäristökemian opetus jää yleiselle tasolle ja siten kauas oppilaiden arjesta. Toisaalta se,

että ympäristökemiaa opetetaan eri aiheiden osana, oli osan opettajista mielestä hyvä sillä se monipuolistaa niiden käsittelyä. Keskeisiä ympäristökemian sisältöjä opettajien mielestä on happamoituminen, kierrätys, ilmastonmuutos, ongelmajätteet, säästäminen, kemikaalien käsittely ja vesitalous. Vesitalousteema sisältää haastatteluissa esiin nousseet vedenpuhdistuksen, jätevedenpuhdistuksen sekä tekopohjaveden valmistuksen. (Taskinen, 2008)

3.2.3 Kontekstuaalisuus ja STSE-opetus

Sanana kontekstuaalisuus tarkoittaa asiayhteyttä, ja kemian opetuksessa se tarkoittaa opetuksen sitomista esimerkiksi arkielämään tai elinympäristöön. Konteksti mahdollistaa oppilaita näkemään oppimiensa asioiden merkityksen ja mahdollisuudet. Sen avulla uusi asia voidaan sitoa aiemmin opittuun, kiinnostukseen, ideoihin ja oppilaiden arkeen. Kontekstuaalista opetusta suunniteltaessa on tärkeä ottaa huomioon ja yhdistää toisiinsa kontekstin kolme merkitystä. Se voidaan nähdä asiasisältönä, oppimissimulaationa tai kehyksenä sitoa tiedon ja taitojen kehitys niiden käyttämiseen. (Parchmann, et al., 2007)

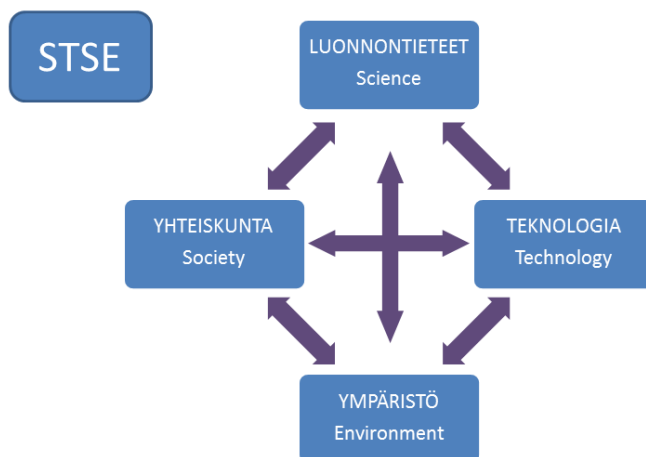
Gilbertin (2007) mukaan kontekstuaalisuus voi olla vastaus kemian opetuksen haasteisiin eli siihen, että kemia ei kiinnosta nuoria ja että kemian käsitteet jäävät helposti irrallisiksi ja unohtuvat. Useiden tutkimusten perusteella kontekstuaalinen opetus ja oppimateriaalit lisäävät oppilaiden kiinnostusta luonnontieteisiin ja kemiaan (Parchmann, et al., 2007; Bennet, 2003). Parchmannin et al. (2007) tutkimuksessa havaittiin myös, että kontekstuaaliseen opetukseen osallistuneiden oppilaiden motivaatio kemianopiskelua kohtaan ei vähentynyt niin paljon kuin perinteisessä opetuksessa. Kuitenkaan kiinnostus ja tyytyväisyys kontekstipohjaisia oppitunteja kohtaan eivät vaikuta siihen, kuinka paljon oppilaat jatkossa valitsevat luonnontieteitä. (Bennet, 2003)

Bennetin (2003) tutkimuksen mukaan kontekstipohjaiset materiaalit auttoivat oppilaita näkemään selvemmin yhteyden opiskelemiensa luonnontieteiden ja arkielämän välillä. Kontekstuaalinen opetus ei vaikuta luonnontieteiden käsitteiden oppimiseen ainakaan negatiivisesti (Parchmann, et al., 2007; Bennet, 2003). Teoreettisen tai vaikean asian soveltaminen aidoissa tai aidon kaltaisissa tilanteissa parantaa opitun siirtovaikutusta uusiin tilanteisiin, siten kontekstuaalisuus myös edistää oppimista ja korkeamman asteen

ajattelun taitojen kehittymistä, mikä on tärkeää elinikäisen oppimisen kannalta. (Nevgi & Juntunen, 2005)

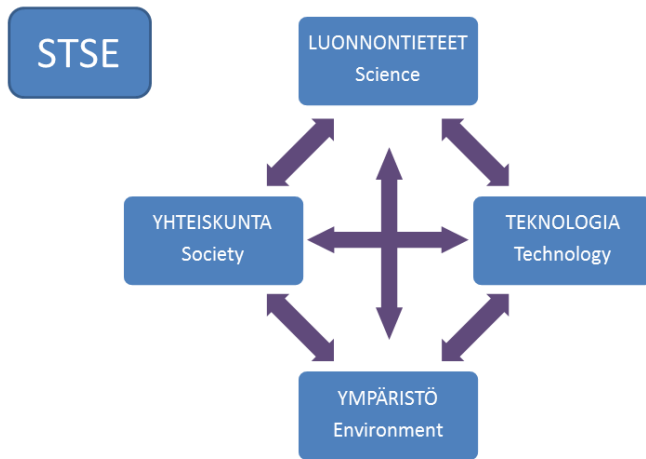
Gilbert (2007) esitti tutkimuksessaan että ideaalinen kontekstiperusteinen opetussuunnitelma pohjautuu malliin, jossa konteksti nähdään yhteiskunnallisena seikkana. Tässä näkökulmasta ajatellen, kontekstin yhteiskunnallinen ulottuvuus on välttämätön. Konteksti sijoittuu yhteiskunnan kulttuurilliseen kokonaisuuteen. Se liittyy aiheisiin ja aktiviteetteihin, jotka ovat tärkeitä yhteisössä yhteiskunnan sisällä.

Eräs vaihtoehto kontekstuaalisuuden tuomiseksi luokkahuoneisiin on Science-Technology-Society-Environment-opetus (STSE-opetus suomeksi luonnontieteet-teknologia-yhteiskunta-ympäristö). STSE -opetus on sateenvarjotermi, joka pitää sisällään laajan kirjon erityyppisiä teorioita luonnontieteiden, teknologian, yhteiskunnan ja ympäristön välisistä yhteyksistä, jota kuvataan alla (



Kuva 5). STSE on nykyisin maailmanlaajuisesti keskeinen teema luonnontieteiden opetussuunnitelmien muutoksissa. (Pedretti & Nazir, 2011, p. 603)

Suurin osa oppilaista ei kiinnostu kemiasta, koska kurseja ei opeteta houkuttelevalla tavalla, jolloin heidän asenteensa sitä kohtaan ei ole positiivinen. Oppilaiden kokemus siitä, että opittavilla asioilla ei ole yhteyttä reaali maailmaan, vähentää kiinnostusta opitunnilla ja tuhoaa sillan opiskelijan ja luonnontieteen opetuksen välillä. Kun oppilaat STSE-opetuksen avulla näkivät yhteyden reaali maailman ja opittavan asian välillä, heidän huomionsa opituntiin kasvoi. (Yörük, et al., 2010)



Kuva 5: STSE-opetuksen elementit ja yhteydet niiden välillä

STSE-näkökulma tarjoaa mahdollisuuden rikastuttaa luonnontieteiden opetusta ja oppimista. STSE kehittää ymmärrystä monimutkaisista yhteyksistä luonnontieteiden, teknologian, yhteiskunnan ja ympäristön välillä. Tämä kuvaus pitää sisällään mahdollisuuden keskustella yhteiskunnallisista luonnontieteisiin liittyvistä kysymyksistä, esimerkiksi vedenpuhdistuksesta. (Pedretti & Nazir, 2011)

Pedretti ja Nazir katsausartikkelissaan STSE-opetuksesta 40 vuoden ajalta (2011) pitävät erityisen tärkeänä sitä, että kouluissa jatketaan STSE-opetusta. STSE motivoi oppilaita, inhimillistaa tiedettä, mahdollistaa luonnontieteellisen tiedon käyttämisen päätösten teossa, vaikka tieto olisi heidän ennakkotietojaan tai uskomuksiaan vastaan. On tärkeää että luonnontieteiden opetus on muutakin kuin käsitteiden opettelua. STSE antaa opiskelijoille mahdollisuuden oppia, nähdä ja analysoida luonnontieteitä luokkahuonetta laajemmassa kontekstissa.

Luonnontieteiden tunneilla tulisi käsitellä teknologian kehittymistä, jotta oppilaat ymmärtäisivät sen merkityksen jokapäiväiseen elämään. Silloin oppilaat voisivat nähdä tieteen tärkeyden ja onnistumiset ja positiivisen asenteen omaksuminen tieteeseen olisi mahdollista. STSE-kasvatuksen avulla oppilaat huomaavat tieteen ja teknologian vaikutuksen yhteiskunnan toimintaan. Lisäksi ymmärtämällä, että luonnontieteiden, teknologian, yhteiskunnan ja ympäristön välissä on suhde, opiskelijat voivat havaita vuorovaikutuksen näiden neljän keskuudessa. (Yörük, et al., 2010) STSE-opetus siis asettaa luonnontieteet laajempaan sosiokulttuurilliseen kontekstiin ja sisällyttää luonnontieteiden opetukseen kestäväkehityksen, päätöksen teon, arvojen kytkemisen, yhteiskunnallisen vastuun ja politiikan. (Pedretti, 2005)

Vaikka STSE-opetus motivoi oppilaita ja syventää oppimista, sen järjestäminen koetaan hankalana. Sen suunnitteluun ja valmisteluun kuluu paljon aikaa ja lisäksi opetukseenkin kuluu enemmän aikaa kuin perinteiseen opetukseen. Vaikka opettajaopiskelijat suhtautuvat motivoituneesti STSE-opetukseen ja luottavat sen vaikutuksiin oppilaiden motivoimisessa, he eivät kuitenkaan usko opettavansa STSE-näkökulmasta ensimmäisinä opetusvuosinaan. Tätä paradoksaalisuutta selittää opiskelijoiden henkinen paine ja käytännön ongelma sovittaa yhteen monia opettajuuteen liittyviä asioita. Opettajaopiskelijat tietävät, että uuden opettajan on tärkeä kuulua opettajayhteisöön, jossa voi saada tukea kokeneemmilta opettajilta, mutta kokevat että STSE-opetusta ei luultavasti ymmärrettäisi kentällä. Heitä

huolestuttaa että kaikkia opetussuunnitelman määäämiä asioita ei ehdi opettaa. Lisäksi opettajaopiskelijoita huolettää, että heidän asiantuntemuksensa yhteiskunnallisista asioista, teknologiasta ja ympäristöstä ei riitä opettamiseen STSE-näkökulmasta tai heidän oma ajatusmaailmansa ja asenteensa vaikuttavat oppilaisiin. (Pedretti, et al., 2008, pp. 941-953)

3.2.4 Ongelmalähtöinen opetus

Ongelmalähtöinen oppiminen (PBL, englanniksi Problem Based Learning) on yhteisöllistä ongelmanratkaisua, jossa pelkän teoreettisen asioihin tutustumisen sijaan pyritään löytämään opiskeltavaan asiaan käytännön ratkaisuja. Ongelmalähtöinen opetus on tapa lähestyä opetuksen tavoitteita vaatimalla oppijaa kytkemään ongelmat käytäntöön, mikä toimii oppimisärsykkeenä (Kelly & Finlayson, 2009). Parhaimmillaan PBL tarjoaa kontekstuaalisen, yhteistyöhön perustuvan, konstruktivisen oppimisympäristön, jossa voidaan ratkoa käytännön ongelmia (Moust, et al., 2005). (Rautiainen, 2012)

Ongelmalähtöisen oppimisen juuret ovat 1960-luvun Yhdysvalloissa terveystieteiden opetuksessa (Boud & G, 1997). Se otettiin käyttöön useissa lääketieteellisissä oppilaitoksissa Pohjois-Amerikassa ja Euroopassa 1980- ja 1990- lukujen aikana. Sitä käytetään nykyisin paljon esimerkiksi lääketieteen opetuksessa. Ongelmalähtöisen oppimisen on todettu olevan tehokas tapa motivoida opiskelijoita ja lisätä kemian kiinnostavuutta. Lisäksi se parantaa kemian esitystaitoja ja kehittää ryhmätyötaitoja. (Rautiainen, 2012)

Ongelmalähtöinen opetus on esimerkki aktiivisesta metodista, joka vaatii opiskelijaa esittämään kysymyksiä, pohtimaan ja spekuloidaan, rakentamaan ratkaisuja ja käyttämään korkeamman tason ajattelutaitoja. Ongelmalähtöinen opetus saa siis suuremman osan opiskelijoista tekemään sitä, mitä akateemisesti ajattelevat tekevät spontaanisti. (Biggs, 1999) Ongelmalähtöisessä oppimisessä ei siis vain oteta välitettyä tietoa vastaan, vaan pyritään etsimään tietoa, arvioimaan sen paikkansapitävyyttä sekä yritetään ymmärtää, miksi jotain tietoa pidetään pätevänä. PBL:n tarkoitus on tukea opiskelijaa kohti kriittistä ajattelua, jolloin hän myös osaa toimia uuden hankitun tiedon valossa. Valtasen (2005) mukaan dialogi, yhteistyö, avoimuus ja erilaisten näkemysten sietäminen ovat keskeisiä tavoitteita ongelmalähtöisessä oppimisessä. Hänen mukaansa PBL:ssa ongelmat pitää

nähdä positiivisina ja hämmentävinä elämään keskeisesti kuuluvina ilmiönä, joista tietoa rakennetaan.

Ongelmalähtöisen opetuksen onnistumiseksi on ensiarvoisen tärkeää ymmärtää, että ongelma tai virike on oppimisen lähtökohta ja ydin. Toiminta alkaa aina ongelmasta. PBL-opetusta ei edellä johdantoluento opittavasta asiasta vaan tieto rakennetaan yhteistyössä kysymällä ongelmasta ja pohtimalla sitä ja mahdollisia ratkaisuja siihen. Ymmärrystä ongelmaan rakennetaan tiettyjä vaiheita seuraten jakamalla muulle ryhmälle oma tietämys aiheesta sekä tarve lisätiedolle. (Valtanen, 2005)

Yhteisöllinen oppiminen edistää hyvää oppimista. Ryhmässä opitaan aktiivisesti vuorovaikutuksessa toisten kanssa niin keskustellen, tietoja ja ajatuksia jakaen, perustellen, arvioiden opittua kuin hyötyen toisten erilaisista näkökulmista. (Nevgi & Rouvinen, 2005) Duffyn ja Jonassenin (1992) mukaan mielekäs oppiminen edellyttää, että opiskelija voi kokea ratkovansa ongelmia tai tutkivansa asioita, jotka ovat hänelle itselleen hänen omassa elämäntilanteessaan merkityksellisiä ja todellisia.

Kellyn ja Finlaysonin (2009) tutkimuksessa verrattiin perinteisesti opiskelevien ryhmää PBL-ryhmään. Tutkimuksessa huomattiin, että opiskelijat kokivat oppivansa ja nauttivansa enemmän ongelmalähtöisestä laboratoriotyöskentelystä kuin perinteisestä. Lukuvuoden jälkeen heillä myös oli hyvin positiivinen asenne PBL-lähestymistapaa kohtaan. Myös heidän asenteensa ylipäänsä laboratoriotöitä kohtaan parani. Tutkimuksessa PBL-opetuksen suurimmaksi haasteeksi koettiin, jos laboratorioon tuli opiskelija, joka ei ollut etukäteen valmistautunut töihin. Silloin työskentely ei päässyt alkuun, eikä hän osannut toimia laboratoriossa. Kelly ja Finlayson ehdottivat, että ennen laboratoriotöitä opetukseen kannattaa sisällyttää valmisteleva elementti, jossa käsitellään tärkeimpiä käsitteitä, mahdollisesti tärkeimpiä tekniikoita ja myös sitä miten ongelman ratkaisua voi suunnitella. (Kelly & Finlayson, 2009) Saveryn (2006) mukaan ongelmalähtöisessä opetuksessa on tärkeää, että oppilas ymmärtää olevansa vastuussa omasta oppimisestaan. Oppilaan aktiivinen rooli tiedonhankkijana korostuu ongelmalähtöisessä oppimisessä. Merkityksellistä PBL:ssa ovat omakohtaiset kokemukset ja yhteys havaintojen ja oppimisen välillä, ja ne on tärkeää jakaa myös ryhmän kanssa. Erityisen tärkeää on ryhmän sisäinen vuorovaikutus ja yhteistoiminnallisuus ja yhteisesti määritellyt oppimistarpeet. (Rautiainen, 2012)

Savery (2006) löysi metatutkimuksessaan seuraavat kolme tärkeää piirrettä, jotka tarvitaan kuvaamaan PBL:n luonnetta. Ensimmäiseksi opettaja toimii ennemminkin oppimisen ohjaajana ja helpottajana kuin perinteisessä opettajaroolissa. Toiseksi oppilaat ovat itse vastuussa omasta oppimisestaan, ja se vaatii heiltä itseohjautuvuutta ja itsesääätelyä. Kolmanneksi on välttämätöntä, että tutkimuksen tekoa ohjaa suunniteltu mutta avoin ja strukturoimaton ongelma.

Ryhmän onnistumiselle ongelmalähtöisessä oppimisessä luo pohjan jokaisen opiskelijan aktiivinen osallistuminen. Aktiivinen osallistuminen tarkoittaa, että opiskelija tuo oman osaamisensa ja ideansa ryhmän yhteiseen käyttöön ja kommentoi muiden ideoita, ei vain kuuntele aktiivisesti muita. (Lindblom-Ylänne, et al., 2003) Sopiva ryhmä koko ongelmalähtöiseen opetukseen vaihtelee ongelman luonteesta riippuen. Pienessä ryhmässä jokainen ryhmän jäsen saa äänensä kuuluviin, mikä voi isossa ryhmässä olla vaikeaa. Toisaalta suuremmalla joukolla on todennäköisesti laajemmat ennakkotiedot ja ideoita syntyy enemmän. (Rautiainen, 2012) Lindblom-Ylänne et al. (2003) tutkimuksen mukaan opiskelijoiden arvosanoihin ei kuitenkaan vaikuttanut ryhmän koko tai opiskelijan oma aktiivisuus ryhmässä vaan se kuinka aktiivista keskustelua koko ryhmä kävi. Oppimistuloksia siis edistää ryhmän jäsenten yhtäläinen keskusteluaktiivisuus, ja hyvä motivaatio.

Ryhmien välillä on eroa itsesäätelyn taidoissa ja kommunikointiongelmien selvittämisessä. Opettajan on tärkeä ohjata ja tukea ryhmää ja sen jäsenten aktiivista osallistumista varsinkin työskentelyn alussa, sillä säännöt, roolit ja ryhmän käytännöt muodostuvat ensimmäisellä tapaamiskerralla. Tarvittaessa opettajan on hyvä osallistua yhteisistä menettelytavoista sopimiseen. Ryhmän hyvään menestykseen vaikuttaa jos ryhmästä löytyy oppilas, joka osaa johtaa taitavasti ryhmäkeskusteluja. (Lindblom-Ylänne, et al., 2003; Rautiainen, 2012)

Ongelma-lähtöisessä opetuksessa oppimisprosessi lähtee liikkeelle tosielämään liittyvästä ongelmasta eli virikkeestä, jonka ratkaiseminen ei onnistu pelkästään aiemman tiedon pohjalta. (Abrandt Dahlgren & Öberg, 2001; Rautiainen, 2012). Virikkeen tulee olla oppijalle myös reaali maailmassa merkitsevä ja sen esittämistavassa on pidettävä huoli siitä, ettei se vähennä tunnetta aitoudesta, todellisuudesta ja merkityksellisyydestä. Se ei myöskään saa olla strukturoitu ja yksinkertainen. Sen täytyy mahdollistaa vapaa

tutkiminen ja opettaa kuinka tunnistaa ja löytää ongelma. (Valtanen, 2005; Savery, 2006) Ongelmalähtöinen opetus myös päättyy virikkeeseen, sillä oppimisprosessin lopuksi palataan analysoimaan millaisia vastauksia virikkeestä löydettyyn ongelmaan on löytynyt (Savery, 2006).

Dolmans & Snellen-Balendong (1997) esittävät tutkimuksessaan seitsemän periaatetta tehokkaan virikkeen suunnitteluun:

1. Oppijoiden aiemman tietämykseen tulee sopia virikkeen sisältöön.
2. Virikkeen tulee sisältää useita vihjeitä, jotka stimuloivat opiskelijoita kehittämään ongelmaa ja selittämään sitä tarkemmin.
3. Virikkeen kontekstin tulisi olla merkityksellinen opiskelijan tulevan ammatin kannalta.
4. Ongelman kontekstin tulee edistää luonnontieteiden peruskäsitteiden integroitumista arkielämään.
5. Virikkeen tulee kannustaa itsenäiseen opiskeluun rohkaisemalla opiskelijaa keksimään oppimistehtäviä ja etsimään tietoa kirjallisuudesta.
6. Virikkeen tulee kasvattaa opiskelijan kiinnostusta käsillä olevaan aiheeseen, ruokkia keskustelua mahdollisista ratkaisuista ja johtaa opiskelijat etsimään vaihtoehtoja.
7. Virikkeen tulee sopia yhteen oppilaitoksen opetuksen päämäärien kanssa.

Ongelmalähtöisessä opetuksessa käytetään paljon erilaisia ongelmanratkaisumalleja. Ongelmanratkaisuun keskittyvät mallit jäsentävät oppimisprosessia tarkasti, siksi ne sopivat hyvin PBL:n soveltamisen alkuvaiheeseen. Niissä määritellään ensin ongelma, sitten suunnitellaan ja toimitaan ja lopuksi arvioidaan tulokset. Erityisesti avoimissa ongelmissa, joissa ei ole alkua eikä loppua, nämä vaiheet tulevat hyvin esiin. Ongelmalähtöisen opetuksen kulkua on kuvattu alla olevassa kuvassa (

Kuva 6). Schmidtin (1983) esittelemässä seitsemän askeleen menetelmässä yhdistyvät ongelman ratkaisun menettelytavat ja luonnontieteellisen tutkimuksen vaiheet.



Kuva 6 OLO:lle tyypillinen oppimispsykologinen prosessi (Moust, et al., 2005)

Moust et al. (2005) tutkimuksen pohjalta Rautiainen on luonut väitöskirjaansa *Kehittämistutkimus: ongelmalähtöinen kokeellinen kemian korkeakouluopetus* (2012) mallin, jossa kuvataan ongelmalähtöisen opetuksen vaiheet, jota pyrin seuraavassa tiivistämään.

Opiskelu alkaa virikkeellä, jonka ryhmän puheenjohtaja tai opettaja lukee ryhmälle ääneen tai siihen tutustutaan yhdessä. Tämän jälkeen ongelmanratkaisussa edetään seitsemän askeleen mallin mukaan. (Rautiainen, 2012)

Ensimmäinen askel Rautiaisen mukaan on *käsitteiden selventäminen*, jossa on tarkoituksena etsiä virikkeestä epäselvät käsitteet, jotta vältettäisiin jatkoa haittaavat väärinymmärrykset. Opettajan on hyvä tarvittaessa auttaa käsitteiden selventämisessä.

Toiseksi askeleeksi Rautiainen nostaa *ongelman määrittämisen*. Siinä virike toimii pohjana, kun määritetään ongelma tai kuvattava ilmiö. Ryhmässä yritetään muodostaa ongelmalle tai ilmiölle sitä kuvaileva työnimi tai otsikko. Valtanen (2005) kertoo artikkelissaan, että varsinkin alkuvaiheessa opiskelijat tarvitsevat tukea ongelman löytämiseen ja nimeämiseen ja että heitä täytyy ehkä muistuttaa, että ongelman tulee liittyä kurssin aiheeseen.

Kolmas askel on *aivoriihi*, jossa tarkoituksena on aktivoida oppilaiden aiempi tieto käyttöön ja löytää mahdollisimman paljon ideoita ongelman ratkaisemiseksi. Tässä vaiheessa ajatellaan, että määrä luo laatua. Tarkoituksena on että opiskelijat voivat kertoa omat ajatuksensa ja ideansa perustelematta. Muu ryhmä ei tässä vaiheessa kritisoi tai kommentoi ideoita, vaan ennemminkin saa uusia ajatuksia toisten ideoista. Kaikki ideat kirjataan ylös myöhempää käyttöä varten. Tarkoituksena ei ole löytää lopullista vastausta ongelmaan tai selitystä ilmiölle, vaan listata erilaisia mahdollisuuksia, vaihtoehtoja ja tietoja. Seuraavan vaiheen helpottamiseksi ajatukset kannattaa kerätä tarralapuille ja ryhmitellä samansisältöisiä lähekkäin.

Ongelman analysointi on Rautiaisen mukaan neljäs askel. Tässä vaiheessa yritetään löytää ongelmaan ratkaisu tai ilmiölle kuvaus aivoriihessä esiinnousseiden ideoiden avulla. Oleellista on tunnistaa ja löytää yhteyksiä käsitteiden ja mekanismien välille. Ilmiöön liittyvät epäselvät kohdat ja aukot huomioidaan. Edellisessä vaiheessa tehtyjä tarralappuja kannattaa nyt ryhmitellä paperille ja yhdistellä viivoin ja nuolin.

Viides askel Rautiaisen mukaan on *oppimistavoitteiden muodostaminen*, jossa tarkoituksena on muodostaa ryhmälle yhteiset oppimistavoitteet, helpottamaan itseopiskelua. Ne pohjautuvat asioihin, joita opiskelijat eivät vielä tiedä ongelmasta mutta joita tarvitaan, jotta ongelmaan saadaan ratkaisu. Pää tavoite saadaan toisen askeleen aikana määrittelystä ydinkysymyksestä, joka jaetaan osatavoitteisiin. Tavoitteiden on hyvä olla selkeitä ja kysymysmuodossa, ja niitä kannattaa olla korkeintaan neljä.

Kuudes askel on *itsenäinen työskentely*, jossa opiskelija etsii tietoa kirjallisuudesta tai verkosta ja yrittää sen avulla vastata oppimistavoitteiden kysymyksiin. Opiskelu painottuu asioiden ymmärtämiseen, pelkkä irrallisten tietojen kerääminen tai muistaminen ei riitä. Itseopiskelun aikana on tärkeää tehdä muistiinpanoja käsitekartoin, kuvin tai kirjoittamalla, sillä se lisää ymmärrystä ja muistiinpanojen avulla käsiteltyyn asiaan on myöhemmin helpompi palata.

Rautiaisen mukaan ongelmalähtöisen oppimisprosessin viimeinen eli seitsemäs vaihe on *purku ja arviointi*. Purkua varten opettajan on hyvä tehdä oppilaille käsittelyjärjestys oppimistavoitteiden pohjalta. Purkutilanteessa ryhmä käy yhdessä läpi oppimansa asiat. Jokainen ryhmän jäsen kertoo, mitä on opiskellut itseopiskeluvaiheen aikana. Näiden

tietojen avulla pyritään vastaamaan asetettuihin oppimistavoitteisiin ja luomaan yhteyksiä virikkeeseen. Purkuvaiheessa oppilas voi myös kysyä itseopiskeluvaiheessa heränneitä kysymyksiä tai epäselvyyksiä. Lopuksi käydään kierros, jossa arvioidaan virikettä, ryhmän toimintaa ja opetusmenetelmää.

3.3 Verkko-opetus

Verkko-opetus määritellään opetuksiksi, jossa olennainen osa opetuksesta ja siihen liittyvästä opiskelusta tapahtuu tietoverkkojen välityksellä. Verkko-opetusta voi käyttää lähiopetuksen tukena, jolloin se yksinkertaisimmillaan on sitä, että opettaja jakaa esimerkiksi luentokalvot verkossa tai sähköpostilla. Tämä voidaan nähdä oppimismahdollisuuden antamisena opiskelijoille, sillä kaikki oppiminen vaatii oppijalta tiedon aktiivista prosessointia. Toisaalta opettaja voi tarjota opetuksen tueksi myös monipuolisempia digitaalisia materiaaleja, kuten videoita tai verkkopohjaisia molekyylien piirto- tai mallinnusohjelmia. Verkko-opetus voi olla myös sitä, että kokonainen kurssi tai opintokokonaisuus toteutetaan verkkopohjaisessa oppimisympäristössä, jossa sekä opiskelijoiden keskinäinen että opettajan kanssa käytävä vuorovaikutus tapahtuu verkon välityksellä etäopiskeluna. Lisäksi verkko-opetus voi olla mitä vain näiden ääripäiden välissä. (Nevgi & Heikkilä, 2005)

Laadukas oppiminen näkyy oppimistuloksissa, asiantuntijuuden kehittymisenä ja toiminnan muuttumisena. Oppiminen on laadukasta, kun oppija pyrkii aktiivisesti muodostamaan merkityksiä ja käsitteitä ja ymmärtämään syvällisesti, ei vain oppimaan asioita tai taitoja ulkoa. Tällöin opiskelija kokee oppimisen mielekkäänä ja merkityksellisenä. (Marton & Saljö, 1976) Pelkkä toimiva verkkotekniikka tai sovellus ei takaa laadukasta oppimista. Laadukas verkko-oppiminenkin edellyttää, että oppilaat tietävät opetuksen tavoitteet, opetuksen sisältö on harkittua ja opetusmenetelmät ovat tarkoituksenmukaisia ja mielekkäitä pedagogisia ratkaisuja. (Biggs & Tang, 2011; Bernard, et al., 2004)

Novakin mukaan (1998) merkityksellinen oppiminen vaatii kolmen perusasian täyttymisen. Ensimmäiseksi opiskelijan on pystyttävä linkittämään oppimansa uusi asia aiempaan tietoon niin, että tietorakenteet säilyvät selkeinä. Toiseksi merkitykselliseen

oppimiseen pyrkivän oppimateriaalin tulee sisältää opittavan asian keskeiset käsitteet ja ottaa huomioon opiskelijan lähtötaso. Oppimateriaalin löytäminen internetistä ja sen oppilaille välittäminen tuottaa opettajille hankaluuksia, koska internetissä materiaali on pirstaleisesti hajallaan. Kolmas merkityksellisen oppimisen piirre on opiskelijan aktiivinen asenne pyrkiä mielekkääseen oppimiseen ja tiedon ymmärtämiseen.

Mielekäs verkko-oppiminen vaati samoja asioita kuin muukin mielekäs oppiminen. Opiskelijan tulee aktiivisesti ja tavoitteellisesti etsiä tietoa, jäsentää ja liittää sitä aikaisemmin oppimaansa ja luoda löytämiensä tietojen perusteella itselleen ymmärrettäviä kokonaisuuksia esimerkiksi kirjoittamalla esseitä tai ratkaisemalla ongelmia, jolloin hänen on otettava vastuu omasta oppimisestaan ja oppimistavoitteiden saavuttamisesta. (Nevgi & Juntunen, 2005) Nevgi ja Tirri (2003) pitävät hyvän verkkokurssin ominaisuuksina selkeyttä, laadukasta sisältöä, monipuolisuutta, ulkoasun esteettisyyttä ja hyvää linkitystä.

Artikkelissaan Moore (2008) esittää alla olevat laadun viisi avainaluetta, joiden tilaa tutkimalla voidaan arvioida verkko-opetuksen laatua:

- 1) Oppimisen tehokkuus, jolla tarkoitetaan sitä, että verkko-opiskelulla saavutetaan vähintään samat tulokset kuin perinteisellä opetuksella.
- 2) Kustannustehokkuus eli se että verkkotoimintaympäristöä pyritään kehittämään paremmaksi ja samalla kuitenkin minimoimaan kustannuksia.
- 3) Saavutettavuus, jolla tarkoitetaan sekä mahdollisimman monen opiskelijan mahdollisuutta käyttää verkko-oppimisympäristöä että saada tukea ympäristön onnistuneeseen käyttöön.
- 4) Opetus- ja tutkimushenkilöstön tyytyväisyys, johon vaikuttaa heidän saamansa tuen ja koulutuksen lisäksi työn kuormittavuus.
- 5) Opiskelijoiden tyytyväisyys, johon vaikuttaa onnistumisen kokemukset ja opiskelumuodon mielekkyys. Tähän voidaan päästä opiskelijälähtöisyydellä ja riittäväillä tukipalveluilla.

Työmuistiin verkko-oppimisen aikana tuleva kuormitus voidaan jakaa sisäiseen kuormittavuuteen, joka johtuu opittavan sisällön monimutkaisuudesta tai vaikeudesta ja ulkoiseen kuormittavuuteen, joka taas aiheutuu materiaalin esitysmuodosta. Sisäinen kuormitus verkko-oppimisessa on sama kuin perinteisessä oppimisessä, kun sisältö on yhtenevä. Ulkoinen kuormittavuus taas on verkkoympäristössä usein suurempi, koska

oppimisprosessin aikana oppijan tulee yhdistellä ja pitää muistissaan eri näkymistä löytäänsä tietoa. Teknologia mahdollistaa erilaisia materiaalin esittämistapoja kuten videot ja hypertekstin. Niiden ollessa kyseessä ulkoista kuormittavuutta on syytä pohtia, jotta verkko-oppimisessa pystyttäisiin minimoimaan ulkoista kuormittavuutta etenkin, jos sisäinen kuormittavuus on jo suuri. Muuten kokonaiskuormittavuus voi kasvaa oppijalle liian suureksi, mikä vaikeuttaa oppimista. Jotta oppija pystyy keskittymään mahdollisimman hyvin oppimateriaalin sisällön oppimiseen, tulee materiaalin työmuistin kuormittavuutta yrittää pienentää. Se voidaan tehdä yksinkertaistamalla oppimateriaalia ja valitsemalla materiaalin esittämistavat huomioimalla tämä (Nyman & Kanerva, 2003).

Mitä vähemmän oppijalla on aikaisempaa tietoa opiskeltavasta aiheesta tai siihen liittyviä skeemoja, sitä tärkeämpää on että materiaali kuormittaa työmuistia mahdollisimman vähän. Skeemat ovat mielen sisäisiä malleja, jotka muodostuvat oppimisen tuloksena ja ne automatisoituvat harjoittelun myötä. Skeemat kiteyttävät ja järjestävät valtavaa määrää havainnoista saatavaa tietoa ja niitä käytetään uuden tiedon ymmärtämiseen. Automatisoituneet skeemat vähentävät työmuistin kuormitusta ja nopeuttavat johtopäätöksien tekemistä uudesta tiedosta. (Sweller & Chandler, 1994)

Oppimateriaalia tehdessä on kuvituksen valintaan kiinnitettävä huomiota, sillä tarkkaavaisuutta puoleensavetävät ylimääräiset kuvat tai animaatiot vaikeuttavat oppimista kahdellakin tavalla. Ensiksikin ne saattavat viedä huomion itseensä ja aktivoida oppimisen kannalta epäolennaisia skeemoja ja toiseksi ne kuormittavat työmuistia. Kuvat ja kuvia selittävät tekstit kannatta pitää lähekkäin, sillä silloin ne pystytään pitämään paremmin työmuistissa ja materiaalin yhdistäminen helpottuu. Materiaalia tehdessä tulee välttää sitä, että oppija joutuu jakamaan tarkkaavaisuuttaan kahden eri samaa aistikanavaa käyttävän lähteen välillä. (Nyman & Kanerva, 2003)

Kuvituksen lisääminen tekstiin kuitenkin parantaa ymmärtämistä, sillä kuvat kertovat tehokkaammin monimutkaisesta sisällöstä kuin teksti. Tämä johtunee siitä että kuvituksen avulla oppijan on helpompi luoda opiskeltavasta materiaalista itselleen muistiedustus. (Vekiri, 2002) Aikaisempi tieto vaikuttaa siihen, kuinka oppija pystyy hyötymään erilaisista tiedon esitysmuodoista. Asiantuntijat ymmärtävät lukemansa aloittelijoita paremmin ilman kuvitusta, pelkän tekstin avulla. Lisäksi kaaviokuvat ilman selittäviä tekstejä aukeavat heille helpommin. (Mayer & Sims, 1994)

Vekiri on metatutkimuksessaan (2002) tiivistänyt kuvien prosessoinnin ja siihen liittyvän tutkimuksen kolmeen kohtaan: Ensimmäiseksi visuaaliselle ja kielelliselle informaatiolle on omat muistiedustuksensa, jotka tukevat toisiaan. Oppiminen on helpompaa, kun tiedon saa kumpaakin kanavaa pitkin. Toiseksi visuospatiaalisten ominaisuuksiensa vuoksi kuvat ovat usein kielellisiä esityksiä yksinkertaisempi tapa selittää monimutkaisia ilmiöitä, joten niiden hyödyntäminen helpottaa työmuistin kuormaa. Kolmanneksi kaavion tai kartan esittäminen helpottaa oppimista, koska niistä saatu tieto sisältää yhtä aikaa sekä kaavion ja kartan ominaisuudet että rakenteelliset suhteet, jolloin tätä tietoa ei tarvitse pitää työmuistissa.

Hypertekstimäisesti rakentuva verkkosivu tarjoaa opiskelijalle multimediaympäristön, jossa hän voi suorittaa itsenäisesti oppimistehtäviä. Hän voi valita mitä, miten ja missä järjestyksessä hän opiskelee. Aiheiden sisältöihin opiskelija voi perehtyä monipuolisesti äänitteiden, videoiden, tekstien ja graafisten esitysten avulla. Tällainen opiskelijajohtoinen opetussuunnitelmamalli vaatii että opiskelija ottaa vastuun opiskelustaan. (Simonson, et al., 2008) Linkkien etsintä ja navigointi monimutkaisessa hypertekstiympäristössä kuitenkin vähentää kielellistä oppimista, koska työmuistin kuormitus kasvaa (Nyman & Kanerva, 2003). Aikaisempi tieto opiskeltavasta asiasta helpottaa hypertekstissä navigoimista, koska silloin oppijalla on jo kuva siitä, kuinka asiat linkittyvät toisiinsa. Hypertekstissä liikkumiseen on kehitetty helpottavia apuvälineitä kuten dokumentin rakennetta kuvaavia karttoja. (McDonald & Stevenson, 1998)

Ero asiantuntijan ja aloittelijan välillä on siinä että asiantuntijalla tieto ei ole irrallista vaan jäsentynyttä, hänellä on käytössään laajojakin käsitteitä, joiden avulla hän pystyy organisoimaan saamansa informaation merkityksiä. Aloittelijaa tulee ohjata kohti tällaista tiedon laajempaa ymmärtämistä. Tätä voi edesauttaa tarjoamalla oppijalle rakenteellinen yleisnäkymä käsiteltävästä asiasta, esimerkiksi käsitekartta, johon on kuvattu opittavat asiat ja niiden väliset suhteet. Verkkoympäristössä navigointia helpottaa, jos asiat on kuvattu niin, että niiden sijainti vastaa niiden paikkaa oppimisympäristössä. Näin on varsinkin, jos aihealueisiin on lisätty linkkejä, joiden avulla oppija voi liikkua materiaalissa. (Nyman & Kanerva, 2003)

Seuraavassa on esitelty Mayerin (2003) lainalaisuuksia verkko-opetuksen suunnitteluun:

- Asiat kannatta esittää ajallisesti tai visuaalisesti lähekkäin, jotta oppija voi pitää työmuistissaan yhtä aikaa kumpaakin muistiedustusta ja ne on helppo yhdistää toisiinsa.
- Informaation lähteet, esimerkiksi animaatio ja teksti, kannattaa integroida yhteen, jotta oppija ei joudu seuraamaan samanaikaisesti kumpaakin, mikä lisäisi kuormitusta. Tämä pitää ottaa huomioon etenkin aloittelijoiden kohdalla.
- Oppimistilannetta helpottaa, kun informaatio esitetään kahden aistikanavan (näkö ja kuulo) välityksellä.
- Materiaalista kannatta jättää pois sisällön kannalta tarpeeton materiaali, sillä se saattaa vetää oppijan huomion puoleensa tai aktivoida oppimisen kannalta epäolennaisia skeemoja.
- Oppijan tietotaso tulee ottaa huomioon, sillä oppijat hyötyvät siitä että materiaalissa ei ole esitetty heille itsestään selvyyksiä.
- Houkuttelevien ja kiinnostusta herättävien yksityiskohtien esittämistä kannatta välttää, jotta ne eivät turhaan kuormita työmuistia tai herätä oppijan mielessä epäolennaisia skeemoja ja siten vaikeuta oppimista
- Kun materiaali sisältää vain oppimisen kannalta tärkeät tiedot, oppijan on helpompi muodostaa yhtenäinen kuva opittavasta asiasta.

3.4 Teoreettisen ongelma-analyysin yhteenveto

Teoreettisen ongelma-analyysin perusteella voidaan todeta, että jätevedenpuhdistus sopii hyvin yläkoulun kemian opetukseen, sillä osa perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa määritellyistä kemian keskeisistä sisällöistä ja tavoitteista sopivat hyvin opetettavaksi jätevedenpuhdistuksen kontekstissa (Opetushallitus, 2004). Jätevedenpuhdistus aiheena soveltuu hyvin myös STSE-opetukseen, sillä sen puhdistusprosessien ymmärtämisessä tarvitaan luonnontieteellistä tietoa. Laitteiden ja laitoksen toiminnan ymmärtäminen vaatii teknologian tuntemusta, ja puhdistamoilla taas on yhteiskunnallinen merkitys ja puhdistustulos on havaittavissa ympäristössä (Pedretti & Nazir, 2011).

Useissa tutkimuksissa on huomattu että oppijan kiinnostuksella on voimakas vaikutus oppimiseen. (Krapp & Prenzel, 2011; Lavonen, et al., 2008). Yksilön luonnontieteiden kiinnostuksen voimakkuuteen ja kehittymisen suuntaan vaikuttavat sekä oppitunnin aiheen houkuttelevuus että tiedon esittämis- ja opettamistapa (Krapp & Prenzel, 2011). Ympäristökysymysten käsittely kemian tunnilla, tekee opiskelun kiinnostavammaksi, koska ympäristökysymykset ovat liitettävissä oppilaan arkeen ja lähiympäristöön (Lavonen, et al., 2008).

Useiden tutkimusten mukaan kontekstuaalisuus voisi olla keino lisätä nuorten kiinnostusta kemiaan ja auttaa heitä muistamaan kemian käsitteet kytkemällä ne osaksi omaa elämäänsä (Parchmann, et al., 2007; Bennet, 2003; Gilbert, 2007). Kun oppilaat ymmärtävät teknologian merkityksen arjessa, he voivat nähdä tieteen tärkeyden ja onnistumiset, mikä on tärkeää, jotta oppilaiden asenne luonnontieteitä kohtaan paranisi (Asunta, 2003; Yörük, et al., 2010). STSE-kasvatuksen avulla oppilaat huomaavat tieteen ja teknologian vaikutuksen yhteiskunnan toimintaan, ja silloin oppitunnilla on mahdollisuus keskustella yhteiskunnallisista luonnontieteisiin liittyvistä kysymyksistä, esimerkiksi vedenpuhdistuksesta (Pedretti & Nazir, 2011).

Ongelmalähtöinen oppiminen (PBL) on yhteisöllistä ongelmanratkaisua, jossa teoreettisen asioihin tutustumisen sijaan ryhmässä toimien etsitään käytännön ratkaisuja opiskeltavaan asiaan. (Moust, et al., 2005; Rautiainen, 2012). PBL:ssa on välttämätöntä, että sitä ohjaa suunniteltu, avoin ja strukturoimaton ongelma. Opettajan tehtävä on ohjata ja helpottaa oppimista, mutta oppilaat ovat itse vastuussa oppimisestaan. (Savery, 2006) Ongelmalähtöinen opetus on tehokas tapa motivoida opiskelijoita ja lisätä kemian kiinnostavuutta. Lisäksi se parantaa kemian esitystaitoja ja kehittää ryhmätyötaitoja. (Rautiainen, 2012)

Merkityksellinen verkko-oppiminen vaatii, että opiskelija etsii aktiivisesti ja tavoitteellisesti tietoa ja liittää sitä aiemmin oppimaansa. Merkityksellisen oppimateriaalin tulee ottaa huomioon opiskelijan lähtötaso ja siinä tulee olla opittavan asian keskeiset käsitteet. (Novak, 1998; Nevgi & Juntunen, 2005) Verkkomateriaalia suunniteltaessa tulee miettiä, kuinka voidaan välttää työmuistin ylimääräistä kuormittamista, jotta opiskelija pystyy paneutumaan sisällön oppimiseen (Nyman & Kanerva, 2003).

4 Empiirinen ongelma-analyysi

Tässä luvussa paneudutaan suomalaisten yläkoulun kemian oppikirjojen sisältöihin jätevedenpuhdistuksen näkökulmasta. Tarveanalyysi on tehty Kabatan ja Tammen ”Vedenpuhdistuksen sisällöt yläkoulun kemian oppikirjoissa” -pro seminaari -tutkielman (2013) pohjalta. Tutkimuksessa tarkasteltiin viittä suomenkielistä yläkoulun kemian oppikirja-sarjaa. Aineistolähtöisen sisällönanalyysin avulla tutkittiin oppikirjojen vedenpuhdistukseen liittyviä sisältöjä niin kvantitatiivisesti kuin kvalitatiivisesti. Oppikirjat kertovat opetuksen tilasta melko hyvin, koska ne vaikuttavat merkittävästi siihen mitä, miten ja missä järjestyksessä opettajat opettavat (Heinonen, 2005).

Jätevedenpuhdistus sopii hyvin opetettavaksi kokonaisuudeksi peruskoulun yläluokkien kemianopetukseen, koska se antaa oppilaalle mahdollisuuden ymmärtää kemian tärkeyden elinympäristölle ja koska se on hyvä esimerkki siitä, kuinka luonnontieteiden avulla on voitu ja voidaan parantaa ympäristön tilaa. Ympäristön elinkelpoisuuden ja luonnon monimuotoisuuden säilyttäminen on osa perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden arvopohjaa. Kansainvälisesti verratessa Suomessa ympäristökasvatuksella on tärkeä rooli kouluopetuksessa. Ympäristökasvatus on opetussuunnitelman yhtenä määrittävänä perusarvona ja Suomessa sille on asetettu selkeät tavoitteet. (Opetushallitus, 2004) Toisin kuin esimerkiksi Uudessa Seelannissa, jossa ympäristökasvatus nojaa koulujen omaan kiinnostukseen sisällyttää ympäristökasvatusta koulukohtaiseen opetussuunnitelmaan (Eames, et al., 2008).

Vedenpuhdistuksen teemoja käsitellään kaikissa yläkoulun kemian oppikirjoissa. Käsittelyn laajuus ja painopisteet kuitenkin vaihtelevat paljon eri kirjasarjojen välillä. Kahdessa kirjasarjassa vedenpuhdistukselle on omistettu päälukuja kirjan sisällöstä, kun taas yhdessä kirjasarjassa vedenpuhdistusta on käsitelty ainoastaan muutaman tehtävän avulla antamatta mitään varsinaista tietoa aiheesta. Tätä kirjasarjaa käyttävissä kouluissa saattaa vedenpuhdistuksen käsittely jäädä erittäin vähäiseksi tai unohtua kokonaan, koska oppikirjoilla on tärkeä rooli siinä mitä ja miten oppilaat oppivat (Heinonen, 2005; Kabata & Tammi, 2013).

Tutkimuksen kvalitatiivisessa osassa Kabata ja Tammi (2013) ovat tunnistaneet kolmetoista vedenpuhdistuksen teemaa (yläluokat), joita käsitellään oppikirjoissa. Seuraavan sivun taulukossa 2, esitellään yläluokkien sanamäärät kirjoittain. Jos taulukon solu on tyhjä, ei aihetta ole käsitelty kyseisessä kirjasarjassa.

Se kuinka paljon kirjasarjoissa käsitellään vedenpuhdistusta, vaihtelee hyvin paljon. E-sarjassa vedenpuhdistuksesta kirjoitetaan yhteensä vain 69 sanan verran, kun taas laajimmin vedenpuhdistusta käsittelevässä A-sarjassa siitä kirjoitetaan yli kymmenkertaisesti, 800 sanaa. Aihealueista sanamäärällisesti eniten käsitellään *Jätevedenpuhdistusprosessia*. Teema kuitenkin jakoi kirjasarjat. Kahdessa sarjassa se oli sanamäärällisesti laajimmin käsitelty teema (291 ja 159 sanaa), kun kahdessa sarjassa sitä ei ollut käsitelty ollenkaan. (Kabata & Tammi, 2013)

Aihealueista, joita oli käsitelty kaikissa kirjasarjoissa (*talousveden alkuperä, vesihuollon rakenne ja ympäristö ja jätevesi*) on myös kirjoitettu suhteellisen paljon. Vähiten sanoja löytyy yläluokista *jäteveden määritelmä* ja *teollisuus*. *Jäteveden määritelmää* käsitellään vain kahdessa kirjasarjassa, ja niistäkin toisessa vain neljän sanan verran tehtävässä. Muita teemoja käsitellään kirjasarjoissa vaihtelevasti. Esimerkiksi aiheita *Juomaveden saastuminen* ja *Teollisuus* ei käsitelty kuin kahdessa kirjasarjassa. A-kirjasarjassa vedenpuhdistusta käsitellään monipuolisimmin, siitä huolimatta siinäkään ei käsitellä aivan kaikkia tässä tutkimuksessa löytyneitä yläluokkia. *Vedenpuhdistuksen kehitystä* oli käsitelty yhtä sarjaa lukuun ottamatta kaikissa sarjoissa, samoin kuin neljässä sarjassa oli *oppilas lähtökohtana* -tehtäviä, joissa mietittiin oppilaan lähiympäristöä.

Neljä kirjasarjaa viidestä sisältää oppilaslähtöistä materiaalia (*Oppilas lähtökohtana*) vedenpuhdistuksen käsittelyyn, mikä tekee aiheesta henkilökohtaisempaa ja sitoo sen oppilaan kotipaikkaan. Sanamäärällisesti aihe jää kuitenkin melko pieneksi, koska se koostuu lähinnä tehtävistä. *Myös vedenpuhdistuksesta yleisesti* -yläluokan sanamäärä on muihin luokkiin nähden pieni. Tämä johtuu, että yläluokkaa on käytetty vain, mikäli kirjasta ei ole käynyt ilmi, onko kyseessä talousveden vai jätevedenpuhdistus.

Jäteveden ympäristövaikutuksia käsitellään jokaisessa kirjasarjassa. Silti oli yllättävää, että jätevesi on käsitteenä määritelty vain kahdessa kirjasarjassa. Teollisuuden näkökulma jätevesiin on kaikissa oppikirjoissa jäänyt vähemmälle.

Taulukko 2: Yläluokkien sanamäärät kirjasarjoittain

Yläluokat	A	B	C	D	E	Yhteensä
Juomaveden saastuminen		11		72		83
Jäteveden määritelmä	4	16				20
Jäteveden puhdistusprosessi	291	23	159			473
Oppilas lähtökohtana	24		9	19	33	85
Puhdas vesi laboratoriossa	51	20	3	34		108
Talousveden alkuperä	92	34	90	8	11	235
Talousveden puhdistusprosessi	90		104			194
Teollisuus	9			13		22
Vedenpuhdistuksen kehitys	36	17	66	28		147
Vedenpuhdistus yleisesti	22	7	9			38
Vesihuollon rakenne	84	20	72	27	8	211
Vesijohtoveden koostumus	51	13	28	14		106
Ympäristö ja jätevesi	46	27	73	61	17	224
Yhteensä kirjassa	800	188	613	276	69	1946

Kabatan ja Tammen (2013) tutkimuksen liitteissä on esitelty kuinka monta, noin virkkeen pituista, analyysiyksikköä ja alaluokkaa yläluokkiin kuuluu. Esimerkiksi *Vedenpuhdistuksen kehitys* -yläluokkaan kuuluu seuraavat viisi alaluokkaa: *Jätevedenpuhdistuksen kehitys* (1 analyysiyksikköä), *Jätevedenpuhdistuksen kehitys ympäristön näkökulmasta* (6), *Vedenpuhdistuksen kehitys* (1), *Vedenpuhdistuksen kustannukset* (1) ja *Vedenpuhdistuksen rajoitukset* (1). Sanamäärältään kolmanneksi suurimpaan yläluokkaan, *Ympäristö ja jätevesi*, kuuluu viisi alaluokkaa: *Jätevedenpuhdistuksen hyöty* (2), *Jätevedenpuhdistamon hyöty* (2), *Jätevedenpuhdistus ympäristön näkökulmasta* (10), *Jätevesien laatuvaatimukset* (1), *Vedenpuhdistuksen tärkeys* (2).

Taulukossa *Sisältötyyppien esiintyminen eri kirjasarjoissa* (taulukko 3) esitellään kuinka kirjasarjat ovat käsitelleet vedenpuhdistusta. Taulukkoon on merkitty kuinka monta vedenpuhdistukseen liittyvää otsikkoa, kuvaa tai muuta sellaista kirjassa on. Taulukosta

voidaan todeta, että jokaisessa kirjasarjassa on käsitelty vedenpuhdistusta ainakin tehtävien muodossa. Kahdessa kirjasarjassa vedenpuhdistus oli saanut kokonaan oman luvun. Syventävän tiedon laatikoita oli vain A-kirjasarjassa, jossa vedenpuhdistusta käsiteltiin muutenkin laajimmin. Missään kirjassa ei ollut vedenpuhdistukseen liittyvää taulukkoa. (Kabata & Tammi, 2013)

Taulukko 3: Sisältötyyppien esiintyminen eri kirjasarjoissa									
Kirja	otsikko	väli- otsikko	joh- danto	kuva	kuva- teksti	tauluk- ko	syventävä tieto	tehtävä	tiivis- telmä
A	1	0	1	6	6	0	8	18	3
B	0	2	0	1	1	0	0	3	1
C	1	2	6	6	5	0	0	8	3
D	0	2	1	1	0	0	0	2	0
E	0	0	0	0	0	0	0	3	0
Yht.	2	6	8	14	12	0	8	34	7

5 Kehittämisprosessi

Tässä luvussa kuvataan opetusmateriaalin kehittämisprosessi yksityiskohtaisesti, mikä lisää tutkimuksen luotettavuutta. Tällöin tutkimus on myös toistettavissa. Kemian kiinnostusta tukevan jätevedenpuhdistusta käsittelevän opetusmateriaalin tavoitteet määritettiin teoreettisen ja empiirisen ongelma-analyysin pohjalta (luvut 3 ja 4). Teoreettisessa ongelma-analyysissä kartoitettiin aiempaa tutkimusta jätevedenpuhdistuksesta, kiinnostuksesta, ympäristökasvatuksesta, STSE-opetuksesta ja verkko-opetuksesta. Empiirinen ongelma-analyysi muodostui Kabatan ja Tammen (2013) tekemän yläkoulun kemian oppikirjojen sisällönanalyysin tulosten perusteella. Teoreettisen ja empiirisen ongelma-analyysin pohjalta muodostettiin seitsemän kehittämistavoitetta, jotka esitellään seuraavalla sivulla. Kehittämistavoitteiden pohjalta suunniteltiin ja toteutettiin verkko-opetusmateriaali yläkoulun kemianopettajien käyttöön ja oppilaiden kemian opiskeluun. Opetusmateriaalin suunnittelu esitellään luvussa 5.1. Luvussa 5.2 kuvataan materiaalin tekeminen, käytetyt ohjelmistot ja materiaalin julkaiseminen.

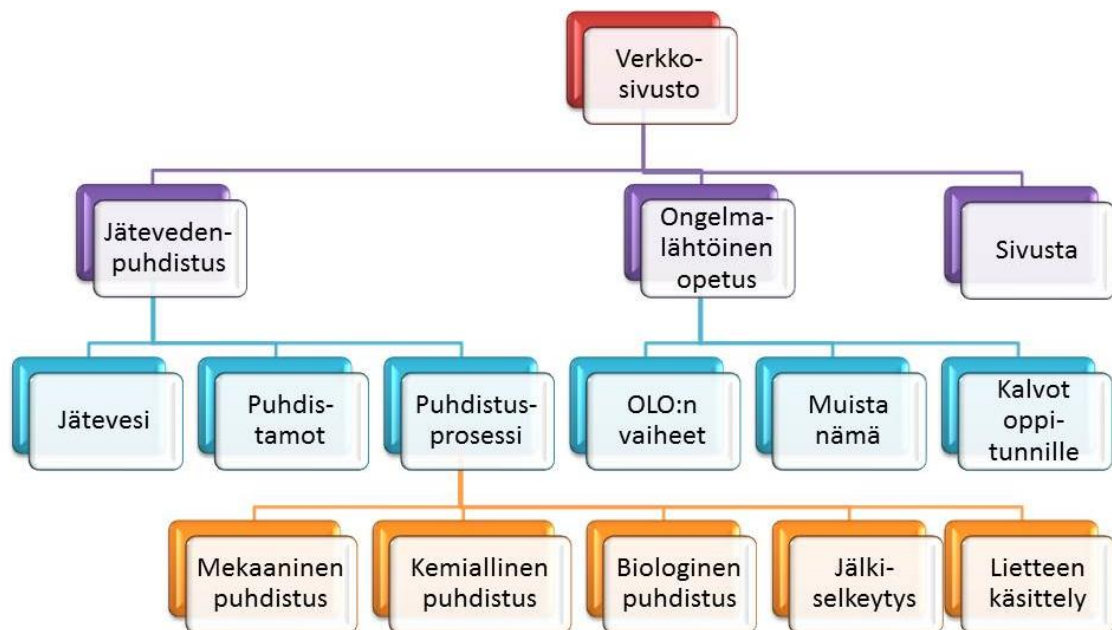
Opetusmateriaalin suunnittelussa otettiin huomioon seuraavat seitsemän seikkaa:

- 1) Jätevedenpuhdistuksen kontekstiin liittyvien peruskoulun opetussuunnitelman perusteiden tavoitteiden ja keskeisten käsitteiden sisällyttäminen kehitettävään verkko-opetusmateriaaliin (Opetushallitus, 2004).
- 2) Oppimateriaalissa määritellään jätevesi (Kabata & Tammi, 2013).
- 3) Materiaalista selviää kemian ja teknologian vaikutus jätevedenpuhdistuksen kehitykseen ja ympäristön tilan kohenemiseen (Asunta, 2003; Yörük, et al., 2010).
- 4) Materiaali muodostaa yhteyksiä luonnontieteiden, teknologian, yhteiskunnan ja ympäristön välillä oppilaiden kiinnostuksen herättämiseksi (Yörük, et al., 2010)
- 5) Materiaali mahdollistaa ongelmalähtöisen oppimisen (Rautiainen, 2012; Kelly & Finlayson, 2009) ja käyttämään oppilasta aktivoivaa työtapaa (Opetushallitus, 2004; Lindblom-Ylänne, et al., 2003; Valtanen, 2005).
- 6) Materiaalin tukee opettajaa ongelmalähtöisen opetuksen käytössä. (Rautiainen, 2012; Kelly & Finlayson, 2009)
- 7) Verkko-materiaali on tarkoituksen mukainen ja helposti käytettävä (Nyman & Kanerva, 2003)

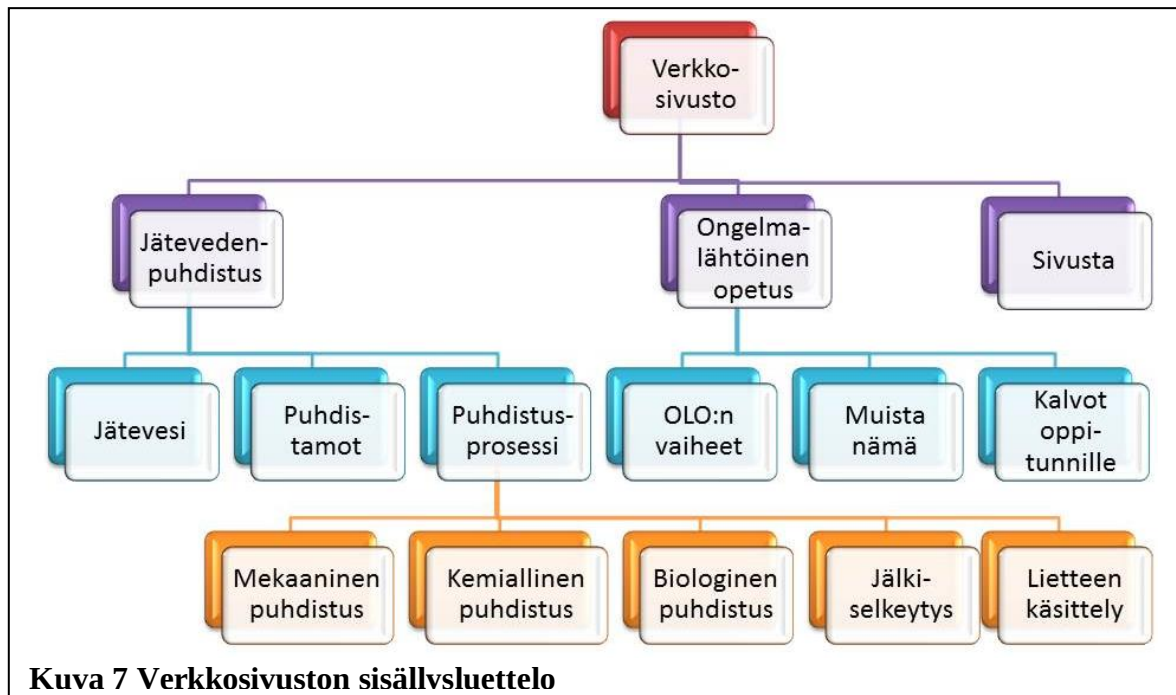
5.1 Opetusmateriaalin suunnittelu

Opetusmateriaali suunniteltiin yläkoululaisille ja heidän opettajilleen, koska jätevedenpuhdistus aiheena sopii hyvin perusopetuksen opetussuunnitelman perusteisiin ja yläkoulun kemian oppikirjoissa jätevedenpuhdistusaihetta käsitellään hyvin vaihtelevasti (Opetushallitus, 2004; Kabata & Tammi, 2013).

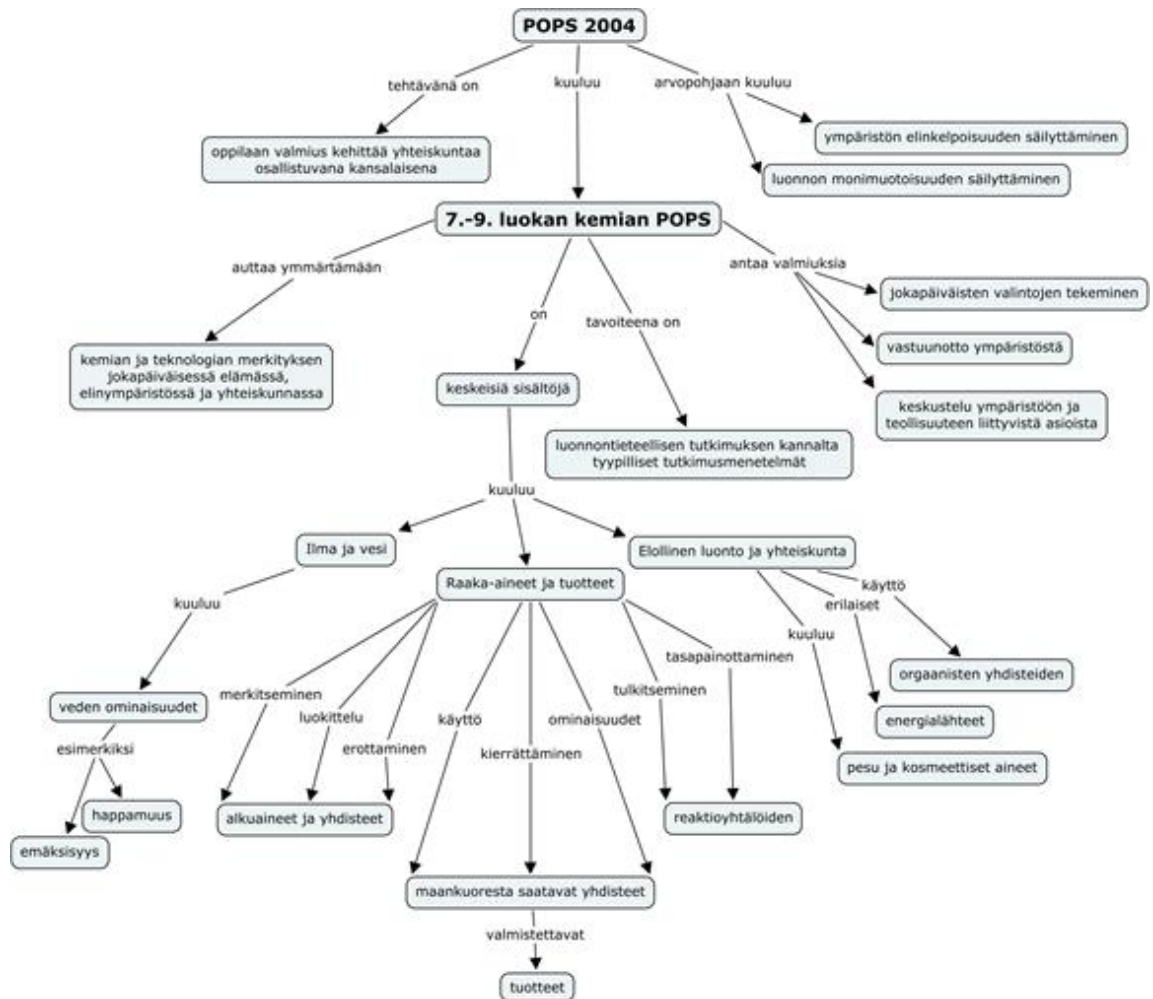
Verkko-oppimateriaaliin valittiin teoreettisen ongelma-analyysin pohjalta kaksi osaluetta: jätevedenpuhdistus ja ongelmalähtöinen opetus. Sivuston rakennetta kuvataan alla



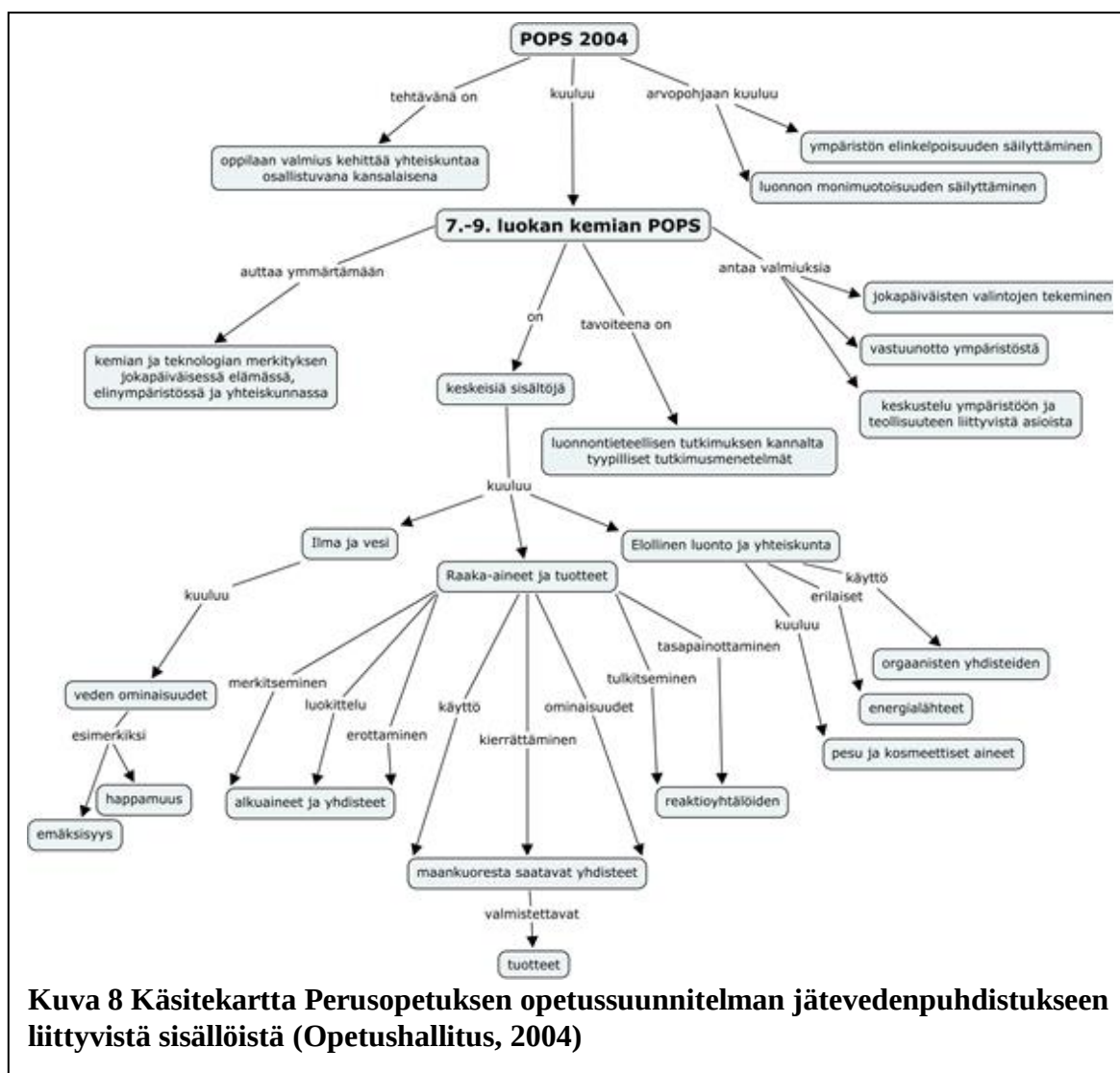
(
 Kuva 7). Alasivusto *Jätevedenpuhdistus* on tarkoitettu oppilaille materiaaliksi, josta on helppo aloittaa jätevedenpuhdistukseen tutustuminen. *Jätevedenpuhdistus*-alasivusto koostuu kolmesta osasta. *Jätevesi*-osa, joka sisältää jäteveden määritelmän (Kabata & Tammi, 2013) ja yleistä tietoa jätevedestä ja sen koostumuksesta. *Jätevedenpuhdistamot*-osa, joka sitoo teeman yhteiskuntaan, teknologiaan ja ympäristöön kiinnostuksen tukemiseksi (Yörük, et al., 2010). *Puhdistusprosessi*-osa, joka sisältää kuvauksen puhdistusprosessin vaiheista ja puhdistuksen kemiasta ja siinä käytettävistä erotusmenetelmistä (Lavonen, et al., 2008; Pedretti, et al., 2008; Opetushallitus, 2004). *Ongelmalähtöinen opetus* -osa on tarkoitettu opettajille ja se sisältää perustietoa ongelmalähtöisestä opetuksesta. Sen alisivuilla käsitellään: Ongelmalähtöisen opetuksen vaiheet, muistilista ongelmalähtöisen opetuksen suunnitteluun ja esimerkkikalvot jätevedenpuhdistuksen ongelmalähtöiseen opetukseen oppitunnille (Rautiainen, 2012).



Opetusmateriaali suunniteltiin yläkoululaisille ja heidän opettajilleen, koska jätevedenpuhdistus aiheena sopii hyvin perusopetuksen opetussuunnitelman perusteisiin ja yläkoulun kemian oppikirjoissa jätevedenpuhdistusaihetta käsitellään hyvin vaihtelevasti (Opetushallitus, 2004; Kabata & Tammi, 2013). Keskeistä sisältöä määritettäessä on otettu huomioon ongelma-analyysin tulokset (Luvut 3 ja 4) ja asiat, jotka perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden (POPS) pohjalta sopivat opetettaviksi jätevedenpuhdistuksen kontekstissa. Sitä kuinka jätevedenpuhdistus linkittyy POPS:an, on kuvattu seuraavalla sivulla olevalla käsitekartalla (



Kuva 8).



Kiinnostuksen lisäämiseksi sivuston jätevedenpuhdistus-osuus suunniteltiin STSE-opetukseen sopivaksi (Pedretti, et al., 2008). Ongelmalähtöisen opetuksen virike suunniteltiin linkittymään STSE-opetukseen (Pedretti, et al., 2008) ja vastaamaan Rautiaisen väitöskirjassaan (2012) esittelemiä hyvän virikkeen määritelmiä. Ongelmalähtöinen opetus on oppilaita aktivoiva ja kiinnostava työtap. Toisaalta se on opettajille vielä melko tuntematon opetusmenetelmä, joten sen kuvailu koettiin tärkeänä.

Ulkoasun suunnittelussa lähdettiin siitä että materiaalin pitää olla rakenteeltaan mahdollisimman selkeä ja yksinkertainen käytettävyyden parantamiseksi (Nevgi & Tirri, 2003). Tärkeänä pidettiin sitä, että sisällysluettelo ja sitä kautta sivuston rakenne ovat selkeästi nähtävissä ja navigoitavissa (Nyman & Kanerva, 2003). Uusille sivustoille vievät hyperlinkit suunniteltiin kirjoitettavaksi osaksi tekstiä, niin että ne kuitenkin aukeavat

uuteen selainikkunaan, jotta halutessaan lukija voi pitää kumpaakin sivua muistissa ja hänen on myöhemmin helppo palata kumpaan tahansa ikkunaan.

Ensimmäisessä versiossa päädyttiin siihen, että sivuilla käytetään vain tekijän itse tekemiä kuvia, jotta lopputulos olisi mahdollisimman pelkistetty ja jotta materiaalin ulkoinen kuormittavuus olisi mahdollisimman pieni (Nyman & Kanerva, 2003). Toisaalta sopivia, sisältöä selittäviä kuvia on myös myöhemmin helppo lisätä sivustolle. Sivustolle päätettiin tehdä käsitekarttoja helpottamaan keskeisten sisältöjen oppimista, sillä niiden avulla opittavat asiat ja niiden väliset suhteet on helppo esittää yhdellä kerralla, jolloin työmuistin kuormitus pienenee (Vekiri, 2002).

Sivustolle päätettiin lisätä linkkejä videoihin sillä useamman kaavan kautta saadut muistiedustukset tukevat toisiaan. Linkkien upottaminen eli esimerkiksi videoiden lisääminen sivulle ei tekijänoikeuksien kannalta ole yksiselitteistä ja siksi päädyttiin lisäämään sivulle linkit eikä tuomaan videoita sivulle. Tätä tukee myös Mayerin tutkimus (2003), jonka mukaan on hyvä pitää sivusto selkeänä ja välttää turhaa materiaalia, joka voi viedä oppijan huomion pois aiheesta. Kiinnostavat yksityiskohdat voivat aiheuttaa sen, että oppimisen tulokseksi jäävät yksityiskohdat eikä itse oppimateriaali. Lisäksi ylimääräinen materiaali johtaa työmuistin kuormituksen kasvamiseen, mikä vaikeuttaa oppimista. (Mayer, 2003; Nyman & Kanerva, 2003)

5.2 Opetusmateriaalin tekeminen ja julkaiseminen

Opetusmateriaali päätettiin julkaista verkossa, koska silloin se on helposti kaikkien käytettävissä, sen markkinointi on helppoa ja useimmat oppilaat pitävät tietokoneella työskentelystä. Tutkimuksessa päädyttiin tekemään ja julkaisemaan materiaali WordPress-julkaisualustalla. Valintaan vaikutti alustan monipuolisuus, muiden opiskelijoiden hyvät käyttökokemukset ja se että palvelu ja sen tarjoama sivutila on ilmaista. WordPressin käyttö ei vaadi erityistä ohjelmointiosaamista, vaan sivujen ulkoasun voi valita sadoista vaihtoehtoista ja sivujen muokkaaminen on helppoa alustalle rakennetun editorin avulla (Kuva 9).

Page Attributes -valikosta pystyy järjestelemään jo luotuja sivuja alikansioihin ja määräämään sivujen järjestyksen. Ennen julkaisua tai muutosten tekemistä Preview-linkistä pystyy tarkistamaan luotavan tai muokattavan sivun ulkoasun. Kun tekstit oli lisätty sivustolle, niihin oli Visual-tilassa helppo lisätä kuvia ja hyperlinkkejä. Visual-tilassa tekstin muotoilu oli helppoa ja onnistui tekstieditorien tapaan yläreunan painikkeilla ja tavallisimmilla näppäinkomennoilla. Toisaalta joskus oli helpompi muokata rivivälejä ja objektien paikkoja Text-tilassa käyttämällä HTML-tunnisteita.

[illegible]

Kuva 10 Näkymä Jätevedenpuhdistusverkkosivulta

Ensimmäinen versio opetusmateriaalista julkaistiin opettajille lähetetyn sähköpostin myötä huhtikuun alussa. Verkko-sivustoa ei päivitetty sähköpostin lähettämisen jälkeen, jotta kaikki sivustoon tutustuvat opettajat pystyivät antamaan samasta versiosta palautetta e-lomakkeella.

6 Kehittämistuotos

Tässä luvussa kuvataan kehittämistuotos eli ongelmalähtöiseen kemian opetukseen tehty verkkosivu. Kehittämistuotos on julkaistu osoitteessa <http://jatevedenpuhdistus.wordpress.com/>. Se sisältää kolme osaa: *jätevedenpuhdistus*, joka on tarkoitettu sekä oppilaille että opettajille materiaaliksi jätevedenpuhdistukseen tutustumiseen, *ongelmalähtöinen opetus*, joka on tarkoitettu opettajille esittelemään ongelmalähtöisen opetuksen periaatteita, ja kuinka sitä voi hyödyntää jätevedenpuhdistuksen kontekstissa sekä *sivusta* jossa kerrotaan verkkosivun rakenteesta. Verkkosivu on avoin ja siihen voi tutustua yllä olevassa osoitteessa. Lisäksi verkkosivusto on HTML-muotoisena liitteenä olevalla cd-levyllä. (Liite 2).

6.1 Verkkosivustosta

Tässä luvussa kerrotaan verkkosivuston aloitussivusta ja sivuilla yleisesti käytössä olevista käytänteistä. Verkkosivuston aloitussivuna toimii *sivusta*-sivu, jossa kerrotaan sivuston rakenteesta. Sivuilla navigoiminen onnistuu joko suuren otsikon alla olevan valikon tai sivun oikeassa reunassa olevan sisällysluettelon avulla. Lisäksi sivuilta voi hakea tietoa *Etsi sivustolta* -hakukentän avulla.

Sivuilla olevat käsitekartat on pyritty pitämään lähellä niihin kuuluvia tekstejä, jolloin oppilas voi pitää paremmin sekä tekstin että kuvan työmuistissaan ja niiden yhdistämien helpottuu (Nyman & Kanerva, 2003; Mayer, 2003). Käsitekartoissa on kuvattu aiheen keskeiset käsitteet. Käsitteiden väliset suhteet on pyritty esittämään selkeästi. Aiemman tutkimuksen mukaan käsitekartoilla voidaan auttaa aloittelijoita jäsentämään uutta tietoa ja

ymmärtämään asioiden välisiä yhteyksiä, mikä on hyvän oppimisen kannalta tärkeää. (Vekiri, 2002; Nyman & Kanerva, 2003).

Osalla sivuista on linkkejä sivun aihetta käsitteleviin internetistä löytyviin videoihin. Videot on esitetty linkkeinä tekstin lopussa. Näin ne eivät vie lukijan huomiota tekstistä, niin kuin ne saattaisivat tehdä, jos ne olisi sijoitettu eri puolille sivuja. Oppilas saattaisi myös yrittää jakaa keskittymisensä kahteen asiaan: tekstin lukemiseen ja videon seuraamiseen samaan aikaan (Nyman & Kanerva, 2003) Tekstin ja linkkien esittäminen toisistaan erillään tukee myös valinnan vapautta. Oppilas voi tällöin itse päättää, katsooko videon vai ei. (Simonson, et al., 2008)

6.2 Jätevedenpuhdistus-sivut

Jätevedenpuhdistus-osuuden tavoitteena on antaa opettajille perustiedot jätevedenpuhdistuksesta ja toimia oppilaille osana ongelmalähtöisen opetuksen itseopiskelumateriaalia. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa (2004) kemian tavoitteina on että oppilas oppii käyttämään tieto- ja viestintätekniikkaa hakiessaan tietoa. Aiemman tutkimuksen mukaan internet tarjoaa niin paljon mahdollisuuksia ja eri paikkoihin pirstaloitunutta tietoa, että opettajan on hankala löytää ja tarjota oppilailleen hyviä ja selkeitä verkko-oppimateriaaleja. Tämä itseopiskelumateriaali on tehty esittelemään jätevedenpuhdistuksen keskeiset käsitteet sekä antamaan aiheesta mahdollisimman selkeä kuva, jolloin oppiminen voi olla merkityksellistä. (Novak, 1998)

Jätevedenpuhdistus-sivun tavoitteena on muodostaa yhteyksiä luonnontieteiden, teknologian, yhteiskunnan ja ympäristön välillä kiinnostuksen herättämiseksi (Yörük, et al., 2010). Materiaalista selviää teknologian vaikutus jätevedenpuhdistuksen kehitykseen ja ympäristön tilan kohenemiseen (Asunta, 2003; Yörük, et al., 2010; Opetushallitus, 2004). Sivulla on myös linkki videoon, jossa kerrotaan jätevedenpuhdistuksen tarpeen syntymisestä, puhdistuksen alkuajoista ja tavoitteista.

Jätevesi-sivun tärkein tavoite on määritellä jätevesi käsitteenä (Kabata & Tammi, 2013). Tavoitteina oli myös käsitellä sitä, mitä jätevesi pitää sisällään, mistä epäpuhtaudet tulevat,

ja kuinka ihmiset vaikuttavat siihen (Parchmann, et al., 2007). Lisäksi käsitellään jäteveden vaikutuksia ympäristöön (Asunta, 2003). Oman toiminnan vaikutusten huomaaminen antaa valmiuksia ottaa vastuuta omista valinnoista ja ympäristöstä (Opetushallitus, 2004). Sivulla on käsitekartta jätevedeen liittyvistä käsitteistä helpottamassa oppimista. Siinä keskeiset käsitteet ja niiden väliset suhteet on pyritty esittelemään selkeästi. Aiemman tutkimuksen mukaan käsitekarttoilla voidaan auttaa aloittelijoita jäsentämään uutta tietoa ja ymmärtämään asioiden välisiä yhteyksiä. (Vekiri, 2002; Nyman & Kanerva, 2003).

Puhdistamot-sivulla pyritään tuomaan näkyväksi teknologian ja yhteiskunnan välistä yhteyttä. Lisäksi sivulla esitetään yhteiskunnan ja ympäristön välinen yhteys. Sivulla annetaan yleiskuva jätevedenpuhdistamoiden merkityksestä sekä siitä, kuinka yhteiskunta ja lainsäädäntö vaikuttavat niiden toimintaan. Lisäksi sivun tarkoituksena on antaa oppilaille valmiuksia keskustella ympäristöön ja teollisuuteen liittyvistä asioista. (Pedretti & Nazir, 2011; Opetushallitus, 2004) Sivulla on kiinnostuksen herättämiseksi myös linkkejä puhdistamoiden sivuille eri puolille Suomea, jotta oppilaiden voisivat tutustua itseään lähellä olevaan todelliseen puhdistamoon (Lavonen, et al., 2008).

Puhdistusprosessi-sivulla esitellään jätevedenpuhdistusprosessin kulku yleisluontoisesti. Sivulla on pyritty esittämään prosessin pääpiirteet, jotta osien välinen yhteys olisi helpompi huomata. Prosessien merkitystä ja niiden suhteita on lisäksi kuvattu käsitekartalla jätevedenpuhdistuksesta. (Novak, 1998; Vekiri, 2002) Kun puhdistusprosessista muodostuu oppilaalle selkeä kuva, se auttaa häntä ymmärtämään kemian ja teknologian merkityksen yhteiskunnassa (Opetushallitus, 2004). Sivun lopusta löytyvät linkit videoihin, joissa esitellään jätevedenpuhdistusprosessia Helsingin Viikinmäessä ja Kotkan Mussalossa. Videoiden on tarkoitus kytkeä asia todelliseen maailmaan ja oppilaan arkeen. Puhtaampaa jätevetä -videolla kerrotaan mitä jätevedestä puhdistetaan ja miksi. Jätevedenpuhdistusprosessi -videossa on puhdistusprosessin esittelyn lisäksi kuvaus, siitä kuinka jätevedenpuhdistus Kotkassa on ajan kuluessa kehittynyt. Videot tarjoavat vaihtoehdon tutustua jätevedenpuhdistukseen muutenkin kuin lukemalla.

Mekaaninen puhdistus -sivulla esitellään mekaanisen puhdistuksen kolme eri prosessia. Niitä ovat välppäys, hiekan- ja rasvanerotus sekä esi-ilmastus. Jokaisen prosessin kohdalla esitellään, mitä prosessissa tapahtuu, mihin se perustuu ja mihin sillä pyritään

vaikuttamaan. Näissä prosesseissa yläkoulun kemian keskeisistä sisällöistä käsitellään yhdisteiden erottamista. (Opetushallitus, 2004).

Kemiallinen puhdistus -sivu käsittelee nimensä mukaan jätevedenpuhdistuksen kemiaa. Sen sisällössä tulee monia kemian opetuksen keskeisiä sisältöjä, kuten yhdisteiden merkitseminen ja luokittelu, reaktioyhtälöiden tulkitseminen, yhdisteiden erottaminen ja happamuus ja emäksisyys (Opetushallitus, 2004). Sivulla esitellään epäorgaanisen fosforin kemiallinen poistoprosessi sekä pääreaktioiden yhtälöt. Reaktioketju ja prosessin eteneminen kuvataan myös *kemiallinen jätevedenpuhdistus* -käsitekartassa.

Biologinen puhdistus -sivu sisältää aktiivilietemenetelmän esittelyn ja kertoo mikrobien toiminnasta puhdistuksessa yleisellä tasolla. Sivulla kerrotaan, mitä biologisella puhdistusprosessilla saadaan aikaiseksi. Lisäksi sivulla on linkki videoon, jossa kerrotaan kuinka viemäriin laitetut vaaralliset jätteet (joita aiemmin kutsuttiin ongelmajätteiksi), esimerkiksi maalit, jäteöljyt, lääkkeet ja osa puhdistusaineista, voivat haitata vedenpuhdistusta tai kulkeutua puhdistusprosessin läpi. Lisäämällä tietoa siitä, mitä merkitystä viemäriin kaadetuilla aineilla on, oppilaalle annetaan mahdollisuus ymmärtää jokapäiväisten valintojen merkitys ja oma vastuunsa ympäristöstä. (Opetushallitus, 2004)

*Jälkiselkeyty*s -sivulla käydään läpi mekaanista puhdistusta, kerrotaan kuinka rankkasateet voivat vaikuttaa puhdistukseen. Sivulla on video, siitä kuinka ylivuotoja torjutaan Viikinmäen puhdistamolla.

Lietteen käsittely -sivulla kerrotaan lyhyesti, mitä jätevedenpuhdistusprosessissa syntyneelle ylimääräiselle lietteelle tehdään. Mädättämöt tuottavat siitä biokaasua ja mädätetty liete taas kierrätetään multatuotteiksi. Kemian 7.–9.-luokan opetussuunnitelman perusteiden keskeisiin sisältöihin kuuluvat energianlähteet sekä raaka-aineiden ja tuotteiden kierrättäminen. (Opetushallitus, 2004)

6.3 Ongelmalähtöinen opetus -sivut

Ongelmalähtöinen opetus -sivujen tavoitteena on edistää ongelmalähtöisen opetuksen käyttöä opetuksessa. Ne on tehty antamaan opettajille pohjatiedot ongelmalähtöisestä opetuksesta ja sen hyödystä oppilaiden motivoimisessa. Sivujen tarkoituksena on mahdollistaa ongelmalähtöisen opetuksen järjestäminen jätevedenpuhdistuksen kontekstissa

Ongelmalähtöinen opetus -sivun tarkoituksena on kertoa opettajalle, miksi ongelmalähtöistä opetusta kannattaa käyttää, ja miten se eroaa perinteisestä opettajajohtoisesta opetuksesta. Lisäksi sivulla kerrotaan lyhyesti PBL-opetuksen historiasta. *PBL:n vaiheet* -sivulla kerrotaan ensin hyvästä virikkeestä ja sen merkityksestä oppimisprosessille. Sivulla on esitelty malli, kuinka ongelmalähtöistä opetusta voi järjestää käyttämällä Rautiaisen (2012) tutkimuksessaan esittelemää Schmidtin seitsemän askeleen mallia. Sivun lopussa on lista virikkeistä, joista suurimpaan osaan on liitetty linkki aiheeseen liittyvälle verkkosivulle, lehtileikkeeseen tai kuvaan. *Muista nämä* -sivulle on kerätty Saveryn (2006) katsausartikkelista lista asioista, joiden tulee toteutua, jotta opetusta voi kutsua ongelmalähtöiseksi, ja jotta sillä saavutetaan halutut tavoitteet. *Kalvot oppitunnille* -sivulla on linkki esimerkki-oppitunnin kalvoihin PowerPoint-tiedostona ja kalvojen tiivistelmiin pdf-muodossa. Tiivistelmät on esitetty myös liitteenä (Liite 3).

6.4 Kehittämistuotoksen arviointi

Tutkimuksen tavoitteena oli kehittää oppilaiden kiinnostusta tukeva jätevedenpuhdistusta käsittelevä opetusmateriaali yläkoulun kemian opetukseen. Tässä luvussa arvioidaan, kuinka tämä tavoite ja kehittämisprosessin aluksi kehittämistuotokselle asetetut seitsemän tavoitetta saavutettiin (Luku 5).

6.4.1 Tapaustutkimus

Kehittämistuotos päätettiin testata tapaustutkimuksella. Tutkimusmenetelmäksi valittiin tapaustutkimus, koska sen avulla voidaan selvittää tietyn joukon kiinnostusta tiettyyn tapaukseen. Tässä tutkimuksessa siis selvitettiin kehitettyyn verkkomateriaaliin tutustuneiden kemian opettajien käsityksiä sekä oppilaiden kiinnostuksesta jätevedenpuhdistukseen ja ongelmalähtöiseen opetukseen että materiaalista ja sen käyttämisestä. Aineisto siihen kerättiin kemian opettajille tehdyllä verkkokyselyllä. Kyselyyn vastasi kahdeksan opettajaa. Tarkoituksena oli siis saada selville, vastasiko kehitetty materiaali sille asetettuja tavoitteita.

Tapaustutkimuksen avulla voidaan selvittää tai pyrkiä ymmärtämään tutkittavaa mallia tai teoriaa. Sen avulla pyritään saamaan lisätietoa tutkittavasta kohteesta. Vaikka tapaustutkimuksessa tulokset eivät ole yleistettävissä, kuten esimerkiksi laajoissa kyselyissä, ne voivat tuoda esille asioita joita suuresta aineistosta ei välttämättä huomattaisi. Tapaustutkimuksissa saadaan arvokasta tietoa juuri tästä tapauksesta, jota voidaan käyttää apuna samankaltaisissa tilanteissa. (Cohen, et al., 2007)

6.4.2 Kysely

Tapaustutkimus toteutettiin kyselytutkimuksena, sillä tutkimuksessa oltiin kiinnostuneita siitä, millaisista asioista opettajat ja oppilaat ovat jätevedenpuhdistuksessa kiinnostuneita, tukeeko ongelmalähtöisyys oppilaiden kiinnostusta kemiaan ja onko opettajilla riittävästi tietoa ongelmalähtöisestä opetuksesta. Kysely päätettiin toteuttaa verkkokyselynä, joka on helppo aikatauluttaa ja jakaa esimerkiksi sähköpostin välityksellä. Sen etuja on aineiston saannin nopeus ja vaivattomuus ja tulosten jatkokäsittelyn helppous. Kun kysely suunnitellaan ja toteutetaan huolellisesti, se on vaivaton ja anonyymi vastaajalle. (Cohen, et al., 2007; Hirsjärvi, et al., 2007) Verkkokysely toteutettiin Helsingin yliopiston e-lomakepalvelun avulla. Käytetyn lomakkeen kysymykset ja ulkoasu esitellään tutkimuksen liitteissä (Liite 1).

Kyselytutkimuksen etuna voidaan pitää sitä, että tutkija ei vaikuta olemuksellaan tai läsnäolollaan vastaajiin. Myös vastaajien mahdollisuus pysyä tuntemattomana tutkijalle vähentää tarvetta vastata niin kuin oletetaan olevan yleisesti suotavaa. (Hirsjärvi, et al., 2007; Valli, 2001)

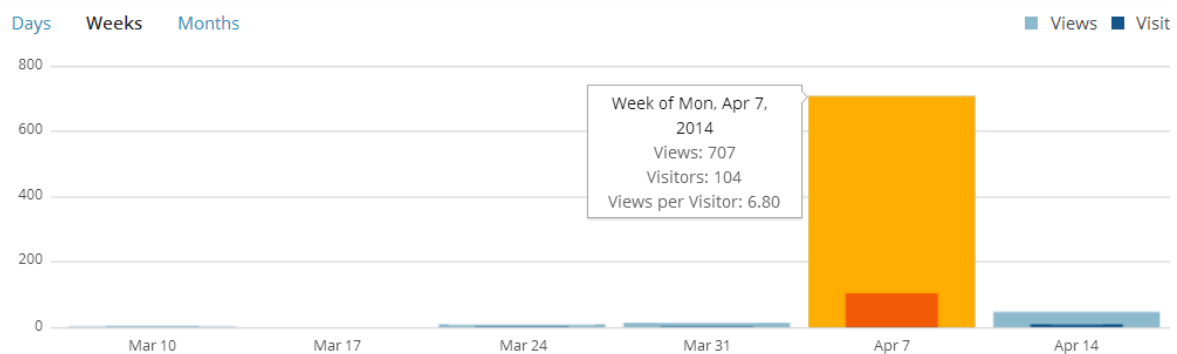
Kyselytutkimuksen haittoina pidetään Hirsjärven et al. (2007) mukaan sitä, että siinä ei voida olla varmoja, kuinka hyvin vastaajat ovat perehtyneet aiheeseen tai ovatko he vastanneet kyselyyn huolellisesti ja tosissaan. Tämä kysely lähetettiin pääsääntöisesti kemian opettajille tarkoitetulle kemia-tiedotus-sähköpostilistalle. Voidaan olettaa että ne opettajat, jotka kyselyyn vastasivat, tekivät sen huolella ja olivat perehtyneet verkkomateriaaliin riittävästi, sillä kyselyn saatteessa toivottiin opettajien vastaavan kyselyyn tutustuttuaan ensin jätevedenpuhdistus-verkkosivustoon. Tästä toiveesta mainittiin myös kyselyn aluksi. Lisäksi kyselyn kohdissa, joissa kysyttiin erityisesti jostain tietystä osasta verkkosivustoa, oli vielä linkki kyseiseen osaan

Yksi kyselytutkimuksen haaste on vastausvaihtoehtojen valinnan epäonnistuminen. Tämän mahdollisuutta vähennettiin sillä että ennen julkaisua kyselyn luki tutkijan lisäksi kaksi ihmistä. Toiseksi kyselyssä käytettiin monivalintavaihtoehto ja ”eri mieltä / samaa mieltä” -väitteiden sijaan, jotta vastaajat eivät valitsisi vastaustaan sen perustella, minkä ajattelevat olevan yleisesti suotavaa. Kolmanneksi monivalintakysymysten teemoista esitettiin myös avoimia kysymyksiä. (Hirsjärvi, et al., 2007)

Kyselyissä muodostuu usein ongelmalliseksi alhainen vastausprosentti. Lyhyen kyselyn, jonka kysymykset ovat hyvin jäsenneiltyjä ja ulkoasu huoliteltu, vastausprosentti on suurempi (Valli, 2001). Vastausten määrää voidaan saada kaksinkertaistettua muistuttamalla kyselyyn vastaamisesta kahdesti. (Hirsjärvi, et al., 2007) Tässä tutkimuksessa vastausten määrä jäi pieneksi, vain kahdeksan opettajaa. Vastausten saamiseksi kyselystä pyrittiin tekemään mahdollisimman lyhyt ja selkeä.

Kyselystä muistuttamisella olisi luultavasti pystytty lisäämään vastausten määrää, sillä 7.4.2014 sähköpostilistalle lähetetyn viestin jälkeen vierailijoiden määrä verkkosivustolla lisääntyi huomattavasti. Alla olevassa kuvassa on WordPressistä noudettu tilasto viikoittaisista kävijämääristä (Kuva 11). Kävijämääriä tarkastelemalla voidaan huomata että Jätevedenpuhdistus-sivustolla kävi maanantaina 7.4. alkaneella viikolla 104 vierailijaa,

jotka kävivät keskimäärin noin seitsemällä sivulla. Verkkomateriaali sai siis melko paljon huomiota viestin lähettämisen ansiosta, mutta vain pieni osa vierailijoista vastasi kyselyyn. Voidaan olettaa, että muistutusviestin avulla verkkosivuilla vierailleista useampi olisi vastannut kyselyyn. Ajan puutteen vuoksi muistuttaminen kuitenkin jäi tekemättä.



Kuva 11: Kävijätilasto jatevedenpuhdistus.wordpress.com-sivustolta.

Maanantaina 7.4. alkaneella viikolla sivustolla kävi 104 vierailijaa, jotka katsoivat yhteensä 707 sivua.

Aineiston analysointi

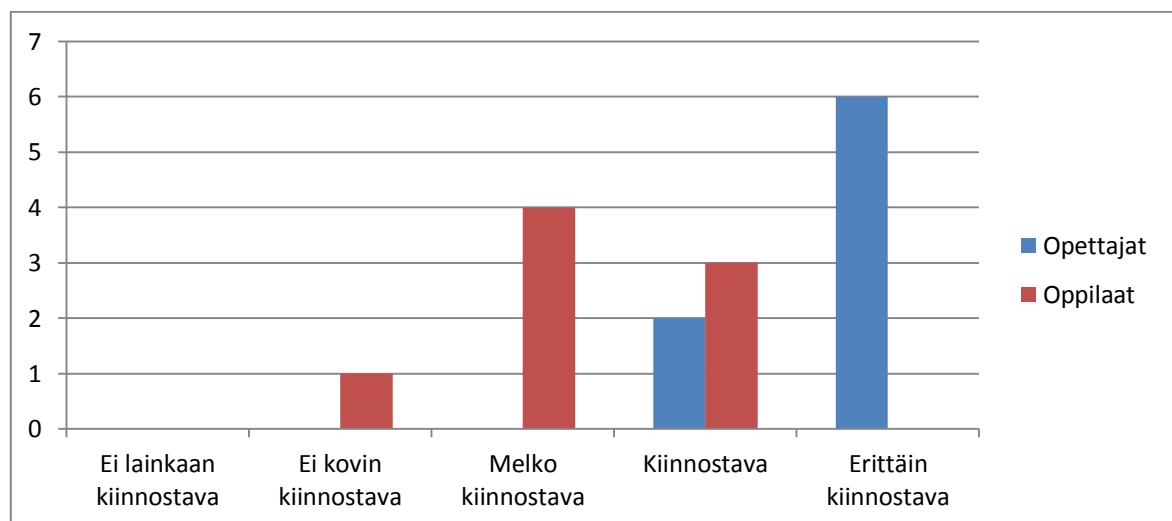
Tuomi ja Sarajärvi (2004) esittelevät kirjassaan muokatun version Laineen ”laadullisen tutkimuksen tekemisen” -rungosta, jonka pohjalta tämän kyselyn tulkinta on toteutettu. Ensimmäisessä vaiheessa määritetään tutkimuskysymykset johon halutaan saada vastaus ja hankitaan aineisto. Tämän tapaustutkimuksen tarkoituksena on vastata koko kehittämistutkimuksen kolmanteen tutkimuskysymykseen ”Miten materiaali soveltuu kemian kiinnostuksen tukemiseen?” (ks. luku 2). Kolmas kysymys on siis kyselyn päätutkimuskysymys, johon kerättiin aineisto verkkokyselyllä. Toisessa vaiheessa aineisto eli opettajien vastaukset taulukoitiin alkuperäisessä muodossaan. Nämä ilmaukset jaettiin samaa asiaa käsitteleviin muutaman sanan mittaisiin pätkiin, tämän tutkimuksen analyysiyksiköihin. Kolmas vaihe oli aineiston tyypittely ja ryhmittely. (Tuomi & Sarajärvi, 2004)

Eskola ja Suoranta (2001) toteavat, että laadullista aineistoa voi analysoida monin eri tavoin ja usein menetelmät sekoittuvat toisiinsa analyysiä tehtäessä. Kyselyn vastausten analysointiin on käytetty pääasiassa tyypittelyä ja kvantifiointia toisiaan tukevinä menetelminä. Kvantifiointia on käytetty ennen kaikkea monivalintakysymysten

tulkinnassa. Näitä tuloksia on täydennetty avointen vastausten tyypittelyllä, jossa aineistosta löydettyjä samankaltaisuuksia on tyypitelty omiksi ryhmikseen. Tyypittelyllä löytyneitä tuloksia perustellaan aineistosta kerättyjen sitaattien avulla. (Eskola & Suoranta, 2001)

6.4.3 Arvioinnin tulokset

Opettajat kokevat jätevedenpuhdistuksen kiinnostavaksi, kuusi kahdeksasta kokee sen erittäin kiinnostavaksi ja loput kaksi kiinnostavaksi. Kolme opettajista arvioi jätevedenpuhdistuksen olevan oppilaista kiinnostava aihe, neljä uskoi aiheen olevan oppilaista melko kiinnostavaa ja yksi että aihe ei ole oppilaista juurikaan kiinnostava. Alla olevassa kuviossa on kuvattu oppilaiden ja opettajien kiinnostusta jätevedenpuhdistukseen (Kuvio 1). Opettajien kiinnostus ristiintaulukoitiin oppilaiden kiinnostuksen kanssa ja sen perusteella huomattiin, että vain yksi opettaja arvioi jätevedenpuhdistuksen aiheena kiinnostavan oppilaita yhtä paljon kuin häntä itseään, muut seitsemän ajattelivat aiheen kiinnostavan oppilaita vähemmän kuin itseään.

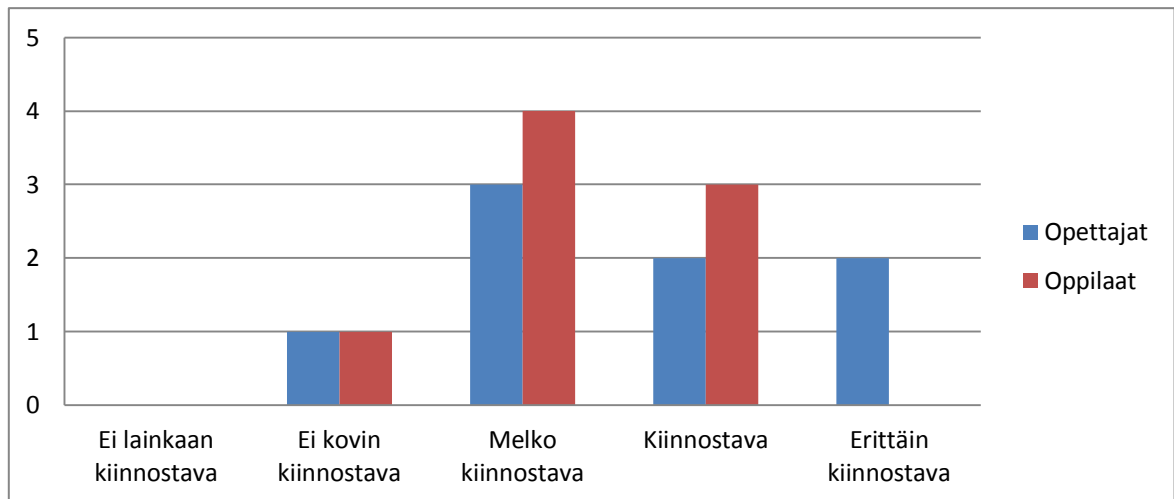


Kuvio 1: Jätevedenpuhdistuksen kiinnostus

Alkuperäinen ilmaus ”Se liittyy jokapäiväiseen elämään, ja on mahdollista käydä paikanpäällä katsomassa mitä tapahtuu.” Jaettiin kahteen erilliseen ilmaisuun, koska siinä on esitetty kaksi eri syytä kiinnostukselle: ”Se liittyy jokapäiväiseen elämään” ja ”on mahdollista käydä paikanpäällä katsomassa mitä tapahtuu”. Kaikki näin muodostetut

analyysiyksiköt ryhmiteltiin tyyppeihin. Esimerkeistä ensimmäisen tyypiksi tuli lopulta *arki* ja toinen päädyttiin tyypittelemään *vierailu puhdistamolle* -tyypin alle. Syitä sille, miksi jätevedenpuhdistus koettiin kiinnostavaksi aiheeksi, löytyi viisi tyyppiä *arki* (mainittiin kolmessa vastauksessa), *vierailu puhdistamolle* (2), *teknologia* (1), *ympäristö* (1) ja *lyhyt etäisyys puhdistamolle* (2). *Ympäristö*-tyyppiin päätyi vastaus ”Mielestäni oppilaiden tulee ymmärtää, että käytetty talousvesi kulkee jätevedenpuhdistusprosessin läpi, jolloin siihen kuluu mm. energiaa.” Ainoaksi tyypiksi, joka vähentää jätevedenpuhdistuksen kiinnostavuutta löytyi *haju* (2). Esimerkki tämän tyypin alkuperäisilmauksesta on ”monia teinejä haju kuvottaa”.

Ongelmalähtöisen opetuksen kiinnostavuus jakoi opettajien mielipiteitä enemmän kun jätevedenpuhdistus. Kaksi opettajista koki ongelmalähtöisen opetuksen erittäin kiinnostavana ja kaksi kiinnostavana. Kolme opettajista ajatteli sen olevan melko kiinnostavaa ja yksi koki, että se ei ole kovin kiinnostavaa. Opettajat arvelivat ongelmalähtöisen opetuksen kiinnostavan oppilaita saman verran kuin jätevedenpuhdistuksen. Kolmen mielestä se on oppilaista kiinnostavaa ja neljä uskoi menetelmän olevan oppilaista melko kiinnostavaa. Yksi opettajista vastasi, että se ei ole oppilaista juurikaan kiinnostava. Alla olevassa kuviossa on kuvattu oppilaiden ja opettajien kiinnostusta ongelmalähtöiseen opetukseen (Kuvio 1). Tulosten perusteella ristiintaulukoitiin opettajien ja oppilaiden kiinnostus. Sen perusteella huomattiin, että yksi opettajista arvioi että PBL:n kiinnostavan oppilaita enemmän kuin häntä itseään. Kolme ajattelee, että se kiinnostaa yhtä paljon ja neljä uskoo, että se kiinnostaa vähemmän oppilaita kuin heitä itseään.



Kuvio 2: Ongelmalähtöisen opetuksen kiinnostavuus

Kysyttäessä, mikä ongelmalähtöisessä opetuksessa kiinnostaa opettajia, saatiin vastaukseksi esimerkiksi ”Ongelmalähtöinen opetus tuo vaihtelua omaan opetustyöhön”. Tämä vastauksen tyyppiä tuli *vaihtelu*. *Oppilaiden taitojen kehittyminen* -tyyppiin kuuluu esimerkiksi vastaus, jossa sanottiin ”valmennetaan oppilaita tulevia ongelmatilanteita varten”. Muita tyyppejä on *menetelmän avoimuus* ja *oppilaan aktiivisuus*. Kiinnostusta vähensi *ajan puute*, *epäily oppimistuloksista* ja *menetelmän vaikeus*. Ongelmalähtöisyyden uskotaan kiinnostavan oppilaita, koska se tuo *vaihtelua*, antaa oppilaalle *mahdollisuuden tehdä valintoja* ja olla *aktiivinen*. Esimerkkinä tyypillisestä *aktiivisuuteen* tyypitelystä vastauksesta on: ”Toisaalta kun ei ole pelkkä kuuluja (vastaaja tarkoittanee kuulija), niin asian kiinnostavuus lisääntyy.” Oppilaiden kiinnostusta opettajien mukaan vähentää *vastuu omasta oppimisesta* ja *PBL:n vaikeus*.

Opettajat kokivat, että sivustolla on vähintään riittävästi tietoa jätevedenpuhdistuksesta. Opettajille sitä oli kaikkien mielestä sopivasti. Kahden opettajan mielestä tietoa oli oppilaille liikaa. Avointen vastausten perusteella jätevedenpuhdistus oli käsitelty hyvin ja riittävällä tarkkuudella. Yksi opettajista kirjoitti: ”voisin käyttää tätä (materiaalia) lukion ympäristökemian kurssilla, sinne sopisi lähestymistapakin, ja silloin voisi olla enemmän reaktioita.”

Seitsemän opettajaa koki, että sivuilta saa sopivasti tietoa ongelmalähtöisestä opetuksesta ja yksi vastasi, että tietoa on liian vähän. Hän koki ongelmalähtöisen opetuksen melko kiinnostavana, mutta ei vastannut kysymykseen, mitä tietoa ongelmalähtöisestä opetuksesta sivulla vielä pitäisi olla. Yksi opettajista toivoi konkreettista esimerkkiä siitä,

millaista ongelmalähtöinen opetus olisi ja kuinka se käytännössä etenisi. Yksi opettajista esitti, että tekojätevedenpuhdistus-virike ei ole täysin avoin ongelma, sillä hänen mielestään jätevedenpuhdistuksessa tavoiteratkaisuja ei ole kovin montaa. Hän ehdotti että ongelmalle olisi annettu ”oikea ratkaisu” ja työohje veden puhdistamiseksi.

Opettajat uskoivat että materiaali olisi kiinnostavampi, jos siihen lisättäisiin kuvia (eri vaiheista jätevedenpuhdistusprosessia) tai videoita. Myös kysyttäessä materiaalin ulkoasusta opettajat kaipasivat sivuille elävyyttä ja ehdottivat värien, kuvien ja videoiden lisäämistä. ”Kaipasin sivustoihin elävyyttä. Tällä hetkellä tekstiä oli aika paljon ja pienellä fontilla. Sivusto oli jotenkin harmaa eikä ehkä houkutellut lukijaa.” Yksi opettaja toivoi sivuille kaavioita selkiyttämään joitakin asioita. Hän ei kuitenkaan eritellyt, mitä selkiytettävät asiat olisivat. Lisäksi toinen opettaja toivoi, että sivustoa voisi lukea kuin kirjaa, niin että luettuaan sivun siitä on linkki seuraavalle sivulle.

Kukaan vastaajista ei kokenut hyperlinkkejä tekstin seassa häiritseviksi. Hyperlinkit koettiin hyviksi, koska niistä asiasta kiinnostuneet saavat helposti lisätietoa. Tekstin keskellä sulkeissa olevien lähdeviitteiden häiritsevyys jakoi opettajien mielipiteet. Kolme opettajista oli sitä mieltä, että ne eivät häiritse ja yksi sitä mieltä että häiritsevät. Neljä ei ottanut asiaan kantaa. Yksi opettajista toivoi, että lähteet merkitään asiayhteyteen, ei vain listaksi loppuun, toinen opettaja taas toivoi lähdeluetteloa.

6.4.4 Tulosten luotettavuus

Kehittämispäätökset kehittämisprosessin aikana perusteltiin ja kuvattiin, kehittämisprosessin ja -tuotoksen kuvailussa. Tämä mahdollistaa tutkimuksen luotettavuuden, tutkimuksen toistettavuuden ja arvioinnin (Edelson, 2002)

Laadullisen tutkimuksen luotettavuutta arvioidaan Lincolnin ja Cuban luokittelun neljällä kriteerillä: uskottavuus, siirrettävyys, luotettavuus ja vahvistettavuus. Tässä tutkimuksessa uskottavuus näkyy uuden verkko-materiaalin kehittämisenä. Opetusmateriaaliin kehitettiin osio jätevedenpuhdistuksesta, jota voi käyttää sellaisenaan tai ongelmalähtöisen oppimisen itsenäisen työn vaiheessa. Sivustolle kehitettiin opettajille ongelmalähtöisen opetuksen - osio, joka tukee opettajia käyttämään ongelmalähtöistä oppimista opetuksessaan. Lisäksi

kehittämiskuvauksessa on ohjeet kuinka vastaavan verkkosivuston voi toteuttaa. Siirrettävyys toteutuu, koska materiaali on helposti käytettävissä ja nykyisen perusopetuksen opetussuunnitelman mukainen. Luotettavuus saavutettiin kehittämisen syklittävyydellä, joka sisälsi myös materiaalin kokeilua ja arviointia. Kehittämiskuvauksen raportointiin tarkasti, jotta tutkimus on vahvistettavissa. (Tuomi & Sarajärvi, 2004)

Materiaalin arviointi tehtiin tapaustutkimuksena, jonka aineisto kerättiin verkkokyselyllä. Kyselyn luotettavuuden kannalta on tärkeää että kyselylomake on tehty huolella. Tässä tutkimuksessa kyselylomake testattiin etukäteen, jolloin huomattiin monivalintakysymysten kiinnostusasteikon olevan epätasapainoinen. Tämä muutettiin opettajille lähetettyyn kyselyyn. (Hirsjärvi, et al., 2007)

Tapaustutkimuksella ei pyritty suureen yleistettävyyteen, vaan saamaan näkökulmia materiaalin arvioimiseksi ja kehittämiseksi. Tässä tutkimuksessa kyselyyn vastanneiden määrä jäi kuitenkin hyvin pieneksi, kahdeksan vastausta. Avointen vastausten perusteella kyselyyn vastanneet opettajat olivat kuitenkin vastanneet huolellisesti ja totuuden mukaisesti, mikä lisää luotettavuutta. (Hirsjärvi, et al., 2007)

7 Jatkokehittäminen

Materiaalin arvioinnin perusteella verkkosivustolle löytyi useita kehittämiskohteita. Niistä tärkein on ongelmalähtöinen oppiminen -osion selkiyttäminen. Kyselyssä selvisi, että opettajat eivät olleet ymmärtäneet ongelmalähtöistä oppimista ja että oppitunnin rakenteen ja tavoitteiden auki kirjoittaminen sivuille olisi tärkeää, materiaalin tarkoituksen mukaisen käytön kannalta.

Toinen seikka mitä pitää kehittää, on sivujen navigoitavuus. Vaikka siihen kiinnitettiin sivustoja luotaessa huomiota, silti yksi kahdeksasta opettajasta koki sivustolla liikkumisen työläänä. Sivuille onkin syytä lisätä sivuston sisäisiä linkkejä esimerkiksi ”puhdistuksen seuraan vaiheeseen”, jotka mahdollistaisivat sivuston käyttämisen kirjantapaan.

Kolmanneksi kahden opettajan palautteen perusteella jätevedenpuhdistusosa tulisi käydä läpi ja pohtia onko sivustolla turhaa tietoa ja mitä voisi ja kannattaisi ottaa pois. Lisäksi jätevedenpuhdistusosioon olisi hyvä lisätä kuvia puhdistusprosessin erivaiheista, jotta materiaalista tulisi konkreettisempi. Toisaalta kuvat myös elävöittäisivät sivustoa ja voisivat tukea oppimista jos olisivat aiheen kannalta tärkeitä. Esimerkiksi prosessikaavion lisääminen sivulle voisi selkiyttää jäteveden monimutkaista puhdistusprosessia.

8 Johtopäätökset ja pohdinta

Tutkimuksen tavoitteena oli kehittää oppilaiden kiinnostusta lisäävä jätevedenpuhdistusta käsittelevä opetusmateriaali yläkoulun kemian opetukseen. Aihetta tutkittiin kolmesta näkökulmasta. Ensinäkin tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia aikaisemman kemian opetuksen tutkimuksen ja empiirisen ongelma-analyysin pohjalta, miten yläkoulun oppilaiden kiinnostusta kemiaan voidaan tukea (ks. luku 8.1).

Toiseksi kehittämistutkimuksen avulla edellisen pohjalta selvitettiin, millainen jätevedenpuhdistusta käsittelevä ongelmalähtöinen opetusmateriaali tukee yläkoulun oppilaiden kiinnostusta kemiaan (ks. luku 8.2). Kolmanneksi tutkimuksessa tutkittiin kuinka kehitetty materiaali sopii yläkoulun oppilaiden kemian kiinnostuksen tukemiseen (ks. luku 8.3).

8.1 Kiinnostuksen tukeminen

Kiinnostuksesta kannattaa olla kiinnostunut siksi, että oppijan kiinnostuksella on voimakas vaikutus oppimiseen, se vaikuttaa huomioon, tavoitteisiin ja oppimisen tasoon. (Krapp & Prenzel, 2011; Lavonen, et al., 2008) Teoreettisessa ongelma-analyysissä saatiin vastaus ensimmäiseen tutkimuskysymykseen eli miten yläkoulun oppilaiden kiinnostusta jätevedenpuhdistuksen kemiaa kohtaan voidaan tukea.

Ohjaavilla olosuhteilla tai oppimisympäristöllä, joka sisältää ryhmätöitä, ongelmia tai tietokonetyöskentelyä, voidaan synnyttää heräävä tilannekohtainen kiinnostus. Jos sitä saadaan ylläpidettyä esimerkiksi yhteistoiminnallisen ryhmätyön avulla, voidaan saada

aikaan kehittyvä tilannekohtainen kiinnostus. (Hidi & Renninger, 2010) Aikaisemman tutkimuksen pohjalta tiedetään, että kiinnostuksen aste ja kehittymisen suunta riippuvat sekä opiskeltavasta asiasta että opetusmenetelmästä (Krapp & Prenzel, 2011).

Aiemmista tutkimuksista selvisi, että ympäristökysymykset kiinnostavat opiskelijoita, koska ne ovat liitettävissä oppilaan arkielämään ja lähiympäristöön (Lavonen, et al., 2008; Taskinen, 2008). Useiden tutkimusten mukaan opetuksen kontekstuaalisuudella voidaan lisätä oppilaiden kiinnostusta luonnontieteisiin (Parchmann, et al., 2007; Bennet, 2003; Gilbert, 2007). Katsausartikkelissaan Pedretti ja Nazir (2011) toteavat, että STSE-yhteyksien huomioiminen luonnontieteiden opetuksessa lisää oppilaiden kiinnostusta luonnontieteitä kohtaan. Kuitenkin, kuten Harp ja Mayer (1998) tutkimuksessaan kirjoittivat, kiinnostavien mutta aiheen kannalta epäolennaisten tarinoiden tai yksityiskohtien on huomattu vähentävän tärkeiden asioiden oppimista. He suosittelivat käyttämään houkuttelevaa tietoa vain johdannossa tai yksinkertaisesti jättämään epäolennaiset tiedot pois.

Ongelmalähtöinen opetus on tehokas tapa motivoida opiskelijoita ja lisätä kemian kiinnostavuutta (Rautiainen, 2012). Ongelmalähtöinen oppiminen ja merkityksellinen verkko-oppiminen tukevat toisiaan, sillä kummallekin on olennaista että opiskelija on aktiivinen, etsii tavoitteellisesti tietoa ja liittää sitä aiemmin oppimaansa. (Biggs, 1999; Novak, 1998)

Jätevedenpuhdistusaiheiselle materiaalille voitiin nähdä tarve empiirisen ongelma-analyysin (luku 4) perusteella, sillä siinä huomattiin, että yläkoulun kemian oppikirjoissa jätevedenpuhdistusta on käsitelty hyvin vaihtelevasti.

8.2 Kiinnostava jätevedenpuhdistusta käsittelevä verkkomateriaali

Tutkimuksessa kehitetyn opetusmateriaalin tavoitteena on tukea oppilaiden kiinnostusta kemiaan. Materiaalin suunnittelun ja toteutuksen taustana olivat teoreettinen ja empiirinen ongelma-analyysi, joiden pohjalta luotiin seitsemän tavoitetta, jotka koskivat jätevedenpuhdistusmateriaalin sisältöä ja sen integroitavuutta yläkouluun kemian opetukseen, STSE- ja ongelmalähtöisen opetuksen käyttöä ja verkkomateriaalin

käytettävyyttä. Tutkimuksessa kehitetty opetusmateriaali julkaistiin verkossa, koska silloin se on helposti käytettävissä ja sen markkinointi on helppoa.

Kehittämisprosessin aikana päädyttiin siihen että oppilaiden kiinnostusta kemiaan voidaan tukea kolmella tavalla: Ensinnäkin lähestymällä aihetta STSE-näkökulmasta, toiseksi käyttämällä opetusmenetelmänä ongelmalähtöistä oppimista ja kolmanneksi tarjoamalla mielekäs verkko-opetusmateriaali.

Jätevedenpuhdistusta ja sen kemiaa lähestytään materiaalissa STSE-näkökulmasta oppilaiden kiinnostuksen herättämiseksi (Pedretti, et al., 2008). Verkko-opetusmateriaalin tekemisessä otettiin huomioon, että merkityksellisen tekemisen avulla voidaan ylläpitää tilannekohtaista kiinnostusta (Hidi & Renninger, 2010). Ongelmalähtöinen opetus täyttää merkityksellisen oppimisen piirteet ja siksi se sopii hyvin kiinnostuksen tukemiseen (Moust, et al., 2005).

Nevgi ja Tirri (2003) esittävät hyvän verkko-opetuksen täyttävän kolme piirrettä. Heidän mukaansa se on monipuolista, sen sisältö on laadukasta ja sen linkitys on hyvä. Verkkomateriaalin toteuttamisessa pyrittiin ottamaan nämä kolme piirrettä huomioon.

Monipuolisuutta tutkimuksessa kehitetylle sivustolle tuovat sivuston keskeisissä käsitteissä olevat hyperlinkit, jotka vievät käsitteitä selventäville ulkopuolisille sivuille, linkit erilaisiin jätevedenpuhdistusta käsitteleviin videoihin, käsitekartat sekä kommenttikentät, jotka antavat mahdollisuuden kommentoida ja kysyä.

Käsitekartoilla on myös tärkeä merkitys sivujen sisällön laadukkuuden kannalta. Käsitekarttojen avulla on kuvattu sivuston kemian kannalta tärkeimmät käsitteet, mikä auttaa jäsentämään uutta tietoa ja ymmärtämään käsitteiden välisiä suhteita. (Vekiri, 2002; Nyman & Kanerva, 2003) Sisällön laadukkuutta parantaa myös se, että sivuilla ei ole ylimääräistä tietoa tai kuvia. Sivujen selkeys parantaa laatua kahdesta syystä. Ensinnäkin oppilaan työmuisti kuormittuu mahdollisimman vähän ja toisaalta oppimisen tulokseksi eivät jää houkuttelevat yksityiskohdat vaan oppimateriaalin keskeiset asiat. (Mayer, 2003; Nyman & Kanerva, 2003)

Sivuston sisällysluettelo ja sitä kautta sivustonrakenne ovat selkeästi nähtävissä ja navigoitavissa, jotta sivujen käyttö olisi mahdollisimman helppoa. Myös materiaalin ulkoasun ja rakenteen selkeys ja yksinkertaisuus helpottavat sivustolla liikkumista. (Nevgi & Tirri, 2003) Sivuilla olevat käsitekartat on pyritty pitämään lähellä niihin kuuluvia tekstejä, jolloin oppilas voi pitää paremmin sekä tekstin että kuvan työmuistissaan ja niiden yhdistämien helpottuu (Nyman & Kanerva, 2003; Mayer, 2003)

8.3 Kiinnostus kehitettyä verkkomateriaalia kohtaan

Tässä luvussa esitellään johtopäätöksiä, jotka on tehty vertaamalla kehitetyn verkko-opetusmateriaalin laadullisena tapaustutkimuksena toteutetussa arvioinnissa (Luku 6.4) saatuja tuloksia aiempiin tutkimuksiin.

Jätevedenpuhdistuksessa oppilaita kiinnostaa sen liittyminen heidän jokapäiväiseen elämäänsä. Tämä tulos sopii hyvin yhteen kontekstuaalisuutta käsittelevien tutkimusten kanssa (esim. Yörük, et al., 2010; Parchmann, et al., 2007), jossa esitetään kontekstuaalisuuden lisäävän kiinnostusta aiheeseen liittäessään sen oppilaan arkeen. Materiaalissa jätevedenpuhdistuksen yhteys oppilaan jokapäiväiseen elämään on tuotu esiin esimerkiksi kertomalla millaisia kuormituksia yksi ihminen jäteveteen aiheuttaa ja mitä vaikutuksia yksilöllä ja hänen teoillaan on jäteveteen. Tutkimuksessa jätevedenpuhdistuksessa kiinnostavaksi asiaksi löytyi se, että puhdistamoille voi tehdä vierailun. Tämä sopii hyvin yhteen Lavosen et al. (2008) tulosten kanssa, että oppilaista konkreettiset asiat ovat kiinnostavia. Tutkimuksessa jätevedenpuhdistamisen kiinnostavuuden syyksi löytyi myös puhdistamon läheinen sijainti. Sen voi ajatella kuuluvan kumpaakin edelliseen tulokseen eli liittyvän oppilaan arkipäivään ja olevan konkreettinen asia. Kaikkien naapurissa ei kuitenkaan ole jätevedenpuhdistamoja tai sinne ei ole mahdollisuutta tehdä vierailua. Materiaalin avulla puhdistamot on tuotu lähelle videoiden muodossa, mikä lisää materiaalin konkreettisuutta. Opettajat uskoivat, että kehitetty verkkomateriaali olisi kiinnostavampi, mikäli siihen lisättäisiin kuvia jätevedenpuhdistusprosessin eri vaiheista.

Yhtä opettajista jätevedenpuhdistus kiinnosti erityisesti siitä syystä, että hän koki että sen avulla pystyy vaikuttamaan oppilaiden asenteisiin ja saamaan heidät pohtimaan valintojaan

ympäristön kannalta. Tutkimuksessaan Taskinen (2008) kirjoittikin tämän olevan opettajille tärkeää. Samassa tutkimuksessa todettiin ympäristöasioiden kiinnostavan myös oppilaita. Kehitetystä materiaalissa jäteveden vaikutus ympäristöön on otettu esille useissa kohdissa.

Koska kiinnostukseen vaikuttaa myös opetusmenetelmä (Krapp & Prenzel, 2011), kysyttiin tutkimuksessa ongelmalähtöisen opetuksen kiinnostavuudesta, sillä materiaali on suunniteltu käytettäväksi ongelmalähtöisessä opetuksessa. Opettajat kokivat, että ongelmalähtöinen oppiminen olisi oppilaista melko kiinnostavaa.

Eniten kiinnostavuutta ongelmalähtöisessä opetuksessa lisäsi sen tuoma vaihtelu. Vaihtelu onkin hyvä tilannekohtaisen kiinnostuksen herättäjänä (Hidi & Renninger, 2010). Myös valintojen tekeminen ja mahdollisuus olla aktiivinen lisäävät oppilaiden kiinnostusta. Nämä ovat merkityksellisen oppimisen piirteitä, joiden tehtävä opetuksessa on tärkeä, jotta tilannekohtaista kiinnostusta saadaan ylläpidettyä oppimisprosessin ajan (Novak, 1998; Hidi & Renninger, 2010). Yksi opettajista koki, että oppilaiden vastuu omasta oppimisestaan vähentää ongelmalähtöisen opetuksen kiinnostavuutta. Tämä on ristiriidassa edellisen kanssa, sillä vastuun ottaminen omasta oppimisesta on tärkeää mielekkäässä oppimisessa (Nevgi & Juntunen, 2005).

Aiemmassa tutkimuksessa on huomattu, että etenkin aloittelijan kannalta on tärkeää, että materiaalissa ei ole ylimääräistä tietoa, jotta keskeisten asioiden suhteiden hahmottaminen olisi helpompaa ja mielekäs oppiminen mahdollista (Nyman & Kanerva, 2003; Novak, 1998). Tässä tutkimuksessa tehdyssä kyselyssä osa opettajista oli sitä mieltä, että sivustolla on oppilaille liikaa tietoa jätevedenpuhdistuksesta. Se on otettu huomioon sivuston kehittämissuunnitelmassa, jossa eräänä tarkasteltavana asiana on sisällön laajuus.

8.4 Tutkimuksen merkitys

Tässä kehittämistutkimuksessa tehtiin verkko-opetusmateriaali jätevedenpuhdistuksen opettamiseen ongelmalähtöisesti yläkoulussa. Jätevedenpuhdistus on hyvä konteksti opettaa kemiaa, koska se luo yhteyksiä luonnontieteiden, teknologian, yhteiskunnan ja ympäristön välille. Näiden yhteyksien ymmärtäminen on tärkeää, jotta oppilaat

ymmärtävät luonnontieteiden olevan merkityksellisiä yhteiskunnallisessa päätöksenteossa ja että luonnontieteiden ja teknologian avulla voidaan suojella ja parantaa ympäristön tilaa. Tämä antaa oppilaille valmiuksia keskustella yhteiskunnallisista asioista. Kehittämisen tavoitteena oli luoda yläkouluun ongelmalähtöinen verkko-opetusmateriaali, joka tukee oppilaiden kiinnostusta kemiaan. Kehittäminen perustui aiempaan opetuksen tutkimukseen, kuten kehittämistutkimuksen kuuluukin.

Materiaali julkaistiin verkossa, jotta sen jakaminen on helppoa ja se on mahdollisimman monien käytettävissä. Verkkomateriaali päätettiin kehittää ilmaisohjelmalla, jolloin verkko-opetusmateriaalin tekeminen tämän tutkimuksen tarjoamalla mallilla ja ohjeilla on mahdollista kaikille. Verkko-opetusmateriaaliin luotiin kolme osaa, joista ensimmäinen kuvailee lyhyesti materiaalin rakennetta. Toinen osa on oppilaille suunnattu jätevedenpuhdistusta esittelevä sivusto ja kolmas opettajille suunnattu osuus ongelmalähtöisestä oppimisesta.

Verkko tarjoaa ongelmalähtöisen opetuksen itsenäiselle työskentelylle hyvän alustan, sillä se on avoin sekä tarjoaa paljon tietoa ja useita vaihtoehtoja etsiä tietoa. Yläkoululaiset kuitenkin tarvitsevat tukea, jotta pystyvät ratkaisemaan ongelman, löytävät ongelman kannalta merkityksellistä tietoa ja pystyvät arvioimaan tiedon laatua, sillä usein heidän pohjatietonsa ovat vielä melko vaatimattomia. Sitä varten tässä tutkimuksessa rakennettiin verkko-opetusmateriaali, jota voi käyttää muutenkin kuin ongelmalähtöiseen oppimiseen.

Tutkimuksen aikana ongelmalähtöinen opetus alkoi tuntua yhä paremmalta tavalta tukea kemian kiinnostavuutta ja lähestyä jätevedenpuhdistuksen kemiaa. Ongelmalähtöinen opetus parantaa kemian esitystaitoja ja kehittää ryhmätyötaitoja. Se on tehokas tapa motivoida opiskelijoita ja lisätä kemian kiinnostavuutta. Lisäksi se aktivoi oppilasta ja mahdollistaa toimimisen kuin oikea tutkija. Se on tapa, joka opettaa oppilaille tärkeitä ongelmanratkaisun taitoja.

Kyselyyn vastanneet opettajat uskoivat, että oppilaat pitävät ongelmalähtöistä opetusta melko kiinnostavana opetusmenetelmänä. Sen kiinnostaviksi puoliksi tutkimuksessa nousi esiin avoimuus, sen opettajajohtoiseen opetukseen tarjoama vaihtelu ja oppilaan mahdollisuus osallistua aktiivisesti. Opettajia sen käyttö kuitenkin mietitytti ajankäytöllisesti. Lisäksi menetelmä koettiin oppilaille liian vaikeaksi. Tutkimuksen

perusteella näytti siltä että ongelmalähtöinen opetus ei ollut kyselyyn vastanneille opettajille kovin tuttu.

Tutkimuksen tekemisen aikana olen oppinut tekemään verkko-opetusmateriaaleja. Uskon, että tulevaisuudessa aion käyttää luomaani materiaalia opetuksessani ja kokeilla jollakin tulevalla kemian kurssillani tuottaa verkkomateriaalia lähiopetuksen tueksi. Ennen tätä tutkimusta en muista kuulleen ongelmalähtöisestä opetuksesta, mutta mitä paremmin siihen tutkimuksen aikana tutustuin, sitä varmemmin uskon käyttäväni sitä opetuksessani.

Verkkomateriaalin arviointi toteutettiin laadullisena tapaustutkimuksena, johon osallistui kahdeksan opettajaa, joten kyselyn tulokset ovat suuntaa antavia. Seuraavaksi verkko-opetusmateriaalia kannattaakin kehittää opettajien ajatusten suuntaan. Tarkastella onko sivustolla epäolennaista tietoa, lisätä sivuille linkkejä ja kuvia. Tulevaisuudessa ongelmalähtöisen opetuksen kiinnostavuutta kannattaisi tutkia tekemällä kysely suuremmalle joukolle ja kysyä kiinnostavuudesta suoraan oppilailta. Lisäksi tuotettua materiaalia olisi hyvä kokeilla käytännössä.

Ongelmalähtöisen opetuksen käyttämisestä on saatu hyviä tuloksia., mutta opettajille se on vielä melko tuntematon menetelmä. Tulevaisuudessa olisikin tärkeää kehittää helposti käytettäviä ongelmalähtöisiä opetusmateriaaleja, joita opettajien on helppo ottaa käyttöön.

LÄHTEET

- Abrandt Dahlgren, M. & Öberg, G., 2001. Questioning to learn and learning to question: Structure and function of problem-based learning scenarios in environmental science education. *Higher Education*, 41(3), p. 263 282.
- Ainley, M. & Ainley, J., 2011. A Cultural Perspective on the Structure of Student Interest in Science. *International Journal of Science Education*, 33(1), pp. 51 - 71.
- Anderson, T. & Shattuck, J., 2012. Design-Based Research: A Decade of Progress in Education Research?. *Educational Researcher*, 41(1), pp. 16 - 25.
- Asetus yhdyskuntajätevesistä 888/2006, 2006. A12.10.2006/888. Helsinki: s.n.
- Asunta, T., 2003. *Knowledge of environmental issues : where pupils acquire information and how it affects their attitudes, opinions, and laboratory behaviour*. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto.
- Bennet, J., 2003. Context-based approaches to the teaching of science. Teoksessa: *Teaching and learning*. Lontoo: Continuum, pp. 99 - 122.
- Bernard, R. M. ym., 2004. How does Distance-Education compare with classroom instruction? A meta-analysis of the empirical literature. *Review of Educational Research*, 73(3), pp. 379 - 439.
- Biggs, J., 1999. What the Student Does: teaching for enhanced learning. *Higher Education Research & Development*, 18(1), pp. 57 - 75.
- Biggs, J. & Tang, C., 2011. *Teaching for Quality Learning at University*. Neljäs painos toim. Buckingham: Open University Press.
- Bitton, G., 2005. *Wastewater Microbiology*. 3rd toim. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc..
- Boud, D. & G, F., 1997. *The challenge of problem-based learning*. Toinen painos toim. Lontoo: Kogan Page.
- Butler, D. & Davies, J., 2004. *Urban Drainage*. 2nd edition toim. Lontoo: Spon Press.

Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K., 2007. *Research methods in education*. 6. painos toim. Oxon: Routledge.

Collins, A., Joseph, D. & Bielaczyc, K., 2004. Design Research: Theoretical and Methodological Issues. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), pp. 15 - 42.

Design-Based Research Collective, 2003. Design-based research: An emerging paradigm. *Educational Researcher*, 32(1), pp. 5 - 8.

Dolmans, D. M. & Snellen-Balendong, H., 1997. Seven principles of effective case design for a problem-based curriculum. *Medical Teacher*, 19(3), pp. 185 - .

Duffy, T. M. & Jonassen, D. H., 1992. Constructivism. New Implications for Technology. Teoksessa: T. M. Duffy & D. H. Jonassen, toim. *Constructivism and the Technology of Instruction: A Conversation*. New Jersey: Psychology Press.

Eames, C., Cowie, B. & Bolstad, R., 2008. An evaluation of characteristics of environmental education practice in New Zealand schools,. *Environmental Educational Research*, 14(1), pp. 35 - 51.

Edelson, D. C., 2002. Design Research: What We Learn When We Engage in Design. *Journal of the Learning Science*, 11(1), pp. 105-121.

El Samrani, A. G. ym., 2004. Clarification of municipal sewage with ferric chloride: the nature of coagulant species. *Water Research* 38 , p. 756–768.

Eskola, J. & Suoranta, J., 2001. *Johdatus laadulliseen tutkimukseen*. 5. painos toim. Tampere: Vastapaino.

Gardner, P. L., 1996. *Students' Interests in Science and Technology: Gender Age and Other Factors*. Seeon, Germany, International Conference on Interest and Gender: Issues of Development and Change in Learning.

Gilbert, J. K., 2007. On the Nature of “Context” in Chemical Education. *International Journal of Science Education*, 28(9), pp. 957 - 976.

Harp, S. F. & Mayer, R. E., 1998. Seductive Details Do Their Damage: Theory of Cognitive Interest in Science Learning. *Journal of Educational Psychology*, 90(3), pp. 414-434.

Heinonen, J., 2005. *Opetussuunnitelmat vai oppimateriaalit: Peruskoulun opettajien käsityksiä opetussuunnitelmien ja oppimateriaalien merkityksestä opetuksessa. Väitöskirja.* Helsinki: Helsingin yliopisto. käyttäytymistieteellinen tiedekunta, soveltavan kasvatustieteen laitos.

Helsingin seudun ympäristöpalvelut, 2009. *HSY - Vesi.* [Online] Available at: <http://www.hsy.fi/vesi/palvelut/jatevesi/puhdistamot/viikinmaki/Sivut/luelisaaviikinmaesta.aspx> [Haettu 6 10 2010].

Helsingin seudun ympäristöpalvelut, 2010. *HSY - Vesi.* [Online] Available at: <http://www.hsy.fi/vesi/palvelut/jatevesi/kiertokulku/Sivut/default.aspx> [Haettu 6 10 2010].

Hidaka, T., Tsuno, H. & Kishimoto, N., 2003. Advanced treatment of sewage by pre-coagulation and. *Water Research* 37, pp. 4259-4269.

Hidi, S., 2000. An interest researcher's perspective: The effects of extrinsic and intrinsic factors on motivation. Teoksessa: C. Sansone & J. M. Harackiewicz, toim. *Intrinsic and extrinsic motivation.* San Diego: Academic Press., pp. 309-339.

Hidi, S. & Renninger, K. A., 2010. The Four-Phase Model of Interest Development. *Educational Psychologist*, 41(2), pp. 111 - 127.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P., 2007. *Tutki ja kirjoita.* 13. painos toim. Helsinki: Tammi.

HSY - Helsingin seudun ympäristöpalvelut, 2010. *HSY- Vesihuolto.* [Online] Available at: <http://www.hsy.fi/vesi/palvelut/jatevesi/puhdistamot/viikinmaki/> [Haettu 21 Tammikuu 2011].

- Jardin, N. & Pöpel, H. J., 1996. Behavior of Waste Activated Sludge from Enhanced Biological Phosphorus Removal during Sludge Treatment. *Water Environment Research*, Osa/vuosikerta 68, pp. 965-973.
- Jokinen, R., 1990. Effect of Phosphorus Precipitation Chemicals on Characteristics and Agricultural Value of Municipal Sewage Sludges. *Acta Agriculturae Scandinavica*, Osa/vuosikerta 40, pp. 123-129.
- Juuti, P., Rajala, R. & Katko, T., 2010. *Metropoli ja meri*. Helsinki: HSY Helsingin seudun ympäristöpalvelut.
- Kabata, L. & Tammi, K., 2013. *Vedenpuhdistuksen sisällöt yläkoulun kemian oppikirjoissa*. Helsinki: Helsingin yliopisto, Opettajankoulutuslaitos.
- Kabata, L. & Tammi, K., 2013. *Vedenpuhdistuksen sisällöt yläkoulun kemian oppikirjoissa*. Helsinki: Helsingin yliopisto, Opettajankoulutuslaitos.
- Karttunen, E. (., 2004. *RIL 124-2 Vesihuolto II*. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- Kelly, O. & Finlayson, O., 2009. A hurdle too high? Students' experience of a PBL laboratory module. *Chemistry Education Research and Practice*, 10(1), pp. 42 - 52.
- Krapp, A. & Prenzel, M., 2011. Research on Interest in Science: Theories, methods, and findings. *International Journal of Science Education*, 33(1), pp. 22 - 50.
- Lapinlampi, T. & Raassina, S., 2002. *SY542 Vesihuoltolaitokset 1998-2000. Viemärlaitokset*. Helsinki: Suomen ympäristökeskus SYKE.
- Lavonen, J. ym., 2008. Students' interest and experiences in physics and chemistry related themes: Reflections based on a ROSE-survey in Finland. *THEMES IN SCIENCE AND TECHNOLOGY EDUCATION*, 1(1), pp. 7 - 36.
- Liang, Z. ym., 2009. Polishing Treatment of Molasses Wastewater with Iron Salts: the Role of Counter-ions. *Water Environment Reseach*, 81(11), pp. 2293 - 2298.

- Lindblom-Ylänne, S., Pihlajamäki, H. & Kotkas, T., 2003. What Makes a Student Group Successful? Student-Student and Student-Teacher Interaction in a Problem-Based Learning Environment. *Learning Environments Research*, Osa/vuosikerta 6, pp. 59 - 76.
- Liu, Y. ym., 2010. Inhibition of chemical dose in biological phosphorus and nitrogen removal in simultaneous chemical precipitation for phosphorus removal. *Bioresource Technology*, Joulukuu.
- Marton, F. & Saljö, R., 1976. On qualitative differences in learning. Outcome and process. *British Journal of Educational Psychology*, Osa/vuosikerta 46, pp. 4 -11 .
- Mayer, R. E., 2003. The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*, Osa/vuosikerta 13, pp. 125 - 139.
- Mayer, R. E. & Sims, V. K., 1994. For Whom Is a Picture Worth a Thousand Words? Extensions of a Dual-Coding Theory of Multimedia Learning. *Journal of Educational Psychology*, 86(3), pp. 389 - 401.
- McDonald, S. & Stevenson, R. J., 1998. Navigation in hyperspace: An evaluation of the effects of navigational tools and subject matter expertise on browsing and information retrieval in hypertext. *Interacting with Computers*, Osa/vuosikerta 10, pp. 129 - 142.
- Metcalf & Eddy, 2003. *Wastewater Engineering - Treatment and Reuse*. 4th Edition toim. New York: McGraw-Hill.
- Minton, G. R. & Carlson, D. A., 1972. Combined Biological-Chemical Phosphorus Removal. *Water Pollution Control Federation*, Osa/vuosikerta 44, pp. 1736-1755.
- Moore, J. C., 2008. A Synthesis of Sloan-C Effective Practices. *Journal of Asynchronous Learning Networks*, 12(3 -4), pp. 99 - 118.
- Moust, J. H. C., Van Berkel, H. J. M. & Schmidt, H. G., 2005. Signs of erosion: Reflections on three decades of problem-based learning at Maastricht University. *Higher Education*, Osa/vuosikerta 50, pp. 665 - 683.

Nevgi, A. & Heikkilä, M., 2005. Laadukkaasti verkossa. Yliopistollisen verkko-opetuksen ulottuvuudet. Teoksessa: A. Nevgi, E. Löfström & A. Evälä, toim. *Yliopistollinen verkko-opetus*. Helsinki: Helsingin yliopisto. Kasvatustieteen laitoksen tutkimuksia, pp. 19 - 33.

Nevgi, A. & Juntunen, M., 2005. Laadukas oppiminen verkossa -opettajien ja opiskelijoiden kokemukset. Teoksessa: A. Nevgi, E. Löfström & A. Evälä, toim. *Laadukkaasti verkossa. Yliopistollisen verkko-opetuksen ulottuvuudet*. Helsinki: Helsingin yliopisto, Käyttätymistieteellinen tiedekunta, pp. 45 - 80.

Nevgi, A. & Rouvinen, M., 2005. Verkko-opetuksen edut ja haitat opettajien ja opiskelijoiden kokemana. Teoksessa: A. Nevgi, E. Löfström & A. Evälä, toim. *Laadukkaasti verkossa. Yliopistollisen verkko-opetuksen ulottuvuudet*. Helsinki: Helsingin yliopisto. Kasvatustieteen laitos, p. 81.

Nevgi, A. & Tirri, K., 2003. *Hyvää verkko-opetusta etsimässä. Oppimista edistävät ja estävät tekijät verkko-oppimisympäristöissä – opiskelijoiden kokemukset ja opettajien arviot*. Turku: Suomen kasvatustieteellinen seura.

Novak, J. D., 1998. *Learning, Creating, and Using Knowledge: Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations*. New Jersey: L. Erbaum Associates.

Nyman, P. & Kanerva, K., 2003. Oppijan tiedonkäsittelyjärjestelmän huomioiminen laadukkaasti verkko-opetuksen suunnittelussa. Teoksessa: A. Nevgi, E. Löfström & A. Evälä, toim. *Laadukkaasti verkossa. Yliopistollisen verkko-opetuksen ulottuvuudet*. Helsinki: Helsingin yliopisto. Kasvatustieteen laitoksen tutkimuksia, pp. 95 - 108.

Opetushallitus, 2004. *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet*. Helsinki: Opetushallitus.

Osborne, J., Simon, S. & Collins, S., 2003. Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), p. 1049–1079.

Parchmann, I. ym., 2007. “Chemie im Kontext”: A symbiotic implementation of a context-based teaching and learning approach. *International Journal of Science Education*, 28(9), pp. 1041 - 1062.

- Pedretti, E., 2005. STSE education: Principles and practices. Teoksessa: S. Alsop, L. Bencze & E. Pedretti, toim. *Analyzing exemplary science teaching: Theoretical lenses and a spectrum of possibilities for practice*. Lontoo: Open University Press, pp. 116 - 126.
- Pedretti, E. G. ym., 2008. Promoting Issues-based STSE Perspectives in Science Teacher Education: Problems of Identity and Ideology. *Science and Education*, Issue 17, pp. 941-960.
- Pedretti, E. G. ym., 2008. Promoting Issues-based STSE Perspectives in Science Teacher Education: Problems of Identity and Ideology. *Science and Education*, Issue 17, pp. 941-960.
- Pedretti, E. & Nazir, J., 2011. Currents in STSE Education: Mapping a Complex Field, 40 Years On. *Science Education*, pp. 601 - 626.
- Pedretti, E. & Nazir, J., 2011. Currents in STSE Education: Mapping a Complex Field, 40 Years On. *Science Education*, 95(4), pp. 601 - 626.
- Pernaa, J. & Aksela, M., 2013. Kehittämistutkimus tutkimusmenetelmänä. Teoksessa: J. Pernaa, toim. *Kehittämistutkimus opetuslalla*. Jyväskylä: PS-kustannus Opetus 2000, pp. 9 - 26.
- Rautiainen, J., 2012. *Kehittämistutkimus: Ongelmalähtöinen kokeellinen kemian korkeakouluopetus*. Helsinki: väitöskirja, Helsingin yliopisto.
- Sandoval, W. A. & Bell, P., 2010. Design-Based Research Methods for Studying Learning in Context: Introduction. *Educational Psychologist*, 39(4), pp. 199 - 201.
- Savery, J. R., 2006. Overview of Problem-based Learning: Definitions and Distinctions. *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 1(1), pp. 9 - 20.
- Schreiner, C., 2006. *EXPLORING A ROSE-GARDEN: Norwegian youth's orientations towards science - seen as signs of late modern identities*. Oslo: Faculty of Education, University of Oslo.
- Sherrard, J. H. & Schroeder, E. D., 1976. Stoichiometry of Industrial Biological Wastewater Treatment. *Water Pollution Control Federation*, Osa/vuosikerta 48, pp. 742-747.

Simonson, M., Smaldino, S., Albright, M. & Zvacek, S., 2008. *Teaching and Learning a Distance. Foundations of Distance Education*. Neljäs painos toim. Boston: Allyn & Bacon.

Spellman, F. R., 2009. *Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations, Second Edition*. s.l.:CRC Press LLC.

Suomen ympäristöministeriö, 2010. *Vesihuolto - ympäristö.fi*. [Online] Available at: <http://www.environment.fi/default.asp?node=6568&lan=fi> [Haettu 1 Marraskuu 2010].

Suomen ympäristöministeriö, 2010. *www.ymparisto.fi*. [Online] Available at: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=359848&lan=FI#a2> [Haettu 6 10 2010].

Sweller, J. & Chandler, P., 1994. Why Some Material Is Difficult to Learn. *Cognition and Instruction*, 12(3), pp. 185 - 233.

Szatkowska, B., 2007. *Performance And Control Of Biofilm Systems With Partial Nitrification And Anammox For Supernatant Treatment*. Tukholma: TRITA-LWR PhD Thesis 1035.

Taskinen, M., 2008. *Ympäristökasvatus ja ympäristökemian opetus vuosiluokilla 7-9*. Jyväskylä, Jyväskylän yliopiston kemian laitoksen tutkimusraportti No. 129, pp. 93 - 96.

Tuomi, J. & Sarajärvi, A., 2004. *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. 1.-3. painos toim. Jyväskylä: Tammi.

Valli, R., 2001. Kyselylomaketutkimus. Teoksessa: J. Aaltola & R. Valli, toim. *Ikkunoita tutkimusmetodeihin I - metodin valinta ja aineistonkeruu: virikkeitä aloittelevalle tutkijalle*. Jyväskylä: PS-kustannus, pp. 100 - 112.

Valtanen, J., 2005. Ongelma ongelmaperustaisessa oppimisessä. Teoksessa: E. Poikela & S. Poikela, toim. *Ongelmista oppimisen iloa*. Tampere: Tampere University Press, pp. 211 - 239.

Wang, F. & Hannafin, M. J., 2005. Design-Based Research and Technology-Enhanced Learning Environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), pp. 5 - 23.

Wanner, O., Panagiotidis, V. C. P. & Siegrist, H., 2005. Effect of heat recovery from raw wastewater on nitrification and nitrogen removal in activated sludge plants. *Water Reasearch* 39, pp. 4725-4734.

Vekiri, I., 2002. What Is the Value of Graphical Displays. *Educational Psychology Review*, 14(3), pp. 261 - 312.

Vesilaki 246/1961, 1961. *L1961/246*. s.l.:s.n.

Yörük, N., Morgil, I. & Seçken, N., 2010. The effects of science, technology, society, environment (STSE) interactions on teaching chemistry. *Natural Science*, 2(12), pp. 1417 - 1424.

Zhang, T., Ding, L., Ren, H. & Xiong, X., 2009. Ammonium nitrogen removal from coking wastewater by chemical precipitation recycle technology. *Water Reasearch* 43, pp. 5209-5215.

LIITTEET

Liite 1: Opettajille lähetetty e-lomake kiinnostuksesta

Kysely jätevedenpuhdistus-opetusmateriaalista

Hyvä opettaja,
tutkin opettajien mielipiteitä tekemästäni jätevedenpuhdistukseen liittyvästä opetusmateriaalista <http://jatevedenpuhdistus.wordpress.com/> yläkouluun. Olisin kiitollinen, jos vastaist kyselyyn. Vastausaikaa on 18.4. saakka.

Kysely sisältää 11 monivalinta kysymystä ja 12 avointa kysymystä, Verkkomateriaaliin tutustumisen jälkeen kyselyyn vastaamisessa menee noin 5 minuuttia.

Toivoisin että tutustuist sivuihin ennen kyselyyn vastaamista. Tämä kysely on osa Pro graduni kehittämistutkimuksen empiiristä analyysiä, jonka avulla jatkan opetusmateriaalin kehittämistä.

TAUSTATIEDOT

* Opetuskokemus vuosina

Valitse alla olevasta listasta aineet, joita opetat.

- ☐ Kemia
☐ Fysiikka
☐ Matematiikka
☐ Biologia
☐ Muu, mikä?

OPETUSMATERIAALIN KIINNOSTAVUUS

	Ei lainkaan kiinnostava	Ei kovin kiinnostava	Melko kiinnostava	Kiinnostava	Erittäin kiinnostava
* Kuinka kiinnostavaksi aiheeksi koet jätevedenpuhdistuksen?	☐	☐	☐	☐	☐
* Miten uskot oppilaiden kokevan jätevedenpuhdistuksen aiheena?	☐	☐	☐	☐	☐

Miksi jätevedenpuhdistus kiinnostaa tai ei kiinnosta?

Ongelmalähtöinen oppiminen on yhteisöllistä ongelmanratkaisua, jossa pelkän teoreettisen asioihin tutustumisen sijaan pyritään löytämään opiskeltavaan asiaan käytännön ratkaisuja. Sen avulla voidaan ratkaista käytännön ongelmia.

Ongelmalähtöisen opetuksen kolme tärkeintä seikkaa:

- Opettaja toimii ennemminkin oppimisen ohjaajana ja helpottajana kuin perinteisessä opettajaroolissa.
- Oppilaat ovat itse vastuussa omasta oppimisestaan, se vaatii itseohjautuvuutta ja itsesääätelyä.
- Tutkimuksen ohjaavana voimana tulee olla suunniteltu mutta avoin ja strukturoimattoman ongelma.

	Ei lainkaan kiinnostava	Ei kovin kiinnostava	Melko kiinnostava	Kiinnostava	Erittäin kiinnostava
* Kuinka kiinnostavaksi koet ongelmalähtöisen opetuksen?	☐	☐	☐	☐	☐
* Miten uskot oppilaiden kokevan ongelmalähtöisen opetuksen?	☐	☐	☐	☐	☐

Miksi ongelmalähtöinen opetus kiinnostaa tai ei kiinnosta sinua?

Miksi uskot tai et usko ongelmalähtöisen opetuksen kiinnostavan oppilaita?

Miten materiaalista saisi kiinnostavamman?

OPETUSMATERIAALIN SISÄLTÖ

	Tietoa on liian vähän	Tietoa on sopivasti	Tietoa on liikaa
* Saavatko oppilaat sivustolta riittävästi tietoa jätevedenpuhdistuksesta?	☐	☐	☐
* Saako opettaja sivustolta riittävästi tietoa jätevedenpuhdistuksesta?	☐	☐	☐
* Saako opettaja sivustolta riittävästi tietoa ongelmalähtöisestä opetuksesta?	☐	☐	☐

Mitä tietoa jätevedenpuhdistuksesta sivulla pitäisi vielä olla tai mikä on turhaa?

Mitä tietoa ongelmalähtöisestä opetuksesta sivulla pitäisi vielä olla tai mikä on turhaa?

Mitä sivustolla pitäisi olla, jotta opettajan olisi helpompi käyttää sitä opetuksessa?

OPETUSMATERIAALIN ULKOASU

[Jätevesi](#)-sivulla osassa sanoja on linkkejä sanoja selventäville internetsivuille. Esimerkiksi [Puhdistusprosessi](#)-sivulla näin ei ole.

	Ei	En osaa sanoa	Kyllä
* Häiritsevätkö tekstin keskellä olevat linkit lukemista? (vrt. jätevesi ja puhdistusprosessi)	☐	☐	☐
* Häiritsevätkö sulkeissa olevat lähdemerkinnät oppilaita?	☐	☐	☐
* Onko sivuston rakenne mielestäsi selkeä?	☐	☐	☐

[Jätevesi](#)-sivulla osassa sanoja on linkkejä sanoja selventäville internetsivuille. Esimerkiksi [Puhdistusprosessi](#)-sivulla näin ei ole.

	Ei	En osaa sanoa	Kyllä
* Häiritsevätkö tekstin keskellä olevat linkit lukemista? (vrt. jätevesi ja puhdistusprosessi)	☐	☐	☐
* Häiritsevätkö sulkeissa olevat lähdemerkinnät oppilaita?	☐	☐	☐
* Onko sivuston rakenne mielestäsi selkeä?	☐	☐	☐

Miksi hyperlinkit tekstin keskellä ovat / eivät ole hyviä?

Miten lähteet mielestäsi kannattaa merkitä internetsivuille?

Miten sivuston rakennetta voisi selkeyttää? Mitkä asiat ovat epäselvästi tai hankalasti ilmaistu?

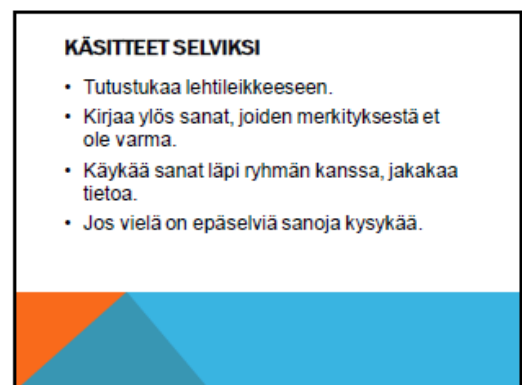
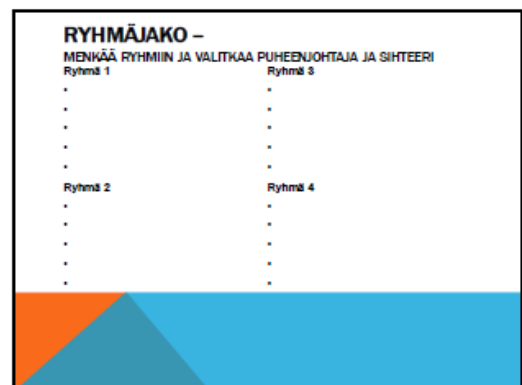
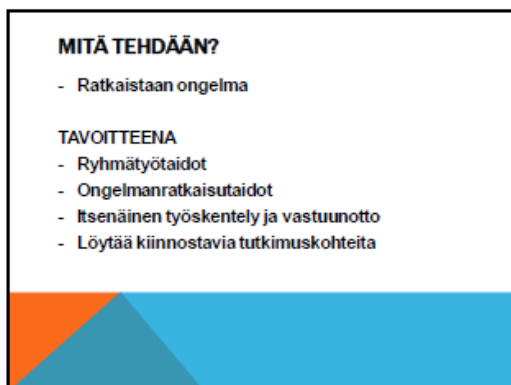
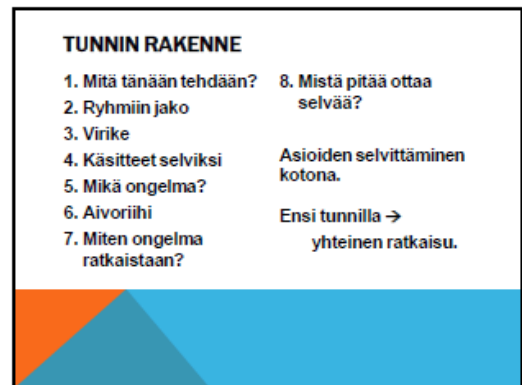
Miten sivujen ulkoasua kannattaisi kehittää?

TIETOJEN LÄHETYS

Tallenna

Liite 2: Verkko-opetusmateriaali HTML-muodossa on CD-levyllä, joka on kiinnitetty työn takakanteen.

Liite 3: Verkkosivulla olevien kalvojen tiivistelmät kuvina



MIKÄ ONGELMA?

- Mikä on lehtileikkeen pääasia?
- Millainen ongelma lehtileikkeen pohjalta voidaan määrittää?
- Muodostakaa kuvaileva työnimi tai otsikko.

AIVORIIHI

- Ei kritiikkiä, vaan ideoita!
- Tarkoituksena löytää mahdollisimman paljon ideoita.
- Mieti hetki itsellesi ratkaisuja, kysymyksiä ja mitä jo tiedät. Kirjaa tarralapulle ajatuksesi.
- Käykää ideat ja ajatukset parin kanssa läpi ja esitelkää ne sitten muulle ryhmälle.
- Ei kritisoida, vaan jatkojalostetaan.
- Kaikki ideat kirjataan ylös tarralapuille myöhempiä käyttöä varten.

MITEN ONGELMA RATKAISTAAN?

- Etsikää yhteyksiä käsitteiden ja mekanismien välille.
- Ryhmitelkää tarralaput suurelle paperille yhdistelkää niitä kuvaavin viivoin ja nuolin.
- Yrittäkää löytää ongelmaan ratkaisu tai ilmiölle kuvaus aivoriihen ideoiden avulla.
- Huomioikaa epäselvät kohdat ja aukot.

MISTÄ PITÄÄ OTTAA SELVÄÄ?

- Mikä olikaan määrittelemänne ongelma?
- Miettikää, mitä ette vielä tiedä, mutta mikä pitää tietää, jotta ongelma saadaan ratkaistua.
- Muodostakaa ryhmälle yhteiset oppimistavoitteet
 - Korkeintaan neljä
 - Selkeitä ja kysymysmuodossa
- Päätaivoite saadaan ydinkysymyksestä (ylin).
- Se jaetaan osatavoitteisiin

LÄKSYT

- Etsi tietoa kirjoista tai netistä.
- Yritä ymmärtää.
- Vastaa kysymyksiin.
- Tee muistiinpanoja (kirjoita, piirrä tai tee käsitekarttoja).
- Ensi tunnilla käydään läpi mitä kukin on oppinut.

MITÄ OPITTIIN?

- Käykää läpi, mitä kukakin on opiskellut välipäivien aikana osatavoite kerrallaan.
- Vastatkaa asetettuun osatavoitteeseen.
- Kun kaikki osa tavoitteet on käyty läpi, vastatkaa pääongelmaan.
- Miettikää, miten alkuperäinen lehtileike liittyy tähän kaikkeen.
- Jos itseopiskeluvaiheessa heräsi kysymyksiä tai epäselvyyksiä, kysykää.

ARVIOINTI

- Oliko virike kiinnostava?
- Miten ryhmän yhteistyö sujui?
- Miten itsenäinen työskentely sujui?
- Mikä oli vaikeinta ja helpointa?
- Mikä oli hyvää ja mikä huonoa?
- Opitko uutta? Mitä?