

Marianne
Juntunen

Kestävä kehitys kemian opetuksessa

**- PEDAGOGIIKKA JA OPPILAJDEN
OMIA TUTKIMUKSIA**





Oppaan on kirjoittanut Marianne Juntunen, kemian opetuksen FT ja kemia-tekniikan DI.

Mariannella on yli 10 vuoden kokemus eri ikäisten tiedeopetuksesta kerhoissa, kouluissa ja opettajan koulutuksessa. Vapaa-ajallaan Marianne liikkuu tunturiluonnossa suksilla, hevosella tai marjastaen.

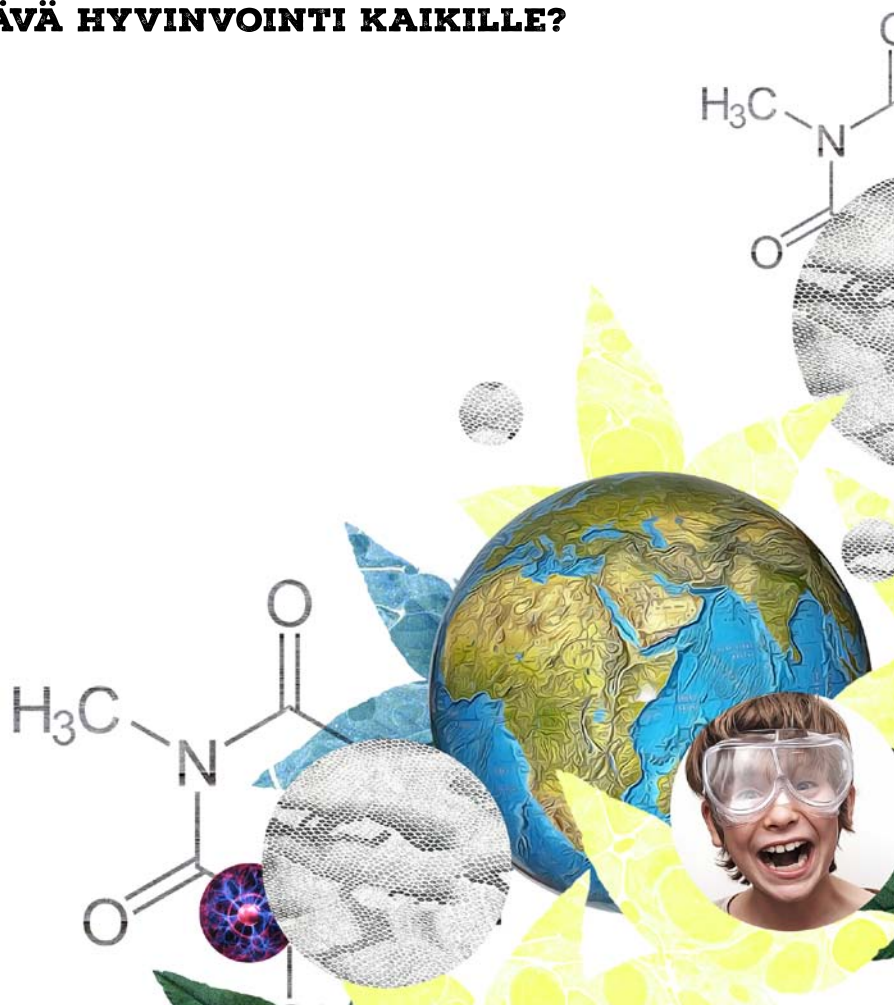
Tämä käytännönläheinen opas auttaa suunnittelemaan kemian opetusta kestävä kehityksen näkökulmasta. Oppaan alussa oleva teoriaosuus ja useimmat kokeellisten töiden ideat on tiivistetty väitöstutkimuksesta (Juntunen, 2015): *”Kokonaisvaltainen ja tutkimuksellinen kestävä kehitys kemian opetuksessa”*.

Opas on rahoitettu Ympäristöministeriön ja Keski-Suomen ELY-keskuksen ympäristökasvatuksen hankeavustuksella, joka myönnettiin Suomen luonnonsuojeluliiton Lapin piiri ry:lle vuonna 2015.

Mikä kemian opetusaihe

**VOISI OLLA TÄRKEÄMPI KUIN
MAAPALLON RESURSSIEN LAADUN
JA RIITTÄVYYDEN POHDINTA?**

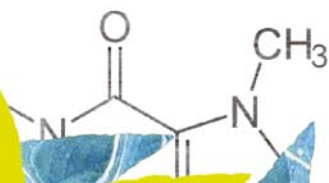
**VOIDAANKO KEMIAN AVULLA
RATKAISTA HAASTEET JA ULOTTAA
KESTÄVÄ HYVINVOINTI KAIKILLE?**





SISÄLLYSLUETTELO

- s. 5-7 Kokonaisvaltainen kemian opetus innostaa kaikkia
- s. 8-10 Aiheina maailman tilan ja muutosten kemia
- s. 11-16 Omien tutkimusten avulla ratkaisuihin
- s. 16-17 Draamaleikeillä ajatukset auki
- s. 18-19 Minulle tärkeän tuotteen elinkaari
- s. 20-23 Janojuomien ehtyvä luksus: vesi
- s. 24-25 Ilmastonmuutos pysäytetään yhdessä!
- s. 26-27 Kiertotalous mullistaa yhteiskuntaa
- s. 28-29 Ekotehokkaat ja terveelliset eväät
- s. 30 Onko rikkautta louhia malmio vai säästää se?
- s. 31-33 Uusia tuotteita ja uusiokäyttöä
- s. 34-35 Tuotesuunnittelua laboratoriossa
- s. 36 Ulos luontoon!
- s. 37 Itsen ja toisten kaveri
- s. 38 Oppilasarviointi monipuolistuu
- s. 39 Lähde- ja linkkivinkkejä, yhteystiedot



Kokonaisvaltainen kemian opetus innostaa kaikkia

Haluaisitko rakentaa kemian alaa, joka ratkaisee ihmiskunnan mega-haasteet? Sinua tarvitaan! Kemian opetusmenetelmiä ja -sisältöjä voi uudistaa kaikilla opetuksen tasoilla tukemaan kestäväää kehitystä.

Moderni kemian opetus on kokonaisvaltaista. Sitä ohjaa ympäristö- ja vastuullisuuskasvatus. Opiskelumenetelmiin kuuluu oppilaskeskeisyyttä, oppiaineiden välistä yhteistyötä ja tutkimuksellisuutta. Sisältötiedoltaan kemian opetus on ristiriitaisempaa kuin koskaan aiemmin. Kemian ala sekä tuottaa meille hyvinvointia ja ratkaisuja ongelmiin että synnyttää valtavia toistaiseksi ratkaisemattomia ongelmia. Innostava kemian opetus tarkastelee näitä molempia näkökulmia.

Materialistinen elintasomme nojaa pääosin fossiilisiin resursseihin. Samalla muutamme maapallon ekosysteemeitä kiihtyvällä tahdilla. Haasteet ja niiden ratkaisut ovat paljolti kemiaa. Lähde mukaan tutkimusmatkalle uudistamaan kemian opetusta!

Opettajilla on halua opettaa kestävästä kehityksestä, mutta sen opetuskemiassa on toistaiseksi ollut vähäistä. Kemian tunneilla keskustellaan harvoin kansalaisen vaikutusmahdollisuuksista maailman kehitykseen. Harva oppilas liittyy luonnontieteiden merkityksen ekosysteemien saastumiseen tai moraalisiin kysymyksiin. Syitä on monia: opettajat kokevat etteivät välttämättä hallitse riittävästi kestävästä kehityksestä teoriaa ja pedagogiikkaa, aiheet koetaan taustatyöltään kuormittavan laajoiksi, ja sopivista tehtävistä, kollegoiden tuesta, ajasta tai työrauhasta on puutetta.

Oppilaat kokevat kemian vaikeaksi ja arkielämästä etäiseksi oppiaineeksi. Tämä johtuu osittain vallitsevista opetusmenetelmistä. Onneksi oppilaiden kemiakuvaa voidaan muuttaa positiivisemmaksi uusilla opetusaiheilla ja -menetelmillä. Samalla voimme vahvistaa ymmärrystä ekosysteemien muutosten kemiasta ja tarvittavista ratkaisuista.

Uudet opetussuunnitelmien perusteet, opetusalan ja kemianteollisuuden strategiat sekä tutkimustieto edellyttävät uudistamaan kemian opetusta kestävästä kehityksestä ja tutkimuksellisuuden suuntaan. Tämä opas pyrkii vastaamaan käytännön haasteisiin: Kuinka sisällyttää erilaisia kestävästä kehityksestä tehtäviä oppitunneille läpi lukuvuoden?

Koulukokemukset vaikuttavat ihmisen kiinnostuksen kohteisiin ja ympäristötietoisuuteen. Osallistuminen konkreettiseen, tunteita herättävään ympäristötyöhön muuttaa asenteita myönteisemmiksi ympäristöä kohtaan. Avainasemassa ovat henkilökohtaisesti merkittävät kokemukset ja tieto ympäristöasioista.





Kun opetuksessa halutaan tukea voimaantumista ja valtautumista kansalaistoimintaan, silloin:

- pyritään yhdessä ratkaisemaan aitoja ongelmia
- tarkastellaan eri toimijoiden näkökulmia
- harjoitellaan argumentointia
- käytetään oppilaskeskeisiä, tutkimuksellisia ja tunteita herättäviä opiskelumenetelmiä
- pohditaan kriittisesti vallitsevia normeja
- pohditaan paikallisia ja globaaleja arvoja
- tehdään yhteistyötä koulun ulkopuolelle (vierailut ja vierailijat)
- osallistetaan nuoret yhteisölliseen päätöksentekoon
- ylitetään oppiainerajoja

Kestävän kehityksen opetuksessa opitaan sekä kemian sisältötietoa että kansalaistaitoja. Kun kemian aihe koskettaa oppilaan arjesta tuttua aihetta, tulee kemian opiskelusta oppilaalle merkityksellisempää. Silloin hän oppii kemian sisältötietoa jopa paremmin. Tavoitteena on itse aktiivisesti aiheesta kysyä ja tietoa etsivä oppilas. Tieteellistä argumentointia ja johtopäätösten tekoa harjoitellaan esimerkkitapausten avulla. Ristiriitaiset aiheet stimuloivat oppilaan eettistä ajattelua. Näin tuetaan ympäristötietoisuutta ja kykyä arvioida väittämiä.

Tämä opas pyrkii tukemaan opettajia tutkimuksellisten ja oppijakeskeisten kestävän kehityksen opetusmenetelmien käyttöönotossa. Opas rakentuu sosio-konstruktivistiselle oppimiskäsitykselle. Oppaan ideat sopivat käytettäväksi kaikenlaisten oppijoiden kanssa. Erityisesti tytöt, heikommista lähtökohdista ponnistavat ja luonnontieteellisesti painottuneet oppijat hyötyvät. He kaipaavat luovempia opetustapoja. Oppaan lähtökohtana on kemian opettajien taitavuus – he ovat sekä kemistejä että pedagogeja. He ymmärtävät, että kemian tieteenalaa ja opetusta on jatkuvasti kehitettävä vastaamaan paremmin aikamme tarpeita.

Riippuu kemian opettajasta, kuinka paljon kestävä kehitys näkyy kemian oppitunneilla. Pienin askelin kehitämme koko kulttuurin – yhdessä!



Aiheina maailman tilan ja muutosten kemia

Kestävä kehitys kemian opetuksessa liittyy aiheisiin, jotka käsittelevät maapallon tilaa, arkeamme sekä vihreää kemiaa. Näiden aiheiden avulla voidaan yhdistää oppilaille usein erilliset koulun kemia ja arkielämän kemia.

Kestävän kehityksen kemian aiheet ovat monialaisia* eli poikkitieteellisiä. Ne sisältävät kemian tiedon lisäksi ekologisia, taloudellisia, sekä sosiaalisia ja kulttuurisia ulottuvuuksia. Kokonaiskuvan hahmottaminen edellyttää kompleksista oppiaineiden välistä ymmärrystä eli systeemijattelua. Se on lapsillekin jossain määrin mahdollista.

Vihreä kemia on kemian tieteenhaara, jonka toimintaperiaatteisiin kuuluu ennaltaehkäistä ja minimoida jätteet, käyttää turvallisia aineita sekä säästää aineita ja energiaa. Näin voidaan opettaa monipuolisia tietoja ja taitoja sekä pohdiskella asenteita ja arvoja. Tiedollinen opetus voidaan jakaa:

- kemian tietoon ympäristöongelmista
- sosiaaliin ja kulttuuriin syy-seuraus-suhteisiin liittyvään tietoon
- ratkaisumalleihin ja toimintavaihtoehtoihin

Kemian opettajat ovat ehdottaneet, että opetuksen lisätään oppilaiden kanssa yhdessä suunniteltuja opiskelukokonaisuuksia ja maailman tilaan liittyviä aiheita.

Osa opettajista käsittelee jo nyt kemian opetuksessaan erilaisia kestävän kehityksen aiheita*, joita on koottu Taulukkoon 1.

Taulukko 1. Kestävän kehityksen aiheita, joita opettajat käsittelevät kemian tunneilla

Maaperä

Erilaisten viljelymaaperien ja lannoitekierron kemia, happamoituminen, hyvinvoivan ja monimuotoisen maaperän kemia, saastuminen

Vesi

Veden laatu, määrä ja puhdistaminen (vesitalous), vesiekosysteemien happamoituminen, muuttuminen, saastuminen ja kemikalisoituminen

Ilma

Ilmakehän toiminta ja muutokset, otsonikato, paikallisen sisä- ja ulkoilman laatu sekä sen mittaaminen, pienhiukkaset

Lajit ja perintötekijät

Epigenetiikka, jossa tutkitaan perimään ja sairauksiin yli sukupolvisesti vaikuttavia kemikaaleja

Luonnonvarojen käyttö

Fossiiliset vs. uusiutuvat energian ja materiaalien lähteet, ekosysteemipalvelut, kaivannaisteollisuus, kiertotalous, luonnonvarat, ongelmajätteet, säästäminen, tuotteiden elinkaari

*ks. youtubesta video "Hannele Cantell – Mitä on monialainen opiskelu"

*Kemian faktatiedon opetuksen ohessa voidaan pohtia esimerkiksi hyvinvoinnin eri näkökulmia, koulun lähellä sijaitsevia ympäristöongelmia, maailman tilaa, ihmis- ja eläinoikeuksia, taloudellista kestävyyttä, monimuotoisen elämän varjelua ja peilata kulttuurihistoriallisia näkökulmia nykyaikaan.

**SISÄLTÖTIETO, KANSALAISTAIDOT,
EETTINEN AJATTELU, ARGUMENTOINTI, KIINNOSTUS,
ONGELMAN RATKAISU, KORKEAMMAN TASON AJATTELU-
TAIDOT, KEMIAN PUHUMINEN, TUOTESUUNNITTELU, YHTEISTYÖ-
TAIDOT, YMPÄRISTÖTIETOISUUS, TUTKIMUSTAIDOT,
LUONNONTIETEEN LUONTEEN YMMÄRTÄMINEN**

*Kokonaisuuttaisen kemian
opetuksen ulottuvuudet*

Taulukon 1 aiheista kemikalisoituminen liittyy opetuksessa kysymyksiin: Kuinka ympäristönäytteitä tutkitaan? Millaisia ratkaisuja kemikalisoitumisongelmaan on? Taulukkoon 2 on koottu yhteenveto kemikalisoitumisen ulottuvuuksista. Ilmiötä on arvioitu arvostetussa tiedelehti *Naturessa* toistai-

seksi pääosin tuntemattomaksi, mutta suuruusluokaltaan ilmastonmuutosta vastaavaksi globaaliksi uhkaksi. Erialaisten kemikaalien pitkäaikaisia yhteisvaikutuksia ekosysteemeissä on vaikea tutkia.

Taulukko 2. Yhteenveto kemikalisoitumisilmiön ulottuvuuksista: ekosysteemeihin vaikuttavia kemiallisia aineita, saastelähteiden laatuja, vaikutuksia sekä terveysriskeitä. Lisätietoa huolta aiheuttavista aineista ja kodin kemikaaliopas: www.tukes.fi/fi/Kuluttajille/Kemikaalit-aineryhmittain/

Hydros-, geo-, atmos- ja biosfääriin vaikuttavat

asbesti, biosidit, CMR-aineet, dioksiinit, epäorgaaniset kaasut (CO_x , SO_x , NO_x , N_2O , HFC, PFC, SF_6), forma-aldehydi, furaanit, halogenoidut hiilivedyt (PCBt, CFct, PFct...), herkästävät aineet (nikkeli), hormonitoimintaa häiritsevät, ilman pienhiukkaset (VOC, PM, NMVOC), kasvinsuojeluaineet, leväravinteet, lääkeaineet, metaani, muovien apuaineet (PBA, ftalaatit), orgaanisesti sitoutuneet metallit, PAH-aineet, pesuaineet, polttoainevalumat, PBT- ja vPvB-aineet (pysyvät-kertyvät-toksiset), radioaktiiviset aineet, raskasmetallit, valokemiallisesti aktiiviset hiilivedyt

Vaikutukset ekosysteemeille ovat

biokertyvien aineiden rikastumista ravintoketjussa ja luonnon roskaantumista (muovit), hajua, happikatoa (H_2S), makua, monimuotoisuuden vähenemistä (osa eliölajeista herkkiä esim. kasvinsuojeluaineille tai happamuuden muutoksille), pH-muutoksia, rehevöitymistä, suolaantumista, väriä

Terveysriskit ovat

akuutteja tai kroonisia, yksilö-, laji- tai eliöyhteisökohtaisia

Saastelähteiden laatu on

pistekuormitusta (teollisuus, kaupungit), hajakuormitusta (pellot, karjatalous), laskeumaa (polttoprosessit), ja luonnonhuhautumaa (jota happamoituminen lisää, mm. alumiinia ja raskasmetalleja)

Vaikutukset liittyvät eliöiden

biokertyvien aineiden haitattomaan kantamiseen, elimien metaboliaan, eliökirjon monimuotoisuuden vähenemiseen, hormonitoimintaan, kasvimiiniin, kasvuun, kuolleisuuteen, käyttäytymiseen, lisääntymiseen, perimään, sairauksiin

Kokonaisuullaisen kemian opetuksen ulottuvuudet

**PAIKALLISESTI, KANSALLISESTI, GLOBAALISTI,
OSALLISTUMINEN, OSALLISTAMINEN, VOIMAANNUTTAMINEN,
VALTAUTTAMINEN, OPPIJAKESKEISYYS, MONIALAISUUS,
YHTEISKUNTAPERUSTAISUUS, TUTKIMUKSELLISUUS,
ILMIÖPERUSTAISUUS, AITOJEN ONGELMIEN RATKAISU,
VIERAILIJAT, VIERAILUT, YHTEISTOIMINNALLISUUS,
SOSIOKONSTRUKTIIVISUUS**

Tutkimuksellisuus ja kestävä kehitys kemian opetuksessa vaativat opettajalta epävarmuuden sietokykyä ja rohkeutta etsiä vastauksia avoimiin kysymyksiin – yhdessä oppilaiden kanssa. Erona perinteiseen kemian opetukseen aiheet ovat monialaisia, eri toimijoiden näkökulmista ristiriitaisia ja tietosisällöltään jatkuvasti muuttuvia aiheita. Ristiriitaisen ongelman ei tarvitse ratketa opetuksen, perustelujen, logiikan tai tutkimustiedon avulla. Tällaiset opetusaiheet ja tutkimukselliset opiskelumenetelmät kehittävät monimutkaista systemiajattelua. Oppilas harjoittelee hahmottamaan monialaisen ympäristöongelman systeemiä: syitä, etenemistä, seurauksia ja mahdollisia ratkaisuja – sekä yhdistämään näitä kemian tietoihin. Hahmotamisen vaikeutta lisää, että globaalit ympäristöongelmat ovat pääosin arjesta näkymättömissä.

Jokainen kemian opettaja* voi toimia vastuullisena kasvattajana ja hänen pedagogisilla valinnoillaan on merkitystä. Eettiseen vastuullisuuteen kasvattaminen kemian opetuksessa voi tarkoittaa esimerkiksi oikeaa vastausta vaille jääviä kysymyksiä: Mitä kestäväällä kehityksellä tavoitellaan? Onko tavoitetta mahdollista saavuttaa niin, että sekä ympäristö, talous että kulttuuri voivat hyvin? Kuinka kehittämämme tuote tai teknologia vaikuttaa luonnon monimuotoisuuteen? Entä ihmisten hyvinvointiin? Pitäisikö ylikansallisten suuryritysten valtaa rajoittaa?

*Opettajalle itselleen: Lähestyvätkö luonnontieteet ympäristöongelmia uskoen liikaa teknologisiin ratkaisuihin? Vaativatko ratkaisut intressiristiriitojen myöntämistä; pohjoinen elintaso ja kulutusyhteiskunta on rakennettu pitkälti etelästä tuoduilla alihinnoitelluilla raaka-aineilla, joiden hankkiminen johtaa usein mittaviin ympäristöongelmiin ja ihmisoikeusloukkauksiin? Pyrkivätkö valtaapitävät vähättelemään ympäristön varjelemista puolustavia yhteiskunnan jäseniä?

Omien tutkimusten avulla ratkaisuihin

Opetusmenetelmiä ja aiheita valittaessa oppilaiden kysymykset, mielenkiinnon kohteet ja mielipiteet ovat keskiössä. Opetusmenetelmiin liittyen oppilaat ovat ilmaisseet kaipaavansa kemian opetukseen lisää videoita ja animaatioita, tiedon hakua, vierailuja ja pienryhmä- ja projektitöitä. Kaikkia näitä opiskelutapoja käytetään kemian opetuksessa melko harvoin. Myös referaattien ja esseiden kirjoittamista, oppilaiden itse laatimaa oppimateriaalia sekä vertailevia tutkimuksia käytetään vähän.

Oppilaille voi näyttää kurssin alussa listan erilaisista opetusmenetelmistä, ja äänestyttyä heillä, miten kurssia opiskellaan!

VIHKOON KIRJOITTAMINEN

LUKEMINEN

KOKEELLINEN TYÖ

OMA TUTKIMUSPROJEKTI

TIEDONHAKU

VIDEO

VERTAISOPETUS

VÄITTELY

NÄYTELMÄ

LEIKKI

PELIT (BINGO YM.)

TIETOVISA

OHJATTU KESKUSTELU

JULISTE (-NÄYTTELY?)

MIELIPIDEKIRJOITUS LEHTEEN

LEHTIJUTTU

HAASTATTELU

PORTFOLIO

TUTKIELMA ESSEE

OPINTOVIERAILU

ULKONA OPISKELU

KOEKYSYMYKSET OPPILAILTA

KOTIKOE

PISTARI

OPPIMISPÄIVÄKIRJA

KIRJALLINEN KOE

SUULLINEN KOE

Kestävän kehityksen opetusmenetelmien tavoitteena kemiassa on tukea tutkimus- ja toimintataitoja. Ne ovat kvantitatiivisia (esimerkiksi määrällisiä ratkaisuja resurssien kulutuksen ja päästöjen vähentämiseen) ja kvalitatiivisia (esimerkiksi vanhentu- vissa oppikirjoissa tai netissä olevan tiedon laadun kriittistä arviointia sekä yhteistyön, päätöksenteon ja itsenäisen toiminnan taitoja). Kestävän kehityksen opetus voidaan jakaa:

- * kokemuksiin autenttisessa ympäristössä
- * teoreettiseen oppiin kemiasta liittyen kestävään kehitykseen
- * taitoihin ja arvostukseen toimia kestäväan kehityksen puolesta, myös kemian avulla

Arvo* - ja kansalaistaitokasvatuksen tulisi kannustaa oppilaita tekemään päätöksiä ristiriitaisen kysymyksen ratkaisemiseksi tai parhaan toimintavaihtoehdon löytämiseksi – tieteelliseen tietoon nojaten. Kysymykset voivat olla esimerkiksi:

henkilökohtaisella tasolla

- "Miten käyttämäni tuote vaikuttaa ympäristöön?"
- Kumpi on parempi valinta: hanavesi vai pullovesi?"

yhteiskunnan tasolla

- "Onko markkinoilla parempia vaihtoehtoja?"
- Kuinka yhteiskunnassamme ratkaistaan tulevaisuuden energian saanti?"

globaalilla tasolla

- "Kuinka tuotteiden sertifiointi edistää kestävää kehitystä?"
- Miksi eri maat käyttävät eri määrän luonnonvaroja?"

Kemian opetus avautuu yhteiskuntaan sellaisten opetusmenetelmien kautta, joissa:

- Pohditaan ratkaisuja aitoihin yhteiskunnallisiin kemiaan liittyviin ongelmiin
- Lähestytään kemian aiheita nykyistä useammin yhteistyössä muiden opettajien kanssa ja oppiainerajat ylittäen
- Harjoitellaan mielipiteen ilmaisua, perustelua ja päätöksentekoa tieteelliseen tietoon nojaten

- Käytetään tutkimuksellisia opiskelumenetelmiä esimerkiksi oppilaslähtöistä tiedon tuottamista ja vertaisopetusta
- Käytetään yhteisöllisiä, sosiaalisia ja tunteita herättäviä opiskelumenetelmiä esimerkiksi projektitöitä ja roolivaihteluita
- Kutsutaan oppitunneille vierailijoita eri näkökulmista
- Lähdetään yhdessä vierailuille ja tutkimaan lähiympäristöä käytännössä

Uudet innovaatiot tarkasteluun! Tyypillisesti kestävä kehitys ratkaisumallit ja -teknologiat sisältävät eettisiä ulottuvuuksia ja toimijoiden näkemyseroja. Näkemyserot johtuvat erilaisista tiedon tulkinnoista tai arvoista. Ongelmien laatu ja ratkaisut ovat jatkuvaa yhteiskunnallista, toisiaan haastavaa määrittelykamppailua*.

Tutkimukselliset lähestymistavat sopivat kestävä kehityksen opetukseen, koska ne antavat oppilaille tilaa ilmaista henkilökohtaisia näkemyksiään ja uskomuksiaan. Lisäksi ne ovat oppilaita motivoivia ja mielekkäitä, vaikka avoimet ja projektiluontoiset työtavat voivat aluksi olla oppilaille myös haastavia. Opiskelun tutkimuksellisuuden taso määräytyy tehtävän avoimuuden perusteella:

- Perustasolla tutkimuskysymykset ja -menetelmät ovat oppilaan tiedossa, mutta tulokset havainnoistaan oppilas muodostaa itse

*Kestävä kehitys arvot ovat eurooppalaisittain poliittisesti hyväksytyjä yli puoluerajojen – vapaus ja vastuu, ekologinen eheys ja monimuotoisuus, ihmisten keskinäinen riippuvuus, demokratia, välivallattomuus ja rauha.

*Määrittelykamppailua esimerkiksi siitä, mikä kauppakassi on ekologisempi. Ei ole yhtä totuutta. Kassin materiaalia (sekä ostosten pakkausmateriaaleja ja kuljetusmatkoja) enemmän merkitsee kassin sisältö ja käyttökertojen määrä – etteivät ostokset olisi kertakäyttöisiä, energia- ja resurssi-intensiivisiä tai mahdottomia kierrättää. Myös henkilön kauppamatkoihin käyttämä kulkuväline voi olla iso osa ostosten ympäristövaikutusta.



Taulukko 3. Esimerkkikysymyksiä kyselevään opettamiseen

Informaation sisältämät tiedot, arvot, asenteet ja vaihtoehdot	Informaation luotettavuus	Asiantuntijuus ja luonnontieteellinen tieto
<p>Perustuuko väittämä tietoon vai arvoihin? Mitkä arvot ovat heille tärkeimpiä? Entä sinulle? Mitä muita vaihtoehtoja näet? Mitä etuja tai haittapuolia niissä on?</p>	<p>Mistä lähteestä tieto on? Onko lähde luotettava? Kuinka tieto on saatu? Mikä on hänen intressinsä tiedon esittämiseksi? Onko se hänen osaamisalaansa? Onko tieteellinen yhteisö tätä mieltä?</p>	<p>Löydätkö tekstistä arveluttavia väittämiä? Osaatko tekstin perusteella selittää tieteellisen käsitteen? Mitä tapahtuu, jos emme huomioi asiantuntijan ajatuksia? Mitä vaaditaan, jotta ennuste toteutuisi?</p>

- Keskitasolla oppilaalle annetaan kysymykset, mutta hänen pitää itse miettiä sekä tutkimusmenetelmät että muotoilla tulokset
- Vaativalla tutkimuksellisuuden tasolla oppilaan pitää muotoilla tutkimuskysymyksetkin itse

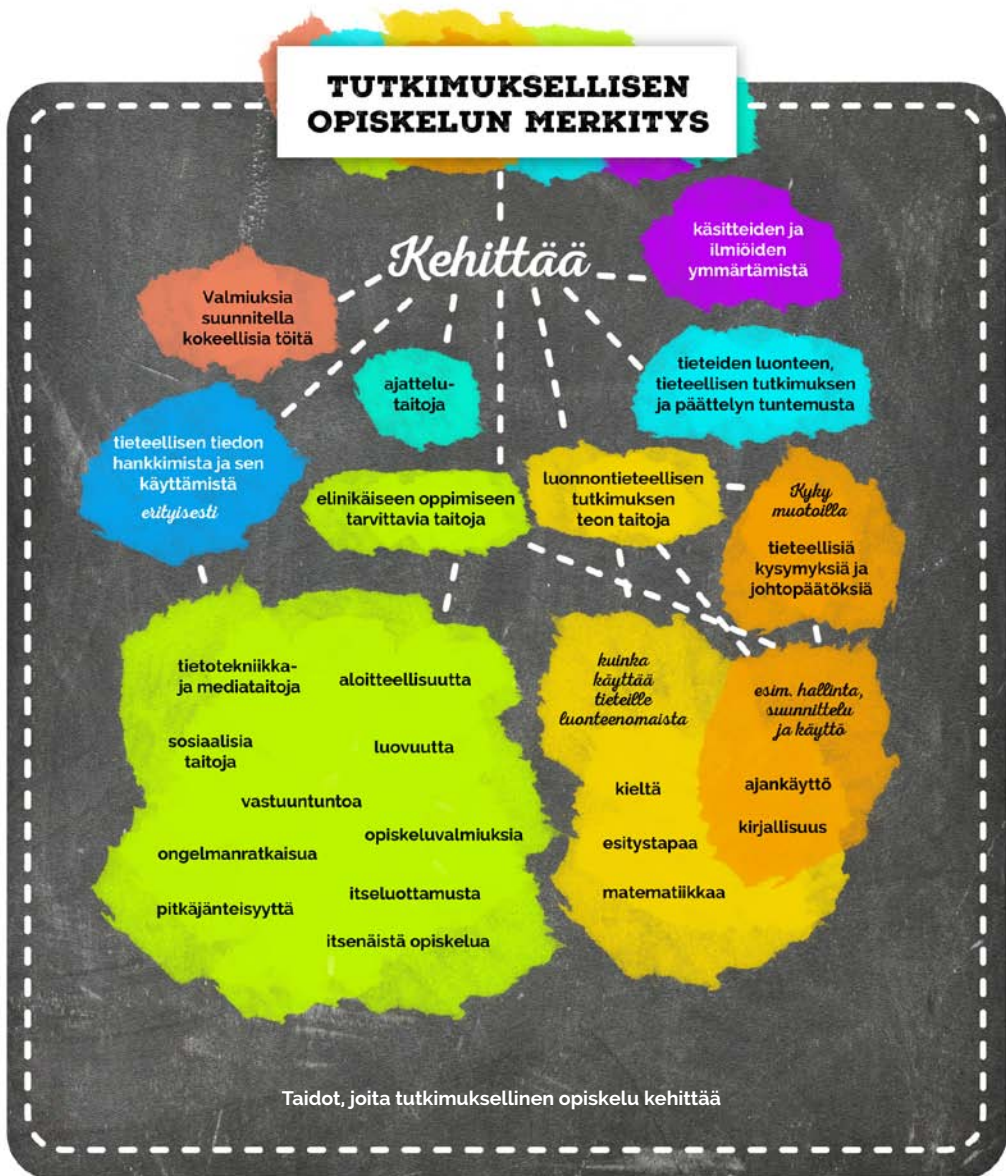
Opettaja on kysyvä konsultti ja ystävällinen kriitikko. Hän ohjaa tutkimukselliset aktiviteetit kohti oppilaiden omia luonnontieteellisiä kysymyksiä ja kiinnostuksen kohteita, joihin etsitään vastauksia (nk. ilmiöoppimista). Opettaja voi sopivin tehtävin stimuloida oppilaiden monilukutaitoa ja kriittisten ajattelutaitojen kehittymistä. Kyselemällä rakennetaan uutta tietoa. Kyselevän opettamisen tueksi on koottu esimerkkikysymyksiä Taulukkoon 3. Ensimmäisellä kerralla voi käyttää vain muutamaa kysymystä ja jatkossa laajentaa näkökulmia. Oppilaille kannattaa painottaa, että tällainen pohdiskelu kuuluu tutkimiseen. Heille tulee myös kertoa, kuinka näitä taitoja arvioidaan osana oppimista.

Ympäristöaiheista kemiaa voi integroida lähes kaikkien oppiaineiden kanssa. Opetusaiheiden integ-

rointi on pääsääntöisesti vielä vähäistä. Suosituin yhteistyöaine on ollut biologia ja integroitava teema vesi. Taulukkoon 4 on koottu tutkimuksellisen opiskelun monialaisia toteutusmalleja. Esimerkiksi alakoulujen opettajat käyttävät luonnontieteissä ainakin kolmea erilaista tutkimuksellista lähestymistapaa: aisteja herkistäviä kokemuksia, ongelmanratkaisua ja oppilaiden kysymysten keräämistä.

Tutkimuksellisen opiskelun on osoitettu tukevan erityisesti tyttöjen ja heikommista lähtökohdista tulevien oppilaiden mielenkiintoa opiskella lisää. Lähestymistapa tukee oppilaiden aktiivista osallistumista, sisäistä motivaatiota ja kiinnostusta, positiivista kemian opiskelun minäkuvaa, itseluotamusta sekä korkeamman tason ajattelutaitojen kehittymistä. Tämä johtuu siitä, että tutkimuksellisessa työtavassa oppilas saa:

- Tehdä valintoja oman opiskelunsa suhteen (autonomia)
- Onnistumisen kokemuksia (kompetenssi)
- Toimia yhteistyössä luokatovereiden kanssa (sosiaalinen yhteenkuuluvuus ja osallistuminen)



Taulukko 4. Tutkimuksellisia opetusideoita kemiassa

Mini-posterinäyttely:

Opettaja kirjoittaa linkkilistan kestävän kehityksen aiheista* ja antaa oppilaille tunnin aikaa valmistella aiheesta juliste, joka sivuaa myös kemiaa. Julisteet ripustetaan koulun käytävään ja harjoitellaan julisteiden aiheiden esittämistä hetki. Välitunnilla pidetään leikkimielinen tiedekonferenssi, jossa yleisöksi kutsutaan muut oppilaat ja opettajat.

Kysymystaulu:

Oppilaat saivat kirjoittaa erilliseen kysymystauluun mitä tahansa kysymyksiä heissä herääkään, milloin vain. Lisäksi tunneilla pidetään usein "kysymysten haku" ja etsitään "lisää testattavia kysymyksiä". Näiden avulla oppilaita ohjataan kysymään kysymyksiä, joita he pystyvät tutkimaan.

Avoin tutkimus:

Ruoka-ainekemiassa opettaja kysyy: "Mitä haluaisitte selvittää juomista tai ruoista?". Oppilaat pohtivat pienryhmissä kysymyksiä, joista osaa he tutkivat ja havaitsivat. Lopuksi kaikki ryhmät raportoivat muille mitä selvittivät, miten ja mitä havaitsivat. Saamaa lähestymistapaa voi käyttää myös, kun aiheena ovat esimerkiksi alkuaineet tai pintajännitys.

Taulukko 5. Keinoja tukea oppilaan ympäristötietoisuutta (mukaillen Salonen, 2010, 146)

TYÖNTÄÄ KOHTI KESTÄVÄÄ KEHITYSTÄ, jos oppilailla on:	VETÄÄ KOHTI KESTÄVÄÄ KEHITYSTÄ, kun opettaja katalysoi:
Tulevaisuuteen liittyvää ahdistusta	Uskoa tulevaisuuden turvallisuuteen ja solidaarisuuteen
Huoli siitä, että menettelytapoihin tehdyt muutokset eivät ole riittäviä kriisien välttämiseksi	Eettistä toimintaa, missä otetaan vastuu muista ihmisistä, luonnosta ja tulevaisuudesta
Pelko tulevaisuuden kriiseistä seuraavista vapauden ja valinnanvapauden menetyksistä	Mahdollisuuksia osallistua yhteisöihin, politiikkaan ja kulttuuriin
Kriittinen suhtautuminen vallitsevaan kulttuuriin ja vieraantumisen siitä hiljalleen	Tarkoituksen ja merkityksen tavoittelua
Stressiä, jota tuottaa nykyinen elämäntyyli	Aikaa itsensä kehittämiseksi ja entistä vahvemmalle luontosuhteelle

Ympäristötietoisuus on poikkeittieteellistä. Se on laajalta määritelmältään lähellä luonnontieteellistä sivistystä. Opettaja voi tukea kestävä kehityksen mukaisen maailman käsityksen syntymistä ja siten oppilaiden ympäristötietoisuutta Taulukkoon 5. koottujen keinojen kautta.

Merkittävät henkilökohtaiset kokemukset ja tieto ympäristöasioista lisäävät positiivista asennoitumista ympäristönsuojeluun. Myös hyvä itsetunto, optimistisuus ja yhteisöön kuulumisen tunne lisäävät aktiivista ympäristöstä välittämistä. Samoin tunteet siitä, että pystyy vaikuttamaan ja kontrolloimaan tapahtumia ympärillään lisäävät ympäristömyönteistä käyttäytymistä.

Motivoituneessa ympäristötietoisessa toiminnassa painottuvat erityisesti kaksi piirrettä: ongelman ratkaisu ja toimijoiden oma päätös. Aktiivinen osallistuminen tuottaa tunnekokemuksia ja opettaa omien tavoitteiden asettamista. Toimintatavat voivat sitouttaa koko yhteisön ympäristövastuullisiin tekoihin. Hyvänä esimerkkinä on ”Vihreä lippu” -ohjelma, joka osallistaa oppilaat koulun arkiseen kestävä kehityksen toteuttamiseen ja suunnitteluun.

On tärkeä huomioida, että koulun käytänteet ja aikuisten esimerkki* ovat linjassa opetettavan asian kanssa. Jos esimerkiksi teoriassa opetetaan kierrättämään tai suosimaan vegaaniruokaa, mutta

*Opettajan ympäristömyönteistä käyttäytymistä ennustavat parhaiten hänen tietonsa ympäristötoiminnan muodoista ja asenteensa. Hyvän ympäristökasvattajan ominaispiirteitä ovat herkkyyys ympäristön suhteen, moraalinen vastuuntunto ja itsenäisyys, kyky arvioida kriittisesti omaa toimintaa ja kulttuuriaan, tietoisuus yhteiskunnallisista valtasuhteista, sekä taito ja halua toimia ympäristön parhaaksi.

koulun arjessa tehdään toisin, kehittyvät oppilaiden asenteet tutkimusten mukaan jopa negatiiviseen suuntaan.

Asenteiden ja toiminnan suhde on toki aina jossain määrin ristiriitainen. Käyttäytyminen on usein tilannesidonnaista. Osa käyttäytymisestä on tietoon ja sääntöihin perustuvaa tiedostettua toimintaa, osa taas taitoihin perustuvaa usein vähemmän tiedostettua toimintaa. Oppilaiden ympäristövas- tuullinen käyttäytyminen on useimmiten rutiineihin perustuvaa, koska he vasta opettelevat uutta ja koulussa toiminta perustuu usein sääntöihin. Kouluissa ympäristökasvatus keskittyy usein kog- nitiivisiin opetusmenetelmiin. Ihmisten käyttäy- tymistä pyritään muuttamaan tiedottamalla eri käyttäytymistapojen seurauksista ja jopa moralisoi- den. Pelkän tiedon ja tiedostamisen lisääminen ei

kuitenkaan juuri korreloi todellisen käyttäytymisen muutoksen kanssa.

Lyhyt projekti edistää oppilaan ympäristömyön- teistä käyttäytymistä tehokkaimmin, jos siinä saa osallistua aktiivisesti aidon ongelman ratkaisuun ja projektissa on selkeät tavoitteet. Myös sosiaalinen tuki ja palaute ovat tärkeitä. Lisäksi ulkoiset kan- nustimet (esim. sosiaalinen hyväksyntä, palkinnot tai rangaistukset) voivat toimia tehokeinoina. Tosin ulkoiset kannustimet haittaavat sisäisen kontrollin kehittymistä ja siten pitkäkestoisten muutosten aikaansaamista.

Draamaleikeillä ajatukset auki

Draama on tunnekokemuksia herättelevä opis- kelutapa, jota voi käyttää kemian opetukses- sa. Seuraavaksi esitellään muutamia konkreettisia ideoita oppitunneille.

Tuotteen elinkaari: Käytetään edellisvuonna tehty- jä tuotteiden elinkaarijulisteita tai muita valmiita kuvia pienryhmien (mykkä-)näytelmien perustana. Annetaan ryhmille noin vartti aikaa suunnitella pie- ni näytelmä, joka kuvaa tuotteen matkaa ”kehdesta hautaan” tai kierrätystä.

Arvojana: Aluksi haastatellaan oppilaiden mie- lipiteitä arvojanan avulla. Oppilaat asettuvat vastauksensa mukaiseen kohtaan kyllä–ei -akse- lilla luokassa. Haastattelija on puolueeton. Hän käy sattumanvaraisesti kyselemässä näkökulmia arvojanan eri osista sen jälkeen, kun on lukenut ääneen väittämän. Mahdollisia väittämiä voivat olla esimerkiksi: energiaa pitää aina säästää, suomalai- set ovat luontoa varjeleva kansa, ilmastomuutos on hallinnassa, en voi vaikuttaa kemikaalialtistukseeni, kemiallisista aineista on vain hyötyä, suomalais- ten ei tarvitse säästää vettä...

*ks. Minulle tärkeän tuotteen elinkaari s. 18

Sisäpiiri: Asetutaan piiriin seisomaan kasvat ulospäin. Yksi kääntyy piirin keskusta ja kertoo jonkin mielipiteen, mitä aikoo tehdä kiertotalouden edistämiseksi tai maailman pelastamiseksi. Kaikki, jotka haluavat tehdä saman kääntyvät myös katsoomaan piirin keskusta. Tämän jälkeen voidaan kysellä kääntyneiltä, onko joku jo toteuttanut ideaa käytännössä. Keskustelun jälkeen kaikki kääntyvät takaisin piiristä ulospäin. On seuraavan leikkijän vuoro kääntyä ja sanallistaa maailman pelastamiseksi sideansa.

Variaatio: Heitellään hernepussia ja jokaisen on kerrottava ainakin yksi tapa vaikuttaa asioihin tai toive, mitä toivoo kehitykseltä

Mitä voimme tehdä?: Oppilaille jaetaan koulun pohjapiirros. He menevät pienryhmissä kohteisiin ja kirjaavat ylös parannusehdotuksia. Kohteita voivat olla esimerkiksi kopiohuone, ruokala, vessa ja opettajanhuone. Kaikilla on omat vastualueet liittyen maailman pelastamiseen, joiden näkökul-

mista kohdetta pohditaan. Vastuualueita voivat olla saasteet, kierrätys, oma toiminta, energia tai turvallisuus. Puretaan tulokset tekemällä huomioista kylttejä, kirje aikuisille tai mielipidekirjoitus lehteen. Yritetään toteuttaa oppilaiden kehitysideoita käytännössä. Lisäksi voidaan perustaa kouluun ympäristötukiryhmä (vrt. tukioppilastoiminta) tai ympäristöraati. Lisätietoja löytää ”Vaikuta, välitä, viihdy, voi hyvin” -hankkeen kestävän kehityksen oppaasta*, jossa on myös alkutilanteen kartoituslomakkeita eri teemoista.

Metsien kestävä käyttö -keskustelupeli: Kuinka metsiin kohdistuvat ristiriitaiset tarpeet voidaan sovittaa yhteen? Suomen- tai ruotsinkielisen PlayDecide pelin voi tulostaa ilmaiseksi osoitteesta www.tiedekeskuspilke.fi/oppiminen tai www.playdecide.eu > play > download, jossa on valtavasti myös muita (pääosin englanninkielisiä, osin myös ruotsinkielisiä pelejä). Sivustolle voi ladata pelin tulokset.



Tuotteen elinkaaritaulut näytelmän perustana

*www.4v.fi/4v-hanke/kasvattajille/keke_kouluissa

Minulle tärkeän tuotteen elinkaari

Vihreän kemian ja elinkaarianalyysien tarve on kasvussa, koska maankuoren resurssit ehtyvät. Elinympäristöjen kemikalisoituminen lisää myös elinkaarianalyysien tarvetta.

Kemian opettajien itse kehittämä ja kouluissa testattu projektityö vie kotityön määrästä ja muihin oppiaineisiin sisällytetystä työstä riippuen noin 5–10 oppituntia. Projektin avulla harjoitellaan tunnistamaan ja arvioimaan tuotteen ympäristökuormaa – tuotteen valmistuksessa käytetyn energian ja materian laatuja, määriä, vaikutuksia sekä mahdollisia keinoja löytää parempia ratkaisuja.

Elinkaariprojektin eteneminen

1. VIRITTÄYTYMINEN AIHEESEEN, esim. video tai opetuskeskustelu

2. OPPILAAT

... tekevät kysymyksiä elinkaariajattelusta pienryhmässä

...valitsevat ryhmää kiinnostavan tuotteen tutkimuskohteeksi

...valitsevat kysymyksistään tutkimuskysymykset

...hakevat tietoa heitä innostavista lähteistä

...kokoavat vastauksia kysymyksiinsä itse valitsemalleen alustalle

...opponoivat toisen ryhmän tuotosta

...parantavat omaa tuotostaan saamiensa vinkkien avulla

...valmistautuvat esittämään tuotteensa elinkaaren ja tekevät 2 kysymystä opponointiryhmälleen

3. ESITYKSET, jossa ainakin opponoijaryhmä kysyy esityksestä 2 kysymystä

4. KOKOAVA KESKUSTELU tai/ja väittely projektista, kuluttamisesta ja erilaisista vaikutusmahdollisuuksista

Elinkaarianalyysin teon vaativuutta kuvaa se, että menetelmää voi opiskella lukuisissa yliopistoissa pääainetasolla. Oppilaat pääsevät sille tasolle, mille pääsevät. Se riittää. *No stress!*

Tuotteen elinkaaren tutkimuksellisessa opiskelussa oppilasryhmät tutkivat itseään kiinnostavaa tuotetta. Kuvia erilaisten tuotteiden valmistusprosesseista löytyy www.madehow.com -sivustolta.

Elinkaarianalyysiä tehdessään oppilaat samalla pohivat eri intressitahojen näkökulmia, refleктоivat mielipiteitään sekä harjoittelevat vertaisarvioinnin, perustelun ja päätöksenteon taitojaan pienryhmissä. He kokoavat tuotteen elinkaaresta julisteen tai esityksen, jonka esittävät muille koululaisille ja vaikka vanhemmille ja kuntapäätäjille. Esitelmät havainnollistavat, kuinka laajoja ja toisaalta myös samankaltaisia ulottuvuuksia kaikkien tuotteiden elinkaariin sisältyy. Työtapa tukee oppilaiden yhteiskunnallisia toimintataitoja. Projektin jälkeen elinkaariajattelun peruskäsitteitä ja kemiaa voi jatkossa sivuta jokaisen kemiassa käsiteltävän tuotteen kohdalla.

Opettajat ovat sisällyttäneet projektiin draamaa, opintovierailuja, oppimispäiväkirjaa ja väittelyä. Nuoria tulee rohkaista harjoittelemaan päätöksentekoa ja mielipiteen ilmaisua liittyen ympäristökysymysten intressiritiriitoihin. Siksi opponoinnin, esseiden, loppukeskustelujen tai -väittelyiden käyttöä tulee painottaa. Myös oppilasarvioinnissa on avattava näiden elementtien osuus oppilaille. Osana elinkaarianalyysiä voi tarkastella tuotteiden ekologista selkäreppua eli materiaalikulutusta

tuoteyksikköä kohden (ts. MIPS-luku), vesi- ja hiilijalanjälkiä sekä ekologista jalanjälkeä. Oppilaat voivat tutkia pahenevan ruoantuotannonkriisin ratkaisuksi tarvittavia kemian ratkaisuja, esimerkiksi veden, pakkausmuovien tai lannoitetypen kierrätyksen mahdollisuuksia. Näin päästään esittämään eettisiä kysymyksiä veden, fossiilisten raaka-aineiden ja viljelymaaperän käytöstä liittyen tuotteiden valmistukseen. On havaittu, että oppilaat osaavat kemiassa raaka-aineisiin liittyvät soveltavat tehtävät ja eettisen pohdinnan heikoimmin. Opettajan tai oppilaiden mahdollisia kysymyksiä* voidaan luokitella seuraavasti:

Yhteiskunta

- Minkä tuotteen elinkaaresta olen kiinnostunut?
- Mistä tuote ja sen raaka-aineet ovat peräisin?
- Missä ja minkälaisissa työoloissa tuote on valmistettu?
- Paljonko se maksaa ja miksi?
- Miten tuotteen hinta liittyy kestävään kehitykseen?

Teknologia

- Miten tuote valmistetaan?
- Mihin tuote joutuu käytön jälkeen?

Tiede ja kemia

- Mistä tuote kemiallisesti koostuu?
- Mitä kemiallisia aineita tuotteen elinkaareen liittyy?

- Mitä tuotteen valmistus tai käyttö kuluttaa?
- Millaisia päästöjä syntyy?

Ympäristö

- Miten tuote vaikuttaa ympäristöön, talouteen ja ihmisten hyvinvointiin?
- Mitä ympäristöongelmia tuotteen valmistukseen liittyy?
- Miten valitsen vastuullisesti?

Elinkaariajattelu herättää oppilaissa uudenlaista, kokonaisvaltaista ajattelua. Yksinkertaistetulla tasolla tuotteen elinkaaren tutkiminen mahdollistaa energia-, luonnonvara- ja kauppapolitiikan tai suomalaisten kulutustottumuksien analysoimisen osana globaaleja materiaalivirtoja. Tuotteen elinkaaren tutkiminen on keino havaita materialististen kulutustottumuksiemme köyhdyttävä vaikutus luontoon ja miljoonien ihmisten elämään.

Variaatio: Valitaan pienryhmille tuotteet, joiden valmistukseen voidaan liittää laboratoriotyö (voiteen, saippuan, superpallon tai paperin valmistus, sekä kotitaloudessa, teknisessä ja tekstiiliteollisuudessa alusta alkaen raaka-aineesta asti valmistettavat tuotteet). Tehdään tuotteista julisteet (kemian ohella osin äidinkielellä ja maantiedossa). Käytetään kuvitusta ja lyhyitä, ytimekkäitä tekstejä. Esitellään omat tutkimukset asiantuntijoina aikuisille vaikkapa kirjastossa tai vanhempainillalla!

*Lisää apukysymyksiä: Mitä materiaaleja tuotteen valmistuksessa on käytetty? Miksi tuotteeseen on valittu juuri nuo materiaalit (ominaisuudet)? Mistä materiaalit on saatu eli mitä luonnonvaroja tuotteeseen on käytetty? Onko tuotekehityksessä käytetty eläinkokeita? Onko tuotteen valmistaminen ja kuljettaminen kuluttanut mielestäsi paljon energiaa? Missä ja miten tuotetta käytetään? Käytetäänkö sitä paljon? Onko tuote "tarvike" vai "turhake"? Jos tuote menee rikki, onko se helppo korjata? Mitä tuotteelle tapahtuu käytön jälkeen? Voiko tuotetta tai sen osia kierrättää? Miten? Keksi tuotteelle uusiokäyttöä eli mitä uutta siitä tai sen osista voisi valmistaa?

Janojuomien ehtyvä luksus: vesi

Vesiteemojen tutkimuksissa seurataan veden kiertokulkua luonnossa, veden kulutusta, sekä juomaveden matkaa vedenottamolta vesihanaan ja puhdistuksen kautta takaisin vesistöön. Tehtävistä voi kirjoittaa yksittäisiä työselostuksia, tai koota isomman projektin tutkimusraportteineen.

Virittäviä tehtäviä: Katsotaan Vesi luonnonvarana -video* (17 min). Sen jälkeen voidaan pohtia, miten vesivarat ovat jakautuneet maapallolla. Entä veden kulutus? Paljonko keskimääräinen suomalainen kuluttaa vettä? Mitä tarkoittavat piilovesi, vesien kemikalisoituminen, mikromuovi ja valtamerien muovijätelautat? Tarvitseeko suomalaisen säästää vettä? Heijastetaan reaaliaikaisen yhteisöllisen Padlet-verkkotaulun avulla oppilaiden naputtelemia kysymyksiä ja vastauksia valkokankaalle.



Vesivarojen jakautuminen: Aihetta voi havainnollistaa jäädyttämällä kaksi desilitraa vettä (=jäätiköt) ja ottamalla lisäksi yhden desilitran makeaa vettä (=pohjavesi, vesialtaat, järvet, joet, maaperän ja kasvien sisältämä vesi, vesihöyry). Näiden rinnalle valmistetaan yhdessä 9,7 litraa suolaista merivettä. Määrät kuvaavat vesivarojen jakaamaa maapallolla. Lisäksi voi huomioda, että maapallon pinta-alasta on vesialueita 70 % ja mantereita 30 %.

Veden kulutus: Mitataan omaa veden käyttöä vesijalanjälkimittarilla*. Samalla muistetaan, että kotitalouksien vedenkulutus on vain noin 10 % koko yhteiskunnan vedenkulutuksesta. Jopa 90 % vedestä käyttää teollisuus ja maatalous. Maan ystävien sivuilla on vesioikeudenmukaisuuteen liittyvää materiaalia, joista Vesikriisi-esitys sisältää havainnollisia taulukoita ja kaavioita.



Lähde: www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/mihin_energia_kuluu/vedenkulutus

*www.oppiminen.yle.fi/yhteinen-ymparisto/vesi-luonnonvarana

*www.vesijalanjalki.fi

Vesihuolto: Sivustolla vesikoulu.fi voi virtuaalisesti seikkaila vesihuollon maailmassa. Hakusanoilla ”veden kiertokulku esite ymparisto.fi” löytyy aiheesta hyvä esitelmä, ja haulla ”jätevedenpuhdistus” löytyy selkeitä prosessikuvia. Helsingin veden sivuilla on ”Luonto lähellä” -sarjan videot:

- Puhdasta vettä hanasta,
- Puhtaampaa jätevettä ja
- Ekomultaa lietteestä

Vesiaiheinen retki: Vierailukohde voi olla paikallinen vedenottamo, vedenpuhdistuslaitos, uimahalli, vesitorni tai vesiluonto. Oppilaat laativat ennen vierailua kysymyksiä, jotka esitetään vierailukohde-kohteessa. Jos mahdollista, niin kohteesta otetaan vesinäyte mukaan myöhempää laboratoriotutkimusta varten. Retken jälkeen piirretään talousveden puhdistuskaavio.

Aurinkotislau



Vesianalyysit: Vesinäytteiden tutkimiseen (mm. pH, lämpötila, sameus, sähkönjohtokyky, happipitoisuus, hapenkulutus, kovuus, rautapitoisuus) löytyy apuja kohdasta ”Ulos luontoon” (ks. s. 36) tai kemianluokka.fi –sivuston työohjeista.

Tekopohjaveden valmistus: Leikkaa muovipullosta pohja irti. Rakenna sitten pulloon likaisen raakaveden suodatuskolonni erilaisista materiaaleista (mm. soraa, hiekkaa, kasvikuituja, aktiivihiiltä). Pullon korkin tilalle pingotetaan kuminauhalla suodatinpaperi- tai kangas, ja asetetaan kolonni esimerkiksi keitinlasin päälle tiputtamaan puhdistuvaa vettä. Pohditaan, onko vesi nyt juomakelpoista sekä pohjaveden syntyprosessia ja syitä. Hakusanoilla ”veden desinfiointi” löytää tietoa kemiallisista menetelmistä puhdistaa pintavettä tai tekopohjavettä. Haulla ”vedenpuhdistus retkeily” löytyy kaupallisia pieniä vedenpuhdistuskolonneja, joita on hauska tässä yhteydessä vertailla omiin rakennelmiin. Multaisen veden epäpuhtauksia voi saostaa muutamalla pisaralla alumiini- tai ferrosulfaattia.

Tekopohjavesi



Veden puhdistaminen aurinkotislauksella: Rakennetaan auringonvalon avulla toimiva tisluslaitteisto*. Peitetään elintarvikevärillä värjättyä suolaista vettä sisältävä astia tiiviisti roikkuvalla kelmulla,

*Valmis työohje ja tietoa työn kemiasta: www.kemianluokka.fi/files/Aurinkotislau_v5.pdf

jonka keskelle asetetaan pieni paino. Auringossa höyrystyvä vesi tiivistyy kelmuun ja tippuu vesiasian sisällä keskellä olevaan pienempään astiaan. Lopuksi tutkitaan tislattun veden laatua, mitataan sen määrä ja lasketaan sen prosenttiosuus koko vesimäärästä. Työn avulla voidaan pohtia vedenpuhdistusta ja veden olomuotoja.

Tislaushaaste: Suunnittele ja rakenna mahdollisimman tehokas aurinkotislaamo! Kriteerinä voi olla tislausaika tai -prosentti. Oppilaat voivat itse keksiä muuttujat ja raportoida näistä piirtäen, kirjoittaen tai valokuvoin (aika, lämpötilat, astian muoto ja väri, veden määrä). Kotiläksynä voi toteuttaa uuden tutkimuksen vaihtaen muuttujia.

Mikrobiologiset vedenpuhtaustutkimukset (biologiaan integroitavat): Bakteerimaljojen elatusaineen valmistaminen, maljojen valaminen, vesinäytteen levitys, kasvatust, pesäkkeiden laskeminen.

Kasviviljelytutkimus: Pikkulimaska-vesikasvia voidaan kasvattaa astiassa. Työohje löytyy kouluille suunnatusta ”Wet City” –oppaasta*. Myös seuraava opetusidea on mukailtu kyseisestä oppaasta:

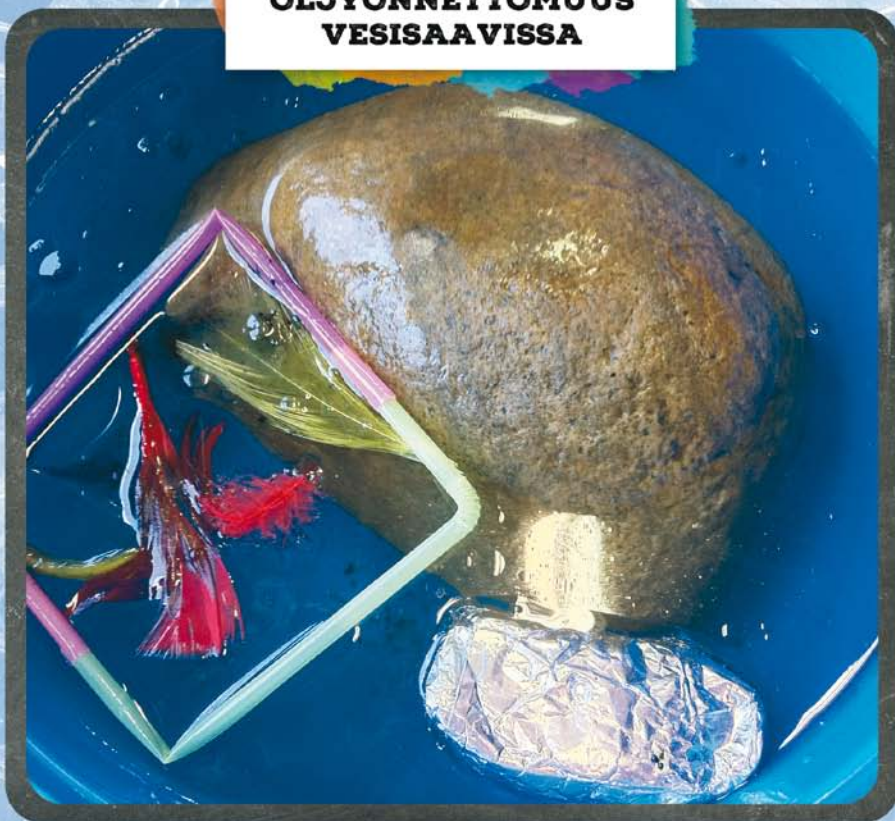
Vedenmaistajaiset (maantietoon integroitava): Osa oppilaista toimii kokeen järjestelijöinä ja osa asiantuntijoina. Tarvitaan erilaisia kivennäis- ja lähdevesiä kaupasta, hanavettä, mukeja. Vesijohtovesi on syytä ottaa erilliseen hajuttomaan pulloon ja säilöä jääkaappiin muiden vesien kanssa. Aluksi asiantuntijat maistavat sokkotestinä saman lämpöisiä vesiä. Arvioidaan lomakkeille tai taululle veden väri, haju sekä maku. Annetaan pisteitä vesille ja asetetaan ne paremmuusjärjestykseen. Lopuksi paljastetaan, mitä mikäkin vesinäyte oli. Syntykö erilaisia ”makukoulukuntia”? Mistä makuerot voivat johtua? Kannattaako ostaa erillispakattua lähdevettä kaupasta? Mitä mieltä olette veden tuonnista ulkomailta? Mitä ympäristövaikutuksia erilaisilla juomaveden tuotantotavoilla on?

Vesien happamoituminen: Tämä työ simuloi maapallon vesien happamoitumista*, eli kuinka hiilidioksidi on hapan vesiliukoinen kaasu. Lisätään ensin keitinlasiin muutama pisara BTS-indikaattoria. Puhalletaan veteen pillillä muutama minuutti. Veden happamuus muuttuu, jolloin BTS muuttuu sinisestä vihreäksi. Lopuksi voidaan tutkia happamuuden (kolajuoma) vaikutusta munankuoriin, luihin tai marmoriin.

*www.helsinki.fi/maantiede/labrat/weci.pdf

*Merien hiilidioksidipumppu on mielenkiintoinen tutkimusaihe. Ilmiön toiminnan yhteyttä merien happamoitumiseen ja ilmastonmuutokseen ei täysin tunneta. Mitä enemmän ilmassa on hiilidioksidia, sitä enemmän sitä liukenee vesistöihin. Toisaalta, hiilidioksidin sitoutuminen ja vapautuminen on dynaaminen kaksisuuntainen reaktio: Sitoutuminen nousee lämpötilan laskiessa ja laskee lämpötilan noustessa. On mahdollista, että meristä tulee lämpötilan noustessa hiilinielujen sijaan suuri hiilipäästölähde. Lisätietoa löytyy ilmasto-opas.fi > kasvihuoneilmiö > hiilidioksidi sekä selkeitä kuvia hakusanoilla ”ocean acidification chemistry climate change”.

ÖLJYONNETTOMUUS VESISAAVISSA



Öljyonnettomuus: Tutustutaan ympäristökatastrofiin simuloimalla öljyonnettomuutta. Vadista tulee meri ja oppilas saa taitella foliosta oman tankkerinsa, joka törmää lopulta kivikkoon ja höyheniin (=lintuihin). Sen jälkeen aletaan torjua mereen valunutta hiilellä mustaksi värjättyä ruokaöljyä rajaamalla sitä mehupillipuomeilla, imeyttämällä sitä sahanpuruun ja kalkkiin sekä tiputtamalla öljyyn pisara pesuainetta lautan hajottamiseksi ja haihtumisen edistämiseksi. Liukeneeko öljy veteen? Onko öljyä helppo kerätä? Entä puhdistaa linnuita? Mikä on paras tapa torjua onnettomuus? Miten öljy vaikuttaa luontoon?



Ilmastonmuutos pysäytetään yhdessä!

Virittäviä kysymyksiä ja tehtäviä: Mitkä aineet aiheuttavat ilmiön ja miksi? Millaisia molekyylejä nämä ovat? Millaisissa reaktioissa niitä syntyy? Kuinka hiili kiertää luonnossa? Käydään läpi hiilijalanjäljen kemialla (CO_2 , CH_4 , N_2O , O_3 , vesihöyry, halogenoidut hiilivedyt, hiilidioksidiekvivalentin käsite...). Lisätietoja löytyy hakusanalla ”kasvihuonekaasut”. Youtubessa on lukuisia videoita kasvihuoneilmioista.

Suomalaisten vuotuinen hiilijalanjälki on keskimäärin 8500–9000 kg. Sitä pitäisi laskea ilmastotavoitteiden täyttämiseksi muutaman kymmenen vuoden sisällä 5500 kg:aan.

Oma hiilijalanjälki ja sen pienentäminen: Oppi-

laat mittaavat perheensä keskimääräisen hiilijalanjäljen. Arvoidaan muuttujia opettajan kanssa keskustellen tai selvittämällä etukäteen kotitehtävänä esimerkiksi kodin vuotuinen sähkönkulutus. Hiilijalanjälkimittarina toimivat SYKE:n hiilijalanjälkilaskuri www.ilmastodieetti.fi/Ilmastolaskuri.html tai englanninkielinen testi www.footprintnetwork.org > footprint basics > personal footprint.

Vertaillaan tuloksia ja keskustellaan, mitkä asiat vaikuttavat eniten omaan hiilijalanjälkeen. Hiilijalanjäljen kolme pääkategoriaa ovat matkustaminen, asuminen ja syöminen. Tekojen hiilisästöjen hahmottamisen apuna voi käyttää Kevennä tonni-arvioita*. Pohditaan ilmastonmuutoksen merkitys-tä hyvinvoinnille ja tulevaisuudelle.

*ilmastoinfo.fi/kevennatonni/kevenna-tonni-2014/



“Me olemme ensimmäinen sukupolvi, joka kokee ilmastonmuutoksen vaikutukset ja viimeinen, joka voi enää tehdä asialle mitään.”

Elina Grundström

PÄÄKIRJOITUS HELSINGIN SANOMAT 17.11.2015

Kansainvälinen ilmastopaneeli -rooliväittely:

Rooleina USA (talous voimakkaasti öljystä riippuva), EU (pyrkii toimimaan päästöjä vähentävästi), Suomi (energiaa tarvitsevaa teollisuutta), Greenpeace (ympäristöjärjestö uusiutuvan energian ja energian säästämisen puolesta), Intia (teollistuva kehitysmaa, jonka talouden kehittymistä päästörajoitukset haittaavat), Etiopia (ilmastonmuutoksen takia kuivuudesta kärsivä köyhä kehitysmaa), Malediivit (jäätiköiden sulaessa mereen uppoava saarivaltio, mutta taloudeltaan riippuvainen lentoliikenteestä), ja Saudi-Arabia tai Venäjä (öljyn tuottajamaa).

Ilmastodieetti-kotitehtävä: Jokainen suunnittelee itselleen tai perheelleen ilmastodieetin (myös opet-

taja!). Dieetin avulla he vähentävät hiilijalanjälkeään 10 % vuodessa kolmen vuoden ajan tai kunnes yhdessä sovittu raja saavutetaan. Kootaan tehtävä keskustelemalla: Miltä elämä näyttää kolmen vuoden päästä? Minkälaisia valintoja opiskelijat ovat päättäneet tehdä? Mikä hankaloittaa näiden ratkaisujen tekemistä (kulutuskuulttuuri, mukavuudenhalu, yhteiskunnalliset rakenteet, talous)? Kuinka meidän ylenpalttinen eläminen vaikuttaa köyhemmissä maissa oleviin ihmisiin? Entä tuleviin sukupolviin? Millaiset teknologiat voivat auttaa ilmastonmuutoksen estämisessä? Teknologian rajoitettu rooli ilmasto-ongelmien ratkaisemisessa on myös hyvä nostaa pöydälle.

(opetusidea: Sakari Tolppanen FT)

Kiertotalous mullistaa yhteiskuntaa

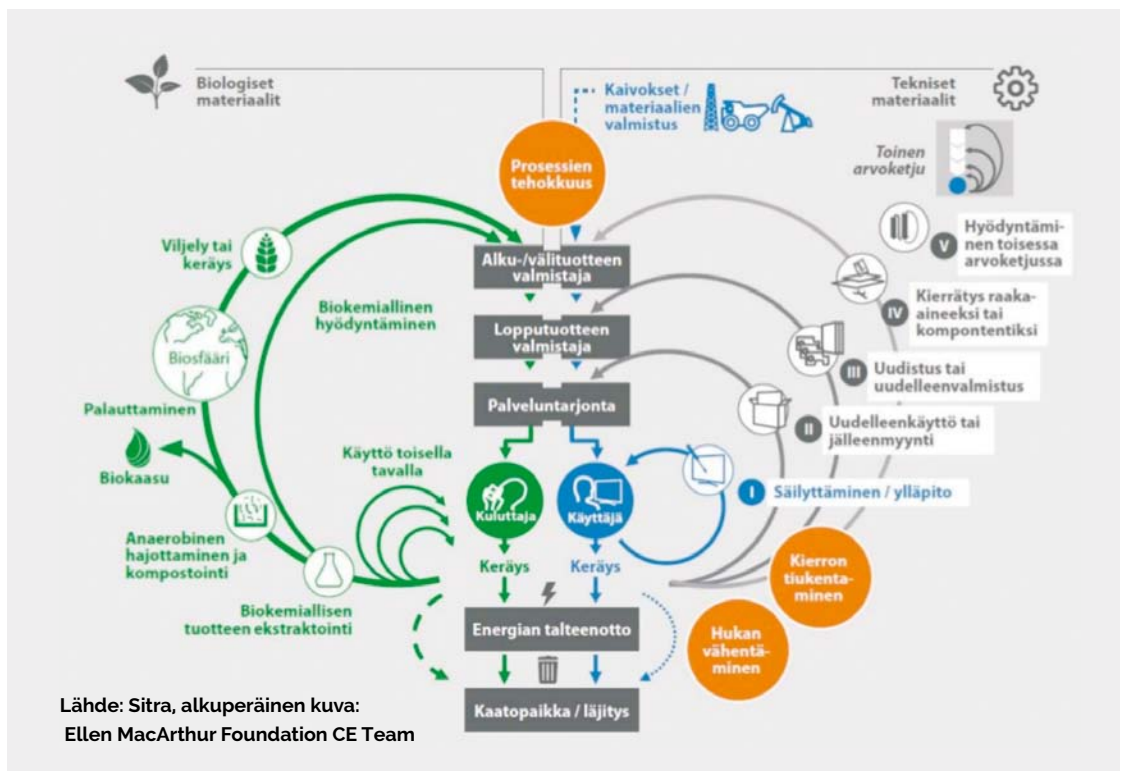
Kiertotalous on talousmalli, jossa resurssien käyttö suunnitellaan kestäväksi. Vuoteen 2030 mennessä maapallolla tarvitaan arviolta 50 % enemmän ruokaa, 45 % enemmän energiaa, 30 % enemmän vettä (Lähde: Suomen biotalousstrategia, TEM, 2014).

Virittäviä kysymyksiä: Milloin olet viimeksi kierrättänyt? Millä tavalla? Miksi kierrätetään? Mistä kymmenestä tavarastasi et voisi luopua? Miksi tarvitset niitä? Keskustelun jälkeen tutustutaan käsitteisiin kierto- ja biotalous.

Kiertotalous yhteisöllisesti opiskellen (opetusidea: Jeskanen, 2015): Ensin oppilaat opiskelevat 5–6 hengen kotiryhmissä uuden kemian

aiheen (proteiinit, hiilihydraatit, polymeerit, rasvat, uusiutuvat tai uusiutumattomat luonnonvarat). Sitten ryhmä saa listan kiertotalouden aiheista, joista kukin oppilas valitsee häntä kiinnostavan kiertotalouden aiheen (kaikki ryhmät saavat saman listan)*:

- biopolttoaine raakamäntööljystä
- kuusesta saatava syöpälääke
- puun käyttäminen rakennusmateriaalina
- puupelletit energialähteenä
- puukipsi
- biokomposiittimateriaali selluloosasta
- tekstiilikuitu puukuidusta
- biopolttoaineet jätteistä
- erotusmenetelmät puhtaampien jakeiden saamiseksi ja saatujen jakeiden käyttö



Valinnan perusteella muodostetaan uudet tutkimusryhmät, jotka alkavat työskennellä yhteisen tutkimuksen eteen. Ryhmät määrittelevät itse tutkimuskysymyksensä. Jokainen oppilas on vastuussa kotiryhmänsä aiheen huomioimisesta tutkimusryhmän tutkimuksessa. Kootaan tutkimusryhmien selvittämiä asioita jollekin hausalle verkkoalustalle, kuten blogiin tai videoksi. Opettaja tukee oppilaita tutkimuksen eri vaiheissa. Apuna voidaan käyttää myös asiantuntijaverkosto^{*}. Sieltä voi löytää oppilaille haastateltavaksi aihepiirin ammattilaisen. Esitetään tutkimukset muille ryhmille, jotka kommentoivat ja esittävät parannusehdotuksia. Lopuksi voidaan palataan kotiryhmiin, ja koota yhteen uudet tiedot kotiryhmän aiheen kannalta. Oppilaat voivat tehdä oppimastaan koekysymyksiä, jotka jaetaan kaikille.



Kiertotaloustalon rakentaminen (integroi kuvamataittoa ja fysiikkaa): Rakennetaan 4–6 hön ryhmässä avonaiseen isohkoon pahlavilattikkoon ekotalo. Oppilaiden omat ideat ja keskustelu ovat avainasemassa. Opettaja ohjaa, mutta antaa oppilaiden itse keksiä kaiken, mitä ekotaloon rakennetaan: komposti, kasvimaata, metsä, varaava takka, aurinkopaneelit, tuulimylly, biokaasureaktori, kompostivessa, paksut seinät, rakennusmateriaalit, ikkunat, muuteltavat seinäratkaisut, luonnonvalo,

ledit, viherkatto, kaivo, aurinkokeräimellä lämpenevä vesi, harmaiden vesien hyötykäyttö, ekopesuaineet... Voidaan myös jatkaa projektia tekemällä tietoisuus kustakin talon osasta. Kootaan aiheesta näyttely kirjastoon tai muulle näkyvälle paikalle.

^{*}Nyt vuonna 2015 konkreettisia aiheita voivat olla esimerkiksi: BioVerno (UPM:n valmistama biodiesel raakamäntyöljystä), HMR-lignaani (suomalaisten kehittämä kuusesta saatava syöpälääke, vielä kehitteillä), puupellettejä on useampia, esim. Versowoodin HOTTI-pelletit, Woodcast (suomalaisen Onbone Oy:n kehittämä puukipsi), UPM ForMi (UPM:n kehittämä selluloosasta tuotettu biokomposiittimateriaali) ja loncell (suomalainen puukuidusta valmistettu tekstiilikuitu) tai puukuitutekstiilien esiaste liukosellu.

^{*}www.opetin.fi/asiantuntijaverkosto/

Ekotehokkaat ja terveelliset eväät

Ruokaan liittyviä eettisiä näkökulmia kannattaa sivuta, kun kemian tutkimuksissa käytetään eläintuotteita, kuten muniä tai maitoa. On hyvä painottaa, ettei tilanteessa kyseessä ole ruoalla leikkiminen, vaan tieteellinen tutkimus. Sen jälkeen ruokaa ei valitettavasti voida enää syödä. Kompostoida se voidaan.

Suomessa keskimäärin noin neljännes yksityisen kulutuksen ilmastovaikutuksesta aiheutuu ravinnosta. Jos otamme hiilijalanjäljen lisäksi mukaan muita ympäristövaikutuksia (rehevöitymisen, happamoitumisen ja monimuotoisuuden muutokset) ravinnon osuus ympäristökuormituksesta on runsas kolmannes – siis jopa suurempi kuin asumisen ja liikkumisen. Eläinperäisen ruoan tuotanto on pääosin resurssi- ja energiaintensiivisempää kuin kasviravinnon tuotanto. Eläintuotteet myötävaikuttavat merkittävästi moniin ympäristökriiseihin.

Kausikasvikset ja eläintuotteiden minimointi ovat luontoa säästävän ruokavalion perusta. Kauempainkin tuotu kasviperäinen ruoka on myös keskimäärin yllättävän ilmastoystävällistä, sillä konttikuljetukset ovat ympäristövaikutuksiltaan yksittäistä tuotetta kohden tehokkaita. Lisäksi tehokas ja helppo keino on kiinnittää huomiota poisheitettyjen elintarvikkeiden määrään. Poisheitetty leipä- tai kinkkusiivu kuormittaa ympäristöä enemmän kuin sen pakkausmateriaalien elinkaari. Luontoystävällisimpiä pakkauksia ovat ne, joilla ruokahävikkiä syntyy vähiten (ja jotka voidaan materiaalina kierrättää). Lisätietoa löytyy hakusanoilla ”ilmasto-
myönteinen ruoka”.

Virittäviä kysymyksiä: Miksi minimoimme aine-
määrät? Miksi käytämme luomua? Miten raaka-aine

on tuotettu? Mitä resurssipanoksia vaaditaan, jotta ateria on lautasella?

Proteiinivertailu (integroitu kotitalouteen): Laite-
taan erilaiset proteiinipitoiset elintarvikkeet proteiinipitoisuuksien mukaiseen järjestykseen esille ruokalaan (juusto, kalapulla, kana, lihaleike, linssit, maapähkinävoili, tahini, tofu, pavut, pähkinät...). Proteiinimäärät näkee pakkauksista tai www.finelifi.fi -sivustolta. Proteiinien yhteydessä on tärkeää puhua aminohappokoostumuksista. Tässä työssä voi tutustua moniin uusiin proteiinien lähteisiin. Voidaan laskea, mikä määrä ruoka-ainetta tyydyttää ihmisen päivittäisen proteiinitarpeen (n. 1–1,5 g/painokilo). Proteiinikeskustelussa on tärkeää pohtia ympäristövaikutusten ohella aminohappojen laatua. Proteiineja tulisi saada päivän aikana useammasta ruoka-aineesta. Näin varmistetaan aminohappojen monipuolinen saaminen. Samalla tavoin voidaan vertailla muitakin ravintoaineita ja pohtia niiden laatua.

Rakennetaan komposti ja kasvima: Tutkitaan konkreettisesti ravinnekiertoa. Tärkeimmät lannoitteiden kasvuravinteet ovat typpi, fosfori ja kalium (NPK-lannoite). Näiden aineiden tuotanto-
prosessit perustuvat fossiilisiin menetelmiin. Nykyaikaisen ja tavanomaisen teollisen maanviljelyn suuret sadot ovat riippuvaisia näistä lannoitteista. Lannoitteiden valmistusmenetelmien kuvaukset löytyvät esimerkiksi sivustolta www.madehow.com/Volume-3/Fertilizer.html ja haulla ”Lannoitteiden valmistus” löytyy Youtubesta havainnollinen video*. Fosforilannoitteiden fosfaatit ja kaliumlannoitteiden kaliumkloridi tulevat pääosin kaivoksista. Maailman kaivannaisfosfori on loppumassa 50–150



vuodessa. Typpilannoite valmistetaan maakaasusta tuotetusta ammoniakista. Hakusanoilla ”Haber Bosch menetelmä” löytyvät reaktioyhtälöt. Lannoiteala on energiantensiivinen teollisuuden ala. Uusia innovaatioita tarvitaan. Esimerkiksi kompostivessojen ja lantaloiden lietteet sekä biojätteiden ravinteet tulee saada kiertoon. Kustannustehokasta menetelmää ei kuitenkaan ole vielä keksitty.

Kukka- ja viljelymullan analyysi: Verrataan erilaisia maaperäanalyysejä toisiinsa. Miksi kukkamullassa ei saa kasvattaa vihanneksia? Mikä on kompostin tai kasvimaamme mullan koostumus? Kemian tunnilla voi ottaa maaperänäytteen ja teettää sille viljavuusanalyysin. Useat yritykset tekevät näitä noin 10€ hintaan. Lisätietoja hakusanalla ”viljavuustutkimus”.

*Yritysten tuottamaa materiaalia käytettäessä, on hyvä paikka pohtia tiedon riippumattomuuden merkitystä. Yrityksen viestinnässä ristiriitaisista tai aroista aiheista harvoin kerrotaan.



Onko rikkautta louhia malmio vai säästää se?

Maankuoren malmioiden rajallisuus on merkittävä vaikutin, kun kemianteollisuudessa kehitetään uusia materiaaleja tai teknologioita. Yhä köyhempiä malmioita osataan hyödyntää. Samalla kaivosten ympäristövaikutukset huolestuttavat.

Metalli- tai mineraalituotteen koko elinkaari on oleellinen osa kemian opetusta. Kaivosprosessien tarkastelu opettaa oppilaille, mitä kuluttajatuotteiden alkulähteillä tapahtuu. Metallien kierrättäminen on tehokas tapa säästää energiaa ja luonnonvaroja.

Elinkaariin voi ottaa yhdeksi tulokulmaksi innovaatiot. Esimerkiksi akkuteknologian ja sähköliikenteen uusista tuulista löytyy mielenkiintoisia artikkeleita hakusanoilla ”akku innovaatio” tai ”battery innovation”.

Toinen tulokulma voivat olla rajalliset malmiot ja ympäristöhaasteet. Lisätietoa elektroniikan metallien haasteista löytyy Luonto-Liiton Eettistä elektroniikkaa -oppaasta. Harvinaisista maametalleista löytyy artikkeli hakusanoilla ”Kemia-lehti harvinaiset maametallit”.

Kiertotalouteen liittyen on huomionarvoista, että perinteisten auton akkujen lyijymateriaali osataan kierrättää uusien akkujen valmistukseen. Akkujen muoviosista tulee niin ikään uusien akkukoteloiden

materiaalia. Hoppo neutraloidaan turvallisempaan muotoon. Youtubessa on näistä menetelmistä videoita esimerkiksi englanninkielinen ”Lead battery recycling”. Alkaliparistojen kierrätyksestä on mykkä piirrosvideo Youtubessa nimellä ”recycling batteries”.

Lapin kaivosbuumi -väittely: Rooleina globaalin kaivosyhtiön aluepäällikkö (lobbaa ja argumentoi kaivosteollisuuden puolesta), lappilainen kunnallispoliitikko (Lappi tarvitsee lisää työpaikkoja), poronomistaja (huolissaan porojen laiturien ja puhtaiden vesien tilasta), luonnonsuojelujärjestön kaivosvastaava (huolissaan päästöistä, sekä arvokaiden ekosysteemipalveluiden ja ekosysteemien menettämisestä), kemisti-konsultti (perehtynyt kaivosprosessiin ja päästöihin, mutta keskustelee ympäristövaikutusten arvioinnista kaivosyhtiön palkkaamana), lupaviranomainen (ei ota kantaa suuntaan tai toiseen, mutta odottaa kaivosyhtiöltä lainmukaisia lupahakemuksia ja vastustajien vastineita niihin), mökinomistaja (ei halua kaivosta mökkimaidensa viereen) ja joutomaanomistaja (haluaa myydä maansa kaivosyhtiölle).

Katso myös: www.kaivosvastuu.fi – sivusto, jonka esittelemä vastuullisuusnäkökulma kaivosten toiminnasta on haasteellinen pureskeltava. Yritysten itsensä toteuttamaan vastuullisuusraportointiin kannattaa suhtautua kriittisesti. www.tiede.fi/artikkeli/jutut/artikkelit/sahkoautos-sa_kinkkisin_on_akku

Uusia tuotteita ja uusiokäyttöä

Kierrättäminen on yleisin ja yksinkertaisin ensi-askel, jolla aletaan toimia ympäristön hyväksi. Se on oppilaille tutuin kestävä kehityksen aihe, koska tietoa kierrättämisestä saadaan yleensä heti alaluokilta lähtien ja monipuolisemmin verrattuna muihin aiheisiin.

Materiaalikemian opetukseen tulisi sitoa kiertotalouden käsite. Tuotteiden materiaaleja on välttämätöntä oppia hyötykäyttämään tehokkaasti. Ne voidaan uusiokäyttää raaka-aineena (lasin ja metallien uusiosulatus) tai tuotteina (lakanoista käsipyyhkeitä kouluun), kierrättää suoraan (panttipullo) ja viimeisenä vaihtoehtona polttaa energiaksi tai haudata kaatopaikalle.

Virittäviä tehtäviä: Aiheesta voi katsoa youtubesta ”Life of a plastic bag” -videon. Sen jälkeen voi esimerkiksi pohtia, miten pidetään paitsi muovipussin – tai oppikirjan, tuolin ja farkkujen elinikää.

Uusiokäyttöaiheinen retki: Vierailukohde voi olla paikallinen kaupan ”takahuone”, kierrätys- tai jätokeskus, tai kierrätysalan yritys.

Kierrätyskartoitus: Mitä perheenne kierrättää? Kotiprojektina listataan kaikki kodissa kierrätettävät tuotteet ja haastatellaan kotiväkeä ”Miksi kierrätät tai et? Voisiko muutakin kierrättää?”. Lisäksi oppilaat valitsevat pareittain yhden kierrätettävän tuotteen, josta selvitetään, mitä sille kierrätyksessä tapahtuu ja millaisia uusia tuotteita siitä valmistetaan.

Alakoulussa toteutettua: Opettaja on tuonut luokkaan erilaisia materiaalipalasia, joita oppilaat voivat liimata pahville. He tekevät kolme saraketta: Raaka-aineet, tuote, ja kierrätys. Oppilaat kokoavat näin aineen elinkaaren, kuten lampaan, josta tehdään villapaita, joka lopuksi huovutetaan tai poltetaan.



Nanopinion -keskustelupeli: Scientix-sivuilta voi ladata suomenkielisen nanoteknologiaan liittyvän yläkouluun tai lukioon sopivan väittelyn. Esiintyjien vuorosanat ja yleisön väitekortit ovat kaikki valmiina. www.scientix.eu > resources ja valitse valikoista type: role play ja language: Finnish > Go! > Get this resource
Englanninkielisiä opetusideoita löytyy sivulta nanopinion.eu > Education

Muoviaiheinen väittely: Chemheritage-sivulta voi ladata englanninkielisen lukiotasolle sopivan väittelyn, jossa eri rooleihin (regulators, health, industry, invention, sustainability, waste) on kirjoitettu tavoitteet, jotka löytyvät kunkin alta kohdasta ”Goals and recommendations”. Nämä voisi suomentaa englannin tunnilla. www.chemheritage.org/conflictsinchemistry

Materiaalihavainnointia omassa ympäristössä: Parit kiertävät koulua havainnoiden rakennuksessa sekä erilaisissa tavaroissa ja välineissä käytettäviä materiaaleja: ulko- ja sisäseinät, katot, lattiat, ovet, ikkunat, kalusteet, sisustus ja muut tavarat. Listaataan havaitut aineet: kivi, metalli, lasi, tiili, betoni,

puu, paperi, pahvi, muovit, komposiitit, kankaat, kipsi, ruoka-aineet tai kosmeettiset aineet. Merkitään missä käyttökohteessa on käytetty mitään materiaalia. Taulukoidaan materiaalien tärkeimmät ominaisuudet tuotteen kannalta. Pohditaan, miksi tarvitaan erilaisia materiaaleja. Jatketaan taulukoon myös muita käyttötarkoituksia materiaalille, materiaalin alalajikkeet ja mistä materiaalia saadaan.

Variaatio: Yksi ryhmä tutkii yhtä materiaalia. Lopussa tieto jaetaan luokan kanssa siten, että kootaan kaikki tiedot jättijulisteeseen kuvina ja esitetään jättijulistetta muille luokille tai vanhemmille.

KAHDEN VESIPULLON TARINA

Hyvä tarina jättää vahvan muistijäljen ja vetoaa tunteisiin. Mitä ajatuksia näistä tarinoista herää?

Pullo A

Pullo päätyy kuormalavalla paikalliseen kauppaan. Pullo tuodaan kaupan takahuoneesta esille kylmäkaappiin. Turisti toiselta mantereelta ostaa vesipullon. Turistille tulee jano ja juo pullon melkein tyhjäksi. Turisti kulkee koko päivän nähtävyyksiä katsellen ja huomaa lopun veden kuumenneen ja pullo haisee muovilta – hän heittää pullon maastoon.

Tuuli kuljettaa lähes tyhjän pullon läheiseen jokeen. Joki vie puoliksi uponneen vesipullon Itämereen. Pulloon takertuu vanhaan kalaverkkoon.

Hiljalleen pullo jauhautuu muovimuruksi. Osa muovista päätyy kalan ruuaksi aiheuttaen kalan sairastumisen. Osa muovimuruista kertyy suuren roskalautan osaksi keskelle valtamerta. Sairas kala päätyy lautasellesi. Pienimpiä muovihippusia ei edes huomaa, joten ne päätyvät mahaasi.

Pullo B

Kuljetetaan suuressa teräskontissa valtameren yli toiselle mantereelle. Satamassa kontit puretaan odottamaan jatkokuljetusta. Kontti pakataan pienempään laivaan kohti Suomea. Laiva saapuu Helsingin satamaan. Kontti kuljetetaan keskusliikkeen varastoon, jossa laatikot hyllytetään.

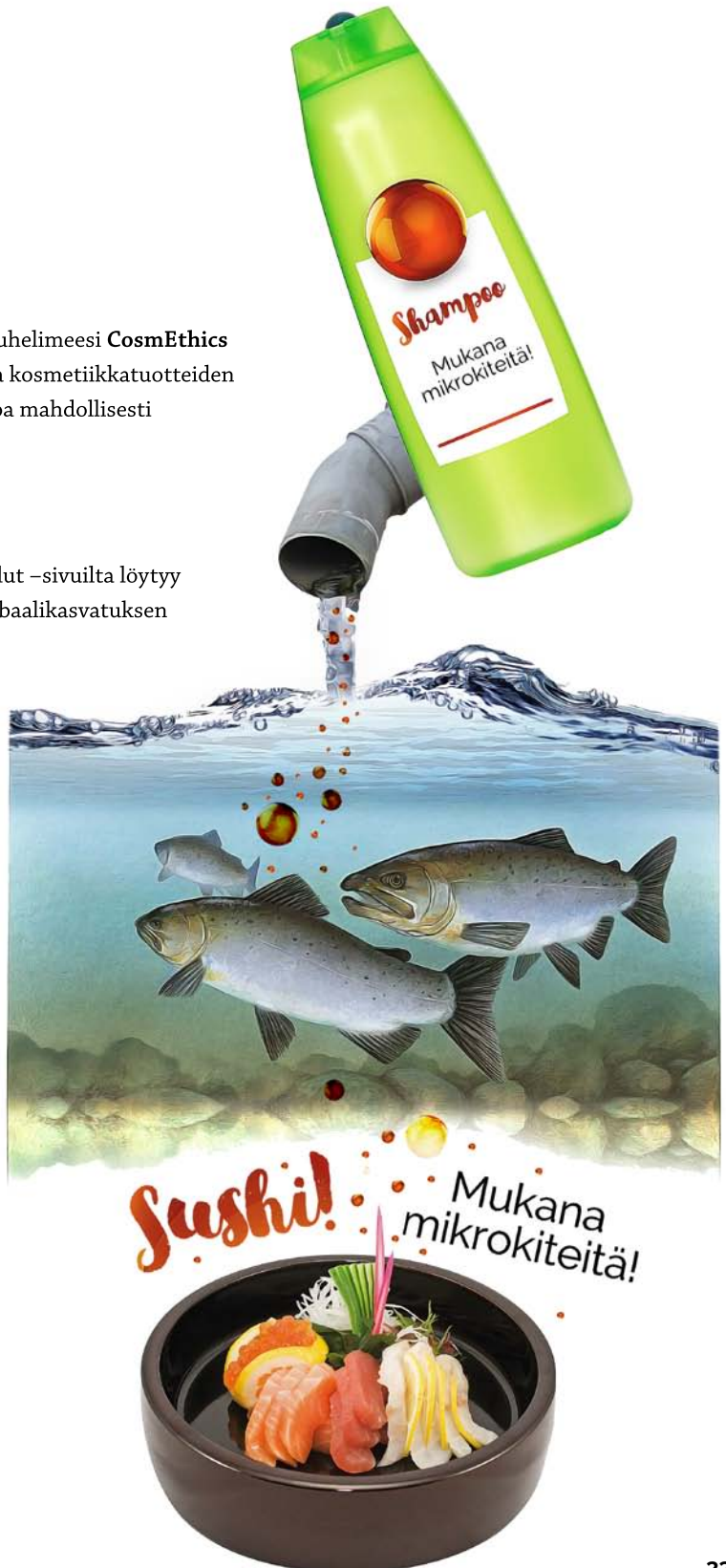
Laatikollinen vesipulloja tilataan Pelkosenniemen kauppaan. Lavallinen laatikoita lähetetään rekalla Ouluun välivarastoitavaksi. Oulusta pullolaatikko pakataan kuorma-autoon, joka vie sen Rovaniemelle varastoon.

Rovaniemeltä pullo viedään Pelkosenniemelle, josta vaeltaja ostaa sen mukaansa. Vaeltaja juo Kessin kairalla pullollisen purossa jäädyttämänsä vettä janoonsa. Vaeltaja on heittämässä pulloa nuotioon, kun hän tajuaa käyttää pulloa vesipullona, koska purovesi on juomakelpoista.

Vaelluksen jälkeen vaeltaja palauttaa pullon kierrätykseen.

Vinkki! Voit ladata puhelimeesi **CosmEthics** -applikaation, jolla saat hygienia- ja kosmetiikkatuotteiden viivakoodeista skannaamalla tietoa mahdollisesti huolta-aiheuttavista ainesosista.

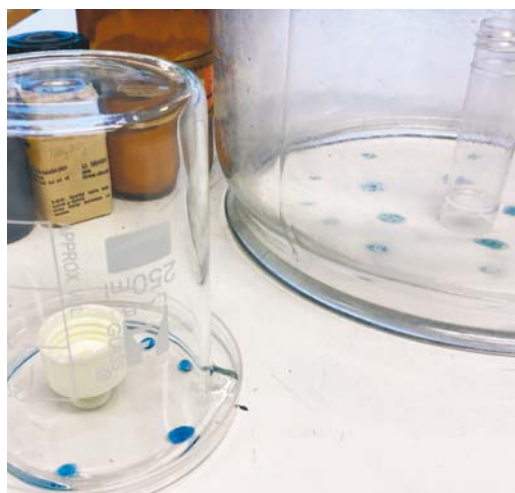
Vinkki! Unicefi.fi/koulut -sivuilta löytyy Vesiopas, jossa on vesiaiheisia globaalikasvatuksen draamatehtäviä.



Tuotesuunnittelua laboratoriossa

S seuraavat kestävään kehitykseen liittyvät kokeelliset työt löytyvät www.kemianluokka.fi -sivustolta:

- biomuovia tärkkelyksestä (mukana katalyytti)
- biomuovia mikrossa
- kasvien väriaineiden erotus
- pihkan erotus kävyistä
- saippuan valmistus
- tulevaisuuden autot (aurinko- ja vetyteknologia)
- hedelmien tummumista estävät luonnon lisäaineet (etikka, sitruunahappo)
- vihreä tehdas



Vihreä tehdas työssä tutkitaan teollisuudessa syntyvän rikkidioksidin vaikutusta ympäristöön ja laskeuman ennaltaehkäisyä neutraloimalla syntyviä kaasuja.

Voiteen valmistus: Uuttamalla 24 tuntia 50 asteessa 10 m-% yrtejä tai kukkia oliiviöljyyn saadaan uuttoöljy. Jäähdynttä uuttoöljyä otetaan 110g ja siihen liuotetaan kuumavesihauteessa sekoittaen 20g (kosmetiikkalaatuista) mehiläisvahaa. Uuttoöljynä voi käyttää vaihtoehtoisesti kylmäpuristettua manteli- tai kookosöljyä. Lisätietoja www.kosmetiikkankemia.com/teeitse

Saippuan valmistuksen yhteyteen voi liittää portfolio- tai työpistetyöskentelynä hajusteiden valmistusta (esim. uuttamalla appelsiinin kuorta alkoholiin), erilaisten saippuoiden haistelua, saippuan ainesosien ja hajusteiden kemiallisen rakenteen piirtämistä tai rakentamista pallomalleilla, INCI-listojen avaamista synteettisestä ja luonnonkosmetiikan saippuasta, emulgaattoreiden merkityksen pohdintaa (esim. sekoittamalla etikkaa, öljyä ja vettä), saippuan toiminnasta kertovan videon katsomista (Youtubessa useita), lehti jutun

*Lisätietoa hakusanoilla "synthetic musk fragrances" ja aiheen työpistetyöskentely Marks & Eilks, 2010, Chem. Ed. Res. Pract. 11.

kirjoittamista tai väittelyn toteuttamista (rooleina kuluttajaturvan, vedenpuhdistuksen, valmistajan ja ympäristönsuojelun asiantuntijat). Synteettiset myskituoksut ovat hormonitoimintaan vaikuttavia ja mahdollisesti syöpää aiheuttavia aineita.

Hiuslakkatutkimus: Suihkutetaan hiuslakkaa lasilevyyn, jolloin muodostuu muovikalvo. Luetaan, millaisia aineita hiuslakkaseoksessa on. Muovipolymeerien lisäksi hiuslakassa on alkoholia, hajusteita ja ponnekaasua. Tämä on oiva orgaanisten yhdisteiden esimerkki arjesta, jossa voi pohtia hyöty-, ympäristö- ja terveysnäkökulmia.

Nikkelin osoittaminen metalliesineestä*:

Aptekeista voi ostaa dimetyyliyglyksiimitestin (DMG) nikkelin osoittamiseen. Hangataan esinettä pumpulipuikolla, jossa on tippa DMG-liuosta. Jos tuotteessa on allergisoiva määrä nikkeliä, muuttuu pumpulipuikon DMG punaiseksi.

Luonnonkuitujen värjäys kasviväreillä: Erilaisilla kasveilla voidaan värjätä villaa, silkkiä, pellavaa, puuvillaa, paperia, puuta ja nahkaa. Väriaineen kiinnittämistä varten kuitu on käsiteltävä puretusaineilla, joita ovat raparperin oksaalihappo, nokkosen muurahaishappo, tuhkalipeä, etikka, sitruunahappo, ruoka- ja merisuolat, rauta- ja kuparisulfaatit, ja aluna. Lisätietoa löytyy myös

hakusanoilla "kasvivärjäys" tai "luonnon värikasveja". Tarkemmat ohjeet netistä esimerkiksi Suloisia värejä-blogin Suloinen opas -kirjasesta.

Paperin valmistus: Revi jätepaperia paloiksi.

Paperin asemesta voi myös käyttää olkia, tupasvilla-kuitua, koivunlehtiä tai nokkosia, mutta nämä kasvikuudut on pehmitettävä soodavedessä keittämällä. Valmista vedestä ja paperikuiduista tehosekottimella "puuro", johon lisätään 1 tl perunajauhoja. Massaa voi piristää mausteilla (esim. kanelia, chiliä, pippuria, kurkumaa), vesiväreillä tai värillisellä paperilla. Nosta puurosta viiralla massaa, ja valuta liika vesi pois. Kumoa massa kuivumaan huovan päälle ja painele sienellä liika vesi pois. Irroita viira varovasti. Paperia voi kasvattaa kumoamalla viereen lisää raakapaperia. Kuivata huopa papereineen narulla. Lisätietoa hakusanoilla "paperin valmistus itse".

Valtavasti lisäideoita erilaisiin peruskemian kokeellisiin tutkimuksiin löytyy englanninkieliseltä sivustolta <http://www.nuffieldfoundation.org/teachers> > chemistry

*Työohje: <http://www.tukes.fi/Tiedostot/kuluttajille/Nikkelitesti.pdf>

Ulos luontoon!



Luontosuhdetta ja ympäristötietoisuutta voi kehittää opiskelemalla luonnossa – kemian tunneillakin. Luonnossa voi käsitellä oppilaista kumpuavia kysymyksiä, esimerkiksi lähivesistöön tai maaperään liittyen. Näin konstruoidaan yhdessä tietoa tunne-elämyksien lomassa.

Luonnossa kemian opettajat ovat kertoneet teettävänsä:

- näytteiden ottamista ja analysointia* maaperästä, ilmasta ja vesistöistä (esimerkiksi Is-vetin Ecolab-salkku ja Tevellan Visocolor school -vesitutkimussalkku sisältävät lukuisia helppoja analyysejä)
- pH-tutkimuksia

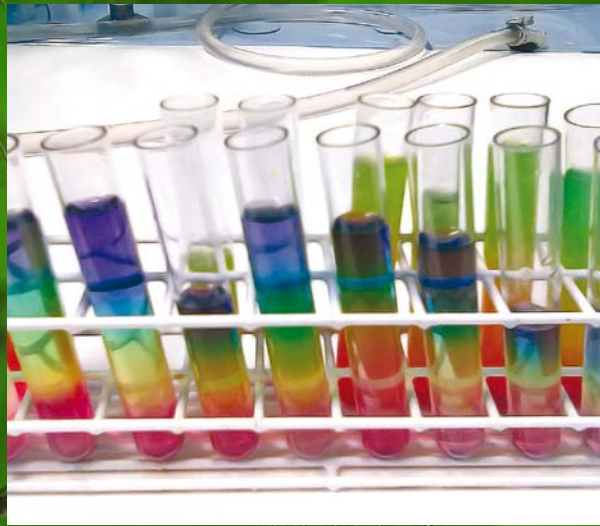
- luonnon indikaattorien keräämistä (mustikka)
- kasvien keräämistä kasvivärjäystä tai kasvivärien erottamista varten
- kivilajitutkimuksia
- likaveden puhdistamista
- rakennekaavojen piirtämistä liidulla asfalttiin

Aurinkokeitin: Kesäinen tutkimusaihe, jossa tarkoituksena on kuumentaa ruokaa tai vettä foliolla vuoratussa pahvilaatikossa auringossa. Kuvia löytyy hakusanoilla ”solar cooking”.

Useita vesiteeman töitä (ks. s. 20-23) voi myös tehdä osittain ulkona.

*Opettajalle syventävää tietoa maa- ja vesinäytteiden analyysimenetelmistä laboranttiopiskelijoiden tason ohjeista: <http://www.o3.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/ymparistoanalyysit.html>.

Itsen ja toisten kaveri



Sosiaalinen kestävyys on yksi kestävän kehityksen ulottuvuus. Se tarkoittaa muun muassa terveyden ja hyvän yhteishengen edistämistä. Tässä muutama idea, joilla voidaan kemian tunneilla edistää sosiaalista hyvinvointia:

Lupausten puu: Tehdään koulun käytävälle kestävän kehityksen puu, johon voidaan kiinnittää lupauksia tehdä hyviä tekoja itselle ja toisille. Myös kemiaan liittyviä!

Taide: Sokerisateenkaaret luonnonkauneuden tai sateenkaarirakkauden kunniaksi. Koeputkiin pipetoidaan eri vahvuisia (painoisia) sokeriliuoksia varovasti päällekkäin. Liuokset värjätään eri värisiksi elintarvikeväreillä. Myös kasviväriaineita voi käyttää (punajuurta, appelsiinia tai erilaisia kukkia, joista lisätietoa hakusanoilla ”luonnon värikasveja”).

Tupakan kuivatislaus: Löytyy hakusanoilla ”puun kuivatislaus” ja puun tilalle voi koeputkeen laittaa savukkeita. Kuumennuksessa erottuvat kaasut syttyvät palamaan. Koeputken reunoille tiivistyvä töhnä on verrannollinen keuhkoihin jäävään töhnään. Tupakointi ei kannata!

Oppilasarviointi monipuolistuu

Arviointiperusteet on kunkin työn kohdalla avattava oppilaille etukäteen! Tehtävien arviointi riippuu sovitusta tavoitteista ja opetussuunnitelmien tavoitteista.

Arviointi voi kohdistua yksilö- ja ryhmätyökykyjen tasolla kriittiseen reflektiokykyyn ja argumentointiin, eri näkökulmien ja eettisten piirteiden havaitsemiseen, tiedon etsintätaitoihin sekä luonnontieteiden luonteen ja kemian merkityksen ymmärtämiseen. Kestävän kehityksen osalta arviointia voidaan tehtävästä riippuen laajentaa ympäristötekoihin ja ympäristön laadun parantamiseen. Muita arvioitavia, mutta vaikeammin mitattavia tavoitteita voivat olla esimerkiksi aktiivinen osallistuminen ja sitoutuminen ekosysteemien hyvinvoinnin puolesta toimimiseen.

Kokeellisessa työssä voidaan arvioida työskentelyn lisäksi laboratoriotyöraporttia.

Elinkaaraiheista projektityötä voi arvioida esimerkiksi kolmella osa-alueella, joista kustakin saa 1-3 plussaa:

- **Osallistuminen** – aktiivinen työskentely ja harrastuneisuus, toisten töiden kommentointi
- **Itse työ** – sisällöt, asiantuntevuus (tieteellinen ilmaisu omin sanoin), argumentointi
- **Luovuus** – omien tutkimusongelmien asettaminen, esityksen monipuolisuus ja selkeys

Lisäksi opettaja voi kerätä jokaiselta ryhmältä kolme koekysymystä ja valita kunkin ryhmän kysymyksistä yhden kurssikokeeseen. Ryhmät saavat

vapaasti kertoa kysymyksensä toisilleen. Tämä kannustaa kuuntelemaan toisten ryhmien selvityksiä.

Yhteiskunnallisesti ristiriitaisesta kemian aiheesta keskusteltaessa opettajan tai oppilaan käyttämä jatkuvan arvioinnin merkintätapa voi yksinkertaisimmillaan olla:

0 = oppilaalla ei ole mahdollisuutta vastata

x = Oppilas ei vaikuta keskusteluun merkittävästi. / Päätöksenteon tai mielipiteen peruste on yksiulotteista, kuten helppous tai edullisuus. / Epätieteellistä, epätasällistä tai perusteetonta.

xx = Oppilas osallistuu keskusteluun löytäen vähintään kaksi ulottuvuutta, kuten taloudellisen ja tieteellisen näkökulman. / Osa tiedoista puuttuu, esimerkiksi oppilas huomaa ympäristöön liittyvät ja sosiaaliset perustelut vasta opettajan ohjaamana.

xxx = Oppilas ottaa kantaa ja reflektoi* ansiokkaasti useista näkökulmista. / Tekee päätöksen huomioiden talouteen, ympäristöön ja sosiaalisiin tekijöihin liittyvät perustelut. / Ymmärtää ristiriidan parhaan vaihtoehdon ja vallitsevien käytänteiden välillä.

Uusien opetussuunnitelmien oppimistavoitteet ovat arvioinnin kannalta haastavan monipuolisia. Opettajan näkökulmasta oppilasarvioinnin pitäisi pysyä jokseenkin yksinkertaisena, jotta sitä on mahdollista toteuttaa kautta lukuvuoden. Joka oppitunti ei voi arvioida kaikkea, mutta olisi reilua kertoa oppilaille arvioinnin laadusta avoimesti. Arviointiperusteita voi kerätä havainnoimalla, oppilaan tai opettajan kysymyksiä sisältävällä keskustelulla, kokeella sekä oppilaiden itse- ja vertaisarvioinnilla. Jatkuva kirjanpito on välttämätöntä. Se on myös kaikkien etu, kun keskustelua arvosanoista syntyy.

*Oppilaan suorittama pakkoreflektointi opettajan auktoriteettirollin valvonnan alla on relevantti uhka aidolle oppimiselle. Pakkoreflektoinnin asemesta oppimisen tulisi kehittää korkeamman tason ajattelutaitoja, opiskelutaitoja ja sisäistä motivaatiota.

LISÄTIETOA JA LÄHTEITÄ

mappa.fi, vihrealippu.fi, fi.padlet.com, ymparisto.fi
findikaattori.fi ja luonnontila.fi sivustoilla on graafisia esityksiä kestävästä kehityksestä
oecdbetterlifeindex.org ja ssfindex.com sivuilla voi vertailla eri maiden tilanteita
Worldwatch-instituutin Maailman tila -kirjasarja
WWF:n ympäristökasvatuksen materiaalipankki <http://wwf.fi/vaikuta-kanssamme/ymparistokasvatus/materiaalipankki/>

Paljon konkreettisia kestävästi kehityksen opetus-ideoita, malli- ja kartoituslomakkeita sekä vuosi-kalenteri koulun keke-työn avuksi http://www.4v.fi/4v-hanke/kasvattajille/keke_koulussa

BIO- JA KIERTOTALOUS

edu.fi/luovasti_luonnonvaroista
biotalous.fi/
sitra.fi/ekologia/biotalous
tem.fi/files/39784/Suomen_biotalousstrategia.pdf

VESI

vesikoulu.fi, vesijalanjalki.fi

ILMASTONMUUTOS

ilmasto-opas.fi, ilmasto.org, co2-raportti.fi

Cantell, H. (2015). Youtubesta video "Mitä on monialainen opiskelu?"

Jeskanen, E. (2015). Eheyttävä kemian opetus nuorten kiinnostuksen tukena: esimerkkinä kiertotalous. Pro gradu. Helsingin yliopisto.

Juntunen, M. (2015). Holistic and inquiry-based education for sustainable development in chemistry. Akateeminen väitöskirja. Helsingin Yliopisto.

Salonen, A. (2010). Kestävä kehitys globaalin ajan hyvinvointiyhteiskunnan haasteena. Akateeminen väitöskirja. Helsingin Yliopisto.

Sitran selvityksiä 84 (2014). Kiertotalouden mahdollisuudet Suomelle. <http://www.sitra.fi/julkaisut/Selvityksi%C3%A4-sarja/Selvityksia84.pdf>

Tolppanen, S. (2015). Creating a better world - questions, actions and expectations of international students on sustainable development and its education". Akateeminen väitöskirja. Helsingin Yliopisto.

ESIMERKKILINKKILISTA OPPILAILLE TUTKIELMA- TAI POSTERIAIHEIKSI

- Suklaan kemia (suklaankemia.wordpress.com)
- Lasten ja nuorten verkkolehtien ejippo.fi ja eluova.fi parhaat palat
- Kännykän kemia (What's in your phone? -youtubevideo)
- Laboratorioliha ja kasviproteiinit ratkaisuna planeetan rajallisuuteen? (hakusanoilla: keinoliha)
- Bioenergia (hakusanoilla: bioenergia, biopolttoaine, bio-diesel, bioetanoli)
- Kemian vinkkejä keittiöön! (molekyyligastronomia.fi)
- Eläinkokeiden vaihtoehtomenetelmät (koeelain.fi ja elaintieto.fi)
- Saako mereen pissiä? (Is it ok to pee in the ocean? -Youtube-video)

- Ilmastonmuutoksen kemia (kuvahaku: chemistry of climate change)
- Ratkaisuna kierto- /biotalous (sitra.fi/ekologia/biotalous)
- Makeanveden kulutus, ongelmat ja ratkaisuja (kuvahaku: fresh water use, piilovesi...)
- Kuinka välttää kemikaalialtistusta arjessa? (hakusanoilla: arjen kemikaalialtistus)
- Luonnonaineet pesuaineina ja kosmetiikassa (hakusanoilla: siivous luonnonaineilla, luonnonkosmetiikka)
- Terveystta edistävien ruoka-aineiden kemia, esimerkiksi inkiväärin kemia (hakusanoilla: compoundchemistry ginger) tai antioksidantit, vitamiinit ja flavonoidit

Teksti: Marianne Juntunen, FT, kemian opettaja,
puh. 0407008381 • mariannejuntu@gmail.com

Kuvat: Marianne Juntunen ja Harri Tarvainen

Taitto: Harri Tarvainen

Rahoitus: Ympäristöministeriön hankeavustus
Suomen luonnonsuojeluliiton Lapin piiri ry:lle, 2015.

Suomen  luonnonsuojeluliitto

Tue luonnonsuojelua ja lahjoita
Suomen luonnonsuojeluliitolle:
sll.fi/lahjoita

Kiitos luonnon puolesta!