

# Tutkimisen taidot

Vinkkejä yläkouluopetukseen



(Pixabay, CC0)

Harri Arvela, Emma Hakanen, Terhi Palviainen, Tapio Rajala

Kemian opettajakoulutusyksikkö

Helsingin yliopisto

Kevät 2017

## Sisällysluettelo

1. Johdanto .....	1
2. OPS .....	2
3. Tutkimusprosessin vaiheet .....	3
4. Kuvaajien laatiminen tutkimusaineistosta .....	7
5. Tutkimuksellisia töitä eri ajattelun tasoille .....	9
5.1. Työturvallisuusharjoitus .....	10
5.2. Sokerisateenkaaret 1 .....	11
5.3. Sokerisateenkaaret 2 .....	11
5.4. Ilmapallot 1 .....	12
5.5. Ilmapallot 2 .....	13
6. Ilmiöpohjainen opetus: Oksidien ympäristövaikutukset .....	14
6.1. Oksidien muodostuminen. ....	15
6.2. Oksidien ympäristövaikutukset .....	18
6.3. Demonstraatio: Vesistön happamoituminen ja puskurikyky .....	26
7. Opetusmenetelmä: Keittiötarinat .....	30
8. Arviointi .....	32
8.1. Laboratorioajokortti .....	33
8.2. Pistetaulukko .....	33
8.3. Työselostuksen arviointitaulukko .....	34
9. Lähteet .....	35

## 1. Johdanto

Tämä e-opas käsittelee yläkoulussa opetettavaa tutkimuksellisuutta ja kokeellisuutta. E-opas on toteutettu Helsingin yliopiston Kemian laitoksen Kemian opetuksen keskeiset alueet 1 -kurssilla. Aiheen tavoitteena koulussa on tukea oppimista, auttaa jäsentämään luonnonilmiöitä sekä tukea lapsen monipuolista kehittymistä [1]. E-opas kertoo, mitä tutkimuksellisuudesta ja kokeellisuudesta sanotaan uudessa perusopetuksen OPSissa (2014) sekä antaa kuusi erilaista tutkimuspohjaista opetusvinkkiä aiheeseen. Yläkouluun sopivat oppilastyöt on kehystetty **punaisilla raameilla**. Tavoitteenamme oli luoda opas, jonka avulla opettaja voi helposti löytää vinkkejä opetukseensa. Opetusiloa!



(Pixabay, CC0)

## 2. OPS

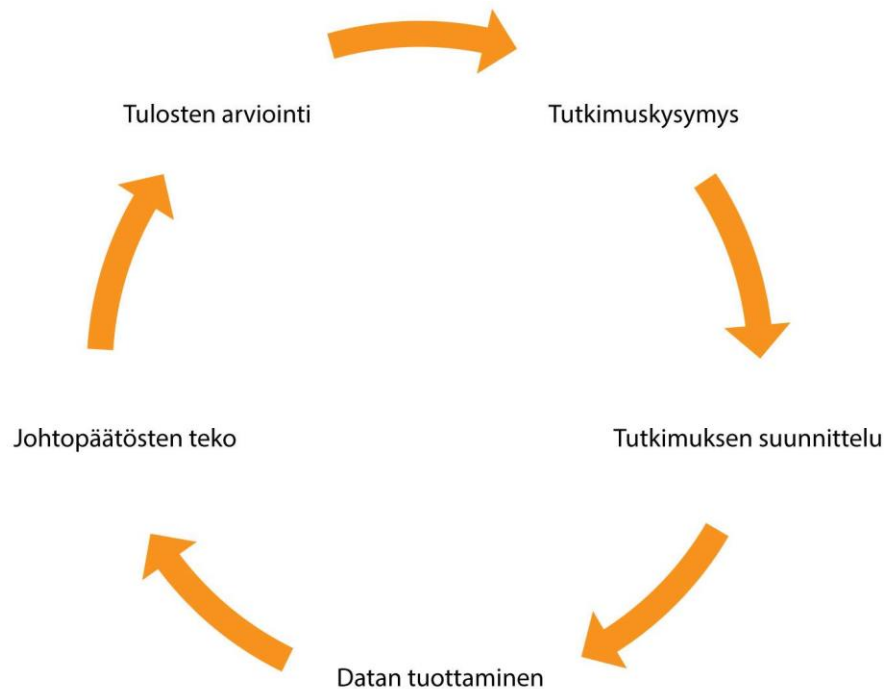
Tutkimisen taitojen kehittäminen on yksi päätavoitteista kemian opetuksen uudessa [perusopetuksen opetussuunnitelmassa 2014](#). Tutkimisen taidot sisältävät edelleen erilaisia osa-alueita tavoitteineen. Oppilaita tulisi kannustaa muodostamaan kysymyksiä tarkasteltavista ilmiöistä ja ohjata toteuttamaan kokeellisia tutkimuksia turvallisesti ja johdonmukaisesti. Lisäksi oppilaiden tulisi oppia käsittelemään ja tulkitsemaan tutkimustuloksiaan sekä arvioimaan niitä. Myös tieto- ja viestintätekniikkaa tulisi hyödyntää tiedonhankinnassa, tutkimustulosten hankkimisessa, käsittelyssä ja esittämisessä [2]. E-oppaassamme OPSin tavoitteisiin pyritään vastaamaan erilaisten opetusmenetelmien, pedagogisen tutkimuksen ja esimerkkien kautta.



(Pixabay, CC0)

### 3. Tutkimusprosessin vaiheet

Luonnontieteellisessä tutkimusprosessissa voidaan karkeasti ajatella olevan ainakin seuraavat viisi vaihetta (Kuva 1).



Kuva 1. Tutkimusprosessin vaiheet [3].

Tutkimusprosessi on syklinen eli tulosten arvioinnin jälkeen saattaa mahdollisesti herätä uusi aiheeseen liittyvä jatkotutkimuskysymys tai sitten tulokset ja niiden laatu voivat pakottaa muokkaamaan alkuperäistä tutkimussuunnitelmaa ja mahdollisesti myös tutkimuskysymystä sekä suorittamaan tutkimuksen uudelleen. Yllä olevassa kuvassa on esitetty nämä vaiheet ja havainnollistettu tutkimusprosessin kulkua.

Seuraavassa esitellään hieman tarkemmin tutkimusprosessin kutakin vaihetta ja joitakin niissä huomioitavia seikkoja.

### 1) Tutkimuskysymys

Tutkimusprosessi alkaa tutkimuskysymyksen asettamisella. Tutkimuskysymys määrittää pitkälti tutkimuksen laajuuden ja syvällisyyden, joten opettajan tulee tässä kohdin miettiä tarkkaan oppilaiden kyvyt, taidot ja mahdolliset esitiedot tutkimukseen ja sen tekoon liittyen sekä käytettävissä olevat resurssit (esim. välineet, laitteet, materiaalit, toiset opettajat, luokkatilat, koulun ulkopuoliset ympäristöt) ja aikatauluasiat [1].

Mikäli opettaja asettaa itse tutkimuskysymyksen (todentava, jäsennelty tai ohjattu tutkimus, ks. taulukko 2 osiosta 5), on tutkimusprosessin kulku helpompi ennustaa ja hallita ajankäyttöä. Jos oppilaat puolestaan vastaavat tutkimuskysymyksen asettamisesta, on tähän prosessiin varattava runsaasti aikaa yhteiseen keskusteluun ja debatointiin tarkasteltavasta ilmiöstä, jotta ymmärrys tutkimuksen kohteesta lisääntyisi ja mielekkäiden tutkimuskysymysten asettaminen olisi ylipäänsä mahdollista [1].

### 2) Tutkimuksen suunnittelu

Suunnitteluvaiheessa on tärkeää pohtia huolella kokonaisuutta eli mitä tutkittavasta asiasta tiedetään jo alussa, miten tutkimuskysymykseen voisi saada vastauksen ja millaisia tuloksia tutkimuksesta olisi mahdollisesti odotettavissa. Näin voidaan säästää paljon aikaa, kun ei tarvitse myöhemmin korjata suunnittelun puutteita ja tehdä asioita uudelleen [1]. Koska monesti tutkittaviin asioihin tai ilmiöihin vaikuttavat useat eri tekijät, on koejärjestelyssä hyvä tutkia vain yhtä tai korkeintaan muutamaa muuttujaa kerrallaan. Kokeen tulee olla myös toistettava, esim. rinnakkaiskokein, jolloin ympäristön mahdolliset vaikutukset voidaan vakioda helpommin [4].

### 3) Datat tuottaminen

Tutkimukseen liittyvä aineisto voidaan antaa valmiina, jolloin säästetään aikaa ja toisaalta opettaja voi etukäteen aineiston valinnalla varmistaa, että se soveltuu kyseiseen tilanteeseen (riittävän laaja ja monipuolinen esim. mielekkäiden tilastollisten diagrammien tai muiden esitysten luomiseen). Aineisto voidaan myös tuottaa tai kerätä

itse, esim. erilaisilla (toistuvilla) mittauksilla, havainnoimalla tai keräämällä konkreettisesti vaikkapa lähiympäristöstä.

Havainnoinnissa tarkkaillaan tutkimuskohteen tiettyä yksilöityä asiaa tai ominaisuutta ja (rinnakkaisia) havaintoja pitää kertyä paljon, mahdollisesti pidemmältäkin aikaväliltä. Saatuja havaintoja verrataan usein tilanteeseen, jolloin tarkkailu alkoi (kontrolli) [4].

Tutkimuksellisen tiedon keräämisessä (ja analysoinnissa) voidaan hyödyntää myös tietotekniikkaa käyttäen erilaisia mittausautomaatiomenetelmiä, mikä mahdollistaa tiedon keräämisen niin luonnossa kuin koululuokassakin [4]. Tähän kuuluvat sähköiset anturit (esim. pH-anturi, digitaalinen lämpömittari) ja ohjelmistot, joiden avulla mittausaineistoa voidaan tuottaa esimerkiksi tietokoneelle, laskimeen tai puhelimeen. Näin aineiston käsittely ja visualisointi helpottuvat [5].

#### 4) Johtopäätösten teko

Tutkimusaineisto käsitellään tietokoneen avulla tilastollisesti ja tulokset esitetään taulukkolaskentaohjelmien avulla graafisesti erilaisina diagrammeina (esim. pylväs-, viiva-, alue- tai sektoridiagrammi). Tuloksia peilataan alussa asetettuun tutkimuskysymykseen tai –hypoteesiin ja katsotaan, miten ne onnistuvat vastaamaan siihen tai tukevatko ne asetettua hypoteesia (mikäli tutkimuskysymys on hypoteesimuotoinen) [4].

#### 5) Tulosten arviointi

Jos tulokset osoittavat hypoteesin vääräksi, mietitään miksi näin on. Lisäksi pohditaan, mitä uusia kysymyksiä tulokset mahdollisesti herättävät, jolloin voidaan aloittaa jatkotutkimuksen suunnittelu. Jos taas tulokset eivät onnistu ollenkaan vastaamaan tutkimuskysymykseen eli koejärjestely epäonnistuu, joudutaan tutkimus suunnittelemaan uudestaan ja mahdollisesti myös muokkaamaan alkuperäistä tutkimuskysymystä. Epäonnistunut tutkimus on kuitenkin arvokas opetuksellisessa mielessä ja tällaisessa tapauksessa pohditaan, miksi niin pääsi käymään [4].

## **Tutkimusprosessin läpiviemistä ja tutkimuksellista opetusta haittaavia tekijöitä koulussa**

- Laboratoriotöiden keittokirjamaiset, vaihteelliset ohjeet, jotka eivät mahdollista tai kannusta syvällisempään ajatteluun ja ymmärrykseen kokeesta. Tutkimuksellisten kokeiden tulisi sisältää sekä kokeen suunnittelua että tulosten tulkitsemista ja tieteellisiin johtopäätöksiin pääytymistä. Joihinkin kokeellisiin töihin olisi hyvä sisällyttää myös hypoteesien ja oleellisten kysymysten esittämistä.
- Opiskelijoille ei anneta riittävästi aikaa keskustella, väitellä ja tutustua tutkittavaan ilmiöön, jolloin tutkimuksellisuuteen liittyvän tai sen edellyttämän syvällisemmän ymmärtämisen saavuttaminen vaikeutuu. Toisaalta opiskelijat saattavat kuluttaa liian suuren osan ajastaan laboratoriossa erilaisissa teknisissä puuhissa, kuten esimerkiksi laitteiden ja työvälineiden parissa.
- Opettajien tavoitteiden ja opiskelijoiden odotusten välinen yhteensopimattomuus käytännön laboratoriotöihin liittyen.
- Sopivien arviointimenetelmien puute opiskelijoiden saavutusten ja kehittymisen arviointiin tutkimuksellisissa laboratoriotöissä ja toisaalta opettajien puutteellinen kokemus näistä menetelmistä.
- Opettajille sopivan täydennyskoulutuksen puute tutkimuksellista opiskelijakeskeistä opetusta koskien. [6]



## 4. Kuvaajien laatiminen tutkimusaineistosta

Tutkimusaineiston käsittelyyn liittyy vahvasti erilaisten kuvaajien tekeminen, mikä auttaa hahmottamaan ja havainnollistamaan aineistoa. Aineistosta saadaan myös lopulliset tieteelliset tulokset. Oppilaiden on kuitenkin monesti vaikea päättää, minkälainen kuvaaja sopisi juuri heidän aineistolleen parhaiten. Suurin osa oppilasta tekee pylväsdiagrammeja riippumatta itse tutkimuskysymyksestä. Oppilaat myös luulevat pylväsdiagrammien riittävän lopputulokseksi sen sijaan, että he käyttäisivät kuvaajaa apuna argumenttien muodostamiseen. Oppilaille saattaa olla kyllä tietoa eri kuvaajista, mutta ei tarpeeksi loogista tietoutta oikean kuvaajan valitsemiseen [7]. Weber ym. 2014 kehittivätkin kuvaajien valintakaavion, jonka avulla oppilaita voidaan auttaa ymmärtämään kuvaajan valintaan liittyviä päätelmäketjuja. Ensisijaisen tärkeää on opettaa oppilaita muodostamaan tutkimuskysymyksiä. Kun tutkimuskysymys on saatu muodostettua, valintakaaviota seuraamalla oppilas pystyy löytämään sopivan kuvaajan. Tähän e-oppaaseen on suomennettu ja mukailtu Weberin ym. kehittämä kuvaajan valintakaavio, jotta se soveltuisi yläkoululaisten käyttöönotettavaksi. Se löytyy tulostettavassa muodossa kokonaisuudessaan seuraavalta sivulta.

**Kuvaajan valintakaavio**

Minkälaista kysymystä lähdet tutkimaan? Kirjoita kysymyksi kokonaisena lauseena

Liittykö kysymykseksi aineiston ryhmän muunteluun? (eli aineiston vaiheluvuuteen, jakauman malliin tai mikä aineiston keskipiste).

Kyllä

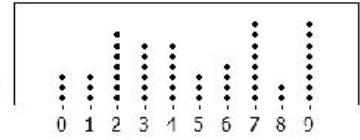
Esimerkkejä: 1. Nousevatko kaikki nousuvedet samalle korkeudelle? 2. Kuinka vaihtelevia ovat tuulennopeudet täällä? 3. Mitkä ovat Suomen palkkatulojen vaihtelevuutta ja jakauma?

Tee

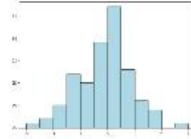
Frekvenssikuvaaja

Joko

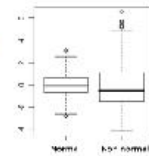
pistekuva



histogrammi



laatikkokaavio



Vertailleeko kysymykseksi kahta tai useampaa ryhmää nähdäkseen ovatko ryhmät samanlaisia tai erilaisia?

Kyllä

Haluatko vertailla kaikkien pisteiden vaihtelevuutta jokaisessa ryhmässä päättääksesi onko mikään ero ryhmien välillä merkityksellistä?

Tee

Esimerkkejä: 1. Kumpi kahdesta automallista on nopeampi? 2. Onko lannoitetun ja lannoittamattomien hernekasvien korkeudessa eroa?

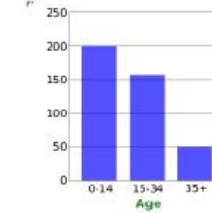
Tee jokaiselle ryhmälle

Vertailletko yksittäisiä lukuja jotka tiivistävät ryhmän? (kuten keskiarvo, mediaani, summa..)

Tee

Esimerkkejä: Oliko kokonaislumisadenta suurempaa tänä talvena kuin viime talvena? 2. Onko kissoilla ja koirilla sama keskiruumiinlämpö? 3. Kuinka Suomen ja Ruotsin palkkatulot vertautuvat toisiinsa?

Pylväsdiagrammi



Liittykö kysymykseksi kahden numeerisen tekijän riippuvuusiin?

Kyllä

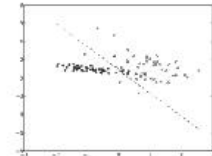
Liittykö kysymykseksi muutokseen ajassa?

Ei

Esimerkkejä: 1. Liittykö auton polttoaineen tehokkuus sen painoon? 2. Riippuvatko tupakointimäärät ja palkkatulot? 3. Kuinka lämpötila ja paine liittyvät toisiinsa tietyssä tilavuudessa?

Tee

Hajontakuva



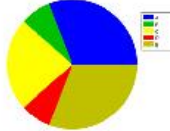
Kysytkö kysymykseksi kuinka kokonaismäärä jakaantuu alaryhmiin? (Tai mikä on alaryhmän osuus kokonaismäärästä?)

Kyllä

Esimerkkejä: 1. Millä voimalla lämmitetään suurin osa kotitalouksista? 2. Kuinka suuri osuus Suomen energiasta saadaan tuulivoimasta? 3. Kuinka suuri osuus Suomen kansalaisista käyttää julkisia kulkuvälineitä työmatkallaan?

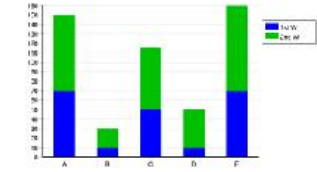
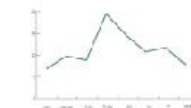
Tee joko

Ympyrädiagrammi



Ositettu pylväsdiagrammi

Vivakkaavio



Mukailtu Weber ym. 2014

## 5. Tutkimuksellisia töitä eri ajattelun tasoille

Erilaiset tutkimukselliset harjoitukset voivat haastaa eri ajattelun ja tiedon tasoja. Tehtävä voi vaatia faktatietoa, käsitetietoa, käytännön tietotaitoa ja metakognitiivista tietoa eri suhteissa. Toisaalta tutkimuksellisen kokeen suorittaminen voi vaatia muistamista, ymmärtämistä, soveltamista, analysointia, arviointia ja luovuutta eri suhteissa [8]. Tehtävän luonteesta riippuen ja oppilaiden lähtötason perusteella tutkimus voidaan muokata sopivan haastavaksi. Seuraavassa taulukossa on esimerkkitöitä, jotka olemme arvioineet haastavan erityisesti joitain tiedon ja ajattelun tasoja (Taulukko 1).

Taulukko 1. Samasta aiheesta voidaan muodostaa erilaista tietoa ja ajattelun tasoa vaativia tehtäviä.

Tiedon taso	Kognitiivisen prosessin taso					
	1. Muistaminen	2. Ymmärtäminen	3. Soveltaminen	4. Analysointi	5. Arviointi	6. Luovuus
Faktatieto	Työturvallisuus-harjoitus					
Käsitetieto		Sokerisateen-kaaret 1 Ilmapallot 1				
Menetelmätieto				Ilmapallot 2		
Metakognitiivinen tieto						Sokerisateenkaaret 2

Opettajan ja oppilaan vastuun jakautumisen arvioiminen on eräs tapa luokitella tutkimuksellisuuden taso (Taulukko 2). Kun oppilaiden vastuulle annetaan enemmän osa-alueita tutkimuksesta he joutuvat itse tekemään ratkaisuja työskentelymenetelmistä, tutkimusaineiston keräämisestä ja tulosten esittämisestä. Silloin se haastaa enemmän myös oppilaan ajattelua ja vaatii erilaista tapaa käsitellä tietoa. Eräs tapa opetuksessa on edetä siten, että alemmilta tutkimuksellisuuden tasoilta edetään portaittain ylemmäs, jolloin oppilaiden tietotaito kasvaa ja voidaan saavuttaa

riittävän korkea tietotaidon ja ajattelun taso myös itsenäisempien töiden tekemistä varten [9]. Seuraavaksi esitellään yläkouluun sopiviksi arvioimiamme kokeellisia töitä.

Taulukko 2. Oppilaan ja opettajan vastuu tutkimuksellisessa työssä haastaa oppilaita eri tavoin [9].

TUTKIMUKSELLISUUDEN TASOT				
	Vastuussa tutkimusongelman asettamisesta	Vastuussa tutkimuksen suoritustavasta	Vastuussa tulosten tulkinnasta	Oppilaan vastuu kasvaa
Avoin	Oppilas	Oppilas	Oppilas	
Ohjattu	Opettaja	Oppilas	Oppilas	
Jäsennelty	Opettaja	Opettaja	Oppilas	
Todentava	Opettaja	Opettaja	Opettaja	

## 5.1. Työturvallisuusharjoitus

Oppilaille voidaan antaa tehtäväksi etsiä luokkahuoneesta laboratorioturvallisuuteen liittyviä esineitä ja asioita. Oppilaiden löytämät asiat (esim. suojalasit, työtakit, jauhesammutin, vetokaappi) käydään vielä kootusti läpi. Oppilaiden aktivointi omakohtaiseen havainnointiin ja toimintaan voi toimia tehokkaana opetustapana [10]. TVT:aa hyödyntäen oppilaat voivat kerrata varoitusmerkkejä esim. oppimispelinä Kahoot-sovelluksen avulla. Varoitusmerkkeihin tutustuminen kilpailullisen moninpelin avulla voi olla innostava ja aktivoiva oppimismuoto ja vaikuttaa positiivisesti asenteisiin kemiaa kohtaan [11].

Työturvallisuusharjoitus sisältää faktatiedon omaksumista ja muistamista, joten se sijoittuu alemmalle kognitiivisen ajattelun tasolle [8].

## 5.2. Sokerisateenkaaret 1

Oppilaat pääsevät tutustumaan kauniisiin, värikkäisiin sokeriliuoksiin ja sokeripitoisuuden ja tiheyden yhteyteen sokerisateenkaaret–työssä.

Kyseinen [työohje](#) on saatavilla Kemianluokka Gadolinin nettisivuilta.

Sokerisateenkaaret-työssä oppilaat pääsevät tutustumaan tiheyden ja konsentraation käsitteisiin, kun eriväriset liuokset kerrostuvat koeputkeen. Arvioimme, että se vaatii em. käsitteiden ymmärtämistä (matalampi kognitiivinen taso).

## 5.3. Sokerisateenkaaret 2

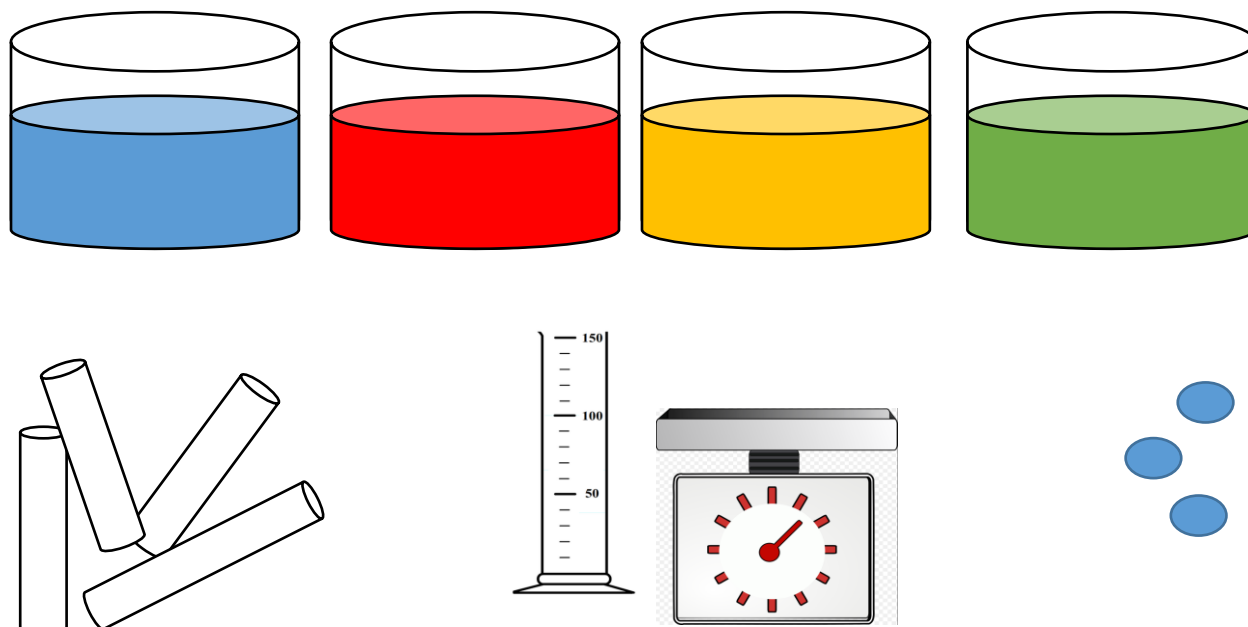
Sokerisateenkaarityöstä voidaan muodostaa ongelmalähtöisempi oppilastyö, kun Gadolinin työohjetta muokataan siten, että oppilaille annetaan tehtäväksi selvittää erilaisten sokeriliuosten tiheysjärjestys.

Opettaja valmistaa tiheydeltään erilaiset sokeriliuokset kemianluokka Gadolinin [työohjeen](#) mukaisesti. Tämän jälkeen oppilaat saavat vapaasti tietojensa ja taitojensa mukaan selvittää ja päätellä mikä liuosten tiheysjärjestyksen. Oppilaille voidaan antaa käytettäväksi esim. seuraavia välineitä. (Kuva 2)

- Puntari ja mittalasi (tilavuuden ja massan yhteys tiheyteen)
- Koeputkia (liuosparin tiheyden vertailu ja oikean tiheysjärjestyksen päättely useasta eri testistä)
- Koeputkia ja kappale, joka painuu hitaasti koeputken pohjalle eri nopeudella eri pitoisuuksissa (pitoisuuden ja viskositeetin yhteys)

Oppilaille annetaan tehtäväksi koejärjestelyn suunnittelu, toteutus ja tulosten arviointi.

Työ voidaan arvioida vaativan luovuutta ja metakognitiivisia taitoja, jolloin se vaatii ylempiä kognitiivisen ajattelun tasoja [8].



Kuva 2. Laita liokset tiheysjärjestykseen! Oppilaat saavat valita omien vahvuksiensa mukaan tutkimusmenetelmän ja käytettävät välineet. (Pixabay, CC0)

#### 5.4. Ilmapallot 1

Heliumin ja ilman eroa ja kaasua aineena voidaan havainnollistaa ilmapallojen avulla. Oppilaat pääsevät tutustumaan kaasuihin, molekyyliin sekä käsitteisiin kuten painovoima ja noste.

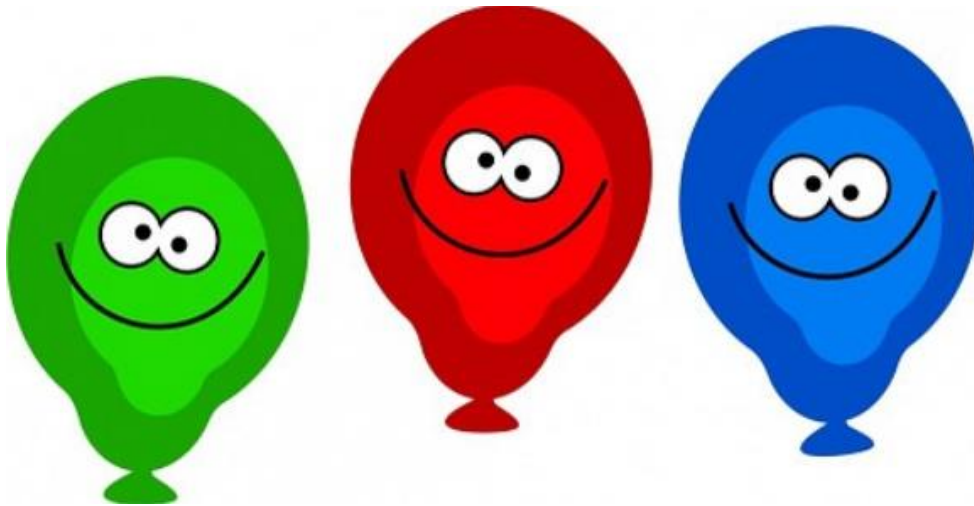
Työohje on saatavilla kemianluokka [Gadolinin sivuilta](#).

Oppilaat suorittavat työn valmiin ohjeen mukaisesti. Heidän tehtäväkseen jää päätelmien tekeminen havaituista ilmiöistä, joten työ arvioitiin vaativan ensisijassa käsitetiedon ymmärtämistä (alempi kognitiivinen taso) [8].

## 5.5. Ilmapallot 2

Oppilaiden ymmärtäessä nosteen ja painovoiman vaikutuksen esim. Ilmaa vai heliumia –työn pohjalta oppilaille voidaan antaa tehtäväksi selvittää mitä kaasuja erilaiset ilmapallot sisältävät.

Opettaja täyttää valmiiksi kolme ilmapalloa heliumilla, hiilidioksidilla ja ilmalla. Oppilaat voivat ryhmissä selvittää mitkä pallot sisältävät mitäkin kaasua, kun vaihtoehdot annetaan valmiiksi ja ilmapalloilla on sama tilavuus (Kuva 3). Taustatiedoksi oppilaille voidaan antaa eri esim. kaasujen tiheydet NTP-olosuhteissa, joiden pohjalta he voivat päätellä esim. putoamisnopeuden perusteella pallojen sisältämät kaasut. Työ vaatii oppilailta opittujen käsitteiden (painovoima, tiheys, noste) soveltamista, menetelmätietoa ja havaitsemiensa tulosten analysointia, joten työn voi arvioida kehittävän ylempiä kognitiivisen ajattelun tasoja [8].



Kuva 3. Miksi yhtä suuret pallot tippuvat maahan eri nopeudella? Hyvin perusteltu vastaus vaatii mm. painovoiman, nosteen ja tiheyden käsitteiden ymmärtämistä. (Pixabay, CC0)

## 6. Ilmiöpohjainen opetus: Oksidien ympäristövaikutukset

Tässä esiteltävässä ilmiöpohjaisessa opetuskokonaisuudessa tutkitaan ja pohditaan oksidien ympäristövaikutuksia kokeellisesti havainnollistaen [12]. Tämä kokonaisuus sopii erityisesti 7.-luokkalaisille, koska se on tasoltaan todentava (ks. taulukko 2 osiosta 5) ja sisällöltään enimmäkseen makroskooppisella tasolla liikkuva sivuten hieman myös symbolista tasoa. Kyseinen opetuskokonaisuus edellyttää oppilailta palamisen ja sen edellytysten tuntemista, mikä ei ole ongelma, koska näihin aiheisiin tutustutaan jo alakoulussa ja lisäksi ne ovat tyypillisesti 7.-luokan ensimmäisiä perussisältöjä kemiassa.

Lisäksi tämä kokonaisuus on hyvin linjassa perusopetuksen uusimman kemian opetussuunnitelman ja sen S1-osion kanssa.

”Erilaisissa tutkimuksissa painotetaan tarkoituksenmukaisesti tutkimusprosessin eri vaiheita kuten ongelman tai ilmiön pohtimista, suunnittelua, koejärjestelyn toteuttamista, havainnointia, tulosten koontia ja käsittelyä sekä tulosten arviointia ja esittämistä [2].”



(Wikimedia Commons, CC0)



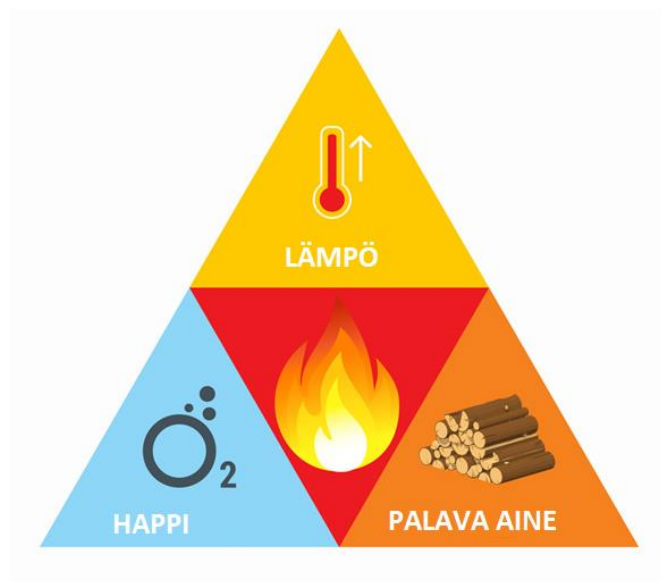
## SUUNNITELMA OPETUSKOKONAISUUDELLE

Aikatauluehdotus: 2 x 45 min

Kaikissa seuraavissa oppilastöissä käytetään suojalaseja ja työtakkia.

### 6.1. Oksidien muodostuminen.

1. Kerrataan palaminen ja sen ehdot (suullisesti kyselemällä ja kuva )



(Josh Nieten, CC0 muokattu)

2. Poltetaan magnesiumia petrimaljan päällä. Havainnoidaan magnesiumin ja sen oksidin eroja.
3. Keskustellaan siitä mitä reaktiossa tapahtui, minkä jälkeen kirjoitetaan reaktioyhtälö pallomalleineen vihkoon. Reaktioyhtälön tasapainotus käydään läpi yhdessä keskustellen. **Huom! Hyvä varata oppilaille punaisia värikyniä.**

## Vihkomuistiinpano



Reaktioyhtälössä nuolen molemmilla puolilla on aina oltava sama määrä atomeja, joten reaktioyhtälö täytyy vielä tasapainottaa.



## Oppilastyö: Magnesiumin polttaminen

Tarvikkeet:

- Magnesiumnauhaa
- Pihdit
- Petrimalja/kellolasi
- Kaasupoltin



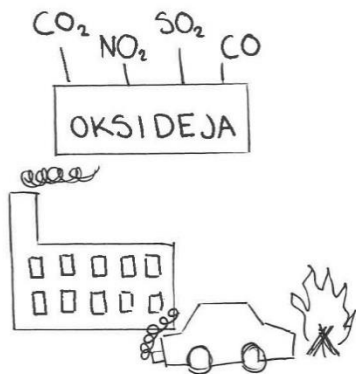
(D. Baker, CC0)

## 6.2. Oksidien ympäristövaikutukset

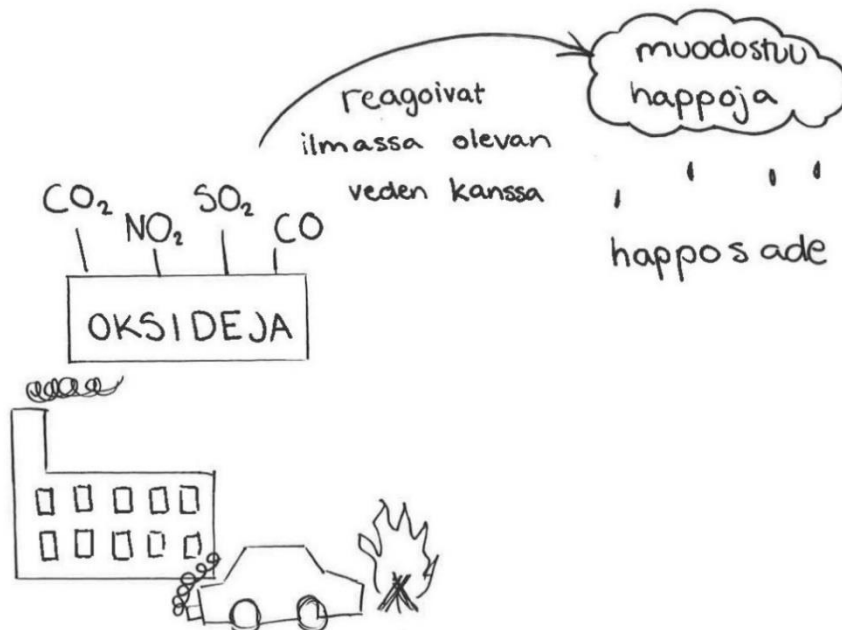
Aloitetaan kokonaisuutta havainnollistavan kuvan piirtäminen vihkoon [12].

Keskustellaan, missä yhteydessä oksideja syntyy (teollisuus, liikenne, polttaminen, asuminen) ja piirretään vastaavat kuvat (tehdas, auto, nuotio, asuinalue).

Syntyvien oksidien kemialliset kaavat kirjoitetaan myös ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ).



Keskustellaan happosateen synnystä. Todetaan, että oksidit reagoivat ilmassa olevan veden kanssa, jolloin syntyy erilaisia happoja. Ne satavat alas happosateina.

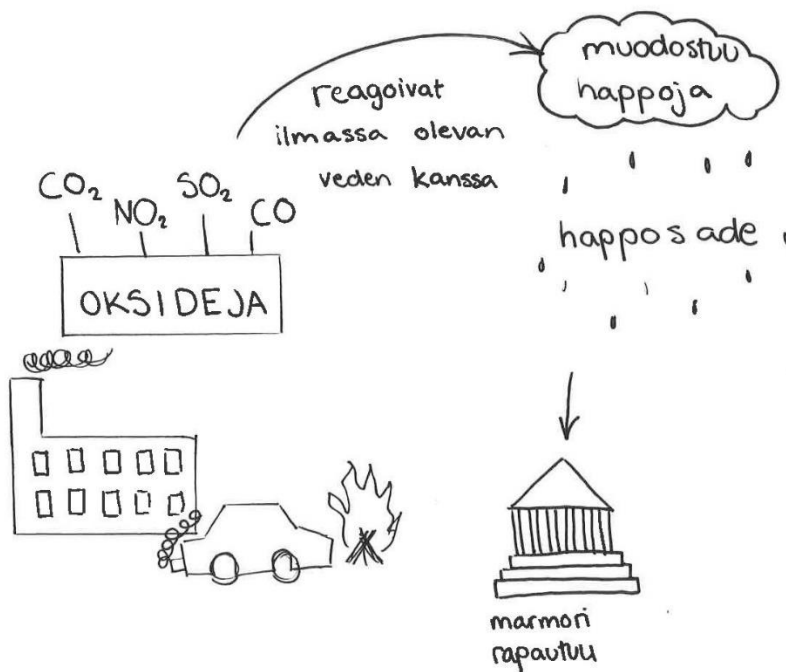


Todetaan, että happosateet vaurioittavat eri tavoin elinympäristöä, minkä jälkeen käydään läpi joitakin esimerkkejä tästä.

## Marmori

Katsotaan kuvia vanhoista patsaista ja rakennuksista (Kuva 4). Vertailun vuoksi voidaan katsoa myös kuvia samoista rakennuksista uudempina.

Vihkomuistiinpanot: Marmori rapautuu.



## Oppilastyö: Marmorin syöpyminen

Tarvikkeet:

- Petrimalja
- Marmorirouhe ( $\text{CaCO}_3$ )
- 1 M HCl

Laitetaan marmorirouhe petrimaljaan ja lisätään sen päälle pari tippaa 1 M HCl.

Huomataan, että marmori alkaa syöpyä.



Kuva 4. Parthenonin temppeli, Kreikka (Wikimedia Commons, CC0).

## Havupuut

Katsotaan kuvia havumetsistä esim. teollisuusalueen läheltä (Kuva 5) ja terveestä havumetsästä.

Todetaan yhdessä, että neulasissa oleva vahapinta ei kestä hapanta ympäristöä, mistä seuraa havupuiden harsuuntuminen, jota simuloidaan seuraavalla kokeella.

Vihkomuistiinpanot: Havupuut harsuuntuvat.



## Oppilastyö: Havunneulasten vahapinnan tutkiminen

Tarvikkeet:

- Tuoreita havunneulasia
- Rikkihapossa liotettuja havunneulasia
- Pinsetit
- Petrimalja
- Pipetti
- Vettä

Molempien neulasten päälle tiputetaan kärjestä alkaen pipetillä tippa vettä. Verrataan veden käyttäytymistä. Huomataan, että vesipisara hajoaa vaurioituneen neulasen päällä.



Kuva 5. Jizera-vuoret, Tsekki (Nipik, CC0).



## Vesistöt

Katsotaan kuvaa vesistöistä (Kuva 6). Oppilaat saavat ensin itse miettiä miten happosateet voivat vaikuttaa vesistöön. Opettaja kertoo tämän jälkeen happamoitumisen vaikuttavan erityisen haitallisesti pieneliöihin ja kasveihin; esim. ravun ja simpukan kitiinikuori pehmenee. Lisäksi hapan vesi on hyvin haitallista kalojen lisääntymiselle.

Vihkomuistiinpanot: Vesistöt happamoituvat.



## Oppilastyö: Hanaveden ja suolahappoliuoksen pH-arvojen tutkiminen

Tarvikkeet:

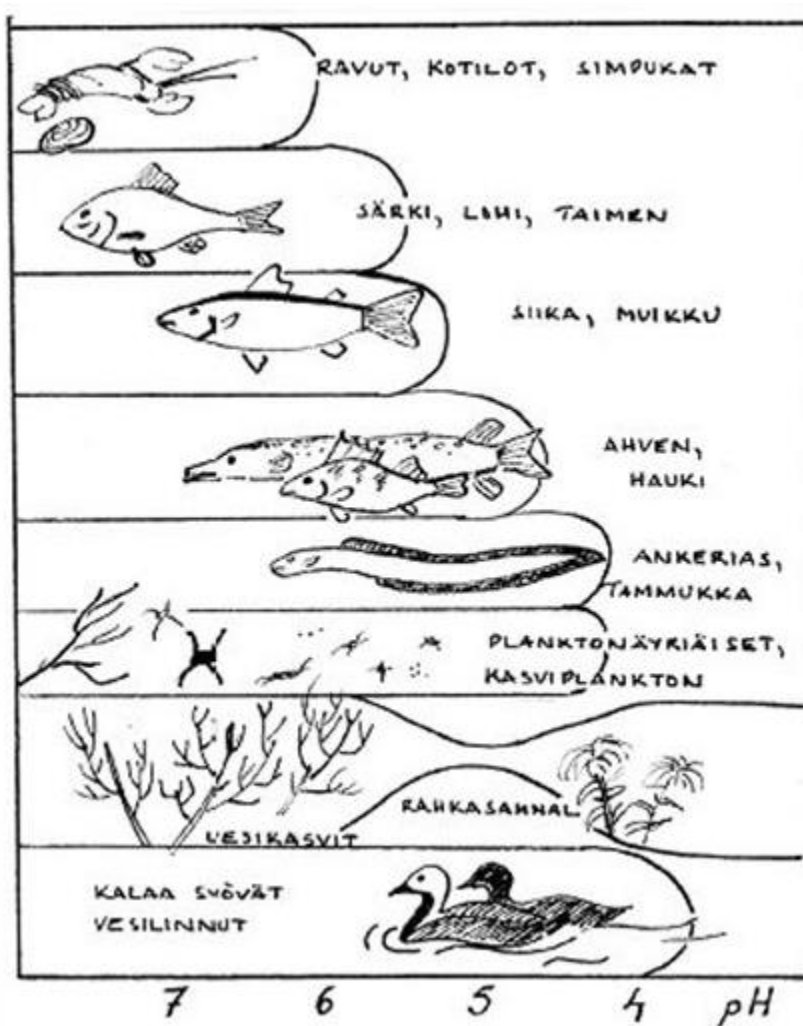
- Indikaattoripaperi
- 1 M HCl
- Vettä
- Dekantterilasi
- Petrimalja

Mitataan hanaveden pH pipetoimalla vettä petrimaljan päällä olevalle indikaattoripaperille. Mitataan dekantterilasiin 1:1 suhteella pieni määrä suolahappoa ja vettä. Mitataan liuoksen pH edellä mainitulla menetelmällä. Verrataan pH-arvoja keskenään. Todetaan pH-arvon jyrkkä muutos.



Kuva 6. Alpijärvimaisema Saksassa (Pixabay, CC0).

Katsotaan pH:n vaikutukset eri vesieläimiin (Kuva 7).



Kuva 7. Kun veden pH laskee, alhaiselle pH:lle herkimmät lajit katoavat ensin. Kaikkein herkimpiä happamoitumiselle ovat ravut, kotilot ja simpukat sekä kaloista särki- ja lohikalat [12].

### 6.3. Demonstraatio: Vesistön happamoituminen ja puskurikyky

Tarvikkeet:

- Bromitymolisininen
- Vettä
- Kaasupoltin
- Alkuainerikki
- Keittopullo
- Keittopulloon sopiva tiivis korkki, jonka läpi on työnnetty metallikauha
- Kalkkia ( $\text{CaCO}_3$  tai  $\text{CaO}$ )
- Suojahanskat ja -lasit



## Työssä huomioitavia asioita:

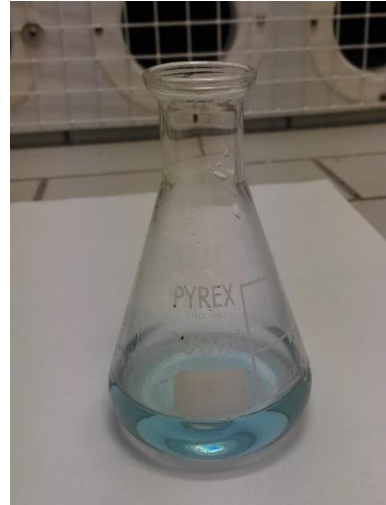
Maaperän ja vesistöjen kalkitsemiseen ihminen käyttää yleensä kalsiumkarbonaattia, mutta se kuitenkin liukenee hitaasti indikaattoriliuokseen, joten tämän vuoksi tässä työssä kannattaa käyttää kalsiumoksidia, joka liukenee paremmin veteen ja indikaattorin värinmuutos tapahtuu nopeammin.



Rikin palaessa syntyvä rikkidioksidi on pistävän hajuinen, ärsyttävä ja syövyttävä kaasu, joka muodostaa rikkihapoketta ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ) reagoiessaan veden kanssa. Kaasun hengittämistä ja sen joutumista silmiin on vältettävä, joten työ on tehtävä vetokaapissa.

## Työvaiheet:

1. Keittopulloon max 2 cm vettä. Lisätään indikaattoria muutama tippa. Liuos on sininen eli neutraali. Kun pH alenee, se muuttuu keltaiseksi.



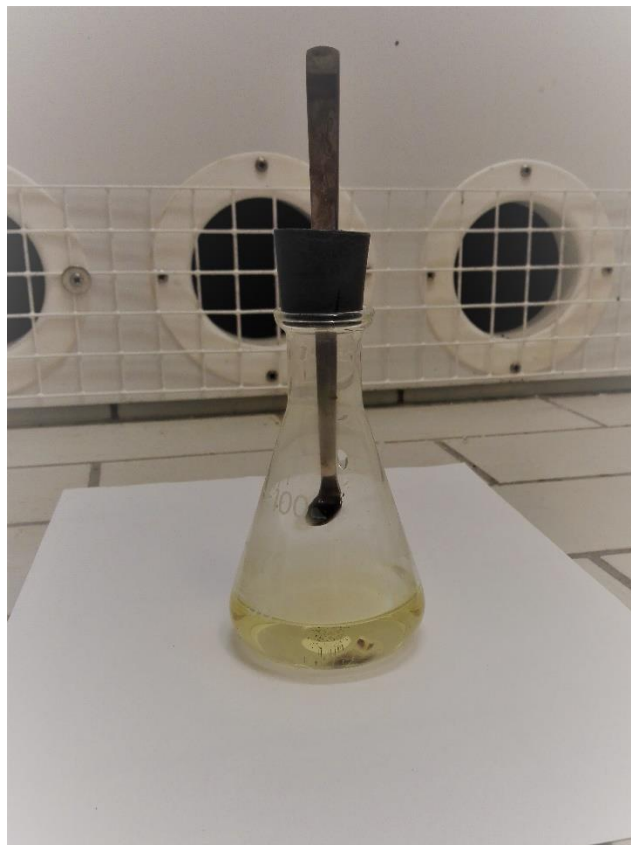
2. Kauhassa oleva rikkijauhe kuumennetaan kaasupolttimella vetokaapissa, jolloin se sulaa ja lopulta syttyy palamaan.



3. Kauha siirretään keittopulloon veden päälle niin, että keittopullon suu sulkeutuu tiiviisti.

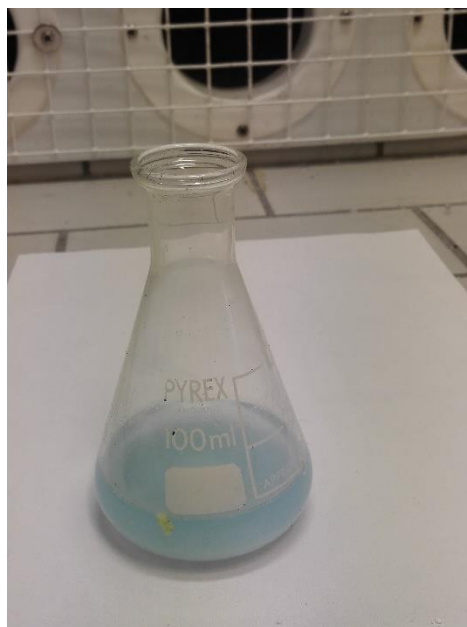
- Anna palamisessa syntyvän rikkidioksidin vapautua keittopullossa, jolloin osa siitä liukenee veteen.
- Liuoksen väri alkaa vaalentua happamoitumisen seurauksena. Anna reaktion edetä, kunnes liuos on keltainen.

(Luonnossa happamoituminen ei tapahdu näin suoraviivaisesti, koska vesistö ja maaperä kykenevät vastustamaan pH:n muutoksia tiettyyn rajaan asti, eli toisin sanoen niillä on puskurikykyä.)



- Lisätään happamaan liuokseen kalkkia, jolloin liuoksen väri alkaa palautua siniseksi, mikä osoittaa kalkin neutraloivan vaikutuksen pH-arvoon.

(Myös ihminen voi huolehtia vesistöistä ja maaperästä lisäämällä kalkkia.)



## 7. Opetusmenetelmä: Keittiötarinat

Tutkimisen taitoja opetellessa kannattaa tutkimuksen aiheiden olla mahdollisimman tuttuja. Oppilaiden on helpompi keskittyä tutkimusprosessin ymmärtämiseen, kun heidän ei tarvitse samalla opiskella uusien välineiden käyttöä [13]. Tutkimuksellisuus ja tieteellinen lähestymistapa voidaan yhdistää oppilaiden elinympäristöstä tuttuun keittiöön kemian opetuksessa [14]. Tämän kaltainen oppimisympäristö käsitetään eri oppiaineita yhdistäväksi, eheyttäväksi opetukseksi. Lisäksi korostetaan tutkimuksen asemaa sosiotieteellisessä viitekehityksessä; toisaalta tutkimuksen tekijän ja toisaalta tutkimuksen lukijan kannalta. Tällä tarkoitetaan sitä, että tutkija/oppilas lähestyy aihetta ongelmalähtöisesti, etsii aiheesta tietoa ja tekee tutkimuksen, joka valmistuttuaan saavuttaa yhteiskunnassa jonkin aseman. Tutkimuksen lukija sen sijaan käsittelee valmista tutkimusta kokonaisvaltaisesta, sosiotieteellisestä asemasta ja mahdollisesti pohtii, miten tutkija on aihettaan käsitellyt.

TAP-mallissa (Toulmin's argumentation pattern) esitetään vaiheittain hyvän tutkimuksellisuuden elementit [15]. Aluksi tutkijalla/opiskelijalla on jokin hypoteesi, jota hän tutkii ja josta hän kerää tutkimusaineistoa pohjatietojensa ja -taitojensa mukaan. Käytännön tutkimusta sitten peilataan teorian tietoon, eli selvitetään hypoteesia tukevat faktat sekä asiat, jotka ovat ristiriidassa tuloksen kanssa. Lisäksi selvitetään olosuhteet, joissa tutkijan havainnot ja väittämät pätevät. Lopulta muodostettu perusteltu väite julkistaa. Opettajalla on erityisen suuri vastuu tämän kaltaisen tutkimuksellisen ja argumentoivan opetuksen järjestämisessä. Sen lisäksi, että tiedetään mitä tapahtuu, tulisi myös ymmärtää miksi ja miten. Keskusteleva, argumentoiva oppimisympäristö voikin aktivoida oppilaita ajattelemaan.

Esimerkkinä tässä toimii projektityö ”Kitchen stories” eli vapaasti suomennettuna keittiötarinat. Projektin perustuu siihen, että oppilaat saivat ensiksi vapaa-ajalla etsiä kulinaarisia tietoja (culinary precisions). Kulinaarinen tieto on teknistä tai menetelmällistä informaatiota resepteissä, joiden ansiosta tuotteen laatu ja onnistumisen mahdollisuus paranee. Oppilaat saavat itse valita ryhmässään, mitä



kulinaarista tietoa lähdetään tarkemmin testaamaan. Lisäksi oppilaat pohtivat yhdessä, mihin tieto perustuu ja sisältyykö siihen joitain tieteellisiä väitteitä.

Seuraavaksi otetaan esimerkkinä oppilastyö, jossa käytettiin kulinaarista tietoa: ”Hyytelöä ei voi valmistaa tuoreesta kiivistä, koska hyytelöitymistä ei tapahdu”. Oppilaat valmistavat kokeen, jolla he pyrkivät todistamaan, mihin kiiviin liittyvä kulinaarinen tieto perustuu. Sitten he esittelivät työn muille. Projektilla pyritään kattamaan TAP-mallin tutkimukselliset elementit. Projekti toimii hyvin tieteellisen ajattelun luomisessa, koska oppilaat viettävät paljon aikaa tutkien, kysellen ja tietoa etsien ennen varsinaisen kokeen aloittamista. Oppilaat myös oppivat lähdekritiikkiä etsiessään tietoa monista eri lähteistä.

Oppilaat joutuvat tutkijan rooliin, kun he alkavat löytämänsä tiedon perusteella suunnitella koetta, toteuttaa kokeen ja julkaisemaan tuloksia. Projekti yhdistää hyvin niin loogisia päättelymenetelmiä kuin käytännön oppimiskokemuksia. On myös tärkeää huomata, että tieteellä ei välttämättä ole yhtä lopullista vastausta ja tämän asian on myös hyvä oppilaiden sisäistää. Tiede on siis muuttuvaa ja kehittyvää, ja tämä saatetaan sivuuttaa kouluissa [14].



(Pixabay, CC0)

## 8. Arviointi

Wilkinsonin ja Wardin [16] tutkimuksen mukaan sekä opettajien ja oppilaiden mielestä kokeellisen työskentelyn arviointi on tärkeä osa luonnontieteellisten aineiden arvosanaa. Tutkimukseen osallistuneidessa kouluissa arviointia ei kuitenkaan tapahtunut yleisten arviointimenetelmien puutteen takia. Tutkimuksen mukaan arviointi useimmiten kohdistuu oppilaiden tekemiin raportteihin itse työskentelytaitojen sijaan.

Abrahamsin, Millarin ja Reissin tekemä matriisi [17] [18] havainnollistaa kokeellisen työskentelyn eri oppimisen tasoja. Arviointimenetelmää kehittäessä tulisi miettiä, mitä työstä pitää oppia ja varmistaa, että kaikkia tasoja arvostellaan oikeassa suhteessa oppilaiden lähtötasoon nähden.

Taulukko 3. Kokeellisen tehtävän oppimisen tehokkuuden matriisi [17] [18].

<b>Oppimisen tehokkuus</b>	<b>Havaittavissa olevat kohteet (konkreetit kohteet)</b>	<b>Käsitteet</b>
<b>Taso (tekeminen)</b>	Oppilas osaa koota ja käyttää välineitä sekä kerätä tuloksia opettajan ohjeiden mukaan.	Oppilas osaa tehtävän teossa käyttää tieteellistä sanastoa ja yhdistää tehtävän opettajan tarkoittamaan käsitteeseen.
<b>Taso (oppiminen)</b>	Oppilas osaa palauttaa mieleensä tehtävän ja kuvailla, miten ja millä välineillä havainnot tehtiin ja tulokset kerättiin. Oppilas osaa toistaa kokeen myöhemmin.	Oppilas osaa soveltaa käsitteeseen liittyvää tietoa uudessa tilanteessa ja osaa yhdistää oman tutkimuksensa opettajan tavoittelemaan tieteelliseen teoriaan.

## 8.1. Laboratorioajokortti

- Aija Ahtineva ehdottaa tutkimuksessaan [19] laboratorioajokortin käyttöä kokeellisen työskentelyn perustaitojen arviointiin ensimmäisen yläkoulukemian opintojakson ajan.
- Laboratorioajokorttiin kuuluu:
  - Erilaisia perustaitoja (esim. pipetointi, pH-paperin käyttö)
  - Työvälineiden tunnistaminen
  - Alkuaineiden ja paljon käytettyjen yhdisteiden nimeäminen
  - Työturvallisuus
- Taitoja harjoitellaan yhdessä ennen kuin tehdään isompi laboratoriotyö.
- Ajokortti liimataan vihkoon ja oppilaat rakensivat ajokortista kohdat, jotka ovat oppineet opintojakson edetessä.
- Ajokortilla voi arvioida tekemisen tasolla tapahtunutta oppimista.
- **Liite 1** [19]

## 8.2. Pistetaulukko

- Pistetaulukkoon laitetaan arvioitavat taidot ja eritellään millä kriteereillä minkäkin pistemäärän saa.
- Taulukkoa on helppo muokata. Esimerkiksi jos haluaa arvioida myös kirjallista työselostusta, taulukkoon voi lisätä selostuksen arviointikriteereitä.
- Kurssin arvosana muodostuu koepisteiden ja kokeellisen työn pisteiden summasta.
- **Liitteessä 2** on Ahtinevan [19] antama esimerkki, joka soveltuu ryhmälle, joka ei ole aiemmin tehnyt laboratoriotöitä.

### 8.3. Työselostuksen arviointitaulukko

- Työselostusta arvioidessa voidaan ottaa huomioon esimerkiksi:
  - Tutkimuskysymys ja hypoteesi
  - Mittatulosten tarkkuus
  - Tulosten esittäminen ja johtopäätösten tekeminen
- Soveltuu ryhmälle, jolla on paljon kokemusta kokeellisesta työskentelystä, ja jolle tutkimuksen vaiheet ovat tuttuja.
- Soveltuu laajemmalle oppilastyölle, jossa kaikki työvaiheet tehdään itse.
- Painotus työselostuksessa ja työn teoriapohjan ymmärtämisessä. Vain pieni osa arvosanasta koostuu työskentelytaidoista.
- Arviointi on tarkempaa, koska se ei riipu opettajan tarkkailusta, joka voi olla vaikeaa ryhmäkokojen kasvaessa.
- Kokemattomalle ryhmälle voi tehdä työselostusmonisteen, jossa on apukysymyksiä.
- **Liitteessä 3** on israelilaisessa tutkimuksessa [6] ehdotettu arviointitaulukko työselostuksille.

## 9. Lähteet

- [1] Lavonen, J. & Meisalo, V. (2001). Luonnontieteellinen koe koulun työtapana. <http://www.malux.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/kokeel/tutkimus/> (luettu 16.3.2017)
- [2] Opetushallitus. (2015). Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014. Luettu osoitteesta [http://www.oph.fi/download/163777\\_perusopetuksen\\_opetussuunnitelman\\_perusteet\\_2014.pdf](http://www.oph.fi/download/163777_perusopetuksen_opetussuunnitelman_perusteet_2014.pdf)
- [3] Tolvanen, S. Kemian ja fysiikan opettaja, Helsingin yliopiston Viikin normaalikoulu.
- [4] Näsäkkälä, E., Flinkman, M. & Aksela, M. Luonnontieteellisen tutkimuksen tekeminen koulussa. Helsinki: Opetushallitus, 2001.
- [5] Tolvanen, S. (2016). Mittausautomaatio kemian opetuksessa. Teoksessa Tutkimuksellinen kemian opettajankoulutus (toim. Maija Aksela).
- [6] Hoffstein, A., Shore, R. & Kipnis, M. (2004). Providing high school chemistry students with opportunities to develop learning skills in an inquiry-type laboratory: a case study. *International Journal of Science Education*, 26(1), 47-62.
- [7] Weber, H., Nelson, S. J., Weatherbee, R., Zoellick, B., & Schauffler, M. (2014). The Graph Choice Chart. *The Science Teacher*, November, 37-43.
- [8] Aksela, M., & Tikkanen, G. (2012). Analysis of finnish chemistry matriculation examination questions according to cognitive complexity. *NorDina : Nordisk Tidsskrift i Naturfagdidaktikk*, 8(3), 258-258-268.
- [9] Bell, R., Smetana, L., & Binns, I. (2005). Simplifying inquiry instructions. *The Science Teacher*, 72(7), 30-31-33.
- [10] Eshach, H. (2007). Bridging in-school and out-of-school learning: Formal, non-formal, and informal education. *Journal of Science Education and Technology*, 16(2), 171-190. doi:10.1007/s10956-006-9027-1
- [11] Tuomisto, M. (2015). *Oppimispelit kemian perusopetuksessa* (Lisensiaatintutkielma). Luettu osoitteesta <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2015060810051>.
- [12] Kantola, T. Kemian ja biologian opettaja, Helsingin yliopiston Viikin normaalikoulu (haastattelu ja oppitunnin seuraaminen).
- [13] Vesterinen, V-M. (2016). Luonnontieteen luonne kemian opetuksessa. Teoksessa: Tutkimuksellinen kemian opettajankoulutus (toim. Maija Aksela).
- [14] Fooladi, E. (2013). Molecular gastronomy in science and cross-curricular education – The case of “Kitchen stories”. *LUMAT*, 1(2), 159-172.
- [15] Toulmin, S. (1958). The uses of argument. Cambridge: Cambridge University Press.
- [16] Wilkinson, J. W. & Ward, M. (1997). The purpose and perceived effectiveness of laboratory work in secondary schools. *Australian Science Teachers Journal*, 43 (2), 49–55.

- [17] Abrahams I. & Millar R. 2008. Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945-1969.
- [18] Abrahams I. & Reiss M. 2012. Practicalwork: its effectiveness in primary and secondary schools in England. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(8), 1035-1055
- [19] Ahtineva A. 2014 Kokeellisen työskentelyn kriteeriperustainen arviointi kemiassa. *Lumat* 2(2) <https://www.lumat.fi/index.php/lumat-old/article/view/131/123>

**LABORATORIOAJOKORTTI**

Nimi: \_\_\_\_\_ Luokka: \_\_\_\_\_

**1. Löydän laboratoriosta tarvittaessa**

- a) työtakin \_\_\_\_\_ b) suojakäsineet \_\_\_\_\_ c) suojalasit \_\_\_\_\_  
d) kemikaalin käyttöturvatieotteen \_\_\_\_\_

**2. Osaan sytyttää ja sammuttaa kaasupolttimon oikein \_\_\_\_\_****3. Tunnistan ja löydän tarvittaessa seuraavat välineet**

- a) koeputki \_\_\_\_\_ b) mittalasi \_\_\_\_\_ c) mittapipetti \_\_\_\_\_  
d) suodatinsuppilo \_\_\_\_\_ e) haihdutusmalja \_\_\_\_\_ f) keittopullo \_\_\_\_\_  
g) keitinlasi \_\_\_\_\_ h) kellolasi \_\_\_\_\_ i) kennolevy \_\_\_\_\_  
j) petrimalja \_\_\_\_\_ k) pH-paperi \_\_\_\_\_ l) suodatinpaperi \_\_\_\_\_

**4. Osaan opettajan ohjeen mukaan**

- a) pipetoida \_\_\_\_\_ b) liuottaa \_\_\_\_\_ c) uuttaa \_\_\_\_\_ d) suodattaa \_\_\_\_\_  
e) käyttää vaakaa \_\_\_\_\_ f) käyttää pH-paperia \_\_\_\_\_

**5. Osaan kirjoittaa seuraavien alkuaineiden kemialliset merkit**

- a) happi \_\_\_\_\_ b) vety \_\_\_\_\_ c) hiili \_\_\_\_\_ d) rauta \_\_\_\_\_ e) kupari \_\_\_\_\_  
f) natrium \_\_\_\_\_ g) kloori \_\_\_\_\_ h) typpi \_\_\_\_\_ i) rikki \_\_\_\_\_

**6. Osaan nimetä seuraavat yhdisteet**

- a)  $H_2O$  \_\_\_\_\_ b)  $O_2$  \_\_\_\_\_  
c)  $CO_2$  \_\_\_\_\_ d)  $H_2$  \_\_\_\_\_  
e)  $HCl$  \_\_\_\_\_ f)  $H_2SO_4$  \_\_\_\_\_  
g)  $NaOH$  \_\_\_\_\_ h)  $NaCl$  \_\_\_\_\_

<b>Ryhmätyöskentely</b>  <b>Pisteet:</b>	Ei keskustelua parin kanssa, yhteistyö ei suju (0-1p)
	On keskustelua, mutta parin huomioon ottaminen puutteellista (2 p)
	On keskustelua, yhteinen työskentely sujuvaa (3 p)
<b>Työskentely</b>  <b>Pisteet:</b>	Tarvitsee ohjausta oikeiden turvavarusteiden ja aineiden käytössä (0-1 p)
	Epävarmaa ja huolimaton työskentelyä (2 p)
	Siistiä, varmaa ja huolellista työskentelyä (3 p)
<b>Välineiden ja reagenssien tuntemus</b>  <b>Pisteet:</b>	Ei tunne välineitä, ei uskalla käyttää kemikaaleja (0-1 p),
	Epävarma välineiden ja reagenssien käytössä (2 p),
	Varmat, asialliset otteet, tunnistaa välineet ja reagenssit (3 p)



Työselostusten arviointi											
Arviointi opettajan havaintojen mukaan			Ryhmän raportti	Tutkimuksen jälkeen			Tutkimuksen teoreettiset vaiheet			Tarkkailu	Kriteerit
10 %	5 %	5 %	5 %	30 %			35 %			10 %	Painotus
Kommunikaatiotaidot	Ryhmätyötaidot	Työvälineiden käyttö/hallinta	Kirjallinen raportti	Yhteenveto	Johtopäätökset	Tulosten esittäminen	Suunnittelu	Hypoteesin muodostaminen	Tutkimuskysymysten muodostaminen	Mittatulokset	Kokeen numero
											Keskiarvo