



**TURUN  
YLIOPISTO**

# **Tutoriaalın tuottaminen 7. luokan kemian opintopolkuun ViLLE-ympäristössä**

Aiheena erotusmenetelmät

Kemian opettaja  
Pro gradu -tutkielma

Laatija:  
Emmi Pulkkinen

27.5.2026  
Turun yliopisto

Turun yliopiston laatu järjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu  
Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

Pro gradu -tutkielma

**Tutkinto-ohjelma, oppiaine:** Kemian opettaja, Kemia

**Tekijä:** Emmi Pulkkinen

**Otsikko:** Tutoriaalin tuottaminen 7. luokan kemian opintopolkuun ViLLE-ympäristössä

**Ohjaajat:** Veli-Matti Vesterinen, Reetta Kyyräinen

**Sivumäärä:** 38 sivua + liitteet 10 sivua

**Päivämäärä:** 27.5.2026

ViLLE on Turun yliopistossa kehitetty sähköinen oppimisympäristö, joka hyödyntää digitalisaation mahdollisuuksia oppimista tukevalla tavalla. Sen avulla oppilas etenee omassa tahdissaan ja saa jatkuvasti palautetta oppimisestaan. Samalla opettaja pystyy seuraamaan oppilaidensa edistymistä ja arvioimaan heidän osaamistaan. Kemian ja fysiikan opintopolut ovat Turun yliopiston ja Oppimisanalytiikan tutkimusinstituutin yhteinen projekti, jossa suunnitellaan ViLLEen materiaalia yläkoulun fysiikan ja kemian aiheista. Syksyllä 2025 suunniteltiin 7. luokan kemian materiaalit, joista tämä tutkielma käsittelee erotusmenetelmiin liittyvän tutkimustutoriaalin ja tavallisen tutoriaalin suunnittelua, laatimista ja kehittämistä. Tutoriaalilla tarkoitetaan ViLLE-kierrosta, jossa opetetaan tekstien, kuvien ja videoiden avulla rajatun aihealueen teoria pienin askelin ja oppimisen tueksi askeleiden välissä on automaattisesti arvioitavia tehtäviä, jolloin oppilas saa välitöntä palautetta oppimisestaan.

Tutkimustutoriaali ja tavallinen tutoriaali ovat toisilleen vaihtoehtoiset. Tutkimustutoriaali sisältää kokeellisen oppilastyön, jossa oppilaat työskentelevät itse kokeellisesti laboratoriovälineillä, kun taas tavallisessa tutoriaalissa sama aihe käsitellään videon avulla. Tutoriaalien muut sivut ovat keskenään täysin samanlaiset, mutta paperikromatografiaa käsittelevällä sivulla työskentelytapojen ero toteutuu. Tämän takia tutkimuksen avulla selvitetään, havaitaanko eroja paperikromatografiaa koskevan sivun toimijuuteen ja optimaalisen oppimisen hetkiin liittyvän tutkimuskyselyn vastauksissa ja monivalintojen oikeiden vastausten osuuksissa.

Tutkimusmenetelmänä käytettiin kehittämistutkimusta, jossa toteutettiin yksi kehittämissykli. Käsiteltävät erotusmenetelmät valittiin oppikirja-analyysin perusteella. Tämän perusteella tutoriaali rajattiin käsittelemään seuraavia erotusmenetelmiä: suodatus, haihdutus, tislauk, (paperi)kromatografia ja uutto. Ensimmäistä versiota kommentoi kaksi asiantuntijaa, jotka ovat aiemmin tuottaneet kemian opintopolun materiaaleja, ja joista toinen myös käyttää niitä omassa opetuksessaan. Palautteiden perusteella tutoriaalia hiottiin paremmaksi. Esimerkiksi kieliasua muokattiin vastaamaan paremmin 7. luokkalaisen tarpeita. Lopuksi tutkimustutoriaali ja tavallinen tutoriaali erotettiin omiksi kierroksikseen.

Tutoriaalit jaettiin tammikuussa 2026 opetuskäyttöön, minkä jälkeen tarkasteltiin niihin saatuja vastauksia. Toimijuuteen liittyvässä kyselyssä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa tavallisen ja tutkimustutoriaalin välillä. Tavalliseen tutoriaaliin vastanneet raportoivat suurempia pisteitä kiinnostavuudesta, taitavuudesta ja aktiivisuudesta. Tutkimustutoriaaliin vastanneilla taas vaikutusmahdollisuudet ja haastavuus saavat tavallista tutoriaalia suuremmat pisteet. Paperikromatografiaan liittyvissä monivalintakysymyksissä oikeiden vastausten osuus on hieman pienempi tavallisen tutoriaalin kuin tutkimustutoriaalin tekijöillä. Kuitenkin kaikissa tehtävissä kummassakin tutoriaalissa oikeita vastauksia on yli 80 %.

Koska toimijuuteen liittyvässä kyselyssä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja, voidaan todeta, että toimijuuden näkökulmasta kumpikaan työskentelytapa ei ole merkittävästi toista parempi. Oikeiden vastausten osuuksien perusteella suoriutuminen on lähes yhtä hyvällä tasolla kummassakin menetelmässä.

**Avainsanat:** *Kemian ja fysiikan opintopolut, kemian opetus, ViLLE, yläkoulu*

# Sisällysluettelo

<b>1</b>	<b>Johdanto</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Kehittämistutkimus</b>	<b>8</b>
2.1	Kehittämistutkimus menetelmänä	8
2.2	Tutkimuksen eettisyys	8
2.3	Kehittämistutkimusta ohjaavat kysymykset	9
<b>3</b>	<b>Ongelma-analyysi</b>	<b>11</b>
3.1	Teoreettinen ongelma-analyysi	11
3.2	Empiirinen ongelma-analyysi	12
3.2.1	Oppikirja-analyysi	12
3.2.2	Yhteenveto	13
<b>4</b>	<b>Kehittämiskuvaus</b>	<b>16</b>
4.1	Sisällöntuotanto	16
4.1.1	Tekstit	16
4.1.2	Kuvat	17
4.1.3	Videot	18
4.1.4	Kaaviot	20
4.1.5	Tehtävät	20
4.2	Sisällön muokkaaminen palautteen pohjalta	22
<b>5</b>	<b>Kehittämistuotoksen arviointi</b>	<b>24</b>
5.1	Arvioinnin tavoitteet	24
5.1.1	Toimijuus ja optimaaliset oppimisen hetket	24
5.2	Arvioinnin tutkimuskysymykset	25
5.3	Tulokset	26
5.3.1	Erot toimijuuteen ja optimaalisen oppimisen hetkiin liittyvässä tutkimuskyselyssä tutkimustutoriaalin ja tavallisen tutoriaalin tekijöillä	26
5.3.2	Piste-erot paperikromatografiaan liittyvissä ViLLE-tehtävissä tutkimustutoriaaliin ja tavallisen tutoriaaliin vastanneiden välillä	29
<b>6</b>	<b>Johtopäätökset ja pohdinta</b>	<b>32</b>
	<b>Lähteet</b>	<b>37</b>
	<b>Liitteet</b>	<b>39</b>

<b>Liite 1. Toimijuuteen liittyvä kysely ViLLEssä</b>	<b>39</b>
<b>Liite 2. Tavallinen tutoriaali</b>	<b>40</b>
<b>Liite 3. Tutkimustutoriaalin 3. sivu, aiheena paperikromatografia</b>	<b>47</b>

# 1 Johdanto

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa laaja-alaisen osaamisen tavoite L5 tieto- ja viestintäteknologinen (tv) osaaminen luonnehtii näiden taitojen olevan oppimisen kohde ja väline (Opetushallitus, 2014). Tvt-taidot ovat oppimisen kohteena, kun harjoitellaan näppäintaitoja, uusien ohjelmistojen käyttöä sekä tiedostojen tallentamista ja jakamista (Tanhua-Piironen ym., 2025). Riittävien tv-taitojen avulla niitä pystytään käyttämään myös oppimisen välineenä. Tällöin oppimisen kohteena voi olla esimerkiksi jonkin tietyn oppiaineen sisältöalue, ja tv-taitoja käytetään keinona saavuttaa opetuksen tavoitteet kyseisessä oppiaineessa.

Kasvatuksen, opetuksen ja koulutuksen digitalisaation tavoitteena on mahdollistaa laadukas oppiminen yhdenvertaisesti ja vähentää alueellista eriarvoisuutta opetuksessa (Opetus- ja kulttuuriministeriö, 2023). Jotta koulut eivät jäisi yksin ja yhdenvertainen pedagogiikka toteutuisi myös digitaalisten taitojen osalta, Kuopiossa on kehitetty Digitaalikalenteri, johon on koottu kaikki digitaalisen osaamisen kuvaukset käytännön ohjeiksi aina varhaiskasvatuksesta yläkouluun saakka (*Digitaitokalenteri*, 2025).

Opetus- ja kulttuuriministeriön kasvatuksen ja koulutuksen digitalisaation linjausten visiossa linjataan, että Suomi on maailman johtava kestävä digitalisaation kehittäjä ja hyödyntäjä kasvatuksessa, opetuksessa ja koulutuksessa vuonna 2027 (Opetus- ja kulttuuriministeriö, 2023). Jotta tähän päästäisiin, tarvitaan määrätietoisia toimia. Digitaalisten taitojen oppimisen tulee kulkea jatkumona koko oppimispolun ajan ja henkilöstön digitaalisen osaamisen kouluttaminen tulee olla suunnitelmallista. Lisäksi tarvitaan riittävät resurssit ylläpitämään verkkoyhteyksiä ja laitteita, jotka mahdollistavat pedagogisesti perusteltujen digitaalisten toimintaympäristöjen käytön. (Opetus- ja kulttuuriministeriö, 2023)

ViLLE on yksi esimerkki digitaalisesta toimintaympäristöstä. Se on oppimisjärjestelmä, joka tarjoaa oppilaalle välitöntä palautetta suoriutumisestaan sekä mahdollisuuden edetä omassa tahdissaan paikasta riippumatta. Opettaja pystyy seuraamaan oppilaidensa etenemistä ja suoriutumista oppimisanalytiikan avulla ja tarjoamaan luokkahuoneessa tukensa sitä eniten tarvitseville. ViLLE on tutkimusperustainen järjestelmä, mikä tarkoittaa, että sen avulla tehdään tutkimusta oppimisesta ja järjestelmää kehitetään tutkimustulosten perusteella. Tämän ansiosta ViLLE:n materiaali pohjautuu jatkuvasti opetusalan uusimpiin tutkimustuloksiin.

Turun yliopisto ja Oppimisanalytiikan tutkimusinstituutti ovat rakentaneet ViLLEen opintopolkuja, jotka ovat opettajien kanssa yhteistyössä kehitettyjä valmiita opetusmateriaaleja. Aikaisemmin on kehitetty opintopolut esimerkiksi matematiikasta ja ohjelmoinnista. Tällä hetkellä on käynnissä Kemian ja fysiikan opintopolut –projekti, jonka kemian osuus on kokonaan valmistunut ja fysiikan materiaalien julkaiseminen käynnistyy lukuvuonna 2026–2027 alkaen 7. luokan materiaaleista. Opintopolku otetaan käyttöön lisämateriaalina osaksi opetusta, jolloin opetuksesta tulee monipuolisempaa. Opettaja pystyy itse muokkaamaan tehtäviä ja vaihtamaan materiaalin järjestystä omaan opetukseensa sopivaksi. ViLLEssä tv-taitoja käytetään oppimisen välineenä, ja oppimisen kohteena ovat kemian opintopolun tapauksessa kemian sisältöalueet.

ViLLEen on luotu yläkoulun kemian 8. ja 9. luokan materiaalit jo aiemmin, ja 7. luokan materiaalit tehtiin syksyllä 2025. Kemian opintopolku sisältää tutoriaali- ja harjoitustehtäväkierroksia. Tutoriaalikierroksella on oppimateriaalia, jonka avulla oppilas pystyy tutustumaan käsiteltävään aiheeseen. Aineistojen väleissä on osaamista mittaavia tehtäviä, jotka automaattitarkastuksen avulla antavat reaaliaikaista palautetta oppilaalle hänen osaamisestaan. Tutoriaalın tarkoitus on siis opettaa uutta asiaa oppilaalle.

Harjoitustehtäväkierroksien luonne on enemmänkin kertaava, ja niiden tarkoitus on vahvistaa ja syventää osaamista. Ne ajavat samaa asiaa kuin oppikirjassa kappaleen lopussa olevat tehtävät. Ne ovat osa opintopolkua, mutta tämän tutkielman mielenkiinto ei kohdistu näihin.

Tutoriaalikierroksia voi olla kahdenlaisia: tutkimustutoriaaleja ja tavallisia tutoriaaleja. Ero piilee työskentelytavoissa, sillä tutkimustutoriaaliksi kutsutaan tutoriaalia, joka sisältää oppilastyön, jossa oppilas toteuttaa “hands on” -työn luokkahuoneessa fyysisillä tutkimusvälineillä ja –kemikaaleilla. Tavallisessa tutoriaalissa oppilastyö on korvattu esimerkiksi videolla. Tämän tutkielman tavoitteena on tuottaa tutkimustutoriaali ja sitä vastaava tavallinen tutoriaali 7. luokkalaisille aiheesta erotusmenetelmät osaksi yläkoulun kemian opintopolkua ViLLEssä.

Kemialle oppiaineena on tyypillistä kokeellinen työskentely, eikä sitä sivuuteta materiaalissa. Sähköisellä alustalla olevat tutoriaalit voivat monipuolistaa ja laajentaa kokeellisuuden huomiointia. Oppilas pystyy tekemään itse kokeellisia töitä ViLLEn työohjeiden avulla, ja myös katsomaan videoituja demonstraatioita. Näillä molemmilla on omat hyvät puolensa mutta myös heikkoutensa.

Kun tutoriaali sisältää kokeellisen oppilastyön, sitä kutsutaan tutkimustutoriaaliksi. Kokeellisen työn aikana pystytään tarjoamaan oppilaalle työskentelyyn liittyviä tehtäviä. Tällöin voidaan jo työn aikana varmistaa, että oppilas ymmärtää mitä tekee ja miksi. Silloin ei tarvitse erikseen kirjoittaa työn tuloksia vihkoon tai tulostaa erillistä työohjetta ja siihen liittyvää yksinkertaista työselostusmonistetta jokaiselle työskentelyparille, vaan kaikki tallentuu sähköisesti. Myös koulusta poissaolevat oppilaat pystyvät perehtymään kokeelliseen osioon, sillä tutkimustutoriaalin rinnalle luodaan aina vaihtoehtoinen tavallinen tutoriaali, jossa kokeellinen osuus käsitellään videolla tai vastaavalla.

Videoitu demonstraatio voidaan editoida, eli videota voi tarpeen mukaan esimerkiksi nopeuttaa, lyhentää ja siitä voi leikata osia pois. Tällöin mahdollistuu aikaa vievienkin demonstraatioiden näyttäminen. Videolla on mahdollista ohjata oppilasta kiinnittämään huomio oikeaan asiaan esimerkiksi nuolien ja tekstien avulla. Kameralle saadaan tallennettua myös pienet ja yksityiskohtaiset tapahtumat, jotka luokahuoneessa saattaisivat näkyä huonosti. Toisinaan luokahuoneessa pidetty demonstraatio epäonnistuu, kun taas videolla näkyy varmasti toimiva koe.

Sähköisten laitteiden käyttö laboratorioluokassa on toisaalta myös turvallisuuskysymys. Kemian luonteen vuoksi luokassa tulee arvioida erityisesti kokeelliseen työskentelyyn liittyviä vaaranpaikkoja. Jos esimerkiksi käsitellään nestemäisiä aineita, on mahdollista, että joku kaataa astian ja neste valuu pöydälle. Silloin sähkölaitteet voivat kastua ja mennä helposti rikki.

Opettajan luokassa tekemissä demonstraatioissa aistit välittyvät aidompina. Mahdollisia hajuja ja ääniä ei voi aistia videolta, sillä kemian opintopolun ViLLEssä käytetyt videot ovat mykistettyjä, jotta oppilas ei tarvitse kuulokkeita ViLLE-työskentelyn ajaksi. Aistihavaintojen puutteen takia paikan päällä tehty demonstraatio voisi olla vaikuttavampi.

Tutoriaali sisältää paljon ViLLEn automaattisesti tarkistettavia tehtäviä, sillä niiden tehtävä on antaa oppilaalle palautetta, tehdä etenemisestä näkyvää ja tarjota onnistumisia. Samalla opettaja pystyy tukemaan eniten apua tarvitsevia, seuraamaan oppilaidensa edistymisestä sekä arvioimaan heidän osaamistaan. ViLLE-oppimisympäristö sisältää monia valmiita tehtävätyyppejä kuten monivalinta-, yhdistely- ja järjestelytehtäviä. Osassa tehtäviä voidaan hyödyntää myös kuvia.

## 2 Kehittämistutkimus

### 2.1 Kehittämistutkimus menetelmänä

Tutkimusmenetelmänä käytettiin kehittämistutkimusta, jossa toteutettiin yksi kehittämissykli. Pernaan mukaan kehittämistutkimus sisältää teoreettisen ja empiirisen ongelma-analyysin, kehittämisvaiheen ja raportoinnin. Tässä tutkielmassa kehittämisvaihe sisälsi myös palautekierroksen. Pro gradu toimii kehittämistutkimuksen raporttina eli kehittämiskuvauksena. Siihen kuuluu tavoitteen ja kontekstin esittely, yksityiskohtainen kehittämisvaiheen kuvaus syklinen rakenne huomioiden ja pohdinta jatkokehittämisen näkökulmasta. (Pernaa & Aksela, 2013)

Kehittämistutkimuksen yhtenä tavoitteena on luoda konkreettinen kehittämistuotos eli artefakti (Pernaa & Aksela, 2013). Tässä pro gradu -tutkielman tuotoksena saatiin kaksi toisilleen vaihtoehtoista ViLLE-tutoriaalia osaksi yläkoulun kemian opintopolkua. Tästä Turun yliopiston projektista, ViLLE-ympäristöstä ja tutoriaaleista kerrotaan tarkemmin luvussa 1.

Kehittämistutkimukselle tyypillinen syklinen luonne tekee tutkimusmenetelmästä tieteellisesti pätevän ja luotettavan. Kehittäminen sisältää lukuisia kehittämispäätöksiä, jotka tehdään jatkuvaan arviointiin pohjautuen. Kukin päätös tehdään tietoisena sen hyödyistä ja mahdollisista haittapuolista. (Pernaa & Aksela, 2013)

Monesti opetuksen suunnittelijat eli he, jotka kehittävät materiaaleja ja päivittävät opetussuunnitelmaa, nähdään erillisenä joukkona heistä, jotka käytännössä opetusta toteuttavat eli työskentelevät opettajina (Juuti & Lavonen, 2004). Yläkoulun kemian opintopolkua luovat henkilöt tekevät näistä molempia eli kehittämistyön lisäksi he opettavat viikoittain, mikä on siis poikkeuksellista. Silloin vältetään tilanne, jossa suunnittelijat irtaantuisivat käytännön kentältä ja suunnittelisivat materiaalia, joka ei vastaa todellisen opetus- ja oppimiskäytön tarpeisiin. Opettajina ja kehittämistutkijoina he pystyvät itse tekemään tuotoksen formatiivista arviointia ja siihen pohjautuvaa kehittämistyötä, sillä suunnittelu, testaus ja kehittäminen vuorottelevat heidän työssään.

### 2.2 Tutkimuksen eettisyys

Tutkimus toteutettiin hyviä tieteellisiä käytäntöjä noudattaen, jotka Tutkimuseettisen neuvottelukunnan (2023) mukaan nojaavat seuraaviin peruseriaatteisiin: luotettavuus,

rehellisyys, arvostus ja vastuunkanto. Seuraavaksi esitellään perustellen piirre jokaisesta peruseriaatteesta tämän tutkimuksen kontekstissa.

Tässä tutkielmassa kuvattu tutkimus on toteutettu huolellisesti, tarkasti ja tieteelliselle tiedolle ominaisella tavalla. Kehittämistuotoksen teossa käytettiin kehittämistutkimuksen periaatteita ja kvantitatiivisessa tulosten analysoinnissa kiinnitettiin erityistä huomiota datan huolelliseen käsittelyyn. Nämä lisäävät hyvän tieteellisen käytännön peruseriaatteista luotettavuutta.

Tutkimukseen osallistuville opettajille on kerrottu vastausten tutkimuskäytöstä, kun he ovat ilmoittautuneet yläkoulun kemian opintopolun pilotointiin. Lisäksi tutkimuslupa on haettu jokaisesta tutkimukseen osallistuvasta kunnasta erikseen. Avoin viestintä materiaalin tutkimustarkoituksesta ottaa huomioon hyvän tieteellisen käytännön peruseriaatteista rehellisyyden.

Hyvän tieteellisen käytännön peruseriaatteista vastuunkanto näkyy esimerkiksi aineiston vastuullisessa henkilötietokäsittelyssä. Koska tutkimuksen kannalta oli mahdollista, tutkimuksessa käytettyjä tuloksia käsiteltiin anonymisti, eli tutoriaaleja käyttäneitä opettajia tai kysymyksiin vastanneita oppilaita ei voitu tunnistaa, sillä heille oli luotu yksilölliset ID-koodit, joiden avulla aineistoa käsiteltiin. ID-koodit mahdollistivat opettajien ja oppilaiden lukumäärän laskemisen selvittämättä henkilötietoja.

Tässä tutkielmassa ja siihen liittyvissä julkaisuissa noudatetaan asianmukaista viittaustapaa muihin julkaisuihin tiedeyhteisöä kunnioittavalla tavalla. Hyvän tieteellisen käytännön peruseriaatteiden kannalta tämä kytkeytyy arvostukseen kollegoita ja tieteellisen toiminnan osapuolia kohtaan.

### **2.3 Kehittämistutkimusta ohjaavat kysymykset**

Seuraavaksi esitellään kehittämistutkimusta ohjaavat kysymykset, joihin haettiin vastauksia tutkimuksen eri vaiheissa. Teoreettisen ongelma-analyysin avulla selvitettiin, millaisia tislaukseen liittyviä virhekäsityksiä on tunnistettu aiemmissa tutkimuksissa. Empiirisessä ongelma-analyysissa tarkasteltiin, mitä erotusmenetelmiä mainitaan ja missä laajuudessa niitä käsitellään yläkoulun kemian oppikirjoissa. Kehittämiskuvauksen aikana pohdittiin, mitä asioita tulee ottaa huomioon suunniteltaessa tutoriaalia erotusmenetelmistä. Ohjaava kysymys kiteytyi seuraavasti: Kun suunnitellaan yläkoulun digitaalista oppimateriaalia erotusmenetelmistä, mitä erotusmenetelmiä tulisi käsitellä ja millä tavalla sekä mitä muita seikkoja on syytä huomioida yhtenäisen ja toimivan tutoriaalain aikaansaamiseksi? Tässä

tutkimuksessa kehittämistuotosta arvioidaan vertailemalla tutkimustutoriaalin ja tavallisen tutoriaalin tekijöiden toimijuuden kokemuksia sekä suoriutumista tehtävissä.

## 3 Ongelma-analyysi

### 3.1 Teoreettinen ongelma-analyysi

Ennen tutoriaalien tuottamista tutustuttiin aiempiin tutkimuksiin liittyen erotusmenetelmiin. Tarkoituksena oli löytää niissä ilmenneitä virhekäsityksiä ja välttää vahvistamista niitä tutoriaalien materiaalin avulla. Tässä luvussa kerrotaan tislaukseen liittyvistä virhekäsityksistä, ja kuinka niiden vahvistamista yritettiin tutoriaalin avulla estää.

Tutkijat Güven & Uyulgan (2021) ovat löytäneet tislaukseen liittyviä virhekäsityksiä ensimmäisen vuoden luokanopettajaopiskelijoilta. Tutkimuksen avulla etsittiin opiskelijoiden näkemyksiä tislauksokeesta kemian kolmella eri tasolla: makroskooppisella, sub-mikroskooppisella ja symbolisella tasolla. Tuloksena havaittiin osaamisen riittämättömyyttä erityisesti sub-mikroskooppisella eli molekyyalitasolla. Kaikki opiskelijat eivät osanneet piirtää molekyyalitasoon kuvaa asetonin ja veden liuoksesta, eivätkä kaasusta, joka virtaa jäähdyttimen läpi. Huomionarvoista on, että tilauksessa jäähdyttimen läpi kulkeutuu myös ylemmän kiehumispisteen omaavaa ainetta, vaikka lämpötila ei ole saavuttanut vielä kyseisen aineen kiehumispistettä. Toisin sanoen tislauksella ei erota aineita täysin puhtaiksi aineiksi erilleen. (Güven & Uyulgan, 2021)

Tislaukseen liittyvistä virhekäsityksistä oppilailla ja opettajilla kerrotaan myös Abels ym. (2023) tekemässä tutkimuksessa. Siinä todetaan esimerkiksi, että seoksen kiehuessa lämpötila ei pysy täysin vakiona, toisin kuin puhtaalla aineella. Tällaista virhekäsitystä esiintyy sekä oppilailla että opettajilla. Tislauksessa käytetty seos ei ala kiehua tarkalleen silloin, kun lämpötila saavuttaa alemman kiehumispisteen, vaan tislauksessa käytettyjen aineiden seoksen suhde vaikuttaa kiehumislämpötilaan, esimerkiksi 20 m-% vesi-etanoliliuos kiehuu lämpötilassa 86 °C, kun taas 10 m-% seos kiehuu vasta lämpötilassa 90 °C. Monet oppikirjat havainnollistavat tislauksella vesi-etanoliliuoksen avulla niin, että tislauksen alettua vain etanolia valuu keräysastiaan. Todellisuudessa kuitenkin myös vettä höyrystyy keräysastiaan. Jos esimerkiksi alussa on 10 m-% vesi-etanoliliuosta, ensimmäinenkin tislautuva pisara sisältää vain 60 m-% etanolia. (Abels ym., 2023)

Alun perin ViLLEen oli ajatuksena tehdä tehtävä, jossa molekyyliä raahattaisiin oikeisiin kohtiin tislaukselaitteistoa. Käytännössä siis asetonin kiehumispisteen lämpötilassa pitäisi raahata asetonimolekyyli jäähdyttimen ja keräysastian kohdalle ja vesimolekyyli tislauksolviin. Tällainen tehtävä saattaisi kuitenkin virheellisesti vahvistaa oppilaiden

käsitystä siitä, että tislaamalla aineet saataisiin 100 % puhtaudella erilleen toisistaan, joten aiempiin tutkimuksiin vedoten ajatuksesta luovuttiin.

## 3.2 Empiirinen ongelma-analyysi

Empiirisessä ongelma-analyysissä eli tarveanalyysissä tarkennettiin tutoriaalain aihetta. Koska tutoriaalissa ei olisi mielekäästä käsitellä kaikkia mahdollisia erotusmenetelmiä, erotusmenetelmien esiintyvyyteen tutustuttiin oppikirja-analyysin avulla. Tutustuttiin yleisimpien oppikirjavalmistajien sisältöihin erotusmenetelmistä. Tarkastelun kohteena olivat Otavan Titaani Kemia 7–9, SanomaPron FyKe ja Ilmiö 7–9 Kemia, e-Opin Vihreä kemia ja Studeon Yläkoulun kemia. Näiden viiden kirjan sähköisistä versioista tarkasteltiin monipuolisesti materiaalin eri elementtejä kuten kuvia, tekstejä ja videoita.

### 3.2.1 Oppikirja-analyysi

Titaani-kirja sisältää monia erotusmenetelmiä. Uuttamisen yhteydessä on kuva myös erotussupilon käytöstä neste-neste-uutossa. Suodatus ja dekantointi esitellään samassa kappaleessa, linkouksen kanssa samassa kappaleessa käsitellään sentrifugointi. Tislausta havainnollistetaan välineistökuvan ja videon avulla, haihdutuksen yhteydessä on useita valokuvia. Kromatografiaa esitellään paperikromatografian kautta. Sublimoinnista on demonstraatiovideo, mutta erotusmenetelmää selittävä puhe tai teksti puuttuu.

Yhteenvetotaulukossa (taulukko 2) arvon 2 saivat ne erotusmenetelmät, jotka oli korostettu tekstistä siten, että viemällä hiiren niiden päälle näkyviin tuli erotusmenetelmän nimi myös englanniksi ja selityslaatikko.

FyKe 7–9 Kemia keskittyy erityisesti neljään erotusmenetelmään: suodatus, uutto, tislaus ja haihdutus. Näistä menetelmistä on useita esimerkkejä, kuvia, tekstejä ja erotuskaavioita. Muista menetelmistä kerrotaan vähemmän, esim. saostaminen mainitaan jäteveden puhdistusmenetelmänä mutta tarkempaa kuvausta menetelmästä ei anneta. Myös siivilöinnistä puhutaan jäteveden puhdistuksen yhteydessä. Linkoaminen mainitaan tuoremehun valmistuksessa. Kerrotaan myös, että aineita voidaan erottaa erityisominaisuuksien avulla, kuten rauta magneettisuuden avulla. Uudelleen kiteytyminen esitellään ruokasuolan valmistuksessa.

Ilmiö-kirja nostaa tärkeiksi erotusmenetelmiksi suodatuksen, haihdutuksen, tislauksen, uuton ja kromatografian. Siivilöinti käsitetään osaksi suodatusta. Näiden lisäksi kirjassa kerrotaan uudelleen kiteytyksestä, sentrifugoinnista ja linkouksesta.

E-Opin Vihreä kemia -kirjassa on panostettu videoihin, joita on suodatuksesta, haihdutuksesta, tislauksesta ja paperikromatografiasta. Uutosta kerrotaan kahvin ja teen valmistuksen kautta. Erotussuppilosta on valokuva, jonka kuvatekstissä kerrotaan, että erotussuppilolla voidaan erottaa kaksi nestefaasia toisistaan, mutta tätä ei kuitenkaan käsitellä neste-nesteuuttuna. Kappaleen yhteenvetotaulukkoon on koottu myös sellaisia erotusmenetelmiä, jotka mainitaan vain kyseisessä taulukossa kuten sihtaus ja saostaminen. Linkous ja sentrifugointi mainitaan tekstissä, mutta näistä ei ole kuvaa.

Studeon kirjassa Yläkoulun kemia on laajat alaluvut suodatuksesta, haihdutuksesta, tislauksesta ja uutosta. Siivilöinti mainitaan, kun roskat erotellaan marjoista. Materiaali sisältää kaavion, jossa erilaisia erotusmenetelmiä on luokiteltu kolmeen joukkoon. Kaaviossa mainitaan esimerkiksi dekantointi, kiteytys ja magneetin avulla erottaminen, joista ei kerrota lisää tekstissä. Oppimateriaalin lisätieto-osiossa kerrotaan kromatografisista menetelmistä ja siellä on kuva kaasukromatografista.

### 3.2.2 Yhteenveto

Tulokset esitetään taulukossa 1, jossa näkyy pystyrivillä kaikki kyseisistä kirjoista löytyneet erotusmenetelmät ja vaakarivillä oppikirja, jossa se on mainittu. Koska erotusmenetelmistä kerrotaan keskenään hyvin eri verran, muodostettiin taulukkoon laajuutta kuvaava lukuarvo. Erotusmenetelmän saa arvon 2, jos menetelmä opetetaan kattavasti ja monipuolisesti useiden eri esimerkkien ja kuvien sekä mahdollisesti videon avulla. Taulukossa on luku 1, mikäli erotusmenetelmä vain mainitaan tai selitys on muuten suppea. Hyvin samantyyppisiä erotusmenetelmiä on yhdistetty samaan kategoriaan. Esimerkiksi sihtaus ja siivilöinti luokitellaan samaksi erotusmenetelmäksi. Sihtaus mainitaan e-Opin Vihreä kemia -kirjassa ja sillä tarkoitetaan siivilöinnin kaltaista hiukkaskokoon perustuvaa erottamista, vaikka sihtaus tarkoittaa suomen kielessä myös tähtäämistä. Myös sanamuodoltaan erilaiset mutta käytännössä samaa tarkoittavat erotusmenetelmät luettiin samaksi menetelmäksi kuten uutto ja uutaminen.

Taulukko 1 Yhteenveto oppikirja-analyysistä.

	Titaani Kemia 7–9 (Otava)	FyKe 7–9 Kemia (Sanomapro)	Ilmiö 7–9 Kemia (Sanomapro)	Vihreä kemia (e-Oppi)	Yläkoulun kemia (Studeo)
suodatus	2	2	2	2	2
uutto	2	2	2	1	2
haihdutus	2	2	2	2	2
tislaus	2	2	2	2	2
kromatografia	2		2	2	(2)
siivilöinti/sihtaus		1	1*	1	2
sentrifugointi	1		1	1	1
linkous	1	1	1	1	
saostaminen		1		1	
dekantointi	2				1
uudelleen-kiteytys		1	1		1
sublimointi	1				1
magneettisuus		1			1

2=laajempi selitys sisältäen kuvan tai videon

1=pelkkä maininta tai suppea selitys

\*=yhdistetty suodatuksen kanssa

( )=lisätieto-osiossa

Tarkastelun myötä huomataan vaihtelua oppikirjasarjojen välillä. Esiteltävät erotusmenetelmät ja niiden käsittelylaajuus erosivat kirjasarjojen välillä. Kirjoissa Titaani Kemia 7–9, FyKe 7–9 Kemia, Ilmiö 7–9 Kemia ja Vihreä kemia mainitaan jokaisessa yhdeksän erotusmenetelmää, mutta osa on keskenään kuitenkin eri menetelmiä. Esimerkiksi sentrifugointi mainitaan Ilmiö 7–9 Kemiassa ja Vihreässä kemiassa, kun taas saostamisesta erotusmenetelmänä kerrotaan FyKe 7–9 Kemiassa ja Vihreässä kemiassa. Studeon Yläkoulun kemia –kirjassa mainitaan peräti 11 eri erotusmenetelmää, mutta niistä viittä käsitellään vain suppeasti pelkkänä mainintana. Kun tarkastellaan kaikkia kirjoja, erotusmenetelmiä mainitaan yhteensä 13 erilaista.

Vähiten käsiteltäviä erotusmenetelmiä ovat saostaminen, dekantointi, sublimointi ja magneettisuuteen perustuva erottaminen, joista kukin mainitaan vain kahdessa kirjassa ja käsittely on pääsääntöisesti suppeaa, eli taulukossa tätä kuvaa merkintä 1.

Kaikissa tarkastelluissa oppikirjoissa mainitaan suodatus, uutto, haihdutus ja tislauk, ja niiden käsittely on pääasiassa laajaa eli taulukossa merkintä 2. Tästä syystä nämä valitaan käsiteltäviksi aiheiksi tutoriaaliin. Tutoriaalissa käsitellään myös kromatografiaa, sillä se on hyvin merkittävä menetelmä kemian alalla ja sitä käsitellään laajasti kaikissa kirjoissa, joissa se mainitaan.

## 4 Kehittämiskuvaus

Alaluvussa 4.1 Sisällöntuotanto esitellään kehittämistuotoksen ensimmäisen version laatimista elementti kerrallaan. Tuotos rakentuu monipuolisesti erilaisista elementeistä, jotta saadaan aikaan vaihteleva, loogisesti etenevä ja pedagogisesti järkevä kokonaisuus.

Alaluvussa 4.2 kerrotaan, mitä muutoksia palautteiden perusteella tehtiin.

### 4.1 Sisällöntuotanto

#### 4.1.1 Tekstit

ViLLE-materiaalin tekstimuotoinen opetusmateriaali muotoiltiin vastaavalla tavalla kuin aikaisemmin tuotetuissa tutoriaaleissa, ja sen sisällöstä vastasi tämän tutkimuksen tekijä. Opetustekstit aseteltiin infolaatikoihin. Teksteistä pyrittiin tekemään tiiviit, jotta materiaalin vaihtelevuus ei kärsisi. Tekstilaatikoihin laitettiin erotusmenetelmiin liittyvän tiedon ydinasia ja mahdollisesti jokin esimerkki. Kuvassa 1 on esimerkki suodatuksen ja haihdutuksen yhteydessä olevasta tekstistä.

i

## Suodatus ja haihdutus

**Suodatus** erottaa kiinteän aineen nesteestä tai kaasusta. Esimerkiksi pölynimureissa on suodatin, joka kerää pölyä, jotta moottoriin ei kulkeutuisi liikaa.

**Haihdutus** erottaa toisistaan liunneen aineen ja liuottimen. Haihdutuksesta puhutaan myös silloin, kun nestettä poistetaan haihduttamalla kosteutta. Esimerkiksi kuivatut hedelmät valmistetaan haihduttamalla vesi pois.

Kuva 1. Esimerkki tutoriaalisen tekstistä.

Materiaalin käyttäjää neuvotaan ohjetekstien avulla, kuten *katso video* tai *tee tehtävä*. Niiden tarkoitus on helpottaa tutoriaalissa etenemistä.

Tutkimustutoriaalissa oppilastyön ohje on tekstimuodossa. Alussa mainitaan, että alkaa kokeellinen tutkimus, ja kehoitetaan käyttämään asianmukaisia suojavarusteita. Työn nimi on Paperikromatografiaa tusseilla, ja ohjeessa kerrotaan millä välineillä ja miten tutkimus suoritetaan. Tekstin tueksi mukana on myös valokuva, jossa näkyy tussipisteillä valmisteltu suodatinpaperi keitinlasissa, jossa on hieman vettä.

#### 4.1.2 Kuvat

Erotusmenetelmät-tutoriaaliin liitettiin kolme kuvaa, joiden rooli on lähinnä kuvittaa materiaalia. Kuvat tuotettiin tekoälyn avulla ja tästä vastasi kemian opintopolun muiden osien tekijä.

Tutoriaalin etusivulla olevassa piirroskuvassa on kemian työvälineitä ja värikkäitä liuoksia. Sen rooli on visuaalinen, eikä se tuo juurikaan lisäarvoa opittavan asian ymmärtämiseen, vaikka osassa astioista on ikään kuin erottuneena erivärisiä nestefaaseja. Kuvan tehtävä on pitää yllä kiinnostusta tutoriaalin tekemiseen.

Kaksi muuta kuvaa ovat suodatuksen ja haihdutuksen yhteydessä (kuva 2). Ensimmäisessä kuvassa on ihminen, jolla on kasvomaski päällä ja taustalla näkyy pölyä sekä muita hengitysilman epäpuhtauksia. Toisessa kuvassa vettä valuttavat pyykki ovat kuivumassa ulkona pyykkinarulla.



Kuva 2. Tekoälyavusteisesti tuotetut kuvat suodatuksen ja haihdutuksen yhteydessä.

Nämä kuvat ovat juuri ennen lauseenrakennustehtävää, jossa on tilanteisiin liittyvät lauseet (kuva 3). Tehtävässä oppilaan tulee järjestää seuraavien lauseiden sanat oikeaan järjestykseen.



Kuva 3. Kuvan 2 tilanteisiin liittyvät lauseet lauseenrakennustehtävänä.

Kun samasta asiasta esitetään sekä teksti että kuva, materiaalista tulee monipuolisempi. Lisäksi usean representaation käytöllä on monia oppilaita hyödyttäviä vaikutuksia, sillä se esimerkiksi lisää oppilaan käsitteellistä ymmärrystä (Permatasari et al., 2022). Kuvissa ja teksteissä esiintyvät arkiset esimerkit myös tuovat erotusmenetelmiä lähemmäs oppilaan kokemusmaailmaa.

### 4.1.3 Videot

Tislaukseen, uuttoon ja paperikromatografiaan liittyvät laboratoriotyöt videoitiin Turun yliopistolla. Videot editoitiin, niitä esimerkiksi lyhennettiin, nopeutettiin ja päälle lisättiin tekstejä. Jotta videoista saataisiin samantyyliiset kuin muissa tutoriaaleissa, sama henkilö editoi videot kuin muissakin tutoriaaleissa.

Tislaukseen liittyvä videomateriaali suunniteltiin demonstraatiomaiseksi. Materiaalista tehtiin kolmiosainen: ensimmäisessä videossa esitellään tislauslaitteistoon kootut välineet, toisessa valmistellaan tislauksen aloittamista ja kolmannessa aloitetaan lämmitys ja seurataan nesteiden erottumista.

Tislauslaitteisto ei tyypillisesti ole 7.-luokkalaisille kovinkaan tuttu, ja siihen liittyvistä työvälineistäkin osa saattaa olla vieraampia. Tämän takia videolla tislauslaitteistoa kuvataan sivulta ja kunkin osan vieraan ilmestyy yksitellen kyseisen osan nimi. Video siis kertoo, miltä esimerkiksi lämpöhaude tai vesijäähdytin näyttävät ja millainen laitteisto tislaukseen tarvitaan. Kuvassa 4 on ruudunkaappaus ViLLEstä, jossa näkyy, miltä teksti, ohjeistusteksti ja upotettu video näyttävät kokonaisuutena.

i

## Tislaus

Tislaus on erotusmenetelmä, joka perustuu aineiden erilaisiin kiehumispisteisiin. Esimerkiksi raakaöljystä erotetaan bensiiniä ja muita polttoaineita tislauksen avulla.

Katso video **Tislauslaitteisto**.



Kuva 4. Tislaukseen liittyvä johdanto tekstinä, jonka perään ensimmäinen tislaukseen liittyvä video upotettuna VILLEen.

Keskimmäinen video on käytännönläheinen. Siinä esitellään toimenpiteet, jotka tulee tehdä ennen lämmityksen aloittamista. Tällaisia ovat esimerkiksi seoksen ja kiehumakivien lisääminen tislaukcolviin, lämpömittarin asennus ja vesikierron kytkeminen päälle. Kukin työvaihe ilmaistaan myös sanallisesti.

Viimeisessä videossa lämpöhaude kytketään päälle. Lämpömittari näytetään lähikuvissa, kun lämpötila on noussut asetonin kiehumispisteeseen. Videoon lisätyn nuolen avulla oppilaan huomio suunnataan oikeaan kohtaan, kun seos alkaa kiehumaan. Myös tisleen valumista keitinlasiin kuvataan lähietäisyydeltä. Lopuksi videolla näkyy keitinlasin vaihto ja sen jälkeen veden tislautuminen samaan tapaan kuin asetonin.

Uuttoon liittyvä video käsittelee teen valmistamista. Siinä kuumaan veteen lasketaan teepussi, jolloin nähdään, kun väriaineet alkavat liuota veteen.

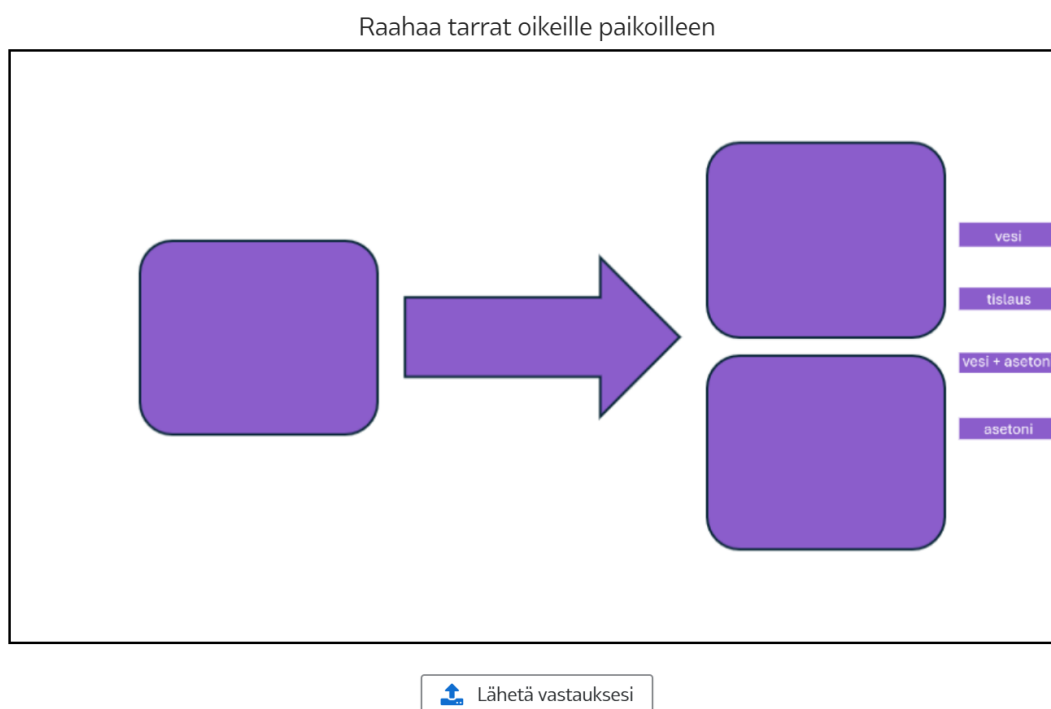
Paperikromatografiaan liittyvä laboratorio työ on tutkimustutoriaalissa oppilastyönä, mutta tavallista tutoriaalia varten tehtiin sitä vastaava demonstraatiovideo. Videolla vesiliukoisilla tusseilla merkitään pienet pisteet valkoisen suorakaiteen muotoisen suodatinpaperin alareunaan. Sen jälkeen paperi asetetaan keitinlasiin, jonka pohjalla on veden ja asetonin seosta. Ajoliuos kuljettaa värejä ylöspäin, jolloin ne myös erottuvat. Videolta nähdään

selvästi, että vihreästä erottuu sinistä, keltainen jää muita alemmas ja ruskea erottui eri väreiksi.

#### 4.1.4 Kaaviot

Erotuskaavio on luonteva tapa kuvata erotusmenetelmän käyttöä, ja tämän takia materiaalia tehtiin myös erotuskaavioista. Niiden pohjaväriksi valittiin muuallakin materiaalissa esiintynyt violetti, jotta ne olisivat myös visuaaliselta ilmeeltään materiaaliin sopivat.

Ensimmäisessä versiossa erotuskaavio esiteltiin materiaalin loppupuolella uuton yhteydessä, sillä siihen kohtaan suunniteltiin tehtävä, jossa piti rakentaa erotuskaavio valmiiseen pohjaan annetuista sanoista. Erotuskaavio ilmensi teen valmistusta ja sisälsi kaksi eri erotusmenetelmää, uuton ja suodatuksen. Myös kertausosioon laadittiin vastaava tehtävä, mutta siinä erotusmenetelmiä oli vain yksi, tislaukset (kuvassa 5).



Kuva 5 Tislaukseen liittyvä erotuskaavion täydentäminen

#### 4.1.5 Tehtävät

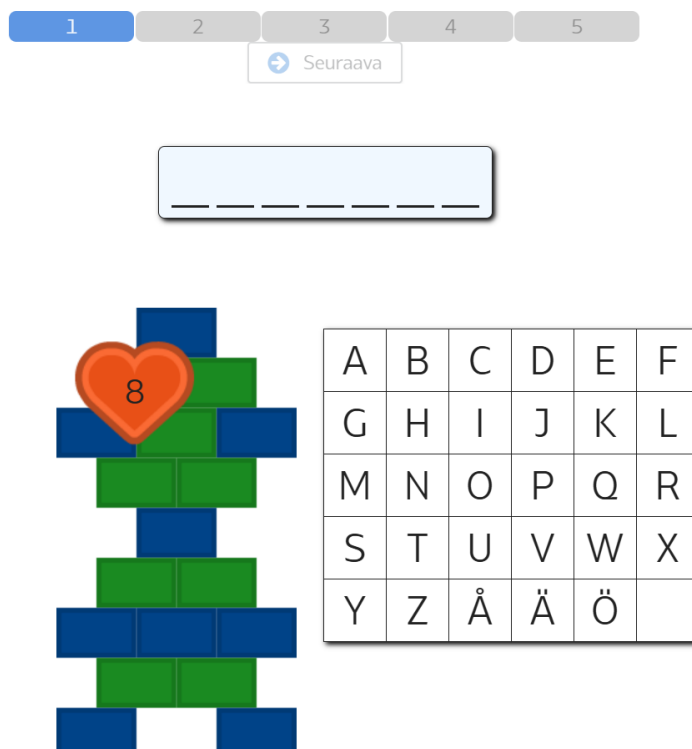
ViLLE-ympäristön valmiista tehtävyytyypeistä tähän tutoriaaliin valittiin ViLLE-kysymystehtäviä, tarrakirjatehtäviä, järjestä jono -, yhdistä parit - ja hirsipuutehtäviä.

ViLLE-kysymystehtävät ovat monivalintatehtäviä, joissa kysymys ja vastausvaihtoehdot voivat sisältää tekstiä, numeroita ja kaavoja. Vastausvaihtoehdoista yksi tai useampi voi olla

oikein. Tarrakirjatehtävässä raahataan pieniä kuvia ison taustakuvan päälle. Tehtävää suunniteltaessa määritellään, mikä osa taustakuvasta on oikea kohta kullekin raahattavalle kuvalle. Järjestä jono -tehtävässä muodostetaan lause annetuista sanoista raahaamalla ne oikeaan järjestykseen. Tehtävän tekemistä helpottaa, kun ensimmäisen sanan ensimmäinen kirjain on kirjoitettu isolla alkukirjaimella ja viimeisen sanan lopussa on lopetusmerkki. Yhdistä parit -tehtävässä asetellaan sopivat parit vierekkäin. Tehtävää käytettiin niin, että ensimmäinen osa parista sisälsi lauseen alun ja toinen pari lauseen lopun. Oikein yhdistämällä sai aikaan järkevät lauseet. Hirsipuutehtävän ideana on arvuutella, mitä kirjaimia piilotettu sana sisältää. Piilotetusta sanasta näkyy kirjainten määrä, ja jos arvaa oikein, kyseinen kirjain ilmestyy sanaan oikeaan kohtaan. Jos kokeilee liian montaa kirjainta, jotka eivät esiinny sanassa, tehtävä epäonnistuu.

Tutoriaalit sisältävät kumpikin kuusi ViLLE-kysymystehtävää, kaksi tarrakirjatehtävää ja yhden järjestä jono -, yhdistä parit - ja hirsipuutehtävän. ViLLE-kysymystehtäviä on paperikromatografian ja tislauksen yhteydessä. Molemmat tarrakirjatehtävät koskevat erotuskaavioita, joissa oppilaan tulee raahata annetut erotusmenetelmät ja aineet oikeaan kohtaan erotuskaavion pohjaa. Tarkemmin erotuskaaviotehtävistä kerrottiin luvussa 4.1.4.

Järjestä jono -tehtävä on aiheesta suodatus ja haihdutus. Siinä lauseissa annetaan esimerkkejä tilanteista, joissa tapahtuu suodatusta tai haihdutusta. Yhdistä parit -tehtävässä yhdistetään lauseen alku- ja loppuosa, niin että lause on totta. Lauseet kertovat esimerkkejä, mitä luonnosta löytyvistä seoksista voidaan valmistaa erotusmenetelmien avulla. Hirsipuutehtävä löytyy kertaussivulta ja sanoiksi on piilotettu tutoriaalissa käsitellyt erotusmenetelmät (kuvassa 6).



Kuva 6 Esimerkki hirsipuutehtävästä

## 4.2 Sisällön muokkaaminen palautteen pohjalta

Kun ensimmäinen versio materiaalista oli saatu valmiiksi, tutoriaali lähti kommenttikierrokselle. Sitä kommentoi kaksi asiantuntijaa, jotka ovat aiemmin tuottaneet kemian opintopolun materiaaleja, ja joista toinen myös käyttää niitä omassa opetuksessaan. Kommenttien perusteella tutoriaalia hiottiin paremmaksi.

Tutoriaalin kieliasua muokattiin vastaamaan paremmin 7. luokkalaisen tarpeita ottaen huomioon, että kemian sanasto ei ole heillä vielä vahva. Esimerkiksi paperikromatografian yhteydessä puhuttiin ajoliuoksesta ilman selitystä. Koska 7. luokkalainen ei luultavasti tiedä, mikä on ajoliuos, lisättiin siihen kohtaan lyhyt määritelmä ajoliuoksesta. Eräässä tislaukseen liittyvässä monivalintatehtävässä oli vastausvaihtoehtona nesteitä kuten etyyliasettaatti, glykoli ja suolahappo, jotka ovat luultavasti oppilaille tuntemattomia aineita. Tilalle vaihdettiin oppilaille arkipäiväisempiä nesteitä kuten virvoitusjuoma, kahvi ja tee.

Paperikromatografiaan liittyviä monivalintakysymyksiä muokattiin sekä tutkimustutoriaalin että tavallisen tutoriaalin osalta. Tehtävään lisättiin tekemiseen liittyviä kysymyksiä, kuten *mihin kohtaan suodatinpaperia tusseilla tehdyt pisteet laitettiin*. Tällä varmistetaan, että oppilas tietää, mitä tekee tai mitä videolla tehdään. Lisäksi havaintoihin ja päätelmiin liittyviä kysymyksiä tarkennettiin ja vastausvaihtoehtoja muokattiin.

Erotuskaavioon liittyvää materiaalia muokattiin paljon, sillä alkuperäinen uuton yhteydessä ollut erotuskaaviotehtävä oli epäselvä sekä asiasisältönsä että ulkoasunsa puolesta. Ensinnäkin erotuskaaviosta lisättiin esittely jo suodatuksen ja haihdutuksen kanssa samalle sivulle, koska ilman sitä sivu olisi jäänyt liian lyhyeksi. Esittelyyn lisättiin myös esimerkkikuva, jossa on aiheena pyykkien kuivaus. Esimerkin avulla oppilas saisi valmiuksia täydentää erotuskaavion myöhemmin itse. Uuton yhteydessä ollutta teen valmistukseen liittyvää tehtävää muokattiin selkeämmäksi vaihtamalla sanavalintoja ja yhdenmukaistamalla esimerkiksi tekstien ja nuolten koot. Tehtävän yhteyteen lisättiin teksti, jossa kerrottiin teen valmistukseen liittyvät erotusmenetelmät, joten oppilaan tehtävä on muodostaa sanallista selitystä kuvaava tapahtumaketju erotuskaavion avulla. Teen valmistus esitetään materiaalissa siis videona ja tekstinä, minkä lisäksi oppilas muodostaa siitä vielä yhden representaation lisää esittämällä asian erotuskaavion avulla. Tutkijoiden Permatasari ym. (2022) mukaan usean representaation käyttö vähentää kognitiivista kuormitusta ja väärinymmärryksiä, mikä on tässä tavoitteena.

Ensimmäisen version yhteenvetosivu oli lyhyt eikä sisältänyt teksti- tai kuvamateriaalia. Tätä täydennettiin koostamalla yhteenvetotaulukko, johon listattiin tutoriaalissa läpikäytyt erotusmenetelmät, lyhyt selitys ja esimerkki. Selitys on lyhyt, jottei taulukosta tulisi liian raskas, mutta silloin se ei välttämättä ole kaikenkattava. Esimerkiksi tislauksesta mainitaan vain nesteiden erottaminen toisistaan, vaikka todellisuudessa tislauksen voi suorittaa myös kiinteän ja nesteen seoksesta. Esimerkeiksi on valittu materiaalissa jo aiemmin esiintyneet tapaukset, jotta taulukon kertaava luonne säilyy eikä oppilaille anneta uutta tietoa.

Yhteenvetotaulukon avulla oppilas pystyy silmäilemään tutoriaalın pääasiat yhdellä kertaa.

Vasta muokkauksien jälkeen tutoriaalit erotettiin erikseen tutkimustutoriaaliksi ja tavalliseksi tutoriaaliksi, jotta kaikki muokkaukset siirtyvät molempiin versioihin yhdellä kertaa.

## 5 Kehittämistuotoksen arviointi

Kehittämistuotoksen arvioinnissa keskitytään tutoriaalın kolmanteen sivuun, joka käsittelee paperikromatografiaa, koska sillä sivulla tutkimustutoriaali ja tavallinen tutoriaali eroavat toisistaan.

### 5.1 Arvioinnin tavoitteet

Tämän kehittämistutkimuksen tuotosta arvioitiin vertailemalla tavallisen ja tutkimustutoriaalın tekijöitä kahdesta näkökulmasta. Ensimmäinen niistä koskee oppilaiden toimijuuden kokemusta, jota mitattiin toimijuuden ja optimaalisen oppimisen hetkiin (OLM) liittyvään teoriaan pohjautuvan tutkimuskyselyn avulla. Toiseksi vertailtiin tavallisen ja tutkimustutoriaalın tehneiden oppilaiden suoriutumista tarkastelemalla paperikromatografiaan liittyvistä tehtävistä saatuja pisteitä.

#### 5.1.1 Toimijuus ja optimaaliset oppimisen hetket

Kumpikin tutoriaali sisältää tutkimuskyselyn, jonka vastauksia käytetään kehittämistutkimuksen arvioinnissa. Kyselyn kysymykset (taulukossa 2) on muotoiltu pohjautuen toimijuuteen (Jääskelä et al., 2021) ja optimaalisen oppimisen hetkiin (OLM) (Tang et al., 2025) koskevaan kirjallisuuteen. Kysymyksiä on yhteensä viisi, joista neljä mittaa toimijuutta ja kolme OLM-teoriaa, eli kaksi kysymyksistä mittaa kumpaakin.

Taulukko 2 Tutkimuskyselyn kysymykset

Kysymys	Vastausvaihtoehdot viisiportaisella Likert-asteikolla	Toimijuuden komponentti	OLM-teoria
Olitko kiinnostunut siitä mitä teit?	1.= En ollenkaan – 5.= Todella paljon	Osallistumisresurssit: kiinnostavuus ja hyödyllisyys	kiinnostavuus
Tunsitko itsesi taitavaksi siinä mitä teit?	1.= En ollenkaan – 5.= Todella paljon	Henkilökohtaiset resurssit: minäpystyvyys	taitavuus
Oliko tekemisesi haastavaa?	1.= En ollenkaan – 5.= Todella paljon		haastavuus
Oliko sinulla mahdollisuus vaikuttaa siihen mitä teit?	1.= En ollenkaan – 5.= Todella paljon	Osallistumisresurssit: valinnantekomahdollisuus	
Osallistuitko aktiivisesti?	1.= En ollenkaan – 5.= Todella paljon	Osallistumisresurssit: osallistumisaktiivisuus	

Toimijuutta voidaan tarkastella useiden tieteenalojen, kuten yhteiskuntatieteiden, psykologian ja kasvatustieteiden, näkökulmasta. Toimijuus korkeakoulutuksen kontekstissa käsittää ne yksilölliset, vuorovaikutteiset ja tilannekohtaiset resurssit, joiden avulla saavutetaan merkityksellinen ja tarkoituksellinen oppiminen. Toimijuus korostaa yksilön tahdonalaista ja tietoista toimintaa, jonka seurauksena hän pystyy vaikuttamaan tapahtumien kulkuun. (Jääskelä et al., 2017)

Tutkijat (Jääskelä et al., 2021) jakavat toimijuuden kolmeen eri komponenttiin: henkilökohtaisiin resursseihin, relationaalsiin eli vuorovaikutussuhteisiin liittyviin resursseihin ja osallistumisresursseihin. Henkilökohtaisiin resursseihin kuuluvat osaamisuskomukset ja minäpystyvyys. Relationaalsiin resursseihin lukeutuvat tasa-arvoinen kohtelu, opettajan tuki ja luottamus. Osallistumisresursseihin kuuluvat osallistumisaktiivisuus, osallistumisen helppous, vaikuttamismahdollisuudet, valinnantekomahdollisuudet, kiinnostus ja hyödyllisyys sekä vertaistuki. (Jääskelä et al., 2021)

Tutoriaalien kysely sisältää neljä toimijuutta mittaavaa kysymystä. Ne kartoittavat henkilökohtaisiin resursseihin ja osallistumisresursseihin liittyviä osa-alueita. Esimerkiksi kysymys ”Oliko sinulla mahdollisuus vaikuttaa siihen mitä teit?” mittaa toimijuuden osallistumisresursseja valinnantekomahdollisuuden osa-alueelta. Muut toimijuuteen liittyvät kysymykset ja kysymykseen liittyvä komponentti näkyvät taulukossa 2.

Taulukon 2 kysymyksistä kolme ensimmäistä on muotoiltu mittamaan optimaalisen oppimisen hetkiä (*optimal learning moments*, OLM). Sellaisissa hetkissä oppija kokee aktiviteetin kiinnostavaksi, haastavaksi ja uskoo kykenevänsä suorittamaan sen (Tang et al., 2025). Kysymys ”Olitko kiinnostunut siitä mitä teit?” mittaa kiinnostusta, ”Tunsitko itsesi taitavaksi siinä mitä teit?” selvittää taitotasoa ja ”Oliko tekemisesi haastavaa?” kysyy haastavuutta. Kun nämä kaikki ovat korkealla tasolla, kyseessä on optimaalisen oppimisen hetki (Schneider et al., 2016). Tämä tutkimus ei kuitenkaan etsi OLM-teorian mukaisia hetkiä.

## 5.2 Arvioinnin tutkimuskysymykset

Kehittämistutkimusta arvioidaan vertailemalla kahta toisiaan vastaavaa tutoriaalia, tutkimustutoriaalia ja tavallista tutoriaalia. Tutkimustutoriaali sisältää kokeellisen oppilastyön, jossa oppilaat työskentelevät laboratoriovälineillä. Tavallinen tutoriaali käsittelee saman asian videon avulla. Eroja tarkastellaan tutoriaalien sivuilta kolme, sillä muut sivut ovat täysin samanlaiset keskenään. Tutkimuksen kohteena olevan sivun aiheena on

paperikromatografia, ja vertailua tehdään toimijuuteen ja optimaalisen oppimisen hetkiin liittyvän tutkimuskyselyn avulla sekä tehtävistä saatuja pistemääriä tarkastelemalla.

Arvioinnin avulla etsittiin vastaukset seuraaviin kysymyksiin:

1. Havaitaanko tilastollisesti merkitseviä eroja tavallisen ja tutkimustutoriaalinen toimijuuteen ja optimaalisen oppimisen hetkiin liittyvien kyselyvastausten välillä?
2. Eroaako tavallisen ja tutkimustutoriaalinen tehneiden oppilaiden suoriutuminen paperikromatografiaan liittyvissä ViLLE-tehtävissä?

### 5.3 Tulokset

Kuvaillaan ensin tarkemmin, millä tavalla tutoriaalinen kolmannet sivut eroavat toisistaan. Tutkimustutoriaalissa tällä sivulla on alussa kokeellisen työskentelyn turvaohjeistus, työohjeet paperikromatografiatyöhön ja valokuva koeasetelmasta. Tähän perään on ViLLE-kysymystehtäviä, seuraavaksi toimijuuteen ja optimaalisen oppimisen hetkiin liittyvä tutkimuskysely, sen jälkeen lyhyt tekstilaatikko yleisesti kromatografisista menetelmistä ja vielä kaksi monivalintakysymystä. Tavallisessa tutoriaalissa aluksi on videoitu demonstraatio paperikromatografiatyöstä, sen perään tutkimustutoriaalinen kanssa yhdenmukaiset ViLLE-monivalintakysymykset, sama tutkimuskysely, tekstilaatikko ja loput ViLLE-kysymykset. Tutkimuskyselyssä omia tuntemuksia arvioidaan juuri tehdystä oppimisaktiviteetista, tutkimustutoriaalissa se tarkoittaa kokeellista työskentelyä ja tavallisessa tutoriaalissa kyse on demonstraatiovideon katsomisesta.

Alaluvussa 5.3.1 analysoidaan toimijuuden ja optimaalisen oppimisen hetkiin liittyvän tutkimuskyselyn vastauksia tutkimustutoriaalinen ja tavallisen tutoriaalinen tekijöillä ja alaluvussa 5.3.2 vertaillaan heidän saamia pistemääriä samalla sivulla olevissa ViLLE-kysymystehtävissä.

#### 5.3.1 Erot toimijuuteen ja optimaalisen oppimisen hetkiin liittyvässä tutkimuskyselyssä tutkimustutoriaalinen ja tavallisen tutoriaalinen tekijöillä

Tarkasteltiin tutkimuskyselyn vastauksia, joita oli saatu 11.3.2026 mennessä 146 kappaletta. Vastaajista 46 oli tehnyt tutkimustutoriaalinen ja loput 100 tavallisen tutoriaalinen, ja kysely oli molemmille vastaajaryhmille sama. Tuloksia analysoitiin T-testin avulla vertaillen tutkimustutoriaalinen ja tavallisen tutoriaalinen tekijöiden vastauksia tutkimuskyselyyn, joka on

molempien ViLLE-tutoriaalien sivulla kolme, paperikromatografian kanssa samalla sivulla. Kyselyn kysymykset näkyvät taulukossa 3 ja liitteenä 1.

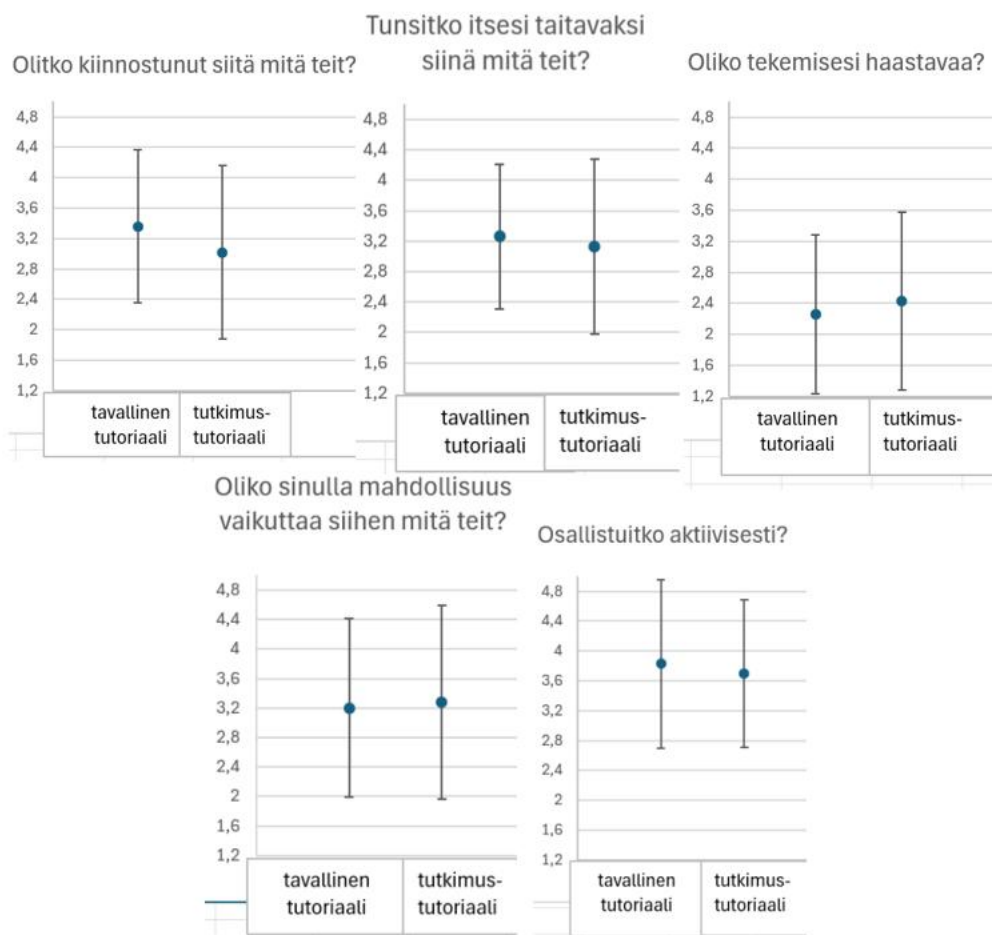
Taulukko 3. Tulokset tutkimuskyselyn T-testistä.

	T	df	p	Keskimääräinen poikkeama	Poikkeaman keskivirhe
Olitko kiinnostunut siitä mitä teit?	1,801	144	0,074	0,3383	0,188
Tunsitko itsesi taitavaksi siinä mitä teit?	0,716	144	0,475	0,1296	0,181
Oliko tekemisesi haastavaa?	-0,923	144	0,357	-0,1748	0,189
Oliko sinulla mahdollisuus vaikuttaa siihen mitä teit?	-0,372	144	0,710	0,0826	0,222
Osallistuitko aktiivisesti?	0,694	144	0,489	0,1343	0,193

Taulukko 4. Tulokset tutkimuskyselyyn.

	N	Tutoriaalin tyyppi	keskiarvo	keskihajonta	keskivirhe
Olitko kiinnostunut siitä mitä teit?	100	0	3,36	1,010	0,1010
	46	1	3,02	1,145	0,169
Tunsitko itsesi taitavaksi siinä mitä teit?	100	0	3,26	0,949	0,0949
	46	1	3,13	1,147	0,169
Oliko tekemisesi haastavaa?	100	0	2,26	1,021	0,1021
	46	1	2,43	1,148	0,169
Oliko sinulla mahdollisuus vaikuttaa siihen mitä teit?	100	0	3,20	1,214	0,1214
	46	1	3,28	1,311	0,193
Osallistuitko aktiivisesti?	100	0	3,83	1,129	0,1129
	46	1	3,70	0,986	0,145

Tutoriaalin tyyppi: 0=tavallinen tutoriaali, 1=tutkimustutoriaali

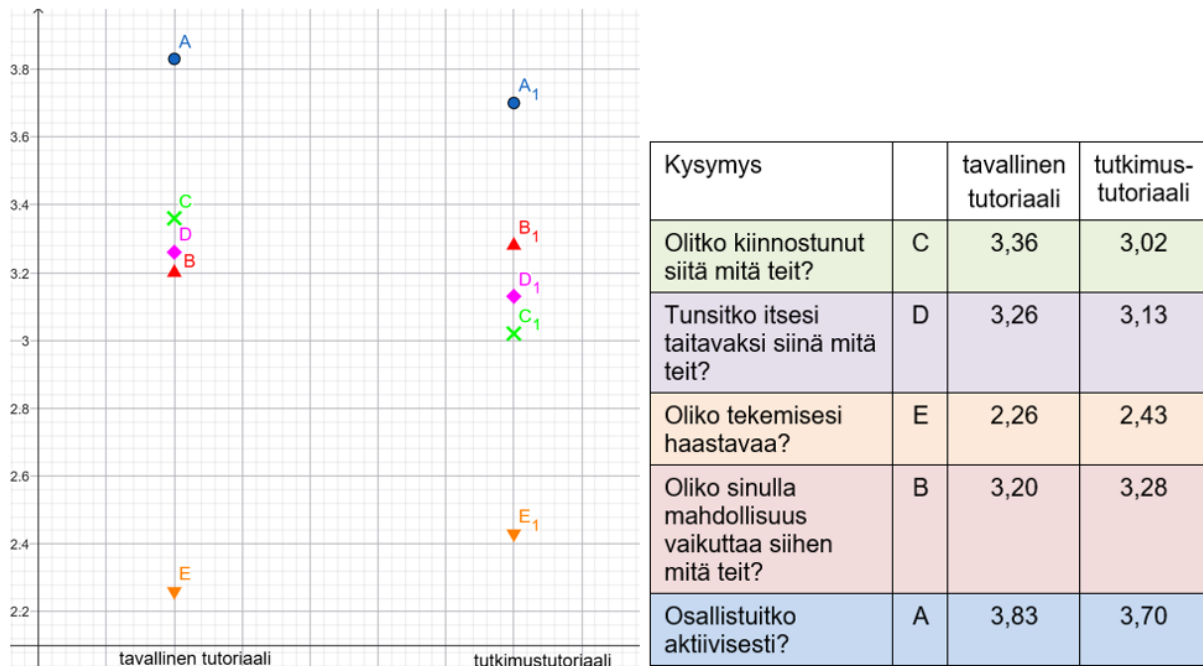


Kuva 7. Tulokset tutkimuskyselyyn kuvaajina.

Tuloksista nähdään, että tutkimustutoriaalin tekijät kokivat enemmän haastavuutta ja vaikutusmahdollisuuksia kuin tavallisen tutoriaalin tekijät. Vaikutusmahdollisuuden keskiarvoissa on lähes olematon ero, 0,08, ja haastavuuden kohdalla ero on vähän suurempi, mutta siinäkin vain 0,17. Muissa kysymyksissä tavalliseen tutoriaaliin vastanneet raportoivat suurempia pisteitä, eli he kokivat enemmän kiinnostusta, taitavuutta ja aktiivisuutta.

Tutkimustutoriaalin ja tavallisen tutoriaalin tekijöiden vastauksissa ei ole T-testin perusteella tilastollisesti merkitseviä eroja.

Suurin keskiarvojen erotus on kiinnostavuuden kohdalla. Tavallisen tutoriaalin tekijöillä vastausten keskiarvo on 3,36, kun taas tutkimustutoriaalin tekijöillä se on 3,02. Erotus on siis 0,34. Kyseisen väitteen p-arvo on 0,074 ja ero luokitellaan merkitseväksi, jos p-arvo on alle 0,05, eli kyseinen p-arvo on liian suuri ollakseen tilastollisesti merkitsevää.



Kuvaaja 1. Toimijuuden kyselyn vastausten keskiarvot kuvaajassa.

Kuvaajan 1 avulla voidaan vertailla toimijuuden kyselyn vastauksia toisiinsa. Huomataan, että oppilaat kokivat osallistuvansa aktiivisesti sekä tavallisen että tutkimustutoriaalissa, aktiivisuuden keskiarvot on merkitty sinisellä pisteellä A kuvaajaan 1. Kummankin tutoriaalissa tekijöiden kyselyn suurin vastausten keskiarvo oli aktiivisuutta mittaavassa kysymyksessä. Sen sijaan väite “Oliko tekemisesi haastavaa?” sai pienimmät pisteet kummassakin tutoriaalissa, ja tämän väitteen pisteet on merkitty kuvaajaan 1 oranssilla kärjellään seisovalla kolmiolla E.

### 5.3.2 Piste-erot paperikromatografiaan liittyvissä ViLLE-tehtävissä tutkimustutoriaaliin ja tavallisen tutoriaaliin vastanneiden välillä

Kuten luvun 5.3 alussa kerrotaan, paperikromatografiaan liittyvät ViLLE-kysymykset on jaettu kahteen tehtävään. Ensimmäisessä tehtävässä on kolme monivalintakysymystä ja toisessa tehtävässä kaksi. Tutkimustutoriaalissa ja tavallisen tutoriaalissa välillä kysymykset ovat samoja pois lukien toisen tehtävän ensimmäinen kysymys, sillä tavallisessa tutoriaalissa se pohjautuu täysin videolta tehtyihin havaintoihin, kun taas kokeellisen työn havainnoista kysytään yleisemmässä muodossa. Kysymykset näkyvät taulukossa 5.

Taulukko 5. Paperikromatografiaan liittyvien tehtävien kysymykset.

Tehtävä 1	Mihin kohtaan suodatinpaperia tusseilla tehdyt pisteet laitettiin?	
	Mitä tapahtuu, kun vesi osuu suodatinpaperiin?	
	Miksi vesi lähtee nousemaan paperia pitkin?	
Tehtävä 2	Tutkimustutoriaali	Mitä työssä havaitaan?
	Tavallinen tutoriaali	Valitse oikeat havainnot videon perusteella.
	Miksi värit lähtevät liikkumaan ylöspäin?	

Tutkimustutoriaalın ensimmäiseen tehtävään on saatu yhteensä 141 vastausta kolmea monivalintakysymystä kohden. Toisessa tehtävässä on kaksi monivalintakysymystä, joihin on saatu yhteensä 94 vastausta. Koska  $141/3=47$  ja  $94/2=47$ , kumpaankin tehtävään on vastannut 47 oppilasta.

Vastaavasti tavallisen tutoriaalın ensimmäiseen tehtävään kertyi yhteensä 317 vastausta. Yksi vastaajista oli vastannut vain kahteen monivalintaan kolmesta. Koska  $318/3=106$ , tavallisen tutoriaalın ensimmäiseen tehtävään vastasi 106 oppilasta. Toisessa tehtävässä on jälleen kaksi monivalintakysymystä, joihin on saatu yhteensä 203 vastausta. Yksi vastaajista oli vastannut vain toiseen monivalintaan. Koska  $204/2=102$ , tavallisen tutoriaalın toiseen tehtävään vastasi 102 oppilasta.

Jos ViLLEn monivalintakysymykseen on vastattu oikein, siitä saa yhden pisteen. Väärästä tai puutteellisesta vastauksesta tulee nolla pistettä. Vastaus on puutteellinen, jos oikeita vastausvaihtoehtoja on useampi, mutta oppilas on valinnut vain yhden oikean vaihtoehdon. Laskettiin tutkimustutoriaalın ja tavallisen tutoriaalın tekijöiden yksittäisten vastausten avulla, kuinka monta prosenttia vastauksista on oikein kummallekin tehtävälle taulukkoon 6.

Taulukko 6 Oikeiden vastausten osuus tutkimustutoriaalissa ja tavallisessa tutoriaalissa

	Tutkimustutoriaali	Tavallinen tutoriaali
Tehtävä 1	86,6 %	83,6 %
Tehtävä 2	89,4 %	82,2 %

Nähdään, että videon perusteella vastanneet eli tavallisen tutoriaalin tekijät ovat saaneet keskimäärin hieman vähemmän oikeita vastauksia kuin tutkimustutoriaaliin vastanneet. Kummankin tutoriaalin molempien tehtävien oikeiden vastausten osuus on yli 80 %, ja vaihtelee vain 7,2 %-yksikön sisällä.

## 6 Johtopäätökset ja pohdinta

Tavoitteena oli tuottaa kaksi toisilleen vaihtoehtoista tutoriaalia 7. luokkalaisille aiheesta erotusmenetelmät. Tutoriaalien tekemisessä käytettiin kehittämistutkimuksen periaatteita. Opetuskokonaisuuden aihe rajattiin tutoriaaliin sopivaksi, ja tutoriaaleihin koottiin materiaalia monipuolisesti sisältäen tekstejä, kuvia, videoita ja automaattisesti tarkistettavia tehtäviä. Tutkimustutoriaaliin suunniteltiin kokeellinen oppilastyö työohjeineen, tavalliseen tutoriaaliin kuvattiin demonstraatiovideot vastaavasta työstä. Lopuksi vertailtiin tavallisen ja tutkimustutoriaalin tekijöiden toimijuuteen ja optimaalisen oppimisen hetkiin liittyvän tutkimuskyselyn vastauksia sekä suoriutumista paperikromatografiaan liittyvissä ViLLE-tehtävissä.

Kemian opintopolun 8. ja 9. luokan materiaalit oli tehty ViLLEen jo aiemmin. Tässä kehittämistutkimuksessa laaditut tutoriaalit tehtiin osaksi puuttuvia 7. luokan materiaaleja. Tutoriaalien kehittäminen oli siis merkityksellistä, sillä ne edustavat uutta, tutkimusperustaista digitaalista materiaalia yläkoulun kemian oppitunneille, ja tulevat käyttöön sadoille opettajille ja heidän oppilasryhmilleen ympäri Suomen. Kansallisesti saatavilla oleva digitaalinen opetusmateriaali vähentää opetuksen alueellista eriarvoisuutta, mikä on yksi digitalisaation tavoitteista (Opetus- ja kulttuuriministeriö, 2023).

Alkuun kehittämistuotoksen suunnittelu oli haastavaa, koska se tuli osaksi laajempaa kokonaisuutta, jolloin sen tuli olla tyyliltään ja rakenteeltaan samankaltainen muiden kanssa. Haaste ratkaistiin tutustumalla aiempiin tutoriaaleihin, jolloin käsitys tavoitellusta päämäärästä selkeni. Kuitenkin aiheen rajaus, käsittelyn syvyys ja sisältöjen toteutustapa perustuivat tutkijan omiin kehittämispäätöksiin. Näihin haettiin tukea oppikirja-analyysistä, kirjallisuudesta ja keskusteluista asiantuntijoiden kanssa.

Kokonaisuudessaan yläkoulun kemian opintopolkuun tehdyt aiheiden ja sisältöjen valinnat on laadittu opetussuunnitelman perusteiden (Opetushallitus, 2014) pohjalta. Tässä tutkimuksessa tutoriaalien aihe eli erotusmenetelmät oli jo päätetty tämän perusteella. Aihe kuitenkin rajattiin perustuen oppikirja-analyysiin. Jotta tutoriaaleissa käsitelty asia olisi mahdollisimman hyvin linjassa opetussuunnitelman perusteiden kanssa, olisi opetussuunnitelman perusteita voitu käyttää apuna myös aiheen tarkemmassa rajaamisessa. Toisaalta sieltä ei olisi saatu yhtä yksityiskohtaista tietoa kuin oppikirjoista, sillä kemian sisältöalueet ja opetuksen tavoitteet esitellään opetussuunnitelmassa melko lavasti. Kemian

opetuksen tavoitteista T14 on lähimpänä erotusmenetelmiin liittyvää sisältöä, kun siinä opettaja *ohjaa oppilasta ymmärtämään peruseriaatteita aineen ominaisuuksista, rakenteesta ja aineiden muutoksista*. Myös ViLLE-tutoriaalien työskentelytapaan liittyviä opetussuunnitelman tavoitteita olisi voitu tarkastella suunnitteluvaiheessa. ViLLE vastaa esimerkiksi tavoitteisiin T1 ”*kannustaa ja innostaa oppilasta kemian opiskeluun*” ja T9 ”*ohjata oppilasta käyttämään tieto- ja viestintäteknologiaa tiedon ja tutkimustulosten hankkimiseen, käsittelemiseen ja esittämiseen sekä tukea oppilaan oppimista havainnollistavien simulaatioiden avulla*”. Erotusmenetelmien rajaaminen pelkän opetussuunnitelman perusteella olisi kuitenkin ollut vaikeaa, sillä siellä ei mainita yksittäisistä erotusmenetelmistä mitään.

Kehittämistutkimuksen arvioinnin tulosten perusteella havaitaan, että tavallisen tutoriaalin tekijät tunsivat itsensä taitavammaksi ja kokivat vähemmän haastavuutta kuin tutkimustutoriaalin tekijät, vaikkakin ero ei ole tilastollisesti merkitsevä. Kuten aikaisemmin on todettu, ero näiden kahden tutoriaalin välillä on työskentelytavoissa: tavallisen tutoriaalin tekijät työskentelivät videoiden avulla ja tutkimustutoriaalin tekijät työskentelivät itse kokeellisesti laboratoriovälineillä. Kyynäräinen ja kumppanit ovat tutkineet laboratoriotyöskentelyssä tapahtuvia virheitä yliopisto-opiskelijoilla ja toteavat, että virheitä tapahtuu paljon (Kyynäräinen et al., 2024). Voidaan olettaa, että myös 7. luokkalaisille tapahtuu virheitä kokeellisen työn suorittamisessa, minkä takia kokeellisen työn suorittaneet tuntevat itsensä vähemmän taitavaksi kuin videoiden kanssa työskennelleet.

Lisäämällä oppimisaktiviteetin OLM –luonnetta pyritään vaikuttamaan oppimiseen ja oppimisen aikaisiin kokemuksiin positiivisella tavalla. OLM –teorian mukaan tehtävän tulee olla samaan aikaan kiinnostava, haastava ja sellainen, että oppilas uskoo suoriutuvansa siitä. Kyynäräinen ja kumppanit ehdottavat artikkelissaan, että avoimempi tehtävä tai avoimemmat työohjeet voisivat lisätä etenkin työn haastavuutta, ja sitä kautta OLM –luonnetta (Kyynäräinen et al., 2024). Tässä tutkimuksessa saatujen tulosten perusteella haastavuutta voitaisiin hyvinkin nostaa, sillä sen väitteen pisteet olivat pienimmät sekä tavallisen että tutkimustutoriaalin kohdalla. Kyseisen paperikromatografiatyön muuttaminen avoimemmaksi tarkoittaisi reseptimäisen työohjeen muokkaamista. Tehtävänanto voisi olla seuraava: ”Selvitä, mitä tapahtuu, kun tusseilla suodatinpaperille tehdyt pisteet osuvat veteen.” Avoimuuden lisääntyessä myös mahdollisten lopputulosten määrä kasvaa. Edellä muotoiltu avoin tehtävänanto ei ota kantaa, mihin kohtaan suodatinpaperia pisteet tulisi laittaa.

Avoimuus siis vaikeuttaisi sopivien monivalintatehtävien laatimista, sillä oppilaiden itse valitsemat menetelmät ja toimintatavat voivat olla hyvin vaihtelevia.

Tuloksissa mainitaan, että suurin ero toimijuuden kyselyssä oli kiinnostavuuden kohdalla siten, että se oli tavallisen tutoriaalien tekijöillä suurempi. Tämä on hieman yllättävä tulos, sillä olisi ollut odotettavissa, että tutkimustutoriaalin kokeellinen oppilastyö olisi herättänyt enemmän kiinnostusta kuin videolta katselu. Aukottomia selityksiä varten tarvittaisiin lisätietoja, mutta seuraavaksi esitellään kaksi tulosta mahdollisesti selittävää tekijää.

Mahdollisesti aiempi työskentelytapa saattaa vaikuttaa vastauksiin. Jos esimerkiksi alakoulussa ja aiemmilla kemian oppitunneilla on totuttu kokeelliseen työskentelyyn ja videot eivät ole kuuluneet opetukseen, voi videon katsominen uutena oppimismenetelmänä herättää kiinnostusta. Kun opiskelumotivaation perustana on tilanteen uutuus, puhutaan tilannekohtaisesta opiskelumotivaatiosta, joka on lyhytjännitteistä ja suuntautuu toisarvoisiin kohteisiin (Engeström, 1982). Mikäli videoiden opetuskäyttöön liittyy tällaista uutuudenviehätystä, opetusmenetelmän käytön vakiintuessa kiinnostus saattaa vähentyä, sillä kiinnostus kohdistuu opetussisällön sijasta opetusmenetelmään.

Toisaalta myös kokeellisen oppilastyön laatuun on syytä kiinnittää huomiota. Tulee harkita, onko kokeellinen työskentely itsessään vähemmän kiinnostavaa vai saisiko menetelmältään tai aiheeltaan erilainen oppilastyö korkeammat pisteet kiinnostavuudesta. Anil J. Elias on koonnut kirjaansa *A Collection of Interesting General Chemistry Experiments* kiinnostavia kemian laboratoriotöitä ja niiden joukossa eräässä työssä tutkitaan kasvien pigmenttejä paperikromatografian avulla (Elias, 2002). Kasvien tutkiminen tussien sijaan saattaisi olla kiinnostavampaa, sillä se jäljittelee enemmän sellaista työskentelyä, jota kemisti saattaa laboratoriossa todellisuudessa tehdä. Kun on tutkittu mielekästä kokeellisuutta kemiassa, on havaittu, että mielekkäät haasteet kehittävät korkeamman tason ajattelutaitoja ja tukevat syvällisen kemian ymmärrystä (Csikós & Aksela 2007). Saattaa olla, että tämän tutkimuksen paperikromatografiatyössä oppilas ei pysty kehittämään korkeamman tason ajattelutaitoja työn suljetun luonteen vuoksi, mikä johtaa mielekkyyden ja sitä kautta kiinnostuksen vähenemiseen. Avoimempi työohje saattaisi kehittää korkeamman tason ajattelutaitoja enemmän.

Kysymyksessä neljä kysytään: ”Oliko sinulla mahdollisuus vaikuttaa siihen mitä teit?” Näitä valinnantekomahdollisuuksia voitaisiin lisätä tarjoamalla erilaisia ajoluuoksia ja riittävästi erivärisiä tusseja sekä mahdollisuus valita, kenen kanssa työskentelee. Tällöin

vaikutusmahdollisuuksiin liittyvän kysymyksen vastausten keskiarvo nousisi tutkimustutoriaalin tekijöillä. Tutkimustutoriaalin tekijät kokivat suurempaa mahdollisuutta vaikuttaa kuin tavallisen tutoriaalin tekijät ja jälkimmäisten vaikutusmahdollisuuksien lisääminen on rajallisempaa videon katselun vuoksi. He voivat kuitenkin päättää, kuinka monta kertaa videon katsovat ja oman tarpeen mukaan tauottaa sitä.

Koska toimijuuteen ja optimaalisen oppimisen hetkiin liittyvässä tutkimuskyselyssä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja, voidaan todeta, että toimijuuden näkökulmasta kumpikaan työskentelytapa ei ole merkittävästi toista parempi tai huonompi. Kummassakin työskentelytavassa oppilas pystyy kokemaan kiinnostusta, taitavuutta, haastavuutta, vaikutusmahdollisuuksia ja aktiivisuutta, sillä tuloksissa nähdään, että kaikissa kysymyksissä vastaus eroaa selkeästi arvosta 1,00, joka tarkoittaa “en ollenkaan”.

ViLLE-tehtävien pisteet olivat videon perusteella vastanneilla vain hieman alemmat kuin kokeellisen työn tekijöillä. Tulos kuitenkin osoittaa, että kokeellisen työn tekijöiden aktiivinen toiminta näyttäisi johtavan parempiin pisteisiin tehtävissä. He ovat mahdollisesti keskittyneet tehtävään paremmin ja monipuolinen työskentely on ajanut heitä syvällisempään ajatteluun. Toisaalta meillä ei ole tietoa, miten kokeellinen työskentely on sujunut, sillä virheellisen työskentelyn seurauksena voisi olla vaikea saada oikeita vastauksia tehtäviin. Tällaisesta ei kuitenkaan ole viitteitä tulosten perusteella, sillä kuten sanottu, kokeellisen työn suorittaneiden vastausten keskiarvo oli suurempi kuin videoiden avulla vastanneiden.

Kehittämistutkimuksen edustajana tämän tutkimuksen rajoitukset koskevat erityisesti kehittämissykliden määrää. Tässä tutkimuksessa käytettiin vain yhtä kehittämissykliä, jolloin tutkimusmenetelmän kannalta tärkeä iteratiivinen luonne ei pääse täyteen potentiaaliinsa. Hyvässä tai erinomaisessa kehittämistutkimuksessa on vähintään kaksi kehittämissykliä (Pernaa & Aksela, 2013). Silloin ensimmäisen kehittämisvaiheen tuotosta testataan autenttisella kohderyhmällä, minkä jälkeen tuotosta kehitetään arvioinnin perusteella edelleen. Tässä tutkimuksessa tuotosta kehitettiin kohderyhmältä saadun palautteen sijasta asiantuntijoiden kommenttien perusteella. Asiantuntijoiden kommentit perustuvat heidän oman kokemuksensa tuomiin olettamuksiin siitä, mitkä asiat vaativat muokkausta, jotta tutoriaali olisi toimiva 7. luokkalaisille. Asiantuntijoiden palautteiden perusteella tutoriaaleista saatiin toki huomattavasti paremmat, mutta kenties jokin sävy palautteista jäi uupumaan, koska itse 7. luokkalaisilta ei saatu kommentteja.

Kehittämistutkimuksen arvioinnissa saatuihin numeerisiin tuloksiin tulee suhtautua kriittisesti, sillä otanta ei ollut satunnaistettu kunnolla. Kemian opintopolut ovat olleet vain hankkeeseen osallistuvien opettajien käytössä. Opettaja on saanut itse päättää, kumpaa tutoriaalia hyödyntää, jolloin hänen oma asenteensa kokeellisia töitä kohtaan vaikuttaa tähän päätökseen. Yhtä lailla oppilaiden vastausten lukumäärä oli pienehkö etenkin tutkimustutoriaalin kohdalla, ja tutkimustutoriaaliin vastaajat olivat vain 13 eri opettajan ryhmistä. Näistä syistä tuloksia ei sellaisenaan voida automaattisesti yleistää koskemaan suurempaa joukkoa.

Eräs epävarmuustekijä tutkimuksen luotettavuuden kannalta on melko suuret keskihajonnat toimijuuden ja optimaalisen oppimisen hetkiin liittyvän tutkimuskyselyn vastauksissa. Ne ovat lähes kaikissa väitteissä suurempia kuin yksi, mikä on viisiportaisella asteikolla suuri. Keskihajonta kuvaa, kuinka paljon vastaukset vaihtelevat keskiarvon ympärillä. Suuri keskihajonta tarkoittaa suurta vaihtelua vastausten välillä, joten tutkimuskyselyn vastauksissa esiintyi paljon vaihtelua.

Tämän kehittämistutkimuksen arviointi perustui vain yhteen sivuun kuusisivuisesta tutoriaalista, sillä arviointia tehtiin vertaillen tutkimustutoriaalia ja tavallista tutoriaalia, ja eroavaisuuksia oli vain tällä sivulla. Vertailun lisäksi kehittämistutkimuksen onnistumista voitaisiin arvioida materiaalia koskevan kyselyn avulla. Oppilailta voitaisiin kysyä, onko tutoriaalin kieli heille ymmärrettävää, tuntuiko jokin tehtävä epäselvältä ja jäikö jonkin asiasisällön käsittely puutteelliseksi tehtävien suorittamisen näkökulmasta. Opettajille suunnatussa kyselyssä voitaisiin kysyä, olivatko he tyytyväisiä tarjottuun tutoriaaliin ja jäivätkö he kaipaamaan materiaalia jostakin aiheesta. Kun saataisiin vastaukset näihin kysymyksiin, tutoriaalien kehittämistutkimusta voitaisiin jatkaa toteamalla tutoriaalien ansiot ja puutteet, ja jatkamalla kehittämistyötä palautteen perusteella.

## Lähteet

- Abels, S., Koliander, B., & Plotz, T. (2023). Are you teaching “distillation” correctly in your chemistry classes? An educational reconstruction. *Chemistry Teacher International*, 5(2), 229–237. <https://doi.org/10.1515/cti-2022-0034>
- Csikós, J., & Aksela, M. (2007). Mielekästä kokeellisuutta kemian opetukseen. Teoksessa M. Aksela & M. Montonen (toim.), Uusia lähestymistapoja kemian opetukseen peruskoulusta korkeakouluihin, Osa III Perusopetus ja toinen aste (s.70–76). Opetushallitus. [https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/49200\\_osa3kemiaopetusta2007.pdf#page=70](https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/49200_osa3kemiaopetusta2007.pdf#page=70)
- Digitaitokalenteri. *Digitaitokalenteri*. (2025). Kuopio. Haettu 13.4.2026 osoitteesta <https://digitaitokalenteri.fi/>
- Elias, A. J. (2002). *A Collection of Interesting General Chemistry Experiments*. Universities Press (India).
- Engeström, Y. (1982). *Perustietoa opetuksesta*. <http://hdl.handle.net/10224/3665>
- Güven, N. A., & Uyulgan, M. A. (2021). Linking the representation levels to a physical separation and purification method in chemistry: Understanding of distillation experiment. *Journal of Pedagogical Research*, 5(3), 80–104. <https://doi.org/10.33902/JPR.2021370703>
- Jääskelä, P., Heilala, V., Kärkkäinen, T., & Häkkinen, P. (2021). Student agency analytics: learning analytics as a tool for analysing student agency in higher education. *Behaviour and Information Technology*, 40(8), 790–808. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2020.1725130>
- Jääskelä, P., Poikkeus, A. M., Vasalampi, K., Valleala, U. M., & Rasku-Puttonen, H. (2017). Assessing agency of university students: validation of the AUS Scale. *Studies in Higher Education*, 42(11), 2061–2079. <https://doi.org/10.1080/03075079.2015.1130693>
- Juuti, K., & Lavonen, J. (2004). Design-Based Research in Science Education: One Step Towards Methodology. *NorDiNa*, (4), 54–68.
- Kyynäräinen, R., Vilhunen, E., & Vesterinen, V.-M. (2024). How making mistakes shapes students’ situational engagement in chemistry laboratory? *International Journal of Science Education*. <https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2439142>
- Opetus- ja kulttuuriministeriö. (2023). *Kasvatuksen ja koulutuksen digitalisaation linjaukset 2027*. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-263-963-9>
- Opetushallitus. (2014). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014*. <https://eperusteet.opintopolku.fi/#/fi/perusopetus/419550/35/tiedot>
- Permatasari, M. B., Rahayu, S., & Dasna, I. W. (2022). Chemistry Learning Using Multiple Representations: A Systematic Literature Review. *Journal of Science Learning*, 5(2), 334–341. <https://doi.org/10.17509/jsl.v5i2.42656>
- Pernaa, J., & Aksela, M. (2013). Kehittämistutkimus pro gradu tutkielman tutkimusmenetelmänä. Teoksessa J. Pernaa (toim.), Kehittämistutkimus opetuslalla (s. 181–200). PS-kustannus.

- Schneider, B., Krajcik, J., Lavonen, J., Salmela-Aro, K., Broda, M., Spicer, J., Bruner, J., Moeller, J., Linnansaari, J., Juuti, K., & Viljaranta, J. (2016). Investigating optimal learning moments in U.S. and Finnish science classes. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(3), 400–421. <https://doi.org/10.1002/tea.21306>
- Tang, X., Chen, I. C., Lavonen, J., Schneider, B., Krajcik, J., & Salmela-Aro, K. (2025). Optimal Learning Moments in Finnish and US Science Classrooms: A Psychological Network Analysis Approach. *Frontline Learning Research*, 13(2), 10–26. <https://doi.org/10.14786/flr.v13i2.1313>
- Tanhua-Piiroinen, E., Honkonen, K., & Viteli, J. (2025). *Esi- ja perusopetuksen digitalisaation tilannekuva 2025*. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-415-288-4>
- Tutkimuseettinen neuvottelukunta. (2023). *Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa*.

## Liitteet

### Liite 1. Toimijuuteen liittyvä kysely ViLLEssä

Tutoriaalin aikainen kysely toimijuus (7. lk) 0 / 10 Pisteet, 0 palautusta

**Tummempireunaiset kysymykset ovat pakollisia.**

Teitkö tutoriaalia...? \*

Koulussa oppitunnilla
  Jossakin muualla

---

Teitkö tutoriaalia...? \*

Yksin
  2 hengen ryhmässä
  3 hengen ryhmässä

---

**Jos teet tutoriaalia yksin, vastaa kysymyksiin itse. Jos teette tutoriaalia ryhmässä, se oppilas, jonka laitteella työskentelette, vastaa kysymyksiin.**

Mitä ajattelet aktiviteetista, jota teit?

	1. En ollenkaan	2.	3.	4.	5. Todella paljon
Olitko kiinnostunut siitä mitä teit?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tunsitko itsesi taitavaksi siinä mitä teit?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Oliko tekemisesi haastavaa?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Oliko sinulla mahdollisuus vaikuttaa siihen mitä teit?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Osallistuitko aktiivisesti?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## Liite 2. Tavallinen tutoriaali

## Erotusmenetelmät

i

## Erotusmenetelmät

Monet luonnosta löytyvät aineet ovat seoksia eli niissä on kahta tai useampaa ainetta sekaisin. Esimerkiksi merivesi, raakaöljy ja kasvit sisältävät kukin useita erilaisia kemiallisia yhdisteitä. Käytännön sovelluksia varten seoksista otetaan talteen halutut aineet. Näitä prosesseja kutsutaan **erotusmenetelmiksi**.

Erotusmenetelmiä käytetään kemian laboratorion lisäksi myös arkisessa tekemisessä. Esimerkiksi ruoanlaitossa keitetty pasta ja keitinvesi erotetaan toisistaan. Menetelmä perustuu aineen eri olomuotoihin, ja esimerkiksi siivilän avulla kiinteä pasta ja nestemäinen vesi saadaan erilleen.



Tee tehtävä **Jatka lausetta**.

Jatka lausetta

10 / 10 Pisteet, 1 Palautus

i

Erotusmenetelmiä on useita erilaisia. Ne perustuvat aineiden erilaisiin ominaisuuksiin, kuten hiukkaskokoihin, liukoisuuksiin, tiheyksiin, kiehumis- tai sulamispisteisiin.

Tee tehtävä **Ominaisuudet**.

Ominaisuudet

10 / 15 Pisteet, 1 Palautus

i

## Suodatus ja haihdutus

**Suodatus** erottaa kiinteän aineen nesteestä tai kaasusta. Esimerkiksi pölynimureissa on suodatin, joka kerää pölyä, jotta moottoriin ei kulkeutuisi likaa.

**Haihdutus** erottaa toisistaan liuennon aineen ja liuottimen. Haihdutuksesta puhutaan myös silloin, kun nestettä poistetaan haihuttamalla kosteutta. Esimerkiksi kuivatut hedelmät valmistetaan haihuttamalla vesi pois.



Tee tehtävä **Suodatus ja haihdutus**.

Suodatus ja haihdutus

10 / 20 Pisteet, 1 Palautus

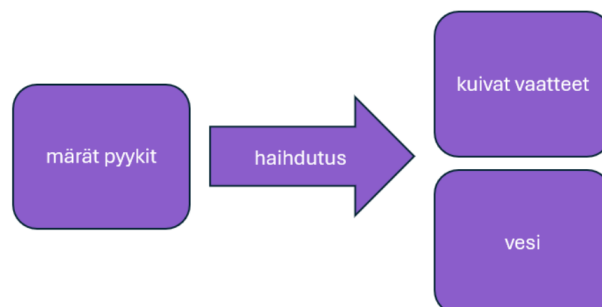
Avaa/Sulje tehtävä

i

## Erotuskaavio

Erotusmenetelmiä voidaan havainnollistaa **erotuskaaviolla**. Siinä alussa esitellään seos, josta lähdetään liikkeelle. Seuraavaksi kerrotaan erotusmenetelmä, jota käytetään. Lopussa näkyy erilleen saadut aineet.

Viereisessä kuvassa esimerkki märkien pyykkien erotuskaaviosta.





Katso video **Paperikromatografia**.



Tee tehtävä **Paperikromatografia (videosta 1/2)**.

Paperikromatografia (videosta 1/2)

0 / 25 Pisteet, 0 palautusta

Vastaa kyselyyn.

Tutoriaalin aikainen kysely toimijuus (7. lk)

0 / 10 Pisteet, 0 palautusta



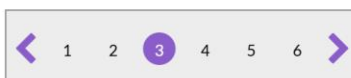
### Kromatografiset erotusmenetelmät

Paperikromatografia on esimerkki kromatografisista erotusmenetelmistä. Suodatinpaperi on paikallaan, ajoliuos toimii liikkuvana osana. Ajoliuos on yleisnimitys suodatinpaperilla liikkuvalla nesteelle, edellä esitellyssä työssä se on veden ja asetonin seos. Koska kukin väriaine vuorovaikuttaa ajoliuoksen kanssa hieman eri verran, värit erottuvat.

Tee tehtävä **Paperikromatografia (videosta 2/2)**.

Paperikromatografia (videosta 2/2)

0 / 20 Pisteet, 0 palautusta



i

## Tislaus

Tislaus on erotusmenetelmä, joka perustuu aineiden erilaisiin kiehumispisteisiin. Esimerkiksi raakaöljystä erotetaan bensiiniä ja muita polttoaineita tislauksen avulla.

Katso video **Tislauslaitteisto**.



Tee tehtävä **Tislauslaitteisto**.

Tislauslaitteisto

10 / 15 Pisteet, 1 Palautus

Katso video **Tislaus 1**.



Tee tehtävä **Tislaus 1.**

Tislaus 1

0 / 15 Pisteet, 0 palautusta

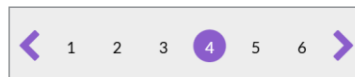
Katso video **Tislaus 2.**



Tee tehtävä **Tislaus 2.**

Tislaus 2

0 / 20 Pisteet, 0 palautusta



i

## Uutto

Uutossa halutut aineet, kuten väri-, haju- ja makuaineet, siirretään systeemin toisesta osasta toiseen.

Systeemi voi koostua kiinteästä aineesta ja nesteestä tai kahdesta nesteestä, jotka eivät sekoitu toisiinsa.

Katso video **Uutto**.



i

Tee valmistuksessa käytetään kahta erotusmenetelmää peräkkäin. Ensin teelehdistä **uutetaan** väri-, haju- ja makuaineita kuumaan veteen. Sitten teelehdet **suodatetaan** pois valmiista teejuomasta.

Tee tehtävä **Erotuskaavio: teen valmistus**.

Erotuskaavio: teen valmistus

10 / 25 Pisteet, 1 Palautus

Vastaa kyselyyn.

Tutoriaalin aikainen kysely tunteet (7. lk)

0 / 10 Pisteet, 0 palautusta



## Yhteenveto

erotusmenetelmä	lyhyt kuvaus	esimerkki
suodatus	Nesteestä tai kaasusta suodatetaan kiinteää ainetta.	hengityssuojaimen käyttö
haihdutus	Liuennut aine saadaan haihduttamalla liuotin pois.	pyykkien kuivaus
paperikromatografia	Näyte suodatinpaperissa, käsitellään ajoliuoksella.	tussien väriaineiden erottelu
tislaus	Nesteiden erottaminen kiehumispisteiden avulla.	benssiinin valmistus
uutto	Väri-, haju- ja makuaineiden liuottaminen nesteeseen.	teen valmistus

Tee tehtävä **Yhteenveton hirsipuu**.

Tee tehtävä **Yhteenveton hirsipuu**.

Yhteenveton hirsipuu

4 / 20 Pisteet, 1 Palautus

Tee tehtävä **Erotuskaavio: Tislaus**.

Erotuskaavio: tislaus

10 / 15 Pisteet, 1 Palautus



### Liite 3. Tutkimustutoriaalın 3. sivu, aiheena paperikromatografia



Aloitetaan kokeellinen tutkimus. Käytä koko työskentelyn ajan asiallisia suojarusteita.



#### Paperikromatografiaa tusseilla

Ota suodatinpaperia suorakaiteen muotoinen pala. Piirrä paperiin lyijykynällä vaakasuora viiva noin 1 cm päähän lyhyemmän sivun alareunasta. Merkitse viivalle tusseilla (esim. Faber-Castell huopatussit, väreinä keltainen, oranssi, sininen, vihreä ja ruskea) pisteitä noin 1 cm etäisyyksillä toisistaan. Kirjoita itsellesi ylös järjestys huomioiden, mitä värejä suodatinpaperiin laitettiin.

Kaada keitinlasiin vähän vettä niin, että sen pohja peittyi. Laske suodatinpaperi keitinlasiin, ja varmista, että tusseilla tehdyt pisteet ovat nestepinnan yläpuolella. Seuraa nesteen nousua. Nosta paperi ajoliuoksesta viimeistään, kun se on noussut noin 1 cm päähän paperin yläreunasta. Anna kuivua vaakatasossa.



Tee tehtävä **Paperikromatografia (oppilastyö 1/2)**.

Paperikromatografia (oppilastyö 1/2)

0 / 25 Pisteet, 0 palautusta

Vastaa kyselyyn.

Tutoriaalın aikainen kysely toimijuus (7. lk)

0 / 10 Pisteet, 0 palautusta

i

### Kromatografiset erotusmenetelmät

Paperikromatografia on esimerkki kromatografisista erotusmenetelmistä. Suodatinpaperi on paikallaan, ajoliuos toimii liikkuvana osana. Ajoliuos on yleisnimitys suodatinpaperilla liikkuvalla nesteelle, edellä esitellyssä työssä se on vesi. Koska kukin väriaine vuorovaikuttaa ajoliuoksen kanssa hieman eri verran, värit erottuvat.

Tee tehtävä **Paperikromatografia (oppilastyö 2/2)**.

Paperikromatografia (oppilastyö 2/2)

0 / 20 Pisteet, 0 palautusta

