



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

MARTTI BERGSTRÖM
ORGAANISTEN YHDISTEIDEN NIMEÄMISEN OPETTAMINEN
PELILLISTÄMISEN JA KIELENTÄMISEN AVULLA
Diplomityö

Tarkastajat: Dosentti Jorma Joutsen-
lahti ja yliopistonlehtori Riikka Lahti-
nen

Tarkastajat ja aihe hyväksytty 8. elo-
kuuta 2018

TIIVISTELMÄ

MARTTI BERGSTRÖM: Orgaanisten yhdisteiden nimeämisen opettaminen pelillistämisen ja kielentämisen avulla

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 55 sivua, 28 liitesivua

Joulukuu 2018

Teknis-luonnontieteellinen diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Kemia

Tarkastajat: Dosentti Jorma Joutsenlahti ja yliopistonlehtori Riikka Lahtinen

Avainsanat: kehittämistutkimus, orgaanisten yhdisteiden nimeäminen, opetus, pelillistäminen, kielentäminen

Kemian oppimiseen liittyy paljon erilaisia nimiä, merkintöjä ja sääntöjä, joiden ulkoa opettelu on välttämätöntä syvällisemmän ymmärryksen saavuttamiseksi. Asioiden ulkoa opettelu on kuitenkin tehoton ja oppilaan kannalta mielenkiinnoton menetelmä. Kemiassa oppimisen haasteena ovat myös kemiallisen tiedon kolme eri tasoa, mikrotaso, makrotaso ja symbolinen taso, joiden välillä opetuksessa ja oppimisessa liikutaan. Kemian opetuksen kannalta tämä on koettu ongelmalliseksi etenkin peruskoulun yläluokilla, jossa oppilaiden mielenkiintoa oppiainetta kohtaan pitäisi rakentaa.

Pelillistämistä on aiemmin tutkittu ja hyödynnetty opetuksen monipuolistamisessa ja oppilaiden mielenkiinnon kasvattamisessa muutoin tylsiä tehtäviä kohtaan. Kielentämisen menetelmiä hyödyntäen puolestaan on tutkittu matematiikassa oppilaan ajatusprosessin ilmaisemisen ja oppimisen välistä yhteyttä. Näissä tutkimuksissa on havaittu, että suullisen tai kirjallisen ilmaisun yhteydessä oppilas joutuu jäsentelemään tietoaan aiempaa paremmin, jolloin myös oppimistulokset ja asian ymmärrys kehittyvät.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, miten pelillistämisen hyödyntämisen avulla voidaan motivoida oppilasta orgaanisten yhdisteiden nimeämisen ulkoa opettelussa. Lisäksi tavoitteena oli tutkia, miten kielentämismenetelmien integrointi kemian opetukseen voisi auttaa oppilaita orgaanisten yhdisteiden nimeämissääntöjen opettelussa. Tutkimus on toteutettu kehittämistutkimuksena. Tilanneanalyysin perusteella tuotettiin pelillistämisen ja kielentämisen menetelmiä hyödyntävä opetuskokonaisuus orgaanisten yhdisteiden nimeämisen opettamiseen ja ensimmäisen kehittämissyklin havaintojen pohjalta siihen on pohdittu parannusehdotuksia seuraavalle kehittämissyklille. Tutkimuksen perusteella oppilaat kokivat pelillistämisen ja kielentämisen menetelmät pääsääntöisesti positiivisesti, mutta niiden vaikutukset oppimistuloksiin olivat vaihtelevia.

ABSTRACT

MARTTI BERGSTRÖM: Teaching Nomenclature of Organic Compounds through Gamification and Languaging

Tampere University of Technology

Master of Science, 55 pages, 28 Appendix pages

December 2018

Master's Degree Programme in Science and Engineering

Major: Chemistry

Examiners: Docent Jorma Joutsenlahti and University Lecturer Riikka Lahtinen

Keywords: design based research, nomenclature of organic compounds, teaching, gamification, languaging

There are many different names, markings and conventions in chemistry that need to be memorized in order to achieve deeper learning and understanding of the subject. However, memorizing is an ineffective way of learning and oftentimes an uninteresting method for the pupil. Learning is also made more challenging in chemistry because of the three levels of knowledge one has to move between of, micro level, macro level and symbolic level. These have been proved out to be problematic especially in the secondary school during which the interest of the pupils towards the subject should be built up.

Gamification has been previously studied and used in diversification of teaching and making the pupils more interested in otherwise dull activities. Languaging on the other hand has been studied especially in mathematics as a way of expressing the thought process of a pupil and how it affects learning. Previous studies show that through verbal or written expression a pupil has to parse information again and in a better way than previously which leads to deeper learning and understanding of the subject.

This study was conducted as a design based research in which the objective was to create a complete set of exercises for teaching nomenclature of organic compounds using the means of gamification and to study how the pupils can be motivated via gamification. Another point of interest was examining how the integration of the concepts of languaging in teaching nomenclature of organic compounds could help the learning process of the pupils. Based on the analysis of the situation, a complete set of exercises for teaching nomenclature of organic compounds using the means of gamification and concepts of languaging has been created and after the first research cycle a number of improvements have been presented. Analysis of the results indicate that the pupils experienced the means of gamification and languaging mainly positively although the learning results were varied.

ALKUSANAT

Tämän opinnäytetyön kokeellinen osuus on suoritettu Parkanon yhteiskoulussa maaliskuukokuussa 2018. Kiitos tästä mahdollisuudesta kuuluu koulun rehtorille Tarja Männikkö-Tarsialle, joka mahdollisti kokeellisen osion suorittamisen osana opettajan työtä.

Erityisen kiitollinen olen työni ohjaajille, dosentti Jorma Joutsenlahdelle ja yliopistonlehtori Riikka Lahtiselle paitsi heidän kärsivällisyydestään ja neuvoistaan tämän projektin aikana myös kannustuksesta opettajan työn ohessa tapahtuvaan kehittämistutkimukseen. Haluan kiittää myös Petri Kangasniemeä, joka toimi ammatillisena tukihenkilönä Parkanon yhteiskoulussa ja auttoi käytännön asioiden järjestämisessä koulun arjessa. Välituntisin kahvikupin ääressä käydyt keskustelut auttoivat jaksamaan rankkoina hetkinä.

Lisäksi haluan kiittää Katria, Susannaa, Marjaanaa ja Tuuliaa mukavista automatkoista Tampereen ja Parkanon välillä. Kiitokset myös Pirjolle, Emilialle ja Annelle sekä kaikille muille Parkanon yhteiskoulun henkilökunnan jäsenille viihtyisän työympäristön luomisesta.

Lopuksi haluan kiittää perhettäni ja ystäviäni, jotka ovat tukeneet minua tämän projektin aikana. Suurimmat kiitokset ansaitsevat kuitenkin Isla ja Levi, jotka ovat huolehtineet isin ajankäytöllisistä ongelmista sekä tietenkin Jenna, joka on ihailtavan kärsivällisesti seurannut tämän työn hidasta etenemistä, samalla lapsista ja kodin järjestyksestä huolta pitäen.

Tampereella, 21.11.2018

Martti Bergström

masi.bergstrom@gmail.com

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
2.	TEOREETTINEN VIITEKEHYS	3
2.1	Kehittämistutkimus	3
2.2	Pelillistäminen.....	7
2.3	Kielentäminen	10
2.3.1	Oppilaan ajattelun ilmaiseminen	10
2.3.2	Kielentäminen kemian opetuksessa	12
2.4	Orgaanisten yhdisteiden nimeäminen	14
2.4.1	Orgaanisten yhdisteiden nimeäminen opetussuunnitelmassa	16
2.4.2	Orgaanisten yhdisteiden nimeämisen opettaminen.....	17
2.5	Formatiivinen arviointi	19
3.	TUTKIMUSKYSYMYKSET	21
4.	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	22
4.1	Käytetyt sovellukset.....	22
4.1.1	Quizlet.....	23
4.1.2	Quizizz.....	24
4.1.3	Molview	28
4.2	Oppitunnit	29
5.	TULOSTEN KÄSITTELY	33
5.1	Visailuissa käytettyjen kysymysten analysointi.....	35
5.2	Sisällönanalyysi	39
5.3	Sanallinen palaute	40
5.4	Luotettavuustarkastelu	43
5.5	Opintokokonaisuuden kehittäminen	44
6.	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	47
6.1	Keskeisimmät tulokset	47
6.2	Johtopäätökset.....	48
6.3	Jatkotutkimus	48
	LÄHTEET.....	50
	LIITE A: MUISTIINPANOT.....	56
	LIITE B: VISAILUT	59
	LIITE C: OPPILAIDEN PALAUTTEET	83

KUVALUETTELO

Kuva 1.	<i>Kehittämistutkimus on muutostarpeesta liikkeelle lähtevä iteratiivinen prosessi.</i>	4
Kuva 2.	<i>Kemian sisältöjen ymmärtämisen tasot.</i>	13
Kuva 3.	<i>Tehtävän ratkaisun eteneminen tiekarttamallin, päiväkirjamallin ja kertomusmallin mukaisesti.</i>	13
Kuva 4.	<i>3-etyyli-2-metyylipentaani. Pisimmässä hiiliketjussa on viisi hiiliatomiä ja numerointi on aloitettu siitä päästä, jota lähimpänä sivuketjut ovat. Sivuketjut on nimetty -yyli päätteisinä ja niiden eteen on lisätty numero, joka kertoo mihin pääketjuun hiileen sivuketju on kiinnittynyt.</i>	15
Kuva 5.	<i>3-hydroksi-4-hekseeni-2-oni. Hiiliketjussa on kuusi hiiliatomiä ja numerointi aloitetaan siitä päästä, kumpaa lähempänä liittyneet ryhmät tai moninkertaiset sidokset ovat. Liittyneet ryhmän on nimetty aakkosjärjestyksessä ja niiden eteen on merkitty sen hiilen numero, mihin ne ovat liittyneet.</i>	16
Kuva 6.	<i>Informaation kulku aivojen työmuistin ja pitkäaikaismuistin välillä.</i>	19
Kuva 7.	<i>Kuvakaappaus Quizlet-sovelluksen osaamisraportista.</i>	23
Kuva 8.	<i>Kuvakaappaus Quizlet-sovelluksen pelitilaraportista.</i>	23
Kuva 9.	<i>Kuvakaappaus Quizlet-sovelluksen eri pelimuodoista.</i>	24
Kuva 10.	<i>Quizlet-sovelluksen Learn-pelimuodon progressio helposta vaikeampaan, kun käsitteenä on yhdisteen nimi ja määritelmänä sen rakennekaava.</i>	25
Kuva 11.	<i>Kuvakaappaukset Quizlet-sovelluksen Match- ja Gravity-pelimuodoista.</i>	26
Kuva 12.	<i>Kuvakaappaus Quizizz-sovelluksen koontiraportista, jossa näkyvät oppilaiden vastaukset kaikkiin kysymyksiin.</i>	27
Kuva 13.	<i>Kuvakaappaus Quizizz-sovelluksen raportista yksittäisen kysymyksen vastauksista.</i>	27
Kuva 14.	<i>Kuvakaappaus Quizizz-sovelluksen raportista yksittäisen oppilaan vastauksista.</i>	28
Kuva 15.	<i>Kuvakaappaus Quizizz-sovelluksen pelitilasta.</i>	28
Kuva 16.	<i>Kuvakaappaus Molview-sovelluksen aloitusnäytöstä. Vasemmalla rakennekaava ja oikealla 3D-malli pallotikkuesityksenä.</i>	29
Kuva 17.	<i>Esimerkit erilaisista visailuissa käytetyistä kysymyksistä.</i>	37
Kuva 18.	<i>Oikeiden vastausten suhteellinen lukumäärä eri kysymystyypeissä.</i>	38
Kuva 19.	<i>Oppimistulosten ja koetun työmäärän tarkastelua.</i>	42

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1.	<i>Oppituntien rakenne ja sisältö</i>	31
Taulukko 2.	<i>Oppitunneilla käytetyt sovellukset.....</i>	32
Taulukko 3.	<i>Quizizz-visailuiden tuloksia. Luku n kertoo kuinka moneen kysymykseen oppilas on vastannut oikein ja aika t kertoo kuinka kauan yhteen kysymykseen vastaaminen keskimäärin on kestänyt. P tarkoittaa poikaa ja T tyttöä.</i>	33
Taulukko 4.	<i>Quizizz-visailuiden tulokset tyttöjen osalta.</i>	34
Taulukko 5.	<i>Quizizz-visailuiden tulokset poikien osalta.</i>	35
Taulukko 6.	<i>Erialaisten kysymystyyppien lukumäärät (N) visailuissa.</i>	36
Taulukko 7.	<i>Oppilaiden kokemukset opintokokonaisuuden toteutuksesta. Taulukon luvut kertovat, kuinka monessa vastauksessa pelillisuus, tietokoneiden käyttö ja pänttäämisen puute esiintyvät positiivisessa, neutraalissa tai negatiivisessa kontekstissa.</i>	41
Taulukko 8.	<i>Oppimistulokset ja opintokokonaisuuden aikana tehty työ oppilaiden kokemuksina.</i>	41

LYHENTEET JA MERKINNÄT

IUPAC International Union of Pure and Applied Chemistry

n kysymysten lukumäärä
N vastausten lukumäärä **P**
poika
T tyttö
t aika

1. JOHDANTO

Kemian opetukseen sisältyy perustasolla monia sääntöjä, nimeämiskäytäntöjä ja muita ulkoa opeteltavia asioita, joiden osaaminen on välttämätöntä kemian syvällisemmän oppimisen kannalta. Tämä on huomioitu myös perusopetuksen [1] ja lukion [2] opetussuunnitelmien perusteissa. Ulkoa opettelu kuitenkin on usein erittäin työlästä, tylsää ja täysin kontekstista irrallista. Lisäksi oman haasteensa nimeämiskäytäntöjen ulkoa opetteluun tuo se, että oppilaiden on liikuttava samaan aikaan kemian mikro-, makro- ja symbolisten tasojen välillä ja pystyttävä sitomaan nämä tasot toisiinsa luonnollisen kielen avulla. Tämän tutkimuksen lähtökohtana ja tavoitteena oli etsiä ja löytää erilaisia malleja näiden ongelmien ratkaisemiseksi. Tutkimus on suoritettu kehittämistutkimuksena Parkanon yhteiskoulun yläluokilla keväällä 2018 matemaattisten aineiden opettajan viransijaisuuden ohessa. Opettaja on siis toiminut oman työnsä tutkijana ja kehittäjänä, joten tutkimuksessa yhdistyvät tutkijan ja tekijän roolit.

Demonstraatioiden, kokeellisten tehtävien ja ilmöiden syy-seuraussuhteiden havainnoinnin sekä pohdiskelun vaikutusta kemian oppimistuloksiin on tutkittu runsaasti (mm. Lavonen, Meisalo et al. [3] ja Aksela [4]) ja näiden välillä on havaittu positiivista korrelaatiota. Lisäksi tutkimuksissa on havaittu positiivisen suhtautumisen oppiainetta kohtaan ja positiivisen käsityksen omasta osaamisesta oppiaineesta korreloivan oppimistulosten kanssa.[5] Saadut tulokset ovat loogisia, sillä demonstraatioissa ja kokeellisessa työskentelyssä yhdistetään jollakin aistilla tehtävä makrotason havainto teoreettiseen symbolisen tason viitekehykseen ja/tai mikrotason todelliseen tapahtumaan. Havaintojen syiden ja seurausten pohdiskelu tuo lisäksi mukaan kielellisen tason, joka auttaa jäsentämään tietoa paremmin kokonaisuudeksi.

Opetussuunnitelmaan ja opettamiseen perustuva luokassa tapahtuva tutkimus- ja kehitystyö on tärkeä apuväline, jonka avulla opettajat ja oppilaat voivat saavuttaa parempia oppimistuloksia. [6] Tämän tutkimuksen perustana on ollut myös tutkijan oman opettajuuden ja opetusmenetelmien kehittäminen. Yhtenä keskeisimpänä tavoitteena oli löytää prosessi, joka motivoi oppilaita opettelemaan ulkoa tarpeellisia nimeämissääntöjä hausalla ja innostavalla tavalla.

Useissa tutkimuksissa erilaisten pelien on havaittu lisäävän oppilaiden mielenkiintoa, motivaatiota ja nautintoa oppimista kohtaan [7][8]. Pelillisyyden hyödyntämisen osalta tämä tutkimus keskittyi Parkanon yhteiskoulun toiveesta kahteen erilaiseen selainpohjaiseen visailuun, jotka ovat koulussa laajasti käytössä ja siten opettajille sekä oppilaille entuudestaan tuttuja. Pyrkimyksenä ja toiveena onkin, että tämän tutkimuksen tuloksia voidaan tulevaisuudessa hyödyntää laajemmin koulun opettajien keskuudessa myös muissa oppiaineissa.

Kielentäminen on mielenkiintoinen ja monikäyttöinen käsite, jolla tarkoitetaan ajatus- tai ongelmanratkaisuprosessin jäsentämistä ja ilmaisemista, yleensä suullisesti tai kirjallisesti. Sitä voi hyödyntää samanaikaisesti sekä oppilaiden ymmärryksen lisäämiseen ja helpottamiseen, että oppilaan osaamisen arviointiin, koska se antaa opettajalle kuvan oppilaan käymästä ajatusprosessista ongelmanratkaisutilanteessa. On tärkeää muistaa, että kielentäminen on taito, jota voi ja pitää harjoitella, mikäli sitä halutaan hyödyntää opetuksessa tehokkaasti. [9] Kielentämisen hyödyntäminen kemian opetuksessa ei ole tämän tutkimuksen päätarkoitus, mutta valitun pelillistämismuodon eli visailuiden toteutukseen on mahdollista integroida myös kielentämisen elementtejä.

Diplomityö rakentuu kuudesta luvusta. Luvussa 2 perehdytään tämän tutkimuksen kannalta olennaisin osin kehittämistutkimuksen, pelillistämisen ja kielentämisen teoriaan, sekä tarkastellaan, mitä opetussuunnitelmaan on kirjattu orgaanisten yhdisteiden nimeämisestä ja luvussa 3 on esitetty teoreettisen viitekehyksen pohjalta muotoutuneet tutkimuskysymykset. Luvussa 4 käsitellään tutkimusprosessin etenemistä ja intervention käytännön toteutusta. Luku 5 on omistettu tärkeimpien tulosten ja havaintojen käsittelylle, luotettavuustarkastelulle ja opintokokonaisuuden kehittämis ehdotuksille. Luvussa 6 pohditaan tutkimustulosten soveltuvuutta käytännön opetustyöhön, jatkotutkimusehdotuksia sekä mahdollisuuksia tulosten hyödyntämiseen muiden aineiden opetuksessa.

2. TEOREETTINEN VIITEKEHYS

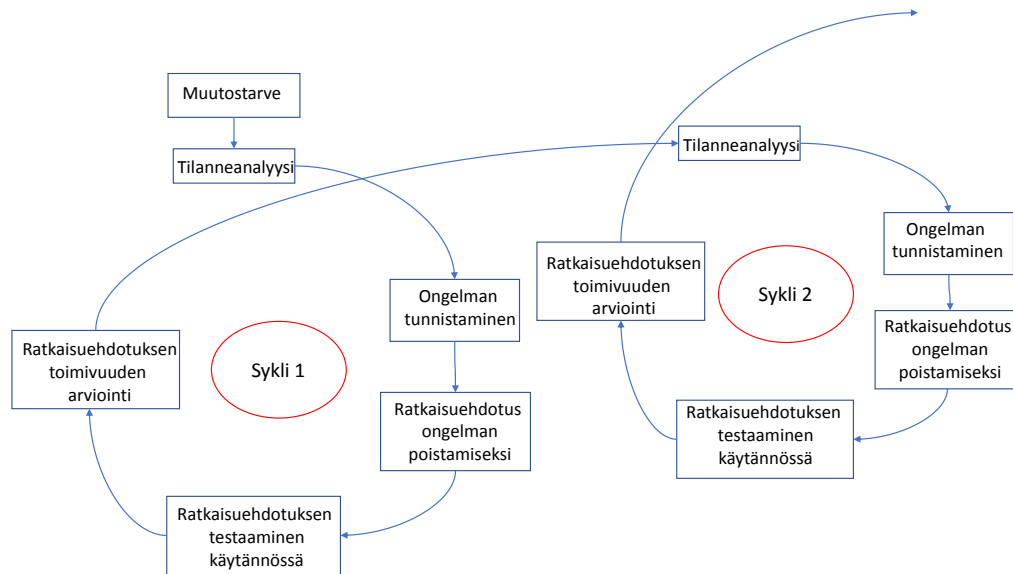
Aloitetaan teoreettinen tarkastelu tutustumalla kehittämistutkimukseen tutkimusmenetelmänä, jota on viime vuosina tutkittu ja käytetty paljon opetuksen kehittämiseen [10]. Siirrytään sen jälkeen tarkastelemaan pelillistämisen ja kielentämisen menetelmiä, joita on tutkittu opetuskäytössä runsaasti erikseen (mm. Dicheva [11], Sarikka [12] ja Joutsenlahti [13]), mutta ei juurikaan yhdessä. Toteutuksen kannalta ensiarvoisen tärkeää on tarkastella molemmista menetelmistä saatuja tutkimustuloksia erikseen, jotta niitä voi hyödyntää myös yhdessä. Kokonaisuuden hahmottamisen kannalta on myös olennaista tutustua siihen, mitä opetussuunnitelman perusteella peruskoulun päättävältä oppilaalta orgaanisten yhdisteiden nimeämisestä edellytetään ja miten näitä perinteisesti on opetettu.

2.1 Kehittämistutkimus

Kehittämistutkimus on pohjimmiltaan iteratiivinen prosessi, joka alkaa siitä, kun käytännöissä havaitaan jokin ongelma. Ongelma voi liittyä siihen, että ei tiedetä miten jokin prosessi pitäisi tehdä, tai vaihtoehtoisesti käytössä voi olla tuoretta tutkimustietoa uusista menetelmistä. [14] Perinteisesti kehittämistutkimusta on käytetty teollisuuden prosessien kehittämiseen, optimointiin ja uudistamiseen. Iteratiivisena prosessina kehittämistutkimus soveltuu hyvin juuri teollisuuteen, jossa on usein tarvetta hienosäätää ja vähitellen parantaa jo olemassa olevaa prosessia. Myös monet ohjelmistoalan sovelluskehitysprosessit saattavat sisältää useita kehittämistutkimuksesta tuttuja kehittämissyklejä. Kehittämissykli koostuu kehittämis-, arviointi- ja raportointivaiheista, joiden pohjalta tuotoksia kehitetään, arvioidaan, jatkokehitetään ja uudelleen arvioidaan [14] [10].

Kehittämistutkimuksella on myös vahva suhde innovaatioihin, sillä kehittämistutkimuksessa voidaan todeta olevan kyse innovaatioiden tutkimuspohjaisesta kehittämisestä. Teollisuudessa tästä käytetään usein nimitystä innovointi. Innovaatio on sosiaalinen ilmiö, joka liittyy yksilön, ryhmän tai organisaation uuden asian omaksumiseen. Innovointi puolestaan on toimintaa, joka tukee tämän uuden tiedon käyttöönottoprosessia. [15] Sillä, miten kehitetty innovaatio saadaan siirrettyä osaksi organisaation käytäntöjä, mitä kehittämissuunnitelmasta opitaan ja millaista teoriaa sen avulla pystytään luomaan, on tieteellisesti luotettavan kehittämisen kannalta suuri merkitys. Tätä siirtymisilmiötä kutsutaan innovaation diffuusioksi [16] [17]. Kuvassa 1 on esitetty kehittämistutkimusprosessin etenemistä (vertaa Pernaa [10] ja Kananen [18]).

Kehittämistutkimus on opetuksen tutkimuksessa suhteellisen nuori tutkimusmenetelmä, mutta viime vuosina sitä on alettu käyttää yhä enemmän myös opetuksen kehittämiseen. Kehittämistutkimus on tutkimusmenetelmänä ollut käytössä jo 90-luvun alkupuolella, mutta vasta 2000-luvulle tultaessa tietoisuus ja menetelmäosaaminen alkoivat kasvaa, mikä



Kuva 1. Kehittämistutkimus on muutostarpeesta liikkeelle lähtävä iteratiivinen prosessi.

näkyi myös julkaistujen tutkimusartikkelien määrän kasvuna. Kehittämistutkimus on syntynyt tarpeesta kehittää opetusta todellisista opetustilanteista nousevien tarpeiden mukaisesti, mutta kuitenkin tutkimuspohjaisesti. Motivaattorina on toiminut myös opetuksen tutkimusta kohtaan esitetty kritiikki, jonka mukaan saadut tutkimustulokset eivät ole tuottaneet kentällä toimivien opettajien työn tueksi konkreettista tietoa ja kehitysehdotuksia [10].

Yhtenä kehittämistutkimuksen vahvuutena pidetään mahdollisuutta hyödyntää samanaikaisesti kvalitatiivisia ja kvantitatiivisia tutkimusmenetelmiä. Tällöin puhutaan monimenetelmäisestä tutkimuksesta. Tällaisen tutkimuksen etu on määrällisten mittausten avulla saatava tuki laadullisille havainnoille. Tutkittavasta ilmiöstä saadaan kokonaisvaltainen kuva ja tutkimuksen luotettavuus paranee tulosten konvergoitumisen ansiosta, mikä mahdollistaa laajempien yleistysten tekemisen. Toisaalta tämän menetelmän haasteena on tutkimusresurssien kasvu, sillä tutkimus vie enemmän aikaa ja tutkijan on hallittava useampia menetelmiä. [19]

Kehittämistutkimuksen luotettavuutta kritisoidaan usein tutkimuskirjallisuudessa (mm. Dede [20] ja Pernaa [10]), koska sille ei ole määritelty täysin yhteneviä tutkimuskäytäntöjä ja usein dataa saadaan paljon. Tämä aiheuttaa tutkijoille haasteita datan objektiivisessa ja puolueettomassa analysoinnissa. Deden [20] mukaan laajojen ja pitkin tutkimisprojektien koordinointi, tutkimusmenetelmien standardointi ja teoriapohjan vahvistaminen ovat kehittämistutkimuksen suurimpia haasteita. Tieteellisen tutkimuksen luotettavuuden arviointiin käytetään perinteisesti validiteettia ja reliabiliteettia, jotka ovat kehittyneet määrällisen tutkimuksen mittareiksi. Tämän vuoksi ne eivät sellaisenaan ole sovellettavissa kehittämistutkimukseen, joka sisältää usein laadullisia osioita. Kehittämistutkimuksen luotettavuustarkastelussa avoimuutta, luotettavuutta ja yksityiskohtaista dokumentaatiota pidetäänkin tärkeimpinä huomioitavina seikkoina [10].

Kehittämistutkimuksen toteutus ja raportointi eroavat hieman perinteisten tieteellisten tutkimusten vastaavista. Kehittämistutkimuksessa kehitettävää ilmiötä tarkastellaan todellisissa olosuhteissa ja tutkimukseen osallistujia voidaan hyödyntää kehittämisprosessissa. Perinteisessä kvantitatiivisessa tutkimuksessa puolestaan pyritään mittaamaan muuttujia ja tutkimukseen osallistujia tarkastellaan puhtaasti koehenkilöinä. Kehittämistutkimuksessa mitattavia muuttujia on enemmän kuin perinteisillä tutkimusmenetelmillä, koska siinä tutkimustilanne on avoin. [21] [10]

Perinteinen tutkimusjulkaisu koostuu johdannon ja tiivistelmän lisäksi neljästä osiosta, joita ovat teoreettinen viitekehys, tutkimusmenetelmät, tulokset ja pohdinta. Kehittämistutkimuksen raportista tulisi käydä ilmi

- teoriaan ja kontekstiin kytketyt kehittämistavoitteet
- tutkimusasetelman tarkka kuvaus, jolloin pystytään arvioimaan syklittäistä muutosta
- syklittäiset kehittämiskuvaukset, joista käy ilmi millaisia muutoksia kehittämisessä tehtiin
- syklittäiset kehittämistulokset
- pohdintaosuus, jossa otetaan kantaa kehittämisen mahdollisuuksiin ja haasteisiin.

Kehittämiskuvauksen laadintaan ei ole olemassa yhtä yleisesti hyväksyttyä mallia. Helsingin yliopiston kemian opettajankoulutusyksikkö suosittelee raportin organisoimista yllä mainittujen sisältöjen mukaan kronologisessa järjestyksessä, kun taas Collinsin, Josephin ja Bielaczycin [21] mukaan näiden asioiden selkeä ilmaiseminen raportissa riittää. [10]

Oman haasteensa kehittämistutkimukseen tuo myös sen samankaltaisuus toimintatutkimuksen kanssa. Molempien menetelmien tavoitteena on tehdä teoriaan pohjautuvaa kehittämistä ja iteroida kohti parempaa lopputulosta. Lisäksi menetelmien tavoitteena on kehittää tutkimuskohdetta ja siihen liittyvää ympäristöä. Toimintatutkimuksessa kuitenkin pyritään kehittämään paikallisesti toimivia ratkaisuja, ja on tavallista, että tutkija on omaa opetustaan tutkiva opettaja. Kehittämistutkimuksessa puolestaan tutkiva opettaja ei yleensä pyri suoraan kehittämään omaa opetustaan, vaan tarkastelee kehittämistä enemmänkin ulkopuolisena tutkijana, jonka tavoitteena on tuottaa mahdollisimman laajalle yleisölle siirrettäviä kehittämistuotoksia. Tästä syystä kehittämistutkimus on koettu hyvin oppinäytetöihin soveltuvaksi tutkimusmenetelmäksi. [22] [10]

Kehittämistutkimuksen tavoitteena on perinteistä opetuksen ja oppimisen teoreettista ymmärtämistä pragmaattisempi pyrkimys parantaa opetuksen ja oppimisen käytäntöjä. Kehittämistutkimusta onkin hyödynnetty luomaan linkkejä teoreettisen tutkimustiedon ja käytännön opetusratkaisujen välille. Kehittämistutkimuksessa yhdistyvät opetuksellisen tuotteen eli artefaktin suunnittelu ja suunnitelluissa olosuhteissa tapahtuvan oppimisen tutkimus. Tutkimusongelma perustuu usein konkreettiseen käytännön ongelmaan, jota halutaan parantaa.[14]

Kemian opetuksessa kehittämistutkimusta on käytetty esimerkiksi kemiallisten sidosten opettamiseen tietokonemallinnuksen avulla. Ghulamin [23] tutkimuksessa lähtökohtana on ollut kehittää sellaisia tietokoneella suoritettavia molekyyllimallinnustehtäviä, jotka auttavat oppilaita ymmärtämään kemiallisen sidoksen käsitettä, joka on yksi kemian opiskelun perusasioista. Tutkimuksessa on lähdetty liikkeelle havainnosta, että oppilaiden ymmärrys kemiallisista sidoksista ei ole ollut lähtötilanteessa korkealla tasolla ja tähän ongelmaan on lähdetty kehittämään konkreettista ratkaisua uudentyyppisen tehtäväpaketin muodossa. Tutkimuksessaan Ghulam havaitsi, että kehittämistutkimus soveltuu tutkimusmenetelmänä erinomaisesti tutkimukseen, jossa halutaan luoda jokin konkreettinen ja käyttövalmis sisältökokonaisuus.

Kemian opetukseen liittyvät kehittämistutkimukset ovat usein erilaisia verkkomateriaaleja, kuten Haataisen [24] ja Savolaisen [25] pro gradu-tutkielmat tai jonkintyyppinen tehtäväpaketti, kuten Meriläisen [26] pro gradussa. Savolaisen ja Haataisen verkkomateriaalit ovat eheyttävää kemian opetusta tukevia. Eheyttävällä kemian opetuksella tarkoitetaan asiasisältöjen opettamista monialaisesti mielekkäässä arkielämän asiayhteydessä. Savolaisen tutkimuksessa tutustutaan sipulin kemiaan ja Haataisen tutkimuksessa suklaan kemiaan. Näistä luodut verkkomateriaalit sitovat kemian opetussisältöjä arkielämään ja muihin oppiaineisiin. Meriläisen tutkimuksessa puolestaan tutustutaan mustikan ja puolukan kemiaan kokeellisten kotitehtävien avulla. Tutkimuksessa on siis luotu kokeellinen kotitehtäväpaketti hyödynnettäväksi osana ruokakemian opetuskokonaisuutta.

Yllä kuvatun tyyppisiä artefakteja voi kehittämistutkimusta käyttäviltä opinnäytetöiltä odottaa, sillä opinnäytetyöhön käytettävissä oleva aika rajaa usein kehittämistutkimuksen keston yhteen tai maksimissaan kahteen sykliin ja sisällöltään varsin rajatuksi kokonaisuudeksi. Aikarajoituksesta aiheutuva tutkimuskohteen huolellinen rajaaminen on yksi opinnäytetyönä toteutettavan kehittämistutkimuksen haastavimmista osista [10].

Kehittämistutkimusta on hyödynnetty myös Helsingin yliopiston kemian kurssien kehittämisessä yliopistojen tutkintouudistuksen aiheuttamien muutosten yhteydessä. Tutkintouudistuksen vuoksi kurssien laajuudet, opiskelijamäärät ja sisällöt muuttuivat, jolloin kurssin kokonaistoteutusta oli mietittävä uudelleen. Tällainen kokonaisen kurssin uudistamisprosessi on suurta työmäärää vaativa prosessi, johon osallistuu yleensä useampia tutkijoita sekä kehittäjän, että ulkopuolisen arvioijan roolissa. Tässä laajuudessa kyseessä on huomattavasti suurempi kehittämisprosessi kuin opinnäytetyönä tehtävät opetus- tai tehtävämateriaalit, jotka käsittelevät paljon rajatumpaa aihealuetta.[10] Aineenopettajan näkökulmasta vastaava kehittämisprojekti voisi olla lukion kurssikokonaisuuden kehittäminen tai peruskoulun yläluokilla jaksomuotoisessa opetuksessa yhden jakson opetussisällön kehittämisprojekti.

Etenkin Helsingin yliopiston kemian opettajankoulutuslaitoksella kehittämistutkimus on ollut suosittu menetelmä opinnäytetöissä, vuonna 2013 valmistuneista opinnäytetöistä noin 40% oli kehittämistutkimuksia [10]. Kehittämistutkimuksessa opettajaksi valmistuva pääsee vahvistamaan tutkimisen taitojaan sekä analysoimaan opetusta. Lisäksi tällaisesta

tutkimuksesta jää opiskelijalle konkreettinen tuotos, josta on myöhemmin hyötyä hänelle itselleen ja mahdollisesti myös muille kemian opetuksen yhteisön jäsenille. [10]

2.2 Pelillistäminen

Pelillistämällä tarkoitetaan yleensä sisällön välittämistä, jossa päätavoitteena on yksilön osallistaminen ja hänen huomionsa saaminen, ja joka suoritetaan peleistä tuttujen dynamiikkojen ja mekaniikkojen avulla. Pelillistämisessä sisältöä välitetään muista syistä kuin viihtymisen vuoksi. [27] Pelillistämislle ei kuitenkaan ole olemassa yhtä ja yhteisesti sovittua määritelmää.

Erään määritelmän mukaan pelillistämisen sovellukset voidaan jakaa karkeasti kahteen ryhmään, eksplisiittisiin ja implisiittisiin. Eksplisiittisessä pelillistämisessä lopputulos on selvästi pelin kaltainen kokemus, kuten opetuspelejä, jossa oppilas tietää pelaavansa peliä. Implisiittisessä pelillistämisessä puolestaan hyödynnetään pelillistämistekniikoita ilman konkreettista peliä. Esimerkiksi oppilaiden omilta päätelaitteilta on mahdollista kiertää reaaliajassa vastaukset tunnilla esitettyyn kysymykseen. [28]

Toisen määritelmän mukaan pelillistäminen sisältää useita osia ja ominaisuuksia, jotka luovat pelillisen lopputuotteen. Tämän määritelmän mukaan pelillistävä kokonaisuus ei kuitenkaan voi sisältää kaikkia peliltä vaadittavia osia, koska silloin siitä muodostuu peli, eikä kyseessä enää ole pelillistäminen. [29] Yllä mainittu eksplisiittien pelillistäminen ei siis mahdu tämän pelillistämisen määritelmän sisään.

On kuitenkin turhaa yrittää rajoittaa pedagogiikkaa akateemisten määritelmien sisään, joten rajataan tämän tutkimuksen osalta pelillistäminen seuraavasti: tässä tutkimuksessa pelillistämällä tarkoitetaan pelillisten mekaniikoiden ja dynamiikoiden sekä pelien sellaista hyödyntämistä opetuksessa, missä uusia käsitteitä opetellaan pelinomaisin menetelmin ja pelaamalla.

Ensimmäisen kerran pelillistäminen esiintyi terminä vuonna 2008, mutta sen käyttö on yleistynyt laajemmin vasta vuoden 2010 loppupuolella. Terminä pelillistäminen on kiistanalainen, minkä vuoksi erityisesti peliteollisuuden edustajat ovat kehittäneet rinnakkaisia termejä, kuten pelimäinen suunnittelu. [30] Monet pelillistämiseen liittyvät käsitteet ovat kuitenkin olleet tunnettuja jo vuosikymmeniä. Jo 1980-luvulla on tutkittu sitä, mitkä tekijät tekevät pelistä nautinnollisen kokonaisuuden ja mistä osatekijöistä miellyttävä pelaaminen muodostuu. [27] [30] Pelien tutkimuksessa tulisi Mäyrän [31] mukaan aina huomioida paitsi pelin sisällölliset seikat, myös pelaamiseen liittyvät mekaniikat ja käytännöt.

Koska pelillistämisen käsitteet itsessään eivät ole millään muotoa uusia, on niitä sovellettu käytäntöön vuositasojen, ellei jopa vuosituhansien; ovathan erilaiset pelit, leikit ja kisat olleet osa ihmisen historiaa jo tuhansien vuosien ajan. Näille pelillistämisen ensimmäisille muodoille ei vain ole käytetty yhteistä nimittäjää. Esimerkiksi lautapeleistä shakki on 1400 vuotta vanha sotasimulaatio, joka perustuu vielä varhaisempiin lautapeleihin. Ensimmäiset

digitaalisen pelillistämisen sovellukset löytyvät kuitenkin yritysmaailman asiakasuskollisuusohjelmista ja markkinointimateriaaleista. Luottokorttiyhtiöiden kanta-asiakastasot, joita saavuttaa kun ostaa enemmän luotolla ovat tuttu näky jo viime vuosituhannen puolelta. [32] Lähes jokaisessa verkkokaupassa on vastaavia kanta-asiakasohjelmia ja jopa perinteiset kivijalkayritykset hyödyntävät pelillistämisen keinoja markkinoinnissaan.

Miksi pelillistäminen parantaa oppimistuloksia? Syy tähän on aivoissa tapahtuvissa neurokemiallisissa reaktioissa ja niiden seurauksena vapautuvissa hormoneissa ja välittäjäaineissa, jotka säätelevät kehon toimintaa. Erityisesti dopamiini, serotoniini, oksitosiini ja endorfiinit ovat pelillistämisen saatujen oppimistulosten takana. [33] [34] Näillä välittäjäaineilla on monia tehtäviä, joten tarkastellaan niitä, joilla on pelillistämisen kannalta olennainen merkitys. Dopamiini toimii erityisesti motivaation kasvattajana, sillä dopamiinia vapautuu saaavutusta odottaessa. Dopamiinilla on havaittu olevan tärkeä rooli assosiativisessa oppimisessa, eli se auttaa luomaan yhteyksiä tekojen ja seurauksien välillä. [33] Oksitosiini puolestaan luo siteitä henkilöiden välille, minkä vuoksi tarinat jäävät paremmin mieleen kuin pelkät faktat. Aivomme luovat oksitosiinin avulla siteitä myös kuvitteellisiin henkilöihin. [35] Serotoniini säätelee mielialaa, ja sitä vapautuu, kun ihminen tuntee itsensä tärkeäksi, halutuksi ja ylpeäksi. Serotoniinin vapautuminen saa siis ihmisen hyväntuuliseksi. [36] Endorfiinit puolestaan ovat luontaisesti ihmiskehossa syntyviä opioideja, joita keho tuottaa reaktiona tiettyihin ärsykkeisiin. ERäs tällainen ärsyke on haasteesta selviäminen. Haaste on usein fyysinen, esimerkiksi urheilusuoritus, mutta se voi olla myös älyllinen. Endorfiinit tuottavat hyvinolontunteen jonkin saavutuksen jälkeen ja niillä on jopa morfiinin kaltaisia vaikutuksia. [37]

Pelillistämisen tarkastelu opetuskäytössä on hyvä aloittaa tutustumalla opetuspelien historiaan, sillä opetuskäytössä pelillistämisen ja pelaamisen välinen ero on usein häilyvä. Opetuspelejä ja pelillistämistä saatetaan käyttää toisiinsa tiukasti limittyneinä, jolloin ne muodostavat yhdessä opetuskokonaisuuden. Erilaisia lautapelejä, ja viime vuosikymmeninä myös digitaalisia pelejä, on hyödynnetty opetuksessa jo pitkään, ja tällaisista peleistä käytetään myös termiä hyötypelit. Opetuspelien ongelmana pidetään usein sitä, että yleensä ne kattavat vain pienen yksittäisen osan isommasta opetuskokonaisuudesta. Tällöin niitä on helppo sisällyttää opetukseen, mutta niitä ei välttämättä tule käytettyä riittävän säännöllisesti. Koko opetuskokonaisuuden kattavan opetuspelin suunnittelu ja toteutus olisi hyvin työlästä [38] ja digitaalisessa ympäristössä myös kallista.

Kehittyvä teknologia mahdollistaa aiempaa monipuolisemmat välineet aktiiviseen oppimiseen. Niemen ja Multisillan teoksessa Rajaton Luokkahuone [39] on esitelty toimivia ja matalan kynnyksen käytännön ratkaisuja, joiden avulla erilaisia teknologioita voidaan tuoda osaksi koulun arkea. Teoksessa nostetaan esiin erityisesti erilaiset oppimispelit, jotka on todettu oppilaita innostavaksi opetusmenetelmäksi niiden koukuttavuuden takia. Samalla hyvin toteutetut oppimispelit haastavat oppilaiden osaamista ja kehittävät näiden ongelmanratkaisutaitoja. Lasten ja nuorten on myös todettu käyttävän teknologiaa sujuvasti ja sen on todettu motivoivan heitä opiskeluun.

Pelien hyödyntämistä kemian opetuksessa on tutkittu esimerkiksi Valencian teknillisessä yliopistossa, jossa havaittiin yliopisto-opiskelijoiden saavuttavan parempia oppimistuloksia, kun kurssin opetukseen on integroitu Kahoot!-visailusovelluksella¹ suoritettavia harjoituksia ja testejä. Tutkimuksessa verrattiin opiskelijoiden oppimistuloksia, arvosanojen mediaania ja kurssikokeesta läpipäässeiden prosenttiosuutta edeltävän vuoden tuloksiin ja havaittiin kummankin olevan merkittävästi korkeampia, kun kurssilla käytettiin pelillistämisen keinoja opetuksessa. Tutkimuksessa käytetty Kahoot!-visailusovellus on toimintaperiaatteiltaan hyvin samanlainen kuin Quizizz-sovellus ja myös hyvin laajalti opetuskäytössä. [40]

Mellor ja muut [41] puolestaan ovat kehittäneet lukio- ja korkeakouluopiskelijoille suunnatun opetuspelin, jossa on tavoitteena esitellä vihreän kemian ja turvallisen kemikaalisuunnittelun käsitteitä. Peli on suunniteltu siten, että siinä opiskelijat joutuvat pohtimaan ekologisia ja kestävän kehityksen periaatteita suunnitellessaan hypoteettista kemiallista tuotetta. Pelissä esitellään kemikaalien tuotekehityksen eri vaiheita, ja pelin kehittäjien toiveena on, että integroimalla peli osaksi kemian peruskurssien sisältöä, opiskelijoita voitaisiin innostaa kemian pääaineopiskelijoiksi. Opettajat ovat päässeet arvioimaan peliä osana sen kehitysprosessia.

Mellorin ja muiden kehittämä peli on erityisesti suunniteltu uusien sisältöjen opettamiseen, mutta Annaggarin ja Tiemannin [42] mukaan pelejä voi käyttää myös osaamisen ja suoriutumisen arviointiin. Tutkimuksessaan he havaitsivat, että pelaamisen avulla on mahdollista määrittää osaamistason lisäksi oppilaiden vahvuuksia ja heikkouksia ongelmanratkaisuprosessin eri vaiheissa. Peli on tarinan ja sisällön osalta suunniteltu saksalaisille 9-luokkalaisille ja se käsittelee happoja, emäksiä ja indikaattoreita. Peli koostuu kolmesta osasta, joista ensimmäisessä pelaaja saapuu Alkemistikaupunkiin ja hänen täytyy kerätä informaatiota kommunikoimalla muiden hahmojen kanssa. Toisessa vaiheessa pelaaja kohtaa eri tasoisia ongelmanratkaisutilanteita ja hankkii samalla erilaisia materiaaleja. Kolmannessa vaiheessa pelaajan odotetaan luokittelevan erilaisten kokeiden avulla nämä materiaalit happoihin ja emäksiin. Kolmannen osion päätteeksi on monimutkaisempia ongelmanratkaisutilanteita, jotka pelaajan on ratkaistava. Tässä osiossa näihin monivalintakysymyksiin on kolme oikeaa vastausta, joista jokainen osoittaa tiettyä ongelmanratkaisukyvyyn tasoa, joita Annaggarin ja Tiemannin mukaan on kolme. Tutkimuksen perusteella peliä pelanneet voitiin jakaa ongelmanratkaisussa hyvin suoriutuviin, keskinkertaisesti suoriutuviin ja heikosti suoriutuviin heidän vastaustensa perusteella.

Mahardhika ja muut [43] puolestaan ovat kehittäneet alkuaineiden jaksollisen järjestelmän opettamiseen tarkoitetun keräilykorttipelin. Pelissä jokaista alkuainetta ja sen kemiallista merkkiä edustaa jokin hirviö tai hahmo, jolla on tiettyjä kykyjä tai ominaisuuksia, jotka on johdettu alkuaineen nimestä tai ominaisuuksista. Hahmon lisäksi alkuaineet on värikoodattu, jolloin saman ryhmän alkuaineet ovat keräilykorttipelissä samassa ryhmässä ja jakavat

¹<https://kahoot.com/>

samoja ominaisuuksia, kuten jaksollisessa järjestelmässä. Tietty kortin väri ja jokaista alkuainetta kuvaava ainutkertainen ja visuaalisesti näyttävästi toteutettu hahmo tai hirviö auttavat oppilasta muistamaan alkuaineen nimen ja kemiallisen merkin paremmin. Keräilykorttipeli sisältää aluksi vain 20 alkuainetta, mutta laajennettuna sisältämään useampia alkuainetta pelin uskotaan tarjoavan oppilaille mielenkiintoisen vaihtoehdon kemiallisten merkkien ulkoa opetteluun.

2.3 Kielentäminen

Kielentämisellä tarkoitetaan oman ajatusprosessin jäsentämistä ja sen ilmaisemista kielen avulla, yleensä kirjallisesti tai suullisesti. Kielentämisessä pyritään liittämään yhteen luonnollisen kielen lisäksi symbolikielen ja kuviokielen merkityksiä. Luonnollisella kielellä tarkoitetaan tässä yhteydessä puhuttuja kieliä, kuten suomea tai englantia. Luonnollisen kielen avulla pyritään välittämään tietoa ajatusprosessin etenemisestä ja esittämään perusteluita prosessissa tehdyille valinnoille. Symbolikieli sisältää esimerkiksi kemiallisten yhdisteiden molekyylikaavoja, lyhenteitä ja matemaattisia symboleita. Kuviokieli voisi puolestaan pitää sisällään esimerkiksi molekyylien rakennekaavoja tai 3D-malleja, mutta usein nämä mielletään kemian opetusisällöissä symbolisen kielen objekteiksi. [9] [13]

Kielentäminen voidaan nähdä myös prosessina, jossa oppilas muodostaa abstrakteille asioille merkityksiä. Oppilaalla on monia keinoja tähän merkityksenmuodostusprosessiin, ja ne ovat osin yksilöllisiä, osin kulttuurisidonnaisia. Tätä prosessia tukee se, että asioita ilmaistaan monin eri tavoin, puhumalla ja kirjoittamalla, symboleilla, kuvilla sekä malleilla. Tällöin oppilas muodostaa uudelle asialle erilaisia merkityksiä, jotka hän voi siihen jatkossa yhdistää. Esimerkiksi matematiikassa alakoulun oppilas voi yhdistää toisiinsa kuvan neljään osaan leikatusta piirakasta ja murtoluvun $\frac{1}{4}$. [44]

2.3.1 Oppilaan ajattelun ilmaiseminen

Luonnollisen kielen käyttäminen ongelmanratkaisussa ja vastausten esittämisessä auttaa oppilasta jäsentämään matemaattista ajatteluaan sekä auttaa paremmin ymmärtämään usein abstrakteja käsitteitä luonnontieteissä. Ajattelun ilmaiseminen luonnollisen kielen ja kuvien avulla näyttäisi auttavan useimpia oppilaita tehtävien ratkaisuvaiheessa kaikilla opetuksen tasoilla esi- ja alkuopetuksesta korkeakouluasteelle. [45] Matemaattisen ajattelun kielentämisessä on havaittu kolme käyttökelpoista tapaa ilmaista ajattelua. Koulun kontekstissa tämä tarkoittaa, että oppilas osaa ilmaista itseään ja ajatusprosessiaan tehtävien ratkaisuvaiheessa ja vastausten esittämisen yhteydessä symbolisen kielen, luonnollisen kielen tai kuvakielen avulla. [45][44]

Kielentämisen tavoitteena on kehittää oppilaiden omien merkityksien luomisen prosessia, jossa abstraktit symbolit saavat oppilaan ajatusprosessissa jonkin ymmärrettävän merkityksen, joka voidaan ilmaista sanoin tai kuvin. Samanaikaisesti kielentäminen on opettajan

työkalu oppilaan osaamisen ja ymmärryksen arviointiin. Ajatuksena on myös se, että pakottamalla oppilaat käyttämään useampaa eri ilmaisutapaa osana ongelmanratkaisuprosessia he oppivat aiheen syvällisemmin. [44]

Luonnontieteiden opiskelussa ei riitä, että opettelee ulkoa tarvittavat kaavat ja algoritmit tai harjoittelee esimerkkitehtävien avulla. Näiden lisäksi opiskeltavia asioita tulee ymmärtää erilaisissa konteksteissa ja osata soveltaa niitä monenlaisissa tilanteissa. Luonnollisen kielen lisääminen tehtävien ratkaisuprosessiin paitsi auttaa ymmärtämään asiaa syvällisemmin ja helpottaa opitun soveltamista erilaiseen tilanteeseen, myös mahdollistaa kokeeseen kertaamisen aiemmin tehtyjen tehtävien avulla, koska ratkaisut ovat helpommin luettavissa ja tulkittavissa. Toisaalta luonnollisen kielen käyttäminen tehtävien ratkaisussa voidaan nähdä myös eräänlaisena primitiivisenä askeleena, jonka avulla päästään käsiksi syvällisempään oppimiseen ja tehtävän ratkaisemiseen symbolien avulla. [46]

Matematiikan tehtäviä tutkittaessa oppilaiden vastaukset on pystytty luokittelemaan ratkaisutapojen perusteella viiteen eri ratkaisumalliin, joissa on käytetty symbolisen kielen lisäksi luonnollista tai kuviokieltä eri tavoin ja vaihtelevia määriä. Näitä ratkaisumalleja kutsutaan myös kirjallisen kielentämisen malleiksi ja ne ovat nimiltään standardimalli, kertomusmalli, tiekarttamalli, päiväkirjamalli ja kommenttimalli. Tehtävien erilaisen luonteen vuoksi näitä malleja ei luultavasti löydy orgaanisten yhdisteiden nimeämistehtävistä sellaisenaan, mutta kemian reaktioyhtälötehtävien ratkaisu saattaisi edetä niiden mukaisesti. Ratkaisumallit kuvaavat sellaisten tehtävien ratkaisujen etenemistä, joissa käytetään välivaiheita. Nimeämistehtävissä näin ei suoranaisesti ole, vaikka ajatusprosessissa sellaisia saattaakin esiintyä. Samoihin ratkaisumalleihin päätyminen edellyttäisi tehtävien rakentamista puhtaammin kielentämisen näkökulmasta, mikä ei ole tämän tutkimuksen lähtökohdista järkevää. [47] [13]

Matematiikan kielentämisen tutkimuksessa on voitu luokitella kielentämistehtävät yhdeksään eri tehtävätyyppiin sen mukaan, millä tavalla niissä kielentämistä hyödynnetään. Tällaisia tehtävätyyppejä ovat [46] [47] [12]:

1. **Koodaustehtävä**, jossa oppilas ilmaisee symbolikielellä esitettyjä asioita luonnollisella kielellä tai päinvastoin. Koodaus voi olla myös kuviokielen ja luonnollisen kielen välistä.
2. **Täydennystehtävä**, jossa oppilaan on täydennettävä puutteelliseen tehtävän ratkaisuun siitä puuttuvat osat.
3. **Virheenetsintätehtävä**, jossa oppilas etsii annetusta ratkaisusta virheitä tai puutteita ja korjaa ne.
4. **Ratkaisusta tehtävä -tehtävä**, jossa oppilaan on annetun ratkaisun pohjalta laadittava siihen soveltuva tehtävänanto.
5. **Ratkaisun argumentointi -tehtävä**, jossa oppilaan on argumentoitava tehtävän ratkaisua kielten eri osa-alueilla. Ratkaisu voi olla annettu tai oppilaan oma.

6. **Tiedonseulontatehtävä**, jossa oppilas etsii tehtävänannosta ratkaisun kannalta olennaisen informaation.
7. **Omin sanoin selitys -tehtävä**, jossa oppilas selittää jonkin asian tai ilmiön omin sanoin käyttämättä symbolista kieltä.
8. **Matematiikan konkretisointi -tehtävä**, jossa oppilas keksii matemaattiselle sisällölle vastineen tai käyttötarkoituksen arkielämästä.
9. **Ratkaisun järjestäminen -tehtävä**, jossa oppilaan on järjestettävä valmiiksi annetut, mutta epäloogisessa järjestyksessä olevat välivaiheet loogiseen järjestykseen.

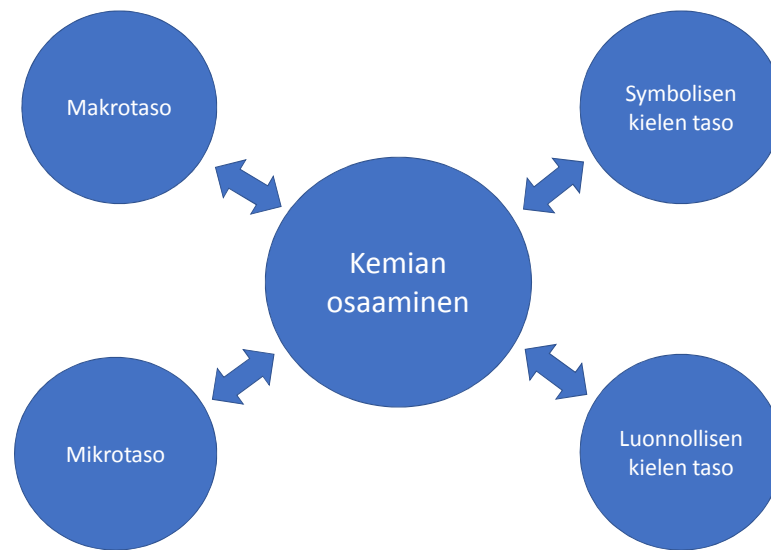
Yllä oleva listaus kertoo, kuinka monin tavoin kielentämistehtäviä voi matematiikan opintoihin sisällyttää. Kemia on oppiaineena niin monimuotoinen, että kaikkia yllä mainittuja tehtävätyyppejä ei voida hyödyntää jokaisen osa-alueen opetuksessa. Opetettava osa-alue vaikuttaa siihen, mitä tehtävätyyppejä voidaan opetukseen sisällyttää.

2.3.2 Kielentäminen kemian opetuksessa

Kielentämistä on tutkittu ja käytetty etenkin matematiikan opetuksessa ja jonkin verran myös kielten opetuksessa. Sen sijaan kielentämisen hyödyntämisestä kemian opetuksessa ei löydy juurikaan julkaistuja tutkimuksia. Mielenkiintoisen tästä tilanteesta tekee se, että oppiaineena kemia sisältää lähes yhtä paljon symboleiden ja kuvioiden tulkintaan perustuvaa ajattelua kuin matematiikkakin. Siksi olisi loogista ajatella, että kielentämistä olisi tutkittu ja sitä hyödynnettäisiin myös kemian opetuksessa aktiivisemmin. Näin ei kuitenkaan jostain syystä ole toistaiseksi ollut, mihin saattaa vaikuttaa se, että kokeellisena luonnontieteenä kemian opetuksen tutkimus on keskittynyt hyvin paljon kokeellisten menetelmien käyttöön opetuksessa.

Kielentämisen on havaittu olevan toimiva menetelmä matemaattisen ajattelun kehittämiseen, matematiikan oppimiseen ja oppimisprosessin etenemisen hahmottamiseen. [9] Koska matematiikan opetuksessa käsitellään runsaasti erilaisia matemaattisia symboleita ja kuvioita, kielentämisellä saavutettavat hyödyt ovat loogisia. Uudet ja oudot symbolit linkitetään luonnollisen kielen avulla jo olemassa oleviin asiakokonaisuuksiin. Koska myös kemian opetus sisältää paljon symboleita ja malleja, on samoja kielentämisen menetelmiä mahdollisuus hyödyntää myös kemian opetuksessa.

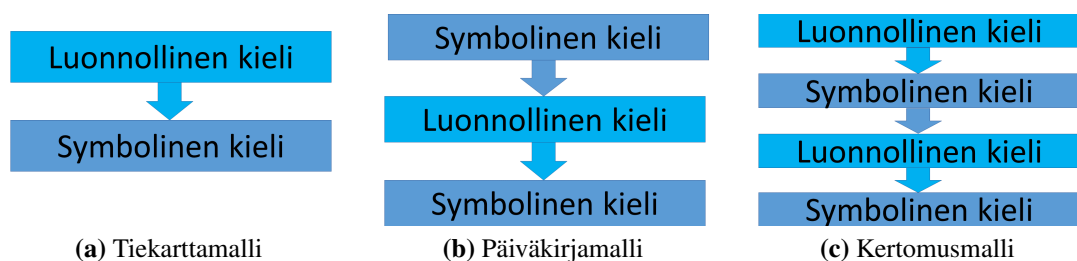
Kuvassa 2 on hahmoteltu näkemystä kemian neljästä eri tasosta, joihin opeteltavan asian osaamisen voisi jakaa. Kuvan sisältö on mukailen lainattu Linnusmäen [47] vastaavasta matematiikan kielentämisen tasoista. Toisaalta luvussa 2.3 mainitun kuviokielen voisi lisätä vielä viidenneksi tasoksi, mutta yhtä perusteltua on sisällyttää tämän tutkimuksen kontekstissa rakennekaavat ja molekyyylimallit symbolisen kielen tai mikro- ja makrotason yhteyteen. Piirrosmerkein ja kirjainsymbolein esitetty rakennekaava voidaan käsittää yhtenä symbolina, kun taas molekyyylimallien voidaan ajatella kuuluvan atomitason tarkasteluna ja etenkin tietokoneella tehtynä mikrotasolle tai toisaalta käsin kosketeltavana rakennuspalikoista koottuna makrotasolle.



Kuva 2. Kemian sisältöjen ymmärtämisen tasot.

Tarkastellaan luvussa 2.3.1 mainituista matematiikan opetukseen liittyvän kielentämistutkimuksen ratkaisumalleista tarkemmin tiekarttamallia, päiväkirjamallia ja kertomusmallia. [47] Nämä kolme ratkaisumallia käyttävät symbolista kieltä ja luonnollista kieltä hieman erilaisin tavoin, mutta kuitenkin siten, että niitä voitaisiin ajatella hyödynnettävän tämän tutkimuksen kontekstissa. Tämä toki edellyttäisi tehtävien muokkaamista sellaisiksi, että niissä pitäisi esittää välivaiheita tai ilmaista ajatusprosessin etenemistä. Tähän kontekstiin paremmin sopivia tehtäviä tarkastellaan lähemmin luvussa 5.5.

Tiekarttamallisissa tehtävien ratkaisuprosessi kuvataan aluksi kokonaan luonnollisen kielen avulla. Ensin muodostetaan ratkaistavasta tehtävästä ja ratkaisun eri vaiheista yleinen ymmärrys, jota seuraavassa vaiheessa täydennetään symbolisen kielen avulla. Kuvassa 3 (a) on havainnollistettu tehtävän ratkaisua tiekarttamallin avulla. [47]



Kuva 3. Tehtävän ratkaisun eteneminen tiekarttamallin, päiväkirjamallin ja kertomusmallin mukaisesti.

Päiväkirjamallisissa käytetään luonnollista kieltä symbolikielen seassa silloin, kun tehtävän ratkaisija kohtaa ongelman. Ratkaisija pyrkii luonnollisen kielen avulla jäsentämään aja-

tuksiaan siten, että hän pystyy etenemään tehtävän ratkaisussa. Tässä luonnollisen kielen tarkoituksena on vuorovaikutus omien ajatusten ja kirjoitetun tekstin välillä, joka auttaa ratkaisijaa tehtävässä eteenpäin. Ongelmakohdan jälkeen palataan jälleen käyttämään symbolista kieltä, mutta tarvittaessa luonnolliseen kieleen voidaan turvautua useammasakin tehtävänratkaisun vaiheessa. Kuvassa 3 (b) on havainnollistettu tehtävän ratkaisua päiväkirjamallin avulla. [47]

Kertomusmallissa luonnollisen kielen avulla kuvataan ratkaisun etenemistä ja eri vaiheita. Oman ajatusprosessin tukemiseksi on tarkoituksenmukaista käyttää ratkaisussa eri kieliä. Mallissa pyritään kertomaan, mitä ratkaisun seuraavassa vaiheessa tehdään. Ratkaisusta käy selvästi ilmi, kuinka hyvin tehtävän ratkaisija on ymmärtänyt ratkaisun eri vaiheet, jolloin myös lukijan on helppo seurata tehtävän ratkaisun etenemistä. Kertomusmallia käytetään myös usein oppikirjojen esimerkkitehtävissä. Kertomusmallin avulla ratkaistua tehtävää on havainnollistettu kuvassa 3 (c) [47].

2.4 Orgaanisten yhdisteiden nimeäminen

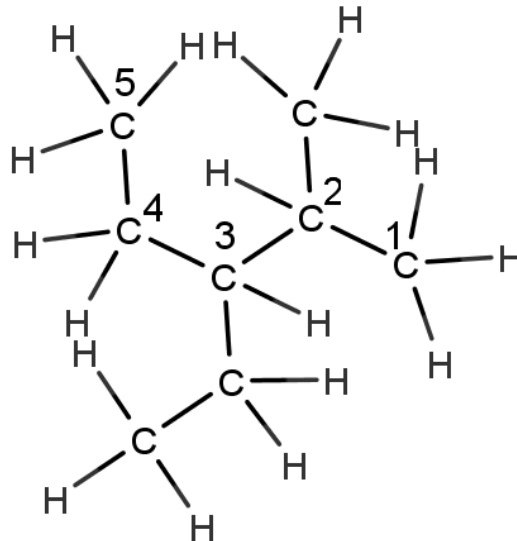
Orgaanisten yhdisteiden määritelmä ei ole täysin aukoton ja yksikäsitteinen, mutta usein niiden määrittelyllään olevan joko hiiltä ja vetyä sisältäviä yhdisteitä [48] tai hiili-hiili sidoksia sisältäviä yhdisteitä [49]. Orgaanisia yhdisteitä tunnetaan miljoonia erilaisia, joten niiden nimeämiseen on kehitetty sovittuja nimeämissääntöjä, jotka osaamalla voi päätellä minkä tahansa orgaanisen yhdisteen nimen rakennekaavan perusteella. Yhdisteillä on tärkeää olla universaalit säännönmukaiset nimet, jotta sama yhdiste kulkee samalla nimellä laboratorioissa kaikkialla maailmassa. Ei ole mahdollista opetella ulkoa kaikkien erilaisten yhdisteiden nimiä. On kuitenkin mahdollista opetella ulkoa nimeämiskäytännöt, joiden perusteella minkä tahansa yhdisteen nimen voi päätellä. Yhdisteiden systemaattinen nimeäminen perustuu International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) nimisen organisaation laatimaan järjestelmään. [49]

Orgaanisten yhdisteiden nimeäminen etenee järjestelmällisesti sovittujen sääntöjen mukaan. Alle on lueteltu näistä säännöistä sellaiset, joita on käytetty tai sivuttu tässä tutkimuksessa toteutetun opintojakson yhteydessä. Peruskoulutasolla esimerkiksi hiiliketjuun liittyneen ryhmän paikan ilmaisemista hiiliketjun numeroinnilla ei vaadita, mutta tämäkin periaate on silti esitetty oppilaille harjoitustehtävien yhteydessä. [49]

Hiilivetyjen eli vain hiili- ja vetyatomeja sisältävien yhdisteiden nimeämisessä noudatetaan alla listattuja vaiheita. Esimerkki tällaisen hiilivedyn nimeämisestä löytyy kuvasta 5. Kuvassa on mallinnettu kyseistä hiilivetyä sen rakennekaavan avulla, josta näkyvät kaikki atomit ja niiden väliset sidokset.

1. Etsitään yhdisteen pisin yhtäjaksoinen hiiliketju ja lasketaan, kuinka monesta hiiliatomista se koostuu. Tämä määrää nimen perusosan etuliitteen.
2. Katsotaan, onko tämän hiiliketjun hiiliatomien välillä vain yksöissidoksia, vai onko ketjussa kaksois- tai kolmoissidoksia. Tämä määrää nimen perusosan päätteen.

- Etsitään pisimpään hiiliketjuun liittyneet lyhyemmät hiiliketjut ja nimetään ne kuten yllä, mutta -yyli päätteisinä. Nämä liitetään aakkosjärjestyksessä nimen perusosan eteen.
- Hiiliketjuun liittyneen sivuketjun paikka ilmaistaan numeroimalla hiiliketjun hiiliatomit ja lisäämällä kiinnityskohdan numero sivuketjun nimeen. Perusketjun numerointi aloitetaan siitä päästä, jolla sivuketjuille saadaan pienimmät numerot.

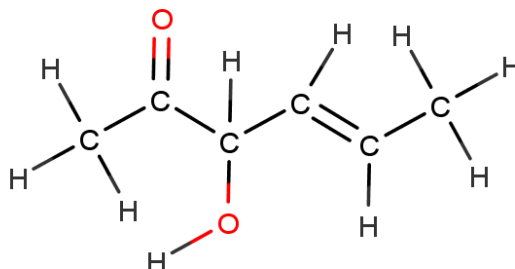


Kuva 4. 3-etyyli-2-metyylipentaani. Pisimmässä hiiliketjussa on viisi hiiliatomia ja numerointi on aloitettu siitä päästä, jota lähimpänä sivuketjut ovat. Sivuketjut on nimetty -yyli päätteisinä ja niiden eteen on lisätty numero, joka kertoo mihin pääketjuun hiileen sivuketju on kiinnittynyt.

Funktionaalisia ryhmiä sisältävien orgaanisten yhdisteiden nimeämisessä vaiheet riippuvat siitä, minkä funktionaalisen ryhmän yhdiste sisältää. Nämä vaiheet on listattu alle ja esimerkki tällaisen yhdisteen nimeämisestä löytyy kuvasta 5.

- Tunnistetaan yhdisteessä oleva funktionaalinen ryhmä. Tämä määrää nimen perusosan päätteen tai yhdistelmänimen käytön.
- Alkoholit, aldehydit, karboksyylihapot ja ketonit: lasketaan montako hiiliatomia on pisimmässä funktionaalisen ryhmän sisältävässä hiiliketjussa. Tämä määrää perusosan etuliitteen.
 - Eetterit: nimetään eetterihapen kummallekin puolelle liittyneet hiiliketjut -yyli päätteisinä ja lisätään nämä aakkosjärjestyksessä perusnimen eteen.
 - Esterit: nimetään karboksyylihaposta ja alkoholista peräisin olevat hiiliketjut erikseen. Alkoholista peräisin oleva osa on nimessä ensin -yyli päätteisenä ja karboksyylihaposta peräisin oleva osa sen jälkeen -naatti päätteisenä.
 - Aromaattiset yhdisteet: nimetään bentseenirenkaaseen liittyneet sivuketjut -yyli päätteisinä ja lisätään ne nimen perusosan eteen aakkosjärjestyksessä.

3. Hiiliketjuun tai -ketjuihin mahdollisesti liittyneet sivuketjut nimetään kuten hiilivetyjen tapauksessa.
4. Pääketjuun liittyneiden sivuketjujen tai funktionaalisten ryhmien liittymiskohta ilmoitetaan lisäämällä sen pääketjun hiilen numero, johon nämä ovat liittyneet.



Kuva 5. 3-hydroksi-4-hekseeni-2-oni. Hiiliketjussa on kuusi hiiliatomia ja numerointi aloitetaan siitä päästä, kumpaa lähempänä liittyneet ryhmät tai moninkertaiset sidokset ovat. Liittyneet ryhmän on nimetty aakkosjärjestyksessä ja niiden eteen on merkitty sen hiilen numero, mihin ne ovat liittyneet.

Yllä esitetyt esimerkit kuvaavat nimeämissääntöjen soveltamista koulumaailman tehtävissä. Yleisesti hyväksytyjä ja yhteisesti sovittuja nimeämiskäytäntöjä on paljon enemmän, jotta kaikkein monimutkaisimmillekin yhdisteille olisi mahdollista määrittää järjestelmällinen nimi. Esimerkiksi useita ryhmiä tai hiiliketjuja sisältävien yhdisteiden nimet ovat pitkiä ja monimutkaisia, mutta pääteltävissä näiden sovittujen sääntöjen avulla. Kahden tai useamman samanlaisen kiinnittyneen ryhmän tapauksessa kiinnittyneiden ryhmien paikat ilmoitetaan pienempi numero ensin ja erilaisten ryhmien tapauksessa ryhmät luetellaan aakkosjärjestyksessä.

2.4.1 Orgaanisten yhdisteiden nimeäminen opetussuunnitelmassa

Valtakunnallisissa peruskoulun opetussuunnitelman perusteissa todetaan kemian opetuksen tehtävänä olevan oppilaan luonnontieteellisen ajattelun sekä maailman kuvan kehittymisen tukeminen. Kemian opiskelun pääpaino on vuosiluokilla 7-9 makroskooppisella tasolla, mutta abstraktin ajattelun kehittyessä opetuksessa vahvistetaan makroskooppisen maailman yhteyttä mikroskooppisiin ja symbolisiin malleihin. Havaintojen tekemisestä edetään ilmiöiden kuvaamiseen, mallintamiseen ja selittämiseen. Keskeisimpinä sisältöinä opetussuunnitelman perusteissa mainitaan, että aineiden ominaisuuksien ja rakenteen hahmottamiseksi käytetään malleja ja simulaatioita. Lisäksi tutustutaan hiileen, sen yhdisteisiin ja ravintoaineisiin ja perehdytään johonkin orgaaniseen yhdisteryhmään. [1]

Uudessa opetussuunnitelmassa [1] keskeisimpiä opetussisältöjä on tarkennettu ja orgaanisten yhdisteiden osalta myös hieman supistettu, verrattuna esimerkiksi vuoden 2004 opetussuunnitelman perusteisiin. Siinä keskeisiksi opetussisällöiksi on nostettu orgaanisten

yhdisteiden hapetusreaktiot, reaktiotuotteet sekä niiden ominaisuudet ja käyttö, hiilivedyt, öljynjalostusteollisuus ja sen tuotteet. [50] Uusimmassa peruskoulun opetussuunnitelmassa orgaanisiin yhdisteisiin tutustuminen on määrällisesti todella pieni osa kemian opetusta pääpainon ollessa arjessa kohdattavien ilmiöiden havainnoimisessa ja selittämisessä.[1]

Parkanon yhteiskoulussa orgaanisten yhdisteiden nimeämistä on väistyvän opetussuunnitelman ajan opetettu ensimmäisen kerran kahdeksannella luokalla, jolloin tutustutaan hiilivetyjen, alkoholien ja karboksyylihappojen nimeämiseen. Toisen kerran orgaanisten yhdisteiden nimeäminen on esiintynyt yhdeksännen luokan keväällä, jolloin käsitellään funktionaalisia ryhmiä sisältävien yhdisteiden nimeämistä ja luodaan pohjaa mahdollisille jatko-opinnoille.

Tätä tutkimusta varten on luotu kattava opintokokonaisuus orgaanisten yhdisteiden nimeämiseen, joka opettaa asioita syvällisemmin kuin vain opetussuunnitelman edellyttämän vähimmäismäärän. Tämän ratkaisun taustalla on se, että näin toimien voidaan siirtyä pelkästä nimien ulkoa opettelusta syvällisempään nimeämissääntöjen ymmärtämiseen, jolloin oppimistulokset ovat pysyvämpiä ja niistä on hyötyä myös mahdollisissa jatko-opinnoissa.

Peruskoulun kemian opetuksessa nimeämisessä pitäydytään yleensä yksinkertaistetuissa tapauksissa, joissa esimerkiksi kaksois- tai kolmoissidoksia on vain yksi ja se on hiiliketjun päässä tai se sijaitsee hiiliketjun keskellä, jolloin numerointia ei vaadita. Hiilten numerointiin tutustutaan lukiossa ja sitä aletaan systemaattisesti vaatia vasta yliopistotasolla.

Lukion opetussuunnitelmassa orgaanisten yhdisteiden käsittely on yksi valtakunnallisen syväntävän kurssin, KE2 Ihmisen ja elinympäristön kemiaa, keskeisistä opetussisällöistä. Opiskelijan osaamistavoitteena on orgaanisten yhdisteiden, kuten hiilivetyjen sekä happi- ja typpiyhdisteiden, rakenteiden mallintaminen ja kuvaaminen erilaisten mallien avulla. Rakenteen avulla tulisi myös pystyä selittämään orgaanisten yhdisteiden ominaisuuksia. Koko lukion opetussuunnitelmaa tarkasteltaessa orgaanisten yhdisteiden nimeämisen osuus jää pieneksi. Sisältötasolla orgaaniset yhdisteet ovat noin 15% yhden syventävän, eli valinnaisen, kurssin sisällöstä. Yhteensä pakollisia ja syventäviä kurseja kemiassa on viisi. [2]

2.4.2 Orgaanisten yhdisteiden nimeämisen opettaminen

Kemian opetus perustuu usein kolmen eri tason avulla tapahtuvaan ilmiöiden kuvaamiseen. Mikroskooppinen taso kuvaa aineita partikkelitasolla: atomeina, ioneina, molekyyleinä ja sidoksina. Makroskooppinen taso kuvaa kaikkea sitä, mitä voidaan koskea, nähdä ja haistaa, eli havaita eri aistien avulla. Symbolista tasoa käytetään mikro- ja makroskooppisten tasojen esittämiseen ja siihen kuuluvat kaavat, kuvaajat, kaaviot sekä yhtälöt. Jotta oppilas voi ymmärtää asian mikroskooppisella tasolla, tulee hänen pystyä yhdistämään mikrotason partikkelit symbolisen tason malleihin ja makrotason havaintoihin. Mikäli näiden yhdistäminen ei onnistu, muodostuu oppilaalle helposti vajavainen tai pirstaloitunut kuva kemiasta. [51]

Orgaanisten yhdisteiden nimeämisen opettelu vaatii väistämättä ulkoa opettelua, joka on ajankäyttöön suhteutettuna tehoton opiskelun muoto, varsinkin jos opiskelusta puuttuvat sisäiset motivaatiotekijät. Perinteisesti ensin opetellaan ulkoa hiilivedyissä hiiliatomien lukumäärän ilmaisevat etuliitteet ja sen jälkeen hiiliatomien välisistä sidoksista kertovat päätteet. Näiden jälkeen opetellaan tunnistamaan millaisia ryhmiä hiiliketjuun on liittynyt ja miten ne nimetään, ryhmä kerrallaan. [48]

Yläkoulun kemian opetukseen tarkoitettuja oppikirjoja tutkittaessa havaitaan, että Otavan Titaani kemia 7-9 oppikirjassa [48] orgaanisten yhdisteiden nimeäminen on osa jaksoa Hiilen kemiaa. Tähän jaksoon on ohjeistettu varaamaan aikaa 8-10 oppituntia. Ensin käsitellään hiilivetyjen pituutta kuvaavat etuliitteet ja sen jälkeen hiilten välisiä sidoksia kuvaavat päätteet. Kirjassa käsitellään hiilivetyjen sykliset rengasrakenteet, haarautuneet hiilivedyt ja aromaattiset hiilivedyt samassa kappaleessa yksinkertaisempien hiilivetyjen kanssa. Hiilivetyjen jälkeen käsitellään alkoholit, mutta keskitytään lähinnä arkielämässä esiintyviin metanoliin, etanoliin, glykoliin, glyseroliin ja ksylitoliin. Alkoolien nimeäminen ohitetaan neljällä virkkeellä, eikä moniarvoisista alkoholeista esitetä ollenkaan niiden systemaattisia nimiä, mikä toki edellyttäisi paljon peruskoulun kemian oppimistavoitteita syvällisempää osaamista. Hiilen kemiaa-jakson lopussa käsitellään karboksyylihappoja ja niiden reaktioita alkoholien kanssa, jossa siis muodostuu estereitä. Karboksyylihappojen nimeäminen on kirjassa esitetty systemaattisen nimen mukaan, mutta esterit nimetään reagoivan hapon esterinä, esimerkiksi etaanihapon ja etanolin reaktiotuotteena syntyy veden lisäksi etaanihapon etyyliesteri.

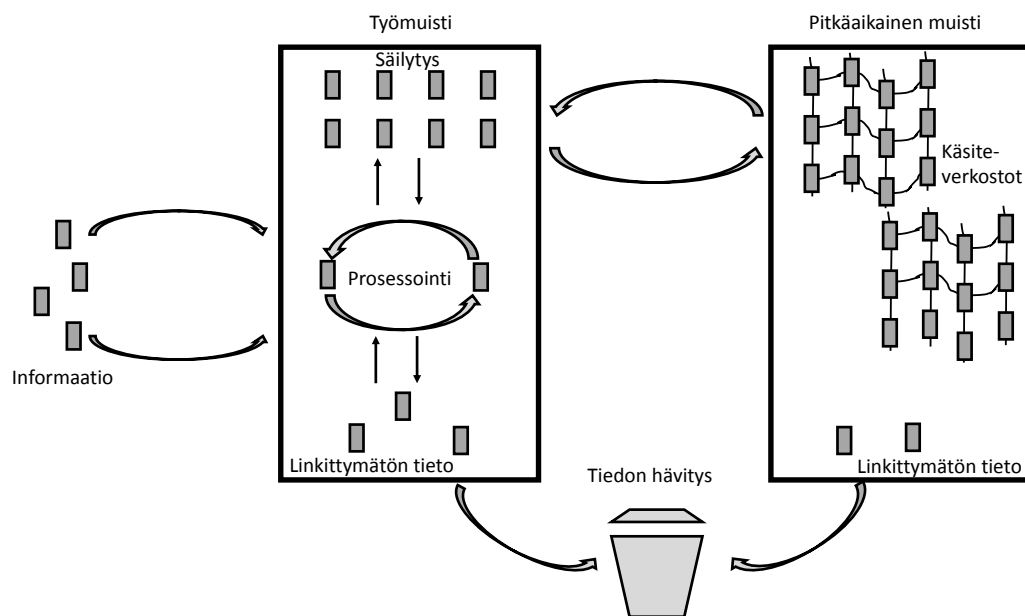
Myös Otavan toisessa, Titaania vanhemmassa Avain-kirjasarjassa orgaanisten yhdisteiden nimeäminen on esitetty hyvin samaan tapaan kuin Titaani-sarjassakin. Merkittävimpana erona Avain-kirjasarjassa sivuutetaan sykliset hiilivedyt kokonaan ja haarautuneet hiilivedyt esitetään peruskappaleen sijaan haastavampana, ylöspäin eriyttävänä lisämateriaalina. Aromaattiset hiilivedyt mainitaan samoin kuin Titaani-sarjassakin yhden esimerkin avulla. Myös Avain-sarjassa käsitellään hiilivetyjen jälkeen alkoholit sekä karboksyylihapot ja näiden välisessä reaktiossa muodostuvat esterit. Esterien nimeämiseen pätevät samat huomiot kuin Titaani-sarjankin kohdalla.[52] Huomionarvoista on, että kummassakaan kirjassa ei esitellä edes syventävänä lisämateriaalina muita orgaanisia yhdisteryhmiä.

Ulkoa opeteltuna nimeämissäännöt eivät pysy muistissa pitkään, jollei niitä joudu jatkuvasti käyttämään ja palauttamaan mieleen. Vasta vuosia jatkuneen toistuvan harjoittelun jälkeen muistijälki on niin vahva, että nimeämissäännöt pystyy palauttamaan mieleen pitkän tauonkin jälkeen. Tällaisten toistomäärien saavuttaminen on myös hyvin vaikeaa, mikäli suoritustapa ei ole oppilaan mielestä motivoiva tai oppilaalla ole sisäistä motivaatiota opetella sisältöjä ulkoa esimerkiksi jatko-opinnot mielessään. Tällaista oppimista kutsutaan myös pinnalliseksi oppimiseksi, jossa uudelle tiedolle ei löydetä yhteyksiä vanhaan tietoon. Linkittymätön tieto myös unohdetaan helposti, varsinkin jos se on ristiriidassa vanhojen käsitysten kanssa. [53]

Oppimistulosten pysyvyyden kannalta onkin parempi, mikäli oppilas pystyy yhdistämään

tietoa johonkin jo olemassa olevaan, ja jäsentelemään opitun asian luonnollisen kielen avulla ymmärrettäväksi kokonaisuudeksi. Tällaista tarkoituksellista ja systemaattista oppimista voidaan kutsua myös syväksi oppimiseksi. Syvässä oppimisessa uusi tieto linkittyy oikealla tavalla vanhaan tietoon ja ymmärrykseen, eli siitä tulee osa laajempaa tieto- ja käsiteverkostoa. [53] Kun tähän vielä yhdistetään pelillistämisen tai pelaamisen avulla saavutettu suuri toistojen määrä, vahvistetaan oppimista entisestään. Esimerkkinä suuren toistomäärän tärkeydestä voidaan käyttää vaikkapa 80- ja 90-lukujen tasohyppely- tai arcade-pelejä. Ne, jotka ovat pelanneet noita pelejä lapsuusaikana yhä uudestaan ja uudestaan, pystyvät aikuisena kymmenienkin vuosien tauon jälkeen pelaamaan niitä lähes virheettömästi. [54]

Tietomäärän kasvaessa yksittäisiä tiedonpaloja voidaan muistissa yhdistellä isommiksi kokonaisuuksiksi, joita on mahdollista käsitellä yhtenä yksikkönä. Tällä tavoin työmuisti voi käsitellä useampia asioita kerralla. Tämän yhdistelyn tehokkuus riippuu käytössä olevien käsiteverkostojen koosta ja laajuudesta, sillä näiden avulla uusi tieto järjestellään ja linkitetään muistissa jo olemassa olevaan tietoon. [53] Kuvassa 6 on esitelty muistin toimintaa. Kuvan avulla pyritään havainnollistamaan informaation kulkua osaksi pitkäaikaismuistin käsiteverkostoa työmuistin prosessoinnin ja säilytyksen kautta. [51] Kielentämistehtävät auttavat laajentamaan näitä käsiteverkostoja, ja pelillistämisen avulla on mahdollista linkittää sama informaatio myös muihin verkostoihin, esimerkiksi tiettyyn pelityyppiin.



Kuva 6. Informaation kulku aivojen työmuistin ja pitkäaikaismuistin välillä.

2.5 Formatiivinen arviointi

Vuonna 2014 julkaistuissa perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa korostetaan myös aiempaa enemmän opetuksenaikaista eli formatiivista arviointia. Tällöin arviointi

ja siihen liittyvä palautteen anto integroidaan osaksi päivittäistä opetusta ja työskentelyä. Opettajalta tämän toteuttaminen edellyttää oppimisprosessiin liittyvää havainnointia ja jatkuvaa vuorovaikutusta oppilaiden kanssa. Myös oppilaiden toimijuutta kehittävät itseisarviointi ja vertaisarviointi ovat olennainen osa formatiivista arviointia. [1] [55]

Jatkuvan palautteen avulla oppilaita pyritään ohjaamaan oman edistymisensä tiedostamiseen ja oppimisen eri vaiheiden jäsentämiseen, sekä löytämään erilaisia keinoja tavoitteidensa saavuttamiseksi. Palautteen on tarkoitus auttaa oppilaita ymmärtämään, mitä heidän on tarkoitus oppia, mitä he ovat jo oppineet ja miten he voivat parantaa omaa suoriutumistaan. Palautteenantoprosessin tavoitteilana on kuitenkin olla vuorovaikutuksellinen dialogi opettajan ja oppilaan välillä, jossa molemmat luovuttavat ja vastaanottavat informaatiota oppimisprosessin toimivuudesta. [1]

Nicol ja Macfarlane-Dick [55] määrittelevät artikkelissaan hyvin toteutetun formatiivisen arviointiprosessin seitsemän keskeistä tukipilaria, jotka ovat:

1. Ymmärrys siitä, mikä on hyvä suoritus.
2. Oppimisen itsearvioinnin mahdollistaminen.
3. Korkealaatuisen tiedon antaminen oppilaille heidän oppimissuorituksiinsa liittyen.
4. Oppilaan ja opettajan väliseen dialogiin kannustaminen osana oppimisprosessia.
5. Oppilaan itsetunnon ja motivaation kehittäminen.
6. Halutun suoritustason ja nykyisen suoritustason välisen kuilun kaventamisen mahdollistaminen.
7. Opetuksen kehittämisen mahdollistava palaute opettajalle.

Nicolin ja Macfarlane-Dickin tutkimus on tehty korkeakouluympäristössä, mutta samat tukipilarit toimivat myös peruskoulun yläluokkien opetuksessa.

Myös kehittämistutkimus itsessään pitää tutkimusmenetelmänä sisällään formatiivista arviointia, joka kohdistuu tutkimuksen etenemiseen. Tutkimuksen edetessä syvennetään ongelma-analyysiä, nostetaan haasteita uusiksi tavoitteiksi, testataan tuotoksia ja kehitetään niitä edelleen, jotta ne vastaisivat paremmin tutkimukselle asetettuja tavoitteita. Kehittämistutkimuksessa tutkija joutuu siis jatkuvasti arvioimaan paitsi tutkimuksen tuloksia ja etenemistä kohti tavoitteita, myös omia valintojaan ja niiden mielekkyyttä. Kehittämistutkimuksessa voidaan hyödyntää formatiivista arviointia kysymällä tutkimusprosessiin osallistuvilta heidän kokemuksiaan suunnitellun artefaktin toimivuudesta asetettujen tavoitteiden saavuttamisen osalta. Samanaikaisesti voidaan saada selville joitakin ilmeisiä puutteita, kuten epäselvät tehtävänannot tai yksipuoleiset esimerkit, ja korjata näitä epäkohtia jo kehittämissyklin aikana. [10]

3. TUTKIMUSKYSYMYKSET

Opetuksen jatkuvalla kehittämisellä on tärkeä rooli myös peruskoulun opetuksessa ja sen uudistamisessa. Uudet opetusmenetelmät ja oppimisympäristöt korvaavat vähitellen perinteisempiä menetelmiä opetuksessa, vaikka itse opetussisällöt eivät juurikaan muuttuisi. Opetuksen kehittämisen pitäisi myös olla jokaiselle opettajalle tärkeä ja jatkuva prosessi, jolla pyritään parantamaan oppilaiden oppimista.

Tämän tutkimuksen kohteena on pelillistämisen ja kielentämisen keinojen hyödyntäminen orgaanisten yhdisteiden nimeämisen opetuksessa ja kehittämistutkimuksen menetelmien hyödyntäminen opintokokonaisuuden luomiseksi. Tutkimuskysymykset voidaan muotoilla seuraavasti:

1. Miten opetuksen pelillistämisen avulla voidaan motivoida oppilaita ulkoa opeteltavien asioiden opettelussa?
2. Miten kielentämistehtävien integrointi auttaa ulkoa opeteltavien asioiden oppimisessa?
3. Miten ulkoa opetteluvaativasta orgaanisten yhdisteiden nimeämisestä voidaan laatia pelillistämistä ja kielentämisen keinoja hyödyntäen yhtenäinen ja toimiva opintokokonaisuus?
4. Minkä tyyppiset nimeämistehtävät ovat opiskelijoille helppoja ja minkä tyyppiset haastavia?

4. TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

Diplomityön kokeellisena osuutena oli kahdeksan oppitunnin mittainen interventio. Yhden oppitunnin kesto oli 45 minuuttia ja opetusta oli kaksi viikkotuntia. Interventio oli jaettu kahteen samanlaiseen neljän oppitunnin jaksoon, joista kumpikin sisälsi kolme oppituntia uuden asian opettelua ja neljäs tunti oli varattu kertaamiseen ja oppimisen varmistamiseen. Viimeisellä tunnilla suoritettu testi arvosteltiin ja sen avulla määritettiin arvosana tästä jaksosta, joka oli pituudeltaan noin puolet 9. luokalla opiskeltavan kemian oppimäärästä.

Nimeämisen harjoitteluun käytettiin kahta erityyppistä selainpohjaista sovellusta. Quizlet-sovelluksella ¹ oppilaat voivat harjoitella nimeämistä omaan tahtiin pelaamalla jotakin sen seitsämästä erilaisesta pelimuodosta tai koko ryhmä samaan tahtiin live-pelitulassa. Quizlet-sovelluksessa opettajan ei ole mahdollista nähdä yksittäisen oppilaan vastauksia, mutta koko ryhmän keskiarvon jokaisen kysymyksen osalta sovelluksesta näkee. Sovelluksesta näkee myös, mitä pelimuotoja oppilas on kunkin visailun kohdalla pelannut. Quizizz-sovellus ² puolestaan on suunniteltu siten, että sitä pelataan pääsääntöisesti samaan tahtiin yhdessä muun ryhmän kanssa, mutta siinäkin on mahdollisuus antaa visailut oppilaille omaan tahtiin suoritettavaksi. Quizizz-sovelluksessa opettaja näkee myös yksittäisen oppilaan vastaukset ja vastaamiseen käytetyn ajan, joten se soveltuu näistä kahdesta paremmin oppimistulosten testaamiseen.

4.1 Käytetyt sovellukset

Oppilaat käyttivät intervention ajan kolmea selainpohjaista sovellusta. Quizlett- ja Quizizz-visailusovelluksien lisäksi oppilaat käyttivät Molview-sovellusta ³ molekyylien mallintamiseen. Tässä osiossa esitellään lyhyesti sovellusten toimintaperiaatteita ja niiden keskeisimpiä toimintoja. Vastaavia sovelluksia on monia, tähän tutkimukseen valikoituvat käyttöön nämä kolme, koska ne olivat oppilaille ja opettajalle entuudestaan tuttuja.

Opintojakson suorittaminen muiden vastaavien sovellusten avulla lähes samansisältöisenä on mahdollista. Esimerkiksi visailut voi järjestää myös Kahoot!-sovelluksessa ja molekyylihallinnukseen on mahdollista käyttää MarvinSketch-ohjelmistoa, mikäli näiden käyttö opettajalla ja oppilailla paremmin hallussa.

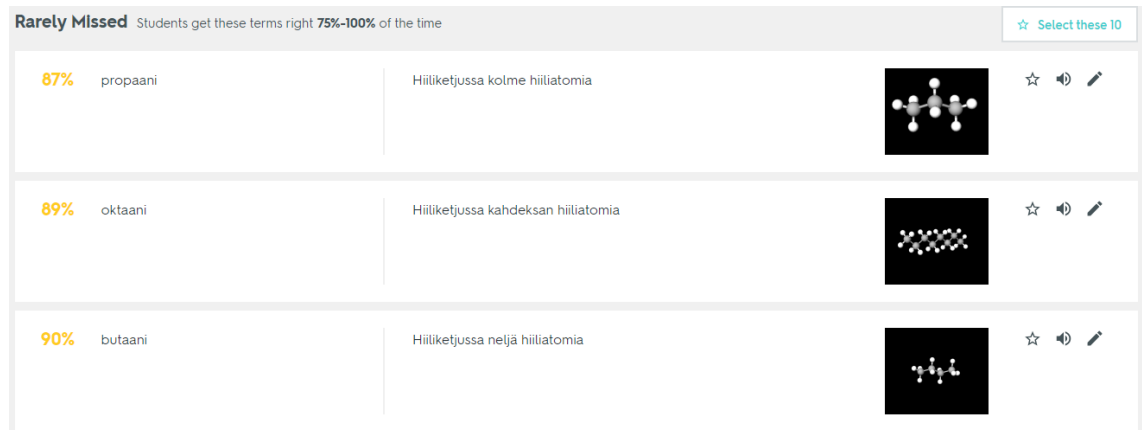
¹<https://quizlet.com/>

²<https://quizizz.com/>

³<http://molview.org>

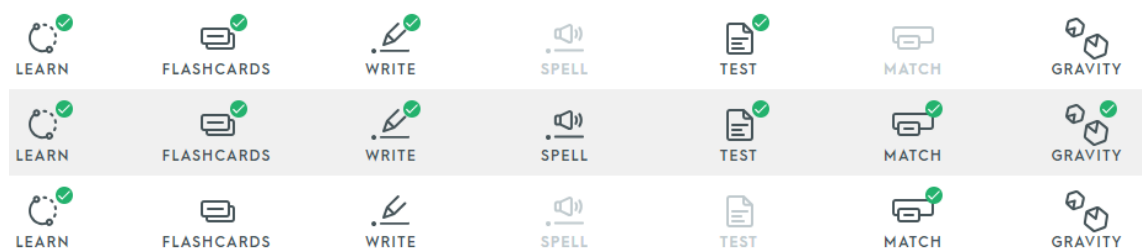
4.1.1 Quizlet

Quizlet on selainpohjainen visailusovellus, joka on suunniteltu ennen kaikkea uusien käsitteiden harjoitteluun monine erilaisine pelimuotoineen. Sen avulla opettaja ei saa raporttia yksittäisen oppilaan suoriutumuksesta vaan ainoastaan koko ryhmän osalta, mikä kuitenkin antaa jonkinlaisen yleiskuvan ryhmän osaamistasosta. Toisaalta tämä myös poistaa oppilailta suorituspaineita, mikäli heille annetaan tietoa siitä, että opettaja ei näe yksittäisen oppilaan vastauksia. Kuvassa 7 on esitetty opettajalle näkyvä ryhmän osaamistaso kunkin kysymyksen kohdalla.



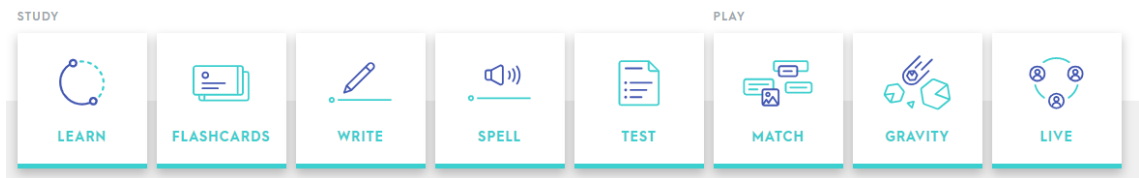
Kuva 7. Kuvakaappaus Quizlet-sovelluksen osaamisraportista.

Quizlet-sovelluksen pelimuodot on jaettu kahteen ryhmään, viisi ensimmäistä pelimuotoa Learn, Flashcards, Write, Spell ja Test kuuluvat Study-ryhmään ja ne on suunniteltu siten, että oppilaat voivat harjoitella omaan tahtiin ja valitsemallaan menetelmällä. Näistä pelimuodoista opettaja näkee vain sen, että oppilas on aloittanut jonkin suorittamisen ja onko oppilas suorittanut sen loppuun. Osaamisraportteja ei yksittäisen oppilaan kohdalta löydy. Aloitetun ja lopetettujen pelien näkymistä opettajalle havainnollistetaan kuvassa 8.



Kuva 8. Kuvakaappaus Quizlet-sovelluksen pelitilaraportista.

Kolme viimeistä pelimuotoa Match, Gravity ja Live kuuluvat Play-ryhmään ja niissä oppilaat pelaavat toisiaan vastaan: Match- ja Gravity-pelimuodossa yksin, Live-pelitulassa pienryhmissä. Näistä kolmesta pelimuodosta opettaja saa paremman kuvan oppilaiden osaamistasosta ja varsinkin Gravity-pelimuotoa voi hyödyntää osaamisen varmentamiseen, sillä siinä saavutetut korkeat pisteet kertovat suoraan oppilaan osaamisesta.



Kuva 9. Kuvakaappaus Quizlet-sovelluksen eri pelimuodoista.

Quizlet-sovelluksessa kysymykset rakentuvat siten, että niissä on ensimmäisenä osana opetettava käsite ja toisena sen määritelmä. Määritelmä voi olla teksti, kuva tai näiden yhdistelmä. Eri pelimuodoissa pitää yhdistää käsite ja sen määritelmä monin eri tavoin. Sovellus on rakennettu siten, että aluksi kysymykset ovat helpompia ja vaikeutuvat harjoittelun edetessä. Ensimmäisessä vaiheessa pitää esimerkiksi yhdistää oikea käsite annettuun määritelmään, toisessa vaiheessa kirjoittaa käsite, kun määritelmä on annettu ja kolmannessa vaiheessa kirjoittaa määritelmä kun käsite on annettu. Progressio vaihtelee riippuen pelimuodosta ja siitä, miten käsite ja määritelmä on kyselyyn syötetty, mutta perusajatuksena on aina edetä helpommasta vaikeampaan.

Kuvassa 10 on havainnollistettu erään kyselyn osalta progressiota helpommasta vaikeaan. Peliruudun vasemmasta reunasta voi seurata omaa edistymistään visailun käsitteiden opettelussa. Mikäli määritelmänä olisi sanallinen kuvaus ja rakennekaavan kuva, olisi mahdollisia kysymyskombinaatioita enemmän. Options-valikosta voi myös halutessaan rajata pois jonkin kysymystyyppin, esimerkiksi monivalintakysymykset. Learn-pelimuodossa sovellus kysyy jokaista käsitettä ja määritelmää kaikilla vaikeustasoilla satunnaisessa järjestyksessä. Kun johonkin käsitteeseen on vastattu helpolla tasolla, samaa käsitettä voidaan kysyä keskitasolla ennen kuin kaikki muut on kysytyt helpolla tasolla. Tämä tuo myös hieman vaihtelua kysymystyyppeihin.

Match-pelitulassa tavoitteena on yhdistää käsitteet ja määritelmät mahdollisimman nopeasti liikuttamalla ne hiirellä vetämällä toistensa päälle. Gravity-pelitulassa puolestaan putoaa ruudulla alaspäin asteroideja, joissa on kuvallinen tai kirjoitettu määritelmä. Pelaajan tehtävänä on kirjoittaa tätä vastaava käsite ennen kuin asteroidi ehtii ruudun alareunaan. Learn-pelitulassa tapaamaan myös Gravity-pelitulassa vaikeutuu vähitellen. Aluksi määritelmät ovat vain sinisissä asteroideissa, joiden pudotessa kuvaruudun alareunaan peli pysähtyy opetusruutuun. Peli jatkuu normaalisti pelaajan kirjoitettua oikean vastauksen. Vähitellen pelaajan edetessä tasolta toiselle ilmestyy myös enemmän ja enemmän punaisia asteroideja, joiden ehtiessä ruudun alareunaan peli päättyy. Näitä pelitiloja on havainnollistettu kuvassa 11.

4.1.2 Quizizz

Myös Quizizz on selainpohjainen visailusovellus, mutta Quizlet-sovelluksesta poiketen se on suunniteltu tuottamaan opettajalle myös dataa yksittäisen oppilaan suoriutumisesta. Opettaja voi visailuita luodessaan valita näkevätkö oppilaat toistensa tuloksia vai eivät,

(a) Helppo taso

(b) Keskitaso

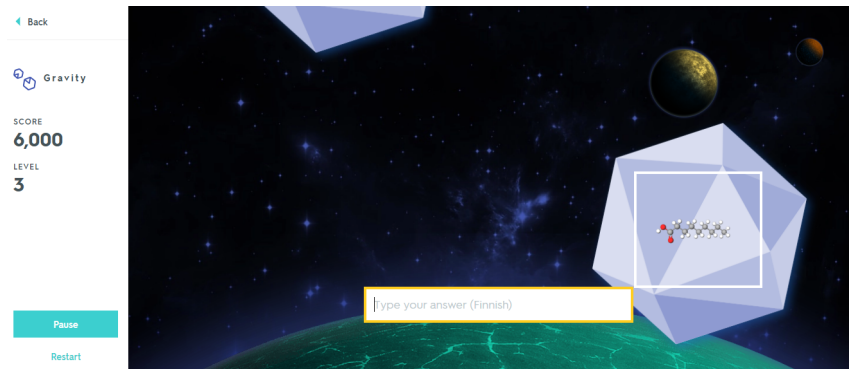
(c) Vaikea taso

Kuva 10. Quizlet-sovelluksen Learn-pelimuodon progressio helposta vaikeampaan, kun käsitteenä on yhdisteen nimi ja määritelmänä sen rakennekaava.

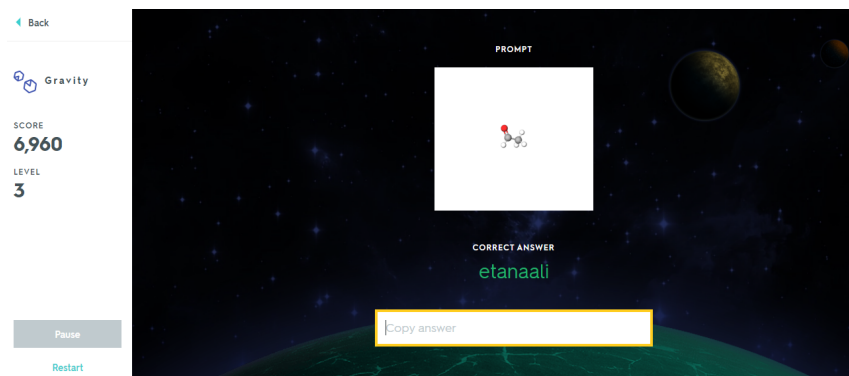
mikä antaa myös erilaisia mahdollisuuksia pelien ja kilpailuiden järjestämiseen. Kaikki Quizziz-visailun kysymykset ovat monivalintakysymyksiä ja vastausaika on rajoitettu. Kyselyn tekijä saa valita kahdesta viiteen vastausvaihtoehtoa, onko niistä vain yksi vai useampi oikein ja vastausajan viidestä sekunnista viiteentoista minuuttiin. Opettaja saa jokaisesta kysymyksestä visan jälkeen kuvan 13 mukaisen raportin, josta voi yhdellä vilkaisulla arvioida kysymyksen vaikeustasoa suhteessa koko ryhmän osaamiseen. Opettaja saa myös kuvan 12 mukaisen koonnin, josta näkyvät jokaisen oppilaan vastaukset kaikkiin kysymyksiin.



(a) Helppo taso



(b) Keskitaso

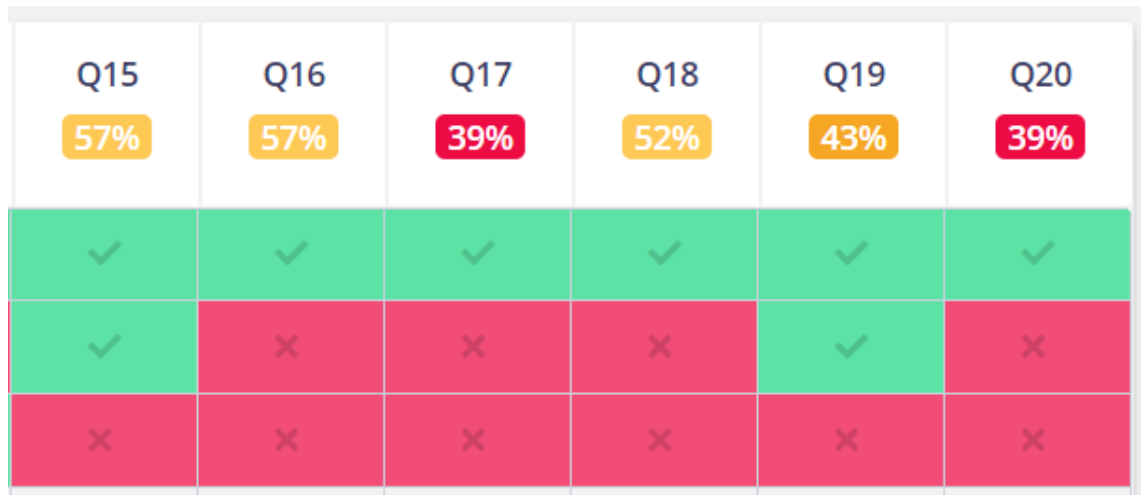


(c) Vaikea taso

Kuva 11. Kuvakaappaukset Quizlet-sovelluksen Match- ja Gravity-pelimuodoista.

Quizizz-sovellus sisältää vain kaksi pelimuotoa. Live Game on tarkoitettu luokassa samanaikaisesti pelattavaksi, jolloin kaikki oppilaat aloittavat visailun samaan aikaan ja etenevät sen jälkeen kysymysten aikarajojen puitteissa. Opettaja pystyy seuraamaan oppilaiden etenemistä reaaliajassa ja saa samat tiedot visailun jälkeen raporttina käyttöönsä. Näistä opettaja näkee jokaisen kysymyksen kohdalla vastaamiseen käytetyn ajan ja minkä vastausvaihtoehdon oppilas on valinnut. Kuvassa 14 on esitetty opettajan näkymä yksittäisen oppilaan vastauksista.

Toinen pelimuoto Homework Game on muilta osin täysin identtinen Live Game-pelimuodon kanssa, mutta kotitehtäväksi tarkoitettuna pelimuotona opettaja määrittää aikavälin, milloin visailua voi pelata ja sen jälkeen oppilas valitsee, milloin haluaa visailun tehdä. Lisäksi op-



Kuva 12. Kuvakaappaus Quizizz-sovelluksen koontiraportista, jossa näkyvät oppilaiden vastaukset kaikkiin kysymyksiin..

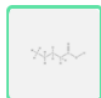
pilas voi yrittää kotitehtävää useamman kerran, jolloin opettaja voi esimerkiksi määritellä, että hyväksyttävään suoritukseen pitää saada XX% oikeita vastauksia. Opettaja saa Homework Game-pelimuodosta vastaavat raportit kuin Live Game-pelimuodostakin. Kattavan raportointityökalun ansiosta Quizizz soveltuu hyvin oppilaiden osaamisen varmistamiseen ja säännöllisesti käytettynä myös osaksi arviointia.

Quizizz-sovelluksessa visailun kysymykset koostuvat kysymysosasta ja vastausvaihtoehdoista. Kysymyksissä ja vastausvaihtoehdoissa voi olla tekstiä, kuvia tai molempia. Yksittäiseksi vastausvaihtoehdoksi pitää kuitenkin valita joko teksti tai kuva. Tämä mahdollistaa hyvin erityylisten kysymysten laatimisen, jolloin myös osaamista ja ymmärrystä voidaan mitata monin eri tavoin. Kuvassa 15 on esitetty pelitilan näkymä pelaajan ruudulla.



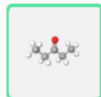
Kuva 13. Kuvakaappaus Quizizz-sovelluksen raportista yksittäisen kysymyksen vastauksista.

14. Karboksyylihapo, jonka hiiliketju on viiden hiilen pituinen



21 secs

15. Ketoni, jonka hiiliketjussa on viisi hiiliatomia



10 secs

16. Yhdiste, jossa bentseenirenkaaseen on liittynyt kaksi hiiliketjua, joista toinen on kahden ja toinen kolmen hiilen mittainen on nimeltään?

✓ etyylipropyylibentseeni

14 secs

Kuva 14. Kuvakaappaus Quizizz-sovelluksen raportista yksittäisen oppilaan vastauksista.

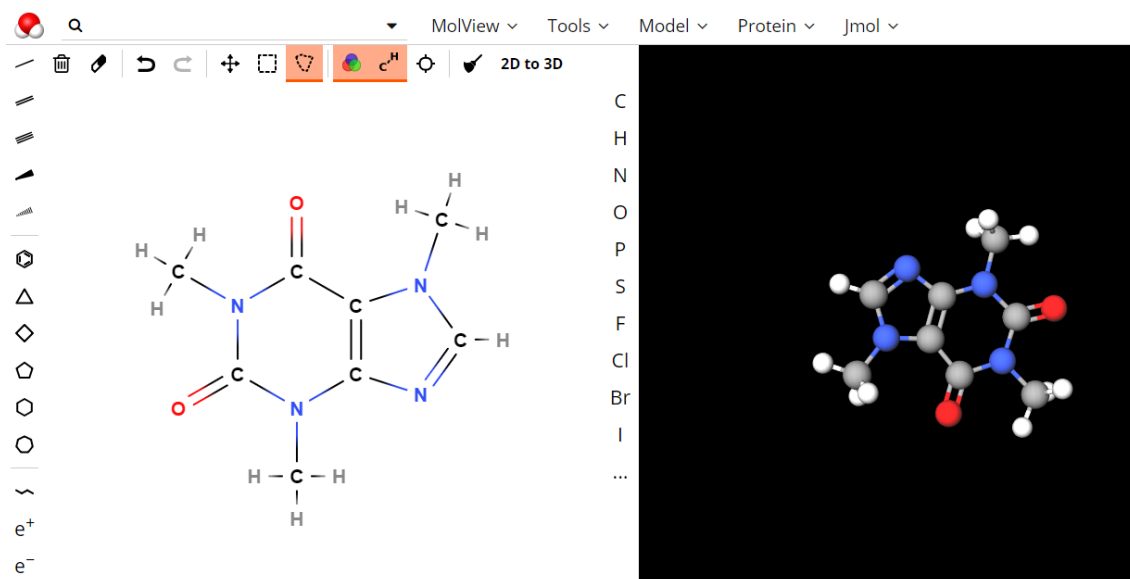
Haarautunut hiilivety, jonka pisimmässä hiiliketjussa on neljä hiiliatomia ja yksi kaksoissidos. Haarautunut osa on metyyliryhmä.

Kuva 15. Kuvakaappaus Quizizz-sovelluksen pelitilasta.

4.1.3 Molview

Molview-sovellus on selainpohjainen molekyylimallinnusohjelma, jonka avulla voi piirtää yhdisteen rakennekaavan, valita sen esitystavan ja myös tarkastella molekyylin kolmiulotteista rakennetta. Sovellus on suunniteltu helppokäyttöisyys edellä ja piirrettyjen molekyylien lataaminen muualla, esimerkiksi visailuissa, käytettäväksi on vaivatonta. Kaikki tähän työhön liittyvät molekyylien rakennekaavat ja 3D-mallit eri muodoissaan on tehty Molview-sovellusta käyttäen. Kuvassa 16 on esitelty sovelluksen oletusnäyttö, jossa kaikki atomit esittävä rakennekaava on vasemmalla ja oletuksena käytössä oleva kolmiulotteisuutta havainnollistava pallotikkumalli oikealla. 3D-malliksi voi valita pallotikkumallin lisäksi mm. tikkumallin tai elektronitiheuspinnat.

Molview-sovelluksessa on monen muun mallinnusohjelman tavoin nimeämistoiminto, mutta se pitää jokaisen yhdisteen osalta avata erikseen valikoiden kautta. Sovellus ei siis nimeä oppilaan mallintamaa yhdistettä automaattisesti samaan kuvaan rakenteen kanssa.



Kuva 16. Kuvakaappaus Molview-sovelluksen aloitusnäytöstä. Vasemmalla rakennekaava ja oikealla 3D-malli pallotikkuesityksenä.

Nimeämistyökalun vuoksi Molview ei kuitenkaan sovellu arvioitavien palautustehtävien tekemiseen, ainakaan mikäli arvioinnin perusteena käytetään jonkin yhdisteen nimen ja rakenteen muistamista. Sovelluksesta löytyy myös hyvin kattava ja selkeästi esillä oleva hakutoiminto, joka etsii yhdisteen nimen avulla sille oikean rakennekaavan. Tämä hakutoiminto löytää useimmat opintojaksolla esiintyvät yhdisteet myös niiden suomenkielisten nimien perusteella. Nämä ominaisuudet eivät kuitenkaan estä Molview:n käyttöä molekyyllimallinnuksen periaatteiden opettamiseen ja mallinnuksen harjoitteluun, sillä ainakin tutkimukseen osallistunut ryhmä piirsi mielellään erilaisia yhdisteitä.

Vaikka erilaisia nimeämis- ja hakutoimintoja sisältävät molekyyllimallinnusohjelmistot ja -sovellukset ovat digitalisaation myötä yhä useamman saatavilla, on nimeämistä silti tärkeää edelleen harjoitella myös ilman näitä. Nimeämiskäytäntöjä opettelemalla ja harjoittelemalla erilaisten yhdisteiden ja yhdisteryhmien tunnistamista, luodaan pohjaa myöhemmälle kemian opiskelulle, jossa odotetaan ja edellytetään nimeämisen osaamista.

4.2 Oppitunnit

Oppituntien rakenne oli keskenään samanlainen. Ensin oppilaat täydensivät päivän aiheen mukaiset muistiinpanot itselleen ja sen jälkeen tutustuttiin yhdisteiden kolmiulotteiseen rakenteeseen joko pallotikkumallien tai 3D-mallinnussovelluksen avulla. Viimeisessä vaiheessa siirryttiin harjoittelemaan yhdisteryhmään kuuluvien yhdisteiden nimeämistä etukäteen suunniteltujen visailujen avulla. Lisäksi oppilaat pelasivat visailuja kotitehtävänä. Muistiinpanot löytyvät kokonaisuudessaan liitteestä A ja toteutetut visailut kronologisessa järjestyksessä tätä seuraavista liitteistä. Kaikissa oppitunneilla ja kotitehtävänä suoritetuissa visailuissa sai käyttää apuna muistiinpanoja, lukuunottamatta viimeisellä tunnilla järjestettyä testiä.

Yhdisteiden kolmiulotteisen rakenteen mallinnuksessa käytettiin selainpohjaista ja ilmaista molview.org sivustoa, joka oli kohderyhmälle uusi kokemus. Oppilailla oli aiempaa kokemusta vain pallotikkumalleilla suoritetusta mallintamisesta, joten tietokoneella suoritettava mallinnus toi sopivasti uutta sisältöä oppitunneille. Interventiojaksolla hyödynnettiin myös Google Classroom palvelua, jonka kautta kotitehtävät, visailut ja materiaalit jaettiin oppilaiden käyttöön. Näin toimien myös oppitunnilta poissaolleet oppilaat pystyivät tekemään itsenäisesti oppitunnilla läpikäytyt asiat ja opettaja pystyi myös tarkistamaan, että poissaolleet tekivät itsenäisesti tehtävät ennen seuraavaa oppituntia. Tämä myös mahdollisti oppilaiden omatoimisen kertaamisen, kun oppituntien aikana pelattuja visailuja oli mahdollista pelata halutessaan myös kotona tai välituntisin.

Jokaisella oppilaalla oli kaikilla oppitunneilla käytössään kannettava tietokone, mutta visailujen pelaaminen onnistui hyvin myös muilla laitteilla. Osa oppilaista pelasikin visailuja mieluummin omalla kännykällään ja käytti tietokonetta vain molekyylihallinnustehtäviin. Käytettävää laitetta ei rajattu vaan oppilaat saivat suorittaa annetut tehtävät haluamallaan laitteella. Vaatimuksena oli ainoastaan se, että annetut tehtävät suoritettiin ja palautettiin annetun aikataulun puitteissa. Kaikki muistiinpanot piti kuitenkin kirjoittaa käsin, jolloin oppilaille jäi jokaisesta oppitunnista myös taktiilinen muistijälki, mikä tehostaa oppimista. Oppilaat saivat muistiinpanot sähköisessä muodossa käyttöönsä vasta kunkin oppitunnin jälkeen.

Kahdeksan tunnin aikana oppilaat joutuivat nimeämään yhdisteitä molekyylikaavan, rakennekaavan eri piirtotapojen, 3D-mallien ja sanallisten kuvausten perusteella. Näin toimien pyrittiin linkittämään kemian neljä eri tasoa toisiinsa mahdollisimman tiiviisti. Oppilaat kohtasivat opintojakson aikana erilaisia mikro-, makro-, symbolisen- ja kielellisen tason tehtäviä ja joutuivat soveltamaan ja syventämään omaa osaamistaan jatkuvasti opintojakson edetessä.

Taulukko 1. Oppituntien rakenne ja sisältö

Oppitunti	Oppituntin sisältö
Tunti 1	Alkaanit - hiiliketjun pituus 8. luokalla käsiteltyjen asioiden kertaamista. Yhdisteen nimen etuliitteen määrittäminen hiiliketjun pituuden avulla. Tuntin aikana yhdistyivät kemian tasoista mikrotaso (rakennekaavat), makrotaso (pallotikkumallit), symbolinen taso (molekyylimallit) ja kielellinen taso (hiiliketjun pituus on 3 hiiltä -> nimen etuliite on prop-).
Tunti 2	Alkeenit ja alkyynit - kaksois- ja kolmoissidokset Myös alkeenit ja alkyynit olivat tuttuja yhdisteitä 8. luokan kemiasta. Sidoksen paikan merkitsemistä ei yläkoulussa vaadita. Tuntin aikana yhdistyivät kemian tasoista mikrotaso (rakennekaavat), symbolinen taso (molekyylimallit) ja kielellinen taso (hiiliatomien välillä on kaksoissidos -> kyseessä on alkeeni).
Tunti 3	Haarautuneet hiilivedyt Oppilaat tutustuivat haarautuneiden hiilivetyjen nimeämiseen. Liittyneen ryhmän paikan merkitsemistä ei yläkoulussa vaadita. Tuntin aikana yhdistyivät kemian tasoista mikrotaso (rakennekaavat), symbolinen taso (molekyylimallit) ja kielellinen taso (hiiliketjusta haarautuu CH ₃ -ryhmä -> nimen eteen tulee liite metyyli).
Tunti 4	Kertaus ja opitun testaus - hiilivedyt Kertaus ja testi hiilivety-yhdisteiden nimeämisestä. Tuntin aikana yhdistyivät kemian tasoista mikrotaso (rakennekaavat), symbolinen taso (molekyylimallit) ja kielellinen taso (yhdisteen hiiliketjussa on vain yksinkertaisia sidoksia ja siinä on 4 hiiltä eikä haarautuvia ryhmiä -> se on siis butaani).
Tunti 5	Alkoholit, karboksyylihapot ja aldehydit Alkoholit ja karboksyylihapot olivat tuttuja 8. luokalta, mutta aldehydit olivat uusi yhdisteryhmä. Tuntin aikana yhdistyivät kemian tasoista mikrotaso (rakennekaavat), makrotaso (pallotikkumallit), symbolinen taso (molekyylimallit) ja kielellinen taso (hiiliketjun päässä on COOH-ryhmä -> kyseessä on siis karboksyylihapo).
Tunti 6	Ketonit, eetterit ja esterit Kaikki näistä olivat oppilaille uusia yhdisteryhmiä. Tuntin aikana yhdistyivät kemian tasoista mikrotaso (rakennekaavat), symbolinen taso (molekyylimallit) ja kielellinen taso (hiiliketjun keskellä on yksi happiatomi -> kyseessä on siis eetteri).
Tunti 7	Aromaattiset yhdisteet Aromaattiset yhdisteet olivat oppilaille tuntemattomia. Tunnilla keskityttiin tunnistamaan bentseenirengas ja siihen liittyneet ryhmät. Tuntin aikana yhdistyivät kemian tasoista mikrotaso (rakennekaavat), symbolinen taso (molekyylimallit) ja kielellinen taso (yhdisteessä on bentseenirengas ja siihen on liittynyt CH ₃ -ryhmä -> se on siis metyylibentseeni).
Tunti 8	Kertaus ja opitun testaus Viimeisellä tunnilla kerrattiin koko jakson sisältö ja pidettiin orgaanisten yhdisteiden nimeämisestä testi. Tuntin aikana yhdistyivät kemian tasoista mikrotaso (rakennekaavat), symbolinen taso (molekyylimallit) ja kielellinen taso (yhdisteessä on OH-ryhmä, 4 hiiliatomia ja kaksoissidos -> yhdiste on siis butenoli).

Taulukossa 1 on esitelty tarkemmin kunkin oppitunnin sisältöä ja kuvattu, mitä kemian opetuksen eri tasoja kyseisen tunnin aikana on sivuttu ja miten. Laboratoriotilojen puutteesta johtuen ainoat edes jollakin tavalla makrotason elementeiksi luokiteltavat sisällöt olivat pallotikkumallien rakentaminen, minkä yhteydessä oppilaat kuitenkin pääsivät käsin kosketellen tutkimaan molekyylien avaruudellista rakennetta ja kolmiulotteisia muotoja. Makrotason paremmasta integroinnista osaksi opintojaksoa on annettu esimerkkejä luvussa 5.5.

Oppituntien aikana käytettyjä sovelluksia ja niillä suoritettuja toimintoja on havainnollistettu tarkemmin taulukossa 2. Quizlet- ja Quizizz-sovelluksilla tehtyjen visailuiden kysymykset löytyvät liitteistä ja ne ovat saatavissa myös kyseisissä sovelluksissa⁴⁵. Molekyylihallinnukseen Molview-sovelluksella ei ollut muuta valmista materiaalia kuin oppilaille jaetut muistiinpanoissa ja siihen astisissa visailuissa esiintyneet yhdisteet.

Taulukko 2. Oppitunneilla käytetyt sovellukset

Oppitunti	Oppitunnin aihen ja sen aikana käytetyt sovellukset
Tunti 1	Alkaanit - hiiliketjun pituus Oppilaat kirjautuivat ja tutustuivat Quizlet- ja Quizizz-sovelluksiin ja saivat kotitehtäväksi ensimmäiset Quizlet-visailut.
Tunti 2	Alkeenit ja alkyynit - kaksois- ja kolmoissidokset Oppilaat mallinsivat molekyyliä Molview-sovelluksella ja tekivät Quizlet-visailuita. Kotitehtäväksi he saivat toisen Quizlet-visan.
Tunti 3	Haarautuneet hiilivedyt Molekyylihallinnukseen käytettiin Molview sovellusta ja tunnin visailut suoritettiin Quizlet-sovelluksen avulla. Kotitehtäväksi oppilaat saivat ensimmäisen Quizizz-visan.
Tunti 4	Kertaus ja opitun testaus - hiilivedyt Kertausosiossa oppilaat mallinsivat molekyyliä Molview-sovelluksella ja kyselivät niitä toisiltaan. Testi suoritettiin Quizizz-sovelluksella.
Tunti 5	Alkoholit, karboksyylihapot ja aldehydit Oppitunnin visailut suoritettiin Quizlet-sovelluksessa ja kotitehtäväksi tullut visa puolestaan Quizizz-sovelluksessa.
Tunti 6	Ketonit, eetterit ja esterit Oppilaat mallinsivat yhdisteitä Molview-sovelluksessa ja pelasivat Quizlet-visailuja. Quizizz-visa oli jälleen kotitehtävänä.
Tunti 7	Aromaattiset yhdisteet Yhdisteiden mallintamisessa käytettiin Molview-sovellusta ja tunnilla pelattiin Quizlet-visailuita. Oppilaat saivat kotitehtäväksi Quizizz-visan.
Tunti 8	Kertaus ja opitun testaus Kerratessaan oppilaat pelasivat Quizlet-visailuita ja varsinainen testi suoritettiin Quizizz-visana.

⁴Quizizz-visat: <https://quizizz.com/collection/5bf50ea8c7045b001afbbd8d>

⁵Quizlet-visat: <https://quizlet.com/Masi89/folders/orgaanisten-yhdisteiden-nimeaminen>

5. TULOSTEN KÄSITTELY

Tässä luvussa käsitellään tutkimuksessa saatuja tuloksia. Tulosten käsittelyssä ja analyysisä käytetään sekä kvantitatiivisia että kvalitatiivisia menetelmiä sillä suurin osa kerätyistä datasta edellyttää määrällistä tarkastelua, mutta mukana ovat myös laadullista tarkastelua vaativan kyselyn vastaukset. Oppilaiden tunnistamisen estämiseksi heidät on esitetty siinä järjestyksessä kuin he rekisteröityivät Quizlet-sovellukseen. Järjestysnumeron perässä oleva P viittaa poikaan ja T tyttöön.

Tarkastellaan ensin mitattavissa olevia tietoja Quizizz-visailuista eli oppilaiden oikeiden vastausten lukumäärää ja kuhunkin kysymykseen vastaamiseen käytettyä aikaa.

Taulukko 3. Quizizz-visailuiden tuloksia. Luku *n* kertoo kuinka moneen kysymykseen oppilas on vastannut oikein ja aika *t* kertoo kuinka kauan yhteen kysymykseen vastaaminen keskimäärin on kestänyt. P tarkoittaa poikaa ja T tyttöä.

oppilas	Visa 1		Visa 2		Visa 3		Visa 4		Visa 5		Visa 6		Σ n
	n=15	t (s)	n=15	t (s)	n=10	t (s)	n=10	t (s)	n=10	t (s)	n=20	t (s)	
1P	-	-	6	12,1	-	-	5	8,3	5	9,2	9	14,6	25
2T	12	12,8	13	18,9	10	8,2	9	9,1	10	8,7	13	37,1	67
3P	-	-	13	18,2	10	9,8	9	8,8	10	10,1	19	28,4	61
4T	13	14,4	14	16,1	-	-	8	7,6	9	8,1	14	18,4	58
5P	5	8,6	10	9,2	9	7,9	7	6,5	7	6,0	8	4,5	46
6P	2	3,1	5	7,1	-	-	5	5,9	4	5,2	11	13,0	27
7P	5	4,9	6	8,7	6	9,5	-	-	5	7,3	8	5,2	30
8P	1	13,1	11	14,7	8	9,7	7	9,5	8	10,7	13	18,2	48
9P	11	10,4	14	13,2	10	6,5	10	7,4	10	7,1	20	16,6	75
10P	10	16,3	11	17,4	6	4,4	-	-	5	9,8	7	16,9	39
11P	-	-	6	22,8	-	-	6	10,8	6	12,9	10	40,1	28
12T	10	16,7	11	16,5	10	10,4	8	10,2	10	11,6	19	30,7	68
13T	12	24,7	13	22,6	9	8,6	8	9,6	8	9,1	9	21,0	59
14T	14	21,5	15	20,3	10	15,2	10	12,3	10	11,9	18	29,4	77
15P	5	7,8	6	9,4	4	10,5	-	-	5	9,8	8	14,2	28
16P	6	7,4	11	12,6	8	7,9	8	7,1	9	9,8	16	19,4	58
17T	-	-	14	13,5	10	3,6	10	5,9	9	8,2	15	24,3	58

Osassa visailuista vastauksia puuttuu joidenkin oppilaiden kohdalta, koska nämä eivät ole olleet oppitunnilla läsnä tai ovat jättäneet kotitehtävän muistutuksista huolimatta tekemättä. Quizizz-visailuissa pienet palkinnot parhaiten suoriutuville luvattiin visassa kaksi ja visassa kuusi, joka toimi samalla opintojakson lopputestinä. Näissä oppilaat ovatkin käyttäneet vastaamiseen keskimäärin enemmän aikaa kuin muissa. Ensimmäisessä visailussa pidempi vastausaika selittynee sillä, että sitä käytettiin uuden asian harjoitteluun ensimmäistä kertaa, kun taas visat kolme, neljä ja viisi olivat kotitehtävinä, jolloin niissä käsiteltyjä asioita oli

jo harjoiteltu edeltävällä oppitunnilla.

Koska visailun luonteeseen kuuluu, että kysymykset ovat monivalintakysymyksiä ja visat melko lyhyitä, vain kymmenen - kaksikymmentä kysymystä, ei oikeiden vastausten lukumääristä voi tehdä kovin suuria päätelmiä. Neljällä vastausvaihtoehdolla on mahdollista saada arvaamalla kaikki kysymykset oikein todennäköisyydellä $0,25^{10} \approx 9,5 \cdot 10^{-7}$. Paremmen kuvan saa, kun tarkastelee samanaikaisesti myös vastaamiseen käytettyä aikaa. Jos kysymykseen on vastattu kovin nopeasti, voidaan melko perustellusti olettaa, että oppilas ei ole edes yrittänyt tehtävää, vaan on vastannut arvaamalla. Toisaalta taulukkoon 3 kirjatut keskimääräiset ajat eivät kerro koko totuutta, sillä yhteenkin kysymykseen käytetty pidempi aika nostaa keskiarvon lähelle samaa tasoa kuin oppilailla, jotka hallitsevat asian ja pystyvät siksi vastaamaan nopeasti. Samasta taulukosta havaitaan myös, että vastaajassa tietyn rajan ylittäminen saattaa kertoa siitä, että oppilas ei osaa vastata kysymykseen yrityksestä huolimatta.

Myös kysymysten laatu vaikuttaa merkittävästi keskimääräiseen vastausaikaan. Visoissa kaksi ja kuusi oli mukana muutamia oppilaille haastavampia kysymyksiä, joihin vastaaminen vei selkeästi pidempään kuin muihin kysymyksiin. Tämä nostaa keskiarvoa, joka myös ilman tätä lisäystä on korkeampi kuin muissa visoissa.

Taulukko 4. Quizizz-visailuiden tulokset tyttöjen osalta.

	Visa 1		Visa 2		Visa 3		Visa 4		Visa 5		Visa 6		Σ n
oppilas	n=15	t (s)	n=15	t (s)	n=10	t (s)	n=10	t (s)	n=10	t (s)	n=20	t (s)	80
2T	12	12,8	13	18,9	10	8,2	9	9,1	10	8,7	13	37,1	67
4T	13	14,4	14	16,1	-	-	8	7,6	9	8,1	14	18,4	58
12T	10	16,7	11	16,5	10	10,4	8	10,2	10	11,6	19	30,7	68
13T	12	24,7	13	22,6	9	8,6	8	9,6	8	9,1	9	21,0	59
14T	14	21,5	15	20,3	10	15,2	10	12,3	10	11,9	18	29,4	77
17T	-	-	14	13,5	10	3,6	10	5,9	9	8,2	15	24,3	58

Kuten taulukosta 4 havaitaan, ovat tyttöjen tulokset selkeästi poikien vastaavia korkeammat sekä saatujen tulosten, että vastaamiseen käytetyn ajan osalta. Vertailu tyttöjen ja poikien välillä on tutkimuksen kannalta relevanttia, sillä tutkimuksen lähtökohtana oli etsiä ja löytää ratkaisuja, joilla voidaan vähentää ulkoa opetteluun tylsyyttä ja tehottomuutta, minkä on koettu vaivaavan erityisesti poikien opiskelua. Pelillistämistä on perinteisesti pidetty juuri poikien motivaatiota ja suoriutumista parantavana opetusmenetelmänä.

Toisaalta kun poikien tuloksia verrataan heidän aikaisemman kemian opiskelunsa kanssa, voidaan selkeästi todeta heidän mielenkiintonsa kemian opiskelua kohtaan ja sitä myötä myös oppimistulostensa kasvaneen. Lienee kuitenkin luonnollista, että uuden tyyppisellä opintokokonaisuudella oli vastaava vaikutus myös muihin oppilaisiin, joten oppilaiden väliset tasoerot eivät pienentyneet. Poikien tilastossa havaitaan kaksi oppilasta, jotka ovat järjestään vastanneet kyselyihin erittäin nopeasti ja vaihtelevalla menestyksellä. Kumpikin kuitenkin teki erittäin aktiivisesti ja ahkerasti Quizlet-visailuita, joten

ehkä Quizizz-visailujen monivalintarakenne ja tilanne, jossa opettaja näki miten oppilas kuhunkin kysymykseen vastasi, ei vain sopinut heille.

Taulukko 5. Quizizz-visailuiden tulokset poikien osalta.

	Visa 1		Visa 2		Visa 3		Visa 4		Visa 5		Visa 6		Σ n
oppilas	n=15	t (s)	n=15	t (s)	n=10	t (s)	n=10	t (s)	n=10	t (s)	n=20	t (s)	80
1P	-	-	6	12,1	-	-	5	8,3	5	9,2	9	14,6	25
3P	-	-	13	18,2	10	9,8	9	8,8	10	10,1	19	28,4	61
5P	5	8,6	10	9,2	9	7,9	7	6,5	7	6,0	8	4,5	46
6P	2	3,1	5	7,1	-	-	5	5,9	4	5,2	11	13,0	27
7P	5	4,9	6	8,7	6	9,5	-	-	5	7,3	8	5,2	30
8P	1	13,1	11	14,7	8	9,7	7	9,5	8	10,7	13	18,2	48
9P	11	10,4	14	13,2	10	6,5	10	7,4	10	7,1	20	16,6	75
10P	10	16,3	11	17,4	6	4,4	-	-	5	9,8	7	16,9	39
11P	-	-	6	22,8	-	-	6	10,8	6	12,9	10	40,1	28
15P	5	7,8	6	9,4	4	10,5	-	-	5	9,8	8	14,2	28
16P	6	7,4	11	12,6	8	7,9	8	7,1	9	9,8	16	19,4	58

Kovin suuria yleistyksiä tyttöjen ja poikien välisille eroille ei kuitenkaan voi tehdä, sillä poikienkin joukossa oli oppilaita, jotka sekä keskittyivät vastaamiseen muita paremmin, että myös vastasivat näitä useammin oikein. Näiltä osin tuloksiin siis vaikuttanee merkittävästi myös oppilaan oma motivaatio ja mielenkiinto kemian opiskelua, tai yleisemmin koulunkäyntiä, kohtaan sekä heidän aiemmat positiiviset kokemuksensa uusien asioiden oppimisesta.

5.1 Visailuissa käytettyjen kysymysten analysointi

Visailuissa käytettiin useita erilaisia kysymystyyppisiä, joiden toimivuutta tarkastellaan tässä luvussa. Käytettyjä kysymystyyppisiä olivat yhdisteen nimen yhdistäminen oikeaan rakennekaavaan, rakennekaavan yhdistäminen oikeaan yhdisteen nimeen, yhdisteen nimen yhdistäminen sanalliseen kuvaukseen yhdisteen rakenteesta ja yhdisteen rakennekaavan yhdistäminen sanalliseen kuvaukseen yhdisteen rakenteesta. Seuraavalle toteutuskerralle olisi hyvä lisätä ainakin sellaisia tehtävätyyppejä mukaan, joissa oppilaan pitää itse tuottaa sanallinen kuvaus yhdisteen rakenteesta sen nimen tai rakennekaavan perusteella.

Esimerkit kaikista tehtävätyypeistä on esitetty kuvassa 17 ja kutakin tehtävätyyppiä edustavien tehtävien lukumäärät taulukossa 6. Kuvassa 18 on tarkasteltu oppilaiden vastauksia kunkin kysymystyyppin tehtäviin, minkä perusteella voidaan tehdä tulkintaa siitä, minkä tyyppiset tehtävät soveltuvat parhaiten opetustehtäviksi. Hieman yleistäen voidaan todeta, että parhaita tehtäviä ovat sellaiset, joiden vastausjakauma noudattaa pääpiirteissään Gaussin käyrää, eli ne erottelevat oppilaita osaamistason perusteella. Toisaalta oppimisprosessia ajatellen on varmasti myös hyvä sisällyttää ainakin uuden asian opetteluun aluksi sellaisia tehtäviä, joiden erottelukyky on heikko tehtävien helppouden vuoksi, jolloin kaikki oppilaat saavat myös onnistumisen kokemuksia.

Taulukko 6. Erilaisten kysymystyyppien lukumäärät (N) visailuissa.


Nimen yhdistäminen rakennekaavaan	Rakennekaavan yhdistäminen nimeen	Kuvauksen yhdistäminen rakennekaavaan	Kuvauksen yhdistäminen nimeen
25	25	15	15

Kuvan 18 perusteella tällaisia selkeästi helpompia tehtävätyyppejä ovat sellaiset, joissa oppilaat yhdistävät rakennekaavan oikeaan nimeen tai nimen oikeaan rakennekaavaan. Näiden kahden eri tehtävätyypin välillä ei ole merkittäviä vastauseroja oppilaiden kesken, joten niitä voidaan pitää keskenään samantasoisina tehtävätyypeinä. Näissä tehtävätyypeissä suurin osa tehtävistä on sellaisia, joihin valtaosa oppilaista osaa vastata oikein. Tämän tyyppiset tehtävät siis sopivat hyvin ensimmäisiksi tehtäviksi uudesta aiheesta, jolloin oppilaat saavat heti aluksi positiivisen oppimiskokemuksen.

Visailuiden osana olleet kielentämistehtävät, joissa yhdistetään sanallinen kuvaus nimeen tai rakennekaavaan, puolestaan ovat erottelukyvyltään huomattavasti parempia ja sopivat näin ollen myös koetehtäviksi tai arvioinnin perustaksi paremmin kuin nimen ja rakennekaavan yhdistämistehtävät. Näissäkään ei voida havaita merkittävää eroa sen välillä, yhdistetäänkö sanallinen kuvaus nimeen vai rakennekaavaan. Tämä on siltä osin looginen havainto, että tehtävätyypeinä nämä ovat keskenään hyvin samanlaisia. Suurempia eroavaisuuksia voitaisiin mahdollisesti havaita, mikäli esimerkiksi yhdistettäisiin nimeä tai rakennekaavaa oikeaan sanalliseen kuvaukseen, jolloin kyseessä olisi selkeästi erityyppinen tehtävä. Sanallisia kuvauksia sisältävät tehtävät ovat kokonaisuutena selkeästi vaativampia kuin pelkästään nimen ja rakennekaavan yhdistäminen, joten ne soveltuvat hyvin osaamisen syventämiseen.

Kokonaisuutena valitut tehtävätyypit näyttäisivät soveltuvan vaikeustasoltaan hyvin opettavan asian opettamiseen, ainakin siinä järjestyksessä kuin niitä on oppilaille esitetty. Käytetyt tehtävätyypit voidaan jakaa karkeasti helppoihin, nimen ja rakenteen yhdistämistä vaativiin tehtäviin ja keskitasoisiin, sanallisen kuvauksen ja nimen tai rakenteen yhdistämistä vaativiin tehtäviin. Varsinaisesti yhtäkään käytetyistä tehtävätyypeistä ei voida luokitella vaikeaksi, vaikka joitakin vaikeita yksittäisiä kysymyksiä tähän kategoriaan saattaakin kuulua. Optimaalisen oppimistuloksen kannalta noin neljäsosan tehtävistä tulisi olla helppoja, noin puolet keksitasoisia ja noin neljäsosan vaikeita. Tämä olisi mahdollista saavuttaa joko lisäämällä selkeästi vaikeampi tehtävätyyppi tai valikoimalla paremmin yksittäisiä tehtäviä.

Q. Kuvassa oleva yhdiste on nimeltään



— answer choices —

butanaali

butanoli

butanoni

butaanihappo

(a) Rakennekaavan yhdistäminen nimeen, N=25

Q. metyylibentseeni

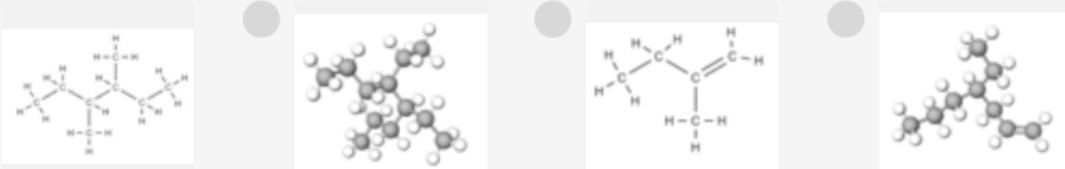
— answer choices —



(b) Nimen yhdistäminen rakennekaavaan, N=25

Q. Haarautunut hiilivety, jonka pisimmässä hiiliketjussa on neljä hiiliatomiä ja yksi kaksoissidos. Haarautunut osa on metyyliryhmä.

— answer choices —



(c) Kuvauksen yhdistäminen rakennekaavaan, N=15

Q. Yhdiste, jossa bentseenirenkaaseen on liittynyt kaksi hiiliketjua, joista toinen on kahden ja toinen kolmen hiilen mittainen on nimeltään?

— answer choices —

metyylietylibentseeni

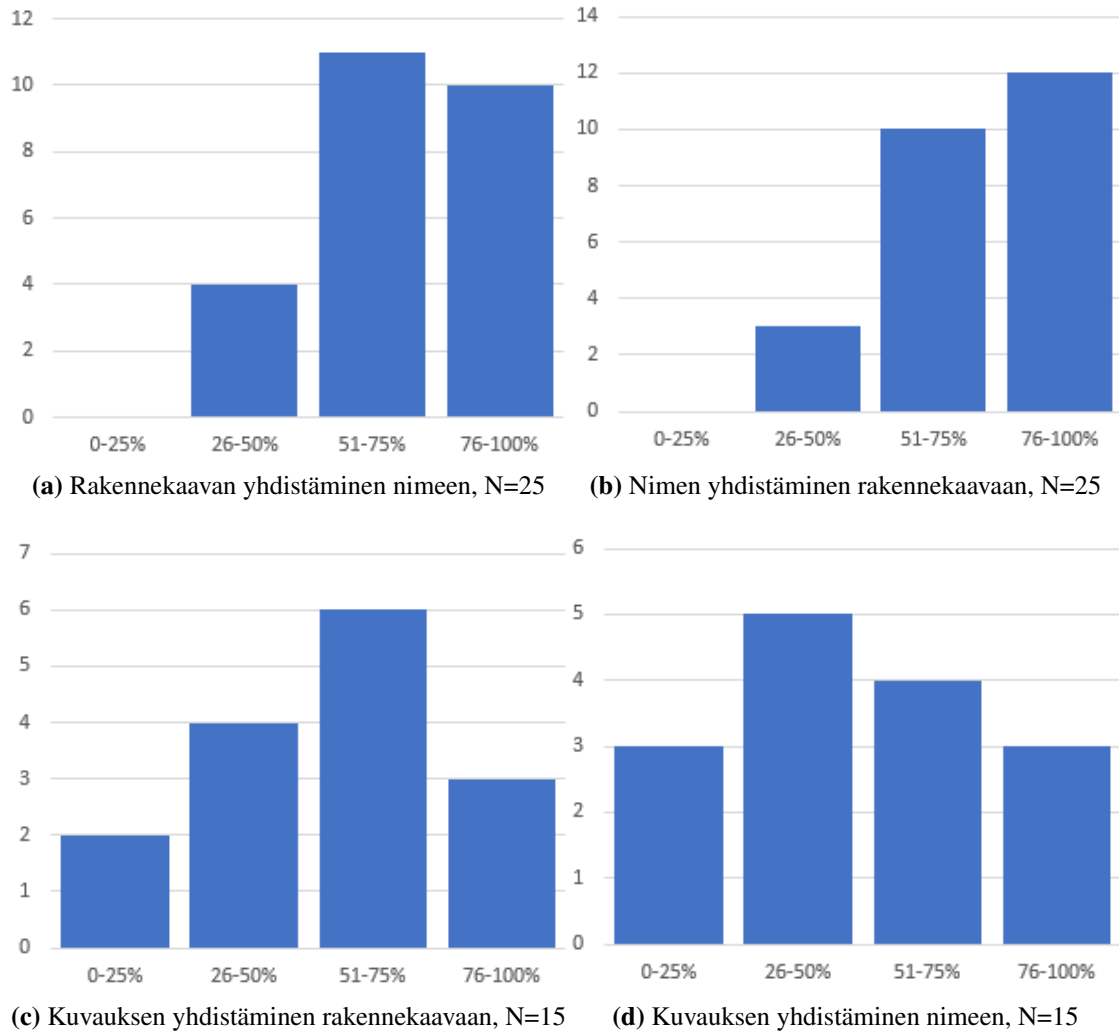
etyylipropylibentseeni

pentylibentseeni

dietylibentseeni

(d) Kuvauksen yhdistäminen nimeen, n=15

Kuva 17. Esimerkit erilaisista visailuissa käytetyistä kysymyksistä.



Kuva 18. Oikeiden vastausten suhteellinen lukumäärä eri kysymystyypeissä.

Tarkastellaan seuraavaksi tehtävien haastavuutta yksittäisen tehtävän tasolla ja selvitetään onko mahdollista löytää joitakin yhteneväisyyksiä sellaisten tehtävien välillä, joihin on vastattu paljon väärin tai sellaisten välillä, joihin on vastattu paljon oikein. Nimen ja rakennekaavan yhdistämistehtävissä kaikkein haastavimmiksi osoittautuivat sellaisia funktionaalisia ryhmiä sisältävät yhdisteet, jotka muistuttavat toisiaan. Ketonit ja aldehydit sekä karboksyylihapot ja esterit. Myös haarautuneiden hiilivetyjen ja orgaanisten yhdisteiden nimen ja rakenteen yhdistäminen toisiinsa tuotti oppilaille vaikeuksia, mutta niiden nimeäminen onkin vaatimustasoltaan lukion tai korkeakouluopintojen luokkaa.

Kielentämistehtävissä sanallisen kuvauksen pituudella, eli nimettävän yhdisteen monimutkaisuudella, näyttäisi käytettyjen kysymysten perusteella olevan suuri vaikutus osaamiseen. Mitä monimutkaisempi yhdiste ja pidempi kuvaus, sitä heikommin oppilaat ovat osanneet vastata. Tämä on odotettua, sillä monimutkaisten yhdisteiden nimeäminen on yleisestikin haastavampaa kuin yksinkertaisempien yhdisteiden. Selvästi vaikeimmat tehtävät olivat kuitenkin sellaisia, joissa sanallisella kuvauksella ilmaistiin yhdisteen syntymekanismia. Opintokokonaisuuden aikana sekä aiemmin kahdeksannella luokalla käsiteltiin esimerkiksi

esterisynteesiä, jossa kuvataan esterien muodostuminen alkoholiin ja karboksyylihapojen välisessä reaktiossa. Esimerkiksi kysymykseen "Esteri, joka on muodostunut metanolin ja metaanihapon välisessä reaktiossa" vastasi oikein vain kaksi oppilasta. Tähän kysymykseen vastaaminen vaatii orgaanisten yhdisteiden nimeämisen syvällistä osaamista ja sen lisäksi tietoa orgaanisten yhdisteiden välisistä reaktioista.

Helppoimpia kielentämistehtäviä olivat sellaiset, joissa yhdisteen rakenteen kuvauksen lisäksi on mainittu mihin yhdisteryhmään se kuuluu. Esimerkiksi "Karboksyylihapo, jonka hiiliketjussa on viisi hiiliatomia". Tällöin oppilas pystyi yhdistämään mielessään tiedon viiden hiiliatomin muodostamasta ketjusta, pentaanista, ja karboksyylihaposta yhdisteen nimeksi pentaanihapon. Vaikeudeltaan keskitasoa oleva tehtävä olisi saman yhdisteen tapauksessa ollut esimerkiksi muotoa "Yhdiste, jonka hiiliketjussa on viisi hiiliatomia ja ketjun toisessa päässä on -COOH-ryhmä". Tällöin oppilaan olisi pitänyt tietää, että -COOH-ryhmä viittaa karboksyylihappoon ja vasta tämän jälkeen hän olisi voinut päätellä koko yhdisteen nimen.

Erilaisten ja erityyppisten kielentämistehtävien avulla on mahdollista laatia selkeästi eritasoisia tehtäväkokonaisuuksia ja esimerkiksi harjoitteluvaiheessa samasta aiheesta eritasoisia kielentämistehtäviä valitsemalla voidaan opetusta myös eriyttää ylös- tai alaspäin useammalle eri tasolle. Jos tämän yhdistää johonkin sopivaan oppimisalustaan, ei tehty eriyttäminen edes välttämättä näy oppilaille. Tällöin olisi ainakin teoriassa mahdollista rakentaa sellainen harjoitteluympäristö, jossa oppilaiden väliset tasoerot eivät näyttäytyisi niin suurina kuin ne oikeasti ovat, mikä antaisi opettajalle mahdollisuuden hyödyntää tätä heikompien oppilaiden motivoinnissa. Varsinaiseen arviointiin tällainen jako ei tietenkään sovi, mutta esimerkiksi kotitehtävänä tapahtuva kisailu, jossa oppilaille "arvotaan" kysymykset tietystä joukosta voisi olla mahdollinen sovelluskohde. Tämän tyyppisen menetelmän hyödyntäminen opetuskäytössä sisältää kuitenkin eettisiä kysymyksiä, joihin tulee vastata ennen käytännön toteutusta.

5.2 Sisällönanalyysi

Sisällönanalyysi on tutkimusaineiston analyysimenetelmä, joka Sarajärven ja Tuomen [56] mukaan sisältää tutkimusaineiston tiivistämistä ja sen järjestämistä erilaisiin luokkiin tai kategorioihin. Sisällönanalyysia käytetään laadullisen tutkimuksen analyysimenetelmänä ja määrällisen tutkimuksen avointen kysymysten vastausten analysoinnissa. Sisällönanalyysiä voidaan tehdä aineistolähtöisenä, teoriaohjaavana tai teorialähtöisenä. Sisällönanalyysissä tarkoituksena on esittää käsitteiden välistä hierarkiaa ja niiden välisiä riippuvuussuhteita. [57]

Sisällönanalyysin toteutustapa voi olla tutkimuksen tavoitteesta riippuen joko induktiivinen tai deduktiivinen. [57] Deduktiivisessa analyysissä muodostetaan aiemman tiedon perusteella analyysirunko, johon aineistosta etsitään sisällöllisesti sopivia asioita. Induktiivisessa analyysissä analyysirunko rakennetaan aineiston perusteella etsimällä sen sisältä

mahdollisia luokkia ja kategorioita. [58] [57] Sisällönanalyysin tulos on myös mahdollista kvantifioida. Kvantifioinnissa voidaan laskea, kuinka moni tutkittava ilmaisee asian tai kuinka monta kertaa käsitteen sisältämä asia esiintyy aineistossa. Kvantifioinnin tarkoitus vaikuttaa siihen, kumpi menettelytavoista valitaan. [59]

Sisällönanalyysillä tehdyn tutkimuksen raportointiin liittyy monia haasteita. Induktiivisessa sisällönanalyysissä syntyy abstrahoinnin kautta erilaisia käsitteitä, joiden syntyprosesseista tutkija pystyy kuvailemaan vain osan. Loput ovat tutkijan omia oivalluksia, joita on vaikea kirjoittaa auki. Deduktiivisessa analyysissä käsitteet perustuvat laadittuun analyysirunkoon ja siten analyysin tuloksena on näiden käsitteiden sisältö ja rakenne. [57] Raportoinnista on siten nähtävissä, miten käsitteet on analyysiprosessin aikana rakennettu.

Usein sisällönanalyysillä tuotetusta tuloksesta näkyy myös analyysin keskeneräisyys. Tutkija on voinut yhdistää liian paljon erilaisia asioita samaan käsitteeseen tai hän ei ole abstrahoinut aineistoa riittävän hyvin. Käsitteiden runsaus puolestaan kertoo siitä, että tutkija ei ole pystynyt ryhmittelemään aineistoa riittävästi. [60] Sisällönanalyysin luotettavuutta pyritään lisäämään mahdollisimman tarkalla kuvauksella analyysiprosessista, jolloin lukijalle on mahdollista havainnollistaa esimerkkien avulla prosessin etenemistä. Suorien lainauksien käyttöä pidetään luotettavuuden kannalta keskeisenä tekijänä ja näiden pitäisi systemaattisesti osoittaa yhteys aineiston ja saatujen tulosten välillä. Suorien lainausten määrä ei kuitenkaan saa olla liian suuri, eikä ulkopuolinen lukija saa tunnistaa tutkittavia lainausten perusteella. [58] [57]

5.3 Sanallinen palaute

Opintokokonaisuuden lopuksi oppilailta kysyttiin myös avointa palautetta opintojakson toteutukseen liittyen. Kysymyksiä oli kaksi ja ne oli aseteltu seuraavasti: "Mitä mieltä olit opintokokonaisuuden toteutuksesta?" ja "Kuinka hyvin koit oppineesi opintokokonaisuuden asiat verrattuna normaaliin toteutukseen?" Normaalilla toteutuksella tarkoitettiin tässä yhteydessä perinteistä opettajajohtoista opetusta asioiden opetteluun ja visailusovellusten käyttämistä vain kokeeseen kertaamistarkoituksessa ja myös oppilaille oli ilmeistä, että tällä viitattiin muiden opintokokonaisuuksien tavanomaiseen kulkuun.

Vastaukset, N=34, olivat kokonaisuudessaan varsin kypsiä ja informatiivisia yhdeksäsluokkalaisten kevään viimeisellä varsinaisella kouluviikolla kirjoittamiksi. Vastauksista vain kaksi oli täysin ohi kysymysten ja muissa oli vastattu kysymyksiin lähestulkoon kokonaisilla lauseilla ja selkeästi. Avointen kysymysten kohdalla voidaan käyttää sisällönanalyysiä, vaikka otoskoko onkin verrattain pieni.

Ensimmäisen kysymyksen osalta oppilaiden kokemukset voidaan klusteroida kolmeen kategoriaan, positiivisiin, neutraaleihin ja negatiivisiin. Lisäksi näihin kategorioihin kuuluville vastauksille voidaan tehdä lähempää tarkastelua siitä, miksi oppilas on kokenut opintojakson siten kuin hän sen on kokenut.

Jälkimmäisen kysymyksen tapauksessa klusterointi ei ole aivan yhtä yksinkertaista, mutta vastausten perusteella jako on mahdollista tehdä seuraavasti: opin hyvin ja tein vähän töitä, opin hyvin ja tein paljon töitä, opin heikosti ja tein vähän töitä, opin heikosti ja tein paljon töitä sekä muut.

Taulukko 7. *Oppilaiden kokemukset opintokokonaisuuden toteutuksesta. Taulukon luvut kertovat, kuinka monessa vastauksessa pelillisuus, tietokoneiden käyttö ja pänttäämisen puute esiintyvät positiivisessa, neutraalissa tai negatiivisessa kontekstissa.*

	Positiiviset	Neutraalit	Negatiiviset
Pelillisuus	10	-	-
Tietokoneiden käyttö	4	3	4
Pänttäämisen puute	8	1	1

Kuten taulukosta 7 havaitaan, opintokokonaisuuteen sisältynyt pelillisuus koettiin positiivisena asiana, mutta pelkästään tietokoneen avulla toteutettuna se jakoi oppilaiden mielipiteitä voimakkaasti. Osa piti siitä, että tietokoneita hyödynnettiin opetuksessa runsaasti, mutta muutama oppilas koki sähköisten oppimisympäristöjen käytön raskaana ja oppimista haittaavana. Noin puolet oppilaista koki myönteisesti sen asian, että opeteltavia asioita ei tarvinnut perinteiseen tapaan pöntätä, mutta yksi oppilas olisi kaivannut tätä vaihetta mukaan opetukseen. Osa oppilaista oli maininnut useamman kuin yhden asian perusteluna sille, miksi he kokivat opintokokonaisuuden toteutuksen positiivisena tai negatiivisena.

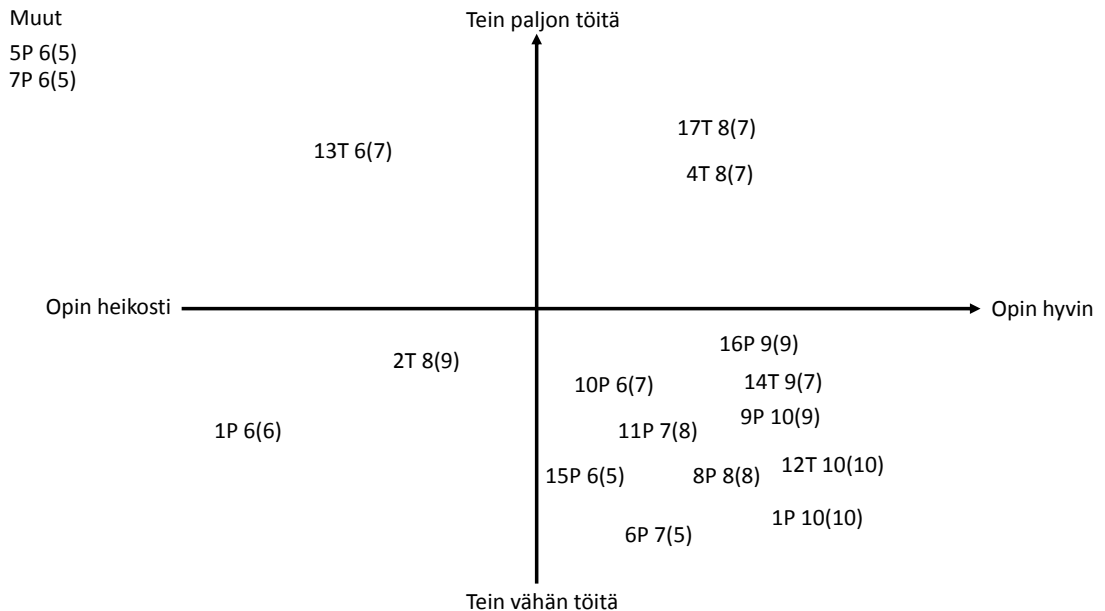
Erityisesti vastauksista nousivat esiin pelillisyyden osalta ne tunnit, joilla oli luvassa jokin palkinto parhaiten suoriutuville. Tämä on linjassa oppituntien aikana tehtyjen havaintojen kanssa, joiden mukaan oppilaat innostuivat pienistä kilpailuista erityisen paljon ja halusivat jopa jäädä välitunniksi jatkamaan kisailua aurinkoisesta toukokuisesta säästä huolimatta. Muutama oppilas olisi myös toivonut pareittain tai pienissä ryhmissä tapahtuvaa kisailua, jossa olisi ollut jaossa pieniä palkintoja.

Taulukko 8. *Oppimistulokset ja opintokokonaisuuden aikana tehty työ oppilaiden kokemuksina.*

Opin hyvin ja tein vähän töitä	Opin hyvin ja tein paljon töitä	Opin heikosti ja tein vähän töitä	Opin heikosti ja tein paljon töitä	Muut
10	2	2	1	2

Taulukon 8 perusteella oppilaista valtaosa koki saavansa parempia oppimistuloksia pienemmällä kokonaistyömäärällä ja vain kolme koki tekevänsä enemmän töitä oppimisen eteen kuin normaalissa opetuksessa. Jokainen näistä kolmesta myös koki ensimmäisessä kysymyksessä tietokoneiden jatkuvan käytön negatiivisesti. Vastaavasti kolme oppilasta myös koki oppimisensa olevan heikompa kuin normaalissa opetuksessa, vaikka visailuista saadut tulokset eivät tuekaan tätä väitettä. On tietysti mahdotonta verrata, miten samat oppilaat olisivat asiat oppineet, mikäli opiskelu olisi ollut perinteistä ulkoopettelua. Kategorian muut vastaukset olivat opettajalle henkilökohtaisesti osoitettuja kommentteja.

Oppituntien aikana tehtyjen havaintojen perusteella tosiasiansa oppilaat käyttivät paljon enemmän aikaa annettujen tehtävien tekemiseen, ja sitä kautta asioiden opetteluun, kuin opintokokonaisuutta edeltävillä tunneilla. Oppilaat eivät siis kokeneet tämän opintokokonaisuuden aikana tehtävien tekemistä työläänä, mikä saattaa johtua opeteltavan asian pelillistämisestä. Tällöin oppiminen tapahtuu oppilaan näkökulmasta ikään kuin sivutuotteena.



Kuva 19. Oppimistulosten ja koetun työmäärän tarkastelua.

Kuvassa 19 on esitetty oppilaiden opintokokonaisuudesta saamat arvosanat ja heidän omat kokemuksensa kurssin työmäärästä. Suluissa oleva arvosana on opintokokonaisuutta edeltäneen osion arvosana. Koettu työmäärä on esitetty taulukossa 8 mukaisen luokittelun mukaan oppilaiden yksilöimisen estämiseksi. Sanalliset palautteet on esitetty ilman tunnistetietoja liitteessä C. Edeltäneen osion arvosanojen keskiarvo oli 7,3 ja tutkimuksen kohteena olleen osion keskiarvo oli 7,6. Ero tuloksissa ei ole kovin suuri, eivätkä eri osioiden tulokset ole aina verrattavissa keskenään. Arvosanoja tarkasteltaessa kuitenkin havaitaan, että oppilaiden kokema työmäärä ja saavutetut oppimistulokset verrattuna aiempaan eivät arvosanojen muodossa pidä täysin paikkaansa. Vaikka etenkin edeltävästä osiosta heikkoja arvosanoja saaneet nostivat arvosanojaan, osalla keskitason arvosanoja saaneista oppilaista oma kokemus ja toteutunut arvosana eroavat toisistaan. Heikompien oppilaiden arvosanojen nousuun saattoi vaikuttaa myös se, että tämä oli viimeinen arvioitava osasuoritus ennen peruskoulun päättöarviointia, joten osa oppilaista saattoi yrittää aiempaa enemmän paremman päättöarvosanan toivossa. Osaltaan tähän vaikutti varmasti myös se, että päättöarvioinnin suoritti opettaja, joka näki oppilaiden työskentelyä vain yhden kevään ajan, joten omasta osaamisesta ja työskentelystä haluttiin antaa mahdollisimman positiivinen kuva.

5.4 Luotettavuustarkastelu

Perinteisesti tutkimuksen luotettavuutta on kuvattu reliabiliteetin ja validiteetin käsitteiden avulla. Tutkimuksen toistettavuutta kuvaavaa reliabiliteettia [61, s. 64-66] ja mitattavan asian mittaamiseen käyetyin mittarin soveltuvuutta kuvaavaa validiteettia [62] ei yleensä voi sellaisenaan käyttää kvantitatiivisia ja kvalitatiivisia menetelmiä sisältävään kehittämistutkimukseen. Validiteetti voidaan kuitenkin jakaa edelleen sisäiseen ja ulkoiseen validiteettiin, joista sisäinen validiteetti tarkastelee ovatko tutkimuksessa käytetyt käsitteet teorian mukaisia, kattavatko ne tarkasteltavan ilmiön hyvin. Sisäistä validiteettia on osaltaan parantanut myös se, että tutkija perehtyy kattavasti tutkimuksen aiheeseen lähdekirjallisuuden avulla ennen tutkimuksen suorittamista.

Kehittämistutkimus onkin luotettavuusanalyysin näkökulmasta haasteellinen tutkimusmenetelmä, mutta jonkinlainen arvio sen luotettavuudesta voidaan saada peilaamalla yleisiä laadukkaan kehittämistutkimuksen kriteerejä laadullisen tutkimuksen luokitteluun. Näitä luokkia ovat uskottavuus, siirrettävyys, luotettavuus ja varmuus sekä vahvistettavuus. Kehittäminen on ollut kokonaisvaltaista ja sen tuloksena on saatu toimintaa ohjaava malli, joka on siirrettävissä käytäntöön. Kehittäminen on ollut syklistä ja se on sisältänyt jatkuvaa kehittämistä ja arviointia, mikä osaltaan lisää tutkimuksen uskottavuutta, luotettavuutta ja vahvistettavuutta. Lisäksi tutkimusprosessiin on sisältynyt testaamista autenttisissa olosuhteissa, mikä mahdollistaa tuotoksen siirtämisen käytäntöön ja vahvistaa tutkimuksen luotettavuutta käytännön tasolla.

Opintokokonaisuuden aikana saatujen oppimistulosten perusteella on lähes mahdotonta tehdä yleistyksiä jo ihan siitäkin syystä, että oppilaiden lähtötason täsmällinen määrittäminen on hyvin hankalaa. Koska kemia on oppiaineena monilta osin kumulatiivinen, siis uusi tieto rakennetaan aiemman päälle, oppilaan lähtötaso väistämättä vaikuttaa jonkin verran myös oppimistuloksiin. Toisaalta tämä asia on tiedostettu jo tutkimusta suunniteltaessa, eikä näitä ole missään vaiheessa pidetty tutkimuksen onnistumisen kannalta erityisen tärkeinä mittareina, joskin peruskoulunsa päättävien oppilaiden päättöarvioinnin vuoksi niitä oli välttämätöntä mitata. Lisäksi niiden avulla on mahdollista tehdä jatkoa ajatellen alustavaa arviota siitä, minkä tyyppiset tehtävät ovat oppilaille helpoimpia ja millaiset vaikeimpia.

Kielentämistehtävien ja pelillisyyden hyödyntämisen vaikutuksia arvioitiin sekä opintokokonaisuuden päätteeksi tehdyllä kyselyllä, että opettajan omien oppituntien aikana tehtyjen havaintojen perusteella. Kysely koostui kahdesta avoimesta kysymyksestä, joista toisessa kysyttiin opintokokonaisuuden toteutuksesta ja toisessa oppimiseen vaaditusta työmäärästä. Näin suppeasta kyselystä ei ole suoraan mahdollista tehdä yleistyksiä, mutta kun saatuja tuloksia vertaa aiempien tutkimusten vastaaviin niiden havaitaan olevan samansuuntaisia. Oppituntien aikaiset havainnot ovat tutkijan itsensä tekeminä toki subjektiivisia, mutta koska tämä subjektiivisuus on etukäteen tiedostettu ja huomiotu, ei tutkijan ennakkokäsitysten ole annettu vaikuttaa analyysiin tai raportointiin.

Tämä tutkimus on suoritettu huolellisesti, rehellisesti ja tarkasti, sekä hyvää tieteellistä käytäntöä noudattaen. Lisäksi kehittämistutkimuksen perusajatuksen mukaisesti kaikki kehittämissyklin vaiheet on dokumentoitu tarkasti. Kokonaisuudessaan tutkimuksen luotettavuutta voidaan pitää hyvänä. Oppilaiden suhtautumista valittuun opintokokonaisuuden toteutustapaan ja opintokokonaisuudesta saatuja oppimistuloksia ei tietenkään voi yleistää koskemaan suurempaa joukkoa, mutta kenellä tahansa on mahdollisuus toteuttaa opintokokonaisuus täsmälleen samoin kuin tässä tutkimuksessa.

5.5 Opintokokonaisuuden kehittäminen

Olellisena osana kehittämistutkimukseen kuuluu konkreettinen suunnitelma tuotoksen kehittämiseksi seuraavalle iteraatiosyklille. Tämä kehittämissvaihe perustuu edellisen tuotoksen toteutuksen pohjalta tehtyyn uuteen empiiriseen tilanneanalyysiin. Tilanneanalyysissä tarkastellaan myös, saavutettiinko asetetut tavoitteet, eli vastattiinko tutkimuksessa tutkimuskysymyksiin, ja tarvittaessa tarkennetaan tai asetetaan uusia tavoitteita. Kun tarkastellaan luvussa 3 asetettuja tavoitteita ja luvussa 5 esitettyjä tuloksia, havaitaan tutkimuksen vastanneen asetettuihin tavoitteisiin hyvin. Tutkimuksen osana saatiin valmis pelillistämistä ja kielentämisen menetelmiä hyödyntävä opintokokonaisuus, pelillistäminen toimii selvästi motivaatiokeinona ulkoa opeteltavien asioiden opettelussa ja tehtävistä saatiin alustavia tuloksia siitä, millaiset kielentämistehtävät ovat oppilaille helppoja ja millaiset haastavia. Kielentämistehtävien vaikutukseen ulkoa opeteltavien asioiden oppimiseen ei kiinnitetty tarpeeksi huomiota.

Ensimmäisen iteraatiosyklin aikana onnistuttiin laatimaan toimiva opintokokonaisuus, jota voidaan lähteä kehittämään edelleen. Opetuksen aikaisten havaintojen perusteella muistiinpanojen ja harjoitustehtävien välinen suhde on toimiva, mutta tehtäviä olisi mahdollista monipuolistaa. Ensimmäisenä asiana osa oppitunnilla tehtävistä harjoituksista voitaisiin siirtää kortti- tai lautapelin muotoon. Toisena kehityskohteenä tehtävien osalta on sellaisen palkitsemisjärjestelmän luominen, joka antaa kaikille oppilaille mahdollisuuden tavoitella palkintoa vain parhaiten menestyvien sijaan. Yhtenä vaihtoehtona olisi käyttää Quizlet-sovelluksen live-pelitalaa, jossa oppilaat jaetaan, arpomalla tai opettajan valinnalla, ryhmiin ja ryhmät kilpailevat keskenään. Toinen vaihtoehto voisi olla, että palkinnon saa kun on vastannut yhteensä riittävän moneen kysymykseen oikein. Seuraavan syklin aikana olisi mielenkiintoista tarkastella erilaisia kilpailu- ja palkitsemismalleja ja niiden vaikutusta suoriutumiseen.

Luvussa 2.2 esitetyjen hyvänolon- ja onnistumisentunnetta tuottavien välittäjäaineiden ja hormonien vapautumismekanismien perusteella pelillistetty kokonaisuus tulisi rakentaa siten, että näitä yhdisteitä voi vapautua kehossa. Dopamiinia vapautuu saavutusta odottaessa ja uusiin asioihin tutustuttaessa, joten sen vapautumisen kannalta mahdollisia saavutuksia tulisi olla runsaasti. Oksitosiinia vapautuu sosiaalisissa yhteyksissä, joissa voi auttaa muita tai tehdä yhteistyötä, joten opintokokonaisuudessa tulisi olla myös ryhmätyötehtäviä tai jokin tarina, jonka henkilöön voi samaistua. Serotoniinia vapautuu, kun ihminen

kokee itsensä tärkeäksi tai ylpeäksi. Pelillistämisen kannalta kokonaisuuteen tulisi siis sisällyttää näkyviä saavutuksia, esimerkiksi osaamismerkkejä, jotka näkee myöhemmin tai joiden saavuttamiseksi tarvitsee apua kaverilta. Endorfiinin vapauttamiseksi tarvitaan riittävän vaativia haasteita, joiden saavuttamisesta saa nautintoa. Pelillistämisen kannalta kokonaisuutta tulisikin kehittää seuraavin askelin:

1. Paljon toisistaan eroavia ja pieniä osakokonaisuuksia, joiden suorittamisesta saa merkinnän.
2. Luodaan näiden osakokonaisuuksien sisälle tai välille tarina, jonka päähenkilöön oppilas voi samaistua, tai luodaan yksinpelin rinnalle moninpeli sosiaalisen kanssakäymisen mahdollistamiseksi.
3. Annetaan osakokonaisuuksien suorittamisesta näkyviä palkintoja, esimerkiksi osaamismerkkejä, jotka ovat näkyvissä aina kun tehtäviä tekee.
4. Luodaan osakokonaisuuksista aina edellistä haastavampia ja mahdollisesti näiden rinnalle useampia vaikeustasoja samasta osakokonaisuudesta.

Yllä kuvatuin askelin on mahdollista luoda dopamiinin, oksitosiinin, serotoniinin ja endorfiinien vapautumisen kannalta optimaalinen pelillistetty opintokokonaisuus, joka kannustaa, innostaa ja koukuttaa oppilaita pelaamaan yhä uudestaan ja uudestaan. Tehtävien riittävän helppo alkutaso ja jatkuvasti kasvava vaatimustaso luovat positiivisen kierteen, joka saa oppilaat käyttämään enemmän aikaa vaikeampien tehtävien tekemiseen, jotta he saisivat uusia saavutuksia ja niistä seuraavan hyvänolontunteen. Näin toimien on myös mahdollista kytkeä opintokokonaisuuden arviointi suoraan sen aikana oppilaan keräämiin saavutuksiin, jolloin arviointikriteerit olisivat oppilaillekin selkeät. Arvosana-asteikko voisi olla esimerkiksi seuraavanlainen:

5. Suoritat kaikki osakokonaisuudet helpoimmalla vaikeustasolla.
8. Suoritat kaikki osakokonaisuudet keskitason vaikeustasolla.
10. Suoritat kaikki osakokonaisuudet vaikeimmalla vaikeustasolla.

Kiinnostavin kehityskohde kuitenkin on lukujen 2.3.1 ja 2.3.2 mukaisten kielentämistehtävien ja tehtävien ratkaisumallien kattavampi ja monipuolisempi integraatio harjoitustehtäviin. Ensimmäisellä iteraatiokerralla kielentämistehtävät olivat luvun 2.3.1 listauksen mukaisesti yksinomaan erilaisia koodaustehtäviä, joissa oppilaat käänsivät saman asian symbolisesta kielestä tai kemian mikrotason ilmaisusta luonnolliselle kielelle. Erityisesti oppituntien aikana tehtäviin harjoitustehtäviin olisi mahdollista tuoda monipuolisemmin eri tyyppisiä kielentämistehtäviä ja tutkia näiden vaikutusta oppimiseen ja oppilaiden motivaatioon. Koodaustehtävien lisäksi ainakin täydennys-, virheenetsintä-, omin sanoin selitys- ja ratkaisun järjestämistehtäviä on mahdollista käyttää orgaanisten yhdisteiden nimeämisen opetuksessa. Näissä tehtävätyypeissä edellytetään välivaiheiden hyödyntämistä, toisin kuin koodaustehtävissä. Tämä on toteutettävissa esimerkiksi niin, että monimutkaisien yhdisteiden nimeämisprosessia johdatellaan usealla pienemmällä kysymyksellä. Tämä voitaisiin toteuttaa esimerkiksi seuraavin kysymyksin:

1. Mihin yhdisteryhmään kyseinen yhdiste kuuluu?
2. Kuinka monta hiiliatomia on yhdisteen pisimmässä hiiliketjussa?
3. Mitä muita haarauneita ketjuja tai ryhmiä yhdisteessä on?
4. Yhdisteen on siis oltava?

Lisäksi erilaisista kielentämistehtävätyypeistä voisi hyödyntää selitä omin sanoin tehtävätyyppejä. Tämän voisi toteuttaa siten, että oppilaat joutuisivat joko yksin tai pienessä ryhmässä kuvailemaan omin sanoin yhdisteen rakennetta joko sen nimen tai rakennekaavan perusteella. Tällainen omin sanoin selittäminen vaatisi käytännössä kortti- tai lautapelitoteutusta pelillistämisen osalta, sillä käytetyt sovellukset eivät pysty huomioimaan kuin yhden oikean variaation sellaisessa tehtävässä, jossa oppilas itse kirjoittaa vastauksen kysymykseen. Lisäksi tässä tapauksessa käytetyt sovellukset ilmoittaisivat virheestä, jos oppilaan vastaus eroaa edes yhdellä kirjaimella sovellukseen syötetystä oikeasta ratkaisusta. Omin sanoin selittämisestä tulee ensimmäisenä mieleen jonkinlainen Alias-sananselityspeli, jollaisen voisi laatia käytettäväksi yhdellä tai kahdella oppitunnilla. Tällöin oppilaan omin sanoin antamaa selitystä olisi koneen sijaan tulkitsemassa toinen ihminen, joka mahdollistaisi huomattavasti laajemman kirjon oikeita vastauksia.

Kolmantena selkeänä kehityskohtena voidaan pitää kemian makrotason sitomista tiivimmin osaksi opintokokonaisuutta. Ensimmäisellä iteraatiokerralla makrotason sisällöt jäivät käytännössä yksinomaan käsin rakennettujen pallotikkumallien varaan, eikä näitäkään voi varsinaisesti pitää makrotason sisältönä, sillä niiden avulla kuvataan molekyylien rakennetta atomitasolla eli mikrotason asioita. Isona vaikuttavana tekijänä tässä tietysti oli se, että käytössä ei ollut perinteisiä kemian opetukseen soveltuvia laboratoriotiloja, joten kokeellisten osioiden sisällyttäminen opetukseen oli hyvin vaikeaa, ellei jopa mahdotonta. Osaltaan tämä lähtökohta kuitenkin vaikutti siihen, että tätä opintokokonaisuutta lähdettiin suunnittelemaan pelillisyyden ja kielentämisen kautta toteutettavaksi. Seuraavalla iteraatiokerralla olisi kuitenkin hyvä yhdistää myös makrotason havaintoja osaksi opintokokonaisuutta. Esimerkiksi alkoholien palamisreaktioita, karboksyylihappojen ominaisuuksien tarkastelua, esteröitymisreaktioiden tuotteita ja muita aistihavainnoin tunnistettavia nimettäviin orgaanisiin yhdisteisiin liittyviä ilmiöitä. Tämä olisi mahdollista toteuttaa esimerkiksi oppituntien alussa samassa yhteydessä kuin oppilaat kirjoittavat muistiinpanot aiheesta.

6. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä luvussa esitellään tultimuksen keskeisimmät tulokset, sekä pohditaan niiden merkitystä. Tutkimuksen aikana tehdyistä havainnoista ja tutkimustuloksista tehdään johtopäätöksiä ja lisäksi pohditaan mahdollisia jatkotutkimuskohteita. Kehitystutkimuksen luonteen mukaiset kehityskohteet seuraavalle iteraatiosyklille on esitelty jo luvussa 5.5, mutta niistä tärkeimmät nostetaan esiin myös tässä luvussa.

6.1 Keskeisimmät tulokset

Tämän työn tarkoituksena oli luoda pelillistämisen ja kielentämisen menetelmiä hyödyntävä innostava ja motivoiva opintokokonaisuus peruskoulun kemian opetukseen orgaanisten yhdisteiden nimeämisen opettamiseen. Tämän työn aikana on onnistuttu luomaan pelillistämisen ja kielentämisen menetelmiä hyödyntävä opintokokonaisuus, jonka toteutukseen vaadittavat ohjeet sekä materiaalit löytyvät luvusta 4 sekä liitteistä A ja B. Tutkimukseen osallistuneelta opetusryhmältä kerättyjen palautteiden perusteella opintokokonaisuus on ollut myös ainakin jossakin määrin innostava ja motivoiva, mihin viittaavat myös ryhmän lopputestissä saavuttamat oppimistulokset, jotka ovat korkeammat kuin ryhmän kemian arvosanat antaisivat olettaa.

Oppimistuloksista ei kuitenkaan voi suoraan sanoa, että opintokokonaisuus olisi motivoiva ja innostava. Nämä korkeintaan tukevat muiden indikaattorien perusteella tehtyä arviota, sillä oppimistuloksiin vaikuttavia muuttujia on paljon ja niiden vaikutuksia on mahdotonta yksilöidä. Esimerkkejä tällaisista tekijöistä voivat olla viimeinen mahdollisuus vaikuttaa kemian päättöarvosanaan ja sitä kautta peruskoulun päättötodistuksen keskiarvoon, tietoteknisten apuvälineiden runsas käyttö opintokokonaisuuden aikana tai tavanomaista pidempi jakso yhden aiheen käsittelyyn.

Opintokokonaisuuden innostavuudesta ja motivoivuudesta kertovat kuitenkin suppean palautekyselyn lisäksi oppituntien aikana opettajan tekemät havainnot oppilaiden keskittymisestä tehtävien tekemiseen. Tästä keskittymisestä on myös mitattavissa olevia tuloksia luvussa 5 niiltä oppitunneilta joilla oli jonkinlainen kilpailu ja parhaiten suoriutuville luvassa pieni palkinto verrattuna niihin tunteihin, joilla näin ei ollut. Näillä tunneilla osa oppilaista myös halusi jäädä tunnin jälkeiselle välitunnille jatkamaan kisailua kavereiden kanssa. Muutamat oppilaat olisivat toivoneet myös pareittain tai ryhmissä tapahtuvaa kilpailua, mikä olisi mahdollista toteuttaa esimerkiksi Quizlet-sovelluksen live-pelimuodon avulla, missä osallistuvat oppilaat jaetaan satunnaisesti sen kokosiin ryhmiin kuin opettaja haluaa.

Opintojakson jälkeen kerätyn palautteen ja oppituntien aikana kuultujen kommenttien ja

keskusteluiden perusteella erityisesti pojat kokivat opintojakson toteutustavan innostavana ja mielenkiintoisena. Tyttöjen osalta mielipiteessä painottui enemmän se, että kyseessä oli mukavaa vaihtelua perinteisiin menetelmiin, mutta nekin olisivat hyvin kelvanneet. Oppimistuloksiin tällä ei kuitenkaan näyttäisi olevan suurempaa vaikutusta, sillä sekä tytöt että pojat suoriutuivat opintojaksosta yhtä hyvin suhteessa aiempiin arvosanoihin. Kerätyn palautteen perusteella suurin osa oppilaista myös koki oppimiseen käytetyn työ määrän vähäisempänä kuin perinteisin menetelmin toteutetuilla oppitunneilla. Tämä on kuitenkin ristiriidassa opettajan oppituntien aikaisten havaintojen kanssa, joiden mukaan oppilaat käyttivät enemmän aikaa ja keskittyivät paremmin tehtävien tekemiseen.

6.2 Johtopäätökset

Tutkimuksen perusteella oppilaiden motivaatioon voidaan vaikuttaa positiivisesti erilaisilla ja tavallisista poikkeavilla opetusmenetelmillä. Opintojakson aikana käytetyt visailusovellukset olivat oppilaille ennestään tuttuja muiden aineiden oppitunneilta, mutta niitä ei ole juurikaan käytetty uusien asioiden opetteluun tai osaamisen arviointiin vaan enimmäkseen kerrattaessa kokeisiin tai esimerkiksi sairastapausten sattua sijaisten toimesta. On tietysti täysin mahdollista, että useassa aineessa ja jatkuvasti käytettynä tällaiset opetusmenetelmät menettävät tehoaan, kun ne eivät enää tuokaan vaihtelua opetukseen, vaan ovat oppilaille rutiinisuurittamista.

Intervention havaintojen ja kokemusten perusteella pelillistämisen ja kielentämisen keinot ovat varteenotettavia kehityskohteita erityisesti ulkoa opetteluun vaativien asioiden opettamisessa. Orgaanisten yhdisteiden nimeämisen lisäksi tällaisia kohteita kemian opetuksessa ovat myös esimerkiksi alkuaineiden kemiallisten merkkien opettelu ja metallien jännitesarja. Vastaavantyyllisiä pelillistämisen ja kielentämisen menetelmiä kannattaa jatkossakin hyödyntää kemian opetuksessa sopivissa asiayhteyksissä.

6.3 Jatkotutkimus

Kehittämistutkimus on perusluonteeltaan iteratiivinen prosessi, josta on nyt toteutettu ensimmäinen sykli. Seuraavan syklin aikana nyt luotua opintokokonaisuutta voidaan parantaa esimerkiksi integroimalla kielentämistä sisältäviä tehtäviä monipuolisemmin ja säännönmukaisemmin opetukseen mukaan. Toinen selkeä kehityskohde voisi olla sellaisen palkitsemisjärjestelmän luominen, joka huomioi parhaat tulokset saaneiden lisäksi esimerkiksi eniten edellisiin tuloksiin verratessa kehittyneet oppilaat. Palkitsemista ei ole tarkoituksenmukaista käyttää jokaisella oppitunnilla, vaan noin joka kolmas tai joka neljäs tunti, jotta se ei menetä tehoaan arkirutiineja rikkovana motivointikeinona.

Käytetyn opintokokonaisuuden kvalitatiivinen analyysi on suppea ja keskittyy oppilaiden alustaviin tuntemuksiin uudelta toteutuksesta. Tässä laajuudessa suoritettuna siitä saadaan kuitenkin arvokasta tietoa oppilaiden suhtautumisesta opintokokonaisuuden toteutustapaan. Suurin osa oppilaista piti opintokokonaisuuden pelillistämistä positiivisena asiana, mutta kaikki näistä eivät pitäneet siitä, että jokaisella tunnilla pelillistämisen välineenä

käytettiin tietokonetta. Seuraavaan iteraatioon voisikin lisätä lauta- tai korttipelityyppisiä sovelluksia, joiden avulla nimeämistä voidaan opetella.

Laajemmalla kvalitatiivisella tarkastelulla osana kehittämistutkimuksen seuraavaa iteraatiota olisi myös mahdollista saada tarkempaa tietoa siitä, minkä tyyppiset tehtävät parhaiten auttavat oppilaita omaksumaan uusia asioita. Lisäksi tällä tavalla olisi mahdollista selvittää minkä tyyppiset kielentämisen menetelmät sopisivat parhaiten osaksi kokonaisuutta sekä miten hyvin ja ymmärrettävästi opintokokonaisuudessa on onnistuttu sitomaan kemian eri tasot toisiinsa.

Vastaavanlaisten opintokokonaisuuksien laatiminen ja käyttö myös muiden aineiden opetuksessa tarjoaa myös mielenkiintoisia mahdollisuuksia jatkotutkimukselle. Esimerkiksi vieraiden kielten sanojen tai kielioppisääntöjen opetteluun voisi hyvinkin ajatella sovellettavan samoja menetelmiä kuin orgaanisten yhdisteiden nimeämiseen.

LÄHTEET

- [1] Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014, Opetushallituksen säädökset ja ohjeet, Helsinki, 2014. Saatavissa: https://www.oph.fi/download/163777_perusopetuksen_opetussuunnitelman_perusteet_2014.pdf.
- [2] Lukion opetussuunnitelman perusteet 2015, Opetushallituksen säädökset ja ohjeet, Helsinki, 2015. Saatavissa: https://www.oph.fi/download/172124_lukion_opetussuunnitelman_perusteet_2015.pdf.
- [3] J. Lavonen, V. Meisalo, M. Aksela, K. Mikkola, K. Juuti, S. Heikinheimo, S. Poutiainen, Työtapaopas, Helsingin yliopisto, Käyttäytymistieteellinen tiedekunta, Soveltavan kasvatustieteen laitos, Malu, 2007. Saatavissa (viitattu 15.10.2018): <http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/tyotapa/>
- [4] M. Aksela, Supporting meaningful chemistry learning and higher-order thinking through computer-assisted inquiry: A design research approach, dissertation, Helsinki: Helsingin yliopiston kemian laitos., 2005, 204 p. Saatavissa (viitattu 18.10.2018): <http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/mat/kemia/vk/aksela/supporti.pdf>
- [5] P. Kärnä, R. Hakonen, J. Kuusela, Luonnontieteellinen osaaminen perusopetuksen 9. luokalla 2011, Opetushallitus, Koulutuksen seurantaraportit 2012:2, 2012, 193 s. + liitt. 8 s. Saatavissa (viitattu 1.10.2018): https://www.oph.fi/download/140378_Luonnontieteellinen_osaaminen_perusopetuksen_9._luokalla_2011.pdf
- [6] A. Hofstein, V.N. Lunetta, The laboratory in science education: Foundations for the twentyfirst century, Science Education, Vol. 88, Iss. 1, 2004, pp. 28–54.
- [7] L.A. Annetta, The "i's" have it: A framework for serious educational game design, Review of General Psychology, Vol. 14, Iss. 2, 2010, pp. 105–112.
- [8] C. Tüisüz, Effect of the computer based game on pre-service teachers' achievement, attitudes, metacognition and motivation in chemistry, Scientific Research and Essay, Vol. 4, Iss. 8, 2009, pp. 780–790.
- [9] J. Joutsenlahti, Kielentäminen matematiikan opiskelussa, teoksessa: Virta, A., Marttila, O. (toim.), Opettaja, asiantuntijuus ja yhteiskunta. Ainedidaktinen symposium 7.2.2003 Turun yliopisto. Kasvatustieteiden tiedekunnan julkaisusarja B:72, s. 188–196.
- [10] J. Pernaa, Kehittämistutkimus opetuslalla, PS-kustannus, 2013, 226 s.

- [11] D. Dicheva, C. Dichev, G. Agre, G. Angelova, Gamification in education: A systematic mapping study, *Journal of Educational Technology & Society*, Vol. 18, Iss. 3, 2015, p. 14.
- [12] H. Sarikka, Kielentäminen matematiikan opetuksen ja oppimisen tukena, diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto, Teknis-luonnontieteellinen koulutusohjelma, Tampere, 2014, 66 s.
- [13] J. Joutsenlahti, Matematiikan kirjallinen kielentäminen lukiomatematiikassa, teoksessa: Ajankohtaista matemaattisten aineiden opetuksessa ja tutkimuksessa: Matematiikan ja luonnontieteiden opetuksen tutkimuspäivät, Joensuu, Suomi, lok. 2009, Kopijyvä, Joensuu, Suomi, s. 3–16.
- [14] K. Juuti, J. Lavonen, Design-based research in science education: One step towards methodology, *Nordic Studies in Science Education*, Vol. 2, Iss. 2, 2006, pp. 54–68.
- [15] P.J. Denning, The social life of innovation., *Communications of the ACM*, Vol. 47, Iss. 4, 2004, pp. 15–19.
- [16] D.C. Edelson, Design research: What we learn we engage in design., *The journal of the Learning Sciences*, Vol. 11, 2002, pp. 105–121.
- [17] E.M. Rogers, *Diffusion of Innovations* 5th edition, New York: Free Press, 2003, 576 p.
- [18] J. Kananen, Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas: miten kirjoitan kehittämistutkimuksen vaihe vaiheelta., Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Liiketoimintayksikkö, 2015.
- [19] R.B. Johnson, A.J. Onwuegbuzie, Mixed method research; a research paradigm whose time has come., *Educational Researcher*, Vol. 33, Iss. 7, 2004, pp. 14–26.
- [20] C. Dede, If design-based research is the answer, what is the question? a commentary on Collins, Joseph and Soloway in the JLS special issue on design-based research., *The Journal of the Learning Sciences*, Vol. 13, Iss. 1, 2004, pp. 105–114.
- [21] A. Collins, D. Joseph, K. Bielaczyc, Design research: Theoretical and methodological issues., *The Journal of the Learning Sciences*, Vol. 13, Iss. 1, 2004, pp. 15–42.
- [22] T. Anderson, J. Shattuck, Design-based reserach: A decade of progress in education research?, *Educational researcher*, Vol. 41, Iss. 1, 2012, pp. 16–25.
- [23] S.P. Ghulam, Design based research: The use of computer-based molecular modelling to enhance student understanding of chemical bonding, Masters Thesis, Unit of Chemistry Teacher Education, Department of Chemistry, Faculty of Science, University of Helsinki, Helsinki, 2016, 68 p.

- [24] O. Haatainen, Kehittämistutkimus: verkkomateriaali suklaasta eheyttävään kemian opetukseen, Masters Thesis, Helsingin yliopisto, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, Kemian laitos, Helsinki, 2014, 95 s.
- [25] M. Savolainen, Kehittämistutkimus: Eheyttävää opetusta tukeva verkkomateriaali sipulin kemian kontekstissa, Masters Thesis, Helsingin yliopisto, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, Kemian laitos, Helsinki, 2017, 62 s.
- [26] S. Meriläinen, Kehittämistutkimus: Mustikan ja puolukan kemiaa kokeellisten kotitehtävien kontekstina, Masters Thesis, Helsingin yliopisto, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, Kemian laitos, Helsinki, 2016, 87 s.
- [27] K.M. Kapp, *The gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies for training and education.*, Pfeiffer An Imprint of Wiley, One Montgomery Street, Suite 1200, San Francisco, CA 94104-4594, 2012, 336 p.
- [28] Y. kai Chou, *Actionable gamification: Beyond points, badges, and leaderboards.*, Octalysis Media, 1305 Merry Loop, Milpitas, CA, 95035, USA, 2012, 514 p.
- [29] S. Deterding, D. Dixon, R. Khaled, L. Nacke, From game design elements to gamefulness: Defining gamification, in: *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*, MindTrek 2011, Tampere, Finland, Sept. 2011, Vol. 11, ACM Press, New York, NY, USA, pp. 9–15.
- [30] S. Deterding, D. Dixon, R. Khaled, L. Nacke, Gamification: Toward a definition, in: *CHI 2011 gamification workshop*, Vancouver, BC, Canada., May 2011, ACM Press, New York, NY, USA.
- [31] F. Mäyrä, Getting into the game: Doing multi-disciplinary game studies., in: Peron, B., Wolf, M.J. (eds.), *The Video Game Theory Reader 2*, New York: Routledge, 2009, pp. 313–329.
- [32] G.R. Dowling, M. Uncles, Do customer loyalty programs really work?, *Sloan management review*, Vol. 38, Iss. 4, 1997, pp. 71–82.
- [33] M.V.I. Puig, E.K. Miller, The role of prefrontal dopamine d1 receptors in the neural mechanisms of associative learning, *Neuron*, Vol. 74, Iss. 5, 2012, pp. 874–886.
- [34] J.D. Salamone, M. Correa, The mysterious motivational functions of mesolimbic dopamine., *Neuron*, Vol. 76, Iss. 3, 2012, pp. 470–485.
- [35] P.J. Zak, The top 10 ways to boost good feelings, *Psychology Today*, Vol. N.p., 2013. Saatavissa (viitattu 1.11.2018): <http://www.psychologytoday.com/blog/the-moral-molecule/201311/the-top-10-ways-boost-good-feelings>

- [36] J. McIntosh, What is serotonin and what does it do?, *Medical News Today*, Vol. N.p., 2018. Saatavissa (viitattu 1.11.2018): <https://www.medicalnewstoday.com/kc/serotonin-facts-232248>
- [37] A.S. Sprouse-blum, G. Smith, D. Sugai, D.F. Parsa, Understanding endorphins and their importance in pain management., *Hawaii Medical Journal*, Vol. 69, Iss. 3, 2010, pp. 70–71.
- [38] C.C. Abt, *Serious Games*, Viking Press, 1970, 176 p.
- [39] H. Niemi, J. Multisilta, *Rajaton luokkahuone*, PS-kustannus, Jyväskylä, 2014, 303 s.
- [40] A.M. Ares, J. Bernal, M.J. Nozal, F.J. Sanchez, J. Bernal, Results of the use of Kahoot! gamification tool in a course of chemistry, in: *Proceedings of the 4th International Conference on Higher Education Advances (HEAd'18)*, Polytechnic University of Valencia, June 2018, pp. 1215–1222.
- [41] K.E. Mellor, P. Coish, B.W. Brooks, E.P. Gallagher, M. Mills, T.J. Kavanagh, N. Simcox, G.A. Lasker, D. Botta, A. Voutchkova-Kostal, J. Kostal, M.L. Mullins, S.M. Nesmith, J. Corrales, L. Kristofco, G. Saari, W.B. Steele, F. Melnikov, J.B. Zimmerman, P.T. Anastas, The safer chemical design game. Gamification of green chemistry and safer chemical design concepts for high school and undergraduate students, *Green Chemistry Letters and Reviews*, Vol. 11, Iss. 2, 2018, pp. 103–110.
- [42] A. Annaggar, R. Tiemann, Video game based gamification assessment of problem-solving competence in chemistry education., in: *European Conference on Games Based Learning; Reading, Oct. 2017*, Academic Conferences International Limited.
- [43] S. Mahardhika, F. Santoso, N. Alfath, Paruman the khemion master: Learning chemistry periodic table with trading card game, *Journal of Games, Game Art, and Gamification*, Vol. 2, Iss. 2, 2017, pp. 53–56.
- [44] J. Joutsenlahti, P. Kulju, Multimodal languaging as a pedagogical model—a case study of the concept of division in school mathematics, *Education Sciences*, Vol. 7, Iss. 1, 2017, p. 9.
- [45] J. Joutsenlahti, S. Ali-Löyty, S. Pohjolainen, Developing learning and teaching in engineering mathematics with and without technology, in: *SEFI 2016 Annual Conference Proceedings*, Sept. 2016, European Society for Engineering Education SEFI.
- [46] J. Joutsenlahti, H. Sarikka, J. Kangas, P. Harjulehto, Matematiikan kirjallinen kielentäminen yliopiston matematiikan opiskelussa, teoksessa: Hähkiöniemi, M., ym. (toim.), *Proceedings of the 2012 Annual Conference of Finnish Mathematics*

- and Science Education Research Association., University of Jyväskylä, Jyväskylä, 2012, s. 59–70.
- [47] J. Linnusmäki, Matematiikan perusopintojen kehittäminen matematiikan kielentämisen avulla, Masters Thesis, Tampereen teknillinen yliopisto, Teknisenluonnontieteellinen koulutusohjelma, Tampere, 2015, 82 s.
- [48] H. Muilu, T. Virtanen, Titaani kemia 7-9, Kustannusosakeyhtiö Otava, Helsinki, 2016, 280 s.
- [49] H.A. Favre, W.H. Powell, Nomenclature of Organic Chemistry. IUPAC Recommendations and Preferred Name 2013, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK, 2013, 1568 p.
- [50] Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004, Opetushallituksen säädökset ja ohjeet, Helsinki, 2004. Saatavissa: https://www.oph.fi/download/139848_pops_web.pdf.
- [51] I. Paananen, ”Happo on emäksen vastakohta.” – fenomenografinen tutkimus tekniikan ylioppilaiden lukion jälkeisistä happo-emäskäsityksistä, Masters Thesis, Tampereen teknillinen yliopisto, Teknisenluonnontieteellinen koulutusohjelma, Tampere, 2014, 74 s.
- [52] J. Happonen, M. Heinonen, H. Muilu, K. Nyrhinen, H. Saarinen, Avain kemia 3, Kustannusosakeyhtiö Otava, Helsinki, 2012.
- [53] A.H. Johnstone, Chemistry teaching - science or alchemy?, *Journal of Chemical Education*, Vol. 74, Iss. 3, 1997, pp. 262–268.
- [54] J.W. Kalat, *Biological Psychology* 13th edition, Cengage Learning, 20 Channel Center Street, Boston, MA 02210, USA, 2018, 589 p.
- [55] D.J. Nicol, D. Macfarlane-Dick, Formative assesment and self-regulated learning: a model and seven principles of good feedback practice, *Studies in Higher Education*, Vol. 31, Iss. 2, 2006, pp. 199–218.
- [56] A. Sarajärvi, J. Tuomi, Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi: Uudistettu laitos, Kustannusosakeyhtiö Tammi, 2017.
- [57] S. Elo, H. Kyngäs, The qualitative content analysis process., *Journal of Advanced Nursing*, Vol. 62, Iss. 1, 2008, pp. 107–115.
- [58] M. Sandelowski, Qualitative analysis: What it is and how to begin?, *Research in Nursing & Health*, Vol. 18, Iss. 4, 1995, pp. 371–375.
- [59] H. Kyngäs, L. Vanhanen, Sisällön analyysi, *Hoitotiede*, vsk. 11, nro 1, 1999, s. 3–12.

- [60] Content analysis a methodology for structuring and analyzing written material, Program Evaluation and Methodology Division, United States General Accounting Office, Washington, 1996.
- [61] J. Metsämuuronen, Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä. 3. painos., International Methelp ky, Jyväskylä, 2005, 1292 s.
- [62] Kvantimotv - menetelmäopetuksen tietovaranto [www], Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto, 2008. Saatavissa (viitattu 29.10.2018): <http://www.fsd.uta.fi/metelmäopetus/mittaaminen/luotettavuus.html>

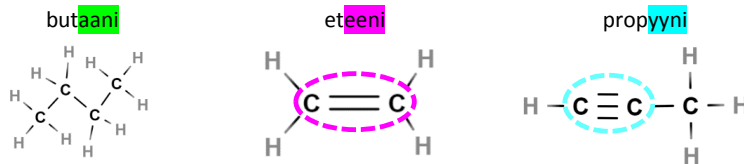
LIITE A: MUISTIINPANOT

Hiiliketjun pituus	Alkaani (hiiliketjussa vain yksöissidoksia)		Alkeeni (hiiliketjussa yksi kaksoissidos)		Alkyyni (hiiliketjussa yksi kolmoissidos)	
Hiiliketjussa 1 hiiliatomi	metaani CH ₄		-	-	-	-
Hiiliketjussa 2 hiiliatomia	etaani C ₂ H ₆		eteeni C ₂ H ₄		etyyni C ₂ H ₂	
Hiiliketjussa 3 hiiliatomia	propaani C ₃ H ₈		propeeni C ₃ H ₆		propyyini C ₃ H ₄	
Hiiliketjussa 4 hiiliatomia	butaani C ₄ H ₁₀		buteeni C ₄ H ₈		butyyini C ₄ H ₆	
Hiiliketjussa 5 hiiliatomia	pentaani C ₅ H ₁₂		penteeni C ₅ H ₁₀		pentyyni C ₅ H ₈	
Hiiliketjussa 6 hiiliatomia	heksaani C ₆ H ₁₄		hekseeni C ₆ H ₁₂		heksyyini C ₆ H ₁₀	
Hiiliketjussa 7 hiiliatomia	heptaani C ₇ H ₁₆		hepteeni C ₇ H ₁₄		heptyyni C ₇ H ₁₂	
Hiiliketjussa 8 hiiliatomia	oktaani C ₈ H ₁₈		okteeni C ₈ H ₁₆		oktyyni C ₈ H ₁₄	
Hiiliketjussa 9 hiiliatomia	nonaani C ₉ H ₂₀		noneeni C ₉ H ₁₈		nonyyni C ₉ H ₁₆	
Hiiliketjussa 10 hiiliatomia	dekaani C ₁₀ H ₂₂		dekeeni C ₁₀ H ₂₀		dekyyni C ₁₀ H ₁₈	

Orgaanisten yhdisteiden nimeäminen.

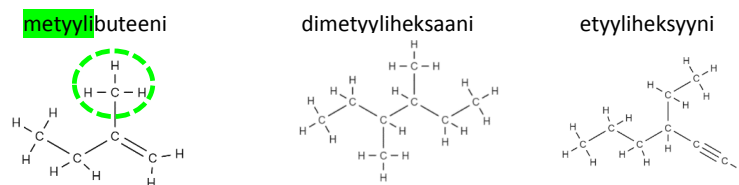
Alkaanit, alkeenit ja alkyynit.

Etuliite hiiliatomien lukumäärän mukaan ja päätte sen mukaan onko hiiliatomien välillä vain yksöissidoksia vai sisältääkö yhdiste kaksois- tai kolmoissidoksia.



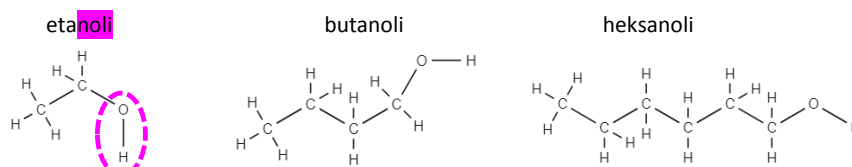
Haarautuneet alkaanit, alkeenit ja alkyynit.

Etsitään pisin mahdollinen hiiliketju, joka nimetään kuten alkaanien, alkeeniä ja alkyynien tapauksessa. Pisimpään ketjuun liittyneet hiiliketjut nimetään hiiliatomien lukumäärän mukaisella etuliitteellä ja **-yyli** päätteellä. Jos liittyneitä ryhmiä on kaksi samanlaista, lisätään vielä etuliite di. Jos liittyneitä ryhmiä on useita erilaisia, nimetään ne aakkosjärjestyksessä.



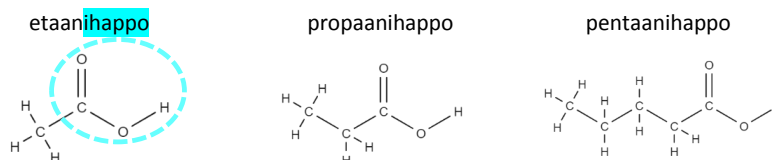
Alkoholit

Hiiliketjun pituus ilmaistaan kuten aiemminkin hiiliatomien lukumäärää ilmaisevan etuliitteen avulla. Alkoholeissa hiiliketjuun on liittynyt **-OH ryhmä** eli hydroksyyli-ryhmä, joka nimetään **-noli** päätteen avulla.



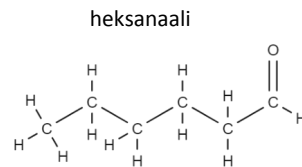
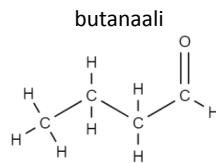
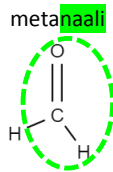
Karboksylihapot

Hiiliketjun pituus ilmaistaan kuten aiemminkin hiiliatomien lukumäärää ilmaisevan etuliitteen avulla. Karboksylihappoissa hiiliketjuun on liittynyt **-COOH** ryhmä, joka nimetään **-happo** päätteen avulla.



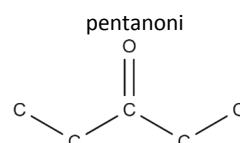
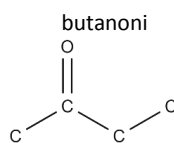
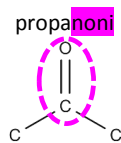
Aldehydit

Hiiliketjun pituus ilmaistaan kuten aiemminkin hiiliatomien lukumäärää ilmaisevan etuliitteen avulla. Aldehydeissä hiiliketjun päässä on **-COH** ryhmä, joka nimetään **-naali** päätteen avulla.



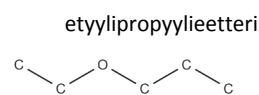
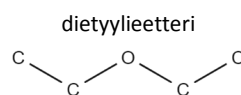
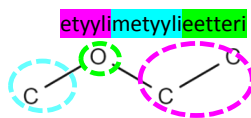
Ketonit

Hiiliketjun pituus ilmaistaan kuten aiemminkin hiilien lukumäärää ilmaisevan etuliitteen avulla. Ketoneissa hiiliketjun keskelle on liittynyt happi kaksoissidoksen avulla eli karbonyyliryhmä. Ketonien pääte on **-noni**.



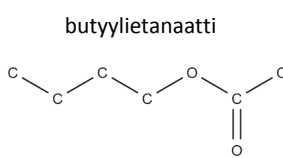
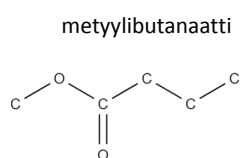
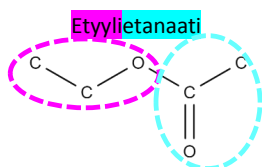
Eetterit

Eettereissa kahden hiiliketjun välissä on yksi happiatomi (happisilta). Eetterien nimeämissä ryhmät nimetään aakkosjärjestyksessä, molemmat **-yyli** päätteellä. Jos ryhmät ovat yhtä pitkät käytetään etuliitettä di. Eetterien nimen päätteenä on **eetteri**.



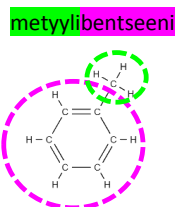
Esterit

Esterit muistuttavat rakenteeltaan eettereitä. Estereissä on happisillan viereiseen hiileen liittynyt kaksoissidoksella toinen happiatomi eli karbonyyliryhmä. Esterit muodostuvat **alkoholien** ja **karboksyylihappojen** välisessä reaktiossa ja näistä kumpikin osa nimetään erikseen. Alkoholista peräisin oleva hiiliketjun osa nimetään ensin **-yyli** päätteisenä ja haposta peräisin oleva hiiliketju sen jälkeen **-anaatti** päätteisenä.

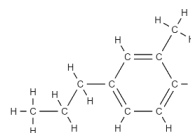


Aromaattiset yhdisteet

Aromaattisissa yhdisteissä on **bentseenirengas**, johon on liittynyt yksi tai useampi ryhmä. Liittyneet ryhmät nimetään hiiliketjun pituuden mukaan **-yyli** päätteisinä, kuten yllä on esitetty. Jos ryhmiä on useita, ne nimetään aakkosjärjestyksessä.



metyylipropyylibentseeni



LIITE B: VISAILUT

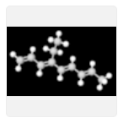
Quizizz-visailu 1. Hiilivedyt



Kuinka monta hiiltä kuvan yhdisteessä on pisimmässä hiiliketjussa?

— answer choices

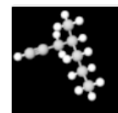
- 4 5
 6 8



Kuvan yhdiste on nimeltään

— answer choices

- 6-etyyli-6-propyleenihekseni 4-etyyli-1,3,5,7-nonyni
 eteeninonaani 4-etyyli-1,3,5,7-noneeni



Kuvan yhdiste on nimeltään

— answer choices

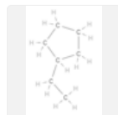
- 4-metyyliheptaani 4-metyyliheptyni
 4-metyylihepteeni 2-propyyripentaani



Kuvan yhdiste on nimeltään

— answer choices

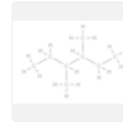
- 3-butylihekseni 3-propyyliheptaani
 3-etyyli-2-okteeni 4-etyylioktaani



Kuinka monta hiiltä kuvan yhdisteessä on pisimmässä hiiliketjussa?

— answer choices

- 5 6
 7 8



Kuvan yhdiste on nimeltään

— answer choices

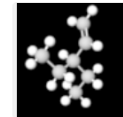
- 3,4-dimetyyliheksaani 2,3-etyyliibutaani
 2-etyyli-3-metyylipentaani 2-butyliibutaani



Kuvan yhdiste on nimeltään

— answer choices

- 3-propyleeniheksaani 3-propyylihekseni
 4-etyynihepteeni 4-etyyliokteeni



Kuvan yhdiste on nimeltään

— answer choices

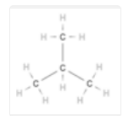
- 3-etyylipenteeni 3-etyylipentaani
 3-etyylipentyyni dietyylipropeeni



Kuvan yhdiste on nimeltään

— answer choices

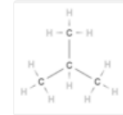
- 4-metyyli-5-propyylinonyni 3-butyyni-2-propyyli-heksaani
 2,3-dipropyyliheptaani 5-butyyni-4-metyylioktyyni



Kuinka monta hiiltä kuvan yhdisteessä on pisimmässä hiiliketjussa?

— answer choices

- 2 3
 4 5



Kuvan yhdiste on nimeltään

— answer choices

- dimetyylietaani propyylietaani
 2-metyyliibutaani 2-metyylipropaani

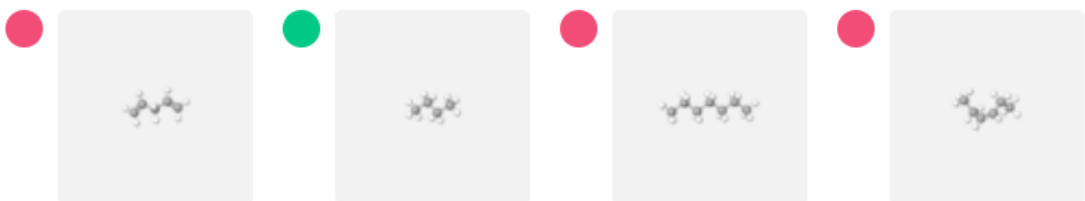
Haarautunut hiilivety, jonka pisimmässä hiiliketjussa on neljä hiiliatomia ja yksi kaksoissidos. Haarautunut osa on metyyliryhmä.

— answer choices —



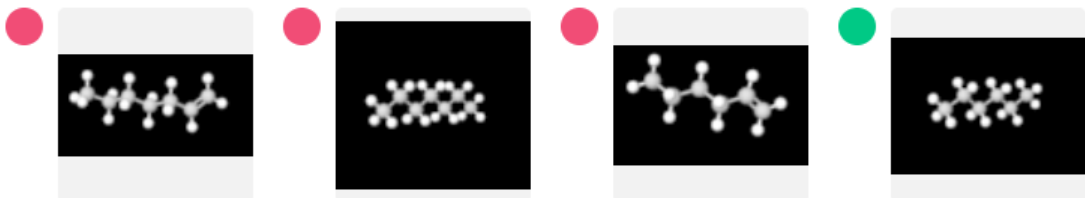
butaani

— answer choices —



heksaani

— answer choices —



propeeni

— answer choices —



Quizizz-visailu 2. Hiilivedyt II



Kuvan yhdiste on nimeltään

— answer choices —

- dipropyyni
- 2,4-heksyyini
- 3,5-dihexseeni
- 1,6-dimetyylibutyyini



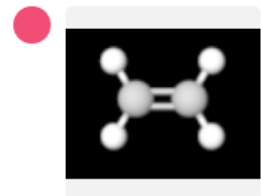
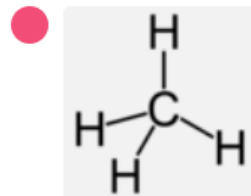
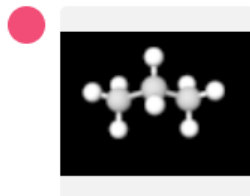
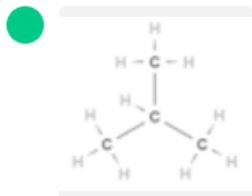
Kuinka monta hiiltä kuvan yhdisteessä on pisimmässä hiiliketjussa?

— answer choices —

- 7
- 10
- 12
- 14

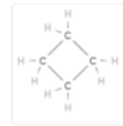
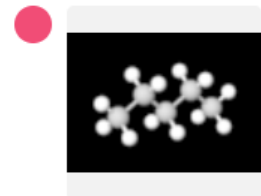
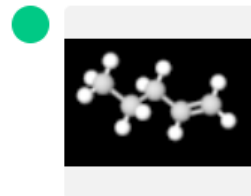
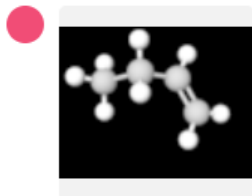
metyylipropaani

— answer choices —



penteeni

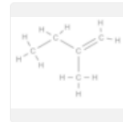
— answer choices —



Kuinka monta hiiltä kuvan yhdisteessä on pisimmässä hiiliketjussa?

— answer choices —

- 2
- 3
- 4
- 5



Kuvan yhdiste on nimeltään

— answer choices —

- 2-etyynipropeeni
- 2-metyylibuteeni
- etyyliteeni
- 1,3-metyylipropeeni



Kuvan yhdiste on nimeltään

— answer choices —

- 4-etyyli-3-propyyliheptaani
- 3,4-dipropyliheksaani
- 3-heksyyliheksaani
- 3,4-dietyylioktaani

Oktyyni

— answer choices —



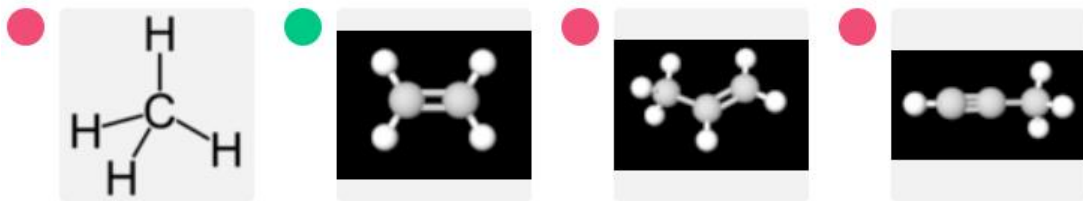
hepteeni

— answer choices —



eteeni

— answer choices —



hekseeni

— answer choices —



nonyyni

— answer choices —



Yhdiste, jossa neljän hiiliatomin mittaisen hiiliketjun toiseen hiileen on liittynyt yhden hiiliatomin mittainen sivuketju on nimeltään

— answer choices —

metyylipropaani

metyylibutaani

metyylipentaani

metyylietaani

Yhdiste, jonka hiiliketju on seitsemän hiilen pituinen ja jossa on yksi hiiliatomien välinen kolmoissidos on nimeltään

— answer choices —

heptyyni

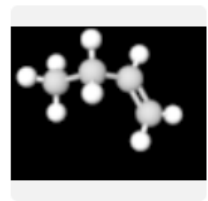
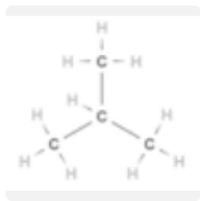
hepteeni

heksyyni

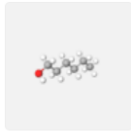
okteeni

Yhdiste, jossa pisimmässä hiiliketjussa on kolme hiiliatomia. Näistä keskimmäiseen on kiinnittynyt yhden hiiliatomin mittainen sivuketju.

— answer choices —



Quizizz-visailu 3. Alkoholit, karboksyylihapot ja aldehydit



Kuvan yhdiste on?

— answer choices —

- heksaanihappo
- heksanoli
- heksanaali
- heksaani

propanoli

— answer choices —

etanaali

— answer choices —

heksanaali

— answer choices —



Kuvan yhdiste on?

— answer choices —

- butaani
- butanoli
- butanaali
- butaanihappo



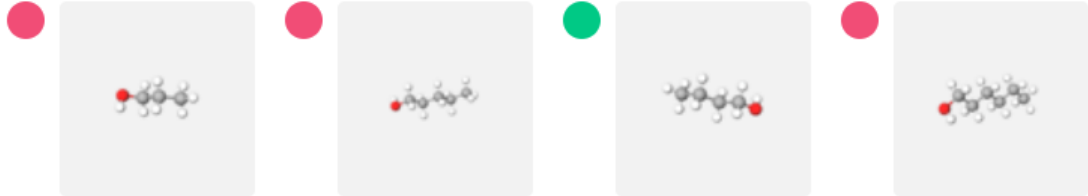
Kuvan yhdiste on?

— answer choices —

- oktaanihappo
- oktanaali
- oktaani
- oktanol

butanoli

— answer choices —



Karboksyylihappo, jonka hiiliketjussa on viisi hiiliatomia

— answer choices —

- heksaanihappo pentaanihappo
 pentanaali heksanaali

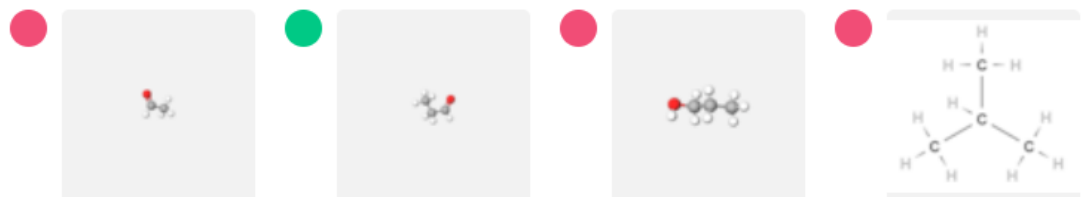
Yhdiste, jonka hiiliketju on kuuden hiilen mittainen ja sen päässä on liittynäänä hydroksyyliiryhmä (-OH)

— answer choices —

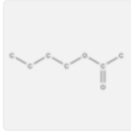
- heksaani heksanaali
 heksaanihappo heksanoli

Yhdiste, jossa kolmen hiilen mittaiseen hiiliketjuun on liittynyt karbonyyliiryhmä

— answer choices —



Quizz-visailu 4. Ketonit, esterit ja eetterit



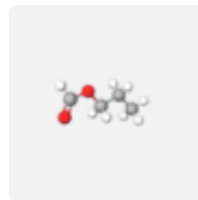
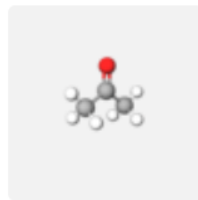
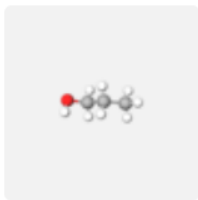
Kuvassa oleva yhdiste on

— answer choices —

 butyylietyylieetteri butyylietanaatti metyylietanaatti dimetyylieetteri butanoni butaanihappo etyylimetyylieetteri metylimetanaatti

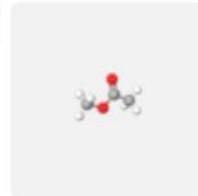
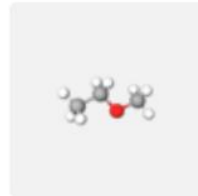
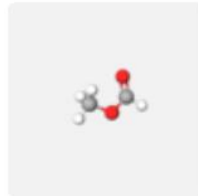
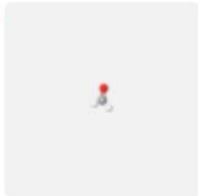
Propanoni

— answer choices —



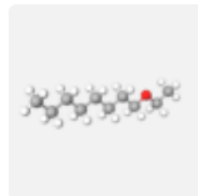
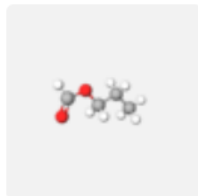
Metyylietanaatti

— answer choices —



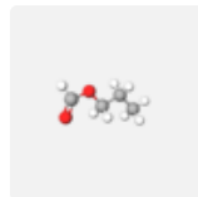
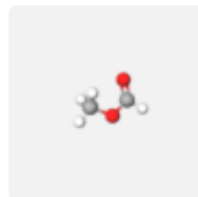
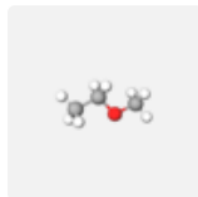
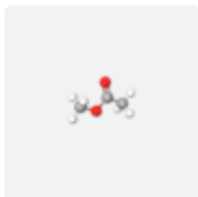
Etyylipropyylieetteri

— answer choices —



Metanolin ja etaanihapon välisessä reaktiossa muodostunut esteri

— answer choices —



Eetteri, jossa happisillan molemmilla puolilla on kahden hiilen mittainen hiiliketju.

— answer choices —



Oktaanihapon ja heksanolin välisessä reaktiossa syntynyt esteri on

— answer choices —

- oktyyliheksyylietteri heksyylioktanaatti
 oksyyliheksanaatti heksyylioktyylietteri

Eetteri, jonka toisessa päässä on viiden hiiliatomin ketju ja toisessa päässä seitsemän hiiliatomin ketju on

— answer choices —

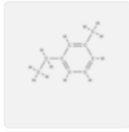
- pentyyliheptanaatti heptylipentanaatti
 pentyyliheptyylietteri heptylipentyylietteri

Ketoni, jossa on kuuden hiiliatomin mittainen hiiliketju on

— answer choices —

- heksanoli heksanoni
 heksanaali hekseeni

Quizz-visailu 5. Aromaattiset yhdisteet

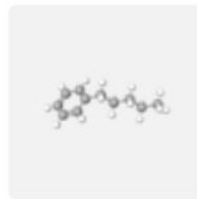
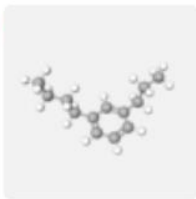


Kuvassa oleva yhdiste on nimeltään

— answer choices —

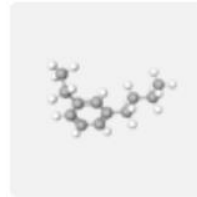
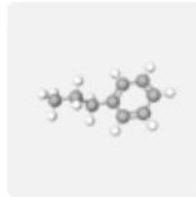
 etyylimetyyllibentseeni metyyllibentseeni propanibentseeni propyylibentseeni dimetyyllibentseeni dietyyllibentseeni propeenibentseeni propyynibentseeni**pentyyllibentseeni**

— answer choices —



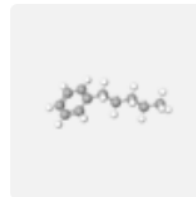
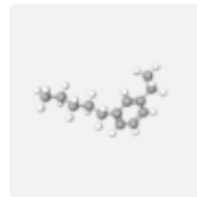
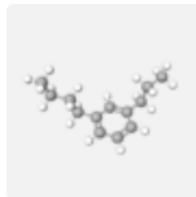
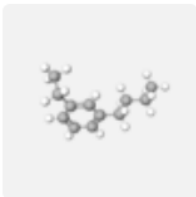
metyyllipropyylibentseeni

— answer choices —



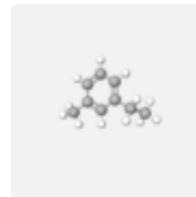
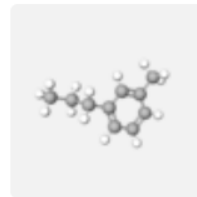
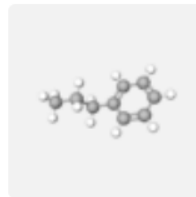
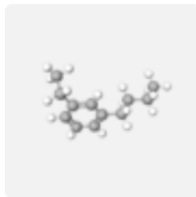
butyylietyyllibentseeni

— answer choices —



Aromaattinen yhdiste, jossa bentseenirenkaaseen on liittynyt yksi kolmen hiilatomimittainen ketju

— answer choices —



Aromaattinen yhdiste, jonka bentseenirenkaaseen on liittynyt kaksi hiiliketjua. Toinen ketju on kolmen hiiliatomin mittainen ja toinen neljän hiiliatomin mittainen.

— answer choices —



Aromaattien yhdiste, johon on liittynyt kaksi hiiliketjua. Molemmat hiiliketjut ovat kolmen hiiliatomin mittaisia.

— answer choices —

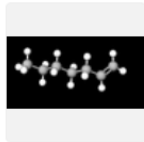
- | | |
|---|---|
| <input checked="" type="radio"/> dipropylibentseeni | <input type="radio"/> dietylibentseeni |
| <input type="radio"/> etyylipropylibentseeni | <input type="radio"/> dibutylibentseeni |

Aromaattinen yhdiste, jossa bentseenirenkaaseen on liittynyt kaksi hiiliketjua. Lyhyempi hiiliketju on yhden hiilen mittainen ja pidempi kuuden hiilen mittainen.

— answer choices —

- | | |
|--|---|
| <input type="radio"/> metylibentseeni | <input type="radio"/> heksylibentseeni |
| <input type="radio"/> heptylibentseeni | <input checked="" type="radio"/> metyliheksylibentseeni |

Quizizz-visailu 6. Viimeisen tunnin testi



Kuvan yhdisteen nimi on

— answer choices —

- heptaani
- hepteeni

- heptanaali
- heptyyni



Kuvan yhdiste on

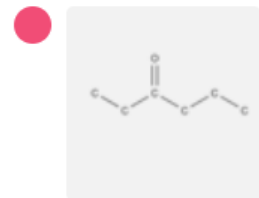
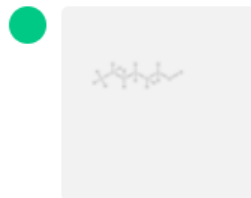
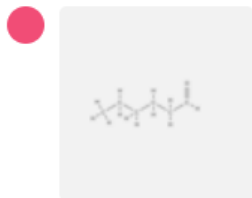
— answer choices —

- Heptaanihappo
- heptanoli

- heptanoni
- heptanaali

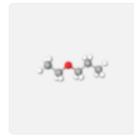
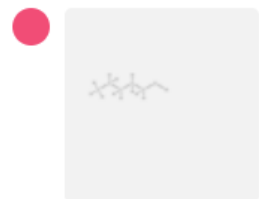
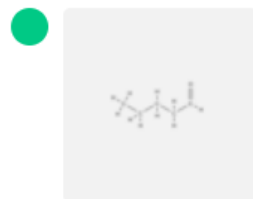
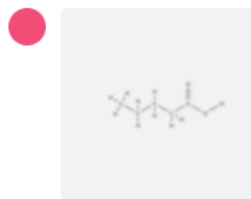
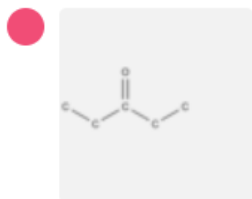
heksanoli

— answer choices —



pentanaali

— answer choices —



Kuvan yhdisteen nimi on

— answer choices —

- etyylipropyylieetteri
- etaanipropaani

- pentyylieetteri
- pentanoni



Kuvassa oleva yhdiste on nimeltään

— answer choices —

- butanaali
- butanoni

- butanoli
- butaanihappo



Kuvan yhdisteen nimi on

— answer choices —

- propanoli
- propanoni

- propanaali
- propanihappo

dietyylietteri

— answer choices —



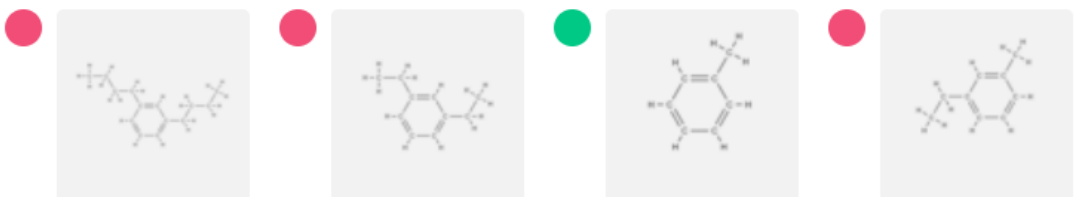
etyylietanaatti

— answer choices —



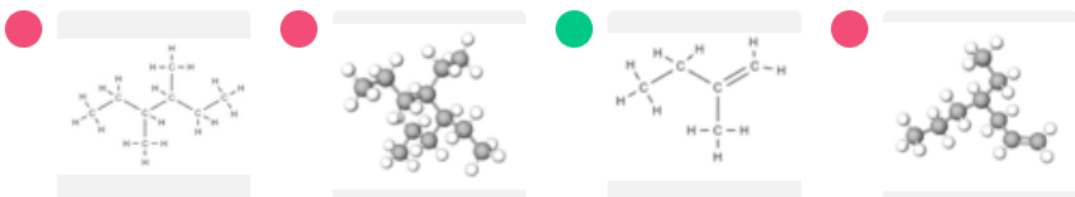
metyylibentseeni

— answer choices —



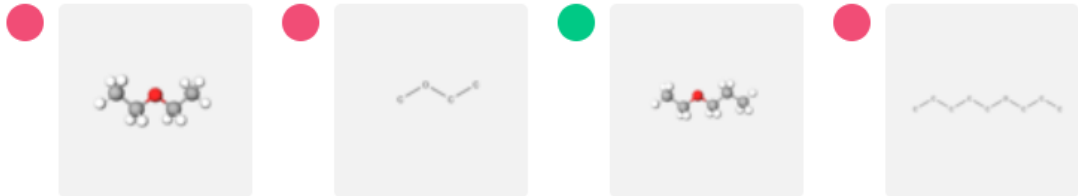
Haarautunut hiilivety, jonka pisimmässä hiiliketjussa on neljä hiiliatomia ja yksi kaksoissidos. Haarautunut osa on metyyliiryhmä.

— answer choices —



Eetteri, jonka toisessa päässä on kahden hiilen ketju ja toisessa päässä kolmen hiilen ketju.

— answer choices



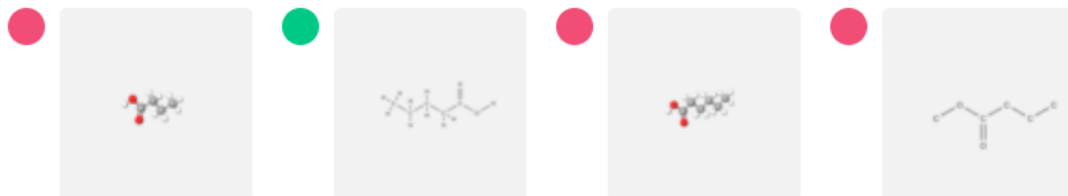
Esteri, joka on muodostunut metanolin ja metaanihapon välisessä reaktiossa.

— answer choices



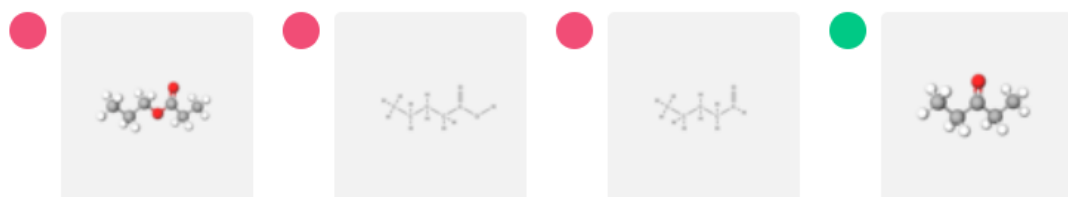
Karboksyylihappo, jonka hiiliketju on viiden hiilen pituinen

— answer choices



Ketoni, jonka hiiliketjussa on viisi hiiliatomia

— answer choices



Yhdiste, jossa bentseenirenkaaseen on liittynyt kaksi hiiliketjua, joista toinen on kahden ja toinen kolmen hiilen mittainen on nimeltään?

— answer choices —

- | | |
|---|--|
| <input type="radio"/> metyylietyyliibentseeni | <input checked="" type="radio"/> etyylipropyylibentseeni |
| <input type="radio"/> pentyyliibentseeni | <input type="radio"/> dietyyliibentseeni |

Yhdiste, jossa yksi happiatomi muodostaa sillan kahden kolmesta hiilestä koostuvan hiiliketjun välille on nimeltään

— answer choices —

- | | |
|---|---|
| <input type="radio"/> propyylipropanaatti | <input checked="" type="radio"/> dipropyylietteri |
| <input type="radio"/> propanoni | <input type="radio"/> polypropaani |

Yhdiste, jossa yksi happiatomi on liittynyt kaksoissidoksella kuuden hiilen pituisen hiiliketjun keskellä olevaan hiileen on nimeltään

— answer choices —

- | | |
|-------------------------------------|--|
| <input type="radio"/> heksanaali | <input type="radio"/> heksanoli |
| <input type="radio"/> heksaanihappo | <input checked="" type="radio"/> heksanoni |

Yhdiste, jossa yksi happiatomi on liittynyt kaksoissidoksella kuuden hiilen pituisen hiiliketjun päätyhiileen on nimeltään

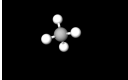
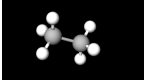
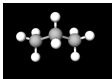

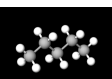
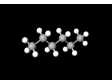




— answer choices —

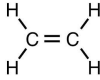


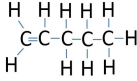
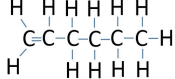
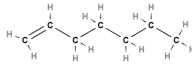
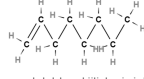
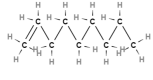
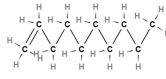
- | | |
|---|-------------------------------------|
| <input type="radio"/> heksanoli | <input type="radio"/> heksanoni |
| <input checked="" type="radio"/> heksanaali | <input type="radio"/> heksaanihappo |

Yhdiste, jossa hiilivety on haarautunut siten, että pisimmässä ketjussa on seitsemän hiiltä ja yksi kaksoissidos ja tähän on liittynyt kaksi pienempää ketjua, joista lyhyempi on kahden hiilen ja pidempi kolmen hiilen mittainen on nimeltään

— answer choices —

- | | |
|--|---|
| <input type="radio"/> etyylipropyyliheptaani | <input checked="" type="radio"/> etyylipropyylihepteeni |
| <input type="radio"/> dipropyyliheptaani | <input type="radio"/> pentyylihepteeni |

metaani	 Hiiliketjussa yksi hiiliatomi
etaani	 Hiiliketjussa kaksi hiiliatomiä
propaani	 Hiiliketjussa kolme hiiliatomiä
butaani	 Hiiliketjussa neljä hiiliatomiä
pentaani	 Hiiliketjussa viisi hiiliatomiä
heksaani	 Hiiliketjussa kuusi hiiliatomiä
heptaani	 Hiiliketjussa seitsemän hiiliatomiä
oktaani	 Hiiliketjussa kahdeksän hiiliatomiä
nonaani	 Hiiliketjussa yhdeksän hiiliatomiä
dekaani	 Hiiliketjussa kymmenen hiiliatomiä


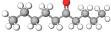



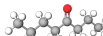


eteeni	 <p>Hiili ketjussa on kaksi hiiliatomiä ja kaksoissidos.</p>
propeeni	 <p>Hiili ketjussa on kolme hiiliatomiä ja kaksoissidos.</p>
buteeni	 <p>Hiili ketjussa on neljä hiiliatomiä ja kaksoissidos.</p>
penteeni	 <p>Hiili ketjussa on viisi hiiliatomiä ja kaksoissidos.</p>
hekseeni	 <p>Hiili ketjussa on kuusi hiiliatomiä ja kaksoissidos.</p>
hepteeni	 <p>Hiili ketjussa on seitsemän hiiliatomiä ja kaksoissidos.</p>
okteeni	 <p>Hiili ketjussa on kahdeksan hiiliatomiä ja kaksoissidos.</p>
noneeni	 <p>Hiili ketjussa on yhdeksän hiiliatomiä ja kaksoissidos.</p>
dekeeni	 <p>Hiili ketjussa on kymmenen hiiliatomiä ja kaksoissidos.</p>
etyyni	$\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$ <p>Hiili ketjussa on kaksi hiiliatomiä ja kolmoissidos.</p>











propyyini	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$ <p>Hiiiketjussa on kolme hiiliatomiä ja kolmoissidos.</p>
butyyini	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ <p>Hiiiketjussa on neljä hiiliatomiä ja kolmoissidos.</p>
pentyyni	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ <p>Hiiiketjussa on viisi hiiliatomiä ja kolmoissidos.</p>
heksyyini	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ <p>Hiiiketjussa on kuusi hiiliatomiä ja kolmoissidos.</p>
heptyyni	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ <p>Hiiiketjussa on seitsemän hiiliatomiä ja kolmoissidos.</p>
oktyyni	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ <p>Hiiiketjussa on kahdeksan hiiliatomiä ja kolmoissidos.</p>
nonyyni	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ <p>Hiiiketjussa on yhdeksän hiiliatomiä ja kolmoissidos.</p>
dekyyni	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ <p>Hiiiketjussa on kymmenen hiiliatomiä ja kolmoissidos.</p>

metanoli	Alkoholi, jossa on yksi hiiliatomi
etanoli	Alkoholi, jossa on kaksi hiiliatomia
propanoli	Alkoholi, jossa on kolme hiiliatomia
butanoli	Alkoholi, jossa on neljä hiiliatomia
pentanoli	Alkoholi, jossa on viisi hiiliatomia
heksanoli	Alkoholi, jossa on kuusi hiiliatomia
heptanoli	Alkoholi, jossa on seitsemän hiiliatomia
oktanoli	Alkoholi, jossa on kahdeksan hiiliatomia
nonanoli	Alkoholi, jossa on yhdeksän hiiliatomia
dekanoli	Alkoholi, jossa on kymmenen hiiliatomia

metaanihappo	Karboksyylihappo, jossa on yksi hiiliatomi
etaanihappo	Karboksyylihappo, jossa on kaksi hiiliatomia
propaanihappo	Karboksyylihappo, jossa on kolme hiiliatomia
butaanihappo	Karboksyylihappo, jossa on neljä hiiliatomia
pentaanihappo	Karboksyylihappo, jossa on viisi hiiliatomia
heksaanihappo	Karboksyylihappo, jossa on kuusi hiiliatomia
heptaanihappo	Karboksyylihappo, jossa on seitsemän hiiliatomia
oktaanihappo	Karboksyylihappo, jossa on kahdeksan hiiliatomia
nonaanihappo	Karboksyylihappo, jossa on yhdeksän hiiliatomia
dekaanihappo	Karboksyylihappo, jossa on kymmenen hiiliatomia

metanaali	Aldehydi, jossa on yksi hiiliatomi
etanaali	Aldehydi, jossa on kaksi hiiliatomia
propanaali	Aldehydi, jossa on kolme hiiliatomia
butanaali	Aldehydi, jossa on neljä hiiliatomia
pentanaali	Aldehydi, jossa on viisi hiiliatomia
heksanaali	Aldehydi, jossa on kuusi hiiliatomia
heptanaali	Aldehydi, jossa on seitsemän hiiliatomia
oktanaali	Aldehydi, jossa on kahdeksan hiiliatomia
nonanaali	Aldehydi, jossa on yhdeksän hiiliatomia
dekanaali	Aldehydi, jossa on kymmenen hiiliatomia

butanoni	
dekanoni	
heksanoni	
heptanoni	
nonanoni	
oktanoni	
pentanoni	
propanoni	

butyylietanaatti	
etyylietanaatti	
etyyliheksanaatti	
etyylipentanaatti	
metyyllibutanaatti	
metyylietanaatti	
metyylimetanaatti	
propyylibutanaatti	
propyylimetanaatti	
propyylipropanaatti	

Metyylibentseeni	
propyylibentseeni	
pentyylibentseeni	
dietylibentseeni	
dibutylibentseeni	
etyylimetyylibentseeni	
butyylipropyylibentseeni	
etyylipentyylibentseeni	
metyylipropyylibentseeni	
butyylietiyylibentseeni	

LIITE C: OPPILAIDEN PALAUTTEET

Mitä mieltä olit opintokokonaisuuden toteutuksesta?	Kuinka hyvin koit oppineesi opintokokonaisuuden asiat verrattuna normaaliin toteutukseen?
"Iha jees, pelit oli kivoja."	"Kai se ihan hyvin meni, aika helppoo oikeestaan."
"Toimii. Hyvä et saatiin käyttää tietokoneita eikä tarvinnu lukee mitään."	"Yllättävän hyvin vaikken lukenu yhtään."
"Pelit muita vastaan oli hauskaa."	"Aika iisi jakso oli."
"Ei tarvinnu lukee ja voitin suklaapatukan ☺."	"Ilmeisen hyvin, ku voitin yhden pelinkin. Ei kyl tuntunu yhtään siltä, et ois tehny mitään sen eteen."
"Muilla tunneilla ei käytetä näin paljoo koneita ja tehä hauskoja juttuja, niillä vaan opetellaan kaikkee tylsää."	"Omasta mielestäni opin tosi hyvin näin, vaikken ees tehny kotona mitään"
"Pelit ois ollu kivoja, jos kone ois toiminu."	"Paremmiin ku yleensä, vaikka aika paljon joutu tekeen kaikkee."
"Paremmat ohjeet nettijutskiin ois ollu jees, ni ei ois menny puolia tunnista hukkaan... Quizit oli kyl kivoja kun ne sai toimiin."	"Luulisin et ihan hyvin, oisin kyllä voinu tehdä enemmänkin hommia"
"Just sopivan rento setti ysin keväälle, ettei tartte pöntätä mitään, vaiks kyl seki ois onnistunu. Tietokoneille aina plussaa."	<i>Julkaisukelvoton kommentti</i>
"Hyvä ettei tarvinnu opetella mitään ulkoo, ei ois jaksanu semmosta. Ikinä aikasemmin ei oo pelattu näin paljoo tunneilla."	"Eihän se kauheen hyvin menny, mut ei kyl jaksanu tehä mitään."
"Tykkäsin ku sai totutella tietokoneeseen oppitunnilla, lukios kuitenkin tarvii sitä. Visat oli kans hauska ja erilainen tapa opetella ulkoo asioita."	"Paljon paremmiin tälle oppi asiat, mut aika paljon joutu näkeen vaivaakin."
"Quizit oli okei, mut en sit tiä tarviiks joka tunnilla olla koneet."	"Ihan erilailla oppi pelaamisen ohessa kun mitä lukemalla ois oppinu."
"Pelaamalla asiat jäi paljon paremmiin mieleen ku lukemalla."	"Oli helppoo ja kivaa."
"Ois voinu olla joku semmonen taulukko, mistä ois nähny kaikki eri nimet mitä tarvii osata. Ja oisin tykänny et oltas tehty kynällä ja paperilla enemmän."	"Tuntu etten oppinu mitään, vaikka kuinka yritin."
"Ne pienet palkinnot lisäs ihan sikana intoo pelaamiseen ja huomasin et siinä oppi kans tosi kivasti ne nimet."	"Sika hyvin jäi asiat mieleen, eikä ees ollu rankkaa vaikka aika paljon menikin aikaa pelatessa."
"En tykkää tehä tietokoneella mitään koulujuttui, siin ei opi kunnolla."	<i>Julkaisukelvoton kommentti</i>
"Ihan ok, oikeestaan se ja sama opetella niitä nimiä kirjasta/monisteesta tai koneella. Mut palkinnot oli +++."	"Tuntu et opin tosi hyvin vaikken ees tehny mitään ylimäärästä."
"Vaikee tehdä mitään, kun tietokone ei toimi. Ei jatkoon."	"Ois varmaan menny paremmiin, jos kaikki ois toiminu."