

FLIPPED CLASSROOM LUKION MEIOOSIN OPETUKSESSA JA  
LUKIOLAISTEN OPPIMISTA TUKEVAT OPETUSMENETELMÄT

JUULI LINDÈN

Pro gradu- tutkielma  
Ympäristö- ja biotieteiden laitos  
Biologia  
Itä-Suomen Yliopisto  
2019

ITÄ-SUOMEN YLIOPISTO

Ympäristö- ja biotieteiden laitos, biologia

LINDÈN, JUULI: Flipped classroom meioosin opetuksessa ja lukiolaisten oppimista tukevat  
opetusmenetelmät

Pro gradu -tutkielma (20 op), 76 s., liitteitä 9

Maaliskuu 2019

---

Meioosi on yksi biologian vaikeimmista aiheista johtuen sen monista käsitteistä sekä yhteydestä muihin biologian aiheisiin. Jotta biologian opiskelu ei jäisi ulkoa opettelu tasolle, täytyy biologian opetuksen tulla lähelle opiskelijan omaa kokemusmaailmaa ja suosia oppilas- ja ongelmaratkaisukeskeistä opetusta. Flipped classroomissa oppimisen keskiössä ovat opiskelijalle ennen varsinaista oppituntia jaettua materiaali käsiteltävästä aiheesta sekä oppitunnilla tapahtuva ryhmätyöskentely erilaisten tehtävien parissa.

Tämän tutkimukset tarkoituksena oli verrata flipped classroomilla ja perinteisellä opetuksella saatuja oppimistuloksia liittyen meioosin oppimiseen. Perinteisellä opetuksella viitataan tässä tutkielmassa opettajälähtöiseen luennointipainotteiseen opetukseen. Lisäksi oli tarkoitus selvittää oppitunnilla käytettävien eri opetusmenetelmien hyödyllisyys opiskelijoiden oppimisessa. Aineisto kerättiin kahdesta suomalaisesta lukiosta neljältä eri ryhmältä ennako- ja palautekyselyiden sekä oppimistestin avulla. Testi koostui meioosin vaiheiden piirtotehtävästä sekä meioosin merkitystä käsittelevästä avoimesta kysymyksestä.

Meioosia koskevan testin yhteispisteissä ja palautekyselyn käsitteenmäärittelyosiossa ei löytynyt merkitseviä eroja flippaus- ja perinneryhmän väliltä. Testin piirtotehtävästä löytyi merkitsevä ero oikeaoppisten piirrosten määrässä flippausryhmän ja perinneryhmän väliltä. Flippausryhmästä tuli enemmän oikein piirrettyjä vastauksia. Opetuksessa opiskelijat kokivat hyötävänsä eniten piirtämisestä meioosin oppimisessa.

Flipped classroomilla on vähintäänkin neutraali, ellei positiivinen vaikutus oppimiseen. Sen vahvuutena ovat ennakkomateriaali ja ryhmätyöskentely, jossa opiskelijoilla on mahdollisuus oppia toisiltaan. Opetusmenetelminä piirtäminen ja vertaisoppiminen saavat suurimmaksi osaksi positiivisen vastaanoton opiskelijoilta. Jotta saataisiin luotettavampia tuloksia flipped classroomin vaikutuksista oppimistuloksiin, tulisi kokonaisia kursseja tai jaksoja toteuttaa flipped classroomin periaatteiden mukaisesti. Tutkimuksen tulokset antavat kuitenkin aihetta hyödyntää flipped classroomia biologian opetuksessa.

UNIVERSITY OF EASTERN FINLAND

Department of Environmental and biological sciences, biology

LINDÈN, JUULI: Flipped classroom for teaching meiosis and the teaching methods that support learning of upper secondary school students

MSc. (20 cp), 76pp., Appendices 9

March 2019

---

Meiosis is one of the most difficult subjects in biology because of its many concepts and relation to other biological subjects. The biology teaching methods should come closer to students' personal experience and prefer student- and problem-based learning so that learning would not lean on memorization. In the flipped classroom, pre-class material and in-class group work-outs are in the center of learning process.

The purpose of this master's thesis was to compare learning outcomes in meiosis using the flipped classroom and traditional teaching. The traditional teaching refers to teacher-centered, lecture oriented teaching in this thesis. The teaching methods used in the class were also evaluated for their benefits in students' learning. The material was collected from two Finnish upper secondary schools' four different groups with advance- and feedback surveys and an exam. The exam consisted of a drawing task for the stages of meiosis and an open task for the meaning of meiosis.

There were no significant differences between the flipped group and the traditional group on their exam scores and their feedback surveys' concept definition section. There was a significant difference on the number of correct answers on the drawing task between the flipped group and the traditional group. Drawing was the most beneficial for learning meiosis according to students.

The flipped classroom method has at least neutral, or even positive effect on learning. Its strengths are pre-class material and group working in which the students have to opportunity to peer learning. Drawing and peer learning gain mostly positive reception from students. Full-length courses or class periods should implement the flipped classroom method to get reliable results on flipped classroom's effect on learning outcomes. However, these results give us a motive to utilize the flipped classroom in biology classrooms.

## SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO .....	4
2 FLIPPED CLASSROOM .....	5
3 BIOLOGIAN OPETUKSEN HAASTEELLISET AIHEET .....	7
4 MEIOOSI.....	9
5 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET JA HYPOTEESIT .....	12
6 AINEISTO JA MENETELMÄT .....	13
6.1 Aineiston keruu .....	13
6.2 Ennakkokysely .....	14
6.3 Opetusinterventio .....	14
6.3.1 Flippausryhmän oppitunti.....	16
6.3.2 Perinneyhmän oppitunti .....	17
6.4 Oppimistesti ja palautekysely.....	18
6.5 Tulosten laadullinen ja tilastollinen analyysi .....	19
7 TULOKSET.....	21
7.1 Ennakkokysely .....	21
7.3 Testi.....	26
7.3.1 Piirtotehtävä.....	26
7.3.2 Merkitystehtävä .....	28
7.4 Palautekysely.....	29
8 TULOSTEN TARKASTELU.....	43
8.1 Oppimistulokset .....	43
8.2 Meioosin vaikeus.....	45
8.3 Opetusmenetelmät.....	46
8.4 Tutkimuksen luotettavuus .....	48
9 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	50
KIITOKSET.....	51
LÄHTEET.....	51
LIITTEET .....	58

## 1 JOHDANTO

Tämän Pro gradu- tutkielman aihetta valittaessa päätettiin paneutua johonkin lukiolaisten vaikeaksi kokemaan biologian aiheeseen ja suunnitella siihen oppimista edistävä opetusmenetelmä. Monien yläkoulun, lukion ja yliopisto-opettajien haastatteluiden sekä teetätetyn esikyselyn tulosten jälkeen vaikeaksi biologian aiheeksi valikoitui meioosi. Meioosia päätettiin lähestyä opetusmenetelmällä, joka ei ollut entuudestaan tuttu. Ohjaajani Vesa Paajanen Itä-Suomen Yliopistolta suositteli minua tutustumaan flipped classroom-menetelmään (fc). Taitava opettaja-palkinnon saanut Paajanen on käyttänyt flipped classroomia omilla luennoillaan vuodesta 2015 alkaen. Itä-Suomen Yliopisto on myös mukana Flipping Finland-hankkeessa, joka palkittiin Euroopan parhaana pedagogisena sovelluksena vuonna 2018 (Itä-Suomen Yliopisto 2019).

Flipped classroom on pedagoginen lähestymistapa, joka kääntää oppitunnin rakenteen perinteisestä, opettajakeskeisestä asetelmasta kohti itseohjautuvaa sekä yhteisöllistä oppimista (Toivola & Silverberg 2014). Flipped classroomissa oppitunnit perustuvat ennen oppituntia annettuun materiaaliin, mihin opiskelijat oppitunnilla syventävät osaamistaan ryhmissä, yleensä opettajan laatimien, tehtävien ja ongelmien avulla. Flipped classroomilla on positiivinen vaikutus oppimistuloksiin ja se näyttää tasoittavan oppimistuloksia luonnontieteissä, jolloin varsinkin huonommin menestyvät opiskelijat hyötyvät siitä (Xiao ym. 2018).

Solubiologian laajat ja yksityiskohtaiset aihealueet ovat osoittautuneet yhdeksi hankalimmaksi biologian aihealueeksi opiskelijoiden keskuudessa (Bahar ym. 1999, Quinn ym. 2009, Vlckova ym. 2016). Näitä ovat muun muassa DNA:n tai kromosomin rakenne, perinnöllisyys ja solusyklin vaiheet. Aiheet ovat vahvasti sidoksissa muihin biologian laajoihin aihekokonaisuuksiin, kuten evoluutioon tai fysiologiaan. Biologian opetuksessa haasteeksi muodostuu näiden aiheiden puuttuminen opiskelijoiden konkreettisesta kokemusmaailmasta, jolloin niiden ymmärtäminen on vaikeampaa ja motivaatio opiskelemiseen vähenee (Tekkaya ym. 2001, Çimer 2012).

Tämän tutkimukset tarkoituksena on selvittää Flipped classroomin soveltuvuutta lukion meioosin opetukseen. Tutkimuksessa tarkastellaan, eroavatko kahden eri opiskelijaryhmän oppimistulokset meioosista, kun toisen ryhmän oppitunti on toteutettu Flipped classroomin periaatteiden mukaisesti ja toisen ryhmän oppitunti on toteutettu perinteisen oppituntityylin mukaisesti. Perinteisellä opetuksella viitataan tässä tutkielmassa opettajakeskeiseen pedagogiikkaan, missä opettaja toimii ensisijaisena tiedonlähteenä ja sen välittäjänä oppilaille

(Brophy 2002). Tämä tapahtuu yleisimmin luennoinnin avulla (Mascolo 2009). Opettajakeskeinen pedagogiikka pohjautuu Skinnerin behaviorismiin, jossa oppilaat omaksuvat uutta tietoa ulkoisten stimulusten avulla (Serin 2018). Flipped classroomissa viitekehyksenä toimii konstruktivismi, missä oppilaat rakentavat uutta tietoa vertaisoppisen kautta ja opettajan rooli on lähinnä oppimista tukeva, ei niinkään sitä ohjaava (Xu & Shi 2018). Kohderyhmänä toimii kahden eri lukion neljä biologian valtakunnallisen syventävän kurssin, BI3-ryhmää. Flipped classroomin soveltuvuuden lisäksi on tarkoitus selvittää, mitkä työskentelytavat kyseisten ryhmän opiskelijat kokevat eniten edistävän heidän oppimistaan.

## 2 FLIPPED CLASSROOM

Flipped classroom on pedagoginen lähestymistapa, mikä ohjaa opiskelua ja luokkahuonetta opettajajohtoisesta, suorasta opetuksesta kohti oppijakeskeistä oppimiskulttuuria (Toivola & Silverberg 2014). Flipped classroom liittyy läheisesti flipped learning eli käänteiseen opetukseen, mutta nämä kaksi käsitettä kuitenkin eroavat toisistaan laajuudeltaan, kuin toteutustapanaan. Perinteisen, opettajakeskeisen sekä yhteistoiminnallisen oppimiskulttuurin vastakkaisella puolella voidaan pitää flipped learning-oppimiskulttuuria, joka korostaa oppijakeskeistä, itseohjautuvaa sekä yhteisöllistä oppimista (kuva 1). Flipped classroom sijoittuu näiden kahden oppimiskulttuurin väliin vastavuoroisuutta korostavana työkaluna, mikä näkyy opettajan valitsemissa oppitunnilla käytettävissä pedagogisissa ratkaisuissa.

Perinteisellä oppitunnilla oppilaat tutustutetaan heille uuteen, käsiteltävään asiaan oppitunnin aikana. Opettaja toimii pääasiallisena tiedonlähteenä ja materiaalin antajana ja oppilaat pyrkivät sisäistämään mahdollisimman paljon asiaa oppitunnilla, yleensä kuuntelemalla opettajan luennointia ja tekemällä muistiinpanoja (Rotellar & Cain 2016). Oppitunnin materiaalin työstämistä jatketaan oppitunnin ulkopuolella, yleensä oppilaiden kotona, ja tämä vaatii oppilaiden kognitiivisia taitoja ja tietojen yhdistelyä (Talbert 2017). Näin ollen kevyin työ, eli tiedon kopiointi muistiinpanojen avulla, tapahtuu oppitunnilla, jolloin aiheen tiedonlähde eli opettaja on paikalla. Opettaja ei kuitenkaan ole paikalla oppilaan tehdessä kognitiivista työtä esimerkiksi soveltavien kotitehtävien parissa kotonaan.

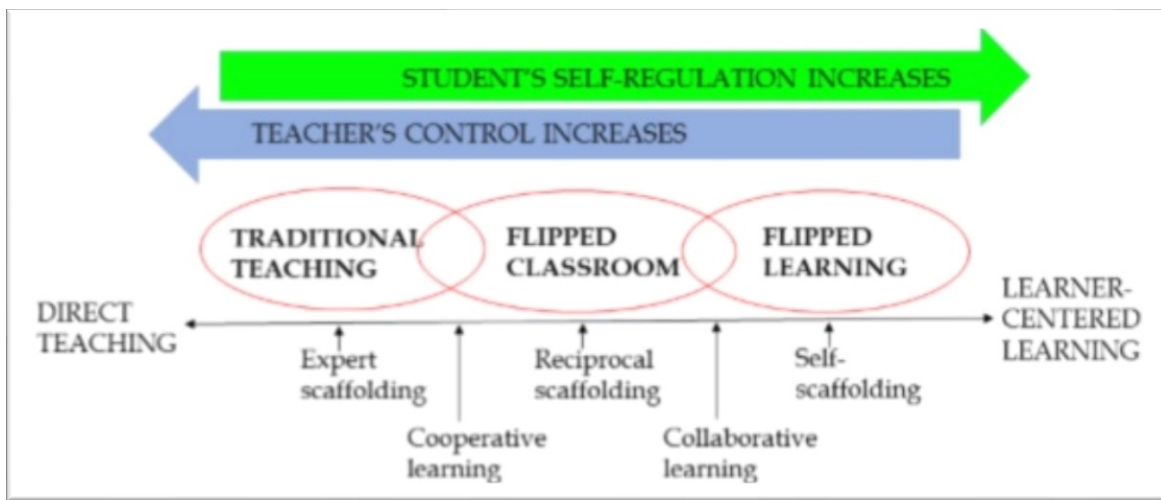
Flipped classroom kääntää opetusjärjestyksen. Tarkoituksena on, että oppilaat saavat

ne materiaalit ja tiedot, mitkä he perinteisellä oppitunnilla saivat, ennen varsinaista oppituntia (Estes ym. 2014). Materiaali toimii siis ennakkomateriaalina oppituntia varten, johon oppilaat voivat myöhemmin palata. Ennakkomateriaalissa esitetään tietoja, jotka pysyvät lähes muuttumattomina ajan myötä esimerkiksi eläinsolun rakenne. Ennakkomateriaali voi olla esimerkiksi video internetpalvelussa. Oppilaat tutustuvat ennakkomateriaaliin ennen varsinaista oppituntia ja kirjaavat ylös kysymyksiä ja vaikeita kohtia kyseisestä aiheesta (Bergman & Sams 2012). Itse oppitunnilla oppilailla on mahdollisuus esittää kysymyksiä, kun tiedonlähde eli opettaja on paikalla. Flipped classroom antaa opettajalle enemmän aikaa ja mahdollisuuksia paneutua niihin aiheisiin, jotka oppilaat kokevat haasteellisiksi. Oppitunnilla aikaa ei enää käytetä aiheen teoreettiseen käsittelyyn, vaan siinä pääosassa on erilaiset harjoitukset ja tehtävät. Oppitunti vallitsee vastavuoroinen vuorovaikutus niin oppilaiden välillä, kuin oppilaiden ja opettajan välillä (Toivola & Silverberg 2014, Talbert 2017) Kyseessä on soveltavat ja oppilaiden kognitiivisia taitoja vaativia tehtäviä, missä opettaja toimii oppilaiden oppimisen tukijana sekä ohjaajana ja oppilastoverit vertaisoppimisen mahdollistajina (Estes ym. 2014).

Flipped classroomissa korostuu ennen kaikkea oppilaiden oma aktiivinen sitoutuminen oppimiseen. Siksi opettajan täytyy tehdä oppilaille tiettäväksi, mikä on flipped classroom ja miksi sitä käytetään. Jotta flipped classroom toimisi, opettajan täytyy tehdä oppilaille selväksi, mitä heidän tulee tietää tai valmistautua ennen tuntia (Rotellar & Cain 2016). Ennakkomateriaalin tulee olla oppilaille helposti ymmärrettävää niin, että he kykenevät yhdistämään sen tunnilla käsiteltävään asiaan. Oppitunnilla pääpaino ei tulisi olla enää materiaalin ja tiedon esittelyssä, vaan pikemminkin oppilaiden välinen aktiivisesta työskentelystä materiaalin kanssa.

Flipped classroomin soveltumista juuri lukion biologiaan on tutkittu vähäisesti, mutta sen hyödyt yleisesti luonnontieteiden opetuksessa ovat saaneet runsaasti huomiota. Koska flipped classroom vaatii oppilailta sitoutumista itsenäiseen opiskeluun, on siihen liittyvät tutkimukset usein toteutettu korkeakouluopiskelijoilla. Flipped classroomin avulla opiskelijoilla on yleensä käytössään enemmän opiskelutyökaluja verrattuna perinteiseen opetukseen, jolloin se näyttää olevan erityisen hyödyllinen huonommin menestyville opiskelijoille sekä pienentävän oppimistuloseroja (Gross ym. 2015, Xiao ym. 2018). Menetelmän ansiosta opiskelijat pääsevät monipuolisemmin käsiksi oppimateriaaliin, joka vaikuttaa positiivisesti myös oppimistuloksiin, verrattuna perinteiseen opetukseen. Flipped classroomin soveltuvuudesta biologian opetukseen on havaittu, että sen ansiosta opiskelijoilla on positiivisempi asenne biologian ja luonnontieteiden

opiskelua kohtaan ja tämä sen sijaan näkyy heidän suoritusten paranemisena kyseisissä aineissa (Entezani & Javdan 2016, Gariou-Papalexiou ym. 2017 Malto ym. 2018, Tusa ym. 2018). Flipped classroom ohjaa opiskelijoita refleктоimaan omaa oppimistaan ja ottamaan siitä vastuuta. Flipped classroom soveltuu myös hyvin etäopiskeluun, jolloin opiskelijat voivat palata oppimateriaaliin aina uudelleen tai jos opiskelija on ollut poissa varsinaiselta oppitunnilta. Ennen kaikkea Flipped classroom rohkaisee opiskelijoita hyödyntämään digitaalisia tiedonhankintataitojaan oppitunnin ulkopuolella, joka on erityisen merkittävää jatkuvan uuden tiedon ja teknologian kehityksen aikana (Rotellar & Cain 2016).



Kuva 1. Flipped classroomin sijoittuminen perinteisen opetuksen ja flipped learning oppimiskulttuurin väliin. (Toivola & Silverberg 2014).

### 3 BIOLOGIAN OPETUKSEN HAASTEELLISET AIHEET

Monet biologiset ilmiöt ja käsitteet voivat vaikuttaa yleisellä tasolla monimutkaisilta ja vaikeasti lähestyttäviltä (Leonard 2011). Ajankäytön hallinnan ja oikeanlaisen teknologian hyödyntämisen lisäksi biologian opetus kohtaa haasteen siinä, miten tehdä biologia ja sen sisältämät ilmiöt ymmärrettäväksi opetuksessa. Biologiassa ilmiöt vaihtelevat biosfääristä solu- ja molekyyalitasolle ja opetuksen tavoitteena onkin, että opiskelija ymmärtää näiden ilmiöiden vuorovaikutussuhteita (Opetushallitus 2019). Osissa biologisissa ilmiöissä ja aihealueissa ilmenee enemmän väärinymmärryksiä ja aukkoja tietämyksessä, kuin toisissa. Näitä on havaittu ennen kaikkea genetiikassa ja solubiologiassa (Sanders ym. 1997, Mills Shaw ym. 2007, Dikmenli 2009, Quinn



ym. 2009, Newman ym. 2012, Ozcan ym. 2012, Kalas ym. 2013, Vlckova ym. 2016, Wright ym. 2017). Monissa tutkimuksissa nousee esille opiskelijoiden vaikeudesta ymmärtää esimerkiksi homologisten kromosomien ja sisarkromatidien eroa toisistaan, dna:n tai kromosomin rakennetta sekä haploidin ja diploidin kromosomiston eroa toisistaan. Edellä mainitut asiat liittyvät olennaisesti meioosiin.

Meioosi on ilmiönä laaja ja se tulee esiin monesti muissa lukion biologian valtakunnallisilla kursseilla (Opetushallitus 2015 & 2019). Vaikka meioosi mainitaan sellaisenaan vain kolmannen kurssin, Solu ja perinnöllisyys (BI3), keskeisissä sisällöissä, on siihen vahvasti sidoksissa olevia aihealueita nähtävissä eri biologian kursseilla. Valtakunnallisella pakollisella kurssilla Elämä ja evoluutio (BI1) meioosia käsitellään nimenomaan perinnöllisen muuntelun ja evoluution näkökulmasta. Kurssin keskeisiksi sisällöiksi mainitaan *suvullinen ja suvuton lisääntyminen* sekä *luonnonvalinta, evoluutio ja sopeutuminen*. Kurssin tavoitteena on myös, että opiskelija osaa solurakenteen ja sen toiminnan evoluution mahdollistaja sekä että opiskelija ymmärtää perinnöllisen muuntelun mekanismeja sekä evoluution ylläpidon (Opetushallitus 2019). Ekologia ja ympäristö (BI2) kurssilla keskeisiksi käsitteiksi luetaan *eliöiden sopeutuminen ympäristöön ja luonnon monimuotoisuus* (Opetushallitus 2015). Opetushallituksen LOPS-luonnoksessa (2019) Ekologia ja ympäristö-kurssi on jakautunut kahteen osaan, missä meioosin merkitys näkyy erityisesti ekologian kurssilla (BI2.1) luonnon monimuotoisuuden ymmärtämisenä. Biologian valtakunnallisella valinnaiskurssilla Solu ja perinnöllisyys (BI3) on ainoa kurssi, jonka sisällöissä meioosi mainitaan sellaisenaan. Meioosin ymmärtämiseen vaaditaan kaikkien kurssin keskeisten sisältöjen, solurakenteen, solujen lisääntymisen sekä perinnöllisyyden perusteiden ymmärtämistä. Ihmisen biologian kurssilla (BI4) meioosiin liittyvät aihealueet ovat lisääntymisessä *hedelmöitys* ja *sukupuolinen kehitys*. Biologian viidennen valtakunnallisen valinnaiskurssin, Biologian sovellukset (BI5), yksi keskeisimmistä aihealueista on geenitekniikka, jonka oppimiseen tarvitaan väistämättä perinnöllisyyteen liittyvien käsitteiden sekä esimerkiksi DNA:n rakenteen hallintaa.

Vaikeudet meioosin oppimisessa voivat juontaa siitä, että meioosi on ilmiönä erittäin laaja ja se käsittelee monia eri aihealueita, kuten solurakennetta ja –elimiä, perinnöllisyyttä ja evoluutiota (Quinn ym. 2009). Juuri sen yhteydestä toisiin biologisiin aihealueisiin, meioosin ymmärtäminen parantaa opiskelijoiden ymmärrystä myös muihin biologian ilmiöihin, kuten evoluutioon. Siksi olisikin tärkeää, että opiskelijat ymmärtäisivät meioosin prosessit sekä sen merkityksen biologialle. Meioosi sisältää monia yksityiskohtaisia käsitteitä, kuten homologiset kromosomit,

sisarkromatidit, rekombinaatio, diploidi solu ja haploidi solu, mitkä monet opiskelijat usein selittävät joko kokonaan väärin tai osittain virheellisillä tiedoilla (Sanders ym. 1997, Newman ym. 2012). Luonnontieteissä oikeaoppisten termien ja käsitteiden käyttö on tärkeää. Jos oppilaan kirjoitusasuun ei puututa, voi siihen jäädä juuri epätieteellisiä ja virheellisiä ilmauksia käsitteiden kohdalta, jotka ovat olennainen osa ilmiön ymmärtämistä kokonaisuudessa (Shaw ym. 2007). Lisäksi, meioosin yhteyttä opiskelijoiden omaan elämään voi olla vaikea saada tuotua esille, joka voi johtaa sen ulkoa opetteluun, eikä niinkään syvälliseen ymmärtämiseen (Heddy & Sinatra 2013).

#### 4 MEIOOSI

Meioosi on solunjakautumistapahtuma, joka tuottaa diploidista solusta haploideja sukusoluja (Ohkura 2015). Meioosi mahdollistaa suvullisen lisääntymisen, joka luo lajien sisälle geneettistä moninaisuutta. Tämä ylläpitää lajien säilyvyyttä. Suvullisen lisääntymisen mahdollistamisen lisäksi meioosi luo geneettistä moninaisuutta syntyviin sukusoluihin. Tämä tapahtuu kromosomien sattumanvaraisen järjestäytymisen sekä tekijänvaihdunnan avulla. Meioosi koostuu vähennysjakoista ja tasausjakoista ja ennen näitä jakoja eläinsolut käyvät läpi välivaiheen.

Solu siirtyy meioosiin välivaiheen eli interfaasin jälkeen. Interfaasi on solun aktiivisinta aikaa, jolloin tapahtuu proteiinisynteesiä, soluelinten muodostumista sekä DNA:n kopioituminen. DNA:n kopioitumisen jälkeen kromosomi koostuu kahdesta identtisestä sisarkromatidista. On havaittu, että meioosiin siirtyvän solun interfaasivaihe, erityisesti dna:n kopioitumisvaihe, poikkeaa mitoosiin siirtyvästä solusta (Petronczki ym. 2007). Tähän liittyy sisarkromatidien välisen koheesion muodostumista meioottisen rekombinanttiproteiini Rec8:n ilmenemistä solussa. Rec8 on havaittu olevan olennainen sisarkromatidien koheesion ylläpitäjä ja sitä koodaavan geenin vaientaminen on aiheuttanut sisarkromatidien välisen koheesion vaientumisen ja tästä seuraavan kromosomien epätasaisen jakautumisen sukusoluissa leivinhiivan soluilla tutkiessa (Klein ym. 1999). Rec8 on vain yksi osa sisarkromatidien välistä koheesiokompleksia (Rankin 2015). Sisarkromatidien koheesiokompleksin rakenne vaihtelee eri eukaryoottiryhmien välillä, mutta se koostuu aina neljästä alayksikköproteiinista, jotka muodostavat lopulta toimivan kohesiinin.

Meioosin vähennysjako alkaa profaasilla, jossa kromosomien rakenne tiivistyy ja ne

pariutuvat homologisten vastinkromosomiensa kanssa (Feng ym. 2014). Vastinkromosomit kiinnittyvät toisiinsa kromosomin lyhyestä kohdasta tekijänvaihdunnan avulla. (Zickler & Kleckner 2015). Tekijänvaihdunnassa kromosomien osa rakenteesta aukeaa ja vaihtaa osan homologisen vastinkromosomin kanssa. Homologisten kromosomien pariutuminen ja tekijänvaihdunnan tapahtuminen ovat välttämättömiä kromosomien oikeanlaiselle liikehdinnälle myöhemmin meioosissa (Hiller ym. 2017). Kromosomien risteämiskohtaa sanotaan kiasmaksi, joka pitää vastinkromosomit kiinni toisissaan kromosomien rakenteen löystyessä myöhemmin meioosin aikana (Halkka 1968). Toisin kuin mitoosissa, meioosissa kromosomin rakenteen hajoaminen ei ole jakautumisessa sattuneen virheen tulos, vaan olennainen osa geneettisen moninaisuuden luomisessa (Ohkura 2015). Kromosomirakenteen hajoaminen on havaittu olevan vaatimus homologisten kromosomien pariutumislle ja sitä katalysoi useat eri proteiinit (Zickler & Kleckner 2015). Tumakotelon häviäminen merkitsee profaasin päättymistä, josta solu siirtyy metafaasiin (Page & Hawley 2003).

Soluissa olevat keskusjyväset muodostavat sukkularihmojen kanssa sentrosomin, joka ohjailee kromosomien liikkeitä meioosin aikana. Sentrosomit muodostuvat solun vastakkaisille puolille ja niiden sukkularihmat kiinnittyvät kromosomien sentromeerikohtaan. Kromosomien sentromeerikohdassa on kinetokori, joka on proteiinikompleksirakenne. Kromosomien sisarkromatidien kinetokorit muodostavat kinetokoriparin, joka osoittaa vastakkaiseen suuntaan, kuin vastinkromosomin kinetokoripari (Sander & Jones 2018). Tämä edesauttaa sitä, että molemmat sisarkromatidit päätyvät samalle puolelle solua. Mikrotubulukset kiinnittyvät kromosomien kinetokoreihin, jotka kääntyvät kohti solun vastakkaisia napoja (Page & Hawley 2003). Vastinkromosomien kinetokoreihin kohdistuu yhtä suuri vetovoima sukkularihmoista, joka auttaa kromosomeja järjestäytymään solun keskelle metafaasialustalle. Kromosomit järjestäytyvät metafaasialustalle sattumanvaraisessa järjestyksessä (Weise ym. 2016). Kromosomien sattumanvaraista ryhmittymistä solun keskelle sanotaan mendelistiseksi rekombinaatioksi ja sen seurauksena ihmisen 23 kromosomia voivat muodostaa yli 8 miljoona eri ryhmittymisyhdistelmää syntyviin sukusoluihin. Tämä yhdessä tekijänvaihdunnan tuoman geneettisen rekombinaation kanssa takaavat geneettisen moninaisuuden ylläpidon suvullisessa lisääntymisessä.

Sisarkromatidit pysyvät kiinni toisissaan moniosaisen kohesiini-proteiini-kompleksin avulla (Ishiguro & Watanabe 2007, Ohkura 2015). Kohesiini muodostuu sisarkromatidien ympärille jo DNA:n kahdentumisen aikana. Meioosissa sisarkromatidien välistä koheesiota ylläpidetään, jotta

sisarkromatidit pysyisivät kiinni toisissaan aina tasausjaon anafaasiin saakka. Kohesiinikompleksia suojaa esimerkiksi sentromeerinen proteiini Sgo, joka fosforysoi kohesiinin, estäen sen hajoamisen anafaasin aikana. Kohesiinikompleksin suojaus rajautuu vähennysjaossa kromatidien sentromeerialueelle, jotta sisarkromatidit pysyisivät kiinni toisissaan. Vastinkromosomien irtoaminen toisistaan on havaittu olevan muun muassa ihmisenkin soluissa ilmenevän aktiivisen separiini-proteiinin ansiota (Petronczki ym. 2007). Aktivoitu separiini-proteiini saa aikaan Rec8 hajoamisen kromosomien käsiosien kohdalla ja tämä laukaisee lopulta anafaasin. Ennen kuin anafaasi voi täydellisesti toteutua, on solussa suoritettu monia tarkastustoimenpiteitä, jotta kromosomit olisivat asettuneet oikein ja tasaisesti metafaasilinjalle (LeMaire-Adkins ym. 1997). Tämä varmistaa sen, että oikea määrä kromosomeja päätyy syntyvään sukusoluun. Mikrotubulukset vetävät kromosomeja kinetokoreista solun vastakkaisille puolille. Anafaasin seurauksena 23 kromosomia eri puolille solua ja on täysin sattumanvaraista, kumpi vastinkromosomeista päätyy kumpaankin syntyvään sukusoluun (Halkka 1968).

Meioosin vähennysjaon päättää telofaasi ja sitä seuraava sytokineesi eli soluliman jakautuminen. Sytokineesissa soluun muodostuu rengasmainen rakenne, joka on johdettu anafaasisista mikrotubuluksista (Green ym. 2012). Mikrotubuluksia ohjaa solun sisäiset proteiinit, Rho-GTPaasit (Chircop 2014). Mikrotubulusten ja solun sisäisten proteiinien yhteisvaikutuksesta rengasmaisen rakenteen lopulta halkaisee jakautuvan solun kahtia, jolloin siitä on muodostunut kaksi solua. Molemmissa soluissa on nyt 23 kromosomia ja toisistaan eroava geeniperimä. Solut siirtyvät välittömästi meioosin tasausjakoon, ennen kuin kromosomien rakenne on ehtinyt täysin löystyä (Cooper 2000).

Meioosin tasausjako muistuttaa mitoosia, eikä siinä tapahdu geenivaihdantaa tai kromosomiluvun puolittumista. Mitoosista poiketen, vähennysjaon jälkeen meioottiset solut eivät käy läpi uutta dna:n kopioitumisvaihetta (Petronczki ym. 2007, Ohkura 2015). Solun korkea sykliini B-pitoisuus ylläpitää solun cdk-proteiineja aktiivisena, mahdollistaen solujen siirtymistä suoraan vähennysjaosta tasausjakoon. Tasausjako pitää sisällään samat vaiheet profaasista telofaasiin, kuin mitä vähennysjaossakin on. Erona vähennysjakoon nähden, tasausjaon metafaasissa kromosomit ryhmittyvät yksittäiseen jonoon solun keskitasoon. Mikrotubulukset ovat kiinnittyneinä sisarkromatidien väliseen kinetokoriin. Separiini aktivoituu ja hajottaa Rec8 tällä kertaa sisarkromatidien sentromeerikohdasta. Kun kohesiinirakenne purkautuu

sisarkromatidien sentromeerikohdista, seuraa anafaasi, jossa sisarkromatidit eroavat toisistaan ja siirtyvät eri puolille solua.

Tasausjaon tuloksena kahdesta haploidista solusta on jakautunut yhteensä neljä haploidia solua, joissa jokaisessa on vain yksi kopio kaikista 23 kromosomista (Cooper 2000). Näistä neljästä haploidista solusta kehittyy myöhemmin kypsiä sukusoluja. Meioosin merkitys korostuu sukusolujen tuoton lisäksi myös geneettisen muuntelun ylläpitäjänä (Zickler & Kleckner 2015). Geneettistä muuntelua saa aikaan kromosomien sattumanvarainen järjestäytyminen vähennysjaon metafaasissa eli mendelistinen rekombinaatio sekä tekijänvaihdunta. Se on evoluution kannalta erityisen tärkeä, sillä se mahdollistaa eliöiden sopeutumisen muuttuviin olosuhteisiin.

## 5 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET JA HYPOTEESIT

Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää flipped classroom menetelmän soveltumista meioosin opetukseen lukion biologiassa. Tarkoituksena on verrata flipped classroom menetelmällä saatuja oppimistuloksia perinteisellä oppituntiasetelmalla saatuihin tuloksiin. Lisäksi on tarkoitus selvittää, mitkä opetusinterventiossa käytettävät opetusmenetelmät auttavat kohderyhmän opiskelijoita heidän oppimisessaan.

Flipped classroomissa opetuksen pääpaino on ennakkomateriaalissa sekä ryhmätyöskentelyssä. Ennakkomateriaalin avulla flippausryhmän opiskelijat saavat perinneryhmän opiskelijoita enemmän aikaa meioosin käsittelyyn ja mahdollisuuden palata luentomateriaaliin. Lisäksi flippausryhmän opiskelijoilla on enemmän aikaa ryhmätyöskentelyyn ja siinä tapahtuvaan vertaisoppimiseen, jolla on positiiviset vaikutukset oppimistuloksiin (Estes ym. 2014). Flippausryhmän opiskelijat tulevat oletetusti hyötymään eniten ryhmätyöskentelystä ja ennakkomateriaalista, kun taas perinneryhmän opiskelijat opettajajohtoisesta luennoinnista. Ottaen huomioon edellä mainitut seikat, voidaan olettaa, että flipped classroomin avulla opiskelijat oppivat meioosin paremmin, kuin perinneryhmän opiskelijat.

## 6 AINEISTO JA MENETELMÄT

### 6.1 Aineiston keruu

Tutkimuksessa käytettävä aineisto kerättiin kahdelta eri lukiolta yhteensä neljältä ryhmältä. Lukiot sijaitsivat Joensuussa ja Kouvolassa. Aineisto kerättiin lukion biologian valtakunnalliselta syventävältä kurssilta Solu ja perinnöllisyys (BI3). Opiskelijoita oli joensuulaisen lukion ryhmissä yhteensä 63 ja kouvolaalaisen lukion ryhmissä 39. Kaksi ryhmää toimivat niin sanottuja ”flippausryhmiä”, joiden oppitunnit toteutettiin flipped classroomin periaatteiden mukaisesti (Bergmann & Sams 2012). Kaksi muuta ryhmää toimivat ”perinneryhmiä”, joille ei jaettu ennakkomateriaalia ennen varsinaista oppituntia. Kummankin kaupungin lukioissa oli sekä flippaus- että perinneryhmä.

Tutkimus ja sen aineistonkeruu jakautuivat kolmeen vaiheeseen. Ensimmäinen vaihe piti sisällään ennakkotiedon kartoittamisen ennakkokyselyllä, toinen vaihe opetusinterventiotunnin ja kolmas vaihe oppituntiin liittyvän testin sekä palautekyselyn pidon. Kaikki aineisto kerättiin paperisilla vastauslomakkeilla. Flippausryhmillä ennakkokyselyn yhteydessä jaettiin myös oppituntia koskeva ennakkomateriaali. Ennen aineiston keruuta lähestyttiin kohdekoulujen biologian opettajia koskien heidän kiinnostusta lähteä mukaan tutkimukseen. Tämän jälkeen haettiin koulukohtaisesti tutkimusluvut tutkimuksen toteuttamiseen (liite 1). Tutkimusluvut myönnettiin lokakuun 2018 alussa. Koska kohderyhmän opiskelijat olivat suurin osa oletetusti alaikäisiä, opiskelijoiden vanhempia informoitiin tulevasta tutkimuksesta. Lisäksi aineiston keruun aikana kaikille kohderyhmän opiskelijoille tehtiin selviksi, että he voivat vastata kaikkiin kohtiin myös anonyymisti. Aineistonkeruun ajankohdat valittiin yhdessä ryhmien biologian kurssin vastuuopettajien kanssa.

Tutkimuksessa käytettiin pääsääntöisesti nimityksiä ”flippausryhmä”, kun tarkasteltiin kahta eri flippausryhmää yhtenä ryhmänä sekä ”perinneryhmä”, kun tarkasteltiin kahta perinneryhmää yhtenä ryhmänä. Kahta eri lukiota käytettiin nimillä ”koulu 1” (Joensuu) ja ”koulu 2” (Kouvola). Jos aineiston tarkastelussa oli tarpeellista huomioida esimerkiksi eri koulujen flippausryhmien välisiä eroja, käytettiin nimityksiä ”flippausryhmä 1” sekä ”flippausryhmä 2”. Ryhmän perässä oleva numero kuvasti mistä koulusta kyseinen ryhmä tuli.

## 6.2 Ennakkokysely

Aineiston keruu aloitettiin ennakkokyselyllä (liite 2). Ennakkokyselyn tarkoituksena oli kartoittaa opiskelijoiden lähtötasot. Kysely koostui kvantitatiivisesta sekä kvalitatiivisesta aineistonkeruusta. Kyselyssä käytettiin asteikkoa 1-4, josta numeroilla tarkoitetaan seuraavia: 1=ei yhtään, 2=vain vähän, 3=jonkin verran, 4=paljon. Ennakkokysely suoritettiin 1-3 päivää ennen opetusinterventio-oppituntia. Ennakkokyselyn tekoon varattiin noin 10 minuuttia.

Kvantitatiivinen osuus koski opiskelijoiden ennakkokokemuksia flipped classroomille tyypillisille opetusmenetelmille (Bergman & Sams 2012). Nämä olivat tässä kyselyssä ennakkoon annettu materiaali, opetusvideot sekä videovälitteinen opetus. Lisäksi kyselyssä oli kohta opiskelijoiden ennakkokokemusta piirtämisestä opiskelutyökaluna. Opiskelijat arvioivat kokemuksiaan edellä mainituista opetustavoista asteikolla 1-4. Lisäksi opiskelijoilla oli mahdollisuus kertoa sanallisesti, missä aineessa heillä oli kokemusta kyseisestä opetustavasta.

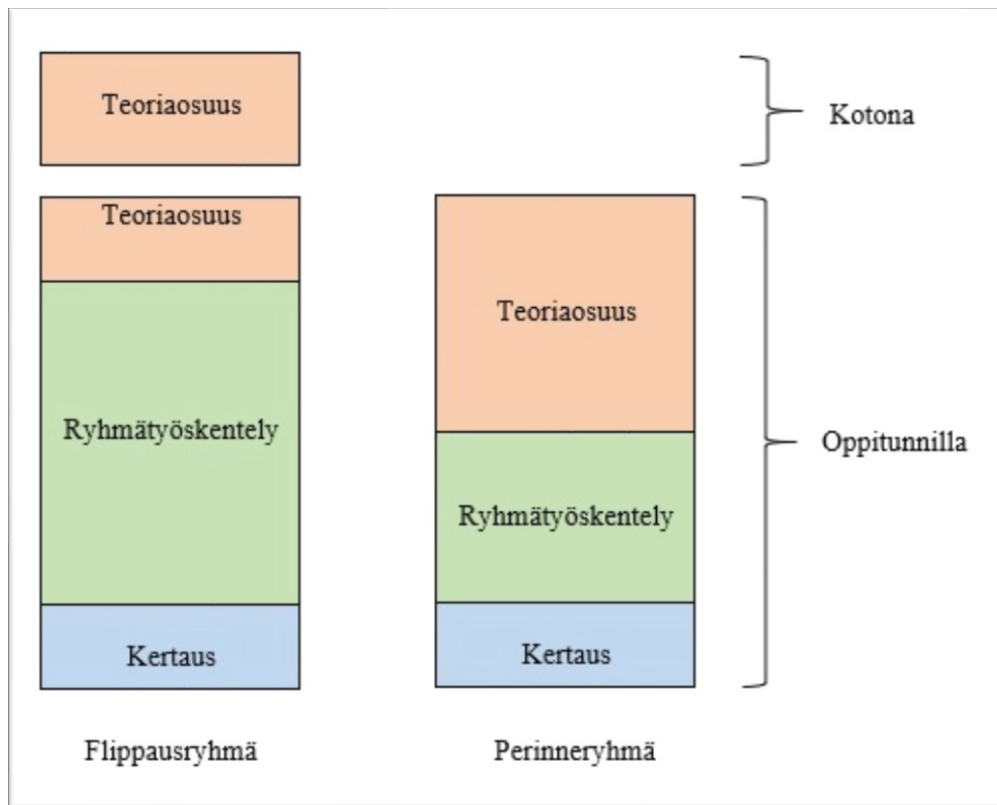
Ennakkokyselyn kvalitatiivinen osio koostui meioosiin liittyvien käsitteiden määrittämisestä. Käsitteet olivat suvullinen lisääntyminen, meioosi, sukuolu, geneettinen muuntelu ja evoluutio. Käsitteiden määrittelyllä tutkittiin, kuinka hyvin opiskelijat tunsivat meioosiin liittyvät käsitteet sekä oliko eri opiskelijaryhmien ennakkotietämyksillä eroja meioosiin ja siihen liittyvien käsitteiden hallinnassa. Opiskelijat myös arvioivat 1-4 asteikon mukaan, kuinka hyvin he kokivat hallitsevansa kyseiset käsitteet.

## 6.3 Opetusinterventio

Opetusinterventio-oppitunti kuului aineistonkeruun toiseen vaiheeseen ja se toimi pohjana myöhemmin teetetävässä testissä ja palautekyselyssä. Oppitunti kuului osaksi opiskelijoiden toisen (koulu 1) ja kolmannen (koulu 2) jakson biologian 3. kurssia ja sen toteutusajankohta päätettiin yhdessä kurssin vastuopettajan kanssa. Sekä flippausryhmien että perinneyhmien oppitunnin aiheena oli meioosi ja sen käsittelyyn varattiin aikaa yksi 75 minuuttia kestävä oppitunti (liitteet 3 ja 4). Kummassakin lukiossa käytettiin Sanoma Pro:n Bios-kirjasarjaa, joten oppitunnit suunniteltiin käyttäen apuna Bios 3-kirjan kappaletta 9 ”Geenit siirtyvät sukuoluissa vanhemmilta jälkeläisille”. Oppitunnin kulku hyväksytettiin kurssin vastuopettajan kanssa.

Oppitunti jakautui kolmeen osaan: opettajajohtoiseen teoriaosuuteen, ryhmätyöskentelyyn

sekä yhteenvetoon ja kertaukseen (kuva 2). Flippaus- ja perinneryhmällä näiden kolmen painotus vaihteli. Flippausryhmän teoriaosuus koostui suurimmaksi osaksi ennakkomateriaalista, johon opiskelijat tutustuivat ennen varsinaista oppituntia. Oppitunnin alussa flippausryhmällä oli vielä mahdollisuus kerrata teoriaa opettajan johdolla. Perinneryhmällä teoriaosuus sijoittui pelkästään oppitunnille ja toimi myös sen pääpainona. Flippausryhmän ryhmätyöskentelyvaihe oli oppitunnin päätyöskentelyosuus, johon varattiin eniten aikaa oppitunnilta. Perinneryhmän ryhmätyöskentelyyn varattiin vähemmän aikaa kuin flippausryhmän, sillä perinneryhmän teoriaosuus vei suuren osan tunnista. Molemmilla ryhmillä oli oppitunnin lopussa aikaa yhteenvedolle sekä opiskelijoiden kysymyksille.



Kuva 2. Flippaus- ja perinneryhmän oppitunnin sisällön jakautuminen.



### 6.3.1 Flippausryhmän oppitunti

Flippausryhmän oppitunti pohjautui aikaisemmin jaettuun ennakkomateriaaliin. Ennakkomateriaali jaettiin opiskelijoille ennakkokyselyn yhteydessä. Ohjeet ja linkki ennakkomateriaaliin jaettiin opiskelijoille Word-tiedoston muodossa ryhmän opettajan käyttämän sähköisen viestintäkanavan kautta (liite 5). Ennakkomateriaalina toimi opetusvideo, joka oli opiskelijoiden katsottavissa YouTube-videopalvelussa. Opetusvideo piti sisällään teoriaosuuden tulevan oppitunnin aiheesta sekä ennakkotehtävän. Video kesti kokonaisuudessaan 23 minuuttia. Videon teoriaosuus piti sisällään seuraavat aihealueet tässä luetellussa järjestyksessä: videon esittely, somaattisen solun ja sulusolun kromosomit, vastinkromosomit, interfaasi, meioosin vaiheet, vaiheiden kertaus, meioosin merkitys, geneettisen muuntelun merkitys, ennakkotehtävän anto. Ennakkotehtävän palautus tapahtui sähköisesti valmiiksi annettuun sähköpostiin ja palautukseen annettiin opiskelijoille tietty aikaraja. Flippausryhmä 1:llä aikaa ennakkotehtävän tekoon oli kaksi päivää ja flippausryhmä 2:lla kolme päivää. Kummastakin ryhmästä tuli yhteensä 14 tehtävän palautusta.

Flippausryhmän oppitunti koostui kolmesta osasta. Ensimmäisessä osassa palautettiin opiskelijoiden ennakkotehtävät ja annettiin niistä lyhyet palautteet. Tämän jälkeen käytiin opettajajohtoisesti lyhyt kertaus ennakkomateriaalista opettajan kysellen opiskelijoilta. Tässä kohtaa opiskelijoilla oli myös mahdollisuus kysyä heille epäselvistä asioista liittyen ennakkomateriaaliin. Ensimmäisessä osiossa myös selvennettiin joitakin vaikeita käsitteitä, kuten keskusjyvästen ja tumasukkulan erot. Oppitunnin ensimmäinen osa kesti noin kymmenen minuuttia, jonka jälkeen annettiin ohjeet oppitunnin seuraavaan osioon eli ryhmätyöskentelyyn.

Oppitunnin pääpaino oli ryhmätyöskentelyosiossa. Opiskelijat jakautuivat omatoimisesti ryhmiin, joiden koot vaihtelivat kolmesta henkilöstä maksimissaan viiteen. Jokaiselle ryhmälle oli jaettu etukäteen yksi A2-kokoinen kartonki, jota opiskelijat täyttivät tehtävien teon yhteydessä. Opettaja näytti luokalle yhteisesti ryhmätyöskentelyyn liittyvät pääkysymykset ja –tehtävät sekä ylimääräiset kysymykset (liite 6). Ryhmillä annettiin noin 55 minuuttia aikaa tehtävien tekoon. Ryhmätyöskentelyn aikana opettaja kiersi luokassa jokaisen ryhmän luona kysellen ryhmän tilanteesta ja esittämässä täydentäviä kysymyksiä tehtäviin. Opiskelijat pystyivät myös tarvittaessa pyytämään opettajalta apua. Opettaja varmisti, että ensimmäinen tehtävä, meioosin vaiheiden piirtäminen, oli jokaisen ryhmän kohdalla oikein.

Oppitunnin kolmas ja viimeinen osio koostui kertaavasta yhteenvedosta. Yhteenvedossa ryhmät esittelivät toisilleen, mitä olivat kirjoittaneet meioosin ja geneettisen muuntelun merkityksestä ja lopuksi opettaja veti ryhmien kommentteista yhteenvedon. Opiskelijoilla oli myös mahdollisuus kysyä heille epäselvistä asioista opettajalta.

### 6.3.2 Perinneryhmän oppitunti

Perinneryhmillä ei ollut ennakkomateriaalia oppitunnin aiheesta ja tunti toteutettiin ”perinteisen”, opettajakeskeisen oppituntimallin mukaan (Mascolo 2009). Kyseinen oppituntimalli korostaa oppimista empiirisenä, opiskelijan omiin aistihavaintojen varassa tapahtuvaan oppimiseen, jossa opettaja nähdään aktiivisena tiedon antajana ja opiskelijat sen passiivisina omaksujina. Perinneryhmän oppitunti painottui opettajajohtoiseen luennointiin. Ensimmäisessä osiossa opettaja esitteli opiskelijoille tunnin aiheen. Meioosiin liittyviä käsitteitä, kuten somaattinen solu, sukusolu, autosomi, sukupuolikromosomi, diploidi ja haploidi, käytiin opettajajohtoisesti läpi muistiinpanojen kirjoittamisen muodossa. Tämän jälkeen siirryttiin meioosin vaiheiden läpikäyntiin piirtämällä. Opettaja piirsi jokaisen vaiheen kerrallaan selittäen pääpiirteissään, mitä kyseisessä vaiheessa tapahtui samalla kun opiskelijat piirsivät mallin mukana. Opettajajohtoiseen osioon käytettiin noin 40 minuuttia.

Oppitunnin toinen osio oli ryhmätyöskentelyosio. Opiskelijat muodostivat vapaavalintaisesti ryhmät, joiden koko vaihteli kolmesta viiteen opiskelijaa. Jokaiselle ryhmälle jaettiin myös A2-kokoiset kartongit työskentelyä varten. Tämän jälkeen ryhmille näytettiin samat kysymykset, kuin flippausryhmälle, minkä vastaamisiin oli varattu aikaa noin 25 minuuttia. Ryhmien työskennellessä opettaja kiersi luokassa auttaen ryhmiä tarvittaessa. Opettaja kävi jokaisen ryhmän luona kyselemässä täydentäviä kysymyksiä liittyen tunnin aiheeseen. Ryhmiltä tarkastettiin myös, että meioosin vaiheet oli piirretty oikein.

Oppitunnin loppuun käytettiin noin kymmenen minuuttia kertaavaan yhteenvetoon. Ryhmät esittelivät vastauksiaan meioosin ja geneettisen muuntelun merkitykseen toisilleen ja opettaja veti ryhmien töistä yhteenvedon. Oppitunnin lopussa opiskelijoilla oli mahdollisuus myös kysyä heille epäselvistä asioista.

## 6.4 Oppimistesti ja palautekysely

Aineistonkeruun kolmas vaihe koostui opetusinterventio-oppituntia koskevasta testistä sekä palautekyselystä. Kolmas vaihe toteutettiin opetusinterventio-oppitunnin jälkeen, noin viikon päästä siitä olevan oppitunnin alussa. Flippausryhmillä testi oli kuuden päivän päästä opetusinterventiosta ja perinneryhmillä seitsemän päivän päästä opetusinterventiosta. Opiskelijoille annettiin ensin ohjeet sekä testin että palautelomakkeen tekoon, ennen kuin he saivat luvan aloittaa. Aikaa kolmanteen vaiheeseen varattiin noin 30 minuuttia, joista 20 minuuttia oli testin tekoa ja kymmenen minuuttia palautekyselyn tekoa.

Oppituntiin liittyvä testi piti sisällään kaksi tehtävää: meioosin vaiheiden piirtäminen ja meioosin merkityksen selittäminen (liite 7). Opiskelijoille näytettiin tehtävät luokan edestä Word-tiedostona Smartboardilta. Opiskelijat vastasivat heille valmiiksi annetuille konseptipapereille. Testi tehtiin itsenäisesti. Kysymyksiin annettiin aikaa vastata 20 minuuttia, jonka jälkeen vastaukset kerättiin pois. Opiskelijat pystyivät palauttamaan vastaukset aiemmin, mikäli he olivat ehtineet vastata niihin ennen määräajan loppumista.

Piirtotehtävän arvostelussa käytettiin neljän kategorian luokittelua (taulukko 1). 1. kategorian vastauksista pystyttiin havaitsemaan meioosin molemmat jaot ja ne olivat piirretty suurin piirtein oikein (liite 8). 2. kategorian vastauksista oli tunnistettavissa selvästi vain toinen meioosin jaoista. 2.1 kategoria viittasi piirrokseen, josta oli tunnistettavissa vähennysjako ja 2.2 kategoria viittasi vastaukseen, josta oli tunnistettavissa tasausjako. Vastaus luokiteltiin kuuluvan toiseen kategoriaan, jos siinä oli havaittavissa kaksi jakoa, mutta joista vain toinen oli oikein. 2. kategorian piirroksista löytyi myös jonkin verran virheitä. 3. kategorian vastauksista ei ollut tunnistettavissa kumpaakaan meioosin jakoa ja vastaus piti sisällään huomattavasti virheitä. 4. kategorian vastaus oli selvästi puutteellinen (piirretty korkeintaan 5 kuvaa) tai siinä esiintyi runsaasti virheitä.

Taulukko 1. Piirtotehtävän arviointikategoriat.

Kategoria	Kriteeri
1. kategoria	Molemmat jaot tunnistettavissa vastauksessa. Vastaus on suurin piirtein oikein, vähäiset virheet sallittuja.
2. kategoria	Toinen jaoista tunnistettavissa tai piirretty oikein vastauksessa. Jonkin verran virheitä.
3. kategoria	Kumpaakaan jakoa ei ole tunnistettavissa. Paljon virheitä.
4. kategoria	Hyvin puutteellinen vastaus (<5 kuvaa) tai huomattavasti virheitä.

Palautekysely koostui kvantitatiivisesta ja kvalitatiivisesta aineistonkeruusta (liite 9).

Kvantitatiivisessa osiossa käytettiin samaa asteikkoa, kuin ennakkokyselyssä. Palautekyselyn tekoon varattiin kymmenen minuuttia. Kyselyn kvantitatiivisessa osiossa opiskelijat arvioivat oppitunnin opetustapojen vaikutusta meioosin vaiheiden sekä merkityksen oppimiseen. Arvioitavat opetusmenetelmät olivat piirtäminen, ryhmätyöskentely, ennakkomateriaali ja opettajan piirtäminen. Lisäksi opiskelijat arvioivat piirtämisen käyttämistä tulevaisuudessa opiskelutyökaluna sekä neljää väittämää liittyen meioosin hallintaan.

Palautekyselyn kvantitatiivinen osio koostui viiden meioosiin liittyvän käsitteen määrittelystä sekä kahdesta avoimesta kysymyksestä. Käsitteet olivat suvullinen lisääntyminen, meioosi, sukuolu, geneettinen muuntelu ja tekijänvaihdunta. Käsitteiden määrittelyn lisäksi opiskelijoiden tuli arvioida annetulla numeroasteikolla, kuinka hyvin he omasta mielestään hallitsivat käsitteet. Avoimissa kysymyksissä opiskelijat antoivat sanallista palautetta siitä, mitkä työskentelytavat ja asiat edistivät sekä olisivat voineet edistää heidän oppimista.

## 6.5 Tulosten laadullinen ja tilastollinen analyysi

Ennen aineiston analysoimista opiskelijoilta kerätty aineisto muutettiin anonyymiksi. Analyysin alussa jokaisen ryhmän vastauspaperit kerättiin omaan pinoonsa ja erotettiin kolmeksi luokaksi, tyttö (T), poika (P) tai anonyymi (A). Vastaus luokiteltiin joksikin edellisiksi ja siihen lisättiin järjestysnumero esimerkiksi T1, T2, P1, P2, siinä järjestyksessä, missä vastaukset sattuiivat olemaan. Eri ryhmien vastaukset nimettiin myös eri väreillä, niiden sekoittumisen välttämiseksi.

Näin jokaisesta aineistonkeruun vaiheesta (ennakkokysely, palautekysely, testi) oli järjestetty omat vastauspinot, joissa jokaisen ryhmän kohdalla oli oma värikoodinsa sekä vastaukset muutettu anonyymeiksi. Opiskelijoiden aineiston analyysissä ei otettu huomioon opiskelijan sukupuolta, vaan sitä käytettiin ainoastaan aineiston järjestämisessä.

Kvalitatiivisen aineiston analyysissä käytettiin hyväksi Tuomen ja Sarajärven (2018, 122-125) sisällönanalyysin vaiheita redusointi, klusterointi ja abstrahointi. Tutkimuksessa kerätyt sanalliset kvalitatiiviset vastaukset (ennakkokysely, palautekysely, testin merkitystehtävä) kirjoitettiin ensin sanasanalta Word-tiedostoihin. Tulokset kirjoitettiin omiin tiedostoihin nimillä ”ennakkokysely”, ”palautekysely” ja ”testi” (testin merkitystehtävä). Koulukohtaiset vastaukset erotettiin eri tiedostolle ja flippaus- ja perinneryhmän vastaukset erotettiin tiedoston sisällä toisistaan. Kaikki tutkimuksessa kerätyn laadullisen aineiston analysoinnissa käytettiin hyväksi Tuomen ja Sarajärven (2018) sisällönanalyysin vaiheita. Tulokset teemoitettiin ensin eri väreillä niin, että saman teeman vastaukset korostettiin samalla värillä. Tämän jälkeen esiin nousseet teemat ryhmitettiin yhteen luokkaan ja laskettiin luokan sisällä olevien vastausten määrä. Kun luokittelu oli tehty kaikkien neljän ryhmän tuloksista, tuotiin tästä saadut tulokset yhteen omaan tiedostoon, jossa kahden flippausryhmän ja kahden perinneryhmän tulokset yhdistettiin suuremmiksi ryhmiksi. Flippaus- ja perinneryhmän yhteisiä tuloksia tarkasteltiin uudestaan, yhdisteltiin samoja teemoja suuremmiksi kokonaisuuksiksi ja luotiin yhdistäviä kattokäsitteitä. Kun tarkastus saatiin päätökseen, abstrahointi tutkimuksen kannalta oleellinen tieto vielä omaan tiedostoon, mistä johdettiin johtopäätökset.

Tutkimuksen kvantitatiiviset tulokset kirjoitettiin ylös Excel-taulukkoon. Ennako- ja palautekyselyn tulokset kirjattiin Exceliin niin, että kysymykset kirjoitettiin yhdeksi riviksi ja opiskelijat kirjattiin jonoon käyttäen anonyymejä koodinimiä. Jokaisen kysymyksen alle tuli kaikkien sen ryhmän vastaukset, koulu 1:n vastaukset omassa tiedostossaan ja koulu 2:n vastaukset omassaan. Jokaisen kysymyksen saamat vastaukset (1-4) kirjattiin seuraavaksi omiin taulukkoihin ja vastauksista erotettiin vielä koulu 1:n ja koulu 2:n vastaukset. Kun tämä oltiin tehty kaikkien kysymysten kohdalla, yhdistettiin jälleen kahden flippausryhmän ja kahden perinneryhmän vastaukset omiksi taulukoikseen omaan uuteen tiedostoon. Tuloksia laskiessa ja taulukoita tehtäessä käytettiin apuna Excelin valmiita toimintoja sekä taulukonteko-ohjelmia. Testissä saatuja piirtotehtävän tuloksia kirjattiin Exceliin käyttäen hyödyksi mallivastauksia, jolloin piirroksista saatiin numeerista dataa. Oikeat vastaukset merkittiin luvuksi 2, väärät vastaukset luvuksi 1 ja

tyhjät vastaukset (ei esiintynyt piirroksessa) luvuksi 0. Excelistä tulokset syötettiin SigmaPlot-ohjelmaan kysymys kerrallaan. Aineiston hajonta on merkitty keskihajonnan keskivirheenä. Muutoksia ryhmien välillä sekä ryhmien sisällä testattiin ei-parametrisella Mann-Whitney U-testillä ja merkitseväksi eroksi määriteltiin  $p < 0,05$  riskiarvo.

## 7 TULOKSET

### 7.1 Ennakkokysely

Ennakkokyselyyn vastasi yhteensä 93 opiskelijaa, joista 57 opiskeli joensuulaisessa lukiossa ja 36 kouvolaalaisessa lukiossa. Vastausprosentit olivat flippaus- ja perinneryhmällä keskiarvollisesti kvantitatiivisessa osiossa 99,8 % ja 95,8 % sekä kvantitatiivisessa osiossa 76,4 % ja 80,4 %. Merkitseviä eroja koulujen välillä opetusmenetelmistä löytyi ennakkomateriaalin käytöstä ( $p=0,003$ ) sekä opetusvideoiden käytöstä vapaa-ajalla ( $p=0,012$ ) (kuva 3). Lisäksi koulujen välillä oli eroja siinä, missä aineissa hyödynnettiin kyseisiä opetusmenetelmiä. Koulu 1:ssä käytettiin opetusmenetelmiä eniten matemaattisluonnontieteellisissä aineissa, kun taas koulu 2:ssa opetusmenetelmiä käytettiin matemaattisluonnontieteellisten aineiden lisäksi myös reaaliaineissa, kuten historiassa ja maantieteessä. Myös flippaus- ja perinneryhmän väliltä löytyi merkitseviä eroja videovälitteisen opetuksen ( $p=0,015$ ) ja piirtämisen ( $p=0,019$ ) käytöstä opetuksessa (kuva 4).

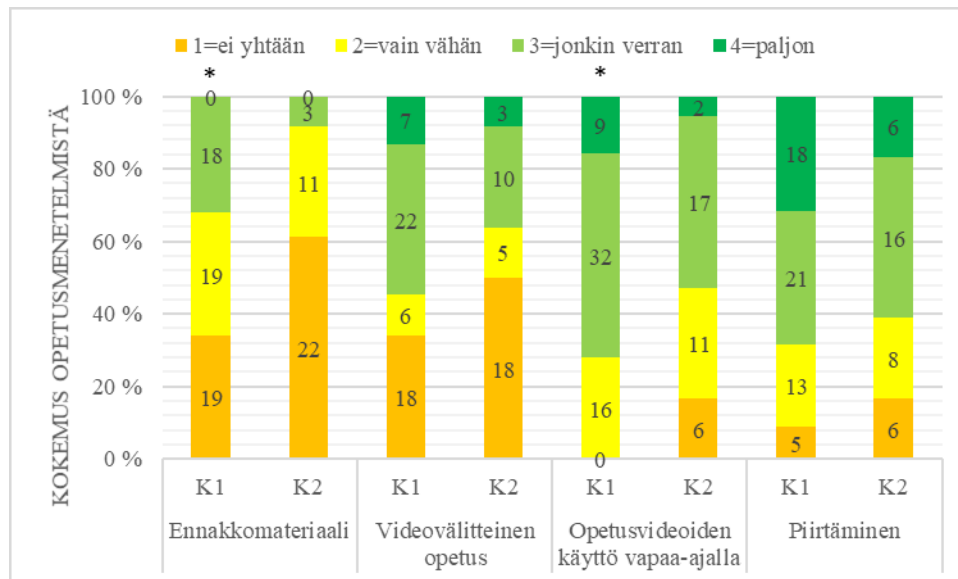
Koulu 1:n opiskelijoista 66,1 %:lla oli kokemusta ennakkoon annetusta materiaalista ja sitä käytettiin opetuksessa erityisesti matematiikassa (30,4 % mainituista aineista), kielissä sekä äidinkiessä ja historiassa. Koulu 2:n opiskelijoista 38,9 %:lla oli kokemusta ennakkoon annetusta materiaalista opetuksessa ja sitä käytetään eniten historiassa (22,9%), yhteiskuntaopissa sekä biologiassa. Flippausryhmän opiskelijoista 60 %:lla ja perinneryhmän opiskelijoista 64,9 %:lla oli kokemusta ennakkoon annetusta materiaalista. Perinneryhmällä oli merkitsevästi vähemmän kokemusta ennakkomateriaalin käytöstä, kuin muista mainituista opetustavoista (piirtämisestä  $p < 0,001$ , opetusvideoiden käytöstä  $p < 0,001$ , videovälitteisestä opetuksesta  $p = 0,016$ ).

Koulu 1:n ja koulu 2:n tulokset erosivat huomattavasti myös videovälitteisen opetuksen kohdalla, mutta ero ei ollut merkitsevä. Koulu 1:n opiskelijoista 66 %:lla oli kokemusta videovälitteisestä opetuksesta ja sitä käytettiin koulussa matematiikassa (37,5 %), kemiassa sekä

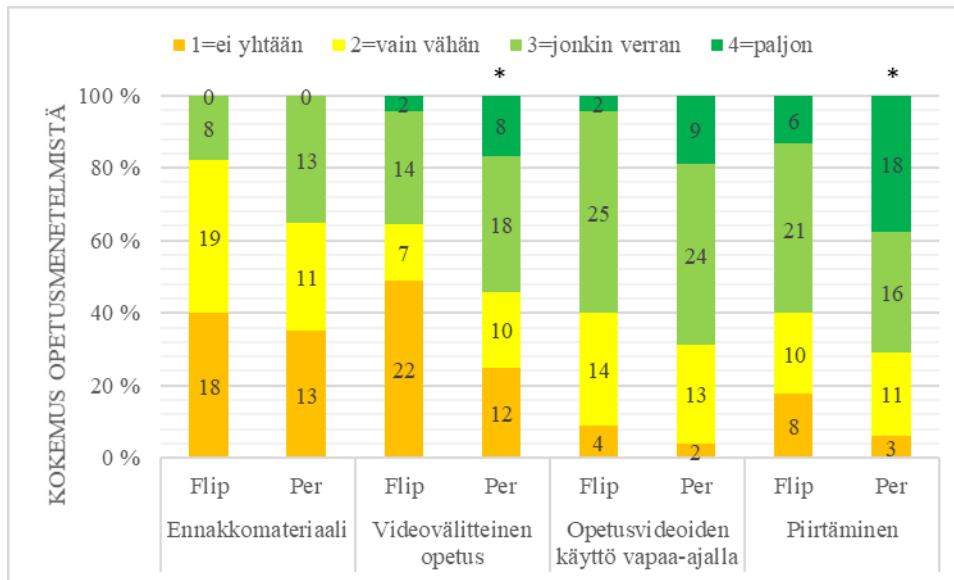
fysiikassa ja biologiassa. Koulu 2:n opiskelijoista 50 %:lla oli kokemusta videovälitteisestä opetuksesta ja sitä käytettiin erityisesti historiassa (22,9 %), biologiassa sekä fysiikassa. Flippausryhmän opiskelijoista 51,1 %:lla oli kokemusta videovälitteisestä opetuksesta ja perinneryhmän opiskelijoista 75 %:lla.

Opetusvideoiden käytöstä oli kaikilla koulu 1:n opiskelijoista kokemusta, mistä 15,8 % oli paljon ja 56,1 %:lla jonkin verran kokemusta. Opiskelijat käyttivät eniten opetusvideoita vapaa-ajallaan matematiikassa (64,3 %), kemiassa ja fysiikassa. Koulu 2:n opiskelijoista 83,3 %:lla oli kokemusta opetusvideoiden käytöstä ja niitä käytettiin matematiikassa (57,1 %), fysiikassa ja kemiassa. Flippausryhmän opiskelijoista 91 %:lla oli kokemusta opetusvideoiden käytöstä vapaa-ajalla ja tämä oli merkitsevästi enemmän, kuin mitä ryhmällä oli kokemusta ennakkomateriaalista ( $p < 0,001$ ) tai videovälitteisestä opetuksesta ( $p = 0,009$ ). Perinneryhmän opiskelijoista 95,8 %:lla oli kokemusta opetusvideoiden käytöstä vapaa-ajalla.

Koulu 1:n opiskelijoista 91,2 %:lla opiskelijoista oli kokemusta piirtämisestä opiskelutyökalunaja sitä käytettiin erityisesti biologiassa (64,3 %), kemiassa, matematiikassa ja fysiikassa. Koulu 2:n opiskelijoista 83,3 %:lla oli kokemusta piirtämisestä opiskelun yhteydessä ja eniten piirtämistä käytettiin koulussa biologiassa (68,8 %) sekä maantieteessä ja kemiassa. Perinneryhmän opiskelijoista 93,8 %:lla ja flippausryhmän opiskelijoista 82,2 %:lla oli kokemusta piirtämisestä. Flippausryhmällä oli merkitsevästi enemmän kokemusta piirtämisestä verrattuna ennakkomateriaalin käyttöön ( $p < 0,001$ ) tai videovälitteiseen opetukseen ( $p = 0,014$ ).



Kuva 3. Koulu 1:n (K1, N=57) ja koulu 2:n (K2, N=36) väliset erot eri opetusmenetelmien käytöstä. Koulujen välillä merkitsevät erot \* ennakkomateriaalin ja opetusvideoiden käytöstä.



Kuva 4. Flippausryhmän (Flip, N=45) ja perinnyryhmän (Per, N=48) väliset erot eri opetusmenetelmien käytöstä. Ryhmien välillä merkitsevät erot \* videovälitteisen opetuksen ja piirtämisen käytöstä.

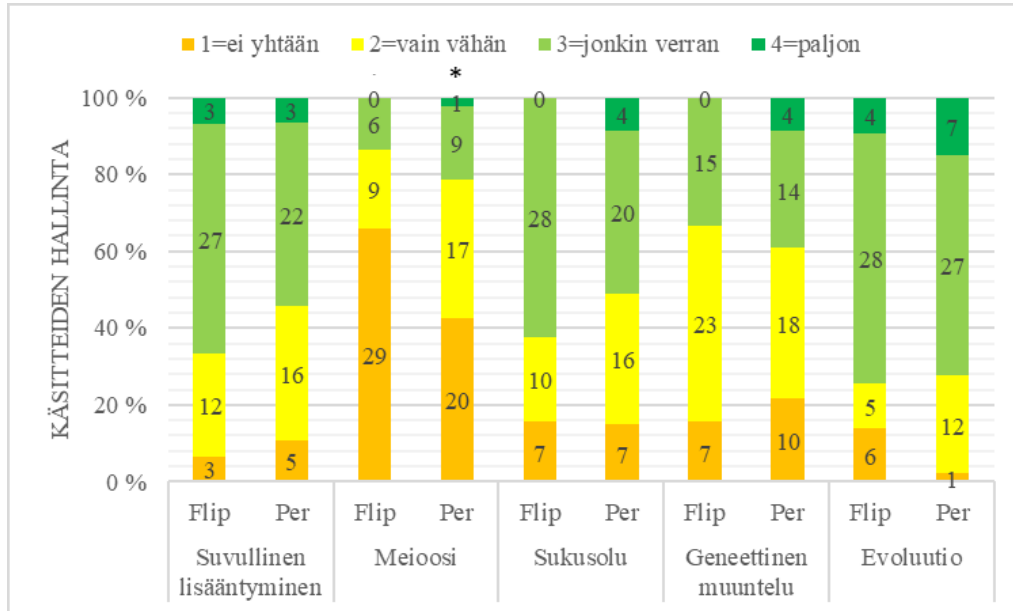
Flippaus- ja perinnyryhmän väliset erot meioosiin liittyvien käsitteiden hallinnassa eivät eronneet toisistaan merkitsevästi muussa, kuin meioosikäsitteen kohdalla. Perinnyryhmä koki hallitsevansa meioosikäsitteen flippausryhmää paremmin, kun flippausryhmästä 65,9 % ja perinnyryhmästä 42,6 % opiskelijoista koki, ettei hallitse kyseistä käsitettä ollenkaan ( $p=0,033$ ) (kuva 5). Selvästi parhaiten opiskelijat kummastakin ryhmästä kokivat hallitsevansa evoluution ja suvullisen lisääntymisen ja heikoiten meioosin ja geneettisen muuntelun.

Flippausryhmän opiskelijat kokivat hallitsevansa parhaiten käsitteen evoluutio, kun 74,4 % opiskelijoista vastasi hallitsevansa sen jonkin verran tai paljon. Seuraavaksi eniten koettiin hallitsevan suvullinen lisääntyminen ja sukuolu, mihin vastasi jonkin verran tai paljon 66,7 % ja 62,2 % opiskelijoista. Geneettistä muuntelua koki 33,3 % opiskelijoista hallitsevansa jonkin verran. Flippausryhmästä opiskelijat kokivat hallitsevansa meioosikäsitteen merkitsevästi huonommin verrattuna muihin käsitteisiin (suvulliseen lisääntymiseen  $p<0,001$ , sukuoluun  $p<0,001$ , geneettiseen muunteluun  $p=0,010$ , evoluutioon  $p<0,001$ ).

Perinnyryhmän opiskelijat kokivat hallitsevansa parhaiten käsitteen evoluutio, johon 72,3 % opiskelijoista vastasi hallitsevansa jonkin verran tai paljon. Evoluutiota koettiin hallittavan merkitsevästi paremmin verrattuna geneettiseen muunteluun ( $p=0,019$ ) sekä meioosiin ( $p<0,001$ ). Suvullista lisääntymistä koki hallitsevansa jonkin verran tai paljon 54,3 % opiskelijoista, sukuolua 46,8 % ja geneettistä muuntelua 39,1 %. Myös perinnyryhmästä käsitettä meioosi



koettiin hallittavan vähiten. Ryhmässä meioosia koettiin hallittavan merkitsevästi huonommin verrattuna suvulliseen lisääntymiseen ( $p=0,004$ ), sukusoluun ( $p=0,012$ ) ja evoluutioon ( $p<0,001$ ).

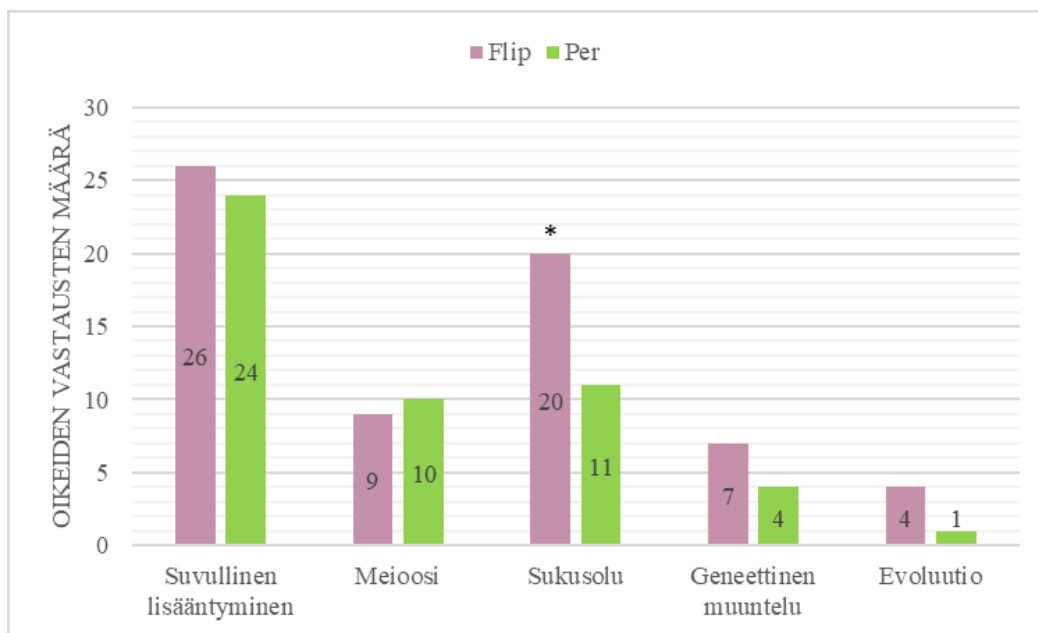


Kuva 5. Flippausryhmän (N=45) ja perinneryhmän (N=48) vastaukset kysymykseen ”Kuinka hyvin koet hallitsevasi kyseisen käsitteen?” ennen opetusinterventiota. Ryhmien välillä merkitsevä ero \* meioosin hallinnassa.

Merkitseviä eroja käsitteiden määrittelyssä ei löytynyt ryhmien välillä muussa, kuin sukusolun määrittelyssä, minkä flippausryhmä osasi määritellä perinneryhmää paremmin ( $p=0,029$ ) (kuva 6). Selvästi parhaiten opiskelijat kummastakin ryhmästä osasivat määritellä suvullisen lisääntymisen, sillä se sai eniten oikeita vastauksia kummastakin ryhmästä. Vähiten oikeita vastauksia kummaltakin ryhmältä tuli geneettiseen muunteluun ja evoluutioon, vaikkakin näistä jälkimmäisen käsitteen kohdalla kummankin ryhmän opiskelijat kokivat hallitsevansa parhaiten (taulukko 2). Flippausryhmän opiskelijoista 26,7 % ja perinneryhmän opiskelijoista 22,9 % piti geneettistä muuntelua bioteknologisena geenien muuttamisena ja evoluutioon suurin osa opiskelijoista ei maininnut geenien muuttumista, vaan sitä pidettiin yleisesti lajin tai eliön kehittymisenä.

Taulukko 2. Käsitteiden määrittelyssä oikeiden vastausten prosentuaalinen osuus flippausryhmän (N=45) ja perinneryhmän (N=48) vastauksista. Ryhmien välillä merkitsevä ero \* sukusolua koskevien oikeiden vastausten määrässä.

Käsite	Flippausryhmä		Perinneryhmä	
	Oikeiden vastausten prosentuaalinen osuus	Vastausten määrä yhteensä (Vastausprosentti)	Oikeiden vastausten prosentuaalinen osuus	Vastausten määrä yhteensä (Vastausprosentti)
Suvullinen lisääntyminen	61,9 %	42 (93,3 %)	54,5 %	44 (91,7 %)
Meioosi	60 %	15 (33,3 %)	37 %	27 (56,3 %)
Sukusolu	54,1 % *	37 (82,2 %)	26,8 % *	41 (85,4 %)
Geneettinen muuntelu	18,9 %	37 (82,2 %)	10,8 %	37 (77,1 %)
Evoluutio	9,8 %	41 (91,1 %)	2,2 %	44 (91,7 %)



Kuva 6. Flippausryhmän (N=45) ja perinneryhmän (N=48) oikeiden vastausten määrä käsitteiden määrittelyssä ennen opetusinterventiota. Ryhmien välillä merkitsevä ero \* sukusolua koskevien oikeiden vastausten määrässä.

### 7.3 Testi

Meioosia koskeva testi koostui meioosin vaiheita käsittelevästä piirtotestistä sekä meioosin merkitystä käsittelevästä selitystehtävästä. Flippausryhmältä tuli piirtotehtävään 40 sekä merkitystehtävään 38 vastausta ja perinneryhmältä piirtotehtävään 47 sekä merkitystehtävään 43 vastausta. Testin yhteispistemäärä oli 34 pistettä, joista 28 pistettä sai piirtotehtävästä ja 6 pistettä merkitystehtävästä. Flippaus- ja perinneryhmän keskiarvolliset yhteispistemäärät olivat  $12,02 \pm 1,12$  sekä  $10,19 \pm 0,97$ . Ryhmien välillä ei löytynyt merkitseviä eroja yhteispisteiden, piirtotehtävän pisteiden tai merkitystehtävän pisteiden väliltä.

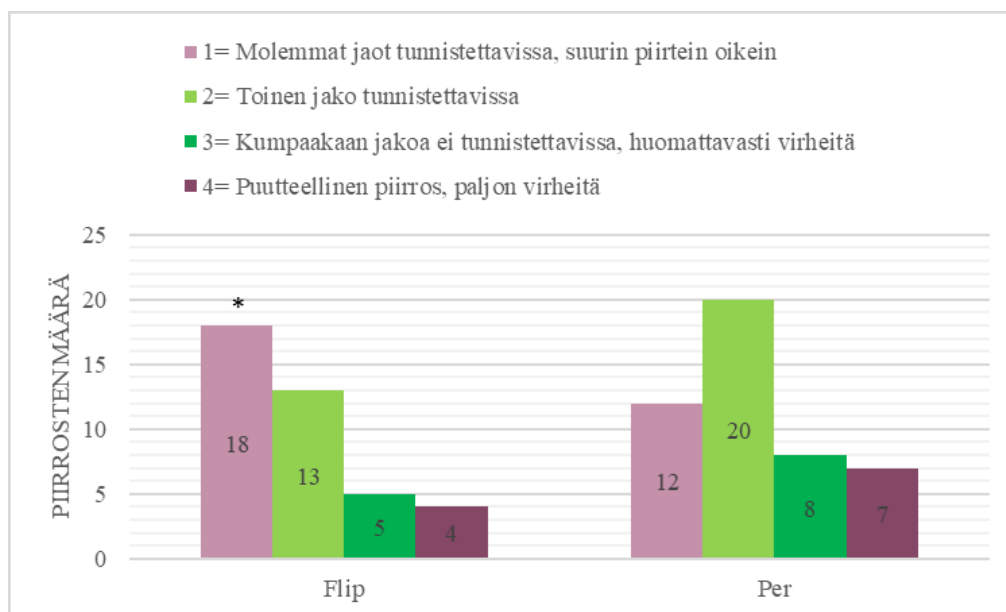
#### 7.3.1 Piirtotehtävä

Piirtotehtävän yhteispistemäärässä ei löytynyt merkitsevää eroa flippaus- ja perinneryhmän väliltä ( $9,76 \pm 1,03$  ja  $8,56 \pm 0,85$ ). Eri kategorioiden määrä ryhmien vastauksista vaihteli merkitsevästi (kuva 7). Flippausryhmän vastauksista 45 % kuului 1. kategorian vastauksiin, mikä oli merkitsevästi suurempi osa, kuin perinneryhmän 1. kategorian määrä kaikista vastauksista, 25,5 % ( $p=0,021$ ). Flippausryhmän piirroksista 32,5 % kuului 2. kategoriaan, kun vastaavasti perinneryhmän piirroksista 42,5 % kuului 2. kategorian vastauksiin. Huomattavaa oli, että flippausryhmän piirroksista, joista oli havaittavissa jompikumpi meioosin jaoista, 61,5 % kuvasti meioosin vähennysjakoa. Vastaavasti perinneryhmällä suurin osa 2. kategorian vastauksista, 70 %, kuvasti meioosin tasausjakoa. Flippausryhmän piirroksista loput 16,7 % kuuluivat 3. kategoriaan sekä 13,3 % 4. kategoriaan. Perinneryhmän loppuista vastauksista 17 % kuuluivat 3. kategoriaan ja 14,9 % 4. kategoriaan.

Piirtotehtävien sisällöt eivät eronneet kahden ryhmän välillä merkitsevästi muissa, kuin vähennysjaon tapahtumien osalta (taulukko 3). Flippausryhmästä löytyi perinneryhmää enemmän vähennysjakoa kuvastavia piirroksia. Piirroksista havaittiin merkitsevästi enemmän vastinkromosomien asettumista pareittain ( $p=0,026$ ) sekä kromosomiluvun puolittumista ( $p=0,007$ ) verrattuna perinneryhmän piirroksiin. Tasausjaon sisällöissä ei ollut havaittavissa merkitsevästi eroja ryhmien välillä. Poikkeuksena aiemmista havainnoista perinneryhmän piirroksista löytyi kuitenkin merkitsevästi enemmän tekijänvaihduntaa verrattuna flippausryhmän

piirroksiin ( $p=0,002$ ). Huomattavaa oli, että alle 20 %:lla kummankin ryhmän vastauksista ilmeni, että meioosin jakautumisen lopputulos on sukusolu.

Virheellisten piirrosten lisäksi opiskelijoilta ilmaantui selvästi virheellisiä selityksiä meioosin tapahtumille. Ehdotuksia sille, mitä tapahtuu ennen meioosia, olivat mitoosi tai hedelmöitys. Osa opiskelijoista oli myös sitä mieltä, että meioosissa tapahtuu hedelmöitys. 7,5 % flippausryhmän opiskelijoista ja 8,5 % perinneryhmän opiskelijoista sijoitti dna:n kahdentumisen meioosin profaasiin. Flippausryhmästä 15 % selitti meioosin lopputuotteita kopioina alkuperäisestä solusta. Vastaavasti perinneryhmällä luku oli 8,5 %.



Kuva 7. Flippausryhmän (N=40) ja perinneryhmän (N=47) piirtotehtävän kategorioiden osuus ryhmien vastauksista. Ryhmien välillä merkitsevä ero \* 1. kategorian piirrosten määrässä.

Taulukko 3. Meioosin tapahtumien esiintyvyys flippausryhmän (N=40) ja perinneryhmän (N=47) piirroksissa. Ryhmien välillä merkitsevät erot \* koskien tekijänvaihdunnan, kromosomien pariutumisen sekä kromosomiluvun puolittumisen esiintyvyydessä piirroksissa.

<b>Meioosin tapahtuma</b>	<b>Flippausryhmä</b> esiintyminen piirroksissa prosentuaalisesti	<b>Perinneryhmä</b> esiintyminen piirroksissa prosentuaalisesti
Interfaasi	42,5 %	27,7 %
Dna kahdentuu	25 %	19,1 %
Kromosomit konjugoituvat	37,5 %	19,1 %
Tekijänvaihdunta	2,5 % *	27,7 % *
Kromosomit pareittain keskelle	62,5 % *	38,3 % *
Sukkularihmat kiinni	60 %	42,6 %
Kromosomiparit erkanevat	55 %	38,3 %
Puolet kromosomeista toiseen	67,5 % *	38,3 % *
Kromosomeja puolet alkuperäisestä	42,5 %	31,9 %
Kromosomit yksittäin	65 %	63,8 %
Sukkularihmat kiinni	65 %	53,2 %
Sisarkromatidit erkanevat	55 %	63,8 %
Tytärkromosomit eri soluihin	55 %	57,4 %
Lopputuote sukusolu	17,5 %	14,9 %
Lopputuote haploidi	15 %	12,8 %

### 7.3.2 Merkitystehtävä

Merkitystehtävän yhteispisteissä ei löytynyt merkitseviä eroja flippaus- ja perinneryhmän väliltä. Flippausryhmän keskiarvollinen pistemäärä merkitystehtävästä oli  $2,17 \pm 0,22$ , kun taas perinneryhmällä keskiarvollinen pistemäärä oli  $1,72 \pm 0,22$ . Eniten meioosin merkitykseksi mainittiin geneettisen muuntelun tuottaminen, suvullisen lisääntymisen mahdollistaminen, sukusolujen tuottaminen sekä erilaisuuden/monimuotoisuuden/vaihteluiden ylläpitäminen (taulukko 4). Vaikkakin noin 30 % opiskelijoista kummastakin ryhmästä mainitsi meioosin merkitykseksi sukusolujen tuoton tai suvullisen lisääntymisen mahdollistamisen, alle 10 % opiskelijoista osasi mainita, että juuri meioosissa syntyvät sukusolut mahdollistavat suvullisen

lisääntymisen. Flippausryhmästä huomattavasti enemmän mainitsi meioosin tuottavan geneettistä muuntelua ja eroavaisuuksia lajin/populaation yksilöiden välille verrattuna perinneryhmään. Kuitenkin, vain noin 13 % flippausryhmän vastaajista ja 7 % perinneryhmän vastaajista osasi yhdistää geneettisen muuntelun lajin/populaation yksilöiden eroavaisuuden aiheuttajaksi.

Muita esille nousevia asioita olivat erilaisuuden/moninaisuuden/vaihtelun luominen, evoluution mahdollistaminen sekä se, että laji selviää tai kehittyy. Flippausryhmän vastauksista 26,3 % ja perinneryhmän vastauksista 34,9 % vastasi, että meioosi luo erilaisuutta, mutta tätä ei vastauksissa avattu sen enempää. Flippausryhmästä 28,9 % ja perinneryhmästä 20,9 % oli sitä mieltä, että meioosin ansiosta evoluutio tapahtuu/on mahdollista. Erityisesti flippausryhmän vastauksista tuli esiin, että meioosin ansiosta laji kehittyy (26,3 %) tai selviytyy (28,9 %). Evoluution mahdollistamiselle tai lajin kehitykselle/selviytymiselle ei oltu vastauksissa annettu perusteluita.

Taulukko 4. Oikeiden vastausten osuus flippausryhmän (N=38) ja perinneryhmän (N=43) vastauksista.

<b>Oikea vastaus</b>	<b>Flippausryhmä</b> Oikeiden vastausten prosentuaalinen osuus kaikista vastauksista	<b>Perinneryhmä</b> Oikeiden vastausten prosentuaalinen osuus kaikista vastauksista
Sukusolujen tuotto	28,9 %	25,6 %
Suvullisen lisääntymisen mahdollistaminen	31,6 %	30,2 %
Meioosissa syntyvien sukusolujen avulla suvullinen lisääntyminen mahdollista	7,9 %	7 %
Geneettisen muuntelun tuottaminen	76,3 %	55,8 %
Lajin/populaation yksilöt ovat erilaisia	21,5 %	9,3 %
Geneettisen muuntelun ansiosta lajin/populaation yksilöt ovat erilaisia	13,2 %	7 %

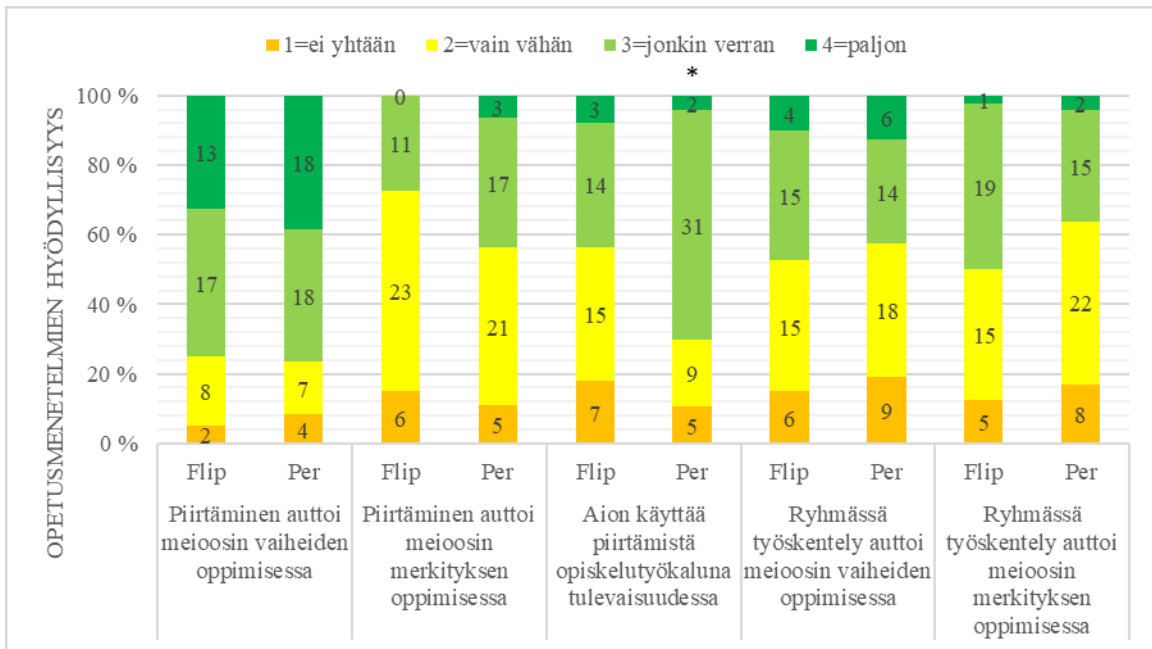
#### 7.4 Palautekysely

Palautekyselyn aineisto koostui 40:stä flippausryhmän ja 47:stä perinneryhmän vastauksesta. Flippausryhmän ja perinneryhmän vastausprosentit olivat keskiarvallisesti kvantitatiivisessa

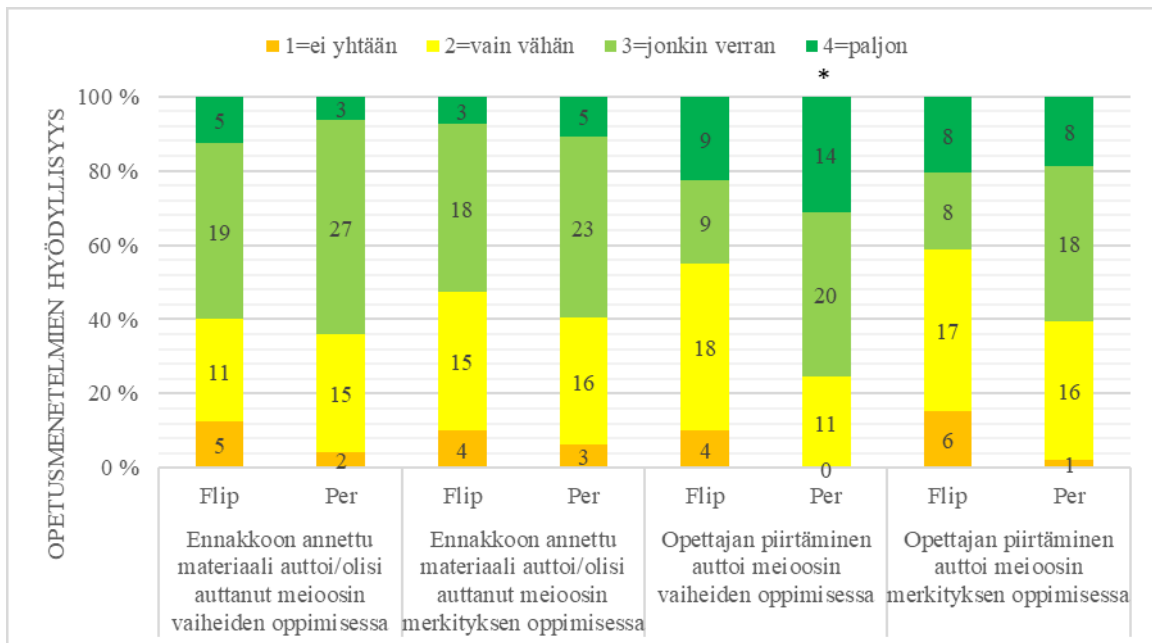
osiossa 99,8 % ja 91 % sekä kvantitatiivisessa osiossa 88,6 % ja 68,9 %. Merkitseviä eroja flippaus- ja perinneryhmän välillä löytyi kahdesta piirtämistä käsittelevästä väittämästä (kuvat 8 ja 9). Opettajan piirtäminen auttoi perinneryhmää meioosin vaiheiden oppimisessa merkitsevästi enemmän verrattuna flippausryhmään ( $p=0,010$ ). Perinneryhmän opiskelijoista merkitsevästi suurempi osa vastasi myös aikovansa käyttää piirtämistä tulevaisuudessa verrattuna flippausryhmän opiskelijoihin ( $p=0,040$ ).

Flippausryhmässä eniten opiskelijoita heidän oppimisessaan auttoi piirtäminen, ennakkomateriaali sekä ryhmässä työskentely (kuva 10). Opiskelijoista 95 % koki piirtämisen auttavan meioosin vaiheiden oppimisesta ja näistä 32,5 % koki sen auttavan paljon. Piirtäminen koettiin auttavan merkitsevästi enemmän meioosin vaiheiden, kuin merkityksen oppimisessa ( $p<0,001$ ). Merkityksen oppimisessa piirtäminen auttoi 85 % vastanneista. Flippausryhmästä 85 % koki ryhmätyöskentelyn auttavan meioosin vaiheiden ja 87,5 % merkityksen oppimisessa. Ennakkoon annettu materiaali auttoi meioosin vaiheiden oppimisessa 85,7 % ja merkityksen oppimisessa 90 % opiskelijoista. Opettajan piirtämisen koki 90 % opiskelijoista auttavan meioosin vaiheiden ja 84,6 % merkityksen oppimisessa.

Perinneryhmän opiskelijoita auttoi meioosin vaiheiden oppimisessa parhaiten piirtäminen sekä opettajan piirtäminen (kuva 11). Piirtäminen auttoi meioosin vaiheiden oppimisessa yli 90 % opiskelijoista ja merkitsevästi enemmän, kuin ryhmässä työskentely ( $p=0,018$ ). Lisäksi se auttoi merkitsevästi enemmän, kuin mitä piirtäminen ( $p=0,022$ ) tai ryhmässä työskentely ( $p<0,001$ ) auttoivat meioosin merkityksen oppimisessa. Meioosin merkityksen oppimisessa piirtäminen auttoi 89,1 % opiskelijoista. Opettajan piirtäminen auttoi kaikki perinneryhmän opiskelijoita sekä se auttoi merkitsevästi enemmän meioosin vaiheiden oppimisessa verrattuna ryhmässä työskentelyyn ( $p=0,039$ ). Opettajan piirtäminen auttoi myös merkitsevästi enemmän, kuin mitä piirtäminen ( $p=0,045$ ) tai ryhmässä työskentely ( $p=0,002$ ) auttoivat meioosin merkityksen oppimisessa. Lisäksi opettajan piirtäminen auttoi meioosin merkityksen oppimisessa 97,7% opiskelijoista. Perinneryhmästä yli 90 % koki, että ennakkomateriaali olisi auttanut heitä meioosin vaiheiden ja merkityksen oppimisessa. Ryhmätyöskentely auttoi meioosin vaiheiden oppimisessa 80,9 % opiskelijoita ja meioosin merkityksen oppimisessa 83 % opiskelijoista.

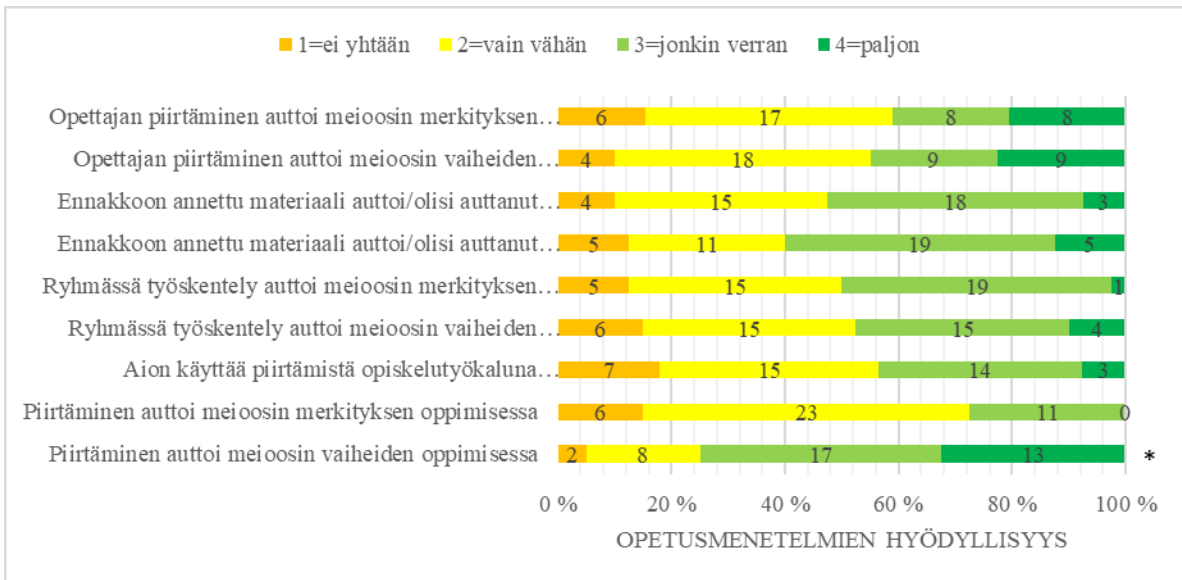


Kuva 8. Flippausryhmän (N=40) ja perinneryhmän (N=47) kokemukset eri opetusmenetelmien hyödyllisyydestä meioosin oppimisessa. Ryhmien välillä merkitsevä ero \* koskien piirtämistä tulevaisuudessa.

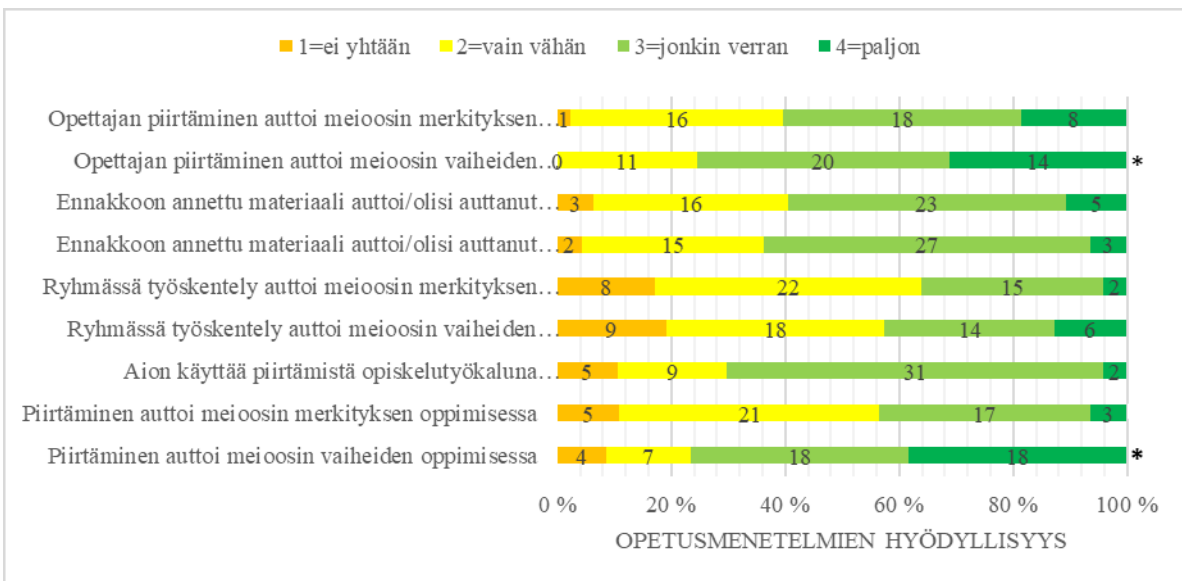


Kuva 9. Flippausryhmän (N=40) ja perinneryhmän (N=47) kokemukset eri opetusmenetelmien hyödyllisyydestä meioosin oppimisessa. Ryhmien välillä merkitsevä ero \* koskien opettajan piirtämisen hyödyllisyydestä meioosin vaiheiden oppimisessa.



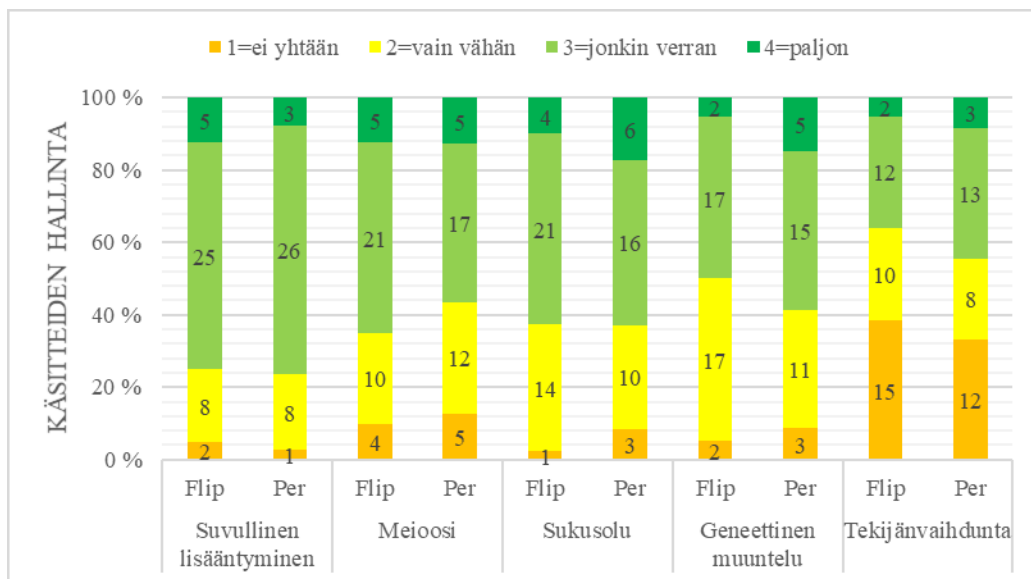


Kuva 10. Flippausryhmän (N=40) kokemukset eri opetusmenetelmien hyödyllisyydestä meioosin oppimisessa. Ryhmän sisällä merkitsevä ero \* koskien piirtämisen hyödyllisyyttä meioosin vaiheiden ja merkityksen oppimisessa.

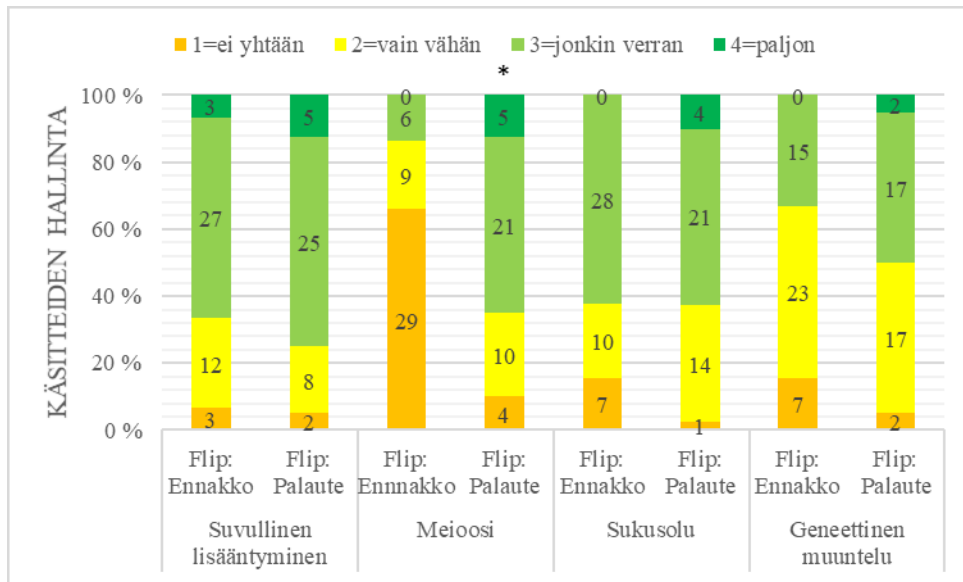


Kuva 11. Perinneryhmän (N=47) kokemukset eri opetusmenetelmien hyödyllisyydestä meioosin opetuksessa. Ryhmän sisällä merkitsevä ero \* koskien piirtämisen hyödyllisyyttä meioosin vaiheiden oppimisessa verrattuna ryhmätyöskentelyä meioosin vaiheiden sekä piirtämistä ja ryhmätyöskentelyä meioosin merkityksen oppimisessa. Merkitsevä ero \* koskien opettajan piirtämisen hyödyllisyyttä meioosin vaiheiden oppimisessa verrattuna ryhmätyöskentelyyn meioosin vaiheiden sekä piirtämistä ja ryhmätyöskentelyä meioosin merkityksen oppimisessa.

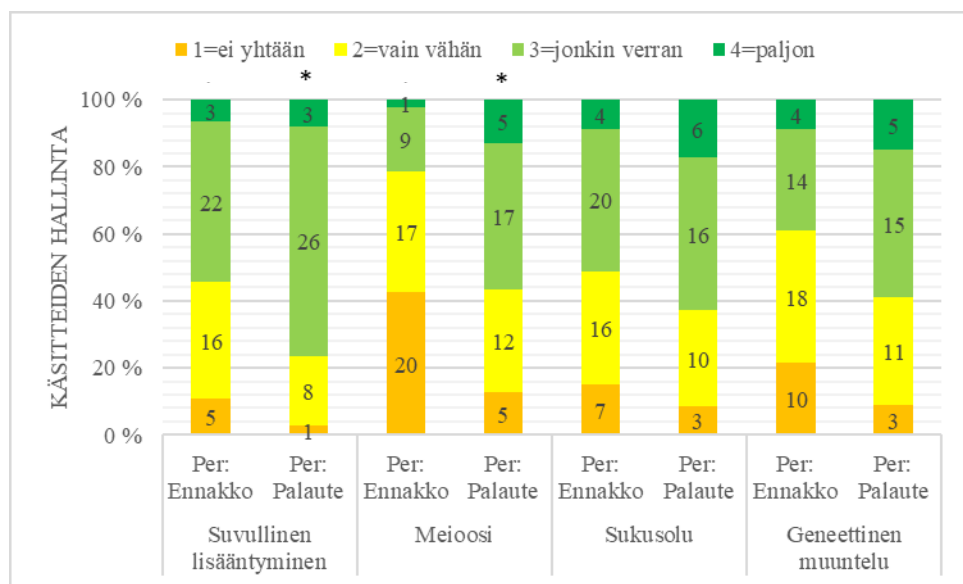
Käsitteiden hallinnassa ei löytynyt merkitseviä eroja flippausryhmän ja perinneryhmän opiskelijoiden väliltä (kuva 12). Parhaiten opiskelijat kummastakin ryhmästä kokivat hallitsevan suvullisen lisääntymisen, johon yli 70 % kummankin ryhmän opiskelijoista vastasi hallitsevansa joko jonkin verran tai paljon. Myös meioosiin ja sukusoluun vastasi yli 50 % kummankin ryhmän opiskelijoista hallitsevansa jonkin verran tai paljon. Geneettisen muuntelun hallinta oli perinneryhmällä hieman flippausryhmää vahvempaa. Vähiten opiskelijat kummastakin ryhmästä kokivat hallitsevansa käsitteen tekijänvaihdunta, kun molemmista ryhmistä noin kolmannes opiskelijoista ei kokenut hallitsevansa käsitettä ollenkaan. Opiskelijat kokivat hallitsevansa meioosiin liittyvät käsitteet huomattavasti paremmin opetusintervention jälkeen, verrattuna ennakkokyselyn tuloksiin (kuvat 13 ja 14). Flippausryhmän opiskelijat kokivat hallitsevansa meioosin merkitsevästi paremmin verrattuna ennen opetusinterventiota ( $p < 0,001$ ). Myös geneettisen muuntelun hallinnassa oli tapahtunut huomattava parannus, vaikkakaan ero ei yltänyt täysin tilastollisesti merkitsevälle tasolle ( $p = 0,052$ ). Perinneryhmän opiskelijat hallitsivat merkitsevästi paremmin niin meioosin ( $p < 0,001$ ) kuin suvullisen lisääntymisen ( $p = 0,046$ ) verrattuna ennakkokyselyn tuloksiin. Myös perinneryhmä koki hallitsevansa geneettisen muuntelun ennakkokyselyä paremmin, vaikkakaan ero ei ole merkitsevä ( $p = 0,056$ ).



Kuva 12. Flippausryhmän (N=40) ja perinneryhmän (N=47) vastaukset kysymykseen ”Kuinka hyvin koet hallitsevasi kyseisen käsitteen?” opetusintervention jälkeen.



Kuva 13. Flippausryhmän ennakkokyselyn (N=45) ja palautekyselyn (N=40) vastaukset kysymykseen ”Kuinka hyvin koet hallitsevasi kyseisen käsitteen?”. Ennakkokyselyn ja palautekyselyn tulosten välillä merkitsevä ero \* koskien meioosin hallintaa.



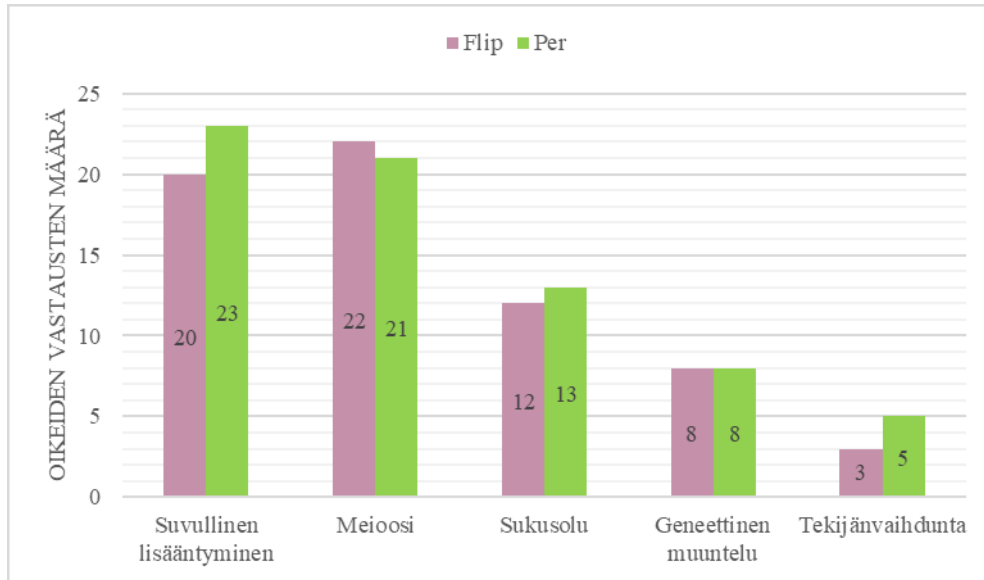
Kuva 14. Perinneryhmän ennakkokyselyn (N=48) ja palautekyselyn (N=47) vastaukset kysymykseen ”Kuinka hyvin koet hallitsevasi kyseisen käsitteen?”. Ennakkokyselyn ja palautekyselyn tulosten välillä merkitsevä ero \* koskien meioosin sekä suvullisen lisääntymisen hallintaa.

Merkitseviä eroja käsitteiden määrittelyssä ei löytynyt ryhmien väliltä (kuva 15). Eniten oikeita vastauksia kummaltakin ryhmältä tuli käsitteisiin suvullinen lisääntyminen ja meioosi (taulukko 5). Tekijävaihdunta osattiin heikointen ja siihen tuli vähiten oikeita vastauksia. Flippausryhmästä kuitenkin 53,8 % ja perinneryhmästä 63,6 % osasi kuvailla, että tekijävaihdunnassa kromosomit

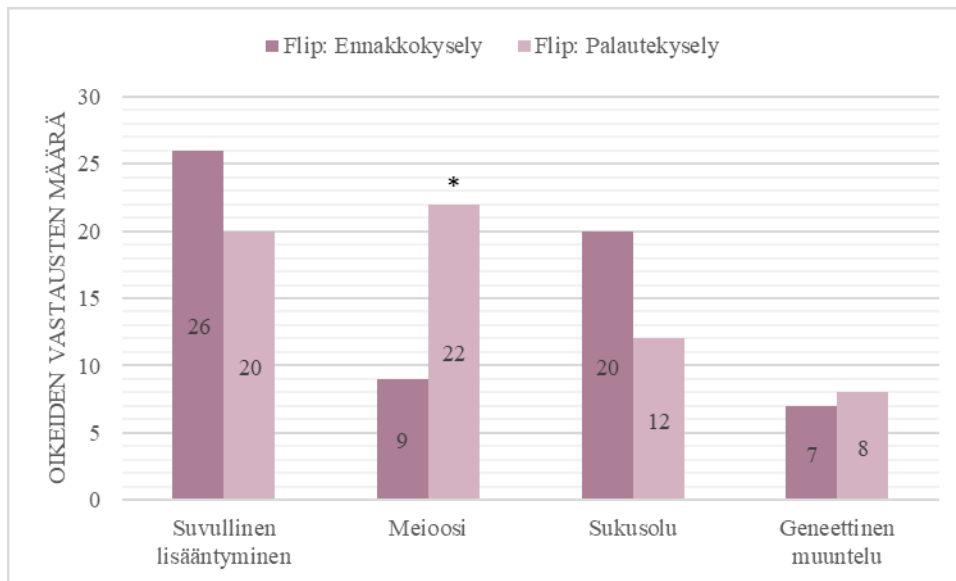
vaihtavat osia, mutta vastauksesta puuttui termi vastinkromosomit. Flippausryhmästä tuli merkittävästi enemmän oikeita vastauksia meioosin kohdalle verrattuna ennakkokyselyn tuloksiin ( $p < 0,001$ ) samoin kuin perinneryhmästä ( $p = 0,014$ ) (kuvat 16 ja 17). Flippausryhmässä oikeiden vastausten määrä kasvoi meioosin ja geneettinen muuntelun kohdalla ja laski suvullisen lisääntymisen ja sukusolun kohdalla. Perinneryhmällä oikeiden vastausten määrä kasvoi kaikkien käsitteiden kohdalla, paitsi suvullisen lisääntymisen kohdalla.

Taulukko 5. Käsitteiden määrittelyssä oikeiden vastausten prosentuaalinen osuus flippausryhmän (N=40) ja perinneryhmän (N=47) vastauksista sekä vastausprosentti kunkin käsitteen kohdalla.

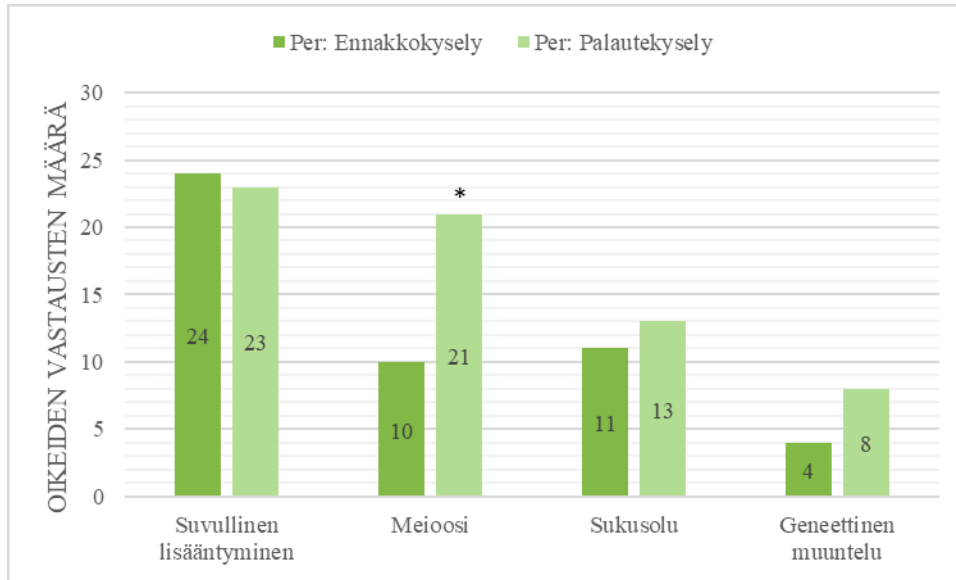
Käsite	Flippausryhmä		Perinneryhmä	
	Oikeiden vastausten prosentuaalinen osuus	Vastausten määrä yhteensä (Vastausprosentti)	Oikeiden vastausten prosentuaalinen osuus	Vastausten määrä yhteensä (Vastausprosentti)
Suvullinen lisääntyminen	52,6 %	38 (95 %)	62,2 %	37 (78,7 %)
Meioosi	59,5 %	37 (92,5 %)	56,8 %	37 (78,8 %)
Sukusolu	32,4 %	37 (92,5 %)	36,1 %	36 (76,6 %)
Geneettinen muuntelu	20,5 %	39 (97,5 %)	26,7 %	30 (63,8 %)
Tekijänvaihdunta	11,5 %	26 (65 %)	22,7 %	22 (46,8%)



Kuva 15. Flippausryhmän (N=40) ja perinneyhmän (N=47) oikeiden vastausten määrä käsitteiden määrittelyssä opetusintervention jälkeen.



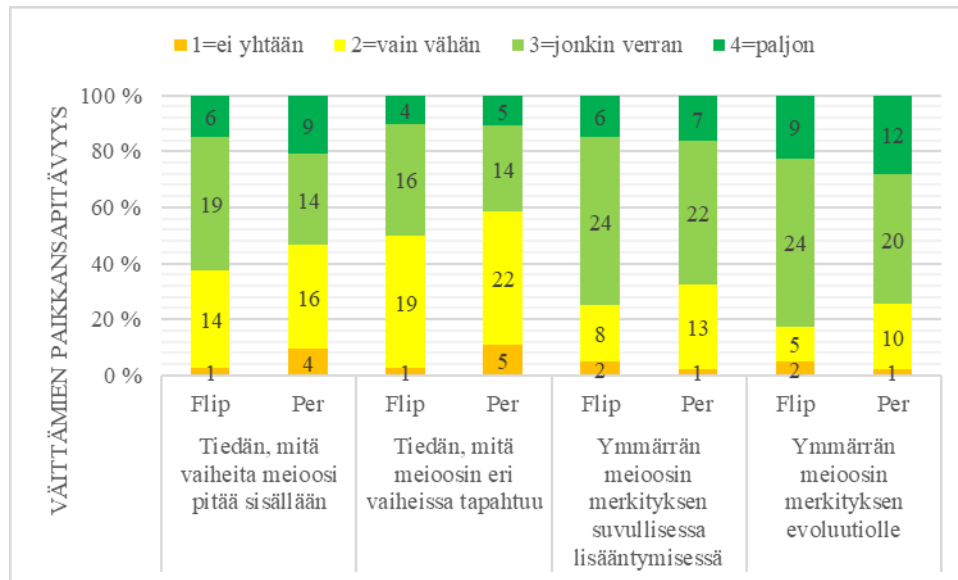
Kuva 16. Flippausryhmän ennakkokyselyn (N=45) ja palautekyselyn (N=40) oikeiden vastausten määrä käsitteiden määrittelyssä. Ennako- ja palautekyselyn tulosten välillä merkitsevä ero \* meioosia koskevien oikeiden vastausten määrässä.



Kuva 17. Perinneryhmän ennakkokyselyn (N=48) ja palautekyselyn (N=47) oikeiden vastausten määrä käsitteiden määrittelyssä. Ennako- ja palautekyselyn tulosten välillä merkitsevä ero \* meioosia koskevien oikeiden vastausten määrässä.

Opiskelijat arvioivat myös, kuinka hyvin meioosia koskevat valmiiksi annetut väittämät kuvastavat heidän osaamistaan (kuva 18). Meioosin vaiheet osattiin luetella paremmin, kuin mitä oli niiden sisällön hallinta kummallakin ryhmällä. Ensimmäiseen väittämään ”Tiedän, mitä vaiheita meioosi pitää sisällään” suurin osa flippausryhmästä (62,5 %) ja perinneryhmästä (54,5 %) vastasi joko jonkin verran tai paljon. Toiseen väittämään ”Tiedän, mitä meioosin eri vaiheissa tapahtuu” flippausryhmän opiskelijoista 50 % ja perinneryhmän opiskelijoista 37,2 % vastasi jonkin verran tai paljon.

Kaksi seuraavaa väittämää käsittelivät meioosin merkitystä. Kummallakin ryhmällä yli puolet opiskelijoista koki ymmärtävänsä meioosin merkityksen suvulliselle lisääntymiselle sekä evoluutiolle, vaikka meioosin merkitykseen liittyvät oppimistitulokset olivatkin tämän kanssa ristiriidassa. Ensimmäisessä väittämässä todettiin: ”Ymmärrän meioosin merkityksen suvullisessa lisääntymisessä”, mihin 75 % flippausryhmästä ja 67,4 % perinneryhmästä vastasi joko jonkin verran tai paljon. Viimeinen väittämä käsitteli meioosin merkitystä evoluutiolle. Flippausryhmän opiskelijoista 82,5 % ja perinneryhmästä 74,4 % vastasi ymmärtävänsä meioosin merkityksen evoluutiolle jonkin verran tai paljon.



Kuva 18. Flippausryhmän (N=40) ja perinneryhmän (N=47) vastaukset meioosin hallintaa koskeviin väittämiin.

Ensimmäisestä avoimesta kohdasta saatujen tulosten perusteella kummallakin ryhmällä selvästi eniten oppimista auttoi piirtäminen (kuvat 19 ja 20). Flippausryhmästä 64,1 % ja perinneryhmästä 67,5 % koki, että piirtäminen auttoi meioosin oppimisessa. Flippausryhmän vastaajista 48 % koki piirtämisen hyödylliseksi oppimisessa, sillä se auttaa asian hahmottamisessa/ymmärtämisessä. 32 % piirtämisen maininneista koki, että piirtäminen auttaa muistamisessa. Perinneryhmän vastaajista 37 % koki piirtämisen auttavan muistamisessa ja 29,6 % asian hahmottamisessa/ymmärtämisessä.

*”Piirtäminen, siitä oli helpompaa ja selkeämpää kerrata, kuin kirjan tekstistä ja kuvista”*

*”Piirtäminen oli tehokasta, koska meioosin vaiheita näki ja piti itse piirtää, jolloin kiinnitin huomiota yksityiskohtiin”*

*”Piirtäminen, koska jää helpommin muistiin, kun itse tekee”*

Flippausryhmällä ryhmätyöskentely nousi seuraavaksi eniten esille. Opiskelijoista 28,2 % koki ryhmätyöskentelyn auttavan meioosin oppimisessa. Ryhmätyöskentelyn maininneista 90,9 % koki ryhmätyöskentelyn hyödylliseksi siinä tapahtuvan vertaisoppimisen vuoksi. Perinneryhmästä 15 % mainitsi ryhmätyöskentelyn auttavan oppimista. Myös näissä vastauksissa nousi esiin vertaisoppiminen.

*”Ryhmätyöskentely, sillä jos itse en ollut aineesta täysin perillä, ryhmässä keskustelu avasi aiheita”*

*”Ryhmätyö -> sai muidenkin mielipiteitä, jos ei itse perillä, muut pystyvät opettamaan”*

*”Ryhmätyöskentely, sai jakaa ajatuksia kavereiden kanssa ja oivaltaa yhdessä.”*

Perinneryhmästä toiseksi eniten mainittiin opettajan toiminta. Perinneryhmästä 32,5 % mainitsi, että opettajan toiminta auttoi meioosin oppimisessa. Opettajan toiminnaksi mainittiin muun muassa opettajan piirtäminen ja opettajan selittäminen. Flippausryhmästä 10,3 % mainitsi opettajan toiminnan ja selittämisen.

*”Opettajan selittäminen edessä, miten meioosi toimi, koska opin hyvin tällä tavalla”*

*”Opettajan piirtäminen auttoi eri meioosin vaiheiden oppimisessa, koska se havainnollisti asiaa”*

*”Selitykset kuvainnollistivat ja auttoivat ymmärtämään kaiken pääpiirteissään”*

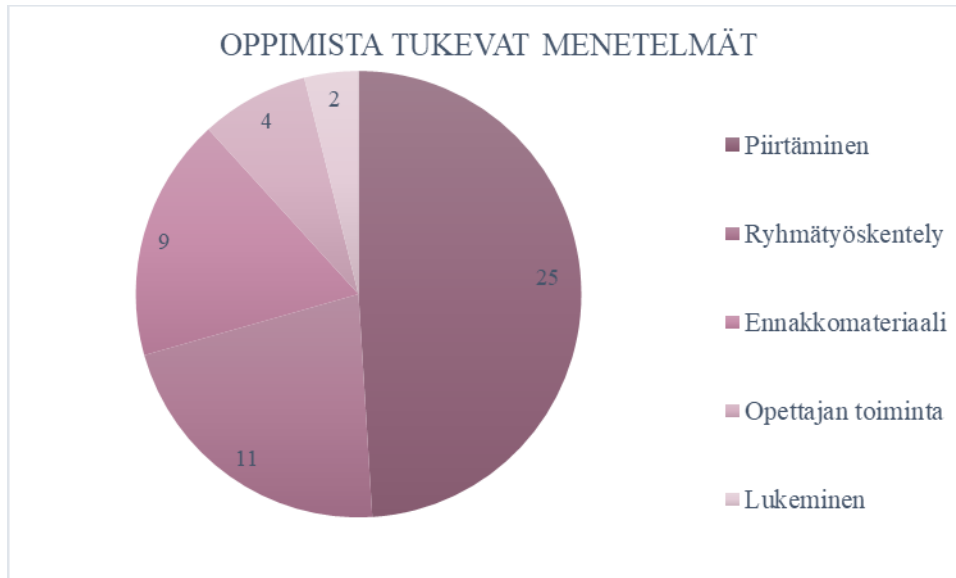
Flippausryhmän vastauksista nousi esiin myös ennakkomateriaali, jonka 23,1 % mainitsi vastauksissaan. Ennakkomateriaalin kuvattiin havainnollistavan meioosia ja auttamaan siihen tutustumisessa.

*”Ennakkomateriaali auttoi tutustumaan seuraavan tunnin aiheeseen ja pääsemään heti jyvälle mistä on kyse. Ei mennyt turhaan ihmettelyyn aikaa”*

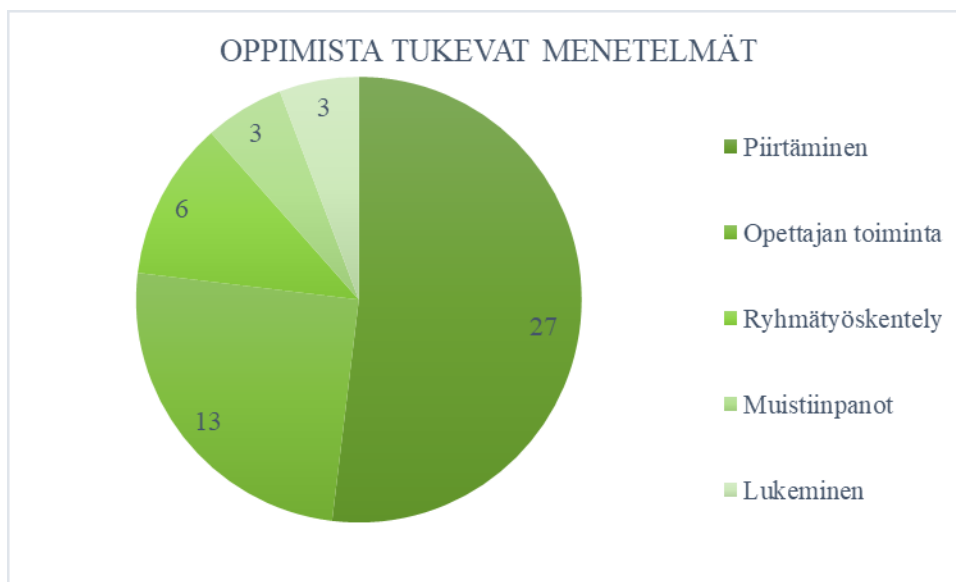
*”Video oli hyvä, siinä selitettiin meioosi monipuolisesti. Siitä sai vaiheiden merkityksen selville paremmin”*

*”Piirsin ennakkotehtävän videon mukana, mikä auttoi minua varmaan eniten”*





Kuva 19. Flippausryhmän (N=39) maininnat kysymykseen ”Mitkä asiat tai työskentelytavat auttoivat oppimistasi ja miksi?” Opiskelijat pystyivät mainitsemaan useita asioita ja siksi mainintoja on enemmän, kuin vastauksia yhteensä.



Kuva 20. Perinneryhmän (N=40) maininnat kysymykseen ”Mitkä asiat tai työskentelytavat auttoivat oppimistasi ja miksi?” Opiskelijat pystyivät mainitsemaan useita asioita ja siksi mainintoja on enemmän, kuin vastauksia yhteensä.

Asiat, jotka olisivat auttaneet opiskelijoita oppimaan meioosin paremmin, erosivat ryhmien välillä enemmän, kuin asiat, jotka edistivät oppimista (kuvat 21 ja 22). Flippausryhmästä 46,9 % mainitsi, että asian läpikäyminen tunnilla opettajan johdolla olisi auttanut oppimisessa. Myös

perinneryhmästä 18,2 % olisi toivonut enemmän asian läpikäyntiä tunnilla yhteisesti. Asian läpikäyminen olisi opiskelijoiden mielestä auttanut aiheen sisäistämässä sekä tarjonnut tarkemman selityksen aiheesta.

*”Opin paremmin kuuntelemalla en niinkään tekemällä, joten asioiden selittäminen tarkemmin olisi toiminut minuun paremmin”*

*”Asiaa olisi voitu käydä pidempään opettajajohtoisesti”*

*”Enemmän ehkä teoriaa tai meioosin olisi voinut käydä yhdessä läpi vaikka taululla”*

Flippausryhmän opiskelijoista 28,1 % oli sitä mieltä, että muistiinpanojen tekeminen olisi auttanut meioosin oppimisessa. Opiskelijoiden mukaan muistiinpanot olisivat edistäneet oppimista muun muassa sillä, että niistä pystyy kertaamaan kotona asian tarvittaessa.

*”Hyvät muistiinpanot opelta, jotka olisi voinut kopioida, koska siten meioosia olisi hyvin voinut kotona kerrata”*

*”Itse tehdyt tarkat muistiinpanot, joista meioosia olisi voinut kerrata myöhemmin”*

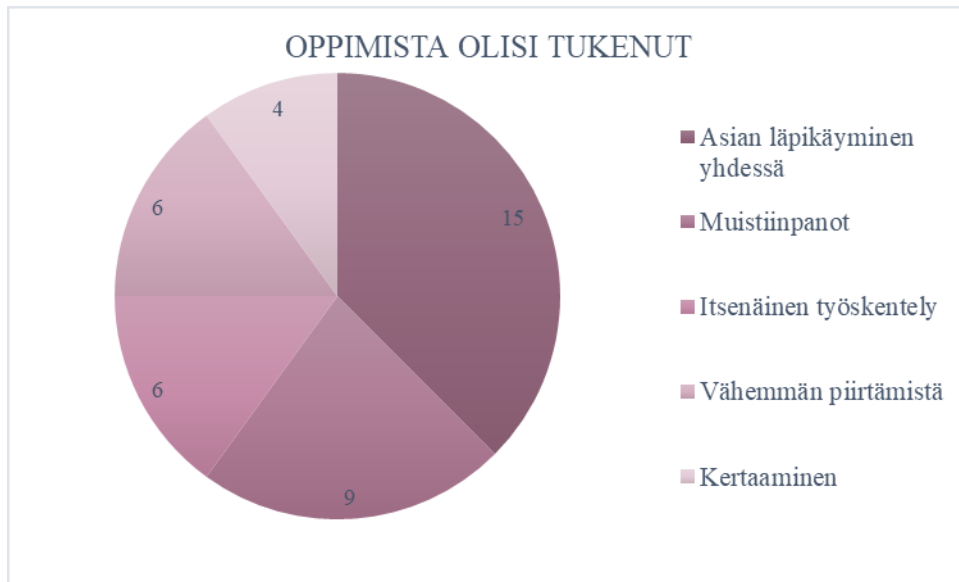
*”Muistiinpanot, koska kun kirjoittaa, jää paljon paremmin mieleen, kuin esim. video”*

Flippausryhmästä muita esille nousevia asioita ovat itsenäinen työskentelyn lisäys sekä vähemmän piirtämistä. Itsenäisessä työskentelyssä mainittiin esimerkiksi oppikirjan itsenäinen lukeminen sekä ryhmätyön korvaaminen itsenäisillä tehtävillä. Kahden perinneryhmän vastaukset erosivat toisistaan enemmän, kuin mitä kahden flippausryhmän vastaukset. Perinneryhmän vastauksista nousi esiin ensimmäisenä mainitun lisäksi ajan määrä (18,2 %), itsenäisen työskentelyn lisääminen (15,2 %), opiskelijoiden oma toiminta (15,2 %) sekä videoiden ja kuvien lisääminen (12,4 %). Perinneryhmän osa opiskelijoista koki, että opettajajohtoinen teoriaosuus käytiin oppitunnilla liian nopeasti ja siksi monissa vastauksissa toivottiin lisää aikaa asian käsittelyyn. Itsenäistä työskentelyä toivottiin ryhmätyön sijaan sekä kirjan tehtävien tekoa. Opiskelijoista myös osa vastasi, että oma keskittyminen/sitoutuminen opiskeluun vaikutti negatiivisesti oppimiseen.

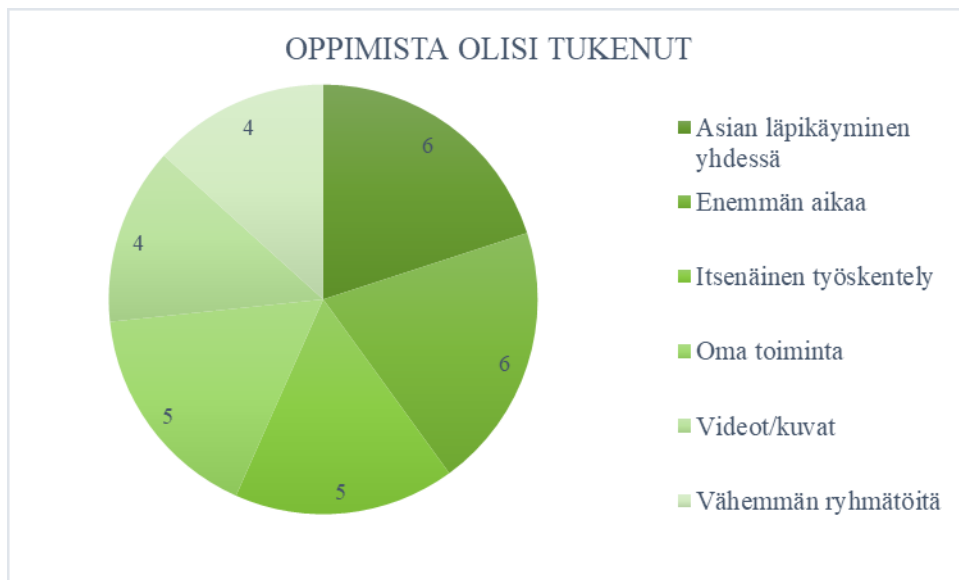
”Meioosin vaiheet olisi voitu käydä tarkemmin ja hitaammin, jota asian olisi ymmärtänyt kokonaan”

”Jos olisi keskittynyt, oma vika”

”Videon katsominen meioosin vaiheista olisi saattanut auttaa”



Kuva 21. Flippausryhmän (N=32) maininnat kysymykseen ”Mitkä asiat tai työskentelytavat olisivat auttaneet sinua oppimaan meioosin paremmin?” Opiskelijat pystyivät mainitsemaan useita asioita ja siksi mainintoja on enemmän, kuin vastauksia yhteensä.



Kuva 22. Perinneryhmän (N=33) maininnat kysymykseen ”Mitkä asiat tai työskentelytavat olisivat auttaneet sinua oppimaan meioosin paremmin?”

## 8 TULOSTEN TARKASTELU

### 8.1 Oppimistulokset

Flippaus- ja perinneryhmän testissä saadut yhteispisteet, piirtotehtävän pisteet tai merkitystehtävän pisteet eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi, mistä voidaan päätellä, että opetus flipped classroomin avulla tai perinteisellä opetustyyllillä tuottaa samankaltaisia oppimistuloksia. Tätä tukee myös palautekyselyllä saadut tulokset opiskelijoiden itsearviointista sekä käsitteiden määrittelystä. Sekä flippausryhmän että perinneryhmän opiskelijoiden kokemus meioosiin liittyvien käsitteiden hallinnasta oli noussut selvästi kaikkien käsitteiden kohdalla ja meioosikäsitteen kohdalla jopa merkitsevästi. Käsitteiden määrittelyssä ryhmät pärjäsivät prosentuaalisesti suurin piirtein yhtä hyvin, perinneryhmä hieman flippausryhmää paremmin. Perinneryhmä myös paransi käsitteiden määrittelyssä oikeiden vastausten määrää verrattuna ennako- ja palautekyselyn tuloksia enemmän, kuin mitä flippausryhmä. Tuloksia tarkastellessa täytyy kuitenkin ottaa tässä huomioon perinneryhmän alhainen vastausprosentti käsitteiden määrittelyyn, joka oli keskiarvoltaan 68,9 %, verrattuna flippausryhmän keskiarvoon 89 %. Alhainen vastausprosentti ei siis anna täydellistä kuvaa koko ryhmän osaamista. Se, että flippausryhmästä tuli vähemmän oikeita vastauksia käsitteiden määrittelyyn opetusintervention jälkeen, kuvastaa hyvin sitä, miten eri opetusmenetelmät voivat tuottaa erilaisia oppimistuloksia. Flippausryhmän palautteen mukaan opiskelijat jäivät kaipaamaan opetuksessa enemmän yhteistä, koko luokalle tapahtuvaa asioiden selittämistä, jota perinteisen opetuksen opettajajohtoinen luennointi usein on. Perinneryhmän opiskelijat kertoivat palautteessaan, että juuri opettajan selittäminen luokan edessä auttoi meioosin oppimisessa. Sen sijaan flippausryhmä pärjäsikin perinneryhmää paremmin testissä, sillä flippausryhmältä tuli enemmän oikeita vastauksia niin piirtotehtävään, kuin merkitystehtävään. Tästä voidaan päätellä, että perinteinen opetus auttaa erityisesti opiskelijoita teoretiedon oppimisessa, kun taas flipped classroom auttaa opiskelijoita hahmottamaan käsiteltävän ilmiön kokonaisvaltaisemmin, vaikkakin osa ilmiön käsitteistä voi tällöin jäädä oppimatta, kuten tässä tapauksessa esimerkiksi tekijänvaihdunta. Samanlaisiin tuloksiin, missä flipped classroomin ja perinteisen opetuksen tuottamilla oppimistuloksilla ei ole merkitseviä eroja, on päästy myös muiden alojen opetuksessa (Love ym. 2013, Christiansen 2014, Holman & Hanson 2016, Ojennus 2016).

Tarkastellessa oppimistestin piirtotehtävän tuloksia, voidaan huomata, että flippausryhmällä oli merkitsevästi enemmän oikeita vastauksia verrattuna perinneryhmän vastauksiin. Meioosille tunnusomainen jako, vähennysjako, esiintyi myös merkitsevästi enemmän flippausryhmän vastauksissa, kuin perinneryhmän vastauksissa. Lisäksi flippausryhmän vastauksissa esiintyi sekä piirrostehävässä että merkitystehtävässä perinneryhmää enemmän oikeaan vastaukseen vaadittavia asioita (taulukot 3 ja 4). Koska flippausryhmän opiskelijoista selvästi suurempi osa osasi piirtää meioosin suurin piirtein oikein verrattuna perinneryhmän opiskelijoihin, voidaan päätellä, että flippausryhmä on oppinut meioosin perinneryhmää paremmin. Tämä tulos tukee myös tutkimushypoteesia. Tutkimustulosta tukee myös aikaisemmin tehdyt tutkimukset, missä flipped classroomin on havaittu parantavan oppimistuloksia verrattuna perinteiseen opetukseen (Day & Foley 2006, Moravec ym. 2010, Pierce & Fox 2012, Foon & Kwan 2018, Jeong ym. 2018, Malto ym. 2018, Tusa ym. 2018).

Tuloksia tarkastellessa täytyy ottaa huomioon ryhmien lähtötasot. Koulujen väliset erot ennakkomateriaalin, opetusvideoiden sekä videovälitteisen opetuksen käytöstä voivat vaikuttaa oppimistuloksiin. Opetusvideoiden ja ennakkomateriaalin käyttö näyttää vaikuttavan positiivisesti oppimistuloksiin sekä lisäävän opiskelijoiden sitoutumista opeteltavaan asiaan (Zhang ym. 2006, Clifton & Mann 2011, Gross ym. 2017). Vaikka koulu 1:n ja koulu 2:n ennakkokokemuksilla olikin merkitseviä eroja, nämä eivät välttämättä luo flippaus- ja perinneryhmälle eri lähtötasoja, sillä molempiin ryhmiin tuli opiskelijoita kummastakin koulusta. Ennakkokyselyn perusteella perinneryhmällä oli flippausryhmää merkitsevästi enemmän kokemusta piirtämisestä opiskelutyökaluna, vaikkakaan se ei tässä tutkimuksessa korreloinut parempia tuloksia piirtämistehtävässä. Ennakkokyselyn käsitteiden määrittelyssä flippausryhmästä tuli merkitsevästi enemmän oikeita vastauksia käsitteeseen sukusolu, mistä voisi päätellä, että flippausryhmän lähtötason tiedot meioosille olisi perinneryhmää paremmat. Tämä ei kuitenkaan näkynyt oppimistestin tuloksissa, sillä ryhmien välillä ei ollut merkitseviä eroja piirto- tai merkitystehtävässä. Molemmista ryhmistä noin kolmannes mainitsi meioosin merkitykseksi sukusolujen tuoton ja vain noin 15 % kummastakin ryhmästä osaisi nimetä piirtotehtävässä meioosin lopputuotteet sukusoluiksi. Šorgo ja Šiling (2017) havaitsivat lisääntymistä koskevassa testissään saman tuloksen, missä suurin osa opiskelijoista ei yhdistänyt meioosin jakautumisen tuotteita haploideiksi sukusoluiksi.

## 8.2 Meioosin vaikeus

Se, että piirtotehtävässä flippausryhmän vastauksista 55 % ja perinneryhmän vastauksista 74,5 % oli puutteellisia ja virheellisiä, kuvastaa hyvin sitä, kuinka vaikea aihe meioosi todella on. Piirtotehtävästi tuli esiin opiskelijoiden meioosiin liittyviä väärinymmärryksiä niin piirrosten virheellisyyden tai niiden selitysten perusteella. Dikmenli (2009) tutki biologian opettajajarjoittelijoiden väärinymmärryksiä liittyen solun jakautumiseen piirros- ja haastatteluanalyysin avulla. Dikmenli havaitsi seuraavanlaisia väärinymmärryksiä opettajaopiskelijoiden piirroksista: dna kahdentuu profaasissa, kromosomiluku puolittuu meioosin toisessa jaossa sekä meioosin tuloksena syntyy diploidi solu. Samoja väärinkäsityksiä löytyi tästä tutkimuksesta. Myös opiskelijoiden merkitystehtävän tulokset kertovat, että meioosin ymmärtäminen jäi opiskelijoille heikolle tasolle. 3/4 flippausryhmän opiskelijoista koki ymmärtävänsä meioosin merkityksen suvullisessa lisääntymisessä, mutta vain noin joka kolmas ryhmästä osasi mainita sen merkityskysymyksessä testissä. Vastaavasti perinneryhmässä reilusti yli puolet koki ymmärtävänsä meioosin merkityksen suvullisessa lisääntymisessä, kun taas testin perusteella sen ymmärsi vain joka kolmas. Tästä voidaan päätellä, että suuri osa opiskelijoista koki ymmärtävänsä meioosia paremmin, kuin mitä todellisuudessa ymmärtää. Opiskelijat osasivat luetella meioosin merkitykseen liittyviä käsitteitä, kuten suvullisen lisääntyminen ja geneettinen muuntelu, mutta vain harva osasi selittää sen, miten ja miksi nämä käsitteet ovat merkittäviä. Geneettinen muuntelu ja evoluutio ovat myös haastavia aiheita biologian opetuksessa. Geneettiseen muunteluun liittyy vääristyneitä käsityksiä, missä se tekee yksilöistä paremmin sopeutuneita ympäristöönsä, ennemmin kuin mahdollistaa yksilöiden paremmat sopeutumismahdollisuudet (Yip 1998).

Se, että meioosiin liittyviä käsitteitä osattiin luetella, mutta niiden merkitystä ei ymmärretä, kuvastaa sitä, että biologian opiskelu useasti painottuu muistamiseen. Tämä johtuu osin siitä, että monet biologiassa käsiteltävät ilmiöt ja käsitteet, kuten geenit tai evoluutio, ovat entuudestaan opiskelijoille vieraita, eivätkä ole konkreettisesti läsnä opiskelijoiden jokapäiväisessä elämässä (Heddy & Sinatra 2013). Käsitteiden ja ilmiöiden puute opiskelijoiden omasta kokemusmaailmasta laskee myös motivaatiota niiden opiskeluun. Tällöin ainut tapa oppia ne on niiden ulkoaopettelu, eikä niinkään osallistava käytännön oppiminen. (Kidman 2008, Çimer 2012, Etobro & Fabinu 2017). Näiden ilmiöiden käsittelyn haasteena on se, miten saada ne opiskelijoille

merkittäviksi, jotta se motivoisi heidän opiskeluaan. Liittämällä biologiassa käsiteltäviin teemoihin yhteiskunnallisen tai historiallisen tai vastaavasti toisissa aineissa käsiteltävän ilmiön, luodaan opiskelijoille paremmat mahdollisuudet päästä lähemmäksi käsiteltävää aihetta (Gilbert & Fausto-Sterling 2003, Khodor ym. 2004). Esimerkiksi sirppisoluanemiaa käsitellään biologiassa niin fysiologiassa kuin genetiikassa, mutta sen käsittelyyn voidaan liittää myös yhteiskunnallinen ulottuvuus (Chamany ym. 2008). Oli opetuksessa käytössä perinteinen tai käänteinen opetus, tulisi opettajien pohtia sitä, miten tuoda nämä vaikeaksi koetut biologian aiheet lähemmäs opiskelijoiden elämään koulun ulkopuolella.

### 8.3 Opetusmenetelmät

Tutkimukset tarkoituksena oli myös selvittää sitä, mitkä opetusinterventiossa käytettävät opetusmenetelmät auttavat kohderyhmän opiskelijoita oppimisessa. Opetusmenetelmien toimivuutta kysyttiin kvantitatiivisilla sekä kvalitatiivisilla kysymyksillä. Selvästi eniten opiskelijoiden oppimista tuki piirtäminen. Piirtäminen koettiin merkittävästi hyödyllisemmäksi meioosin vaiheiden, kuin meioosin merkityksen oppimisessa kummallakin ryhmällä. Perinneryhmä oli flippausryhmää selvästi piirtämismyönteisempi ja ryhmän opiskelijat aikovat käyttää piirtämistä myös tulevaisuudessa merkittävästi enemmän, kuin flippausryhmän opiskelijat. Perinneryhmän piirtämismyönteisyys voi johtua siitä, että he saivat opetusinterventiotunnilla valmiit mallit piirtämiseen seurattuaan opettajan piirtämistä. Flippausryhmällä piirtäminen oli oppitunnilla lähinnä oman mielikuvituksen varassa, ilman opettajan antamaa valmiita mallia, mikä voi osasta opiskelijoista tuntua haasteelliselta (Lyon ym. 2016). Piirtämistä pidettiin kuitenkin molemmissa ryhmissä hyvänä tapana havainnollistaa ja auttaa muistamaan opeteltavaa asiaa verrattuna esimerkiksi kirjoitettuihin muistiinpanoihin. Piirtäminen on luonnontieteissä paljon käytetty opetustapa, sillä se soveltuu monen osa-alueen, kuten fysiologian, anatomian, luokittelun ja prosessien opetukseen (Quillin & Thomas 2015). Piirtämisen avulla opettaja voi saada paremman käsityksen opiskelijoiden tietotasosta, verrattuna esimerkiksi opiskelijan itsearvioon tai tuottamaan tekstiin, sillä piirrosten avulla opiskelijat tuovat omat sisäiset mallinsa aiheesta esiin paperille (Ainsworth ym. 2011, Rybska 2016). Meioosin lisäksi muita biologian aiheita, kuten fotosynteesiä tai diffuusiota koskettavia virhekäsityksiä on

tutkittu korkeakouluopiskelijoilla juuri piirrosanalyysin avulla (Köse 2008, Cardak 2009, Cardak 2015, Kurt ym. 2013).

Molemmat ryhmät hyötyivät selvästi niistä opetusmenetelmistä, joita ryhmän oppitunnilla käytettiin. Flippausryhmällä nämä olivat ennakkomateriaalin käyttö sekä ryhmätyöskentely ja perinneryhmällä opettajan piirtäminen sekä ryhmätyöskentely. Ryhmätyöskentely oli flippausryhmällä toiseksi ja perinneryhmällä kolmanneksi eniten esiin noussut menetelmä opiskelijoiden vastauksissa. Opiskelijat kummastakin ryhmästä kokivat, että ryhmätyöskentely auttoi heidän oppimista vertaisoppimisen kautta. Vertaisoppimisessa erityisesti ajatusten jakaminen ryhmän jäsenten kesken ja yhdessä uuden asian opiskelu koettiin oppimista tukeviksi. Vertaisoppimisella on ennestään selvää näyttöä sen positiivisista vaikutuksista oppimistuloksiin sekä muun muassa kriittisen ajattelun kehittymiseen (Nestel & Kidd 2005, Quatadamo ym. 2009, Kooloos ym. 2011, Dehghani ym. 2014). Se, että flippausryhmän opiskelijat kokivat ryhmätyöskentelyn hyödyllisemmäksi verrattuna perinneryhmään voi johtua siitä, että flippausryhmällä oli käytössään huomattavasti enemmän aikaa ryhmätyöskentelyyn. Ryhmätyöskentelyosuus oli myös flippausryhmän oppitunnin pääpaino ja sitä painotettiin ryhmille tunnin alussa. Onnistuneessa ryhmätyöskentelyssä olennaista on motivoida opiskelijoita tehtävään sekä tehdä sen tarpeellisuus selväksi (Biström 2005). Koska flippausryhmälle painotettiin ryhmätyöskentelyvaihetta perinneryhmää enemmän, voi olla, että se on vaikuttanut opiskelijoiden motivaatioon positiivisesti. Perinneryhmällä ryhmätyöskentelyosuus oli pienemmässä osassa oppituntia, kuin flippausryhmällä. Tämä voi johtaa siihen, että perinneryhmän opiskelijat suhtautuvat ryhmätyöskentelyyn ennemmin ”tuotteena”, joka täytyy saada valmiiksi annetussa ajassa, kuin tilaisuutena oppia yhdessä (Waite & Leonardi 2004).

Flippausryhmä koki myös ennakkomateriaalin edistävän meioosin oppimista. Ennakkomateriaali koettiin auttavan paremmin meioosin vaiheiden kuin merkityksen oppimisessa. Ennen oppituntia käytettävän materiaalin, kuten opetusvideoiden katsominen tai lukeminen, hyödyntäminen opetuksessa on havaittu vaikuttavan positiivisesti oppimistuloksiin sekä motivoivan opiskelijoita oppitunnin aiheeseen (Moravec ym. 2010, Heiner ym. 2014, Gross ym. 2015, Stang ym. 2016 Lieu ym. 2017). Myös perinneryhmän opiskelijoista suurin osa oli sitä mieltä, että ennakkomateriaali olisi auttanut meioosin oppimisessa. Tämä tulee esille myös palautekyselyn avoimissa kohdissa. Ennakkomateriaali, kuten esimerkiksi opetusvideo, toimii hyvänä tapana tutustuttaa opiskelijoille seuraavan oppitunnin aihe, jolloin aikaa jää oppitunnilla



aiheen käsittelyyn syvemmin. Yksi ratkaiseva tekijä on kuitenkin videon saavutettavuus sekä sen pituus. Tutkimuksessa käytettävän opetusvideon heikkoutena voi olla se, että se kesti 23 minuuttia, joka on yli kymmenen minuuttia pidempi, kuin mitä suositellaan (Guo ym. 2015). Tämä voi johtaa siihen, että opiskelijoiden motivaatio katsoa videota laskee merkittävästi.

Perinneryhmän opiskelijat kokivat toiseksi eniten ja flippausryhmän opiskelijat neljänneksi eniten opettajan toiminnan edistävän oppimista. Perinneryhmällä opettajan toiminta oli selvästi suuremmassa asemassa verrattuna flippausryhmään, sillä perinneryhmällä oppitunnin pääpainona toimi luokan edessä luennoiva opettaja. Opettaja toimi siis perinneryhmän pääasiallisena tiedonlähteenä. Tästä johtuu, että opettajan toiminnalla, hänen käyttämällä selityksillä ja havainnollistamisilla oli suuri vaikutus opiskelijoiden oppimiseen. Opettajan piirtäminen auttoi perinneryhmää meioosin vaiheiden oppimisessa merkitsevästi enemmän, kuin mitä se oli auttanut flippausryhmää. Se, ettei opettajan toiminta noussut flippausryhmän vastauksissa esille, voi johtua siitä, etteivät opiskelijat välttämättä osanneet yhdistää ennakkomateriaalissa näkyvää piirtämistä ”opettajan piirtämiseen” tai siksi, että opettajan osuus jäi oppitunnilla flippausryhmällä vähäiseksi. Voidaankin siis todeta, että perinteisellä opetustyyllillä toteutetuissa tunneissa opettajan toiminta on merkittävä tekijä opiskelijoiden oppimistulosten kannalta (Wright 1997, McNeill & Krajeick 2008).

#### 8.4 Tutkimuksen luotettavuus

Tuloksia tarkastellessa täytyy ottaa huomioon tutkimuksen teossa ilmenevät muuttuvat seikat. Ensinnäkin, kahden flippausryhmän opetusinterventiotunnilla käytettävän ryhmätyöskentelyn ensimmäisen tehtävän toteutustavat erosivat toisistaan hieman (liite 6). Flippausryhmä 1:n tehtävässä meioosin vaiheet täytyi piirtää sekä kirjoittaa auki. Flippausryhmä 2:n tehtävässä meioosin vaiheiden piirtäminen korvattiin pelkällä selittämällä sekä kromosomien piirtämisellä. Tämä muutos tehtiin ensimmäisen opetusinterventiotunnin perusteella ajansäästön vuoksi. Muutos voi vaikuttaa siihen, miten mielekkääksi eri flippausryhmät kokivat piirtämisen. Koska tehtävänanto pysyi ryhmien välillä samana ja vain sen toteutus erosi hieman, ei ole tarpeen uskoa sen vaikuttamista oppimistuloksiin merkitsevästi. Tämän lisäksi täytyy ottaa huomioon flippausryhmien opetusintervention ajankohdat. Flippausryhmä 1:n opetusinterventio sijoittui toisen jakson puoleen väliin, jolloin kyseisen ryhmän opiskelijat olivat ehtineet käydä meioosia

edeltävät kappaleet, jotka käsittelevät muun muassa proteiinisynteesiä ja mitoosia. Flippausryhmä 2:n opetusinterventio sijoittui kolmannen jakson alkuun ja kyseiseltä ryhmältä jäi koulun omien ohjelmien vuoksi osa kurssin tunteista pitämättä. Näin ollen flippausryhmä 2:n opiskelijat eivät olleet ehtineet edetä kirjassa yhtä pitkälle, kuin flippausryhmä 1:n opiskelijat, eivätkä olleet opiskelleet muun muassa mitoosia. Näin ollen pohjatiedot meioosiin ja siihen liittyviin käsitteisiin, kuten solusykliin tai kromosomeihin, olivat flippausryhmä 2:lla edellisten kurssin tietojen varassa. Merkitseviä eroja ei kuitenkaan löytynyt flippausryhmä 1:n ja flippausryhmä 2:n väliltä missään vaiheessa aineistonkeruuta, jolloin voidaan olettaa, ettei opetusintervention ajankohta ole vaikuttanut tuloksiin.

Näiden lisäksi täytyy huomioida ennakkokyselyssä ilmenevä merkitsevä ero meioosin hallinnassa perinne- ja flippausryhmän välillä. Perinneryhmän koki hallitsevansa flippausryhmää merkitsevästi paremmin meioosikäsitteen ennakkokyselyssä. Tämä voi osin johtua siitä, että perinneryhmä 1:lle jouduttiin toteuttamaan ennakkokysely kyseisen ryhmän opetusinterventiotunnin lopussa. Näin ollen perinneryhmä 1:lle oltiin juuri esitelty meioosi ennen kyselyyn vastaamista. Opiskelijoita kehoitettiin kuitenkin vastaamaan kyselyyn sillä perusteella, miten he olisivat vastanneet siihen ennen varsinaista oppituntia. Ennakkokyselyn tulokset eivät kuitenkaan näyttäneet olleen yhteydessä oppimistestin tuloksiin.

Tämän tutkimuksen tuloksia ei ole tarpeen yleistää laajemmalla mittakaavalla, sillä otanta oppimistuloksia mittaavassa testissä oli pieni (n=102). Tämän lisäksi olisi tarpeen mitata muillakin tavoilla kuin piirtämällä, opiskelijoiden oppimistuloksia, jotta saataisiin luotettavampia tuloksia niistä. Jotta voitaisiin tarkastella flipped classroomin toimivuutta luotettavammin, olisi tarpeen toteuttaa esimerkiksi kokonainen kurssi sen periaatteiden mukaisesti, eikä vain yhtä oppituntia, niin kuin tässä tutkimuksessa tehtiin. Eräs flipped classroomin onnistumisen kriteereistä on, että sen toimintaperiaate ja merkitys tehdään opiskelijoille selväksi. Tässä tutkimuksessa esimerkiksi ennakkomateriaalin käytöstä ei ollut ollenkaan kokemusta noin 40 % kummankin ryhmän opiskelijoista. Kokemuksen puute ennakkomateriaalin tai opetusvideoiden käytöstä voi vaikuttaa siihen, että niiden tarkoituksiperät jäävät opiskelijoille epäselviksi. Tämä voi johtaa siihen, että ennakkomateriaalin ei tutustuta ennen oppituntia, jota toisaalta vetää pohjan koko flipped classroomin idealle. Lisäksi olisi tarpeen myös tutkia opiskelijoiden kokemaa hyötyä flipped classroomista. Opiskelijoiden kokemus flipped classroomin soveltumisesta biologian opetukseen voisi tuoda lisäperusteluita kyseisen opetusjärjestelyn käytölle. Flipped classroomia

koskevista kirjallisuuskatsauksista on otettu huomioon opiskelijoiden mielipiteet kyseisestä opetustavasta ja yleensä vastaanotto opiskelijoilta on ollut positiivinen (Love ym. 2013, Jeong ym. 2018, Tütüncü & Aksu 2018). Tarkempien ja luotettavampien tulosten saamiseksi flipped classroomin soveltavuudesta opetukseen täytyisikin järjestää pidempiaikainen flippausjakso, esimerkiksi kokonaisen kurssin tai jakson pituinen, jota ennen tehtäisiin opiskelijoille selväksi flipped classroomin periaatteet ja siitä mahdollisesti saatavat hyödyt.

## 9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Flipped classroomilla näyttää olevan neutraalit tai positiiviset vaikutukset oppimistuloksiin. Tämä oli havaittavissa tässä tutkimuksessa oikeaoppisten piirrosten jakautumisena flippaus- ja perinneryhmän välillä niin, että flippausryhmällä oikeaoppisia piirroksia oli merkitsevästi enemmän. Kuitenkin, meioosin merkitystä käsittelevässä kysymyksessä tai käsitteiden määrittelyssä opetusintervention jälkeen ei löytyvät merkitseviä eroja flippaus- ja perinneryhmän väliltä. Lisäksi tulosten luotettavuutta rajoittavat tutkimuksen pieni otoskoto sekä sen lyhyt kestoisuus. Koska flipped classroomilla ei näytä olevan negatiivisia vaikutuksia oppimistuloksiin, sen käyttöä opetuksessa voidaan vahvasti suositella kokeiltavaksi.

Opetusmenetelmistä opiskelijat kokevat piirtämisen hyvänä tapana havainnollistaa vaikeita aiheita sekä ryhmätyöskentelyn auttavan ryhmässä tapahtuvan vertaisoppimisen vuoksi. Piirtäminen toimii myös hyvänä tapana arvioida opiskelijoiden oppimistuloksia. Vaikka eri tyyppiset opetusmenetelmät ovat osoittaneet käyttökelpoisuutensa luonnontieteiden opetuksessa, opiskelijoille kaipaavat selvästi muistiinpanojen kirjoittamista sekä opettajan selittämistä luokan edessä vaikeiden aiheiden opetuksessa. Opettajajohtoinen luennointi kuitenkin vahvistaa jo entuudestaan biologian opetuksessa havaittuun ulkoa opettelua ilman, että käsiteltävä ilmiö liitettäisiin aitoon kokemusmaailmaan.

Meioosi on biologisena aiheena haasteellinen juuri siinä esiintyvien monien käsitteiden vuoksi ja koska sen merkitys opiskelijoiden omaan elämään jää usein sisäistämättä. Meioosin ymmärtäminen antaa myös pohjan ymmärtää muita biologian aihealueita, kuten evoluutiota ja genetiikkaa. Tästä syystä siihen ja biologian vaikeisiin aiheisiin yleensä on tarpeen löytää uusia opetusmenetelmiä, jotka voivat auttaa aiheen opetuksessa. Flipped classroom on antanut lupaavia tuloksia biologian opetuksessa niin oppimistuloksissa kuin opiskelijoiden vastaanotossa. Pidempi

aikaisia flippausjaksoja ja niiden seurantoja kuitenkin tarvitaan, jotta voitaisiin tehdä laajempia yleistyksiä sen hyödyllisyydestä biologian opetuksessa.

## KIITOKSET

Haluan kiittää mukana olleita kouluja, näiden biologian opettajia sekä opiskelijoita tämän tutkimuksen mahdollistamisesta. Kiitos myös Maria Surakalle, ohjaajalleni Sirpa Kärkkäiselle sekä avopuolisolle tutkielmani lukemisesta ja palautteesta. Erityiskiitokset haluan antaa ohjaajalleni Vesa Paajaselle, joka tutustutti minut tähän hienoon opetusmenetelmään sekä auttoi tutkielman teossa lukuisia kertoja.

## LÄHTEET

- Ainsworth, S., Prain, V., Tytler, R. 2011: Drawing to Learn in Science. – Science 333 (1096). DOI: 10.1126/science.1204153
- Agorram, B., Zaki, M., Selmaoui, S., Khzami, S. 2017: Moroccan Science Student's Understanding of Meiosis and Its Relation to Gene Transmission- A Cross Sectional Study. – Journal of Education, Society and Behavioural Science 21(4): 1-8. DOI: 10.9734/JESBS/2017/34578
- Bahar, M., Johnstone, A., Hansell, M. 1999: Revisiting learning difficulties in biology. –Journal of Biological Education 33(2): 84-86. <http://dx.doi.org/10.1080/00219266.1999.9655648>
- Bergmann, J., Sams, A. 2012: Flip Your Classroom. –122 s. International Society for Technology in Education. US.
- Biström, J. 2005: Peer-to-Peer Networks as Collaborative Learning Environments. –Helsinki University of Technology: <http://www.jrb.fi/collp2p.pdf> / 19.2.2019
- Brophy, J. 2002: Social constructivist teaching: Affordances and constraints. –358 s. Jai press, Amsterdam.
- Cardak, O. 2009: Science Students' Misconceptions of the Water Cycle According to their Drawings. – Journal of Applied Sciences 9(5): 865-873. DOI: 10.3923/jas.2009.865.873
- Cardak, O. 2015: Student Science Teachers' Ideas of the Digestive System. – Journal of Education and Training Studies 3(5): 127-133. <http://dx.doi.org/10.11114/jets.v3i5.912>
- Chamany, K., Allen, D., Tanner, K. 2008: Making Biology Learning Relevant to Students: Integrating People, History, and Context into College Biology Teaching. – CBE Life Sciences Education 7(3): 267–278. DOI: 10.1187/cbe.08-06-0029
- Chircop, M. 2014: Rho GTPases as regulators of mitosis and cytokinesis in mammalian cells. – Small GTPases 5: e29770. DOI: 10.4161/sgtp.29770
- Christiansen, M. 2014: Inverted Teaching: Applying a New Pedagogy to a University Organic Chemistry Class. –Journal of chemical education 91 (11): 1845–1850. DOI: 10.1021/ed400530z

- Çimer, A. 2012: What makes biology learning difficult and effective: Students' views. – *Educational Research and Reviews* 7(3): 61-71. DOI: 10.5897/ERR11.205
- Clifton, A., Mann, C. 2011: Can YouTube enhance student nurse learning? – *Nurse Education Today* 31 (4): 311-313. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2010.10.004>
- Cooper, M. 200: Meiosis and Fertilization. – *The Cell: A Molecular Approach*. 2nd edition. Sunderland (MA): Sinauer Associates; 2000. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK9901/>
- Day, J., Foley, J. 2006: Evaluating a Web Lecture Intervention in a Human–Computer Interaction Course. – *Ieee Transactions On Education* 49(4): 420-431. DOI: 10.1109/TE.2006.879792
- Dehghani, M., Amini, M., Kojuri, J., Nabeiei, P. 2014: Evaluation of the efficacy of peer-learning method in nutrition students of Shiraz University of Medical Sciences. – *Journal of advances in medical education & professionalism* 2(2): 71-76. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4235552/>
- Dikmenli, M. 2009: Misconceptions of cell division held by student teachers in biology: A drawing analysis. – *Scientific Research and Essay* 5 (2): 235-247. [http://www.academicjournals.org/app/webroot/article/article1380539915\\_Dikmenli.pdf](http://www.academicjournals.org/app/webroot/article/article1380539915_Dikmenli.pdf)
- Entezari, M., Javdan, M. 2016: Active Learning and Flipped Classroom, Hand in Hand Approach to Improve Students Learning in Human Anatomy and Physiology. – *International Journal of Higher Education* 5 (4). <http://dx.doi.org/10.5430/ijhe.v5n4p222>
- Estes, M., Ingram, R., Liu, J. 2014: A Review of Flipped Classroom Research, Practice, and Technologies. – *International Higher Educational Teaching & Learning Association* 4 (7). <https://www.hetl.org/feature-articles/a-review-of-flipped-classroom-research-practice-and-technologies>
- Etobro, A., Fabinu, E. 2017: Students' Perceptions Of Difficult Concepts In Biology In Senior Secondary Schools In Lagos State. – *Global Journal Of Educational Research* 16: 139-147. <http://dx.doi.org/10.4314/gjedr.v16i2.8>
- Feng, C., Bowles, J., Koopman, P. 2014: Control of mammalian germ cell entry into meiosis. – *Molecular and cellular endocrinology* 382 (1): 488-497. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2013.09.026>
- Gariou-Papalexiou, A., Papadakis, S., Manousou, E., Georgiadu, I. 2017: Implementing a Flipped Classroom: A Case Study of Biology Teaching in a Greek High School. – *Turkish Online Journal of Distance Education* 18 (3): 47. <https://www.researchgate.net/publication/318085593>
- Gilbert, S., Fausto-Sterling, A. 2003: Educating for social responsibility: changing the syllabus of developmental biology. – *International Journal Of Developmental Biology* 47(2-3): 237-244. <http://works.swarthmore.edu/fac-biology/184>
- Gou, P, Kim, J., Rubin, R. 2015: How Video Production Affects Student Engagement: An Empirical Study of MOOC Videos. – *L@S2014, ACM conference on Learning @ scale conference*: 41-50. DOI>10.1145/2556325.2566239
- Green, R., Paluch, E., Oegema, K. 2012: Cytokinesis in Animal Cells. – *The Annual Review of Cell and Developmental Biology* 28: 29–58. DOI: 10.1146/annurev-cellbio-101011-155718
- Gross, D., Pietri, E., Anderson, G., Moyano-Camihort, K., Graham, M. 2015: Increased Preclass Preparation Underlies Student Outcome Improvement in the Flipped Classroom. – *CBE—Life Sciences Education* 14 (1-8): 14:ar36. DOI: 10.1187/cbe.15-02-0040

- Halkka, O. 1968: Meioosi ja mitoosi. –*Duodecim* 84: 363-368.  
[http://www.terveysportti.fi/d-htm/articles/1968\\_6\\_363-368.pdf](http://www.terveysportti.fi/d-htm/articles/1968_6_363-368.pdf)
- Heddy, B., Sinatra, G. 2013: Transforming Misconceptions: Using Transformative Experience to Promote Positive Affect and Conceptual Change in Students Learning About Biological Evolution. –*Science Education* 97(5): 723-744. <https://doi.org/10.1002/sce.21072>
- Heiner, C., Banet, A., Wieman, C. 2014: Preparing students for class: How to get 80% of students reading the textbook before class. –*American Association of Physics Teachers* 82(10): 989-996. <https://doi.org/10.1119/1.4895008>
- Hillers, K., Jantsch, V., Martinez-Perez, E., Yanowitz, J. 2017: Meiosis. – WormBook, The C. elegans Research Community. [doi/10.1895/wormbook.1.178.1](https://doi.org/10.1895/wormbook.1.178.1)
- Holman, R., Hanson, A. 2016: Flipped classroom versus traditional lecture: Comparing teaching models in undergraduate nursing courses. –*Nursing Education Perspectives* 37(6): 320–322. DOI: 10.1097/01.NEP.0000000000000075
- Ishiguro, K.-I., Watanabe, Y. 2007: Chromosome cohesion in mitosis and meiosis. – *Journal of Cell Science* 120: 367-369. DOI: 10.1242/jcs.03324
- Johnson, A., Alberio, R. Primordial germ cells: the first cell lineage or the last cells standing? – *The Company of Biologists Development* 142: 2730-2739. DOI:10.1242/dev.113993
- Jeong, J., Cañada-Cañada, F., González-Gómez, D. 2018: The Study of Flipped-Classroom for Pre-Service Science Teachers. –*Education sciences* 8: 163. DOI:10.3390/educsci8040163
- Kalas, P., O’Neill, A., Pollock, C., Birol, G. 2012: Development of a Meiosis Concept Inventory. – *CBE—Life Sciences Education* 12: 655–664. DOI: 10.1187/cbe.12-10-0174
- Khodor, J., Gould Halme, D., Walker, G. 2004: A Hierarchical Biology Concept Framework: A Tool for Course Design. – *Cell Biology Education* 3(2): 111–121. DOI: 10.1187/cbe.03-10-0014
- Kidman, G. 2008: Asking students: What key ideas would make classroom biology interesting? – *Teaching Science*, 54(2): 34-38. <https://www.researchgate.net/publication/27476416>
- Klein, F., Mahr, P., Galova, M., Buonomo, S., Michaelis, C., Nairz, K., Nasmyth, K., 1999: A Central Role for Cohesins in Sister Chromatid Cohesion, Formation of Axial Elements, and Recombination during Yeast Meiosis. –*Cell* 98 (1): 91–103. [https://doi.org/10.1016/S0092-8674\(00\)80609-1](https://doi.org/10.1016/S0092-8674(00)80609-1)
- Kooloos, J., Klaassen, T., Verelijken, M., Bolhus, S. 2011: Collaborative group work: Effects of group size and assignment structure on learning gain, student satisfaction and perceived participation. –*Medical Teacher* 33: 983-988. DOI: 10.3109/0142159X.2011.588733
- Kurt, H., Ekici, G., Aktaş, M., Aksu, Ö. 2013: Determining Biology Student Teachers’ Cognitive Structure on the Concept of “Diffusion” Through the Free Word-Association Test and the Drawing-Writing Technique. – *International Education Studies* 6(9): 187-206.  
<http://dx.doi.org/10.5539/ies.v6n9p187>
- Köse, S. 2008: Diagnosing Student Misconceptions: Using Drawings as a Research Method. – *World Applied Sciences Journal* 3(2): 283-293.  
[https://www.researchgate.net/publication/239919266\\_Diagnosing\\_Student\\_Misconceptions\\_Using\\_Drawings\\_as\\_a\\_Research\\_Method](https://www.researchgate.net/publication/239919266_Diagnosing_Student_Misconceptions_Using_Drawings_as_a_Research_Method)
- Itä-Suomen Yliopisto. 2019. UEF’s Flipping Finland project wins EAPRIL Best Research and Practice Project Award. [https://www.uef.fi/en/news-and-events/-/asset\\_publisher/O7FHZUMWTBu0/content/id/2114269](https://www.uef.fi/en/news-and-events/-/asset_publisher/O7FHZUMWTBu0/content/id/2114269)

- LeMaire-Adkins, R., Radke, K., Hunt, P. 1997: Lack of Checkpoint Control at the Metaphase/Anaphase Transition: A Mechanism of Meiotic Nondisjunction in Mammalian Females. – *The Journal of Cell Biology* 139 (7): 1611–1619.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2132649/pdf/32887.pdf>
- Leonard, W. Eight Big Challenges for Effective student learning of Biology. –*The American Biology Teacher* 73 (5). DOI: 10.1525/abt.2011.73.5.2
- Lieu, R., Wong, A., Asefirad, A., Shaffer, J. 2017: Improving Exam Performance in Introductory Biology through the Use of Preclass Reading Guides. –*CBE Life Sciences Education* 16(3):ar46. DOI: 10.1187/cbe.16-11-0320
- Love, B., Hodge, A., Grandgenett, N., Swift, A. 2013: Student learning and perceptions in a flipped linear algebra course. – *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology* 45(3): 317-324. DOI: 10.1080/0020739X.2013.822582
- Lyon, P., Letschka, P., Ainsworth, T., Haq, I. 2016: Drawing Pedagogies in Higher Education: the Learning Impact of a Collaborative Cross-disciplinary Drawing Course. – *The International Journal of Art & Design Education* 37 (2): 221-232.  
<https://doi.org/10.1111/jade.12106>
- MacLennan, M., Crichton, J., Playfoot, C., Adams, I. 2015: Oocyte development, meiosis and aneuploidy. – *Seminars in Cell & Developmental Biology* 45: 68–76. <https://ac.els-cdn.com/S1084952115001901/dx.doi.org/10.1016/j.semcdb.2015.10.005>
- Malto, G., Dalida, C., Lagunzad, C. 2018: Flipped Classroom Approach in Teaching Biology: Assessing Students’ Academic Achievement and Attitude Towards Biology. –4th International Research Conference on Higher Education 2018: 540–554. DOI: 10.18502/kss.v3i6.2403
- Mascolo, M. 2009: Beyond Student-Centered and Teacher-Centered Pedagogy: Teaching and Learning as Guided Participation. –*Pedagogy and the Human Sciences* 1(1): 3-27.  
<http://scholarworks.merrimack.edu/phs/vol1/iss1/6>
- McNeill, K., Krajcik, J. 2008: Scientific Explanations: Characterizing and Evaluating the Effects of Teachers’ Instructional Practices on Student Learning. –*Journal Of Research In Science Teaching* 45(1): 53-78. DOI 10.1002/tea.20201
- Mills Shaw, K., Van Horne, K., Zhang, H., Boughman, J. 2008: Essay Contest Reveals Misconceptions of High School Students in Genetics Content. – *Genetics* 178(3): 1157–1168.  
 doi: 10.1534/genetics.107.084194
- Mogessie, B., Scheffler, K., Schuh, M. 2018: Assembly and Positioning of the Oocyte Meiotic Spindle. – *Annual Review of Cell and Developmental Biology* 34: 381-403.  
<https://doi.org/10.1146/annurev-cellbio-100616-060553>
- Moravec, M., Williams, A., Aguilar-Roca, N., O’Dowd, D. 2010: Learn before Lecture: A Strategy That Improves Learning Outcomes in a Large Introductory Biology Class. – *CBE—Life Sciences Education* 9: 473–481. DOI: 10.1187/cbe.10-04-0063
- Nestel, D., Kidd, J. 2005: Peer assisted learning in patient-centred interviewing: the impact on student tutors. – *Medical Teacher* 27 (5): 439-444.  
<https://doi.org/10.1080/01421590500086813>
- Newman, D., Catavero, C., Wright, L. 2012: Students Fail to Transfer Knowledge of Chromosome Structure to Topics Pertaining to Cell Division. –*CBE—Life Sciences Education* 11: 425–436. DOI: 10.1187/cbe.12-01-0003
- Ohkura, H. 2015: Meiosis: An Overview of Key Differences from Mitosis. – *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology* 7(5): a015859. DOI: 10.1101/cshperspect.a015859

- Ojennus, D. 2016: Assessment of learning gains in a flipped biochemistry classroom. – *Biochemistry and Molecular Biology Education* 44(1): 20–27. DOI: 10.1002/bmb.20926
- Opetushallitus. 2015: Lukion opetussuunnitelman perusteet 2015. Opetushallituksen määräykset ja ohjeet 2015:48. Helsinki.  
[https://www.opi.fi/download/172124\\_lukion\\_opetussuunnitelman\\_perusteet\\_2015.pdf](https://www.opi.fi/download/172124_lukion_opetussuunnitelman_perusteet_2015.pdf)
- Opetushallitus. 2019: LOPS-luonnos. Opetushallitus.
- Ozcan, T., Yildirim, O., Ozgur, S. 2012: Determining of the University Freshmen Students' Misconceptions and Alternative Conceptions about Mitosis and Meiosis. – *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 46: 3677–3680. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.126>
- Page, S., Hawley, R. 2003: Chromosome Choreography: The Meiotic Ballet. – *Science* 301(5634): 785–789. DOI: 10.1126/science.1086605.
- Petronczki, Siomos, M., Nasmyth, K. 2007: Un Me 'nage a ` Quatre: The Molecular Biology of Chromosome Segregation in Meiosis. – *Cell* 112 (4): 423–440. [https://doi.org/10.1016/S0092-8674\(03\)00083-7](https://doi.org/10.1016/S0092-8674(03)00083-7)
- Pierce, R., Fox, J. 2012: Vodcasts and Active-Learning Exercises in a “Flipped Classroom” Model of a Renal Pharmacotherapy Module. – *American Journal of Pharmaceutical Education* 76(10): 196. <https://doi.org/10.5688/ajpe7610196>
- Quatadamo, I., Brahler, C., Crouch, G. 2009: Peer-led Team Learning: A Prospective Method for Increasing Critical Thinking in Undergraduate Science Courses. – *Physical Therapy Faculty Publications*: 45. [https://ecommons.udayton.edu/dpt\\_fac\\_pub/45](https://ecommons.udayton.edu/dpt_fac_pub/45)
- Quillin, K., Thomas, S. 2015: Drawing-to-Learn: A Framework for Using Drawings to Promote Model-Based Reasoning in Biology. – *CBE- Life Sciences Education* 14(1): es2. DOI: 10.1187/cbe.14-08-0128
- Quinn, F., Pegg, J., Panizzon, D. 2009: First-year Biology Students' Understandings of Meiosis: An investigation using a structural theoretical framework. – *International Journal of Science Education* 31 (10): 1279–1305. DOI: 10.1080/09500690801914965
- Rankin, S. 2015: Complex elaboration: making sense of meiotic cohesin dynamics. – *FEBS Journal* 282(13): 2413–2430. DOI:10.1111/febs.13301.
- Raverdeau, M., Gely-Pernot, A., Féret, B., Dennefeld, C., Benoit, G., Davidson, I., Chambon, P., Mark, M., Ghyselinck, N. 2012: Retinoic acid induces Sertoli cell paracrine signals for spermatogonia differentiation but cell autonomously drives spermatocyte meiosis. – *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A* 109(41): 16582–16587. <https://dx.doi.org/10.1073%2Fpnas.1214936109>
- Rotellar, C., Cain, J. 2016: Research, Perspectives, and Recommendations on Implementing the Flipped Classroom. – *American Journal of Pharmaceutical Education* 80 (2): 34. DOI: [10.5688/ajpe80234]
- Rutanen, E-M. 1999: Munasarja – alati muuttuva elin. – *Duodecim* 115: 2091–2101. <https://www.duodecimlehti.fi/api/pdf/duo91042>
- Rybska, E. 2016: A model for conceptualizing drawing as a teaching-learning activity in biology education. – *Edukacja Biologiczna I Środowiskowa* 1: 74–80. <https://www.researchgate.net/publication/304113327>
- Sanders, J., Jones, K. 2018: Regulation of the meiotic divisions of mammalian oocytes and eggs. – *Biochemical Society Transactions* 46: 797–806. <https://doi.org/10.1042/BST20170493>
- Sanders, M., Moletsane, G., Donald, C., Critchley, A. 1997: First-year university students' problems in understanding basic concepts of plant reproduction. – *South African Journal of Botany* 63 (6): 330–341. [https://doi.org/10.1016/S0254-6299\(15\)30782-1](https://doi.org/10.1016/S0254-6299(15)30782-1)



- Sariola, H., Frilander, M., Heino, T., Jernvall, J., Partanen, J., Sainio, K., Salminen, M., Thesleff, I., Wartiovaara, K. 2015: *Kehitysbiologia*. 340s. Kustannus oy Duodecim, Helsinki.
- Serin, H. 2018: A Comparison of Teacher-Centered and Student-Centered Approaches in Educational Settings. –*International Journal of Social Sciences & Educational Studies* 5(1): 164-167. <https://www.researchgate.net/publication/328429101>
- Šorgo, A., Šiling, R. 2017: Fragmented Knowledge and Missing Connections between Knowledge from Different Hierarchical Organisational Levels of Reproduction among Adolescents and Young Adults. – *Center for Educational Policy Studies Journal* 7(1): 69-91. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1137838>
- Stang, J., Barker, M., Perez, S., Ives, J., Roll, I. 2016: Active learning in pre-class assignments: exploring the use of interactive simulations to enhance reading assignments. –*Physics Education Research Conference 2016*. DOI: 10.1119/perc.2016.pr.078
- Talbert, R. 2017: *Flipped Learning: A Guide for Higher Education Faculty*. –241 s. Stylus Publishing. Virginia.
- Tekkaya, C., Özkan, Ö., Sungur, S. 2001: Biology concepts perceived as difficult by Turkish high school students. – *Journal of Hacettepe University Faculty of Education* 21: 145-150. <http://www.efdergi.hacettepe.edu.tr/yonetim/icerik/makaleler/1048-published.pdf>
- Toivola, M., Silverberg, H. 2014: Flipped Learning –Approach in mathematics teaching – A theoretical point of view. –*Matematiikan ja luonnontieteiden opetuksen tutkimusseuran tutkimuspäivät 2014*. [http://www.academia.edu/17424961/FLIPPED\\_LEARNING\\_APPROACH\\_IN\\_MATHEMATICS\\_TEACHING\\_A\\_THEORETICAL\\_POINT\\_OF\\_VIEW](http://www.academia.edu/17424961/FLIPPED_LEARNING_APPROACH_IN_MATHEMATICS_TEACHING_A_THEORETICAL_POINT_OF_VIEW) MITEN VIITTAAN
- Tuomi, J., Sarajärvi, A. 2018: Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. –205 s. Tammi. Helsinki.
- Tusa, N., Sointu, E., Kastarinen, H., Valtonen, T., Kaasinen, A., Hirsto, L., Saarelainen, M., Mäkitalo, K., Mäntyselkä, P. 2018: Medical certificate education: controlled study between lectures and flipped classroom. –*BMC Medical Education* 18: 243. <https://doi.org/10.1186/s12909-018-1351-7>
- Tütüncü, N., Aksu, M. 2018: A systematic review of flipped classroom studies in Turkish education. – *International Journal of Social Sciences and Education Research* 4(2): 207-229. <https://www.researchgate.net/publication/325202971>
- University Of Eastern Finland. 2018: UEF's Flipping Finland project wins EAPRIL Best Research and Practice Project Award. <https://www.uef.fi/en/-/flippaus-valittiin-parhaaksi-tutkimuksen-ja-kaytannon-opetuksen-projektiksi-euroopassa> (13.2.2019)
- Vlckova, J., Kubiato, M., Usak, M. 2016: Czech high school students' misconceptions about basic genetic concepts: preliminary results. –*Journal of Baltic Science Education* 15 (6): 732-745. <https://www.researchgate.net/publication/312164010>
- Waite, W., Leonardi, P. 2004: Student Culture vs Group Work in Computer Science. –*ACM SIGCSE Bulletin* 36(1): 12-16. DOI>10.1145/1028174.971308
- Weise, A., Bhatt, S., Piaszinski, K., Kosyakova, N., Fan, X., Altendorf-Hofmann, A., Tanomtung, A., Chaveerach, A., Bello de Cioffi, M., de Oliveira, E., Walther, J-U., Liehr, T., Chaudhuri, J. 2016: Chromosomes in a genome-wise order: evidence for metaphase architecture. –*Molecular cytogenetics* 9: 36. DOI: 10.1186/s13039-016-0243-y
- Wright, L., Catavero, C., Newman, D. 2017: The DNA Triangle and Its Application to Learning Meiosis. – *CBE—Life Sciences Education* 16: ar50. DOI: 10.1187/cbe.17-03-0046

- Wright, S., Horn, S., Sanders, W. 1997: Teacher and Classroom Context Effects on Student Achievement: Implications for Teacher Evaluation. –*Journal of Personnel Evaluation in Education* 11: 57-67. <https://doi.org/10.1023/A:1007999204543>
- Xiao, N., Thor, D., Zheng, M., Baek, J., Kim, G. 2018: Flipped classroom narrows the performance gap between low- and high-performing dental students in physiology. –*The American Physiological Society: Advances in physiology education* 42(2): 586-592. <https://doi.org/10.1152/advan.00104.2018>
- Xu, Z., Shi, Y. 2018: Application of Constructivist Theory in Flipped Classroom — Take College English Teaching as a Case Study. –*Theory and Practice in Language Studies* 8(7): 880-887. <http://dx.doi.org/10.17507/tpls.0807.21>
- Yip, D-Y. 1998: Identification of misconceptions in novice biology teachers and remedial strategies for improving biology learning. –*International Journal of Science Education* 20(4): 461-477. <https://doi.org/10.1080/0950069980200406>
- Zickler, D., Kleckner, N. 2015: Recombination, Pairing, and Synapsis of Homologs during Meiosis. – *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology* 7(5): a016626. DOI: 10.1101/cshperspect.a016626
- Zhang, D., Zhou, L., Briggs, R., Nunamaker, J. 2006: Instructional video in e-learning: Assessing the impact of interactive video on learning effectiveness. – *Information and Management* 43 (1): 15-27. <https://doi.org/10.1016/j.im.2005.01.004>

## LIITTEET

Liite 1. Tutkimuslupahakemus

Liite 2. Ennakkokysely

Liite 3. Flippausryhmän tuntisuunnitelma

Liite 4. Perinneryhmän tuntisuunnitelma

Liite 5. Ennakkomateriaalin ohje

Liite 6. Ryhmätyöskentelykysymykset

Liite 7. Oppimistestin kysymykset

Liite 8. Malliesimerkit piirtotehtävän kategorioihin

Liite 9. Palautekysely

## Liite 1. Tutkimuslupahakemus

### Tutkimuslupahakemus

*Koulun nimi*

18.9.2018

Hakija: Juuli Lindén

Sähköposti: juulil(a)student.uef.fi

#### **Tutkimuksessa käytettävä aineisto:**

Tutkimus selvittää Flipped classroom opetuksen toimivuutta biologian lukio-opetuksessa. Tutkimus tehdään ennakkotietoja ja -kokemuksia testaavalla ennakkokyselyllä sekä opetusintervention jälkeen oppimista testaavalla testillä. Molemmat testit tehdään anonymisti, jolloin opiskelijoiden henkilötietoja ei tutkimuksessa kerätä. Tutkimus suoritetaan kahdessa lukiossa eri puolilla Suomea ja siihen osallistuu neljä luokkaa, joista kahta opetetaan perinteisellä ja kahta Flipped classroom menetelmällä.

#### **Tutkimusaineiston säilyttäminen ja käyttö:**

Tutkimusaineisto säilytetään suljetussa ympäristössä yliopiston verkkolevyllä. Tutkimusaineisto ei sisällä opiskelijoiden henkilötietoja eikä siten muodosta henkilökisteriä.

#### **Tutkimussuunnitelman tiivistelmä:**

Aion tutkia Flipped classroom opetusmenetelmän toimivuutta biologian lukio-opetuksessa. Olemme Itä-Suomen yliopistossa kehittäneet kyseistä menetelmää laajassa hankkeessa ja havainneet sen erittäin toimivaksi yliopisto-opetuksessa monilla eri aloilla. Menetelmässä opettajavetoinen ohjausopetus korvataan ennakkomateriaaleilla, kuten opetusvideoilla, joihin opiskelijat tutustuvat ennen varsinaista oppituntia. Tällöin oppitunnilla voidaan aiempaa paremmin keskittyä vertaisoppimiseen ja aiheen käsittelyyn keskustelemalla.

Tutkimuskohteenani on flipped classroom menetelmän soveltuvuus lukion biologian meioosin opetuksessa. Opetettavan aiheen olen valinnut esikyselyn perusteella, jossa kyseinen aihe miellettiin vaikeaksi. Sen monimuotoisuuden takia meioosin hahmottaminen isommassa kokonaisuudessa voi olla oppilaille hankalaa ja siksi olisikin tärkeää löytää siihen tehokas ja oppilaita miellyttävä opetustapa.

Tutkimus tehdään opettamalla luokkia joko perinteisellä tai flipped classroom menetelmällä ja vertaamalla ryhmien oppimistuloksia keskenään. Tarkoituksena on tutkia opetusmenetelmää lukion toisen vuoden opiskelijoilla kahdessa eri lukiossa eri puolilla Suomea, jolloin tutkimukseen osallistuu kaksi koeryhmää ja kaksi kontrolliryhmää.

Tutkimuksen ohjaajina toimivat Itä-Suomen yliopistosta Sirpa Kärkkäinen Soveltavan Kasvatustieteen laitokselta ja Vesa Paajanen Ympäristö- ja biotieteiden laitokselta. Molemmilla ohjaajilla on runsaasti kokemusta osallistavien opetusmenetelmien ja flipped classroom menetelmän käytöstä.

Tutkimus tehdään ennakkotietoja ja -kokemuksia testaavalla ennakkokyselyllä sekä opetusintervention jälkeen oppimista testaavalla testillä. Molemmat testit tehdään anonymisti, jolloin opiskelijoiden henkilötietoja ei tutkimuksessa kerätä.

Liite 2. Ennakkokysely

ENNAKKOKYSELY

Vastaathan kysymyksiin rehellisesti.

Nimi:

1 = ei yhtään 2 = vain vähän 3 = jonkin verran 4 = paljon

<b>Ennakkokokemuksia</b>	1	2	3	4
Onko sinulla kokemusta ennakkoon annetusta materiaalista opetuksessa?  Jos on, niin missä aineessa?				
Onko sinulla kokemusta videovälitteisestä opetuksesta?  Jos on, niin missä aineessa?				
Onko sinulla kokemusta opetusvideoiden käytöstä vapaa-ajalla?  Jos on, niin missä aiheessa?				
Onko sinulla kokemusta piirtämisestä opiskelutyökaluna?  Jos on, niin missä aiheessa?				

1 = ei yhtään 2 = vain vähän 3 = jonkin verran 4 = paljon

Selitä seuraavat käsitteet omin sanoin. Arvioi myös, kuinka hyvin koet hallitsevasi kyseiset käsitteet.	1	2	3	4
Suvullinen lisääntyminen				
Meioosi				
Sukusolu				
Geneettinen muuntelu				
Evoluutio				

© Juuli Lindén

KIITOS!

Liite 3. Flippausryhmän tuntisuunnitelma

Aika	Aihe	Menetelmät
10-15 min	<p>Ennakkotehtävien palautus ja palauteen anto</p> <p>Ennakkovideon kertaus, käsitteiden (tumasukkula, keskusjyvänen, sukkularihma) selvennys</p>	<p>Suullinen palaute</p> <p>Opiskelijoilta kysellen</p> <p>Taululla piirtäminen</p>
50-55 min	Ryhmätyöskentely	<p>Opiskelijat työskentelevät ryhmässä tehtävien parissa</p> <p>Opettaja kiertelee auttamassa ja tekee täydentäviä kysymyksiä</p> <p>Meioosin vaiheiden varmistus</p>
10 min	Yhteenvedo ja kertaus	<p>Ryhmät kertovat vastauksensa kysymyksiin 2 ja 3</p> <p>Opiskelijoilla mahdollisuus kysymyksiin</p> <p>Opettaja kertoo luokalle tunnin aiheen</p>

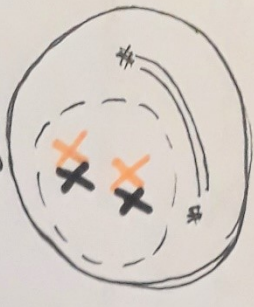
Liite 4. Perinneryhmän tuntisuunnitelma

Aika	Aihe	Menetelmät
40 min	<p>Teoriaosuus</p> <p>Meioosin läpikäynti: meioosi, diploidi kromosomisto, vastinkromosomi, haploidi kromosomisto, autosomi, sukupuolikromosomi, interfaasi</p> <p>Meioosin vaiheiden piirtäminen</p>	<p>Kirjalliset muistiinpanot</p> <p>Opettaja piirtää ja selittää</p>
25 min	Ryhmätyöskentely	<p>Opiskelijat työskentelevät ryhmässä tehtävien parissa</p> <p>Opettaja kiertelee auttamassa ja tekee täydentäviä kysymyksiä</p> <p>Meioosin vaiheiden varmistus</p>
10 min	Yhteenveto ja kertaus	<p>Ryhmät kertovat vastauksensa kysymyksiin 2 ja 3</p> <p>Opiskelijoilla mahdollisuus kysymyksiin</p> <p>Opettaja kertoo luokalle tunnin aiheen</p>



Vikennyksiä

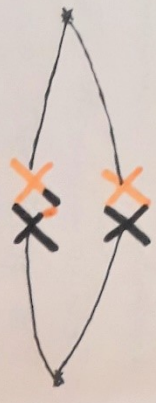
Profasi I



Kiasma  
 $2n$

- Tekijän vaihdunta

Metafasi I



- Vastin kromosomit  
asettuvat sattuun -  
vasai sesti parijonon  
Täi Täi Täi

Anafasi I

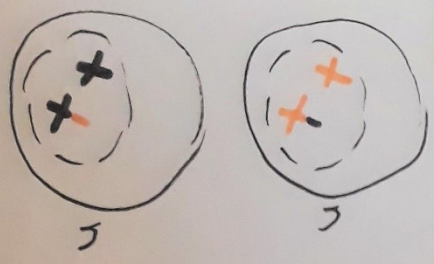


- Vastin kromosomit  
erkaantuvat toisistaan

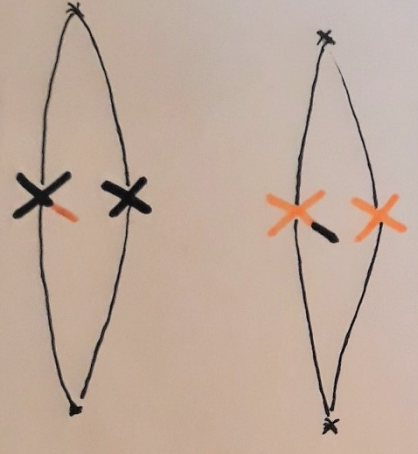
Telofasi I ja solun-  
jakautuminen



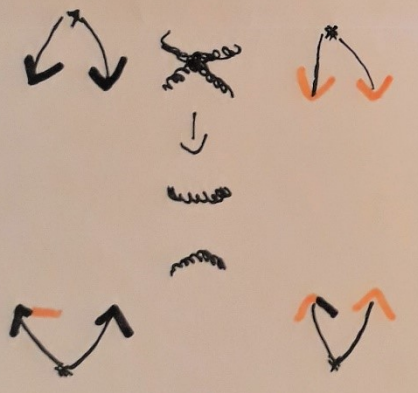
Tasausjako  
Profasi II



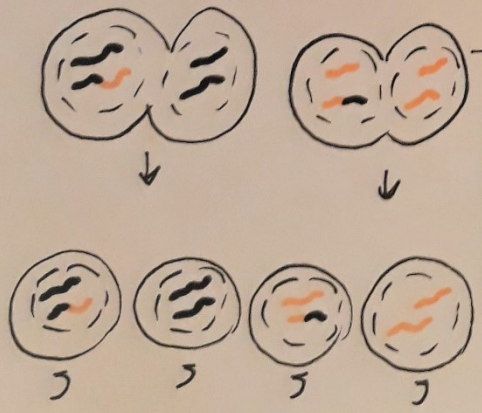
Metafasi II



Anafasi II



Telofasi II ja solun-  
jakautuminen



## Liite 5. Ennakkomateriaalin ohje

### ENNAKKOMATERIAALI

#### Ohjeet:

Tutustu ennakkomateriaaliin huolella ennen xx.xx.xxxx olevaa oppituntia. Ennakkomateriaali sisältää tehtävänannon, joka sinun tulee tehdä ja palauttaa ennen seuraavaa oppituntia. Tehtävänantoa varten tarvitsen paperia ja värikyniä. Tehtävänantoa käsitellään seuraavalla oppitunnilla. Palautus tulee tehdä viimeistään xx.xx.xxxx klo 18 mennessä.

Ennakkomateriaali: <https://www.youtube.com/watch?v=EC5TH6l9sgw&feature=youtu.be>

#### Palautus:

Sähköpostiosoite: [kaanteinenoppiminen2018@gmail.com](mailto:kaanteinenoppiminen2018@gmail.com)

Palautus viimeistään xx.xx.xxxx klo 18 mennessä.

Muista **kirjoittaa nimesi palautukseen**, jotta tiedän, kuka sen on lähettänyt.

## Liite 6. Ryhmätyöskentelykysymykset (koulu 1)

1. Piirtäkää meioosin vaiheet selitysten kanssa.
2. Mikä merkitys meioosilla on biologiassa? Piirtäkää esimerkki/esimerkkejä
3. Mikä merkitys geneettisellä muuntelulla on biologiassa? Piirtäkää esimerkki/esimerkkejä
4. Mikä merkitys suvullisella lisääntymisellä on biologian kannalta? Piirtäkää esimerkki/esimerkkejä
5. Selitä, miten nämä käsitteet liittyvät toisiinsa:
  - autosomi ja sukupuolikromosomi. Havainnollista näitä piirtämällä.
  - diploidi ja haploidi kromosomisto. Havainnollista nämä piirtämällä.
  - sisarkromatidi ja tytärokromosomi. Havainnollista nämä piirtämällä.
  - geneettinen muuntelu ja geneettinen rekombinaatio
  - keskusjyvänen ja sukkularihma
  - tekijänvaihdunta ja kiasma. Havainnollista nämä piirtämällä.

## Ryhmätyöskentelykysymykset (koulu 2)

1. Kirjoittakaa meioosin kaikki vaiheet ylös ja selittäkää lyhyesti (parilla lauseella), mitä kussakin vaiheessa tapahtuu. Piirtäkää jokaisen vaiheen kohdalle, miten kromosomit ovat kyseisessä vaiheessa.
2. Mikä merkitys meioosilla on biologiassa? Piirrä esimerkki
3. Mikä merkitys geneettisellä muuntelulla on biologiassa?
4. Mikä merkitys suvullisella lisääntymisellä on biologian kannalta? Piirtäkää esimerkki/esimerkkejä
5. Selitä, miten nämä käsitteet liittyvät toisiinsa:
  - autosomi ja sukupuolikromosomi. Havainnollista näitä piirtämällä.
  - diploidi ja haploidi kromosomisto. Havainnollista nämä piirtämällä.
  - sisarkromatidi ja tytärokromosomi. Havainnollista nämä piirtämällä.
  - geneettinen muuntelu ja geneettinen rekombinaatio
  - keskusjyvänen ja sukkularihma
  - tekijänvaihdunta ja kiasma. Havainnollista nämä piirtämällä.

Liite 7. Oppimistestin kysymykset

## **MEIOOSI**

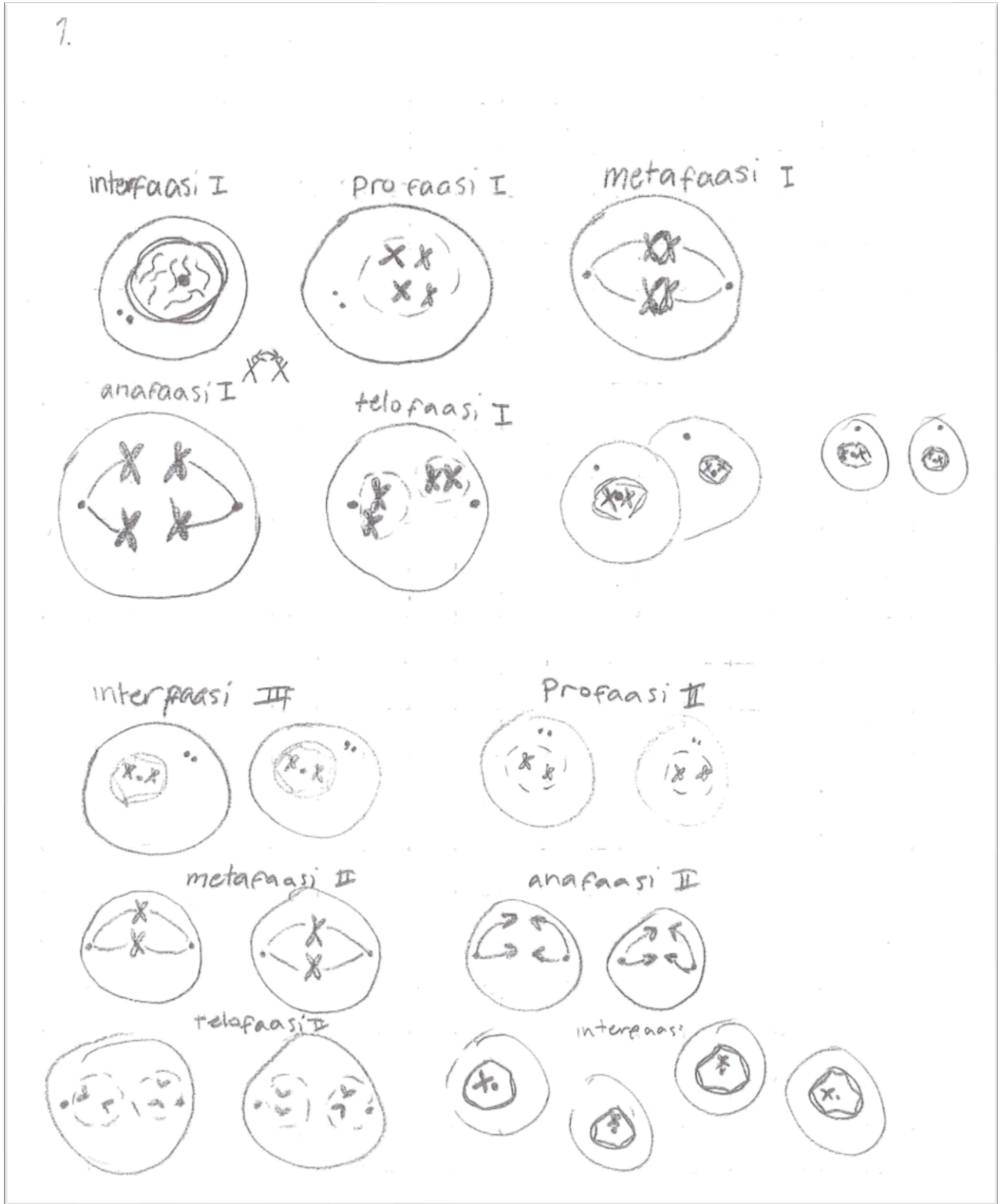
Vastaa kaikkiin kysymyksiin.

Nimi:

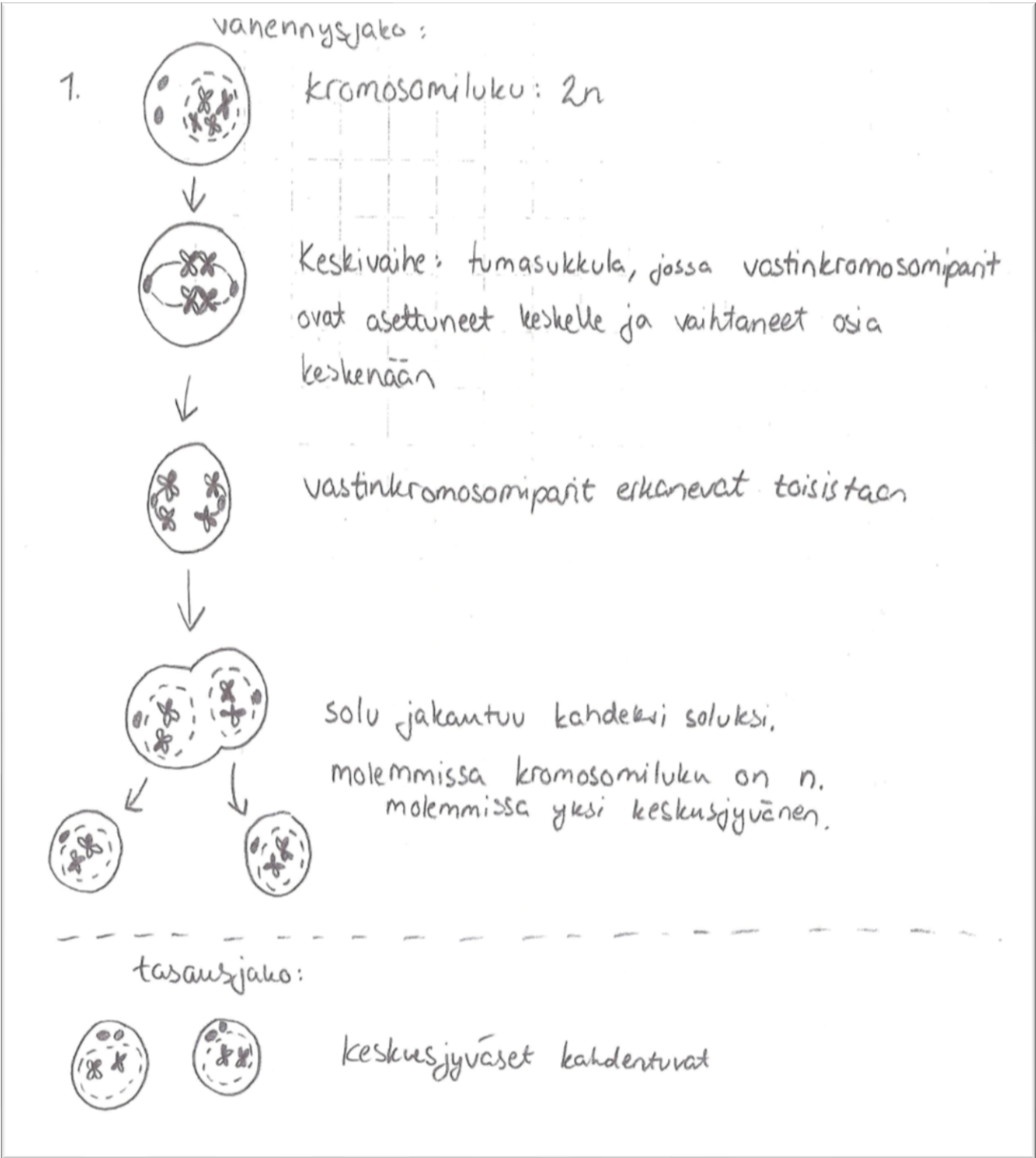
**1. Piirrä meioosin vaiheet ja selitä, mitä kyseisissä vaiheissa tapahtuu. Selitä myös, mitä tapahtuu ennen meioosia.**

**2. Kerro, mikä on meioosin merkitys biologiassa.**

Liite 8. Malliesimerkit piirtotehtävän kategorioihin



Malliesimerkki 1. kategorian vastauksesta

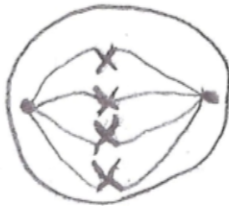


Malliesimerkki 2.1 kategorian vastauksesta (vähennysjako havaittavissa)

1 Profaasi



↓  
Metafaasi



Kromosomit kiinnittyvät keskusympäristiin

↓  
Anafaasi



Solu alkaa jakautua

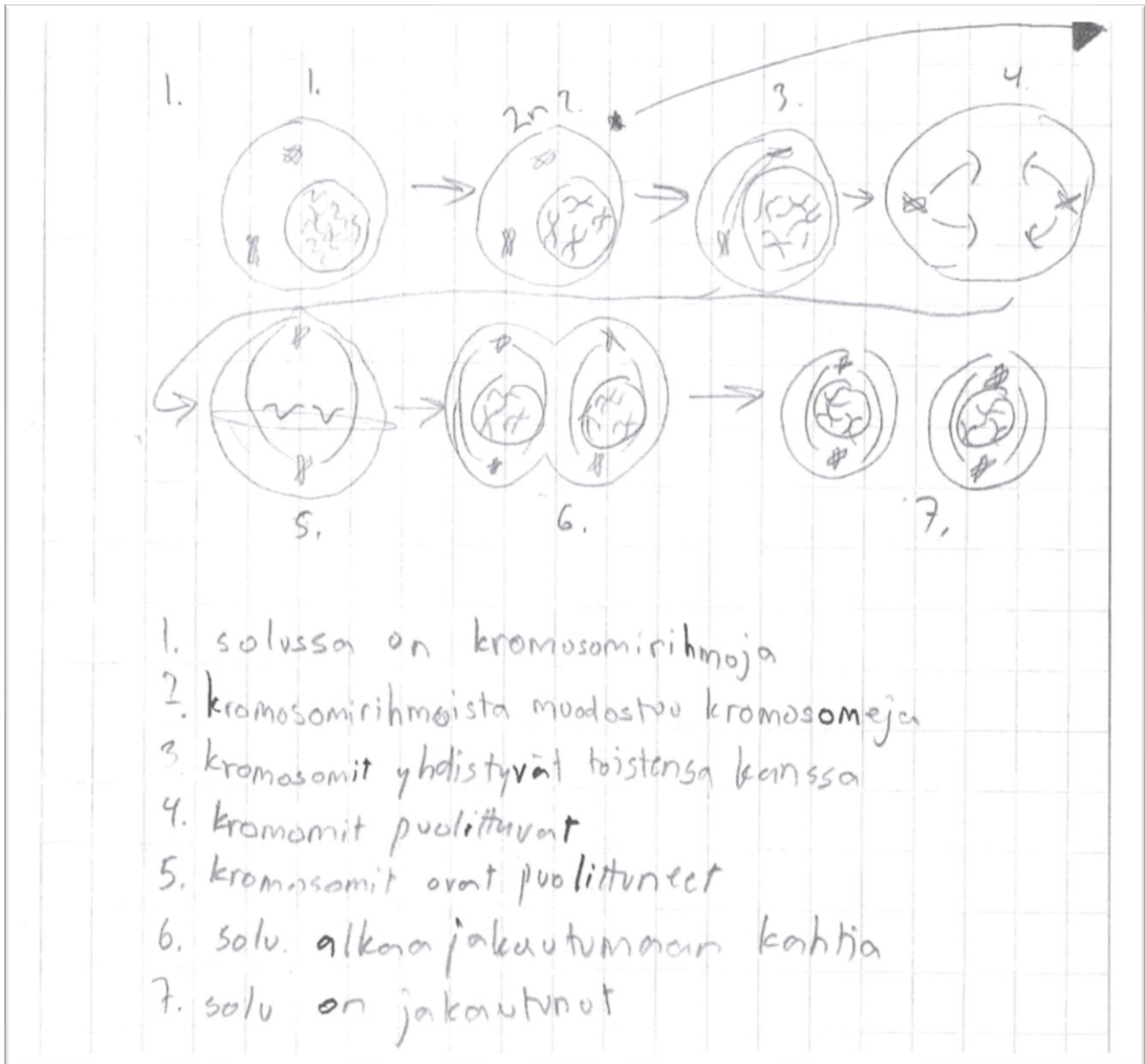
↓  
Telofaasi

Solut ovat jakautuneet



Malliesimerkki 2.2 kategorian vastauksesta (tasausjako havaittavissa)





Malliesimerkki 3. kategorian vastauksesta



1. DNA:n kahdentuminen



Malliesimerkki 4. kategorian vastauksesta

Liite 9. Palautekysely

PALAUTEKYSELY

Vastaathan kysymyksiin rehellisesti.

Nimi:

1 = ei yhtään 2 = vain vähän 3 = jonkin verran 4 = paljon

<b>Työskentelytavat</b>	1	2	3	4
Piirtäminen auttoi meioosin vaiheiden oppimisessa.				
Piirtäminen auttoi meioosin merkityksen oppimisessa.				
Aion käyttää piirtämistä opiskelutyökaluna tulevaisuudessa.				
Ryhmässä työskentely auttoi meioosin vaiheiden oppimisessa.				
Ryhmässä työskentely auttoi meioosin merkityksen oppimisessa.				
Ennakkoon annettu materiaali auttoi/olisi auttanut meioosin vaiheiden oppimisessa.				
Ennakkoon annettu materiaali auttoi/olisi auttanut meioosin merkityksen oppimisessa.				
Opettajan piirtäminen auttoi meioosin vaiheiden oppimista.				
Opettajan piirtäminen auttoi meioosin merkityksen oppimisessa.				

1 = ei yhtään 2 = vain vähän 3 = jonkin verran 4 = paljon

<b>Aihealueen hallinta</b> Selitä seuraavat käsitteet ja arvioi niiden hallinta.	1	2	3	4
Suvullinen lisääntyminen				
Meioosi				
Sukusolu				
Geneettinen muuntelu				
Tekijänvaihdunta				
Tiedän, mitä vaiheita meioosi pitää sisällään.				
Tiedän, mitä meiosisin eri vaiheissa tapahtuu.				
Ymmärrän meiosisin merkityksen suvullisessa lisääntymisessä.				
Ymmärrän meiosisin merkityksen evoluutiolle.				

Mitkä asiat tai työskentelytavat auttoivat oppimistasi ja miksi?

Mitkä asiat tai työskentelytavat olisivat auttaneet sinua ymmärtämään meioosia paremmin?  
Miksi?

© Juuli Lindén

KIITOS!