

Biologian ylioppilaskokelaiden ajattelutaitojen arviointi evolutiivisen koekysymyksen perusteella

Meri-Tuulia Reponen

Pro gradu -tutkielma
Turun yliopisto
Biologian laitos
Lokakuu 2020

*Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän
julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin
OriginalityCheck -järjestelmällä.*

TURUN YLIOPISTO

Biologian laitos

REPONEN MERI-TUULIA:

Biologian ylioppilaskokelaiden ajattelutaitojen arviointi evolutiivisen koekysymyksen perusteella

Pro gradu -tutkielma, 50 s., 2 liites.

Biologian opettajan tutkinto-ohjelma

Lokakuu 2020

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin Originality Check- järjestelmällä.

Lukiokoulutuksen tavoitteena on kehittää opiskelijoiden tieto- ja ajattelutaitoja. Ylioppilaskokeet pohjautuvat näiden arviointiin, jossa biologian rooli on ymmärtää elämää ja sen ilmiöitä kokonaisvaltaisesti. Pitkä matematiikka kehittää ajattelutaitoja, jonka takia yliopistokoulutusten sisäänpääsyn todistusvalinnassa sitä painotetaan eniten. Selvitin tässä tutkimuksessa millaiset ovat lukiolaisten ajattelutaidot. Miten ajattelutaidot näkyvät ylioppilaskoetehtävän vastauksessa, miten ne ovat yhteydessä ylioppilastutkintolautakunnan (YTL) antamiin pisteisiin, millaiset ovat ajattelutaidot kokelaiden välillä, jotka ovat kirjoittaneet eri määrän aineita sekä miten matematiikan opiskelu näkyy ajattelutaitojen laadussa.

Aineistonani oli biologian kevään 2019 ylioppilaskokelaiden vastaukset aineistopohjaiseen tehtävään yhdeksän. Aineisto koostui kaikista tehtävään vastanneiden kokelaiden vastauksista satunnaisesti valituista 350 vastauksesta. Tehtävän vastauksista tutkittiin laadullisen sisällönanalyysin avulla kokelaiden ajattelutaitojen tasoa. Tutkimuksessa käytettiin SOLO-taksonomiaa (Structure of the Observed Learning Outcome) ajattelutaitojen arviointiin. Tilastollisin menetelmin tutkittiin ajattelutaitojen yhteyttä YTL:n antamiin pisteisiin, kirjoitettujen aineiden määrään ja matematiikan kirjoittamiseen.

Suurin osa vastauksista, 87 %, edusti pintasuuntautunutta ajattelua. Kokelailta oli vaikeuksia hahmottaa evoluutioon liittyviä keskeisiä käsitteitä. Johdonmukaisuus kärsi, koska käsitteitä ja evoluutioon liittyviä syy-seuraussuhteita oli vaikea integroida yhdeksi kokonaisuudeksi. Kirjoitettujen aineiden määrällä ja pitkän matematiikan kirjoittamisella oli tilastollisesti merkitsevä yhteys ajattelutaitojen tasoon. Eroja ei ollut sukupuolten välillä. Biologista ajattelutaitoa voitaisiin parantaa kiinnittäen huomiota opetusmenetelmiin, jotka tukevat luovaa ja kriittistä ajattelua ja ilmiöiden kokonaisvaltaisempaa ymmärtämistä. Tutkimustulokset antoivat tukea yliopisto-opintojen sisäänpääsyn todistusvalintaan, jossa pitkän matematiikan arvosanan merkitys on vahva. Pitkän matematiikan opiskelu tukee tämän tutkimuksen mukaan ajattelutaitoja biologiassa ja hyvistä ajattelutaidoista on hyötyä jatko-opinnoissa.

ASIASANAT: ajattelutaidot, ylioppilaskirjoitukset, biologia, SOLO-taksonomia, matematiikka

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

Sisällys

1 Johdanto	1
1.1 Ajattelutaitojen tutkimus	1
1.1.1 Ajattelun tasot	1
1.1.2 Tiedon tasot.....	3
1.2 SOLO-taksonomia ajattelutaitojen tutkimisessa.....	4
1.2.1 SOLO-luokat	5
1.2.1 SOLO-taksonomian käyttö tutkimuksissa.....	8
1.3 Biologia ja ajattelutaidot.....	9
1.4 Matematiikan rooli ja merkitys yhteiskunnassa	10
1.5 Tutkimuksen tavoitteet	11
2 Aineisto ja menetelmät	12
2.1 Koekysymyksen valinta.....	12
2.2 Aineiston hankinta.....	13
2.3 Tutkimusaineisto	13
2.4 Koevastausten laadullinen sisällönanalyysi.....	16
2.5 Koevastausten tilastoanalyysit.....	19
3 Tulokset	21
3.1 Kokelaiden ajattelutaidot	21
3.2 Pintasuuntautuneet ajattelutaidot.....	22
3.2.1 Esirakenteisen ajattelutaidon esiintyminen	24
3.2.2 Yksirakenteisen ajattelutaidon esiintyminen.....	24
3.2.3 Monirakenteisen ajattelutaidon esiintyminen.....	25
3.3 Syväsuuntautuneet ajattelutaidot	26
3.3.1 Suhteutetun ajattelutaidon esiintyminen	26
3.3.2 Korkean abstraktiotason ajattelutaidon esiintyminen.....	27
3.4 Ajattelutaitojen yhteys ylioppilastutkintolautakunnan arvosteluun.....	28
3.5 Kirjoitettujen aineiden määrän yhteys ajattelutaitoihin	30
3.6 Matematiikan yhteys ajattelutaitoihin.....	31
3.6.1 Matematiikan opiskelun ja ajattelutaitojen yhteyden ero naisten ja miesten välillä .	32
4 Tulosten tarkastelu	33
4.1 Ajattelutaitoihin vaikuttavat tekijät	33
4.3 Kirjoitettujen aineiden määrän yhteys ajattelutaitoihin	36
4.4 Pitkän matematiikan yhteys ajattelutaidoissa	36
4.4.1 Ajattelutaitojen erot sukupuolten välillä	38
5 Yhteenveto	39
Kiitokset.....	40
Lähteet	41
Liitteet.....	48

1 Johdanto

1.1 Ajattelutaitojen tutkimus

Ajattelutaidolla on tärkeä rooli läpi koko elämän ja niiden kehitys alkaa jo varhain lapsuudessa (Piaget 1964). Opetushallituksen (2015: 12) mukaan lukiokoulutuksen tehtävänä on kasvattaa lukiolaisten identiteettiä ja valmistaa heitä jatko-opintoihin. Sen lisäksi sillä on yleissivistävä vaikutus. Lukiokoulutus kehittää oppimistaitoja, sen jokaisella osa-alueella, jotka voidaan jakaa tieto- ja ajattelutavoitteisiin, taitotavoitteisiin ja tunne- ja asennetavoitteisiin (Jeronen 2005; Opetushallitus 2015: 12, 14). Nämä osa-alueet tukevat yhdessä ihmisen kokonaisvaltaista kehitystä vastuulliseksi kansalaiseksi. Ylioppilaskokeissa opiskelijat voivat osoittaa lukiossaan hankkimiaan tietoja ja taitoja (Opetushallitus 2015: 12).

Zollerin ja Puskinin (2007) mukaan ajattelutaidot voidaan jakaa kahteen kategoriaan: LOCS (lower-order cognitive skills) eli alemman ajattelutaidon tasoon ja HOCS (higher order cognitive skills) eli ylemmän ajattelutaidon tasoon. LOCS on yksinkertaista ajattelutaitoa, jolloin asioita palautetaan mieleen yleensä muistista. Siinä toistetaan perustietoja, ja laskutehtävät ovat helppoja eivätkä sisällä monia vaiheita. Tietoa voidaan soveltaa aikaisemman pohjalta, mutta tilanteet ovat tuttuja tai rutiinin omaisia.

HOCS liitetään muun muassa kriittinen ajattelu, systeemi ajattelu ja päätöksen teko (Lewis & Smith 1993). Tyypillistä tälle tasolle on uuden ja vanhan tiedon yhdisteleminen tai tiedon jäsenitys uudella tavalla (Zoller & Puskin 2007).

Moseley ym. (2005) mukaan ajattelutaidot ovat henkisiä prosesseja, joita tutkimuksen tehtävässä tulisi käyttää muun muassa kuvan ongelman ratkaisemiseen, päätöksen tekemiseen, esseen suunnitteluun, ideoiden arviointiin ja tiedon järjestämiseen. Ajattelutaidon avulla pystytään integroimaan uusi tehtävä jo vanhaan rakennettuun järjestelmään.

1.1.1 Ajattelun tasot

Ajattelun ja tiedon tasot voidaan luonnontieteissä, johon biologia kuuluu, luokitella Bloomin uudistetun taksonomian mukaisesti luokkiin (Krathwohl 2002). Tämä luokittelu

auttaa opetuksessa ja sen suunnittelussa (Aksela ym. 2012). Krathwohlin (2002) mukaan ajattelun tasot jakautuvat kuuteen pääluokkaan, jotka ovat Akselan ym. (2012) mukaan luonnontieteen kontekstissa edelleen jaettu alempien ja ylempien ajattelutaidon tasoihin. Alempiin tasoihin kuuluvat muistaa-, ymmärtää- ja soveltaa-tasot ja ylempiin kuuluvat analysoida-, arvioida- ja luoda-tasot (Taulukko 1).

Muistaa-tasossa tieto palautetaan mieleen pitkäkestoisesta muistista (Anderson ym. 2001). Ymmärtää-tasossa tarkoituksena on ymmärtää tehtävästä nähtävä informaatio sekä teksti- että kuvamuotoisena (Krathwohl 2002). Soveltaa-tasossa osataan soveltaa menetelmiä annetussa kontekstissa (Anderson ym. 2001).

Taulukko 1. Ajattelun tasot Bloomin uudistetussa taksonomiassa ja niiden luokittelu alempiin ja ylempiin ajattelutaitoihin (Anderson ym. 2001: 31; Krathwohl 2002; Aksela ym. 2012: 16–19)

Ajattelutaitojen taso	Ajattelun taso	Kuvaus
Alemmat ajattelutaidot (LOCS)	1. Muista	Tiedon mieleen palauttaminen annettuun tehtävään liittyen
	2. Ymmärtää	Merkityksen ymmärtäminen suullisesta, kirjallisesta tai graafisesta esityksestä
	3. Soveltaa	Menetelmän soveltaminen annetussa tilanteessa, tuttujen ongelmien ratkaiseminen
Ylemmät ajattelutaidot (HOCS)	4. Analysoida	Olellaisen tiedon erottelu tehtävästä ja vastauksesta, piilomerkityksen havaitseminen
	5. Arvioida	Tehtävän vastauksen järkevyyden arvioimien käytettävien menetelmien mukaan
	6. Luoda	Hypoteesien muodostaminen, esseevastauksen laatiminen, uuden luominen

Anderson ym. (2001) mukaan analysoimisessa tutkitaan aineistoa tai tehtävää tarkemmin. Ajatuksena on, että tehtävästä erotetaan olellaisimmat kohdat, jotta tehtävän pystyy ratkaisemaan. Tämän lisäksi on osattava organisoida ja jäsentää asiat järkeviksi kokonaisuuksiksi. Tehtävänantona voi olla esimerkiksi tutkimusraportin laatiminen (Aksela ym. 2012). Tämän lisäksi analysointiin kuuluu erilaisten piilomerkityksen

havaitseminen, mitä ei ole suoraan kirjoitettu artikkeliin, mutta kirjoittajan asenteet tai arvot pystytään tulkitsemaan sieltä niin sanotusti rivien välistä (Krathwohl 2002).

Arvioiminen on Andersonin ym. (2001) mukaan arvioinnin tekemistä tiettyjen kriteerien ja standardien mukaisesti. Jonkin vastauksen saatuaan tai nähtyään opiskelija voi arvioida ja tarkistaa onko saatu vastaus järkevä. Tämän lisäksi Akselan ym. (2012) mukaan biologiassa voidaan käyttää vaihtoehtoisia tutkimusmenetelmiä ja niiden käytöstä voidaan arvioida sekä hyvät että huonot puolet.

Luoda-tasossa yhdistetään eri elementtejä toisiinsa, jolloin muodostuu yhtenäinen tai toimiva kokoaisuus (Anderson ym. 2001). Tehtävä tyyppeinä biologiassa voi olla erilaisten hypoteesien muodostaminen annetun aineiston pohjalta tai oman koeasetelman suunnitteleminen (Aksela ym. 2012). Luomiseksi katotaan myös omaperäisen tuotoksen tekeminen, mikä tyypillisesti tarkoittaa esseevastauksen kirjoittamista (Krathwohl 2002; Aksela ym. 2012).

1.1.2 Tiedon tasot

Ajattelutaitojen osoittaminen ylioppilaskokeissa vaatii tiedon opettelua (Uitto 2012). Tiedon tason luokittelu biologiassa voidaan jakaa neljään luokkaan (Taulukko 2), jotka ovat järjestyksessä faktatieto, käsitteellinen tieto, menetelmätieto ja metakognitiivinen tieto (Krathwohl 2002; Uitto 2012). Krathwohlin (2002) mukaan tieto muuttuu asteittain faktatiedosta aina metakognitiiviseen tietoon asti siirryttäessä konkreettisesta yhä abstraktimmaksi.

Taulukko 2. Tiedon tasot Bloomin uudistetun taksonomian mukaan (Anderson ym. 2001: 29; Krathwohl 2002; Aksela ym. 2012: 14–16).

Tiedon taso	Kuvaus
Faktatieto	Tietoa perusasioista ja terminologiasta
Käsitetieto	Tietoa luokittelusta, teorioista, malleista ja rakenteista
Menetelmätieto	Tieto erilaisista menetelmistä ja tekniikoita
Metakognitiivinen tieto	Tietoa yleisistä kognitioista ja tieto omista vahvuuksista ja heikkouksista

Faktatiedot ovat perustietoja, joita opiskelijalta vaaditaan, jotta hän voi selviytyä tehtävästä edes jollain tasolla (Krathwohl 2002). Käsitetieto on Andersonin ym. (2001) mukaan tietoa tiedon luokittelusta ja erilaisista kategorioista. Käsitetietoa on esimerkiksi tieto evoluutioteoriasta. Menetelmätieto on Andersonin ym. (2001) mukaan tietoa, miten jotain tehdään. Eli se on tietoa erilaisista tekniikoista ja metodeista sekä tietoa miten ne suoritetaan turvallisesti. Aksela ym. (2012) kertoo, että menetelmätietoa biologiassa on esimerkiksi opiskelijan tietämys biologisista tutkimusmenetelmistä sekä mitkä ovat metodeja lähdekritiikkiin.

Metakognitiivinen tieto on yleistietoa kognitioista sekä tietoa omista ajattelun tavoista (Krathwohl 2002). Metakognitio eroaa kognitiosta siinä, että ajattelu ei ole lähtöisin ulkoisista tekijöistä vaan se lähtee omasta itsestään ja on oman itsensä tietoista hyväksikäyttöä (Hacker 1998; Lehtinen ym. 2016: 188). Anderson ym. (2001) jakaa metakognitiivisen tiedon kolmeen alatasoon, jotka ovat strateginen tieto, tieto tarkoituksenmukaisen kontekstuaalisen ja konditionaalisen tiedon sisältävistä kognitiivisista tehtävistä sekä itsetuntemus. Strateginen tieto on tietoa oppimisstrategioista, ajattelustrategioista ja strategioista suoriutua ongelman ratkaisusta (Anderson ym. 2001). Esimerkiksi se, mitä opiskelija oppii ja muistaa materiaalista, kun hän kuulee aiheesta luokassa ja mitä hän lukee kirjasta ja vertaa näitä tietoja toisiinsa (Aksela ym. 2012). Tieto tarkoituksen mukaisesta kontekstuaalisesta tiedosta voi olla Krathwohlin (2002) mukaan esimerkiksi oppilaan tietoisuutta tehtävän vaatimustasosta. Itsetuntemus tiedolla Krathwohlin (2002) mukaan tarkoitetaan tietoa itsestään. Krathwohl (2002) kertoo myös, että omien heikkouksien ja vahvuuksien tietäminen tehtävien valinnassa voidaan ajatella olevan metakognitiivista tietoa. Itsetuntemus on tärkeä metakognitiivinen aspekti ja sen ajatellaan oleva ratkaiseva tekijä oppimisessa. Tähän voidaan omien vahvuuksien ja heikkouksien tietämyksen lisäksi liittää se, miten tiedostaa sen, mikä kiinnostaa itseään.

1.2 SOLO-taksonomia ajattelutaitojen tutkimisessa

Ylioppilaskokeiden tehtävänä on arvioida ajattelutaitoja ja tietoa ja osa vastauksista kirjoitetaan esseevastauksina (YTL 2020a). Akselan ym. (2012) mukaan esseen kirjoittaminen vaatii korkeita ajattelutaidon tasoja. Esseevastauksen ajattelutaitojen laadun arviointiin soveltuu, siihen tarkoitukseen kehitetty SOLO-taksonomia (Structure of the Observed Learning Outcome), jonka ovat kehittäneet Biggs ja Collis (1982).

SOLO-taksonomia kuvaa havaittujen oppimistulosten rakenteita. Biggs ja Collis (1982) ovat kehittäneet SOLO-taksonomian Piagetin (1964) kehitysvaihteorian pohjalta, sillä laadullista osaamista ei voida arvioida perinteisin tilastollisin menetelmin. Jean Piagetin (1964) kehitysvaihteoria on teoria siitä, miten ajattelutaitojen ajatellaan kehittyvän ihmisen kasvaessa. Biggsin ja Collisin (1982) mukaan SOLO-taksonomia ei ole oppimisen teoria vaan työkalu, jonka avulla voidaan objektiivisesti määrittää vastauksen laatua. Koska SOLO-taksonomian pohjana on Piagetin ajattelutaitojen kehitys, se sopii ajattelutaitojen laadulliseen tutkimiseen. Keskeisenä erona Piagetin kehitysvaihteoriaan on se, ettei SOLO-taksonomian avulla kuvata yksilön ajattelutaitojen fyysisistä tai psyykkistä kehityksen tasoa (Piaget 1964; Biggs & Collis 1982). Biggs ja Collis (1982) kertovat, että SOLO-taksonomian käyttö on aina sidottuna sen kontekstiin, johon vaikuttaa esimerkiksi tehtävätyyppi, oppiaine ja opiskelijan oma motivaatio. SOLO-taksonomia on jaettu eritasoisiin luokkiin, jotka ovat vastineita saavutettuun oppimistulokseen, jolloin ne kuvaavat suoriutumista tietyssä kontekstissa. Sitä ei ole tarkoitettu käytettäväksi oppilaiden merkitsemiseen vaan ainoastaan yhtenä arvioivana työkaluna, jolla pystytään paremmin arviomaan oppilaiden osaamista. Sen avulla saadaan tietoa, miten johdonmukaisia vastaukset ovat sekä miten oppilaat ymmärtävät syy-seuraussuhteita, jonka jälkeen vastauksia voidaan verrata opetustavoitteiden saavuttamiseen. Leiwo ym. (1987) toteaa, että SOLO-taksonomian kohteena on ajattelun ilmeneminen siten kuin se ilmenee tehtävän vastauksessa. Leiwo ym. (1987: 34) mukaan SOLO-taksonomian avulla saadaan tietoa, miten opiskelijat ajattelevat ja sen perusteella tiedetään, mikä on opiskelijoiden ajattelun kognitiivinen taso. Koska luokat ovat kuvattu selkeästi, se tekee ajattelutaitojen tutkimisesta luotettavampaa (Biggs & Collis 1982; Watkins 1983). Ajattelutaitojen tutkiminen vastauksista on objektiivisempaa, kun siihen on selkeät luokat ja arvioijan oma subjektiivinen näkemys vastauksen sisällöstä vähenee (Biggs & Collis 1982; Watkins 1983).

1.2.1 SOLO-luokat

SOLO-luokissa vastauksen laatu kasvaa järjestyksessä luokasta toiseen siirryttäessä (Biggs & Collis 1982). SOLO-luokille on annettu luokittelutunnus, jossa heikoin SOLO-luokka, esirakenteinen, on SOLO 1 ja korkein SOLO-luokka, korkea abstraktiotaso, on SOLO 5. SOLO-luokista luokat 1–3 edustavat pintasuuntaista vastausta ja luokissa 4 ja 5 vastaus on syväsuuntautunutta (Taulukko 3, s.6). Biggs ja Collis (1982) ovat antaneet teoksessaan luokista tyypillisiä esimerkkejä eri oppiaineista. Teoksessa ei ole

esimerkkiaineistoa suoraan biologian kontekstissa, joten tässä tutkimuksessa käytetään tukena maantiedon osiota, sen ollessa tässä kontekstissa läheisintä biologian kanssa.

Taulukko 3. SOLO-luokkien erityispiirteet koevastauksen laadullisessa arvioinnissa ja luokkien numeerinen tunnus (Biggs ja Collis 1982: 24–25, 125–126). Luokat 1–3 edustavat pintasuuntautunutta vastausta ja luokat 4 ja 5 syväsuuntautunutta vastausta.

Numeerinen tunnus	SOLO-luokka	Luokan kuvaus
1	Esirakenteinen	Ei vastaa kysymykseen, esiintyy tautologiaa, epäjohdonmukainen
1A	Siirtymätaso	Esi- ja yksirakenteisen vastauksen välimuoto esittää yhden näkökulman, mutta käyttää sitä heikosti
2	Yhden rakenteen	Yksi näkökulma, johtopäätös suljettu ja epäjohdonmukainen
2A	Siirtymätaso	Yhden ja monirakenteisen vastauksen välimuoto. Kaksi näkökulmaa, jossa johtopäätökset ovat epäjohdonmukaisia
3	Monirakenteinen	Kaksi tai useampi näkökulma, asioita luokitellaan eikä muodosteta kokonaisuuksia, johtopäätöksissä ristiriitaisuutta
3A	Siirtymätaso	Tunnistaa epäjohdonmukaisuudet, mutta ei pysty ratkaisemaan niitä tai vastauksessa on vain muutama näkökulma
4	Suhteutettu	Käsittelee kaikkia tai suurinta osaa näkökulmista, muodostuu selkeä ja yhtenäinen rakenne, mutta johtopäätökset suljettuja
4A	Siirtymätaso	Kaikki mahdolliset selitykset tunnistettu, mutta ei käytä vielä riittävästi abstrakteja periaatteita, mitkä olisivat vietävissä toiseen kontekstiin
5	Korkea abstraktiotaso	Vastauksen johtopäätökset avoimia, kykenee hypoteesien muodostamiseen, ratkaisu-vaihtoehdot perusteltu johdonmukaisesti ja hyödyntää tietoja, joita ei ole annettutehtävässä

Biggsin ja Collisin (1982) mukaan esirakenteinen (SOLO1) vastaus on epäjohdonmukainen ja epälooginen. Vastaja ei ole ymmärtänyt asian ydintä eikä hän juurikaan vastaa tehtävän antoon. Vastauksessa voi esiintyä tautologiaa, koska hänellä ei ole tietoa oikeasta vastauksesta.

Yhden rakenteen (SOLO2) vastausta Biggs ja Collis (1982) kuvailee seuraavasti: vastaaja käsittelee vain yhtä näkökulmaa ja siinä on nimetty ainoastaan yksinkertaisia asioita. Sen lisäksi johtopäätöstenteko on epäjohdonmukaista, koska niihin mennään liian nopeasti ja vain yhdestä näkökulmasta.

Monirakenteinen (SOLO3) vastaus voi Biggsin ja Collisin (1982) mukaan pitää sisällään useampia näkökulmia, mutta osaa vastauksista on käsitelty pinnallisesti ja osaa syvällisesti. Vastaus voi sisältää ristiriitaisuuksia ja johtopäätösten teossa on vain hieman johdonmukaisuutta. Vastaus jää asioiden luetteluksi, koska vastaaja ei pysty muodostamaan kokonaisuutta. Tällä tasolla vastaaja pystyy kuitenkin jo jonkin näköiseen syy-seuraussuhteiden kerrontaan (Biggs & Collis 1982; Leiwo ym. 1987: 36). Vastaaja kykenee viivyttämään varsinaisen johtopäätösten antamista siihen asti, kunnes hän on pohtinut kaikkia näkökulmiaan.

Suhteutettu (SOLO4) vastaus käsittelee useita näkökulmia, eikä siinä esiinny enää epäjohdonmukaisuutta eli vastaus muodostaa selkeän kokonaisuuden ja yhtenäisen rakenteen (Biggs & Collis 1982). Johtopäätökset ovat tässä luokassa vielä suljettuja, jolloin epäjohdonmukaisuutta voi esiintyä, jos asiaa käsiteltäisiin aiheen ulkopuolelta eli vastajaa ei kykene viemään asiaa uuteen kontekstiin. Vastaaja kykenee kuitenkin soveltamaan käsitteitä tuttuun aineistoon ja johtopäätösten lopullista ratkaisua pystytään viivyttämään, kunnes kaikki tehtävään liittyvät syy-seuraussuhteet ovat analysoituna (Biggs & Collis 1982; Leiwo ym. 1987: 36).

Biggsin ja Collisin (1982) mukaan korkean abstraktiotason vastauksessa (SOLO 5) ei riitä pelkkä tietäminen, vaan tämän lisäksi tarvitaan tieteelliselle ajattelulle ominaisia ajattelutaitoja, kuten hypoteesien muodostamista. Käytännössä vastaus ylittää tehtävän vaatimustason. Vastaaja kykenee yhdistämään tehtävän tapauksen toiseen kontekstiin. Hän kykenee jättämään johtopäätökset avoimiksi. Biggs ja Collis (1982) jatkaa, että luokalle ominaista on vastaajan kyky hyödyntää sellaisia tietoja, joita tehtävässä ei ole

suoraan annettu. Korkeaa ajattelutaitoa osoittaa poikkeusten ja erityistapausten esille tuominen osana vastausta.

Biggsin ja Collisin (1982) mukaan näiden viiden SOLO-luokan lisäksi jokaisen väliin voidaan luoda siirtymäluokat (Taulukko 3, s.6). Näissä luokissa vastauksessa on piirteitä sekä ylempänä että alempana olevasta SOLO-luokasta. Vastaaja pyrkii saavuttamaan ylempään SOLO-luokan, siinä kuitenkin onnistumatta (Biggs & Collis 1982; Leiwo ym. 1987: 37). Siirtymätasot ovat merkitty seuraavasti: A1, A2, A3, ja A4. Biggs ja Collis (1982) kertovat siirtymätasojen käytön parantavan entisestään arvioinnin luotettavuutta, vähentäen arvioijan subjektiivista näkökulmaa.

1.2.1 SOLO-taksonomian käyttö tutkimuksissa

Opiskelijoiden ajattelutaitoja on tutkittu SOLO-taksonomian avulla sekä Suomessa että maailmalla. Esimerkiksi Suomessa SOLO-taksonomiaa on käytetty arvioimaan eläinlääketieteen opiskelijoiden ajattelutaitojen ilmenemistä eri tasoisten kirjallisten tehtävien vastauksissa (Koskinen 2005). Tämän avulla on selvinnyt muun muassa se, että ajattelutaidot kehittyivät opintojen edetessä (n= 388). Tämä tutkimus antoi viitteitä siitä, että SOLO-taksonomian sopii tutkimuskäyttöön hyvin (Koskinen 2005). Telenius ym. (2019) ovat käyttäneet SOLO-taksonomiaa laadullisessa tapaustutkimuksessa, jossa tutkittiin opiskelijoiden argumentaatiotaitoja monitieteellisessä yhteisössä virtuaalilaboratoriossa (n= 35). Teleniuksen ym. (2019) tutkimuksessa arvioitiin SOLO-taksonomian avulla opiskelijoiden yhteistyönä tehtyjen tutkimussuunnitelmien ja esitysten tasot. Australiassa SOLO-taksonomian avulla on tutkittu ensimmäisen vuoden korkeakouluopiskelijoiden (n= 575) meioosin ymmärtämistä (Quinn ym. 2019). Tämän luokittelun avulla selvisi muun muassa selviä asiavirheitä ja puutteita vastausten johdonmukaisuudesta, mikä antaa suoraan viitteitä ajattelutaidon laadusta ja SOLO-luokan toimivuudesta opiskelijoiden ajattelutaitojen laadulliseen tutkimiseen (Quinn ym. 2009). Elazzabi ja Kacarin (2020) ovat tutkineet libyalaisten ja turkkilaisten opiskelijoiden (n= 54) ajattelun tasoa matemaattisissa tehtävissä. Heidän mukaansa SOLO-taksonomian avulla tehty tutkimus antoi hyvin tietoa opiskelijoiden ajattelun tasoista ja kognitiivisuudesta sekä matemaattisten käsitteiden ymmärrystasoista. SOLO-taksonomia soveltuu moneen tyyppiseen tehtävän analysointiin ja nimenomaan ajattelutaitojen tutkimiseen (Biggs & Collis 1982; Elazzabin & Kacarin 2020). Niin kuin Elazzabin ja Kacarinin (2020) tutkimuksessa kävi ilmi, SOLO-taksonomian avulla

voidaan löytää ajattelutaitoihin liittyviä ongelmakohtia sen omassa tutkimuskontekstissaan.

1.3 Biologia ja ajattelutaidot

Lukion biologiassa kokonaisuuden ymmärtäminen edellyttää, että ymmärtää sen pienempiä osa-alueita, mutta toisaalta pitää ymmärtää kokonaisuutta, jotta voi ymmärtää sen pienempiä osia (Jeronen 2005). Yksi biologian ainekohtaisista tietotavoitteista on ymmärtää evoluution merkitys (Opetushallitus 2015: 140). Lukion biologian ensimmäisellä pakollisella kurssilla, 1. Elämä ja evoluutio (BI1), opetellaan evoluution peruskäsitteitä sekä evoluutioon liittyviä ilmiöitä. Lukiossa opiskeltavan evoluution ympärillä on paljon rinnasteisia käsitteitä kuten mikro- ja makroevoluutio, suuntaava, hajottava, ja tasapainottava valinta (Happonen ym. 2016). Näiden käsitteiden ymmärtäminen ja erottaminen toisistaan on olennaista, jotta evoluution voi ymmärtää kokonaisvaltaisesti ilmiönä ja osoittaa hyviä ajattelutaitoja (Bloom 1956; Jeronen 2005).

Ylioppilastutkintolautakunta (2020a) on määrittänyt biologian ylioppilaskirjoituksissa arvioitavan seuraavia asioita:

Biologiassa arvioidaan opiskelijan kykyä hallita ja käyttää biologian keskeisiä käsitteitä sekä soveltaa biologisia tietoja. Arvioinnissa kiinnitetään huomiota luonnontieteellisten lainalaisuuksien sekä syy- ja seuraussuhteiden ymmärtämiseen, vuorovaikutussuhteiden merkityksen oivaltamiseen sekä kokonaisuuksien hahmottamiseen.

Hyvät ajattelutaidot auttavat opiskelijaa jatko-opinnoissa ja suoriutumaan tilanteista paremmin (Opetushallitus 2015: 12). Siburianin ym. (2019) tutkimuksessa selvisi, että kriittinen ja luova ajattelu parantavat ajattelutaitojen laatua. Tutkimus oli tehty yhden lukuvuoden aikana biologian yliopisto-opiskelijoille (n= 52). Biologian monipuolisuus sopii oppiaineena hyvin korkeampien ajattelutaitojen harjoittamiseen ja se on opetuksen yksi tavoitteista (Aksela ym. 2012). Biologisen tiedon ymmärtäminen ja sen oppiminen helpottuu, kun sen ymmärtää omien kokemusten ja arkielämän kautta (Aksela ym. 2012). Lukiossa opiskelijoiden on osattava itse etsiä tietoa, suhtautua siihen kriittisesti ja ajatella luovasti (Opetushallitus 2015: 14). Tällöin lukiolaisen pitäisi itse osata olla aktiivinen oppimisessa ja opettajan tulisi osata ohjata oppilasta oikeanlaiseen ajatteluun (Aksela ym. 2012). Mustofa ja Hidayah (2020) tutkivat ongelmaperustaisen opettamisen vaikutusta

opiskelijoiden ajattelutaitoihin ja huomasivat, että ongelmaperustainen oppiminen tuki korkeatasoista ajattelutaitoa. Lukion opetussuunnitelma (2015) ohjaa Suomessa tämän suuntaiseen opetukseen. Esimerkiksi biologian opetussuunnitelmassa jokaisella biologian kurssilla on tarkoituksena suorittaa pienimuotoinen tutkimus.

1.4 Matematiikan rooli ja merkitys yhteiskunnassa

Matematiikan opiskelun vaikutuksesta muuhun oppimiseen ja ajattelutaitojen laatuun on tehty paljon tutkimusta. Matematiikka on aine, joka kehittää muun muassa loogista päättelykykyä ja tukee ajattelutaitojen kehittymistä (esim. Kilpatrick 1992; Tambunan 2019). On huomattu, että opiskelijat, jotka ovat kirjoittaneet pitkän matematiikan ovat saaneet muistakin aineista parempia arvosanoja (Kupiainen ym. 2018). Sen lisäksi se on aine, jota yliopistokoulutuksen sisään pääsyn todistusvalinnassa painotetaan eniten (Opintopolku 2020). Esimerkiksi, jos hakee opiskelemaan biologiaa, biologian laudatur-arvosanasta (L) saa lähtöpisteitä 34,0, kun pitkän matematiikan laudatur-arvosanasta (L) saa lähtöpisteitä 39,7 (Opintopolku 2020). Tätä menettelyä perustellaan sillä, että pitkän matematiikan kirjoittajilla on paremmat ajattelutaidot ja näin paremmat valmiudet jatko-opintoihin (Kupiainen ym. 2018). Kupiaisen ym. (2018) tutkimus pitkän matematiikan kirjoittajien paremmista arvosanoista muissa tutkintonsa aineissa tukee tätä väitettä.

Bofah ja Hannula (2016) ovat tutkineet Ghanalaisten lukiolaisten (12th grade) tyttöjen ja poikien eroja suhtautumisessa matematiikkaan. Tutkimuksessa tutkittiin sekaluokkien sekä pelkistä tytöistä ja pojista koostuvien opiskelijoiden omia asenteita ja näkemyksiä heidän matematiikan osaamisestaan. Tutkimuksessa kävi ilmi, että pojat kokevat itsensä paremmaksi matematiikan oppijoina kuin tytöt. Tämä tuli esille verrattaessa, miten tytöt suhtautuivat itseensä matematiikan oppijoina heidän opiskellessaan poikien kanssa samassa luokassa tai luokassa missä oli vain tyttöjä. Bofahin ja Hannulan (2016) mukaan tutkimuksen johtopäätös oli, että tyttöjen luottamus ja käsitys omasta matematiikan osaamisestaan heikkenee, kun pojat ovat läsnä. Tätä he selittivät sillä, että matematiikan ajatellaan olevan poikien aine, jolloin tyttöjen motivaatio matematiikka kohtaa laskee. Väitettä tukee myös Chestnutin ja Markmanin (2018) tutkimus, jonka mukaan vaikuttaa vieläkin olevan hyvin stereotyyppinen käsitys siitä, että tytöt itse ajattelevat poikien olevan parempia matematiikassa. Tämä huomioiden on mielenkiintoista, että Suomessa keväällä 2018 naiset pärjäsivät ylioppilaskirjoituksissa kaikissa aineissa paremmin kuin miehet lukuun ottamatta englantia, pitkää matematiikkaa, kemiaa ja venäjää (YTL 2018).

Toinen merkittävä huomio on, että pitkän matematiikan kirjoittajien osuus miehistä oli vuosina 2006–2009 46 % ja naisista vain 28 % (Kupiainen ym. 2018). Kupiainen (2018) huomauttaa lukion naisvaltaisuudesta, jonka seurauksena miesten ja naisten osuudet pitkän matematiikan kirjoittajista oli noina vuosina seuraavat: 55 % miehiä ja 45 % naisia.

1.5 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena on tarkastella biologian ylioppilaskokelaiden ajattelutaitoja. Tutkimuksessa tarkastellaan biologian kevään 2019 ylioppilaskokeen tehtävän yhdeksän vastauksen edellyttämiä ajattelutaitoja ylioppilaskokelaiden osoittamiin ajattelutaitoihin koevastauksissa. Lukiolaisten ajattelutaitoja on tärkeää tutkia, jotta pystytään kehittämään biologian opetusta ja mahdollistamaan opiskelijoiden korkeatasoinen ajattelu. Koska opiskelijoiden on ymmärrettävä monimutkaisia käsitteitä ja teorioita, opettajien on varmistettava, että opiskelijat kehittävät niihin tarvittavat ajattelutaidot (Kuhn 2010; Telenius ym. 2019). Tähän päästäkseen tarvitaan tietoa, miten opiskelijat ajattelevat, jotta opettajat pystyvät paremmin asettumaan opiskelijoiden asemaa ja näin lähestyä opetusta oikeasta suunnasta, opettamaan oikeilla tavoilla ja tukea kokonaisvaltaisemmin ajattelutaitojen kehitystä (Aksela 2012; Uitto 2012). On myös puututtava mahdollisiin yleisiin virhekesityksiin, joita vastauksista ilmenee. Lisäksi tutkimuksen avulla tarkastellaan pitkän matematiikan kirjoittamisen mahdolliset hyödyt biologian ylioppilaskoevastauksien osoittamisessa ajattelutaidoissa. Näin saadaan lisää tietoa siitä, onko pitkän matematiikan painottaminen jatko-opinnoissa, etenkin biologian kohdalla perusteltua ja miten pitkän matematiikan opiskelu näkyy ajattelutaitojen laadussa naisten ja miesten välillä.

Tutkimuskysymykset ovat:

- 1) Millaiset ovat lukiolaisten ajattelutaidot?
 - a. Miten ajattelutaidot näkyvät ylioppilaskoetehtävän vastauksessa?
 - b. Miten ajattelutaidot ovat yhteydessä ylioppilastutkintolautakunnan (YTL) antamiin pisteisiin?
 - c. Millaisia ovat ajattelutaidot kokelaiden välillä, jotka ovat kirjoittaneet eri määrän aineita?
- 2) Miten matematiikan opiskelu näkyy ajattelutaidoissa?
 - a. Onko naisten ja miesten välillä eroja?

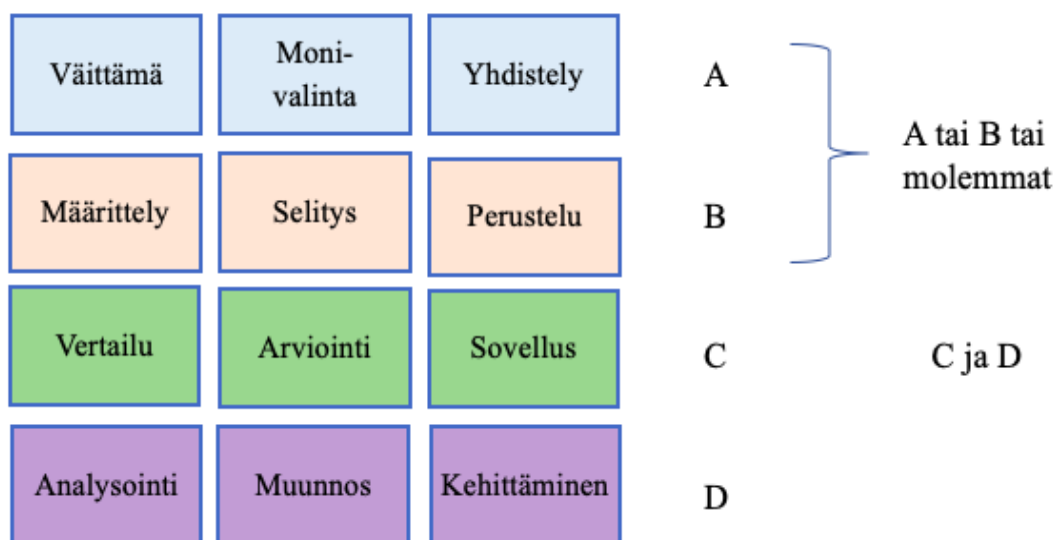
2 Aineisto ja menetelmät

Toteutin ajattelutaitojen tutkimisen laadullisena sisällönanalyysinä (Tuomi & Saarijärvi 2018), jossa käytin apuna SOLO-taksonomiaa. Tutkimuskohteenani oli kevään 2019 biologian ylioppilaskokelaiden esseevastaukset tehtävään yhdeksän.

2.1 Koekysymyksen valinta

Tutkimukseni ensimmäinen vaihe oli valita sellainen tutkimuskysymys biologian ylioppilaskokeen tehtävistä, joka mittaa korkeimpia ajattelutaitoja.

Biologian ylioppilaskokeen laatiminen perustuu Bloomin uudistetun taksonomian (Taulukko 1, s. 2) verbien käyttöön (YTL 2020a). Koska ajattelun tasot kuvataan verbeillä ja tiedon tasot substantiiveilla, pystytään hyvin määrittelemään ja luomaan eri tasoisia tehtäviä niin ajattelun kuin tiedon tasoilla (Anderson ym. 2001; YTL 2020a). Biologian ylioppilaskoe koostuu kolmesta osasta (YTL 2016), joiden tehtävät vaihtelevat vaatimustasoltaan (Kuva 1).



Kuva 1. Sähköisen biologian kokeen rakennemalli (YTL 2020a). Kokeen rakenne muodostuu eri tasoisista moduuleista. Yksi moduuli on riviltä A tai B tai molemmista. Tämän lisäksi kaikissa kokeissa on vähintään yksi tehtävämoduuli riviltä C ja D.

Osassa yksi tehtävät pohjautuvat pääasiassa alemmille ajattelun tasoille, sisältäen esimerkiksi monivalinta- ja väittämätehtäviä. Osassa kaksi tehtävät yltyvät hieman

korkeammalle tasolle, sisältäen esimerkiksi vertailutehtäviä, jolloin tehtävät rajoittuvat pääosin ajattelun tasoon analysoida. Osassa kolme on esimerkiksi aineistopohjaisia analysointitehtäviä, joten tehtävät vaativat arvioimista ja luovuutta sekä metakognitiivista tiedon tasoa saavuttaen korkeimmat ajattelutaidon tasot.

Tutkimukseni tavoitteena oli mitata korkeimpia ajattelutaitoja, joten tehtäväksi valikoitui biologian ylioppilaskokeen tehtävien joukosta osaan kolme kuuluva tehtävä. Tehtävä oli kevään 2019 biologian ylioppilaskokeesta tehtävä yhdeksän (YTL 15.3. 2019a). Tehtävästä sai enintään 20 pistettä.

2.2 Aineiston hankinta

Aineiston saamiseksi minun tuli tehdä vapaamuotoinen tutkimuslupahakemus ylioppilastutkintolautakunnalle. Hakemuksen liitteenä tuli olla (alustava) tutkimussuunnitelma sekä työni ohjaajan lausunto tai suositus. Tämän lisäksi tuli olla eriteltynä minkä tehtävän vastaukset halusin ja millaisella otannalla sekä kaikki taustamuuttujat, jotka kokelaasta tarvitsin. Liitteessä 1 on aineistopyyntö tutkimuksen tekemiseksi. Ennen vastausten saamista minun täytyi allekirjoittaa sitoutumislomake. Sitoutumislomake sallii minun käyttää aineistoa vain tieteellisen tutkimukseen sekä edellyttää minua pitämään salassa kaikki saadut henkilökohtaiset tiedot. Sain tutkimusaineiston, joka sisälsi kokelaiden vastaukset ja taustatiedot sähköpostilla salatun linkin kautta. Tutkimusaineisto oli Excel-tiedostona. Tässä tutkimuksessa minulla oli oikeus käyttää sitaatteja, mutta kuitenkin niin etteivät ne ole kokonaisina vastauksina eikä vastauksen kirjoittaja pysty tunnistamaan niistä omaa tekstiään. Tehtävänanto ja siihen liittyvä aineisto on kuvattu liitteessä 2.

2.3 Tutkimusaineisto

Tutkimusaineistoni oli 350 kokelaan satunnaisotanta, mikä vastasi 10,8 prosenttia kaikista kokeen keväällä 2019 kirjoittaneista. Biologian kirjoittaneita keväällä 2019 oli yhteensä 3 228 (YTL 2018). Valinnaisuuden vuoksi osa kokelaista oli jättänyt kokonaan vastaamatta tehtävään yhdeksän. Satunnaisotanta oli ositettu seuraavasti: Etelä-Suomesta oli 198 kokelasta ja Pohjois-Suomesta 152 kokelasta. Jako etelään ja pohjoiseen oli tehty maakuntien (Taulukko 4, s. 14) mukaan seuraavasti: Etelä-Suomesta maakunnat 01–10, 13 ja 21 ja Pohjois-Suomesta maakunnat 11–12, 14–19. Maakuntien numerointi

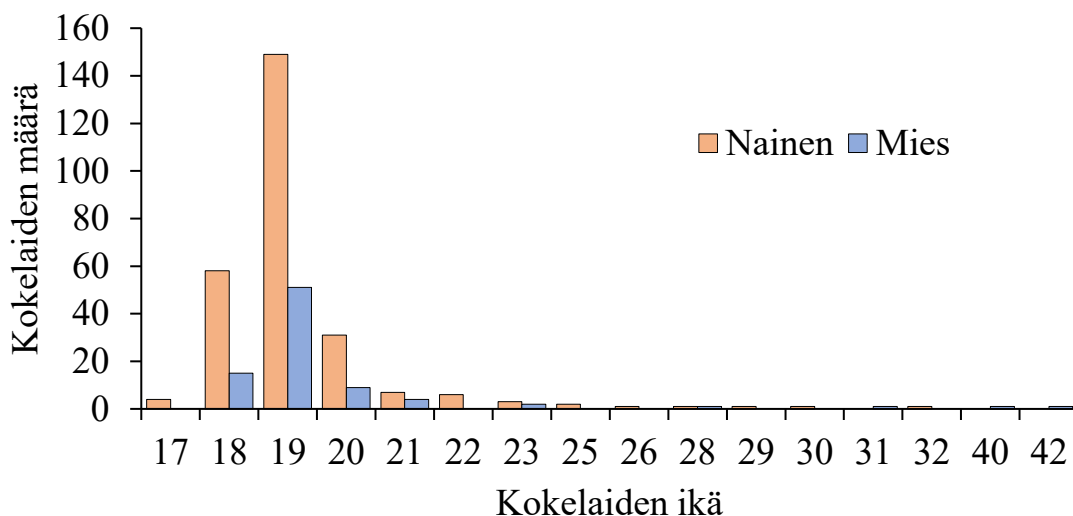
noudattaa Tilastokeskuksen luokittelua (Tilastokeskus 2019). Aineistossa ei ollut yhtään vastausta Ahvenanmaan maakunnasta. Aineiston lohkotettu satunnaisotanta pohjoisen ja etelän välillä varmisti sen, että aineisto kattaa laajasti koko Suomen.

Taulukko 4. Aineistossa olevien maakuntien maakuntanumerot: (Tilastokeskus 2019)

Maakuntanumero	Maakunta	Vastauksia	Frekvenssi (%)
1	Uusimaa	81	12,9
2	Varsinais-Suomi	22	4,1
4	Satakunta	17	2,3
5	Kanta-Häme	10	1,5
6	Pirkanmaa	27	4,6
7	Päijät-Häme	7	1,0
8	Kymenlaakso	9	1,5
9	Etelä-Karjala	5	0,9
10	Etelä-Savo	6	1,1
11	Pohjois-Savo	30	13,1
12	Pohjois-Karjala	16	2,2
13	Keski-Suomi	14	6,6
14	Etelä-Pohjanmaa	15	6,6
15	Pohjanmaa	3	1,5
16	Keski-Pohjanmaa	5	2,0
17	Pohjois-Pohjanmaa	54	24,2
18	Kainuu	13	5,9
19	Lappi	16	6,8
21	Ahvenanmaa	0	0
Yhteensä	18	350	100

Ylioppilaskokelaiden taustatiedoista minulla oli käytettävissä seuraavat tiedot: ikä, sukupuoli, lukion sijaintikunta, lukion maakunta, osatehtävien pistemäärä, kokeen kokonaispistemäärä, kokeen arvosana, kirjoitettujen aineiden määrä, tieto pitkän tai lyhyen matematiikan kirjoittamisesta sekä mahdollisen matematiikan kokeen arvosana. Aineistossa oli mukana sellaisia kokelaita, jotka suorittivat tutkintoa ja kokelaita, jotka suorittavat biologian kokeen uusintana tai täydensivät tutkintoaan. Kirjoitettavien aineiden määrään oli sisällytetty kaikki kokelaan suorittamat eri aineen tai oppimäärän kokeet tutkinnossa tai tutkinnon jälkeen. Kaikista matematiikan kokeista ei ollut aineiston

poimintahetkellä saatavana arvosanaa. Kokelaiden ikäjakauma oli 17–42, joista 18–20 vuotiaita oli 313 eli 89 % koko aineistosta (Kuva 2). Kokelaista naisia oli 265 ja miehiä 85 (Kuva 2).



Kuva 2. Ylioppilaskokelaiden ikä- ja sukupuoli jakauma (n= 350).

Kokelaiden arvosanjakauma (Taulukko 5) muistutti tyypillistä ylioppilaskokeen arvosanjakaumaa (YTL 2018). Ylioppilaskokeet arvostellaan arvosanoin. Korkein arvosana on laudatur (L) ja alemmaksi mentäessä tulee järjestyksessä eximia cum laude approbatur (E), magna cum laude approbatur (M), cum laude approbatur (C), lubenter approbatur (B), approbatur (A) ja improbatur (I). Improbatur (I) arvosana tarkoittaa hylättyä arvosanaa ja se jakaantuu neljään luokkaan I+, I, I- tai I=. Yhdistin kaikki improbatur-arvosanat yhdeksi arvosanaksi I.

Taulukko 5. Tutkimukseen osallistuneiden kokelaiden saama arvosanjakauma biologian ylioppilaskokeesta keväällä 2019. I=improbatur eli hylätty, A=approbatur, B=lubenter, C=cum laude approbatur, M=magna cum laude approbatur, E=eximia, L=laudatur

Arvosana	Vastaajien lukumäärä
I	9
A	32
B	65
C	79
M	93
E	55
L	17
Yhteensä	350

Kirjoitettujen aineiden määrä vaihteli yhdestä yhdeksään. Jätin tulosten lopullisesta analyysistä pois yhden, kahden ja yhdeksän ainetta kirjoittaneet kokelaat, koska heitä ei ollut tilastollisen tutkimukseen riittävästi (Taulukko 6). Tämän lisäksi kukaan aineiston kokelaista ei ollut kirjoittanut kolmea ainetta.

Taulukko 6. Aineiston jakautuminen kirjoitettujen aineiden perusteella.

Kirjoitettujen aineiden määrä	Kokelaiden määrä (n)
Yksi (1)	2
Kaksi (2)	1
Kolme (3)	0
Neljä (4)	14
Viisi (5)	147
Kuusi (6)	119
Seitsemän (7)	46
Kahdeksan (8)	19
Yhdeksän (9)	1
Yhteensä	350

Matematiikan oli kirjoittanut 314 eli 89 % kaikista aineiston kokelaista. Heistä 133 oli kirjoittanut matematiikan lyhyenä ja 181 pitkänä (Taulukko 7).

Taulukko 7. Pitkän tai lyhyen matematiikan kirjoittajien osuudet sekä tieto, jos kokelas ei ole kirjoittanut sitä lainkaan.

Matematiikka	Mies (n)	Nainen (n)	Kaikki (n)
Ei	6	30	36
Lyhyt	32	101	133
Pitkä	47	134	181
Yhteensä	85	265	350

2.4 Koevastausten laadullinen sisällönanalyysi

Koevastausten analysointi perustui Biggsin ja Collisin (1982) esittämään SOLO-taksonomiaan. Sovelsin SOLO-luokitusta tehtävänannon ja aineiston mukaan. Analyysitapa oli teorialähtöinen, koska muodostin analyysirungon SOLO-taksonomian kriteerien mukaan soveltaen omaan tutkimusaineistoon (Tuomi & Saarijärvi 2018: 127–

131). Pyrin noudattamaan SOLO-taksonomian alkuperäisiä luokkia mahdollisimman tarkasti ja esseevastauksista etsin ne kohdat, jotka sopivat luokkiin. SOLO-taksonomian luokittelukriteerien lisäksi luokat perustuivat ylioppilastutkintolautakunnan laatimiin hyvän vastauksen piirteisiin (YTL 15.3.2019b). Tutkittava koetehtävä oli biologian kokeen osasta kolme, joten tasoltaan se oli vaativa (YTL 2016). Tällöin laadukkaaseen vastaukseen tarvittiin kaikkia ajattelutaidon tasoja (Anderson & Kraftwohl 2001; YTL 2016). Kokelaan oli osattava tulkita aineiston kuvia ja luoda sen pohjalta omat hypoteesinsa. Käytin analysoinnissa SOLO-taksonomiaan kuuluvia väliluokkia vain, jos minulla oli vaikeuksia sijoittaa vastaus selvästi kahden pääluokan välillä. Väliluokista käytin ainoastaan siirtymätasoa 3A (Taulukko 8, s. 18).

Ensimmäisessä laadullisen sisällönanalyysin vaiheessa oikoluin aineiston, jotta minulle muodostui selkeä käsitys aineiston sisällöstä. Tämän jälkeen luin kaikki vastaukset huolella yksitellen sijoittaen ne analysointitaulukon (Taulukko 8) mukaan sitä parhaiten kuvaavaan luokkaan. Luokkina toimivat SOLO-taksonomian luokat. Sisällönanalyysissä minulla oli värikoodit jokaiselle luokalle, joiden avulla alleviivasin teksteistä oikeaa SOLO-luokkaa vastaavat kohdat. Vastaus saattoi saada luokittelutunnuksen kahdesta eri luokasta, jolloin luokan määräsi se mikä luokka oli tyypillisempi SOLO-luokan vastaukselle. Näissä tapauksissa analysoin tehtävän kahteen kertaan luotettavuuden parantamiseksi. Siirtymäluokan 3A vastauksessa oli tasaisesti piirteitä monirakenteisesta ja suhteutetusta luokasta. Yhtenäisen ja luotettavan luokituksen varmistamiseksi analysoin aineiston yhden viikon aikana. Huomioin vastauksissa oikeinkirjoituksen vain, jos se vaikeutti tai oletettavasti väärensi vastausta ja tekstin ymmärtämistä. Epätäsmällinen vastaus heikensi suoritusta.

Esirakenteisessa vastauksessa kuvan tulkinta oli väärin tai siitä kuvattiin vain tehtävän aineiston kuva. Käsitteitä ei käytetty, jolloin vastauksesta uupui evoluution tulkinta ja johdonmukaisuus. Myös yksirakenteisessa vastauksessa kuvan tulkinta saattoi olla vieläkin vajavaista ja evoluution käsitteitä ei juuri käytetty. Joitain oikeita evoluution ilmiöitä oli sisällytetty vastaukseen, mutta tehtävän vastauksesta löytyi epäjohdonmukaisuutta tai vastauksesta puuttui paljon oleellisia asioita verrattuna tehtävän kokonaisvaltaiseen tarkasteluun.

Taulukko 8. SOLO-taksonomia sovitettuna biologian kevään 2019 ylioppilaskoetehtävään yhdeksän (YTL 15.3.2019a). Luokat perustuvat Biggsin ja Collisin (1982) luomiin SOLO-luokkien kriteereihin sekä ylioppilastutkintolautakunnan laatimiin hyvän vastauksen piirteisiin (YTL 15.3.2019b).

SOLO-tunnus ja -luokka	Vastauksessa käytetyt evoluution käsitteet	Yleiset seikat, evoluution monipuolinen tarkastelu	Johdonmukaisuus	Kuvan tulkinta
1. Esirakenteellinen	Ei käytetty	Ei vastaa tehtävän antoon, tautologiaa	Vastaus epäjohdonmukainen ja epälooginen	Väärin
2. Yksirakenteinen	Käytetty vain muutamaa	Käsittelee evoluutiota vain yhdestä näkökulmasta ja/tai vastaus tulee liian nopeasti	Johtopäätösten teossa epäjohdonmukaisuutta	Kuva tulkittu vajavaisesti tai sitä on käytetty vain osittain apuna tehtävän vastauksessa
3. Monirakenteinen	Käytetty jonkin verran, ja osa perustellusti	Käsittelee evoluution useampaa näkökulmaa ja löytää joitain syy-seuraussuhteita, vastauksessa vielä ristiriitaisuuksia	Johtopäätösten teossa johdonmukaisuutta, kuitenkin asioiden luokittelua	Kuva tulkittu oikein. Kuvaa käytetty apuna tehtävän vastauksessa, siitä annettu joitain esimerkkejä
3A. Siirtymätaso	Piirteitä luokista 3 ja 4	Piirteitä luokista 3 ja 4	Piirteitä luokista 3 ja 4	Piirteitä luokista 3 ja 4
4. Suhteutettu	Käytetty paljon ja suurin osa selitetty ja perusteltu	Evoluutiota käsitelty monipuolisesti. Kokonaisuus selkeä ja yhtenäinen. Vastaaaja ei kykene viemään evoluution tarkastelua uuteen kontekstiin.	Vastaus johdonmukainen mutta johtopäätökset suljettuja.	Kuva tulkittu oikein kokonaisuudessaan, mutta ilmiön liittäminen laajempaan näkökulmaan ei ole onnistunut. Kuvaa käytetty hyvin vastauksen tukena, antaen esimerkkejä.
5. Korkea abstraktio-taso	Käsitteitä käytetty monipuolisesti perustellen	Evoluutiota käsitelty monipuolisesti ja jopa yli vaatimustason. Vastaaaja kykenee yhdistämään tehtävän tarkastelun uuteen kontekstiin	Vastaus johdonmukainen ja johtopäätökset avoimia, tieteellisen ajattelun piirteitä (hypoteesit)	Kuva tulkittu oikein, ja yleistetty sopimaan muihin vastaaviin tilanteisiin. Kuvaa käytetty hyvin tehtävän vastauksessa antaen monipuolisesti esimerkkejä

Monirakenteisen vastauksen kuvan tulkinta oli oikein. Vastaukseen oli kyetty liittämään useampia evoluution käsitteitä ja luonnon valinta oli osattu tuoda osittain mukaan tarkasteluun. Vastauksesta puuttui oleellisia asioita tehtävän kokonaisvaltaisen ratkaisun kannalta tai siinä oli epäjohdonmukaisuutta. Vastaus ja johtopäätökset tulivat liian nopeasti. Siirtymäluokan 3A vastauksessa oli piirteitä sekä monirakenteisesta luokasta

että suhteutetusta luokasta. Vastauksessa oli paikoittain käytetty käsitteitä hyvin perusteluineen ja vastaus oli erittäin johdonmukainen, kuitenkin toisaalla vastauksen syy-seuraussuhteiden perustelut jäivät liian heikoiksi. Luokittelin siirtymäluokan vastaukset syväsuuntautuneelle tasolle.

Suhteutettu vastaus oli johdonmukainen eikä epäloogisuutta ollut. Evoluution tarkastelu oli monipuolista ja käsitteet olivat sidottu tehtävän vastaukseen. Vastaus luokiteltiin tähän tasoon, vaikka muutama käsite olisi uupunut, jos se ne eivät heikentäneet vastauksen kokonaisuutta. Vastaus pysyi vahvasti tehtäväannossa ja käsitteli aihetta laajasti. Laajan abstraktiotason vastauksessa vastaaja kykeni yleistämään tehtävän yleisemmälle tasolle, jolloin vastauksessa oli selkeitä tieteelliselle ajattelulle tyypillisiä piirteitä. Vastaus oli johdonmukainen ja hyvin perusteltu ja vastaus saattoi ylittää tehtävänannon tason.

Tulkitsin näitä asioita tekstistä ja sovitin ne sisällön analyysin jälkeen oikeaan luokkaan. Kirjasin Excelliin vastauksista esille tulevat SOLO-luokat, jonka jälkeen yhdistin ne vastauksen kirjoittaneen kokelaan taustatietoihin. Tämän lisäksi tehtäviä analysoidessa kirjasin muistiin virheelliset käsitteet ja vastausten sisällöllisiä puutteita, joita vastaaja oli yrittänyt selittää. Esimerkiksi puutteena saattoi olla käsitteen oleellisesti vaikuttanut virheellinen kirjoitusasu tai sen selittämättä jättäminen.

Tuloksissa on katkelmia kokelaiden vastauksista. Vastausten perässä on koodattu kokelaan taustatiedot seuraavasti: sukupuoli (M/N) ja vastausnumero, ikä, SOLO-luokka, kirjoitusajankohta, tehtävän pisteet, kokeen kokonaispisteet, kokeen arvosana, kirjoitettujen aineiden määrä, tieto matematiikan kirjoittamisesta (lyhyt, pitkä, -), matematiikan arvosana. Esimerkiksi näin: M4 20 SOLO3 k2019 9 65 M 6 lyhyt E. Tunnukset ovat aina samassa järjestyksessä ja vastaavat samoja asioita. Tämän lisäksi esimerkeissä esiintyvät kirjoitusvirheet ovat peräisin alkuperäisestä kokelaan vastauksesta.

2.5 Koevastausten tilastoanalyysit

Aineiston matematiikan ja biologian ylioppilaskokeen arvosanat olivat ylioppilastutkintolautakunnalta saamassani Excel-tiedostossa kirjainmuodoissa, joten muutin ne numeeriseen muotoon seuraavasti: arvosanat I, I-, I= ja I+ ovat 1, A= 2, B= 3, C= 4, M= 5, E= 6, L= 7. Tämän lisäksi tallensin aineistoon laadullisesti analysoidut

vastausten SOLO-luokat. Merkitsin SOLO-luokat numeerisesti seuraavasti: SOLO1= 1, SOLO2= 2, SOLO 3= 3, SOLO3A= 3,5, SOLO4= 4, SOLO5=5. Nämä helpottivat tilastollisten analysointien ja kuvaajien tarkastelua. Aineiston muokkauksen jälkeen siirsin sen SAS Enterprise Guide 7.1.-ohjelmistoon, jossa suoritin tilastolliset analyysit.

Analysoin SOLO-luokkien yhteyttä ylioppilaskokeen antamiin pisteisiin ja arvosanoihin Spearmanin korrelaation avulla. Kirjoitettujen aineiden määrän ja matematiikan kirjoittamisen yhteyttä ajattelutaitoihin analysoin Kruskal-Wallis testin avulla, joka on ei-parametrinen testi useamman mediaanin vertaamiseen. SAS-proseduurina oli NPAR1WAY. Testin avulla tutkin poikkeavatko luokkien mediaanit tilastollisesti toisistaan. Kruskal-Wallis testin perusteella ei saada tietoa minkä luokkien välillä mahdolliset erot ovat, joten tein jatkoanalyysit Mann-Whitneyn U-testillä. Mann-Whitneyn U-testi on ei-parametrinen testi, joka testaa onko kahden luokan välillä tilastollisesti merkitsevää eroa. Käytin Kruskal-Wallis testiä ja Mann-Whitney U-testiä parametrusten testien sijasta, sillä aineisto oli järjestysasteikollinen (Fay & Proschan 2010). Tämän lisäksi tein Excelissä box plot -kaaviot kaikille kirjoitettujen aineiden ja matematiikan eri ryhmille.

Tämän jälkeen jatkoin analyysiä matematiikan kirjoittamisen osalta. Tein Kruskal-Wallis testin matematiikan kirjoittamisen osalta ryhmiteltynä erikseen naisille ja miehille. Tein naisille ja miehille erikseen jatkoanalyysinä Mann-Whitneyn U-testit.

Minulla oli tiedossa matematiikan kirjoittajien arvosanat, joten Spearmanin korrelaation avulla tutkin matematiikan arvosanan yhteyttä ajattelutaitoihin eli SOLO-luokan tasoon. Tein korrelaatiot erikseen pitkälle ja lyhyelle matematiikalle.

Tein analyyseissa useita parittaisia vertailuja, joten merkitsevän p-arvon saaminen sattumalta kasvoi. Tämän ongelman välttämiseksi laskin Mann-Whitney U-testin merkitsevyys tasoa perättäisellä Bonferroni-korjauksella (sequential Bonferroni, Holm 1979). Käytin tutkimuksessa perättäistä Bonferroni-korjausmenetelmää, koska se korjaa p-arvoa maltillisemmin kuin Bonferroni-korjaus (Rice 1989). Bonferroni-korjauksessa asetin U-testien p-arvot suuruusjärjestykseen pienimmästä suurimpaan. Korjasin suurimman p-arvon testien määrällä k, ja siitä järjestyksessä seuraavat k-1:llä ja niin edelleen (Holm 1979).

3 Tulokset

3.1 Kokelaiden ajattelutaidot

Kokelaiden ajattelutaitojen taso vaihteli esirakenteisesta korkean abstraktiotason luokkaan (Taulukko 9). Vastausten SOLO-luokan keskiarvo oli 2,55 (n= 350). Näistä pintasuuntautuneita ajattelutaitoja edusti 86,6 % vastauksista ja syvä suuntautuneita 13,4 % vastauksista.

Taulukko 9. SOLO-luokkien jakautuminen, n= 350.

SOLO-luokka	Frekvenssi	Suhteellinen osuus (%)	Summafrekvenssi	Suhteellinen summafrekvenssi (%)
1	40	11,4	40	11,5
2	127	36,3	167	47,7
3	136	38,9	303	86,6
3A	8	2,3	311	88,9
4	32	9,1	343	98,0
5	7	2,0	350	100,0

Suurimmat puutteet olivat metakognitiivisissa taidoissa. Kokelaat käyttivät vastauksissa huomattavan paljon puhekieltä sekä kirjoitusvirheitä esiintyi paljon. Täsmällisten ilmaisujen käyttö oli vähäistä. Syy-seuraussuhteiden hahmottaminen oli hankalaa pintasuuntautuneissa vastauksissa, sillä kokelailta oli haastavaa sisällyttää evoluution käsitteitä vastaukseen. Johdonmukaisuus ja selkeiden johtopäätösten teko katosi helposti, kun käsitteillä ei pystytty sitomaan ajatuksia yhdeksi kokonaisuudeksi. Esimerkiksi selkeä käsite suojaväri uupui 224 vastauksesta ja tämä korvattiin usein tarinamaisella kerronnalla, jossa kalat maastoutuvat kuvioinnillaan Sitä ei osattu liittää yksinkertaiseen käsitteeseen suojaväri (alla esimerkki M4).

...ne kalat, joiden kuvionti on lähellä pohjan soran kuviointia, kykenevät maastoutumaan pohjan kuvioon niitä kaloja paremmin kuin kenen kuvionti ei vastaa pohjan kuviointia. Sen seurauksena altaassa uiva petokala ei erota maastoutuvia kaloja yhtä helposti kuin ne, jotka eivät erilaisen kuviointinsa ansiosta kykene maastoutumaan... (M4 20 SOLO3 k2019 9 65 M 6 lyhyt E)

Toinen käsitteisiin liittyvä ongelma oli päinvastainen. Käsitettä käytettiin, mutta sitä ei aina selitetty. Tästä esimerkkinä fitness-sanan käyttö. Jos kokelas ei selittänyt käsitettä kokonaan, selitys oli vain fitness eli kelpoisuus, joka ei kertonut mitään lisää. Tämä tuli esille sekä pintasuuntautuneissa että syväsuuntautuneissa vastauksissa (alla esimerkki N64).

...jotka soveltuvat oman ympäristönsä olosuhteisiin parhaiten. Näin ollen yksillöllä on hyvä fitness eli kelpoisuus. Luonnonvalinta voi olla tasapainottavaa, suuntaavaa... (N64 19 SOLO4 k2019 13 84 E 6 pitkä M)

3.2 Pintasuuntautuneet ajattelutaidot

Pintasuuntautuneita vastauksia oli 303 (86,6 %). Vastauksissa kokelas oli käyttänyt vajavaisesti evoluution käsitteitä, kielellisyys ei ollut usein hyvää. Vastauksen johtopäätökset eivät olleet johdonmukaisia, vaan asioiden luokittelua. Syy-seuraussuhteiden kerronta jäi puutteelliseksi. Kokelas kertoi vastauksessaan asioita, joita ei kysytty, jolloin tehtävään vaadittava tiedon arviointi jäi puutteelliseksi ja johdonmukaisuus heikkeni. Ajattelutaidot olivat heikoimmillaan vastauksissa, joista huomaa ettei evoluutiota ilmiönä ole ymmärretty.

Pintasuuntautuneissa vastauksissa esiintyi paljon virhekäsityksiä, jotka tekivät vastauksesta epäjohdonmukaisen. Vastauksista ilmeni virheitä ja virhekäsityksiä seuraavasti. Aineiston molempien kohtien ensimmäisen sukupolven kuvissa kalojen väritys oli selkeästi monipuolinen, oli isoja ja pienilaikkuisia fenotyypejä sekaisin. Kuitenkin osa kokelaista SOLO-luokista 1 ja 2 kirjoitti vastauksissaan, että aineiston ensimmäisessä sukupolvessa olisi vain yhden värityksen omaavia kaloja. Miljoonakalojen evoluutiota, jossa petokalat olivat mukana, kutsuttiin seitsemässä vastauksessa koevoluutioksi. Tässä tehtävänannossa ei tullut ilmi, että pedoille olisi tapahtunut muutosta fenotyyppiin (alla esimerkki N145).

Petokala ja miljoonakalakoiraat elävät peto-saalissuhteessa, josta on oikeastaan hyötyä vain saalistajalle. Petokalat kuitenkin vaikuttavat miljoonakalakoiraiden evoluutioon, mikä antaa koiraille paremman mahdollisuuden selvitä. Tätä kutsutaan koevoluutioksi eli rinnakkaisevoluutioksi. (Esim.N145 19 SOLO3 k2019 11 86 E 7 pitkä M)

Tehtävässä osa kokelaista tulkitsi kuvat väärin evoluution kannalta. Vaikka tehtävänannossa selkeästi kuvattiin kaksi eri populaatiota eri altaissa, kuusi kokelasta yhdisti nämä yhdeksi ja kertoi hajottavasta luonnonvalinnasta. Yleisesti puhuttiin paljon myös pelkästä luonnonvalinnasta ja osa ei kyennyt vastauksessaan tuomaan ilmi tarkemmin mikä valinnan muoto oli kyseessä. Tässä tehtävässä kyseessä oli suuntaava luonnonvalinta. Suuntaavasta valinnasta oli käytetty myös vaihtoehtoisia termejä, kun oikeaa termiä ei muistettu tai osattu. Näitä olivat suosiva valinta (n= 1), suojaava valinta (n= 1), suuntaa antava valinta (n= 3), ohjaava valinta (n= 1), syrjäyttävä valinta (n= 1), rajoittava valinta (n= 1) sekä suuntautuva valinta (n= 1), (alla esimerkki N338).

Jos taas sora on hienorakenteista niin suuntaa antavan valinnan seurauksena yleistyy miljoonakalat, joilla on pienempiä laikkuja. Nyt nämä pysyvät suojautua paremmin petokaloilta. (N338 19 SOLO2 k2019 5 61 C 5 lyhyt M)

Tämän lisäksi harvassa vastauksessa oli mukana genetiikkaa. Vain harvassa vastauksessa osattiin yhdistää alleelikoostumuksen muutos kalojen populaatiossa. Nämä osattiin liittää vastaukseen vain SOLO3A–SOLO5 luokan vastauksissa. Osassa vastauksissa oli mukana geenit, mutta ei niiden eri alleelit (alla esimerkki N342). Tämä huomioiden tehtävän jatkotarkastelussa piti osata selittää lajiutumista, jossa kokelaat osasivat suhteellisen hyvin käyttää käsitteitä mikro- ja makroevoluutio, mutta ongelmaksi muodostui, ettei näitä käsitteitä osattu selittää ja mikä niiden taustalla on (alla esimerkki N116).

Huonoimmat yksilöt karsiutuvat yleensä pois jo ennen lisääntymisikää, joka johtaa siihen, etteivät kyseisen yksilön geenit periydy tuleville sukupolville. (N342 18 SOLO3 k2019 11 62 M 7 pitkä -)

Miljoonakalojen mikroevoluutio, eli erilaisten piirteiden kehittymien saman lajin sisällä, voisi johtaa makroevoluutioon, joka johtaa lajiutumiseen, missä alunperin saman lajin yksilöt eroavat toisistaan niin paljon etteivät enää lisäänty. (N116 30 SOLO3 k2019 13 76 E 8 lyhyt M)

3.2.1 Esirakenteisen ajattelutaidon esiintyminen

Esirakenteisia vastauksia edusti 40 (11,5 %) vastausta. Vastauksista näki, ettei evoluutiota ymmärretty ja vastauksessa ilmeni tautologiaa. Alla olevat esimerkit (M314, N287) olivat tyypillisiä esirakenteisia vastauksia, jossa kokelaan vastauksesta näkee, ettei asiaa ole ymmärretty.

Lajin vähäinenkin muutos voi olla suuri muutos muutaman sukupolven jälkeen ja täyttää uuden lajin tunnusmerkit. (M314 19 SOLO1 k2019 2 21 I 5 lyhyt A)

...uskon laikkujen lisääntymiseen syynä olevan likainen vesi ja ahdas tunnelmaKalat uivat parveissa, jolloin yrittävät päästä petokaloja pakoon suojauduttuaan toisiinsa. Likainen vesi ja suuret rakeet jäivät kalojen väliin ja näin ollen kalojen nahkan osuessa yhteen täplät tarttuvat toisiinsa. (N287 19 SOLO1 k2019 1 26 A 6 lyhyt B)

3.2.2 Yksirakenteisen ajattelutaidon esiintyminen

Yksirakenteisen luokan vastauksia oli huomattava osa vastauksista 127 (36,3 %). Kokelaiden vastauksissa evoluution käsitteitä ei käytetty tai vain yhtä tai kahta. Asiaa ei mietitty vaan kerrottiin järjestyksessä mitä mieleen tuli. Vastauksessa osattiin tuoda esille luonnonvalinta, mutta sen eri muotoja ei pystytty erottelemaan. Evoluutiota tarkasteltiin vain yhdestä näkökulmasta ja vastaus tuli nopeasti sekä siinä esiintyi ristiriitaisuuksia, jolloin johdonmukaisuus kärsi. Alla oleva esimerkki (N254) oli tyypillinen yhden rakenteen vastaus, sillä vastauksessa kerrottiin nopeasti ilman käsitteiden käyttö mitä aiheesta mieleen tuli.

Koiraiden piti siis muovautua ympäristön mukaan. Altaissa, joissa oli petokaloja koiraat muuttivat kuviointiaan samanlaiseksi kuin pohjan rakeet mukautuakseen ympäristöön. Niin petokalojen oli vaikeampi löytää niitä, kun kuviointi oli samanlaista kuin pohja. Altaissa, joissa petokaloja ei kuitenkaan ollut, koiraat muuttivat kuviointiaan niin, että ne erottuivat pohajsta niin, että naaraiden oli helpompi löytää ne. (N254 18 SOLO2 k2019 5 41 B 6 pitkä A)

3.2.3 Monirakenteisen ajattelutaidon esiintyminen

Monirakenteisia vastauksia oli eniten 136 (38,9 %). Monirakenteisen luokan vastauksessa evoluution tarkastelussa oli jonkin verran johdonmukaisuutta, joka näkyi luonnon valinnan tarkastelun liittämisenä osaksi vastausta. Vastausten johtopäätökset olivat suurimmaksi osaksi asioiden luokittelua enemmän kuin syvällistä pohdintaa. Vastauksessa saattoi esiintyä joitain ristiriitaisuuksia. Käsitteiden käyttö ei ollut järjestelmällistä vaan niiden liittäminen vastaukseen oli satunnaista. Alla muutama tyypillinen esimerkki (N83, N122) tämän luokan vastauksesta.

Sukupolven lisääntyessä populaation kelpoisuutta (fitness) ylläpitävät geenit siirtyvät seuraaville sukupolville. Em. tapahtumaketju toistuu sukupolvesta toiseen: heikkojen jouduttua petojen saaliiksi, vahvat suojaväritteiset ovat yleistyneet ja viidentoista sukupolven jälkeen hienorakeisen soran altaissa on (lähes) ainoastaan pienilaikkuisia ja karkearakeisen soran altaissa (lähes) ainoastaan suurilaikkuisia miljoonakaloja. Henkiinjäämisen kannalta on ollut välttämätöntä naamioitua ympäristöön. (M83 19 SOLO3 k2019 8 68 M 8 pitkä M)

Miljoonakalakoiraiden muuntelu on tapahtunut suuntaavan luonnonvalinnan kautta. Se suosii tiettyä ääriäyppiä, joka menestyy vallitsevissa ympäristöoloissa parhaiten. Petokalojen eli saalistajien läsnäolo on vaikuttanut luonnonvalintaan ja ohjannut kalojen kuvioinnin muutosta ympäristössä sopeutumiseen... ..Kun miljoonakaloilla ei ole saalistajia, niillä ei ole myöskään tarvetta fenotyypinsä muuntelulle. Muodostuu tasapainottavaa valintaa ja keskivertoyksilöiden määrä yleistyy populaatiossa. Muuntelua tapahtuu kuitenkin seksuaalivalintana. (N122 19 SOLO3 k2019 10 70 M 6 lyhyt C)

Monirakenteisen ja suhteutetun väliin jäävä siirtymäluokan vastauksia oli kahdeksan (2,3 %). Samassa vastauksessa oli selvästi piirteitä suhteutusta vastauksesta, jolloin käsitteitä oli pystytty käyttämään laajasti perusteluineen ja johtopäätökset olivat perusteltuja. Toisaalta osa tehtävän vastauksesta oli selkeästi hahmotettavissa monirakenteiseen luokkaan muutaman olennaisen asian puuttumisen ja liian heikkojen johtopäätösten takia.

3.3 Syväsuuntautuneet ajattelutaidot

Kokelaista 13,4 % ajattelutaidot olivat kehittyneet selkeästi syväsuuntautuneemmiksi. Vastaukset olivat hyvin jäsennellyjä ja niistä tuli esille selvä asiantuntijamaisuus. Kokelaat kykenivät johdonmukaisuuteen, hyvään argumentointiin ja syy-seurasuhteiden kerrontaan vastauksissaan. Tämän lisäksi he kykenivät löytämään tehtävän kontekstin mukaiset biologian keskeiset käsitteet hyvin ja niiden avulla perustelemaan päätelmiään. Vastauksista näkyi selkeä rakenne ja käsitteiden monipuolinen käyttö perusteluineen. Johdonmukaisuus ja syy-seuraussuhteiden läpikäynti säilyi läpi vastauksen.

3.3.1 Suhteutetun ajattelutaidon esiintyminen

Suhteutetun luokan vastauksia oli 32 (9,1 %). Niissä evoluutio käsiteltiin kokonaisuudessaan ja vastaus oli selkeä ja yhtenäinen. Evoluution käsitteitä käytettiin monipuolisesti. Vastaus oli johdonmukainen ja syy-seuraussuhteet oli selitetty. Johtopäätökset olivat suljettuja, jolloin evoluution tarkastelua ei viety uuteen kontekstiin eli ilmiötä ei kyetty liittämään laajempaan näkökulmaan. Alla kaksi katkelmaa tyypillisestä suhteutetun luokan vastausta (N40, N311).

Miljoonakalojen tapauksessa populaatioon kohdistuva luonnonvalinta oli suuntaavaa valintaa. Se tarkoittaa, että aiemmin epähyödyllisestä tai yhdentekevistä alleelistä tuleekin ympäristön muutosten myötä erityisen edullinen ja näin ominaisuus yleistyy populaatiossa. Miljoonakaloilla pohjasoran reakokoa vastaava suojaväri auttoi suojautumaan petokaloilta. (N40 19 SOLO4 k2019 14 64 M 5 lyhyt M)

Petokaloja sisältävissä altaissa naaraskalojen valinta ei vaikuttanut yhtä paljon ominaisuuksien yleistymiseen, sillä niiden täytyi lisääntyä niiden koiraiden kanssa, jotka olivat selvinneet hengissä petokaloilta. Kyseisessä tilanteessa on kyse seksuaalivalinnasta, sillä naaraat valitsivat koiraista lisääntymiskumppanit houkuttelevan värityksen perusteella. Seksuaalivalinta suuntautui eri altaissa eri ominaisuuksin. (N311 18 SOLO4 k2019 16 84 E 8 pitkä -)

3.3.2 Korkean abstraktiotason ajattelutaidon esiintyminen

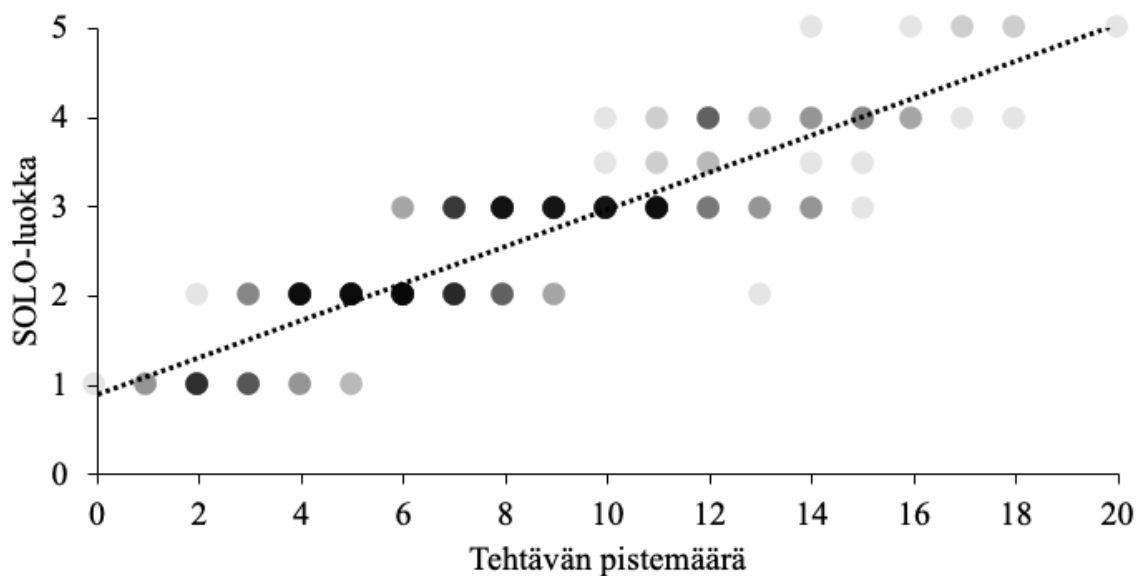
Korkean abstraktiotason vastauksessa evoluutiota käsiteltiin monipuolisesti ja jopa yli vaatimustason. Evoluution käsitteitä käytettiin monipuolisesti ja ne olivat perusteltuja. Vastaus oli johdonmukainen ja johtopäätökset avoimia. Vastauksesta pystyi havaitsemaan tieteellisen ajattelun piirteitä, kuten hypoteesien muodostumista. Toisin kuin suhteutetussa vastauksessa vastaaja pystyi kertomaan yleisistä lainalaisuuksista, joita pystyttäisiin käyttämään perusteluina muissakin vastaavissa tilanteissa. Vain seitsemän vastausta (2 %) oli tällä tasolla. Alla olevat esimerkit (N81, M163) pohtivat perusteellisesti ja yleistäen miljoonakaloihin kohdistunutta evoluutiota.

Miljoonakalakoiraisiin kohdistuu myös erilaista valintapainetta kuin miljoonakalanaaraisiin eli esiintyy myös sukupuolivalintaa, koska naaraat ovat yksivärisiä, mutta koirailta laikkujen koko vaihtelee. Petojen läsnäollessa koiraille edullisinta on huomaamaton kuviointi, joka toimii suojaväriä petojen saaliiksi joutumista vastaan. Kuvassa 9.A karkeapohjainen sora on aiheuttanut sukupolvien myötä suuntaavaa valintaa isompaa kuviointia kohden, koska isolaikkuisuus on kaikista kelpoisin petojen läsnäollessa karkealla sorapohjalla. Karkeaan soraan sopeutuneet isolaikkuiset koirat ovat selviytyneet parhaiten pedoilta, koska erottuvat siitä vähiten ja siten tämä isolaikkuisuuden alleeli on yleistynyt populaatiossa ja 15. sukupolvessa se on kaikista yleisin fenotyyppi. (N81 19 SOLO5 k2019 18 94 L 6 pitkä M)

Makroevoluutio eli uusien lajien syntyyn johtava evoluutio edellyttää kahden lajin populaation välisen geenivirran pysyvää katkeamista. Geenivirran katkeamiseen johtavia syitä kutsutaan lisääntymisesteiksi ja niitä ovat mm. maantieteellinen isolaatio, erilainen elinympäristö, fyysiset lisääntymisesteen, sukusolujen yhteensopimattomuus, soidinmenojen erilaisuus sekä jälkeläisten heikko lisääntymiskyky tai steriiliys. Jos miljoonakalojen kohdalla täyttyy jokin näistä ehdoista, on lajiutumisen mahdollista. (M163 19 SOLO5 k2019 20 115 L 6 pitkä E)

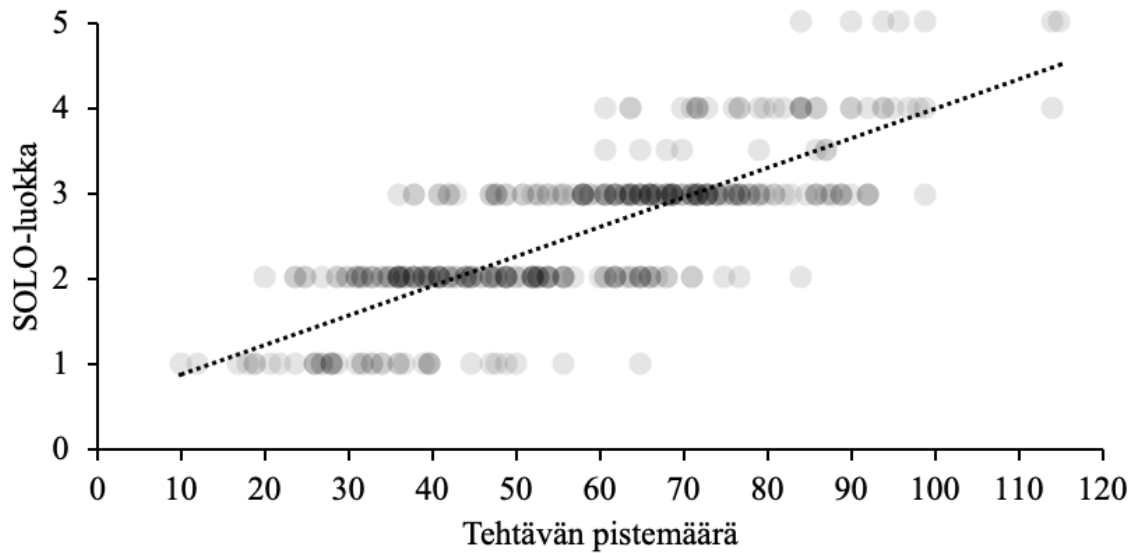
3.4 Ajattelutaitojen yhteys ylioppilastutkintolautakunnan arvosteluun

Ylioppilaskokelaiden ajattelutaidot, joiden mittaamiseen käytin SOLO-taksonomiaa, korreloivat positiivisesti ylioppilastutkintolautakunnan antamiin tehtävän pisteisiin (Kuva 3).



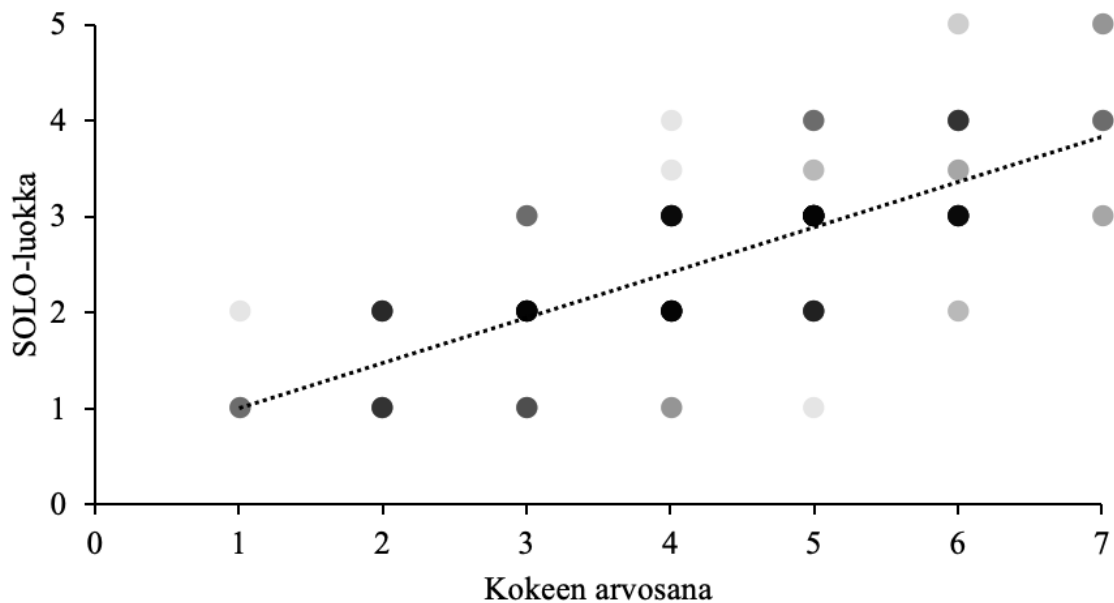
Kuva 3. Koevastausten SOLO-luokan ja tässä tutkimuksessa tarkastellun tehtävän pistemäärän (max= 20) Spearmanin korrelaatio $r_s = 0,89$, $P < 0,0001$, $n = 350$. Havaintopisteet ovat sitä tummempia, mitä enemmän niissä on havaintoja.

Ylioppilaskokelaiden ajattelutaidot korreloivat positiivisesti myös biologian ylioppilaskokeen kokonaispisteiden kanssa (Kuva 4, s. 29).



Kuva 4. Koevastausten SOLO-luokan ja biologian ylioppilaskokeen pistemäärän (max=120) Spearmanin korrelaatio $r_s = 0,78$, $P < 0,0001$, $n = 350$. Havaintopisteet ovat sitä tummempia, mitä enemmän niissä on havaintoja.

Ajattelutaidot korreloivat positiivisesti kokelaiden saamien arvosanojen kanssa (Kuva 5).



Kuva 5. Koevastausten SOLO-luokan ja biologian ylioppilaskokeen arvosanan Spearmanin korrelaatio $r_s = 0,75$, $P < 0,0001$, $n = 350$. Havaintopisteet ovat sitä tummempia, mitä enemmän niissä on havaintoja. Arvosanat vastaavat ylioppilaskokeen arvosanoja seuraavasti: I= 1, A= 2, B= 3, C= 4, M= 5, E=6, L= 7.

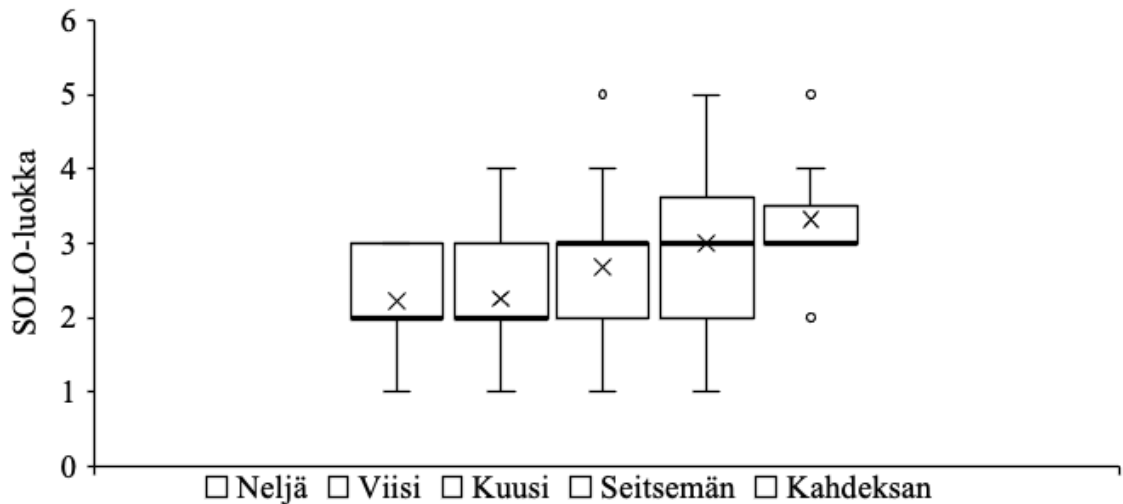
3.5 Kirjoitettujen aineiden määrän yhteys ajattelutaitoihin

Kruskal-Wallis testin perusteella kirjoitettujen aineiden määrä vaikutti merkitsevästi SOLO-luokan tasoon ($X^2= 45,9$, $df= 4$, $p< 0,0001$). Parittaiset erot Mann-Whitneyn U-testin perusteella ovat taulukossa 10.

Taulukko 10. SOLO-luokan tasojen erot kokelaiden kirjoitettujen aineiden määrän mukaan, Mann-Whitneyn U-testi. Kussakin solussa on Mann-Whitneyn U-testin testisuure U ja Z- sekä p-arvo. Tilastollisesti merkitsevät p-arvot perättäisen Bonferroni-korjauksen jälkeen on lihavoitu. Kunkin luokan aineistokoko (n) löytyy taulukosta 6.

Kirjoitettujen aineiden määrä	4	5	6	7
5	U= 1125,00 Z= -0,0549 p= 0,96			
6	U= 687,0 Z= -1,97 p= 0,049	U= 18228,0 Z= 3,99 p< 0,0001		
7	U= 268,5 Z= -2,92 p= 0,0035	U= 5970,5 Z= 4,83 p< 0,0001	U= 4377,0 Z= 2,17 p= 0,03	
8	U= 146,0 Z= -3,67 p=0,0002	U= 2466,5 Z= 4,74 p< 0,0001	U= 1753,5 Z= 2,89 p= 0,004	U= 698,0 Z= 1,11 p= 0,27

Kokelailla, jotka olivat kirjoittaneet useamman aineen oli korkeampi SOLO-luokan mediaani (Kuva 6, s.31).



Kuva 6. SOLO-luokkien ylä- ja alakvartiilit sekä mediaani ja keskiarvo. Laatikot kuvaavat ylä- ja alakvartiileja. Mediaani on merkitty paksunnuttuna viivana ja keskiarvo rastilla. Janat muodostavat loput 50 % havainnoista lukuun ottamatta ympyröillä merkittyjä poikkeamia.

3.6 Matematiikan yhteys ajattelutaitoihin

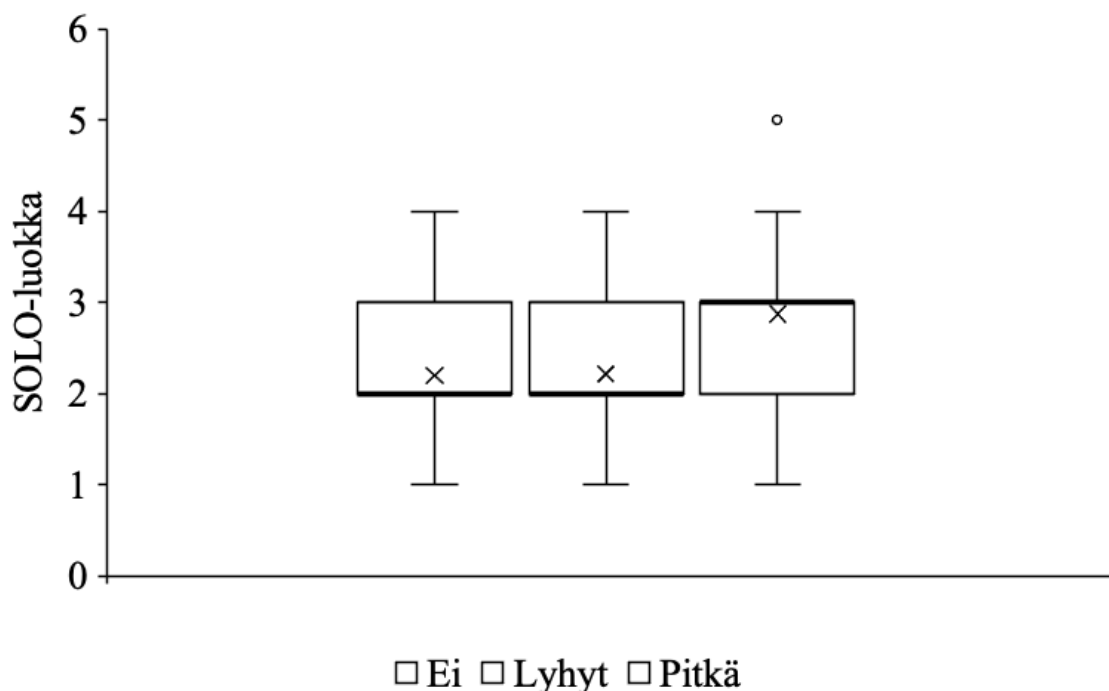
Kruskal-Wallis testin perusteella matematiikan kirjoittaminen vaikutti merkittävästi SOLO-luokan tasoon ($\chi^2 = 46.30$, $df = 2$, $p < 0,0001$).

Mann-Whitney U-testien perusteella tilastollisesti merkitsevät erot olivat pitkän matematiikan kirjoittamisen ja matematiikan kirjoittamatta jättämisen välillä sekä pitkän matematiikan ja lyhyen matematiikan kirjoittamisen välillä (Taulukko 11).

Taulukko 11. SOLO-luokan erot matematiikan kirjoittamisen luokkien välillä Mann-Whitney U-testi. Kussakin solussa on testin testisuure U- ja Z- sekä p-arvo. Tilastollisesti merkitsevät p-arvot perättäisen Bonferroni-korjauksen jälkeen on lihavoitu. Kunkin luokan aineistokoko (n) löytyy taulukosta 7.

Matematiikka	Ei kirjoittanut	Lyhyt
Lyhyt	U= 3029,0 Z= -0,1249 p= 0,9006	
Pitkä	U= 2550,0 Z= -4,2493 p< 0,0001	U= 16248,0 Z= -6,2556 p< 0,0001

Pitkän matematiikan kirjoittaneilla oli keskimääräisesti korkeampi SOLO-luokan mediaani (Kuva 7).



Kuva 7. SOLO-luokkien ylä- ja alakvartiilit sekä mediaani ja keskiarvo. Laatikat kuvaavat ylä- ja alakvartiileja. Mediaani on merkitty paksunnettuna viivana ja keskiarvo rastilla. Janat muodostavat loput 50 % havainnoista lukuun ottamatta ympyrällä merkittyä poikkeamaa.

Tulosten mukaan matematiikan kirjoittamisella ja opiskelulla oli positiivinen vaikutus SOLO-luokan tasoon (Kuva 7 ja Taulukko 11). Sekä lyhyen ($r_s = 0,41$, $p < 0,0001$, $n = 129$) että pitkän ($r_s = 0,5$, $P < 0,0001$, $n = 152$) matematiikan ylioppilaskokeesta saatu arvosana korreloi positiivisesti SOLO-luokan tasoon, pitkä jonkin verran voimakkaammin.

3.6.1 Matematiikan opiskelun ja ajattelutaitojen yhteyden ero naisten ja miesten välillä

Kun tieto matematiikan kirjoittamisesta ryhmitellään sukupuolen mukaan Kruskal-Wallis testin perusteella molemmissa ryhmissä säilyi tilastollisesti merkitsevä ero (miehet: $X^2 = 12,2$, $df = 2$, $p = 0,0023$, naiset: $X^2 = 34,5$, $df = 2$, $p < 0,0001$).

Mann-Whitney U-testien perusteella tilastollisesti merkitsevät erot olivat naisilla pitkän matematiikan kirjoittamisen ja matematiikan kirjoittamatta jättämäisen välillä ($U=1620,0$ $p<0,0001$) sekä pitkän matematiikan ja lyhyen matematiikan kirjoittamisen välillä ($U=9315,0$ $p<0,0001$). Miehillä ero ei ollut aivan merkitsevä pitkän matematiikan kirjoittamisen ja matematiikan kirjoittamatta jättämäisen välillä ($U=103,0$ $p=0,07$), mutta pitkän matematiikan ja lyhyen matematiikan kirjoittamisen välillä oli ($U=969,0$ $p=0,0009$). Aineiston koot löytyvät taulukosta 7.

4 Tulosten tarkastelu

4.1 Ajattelutaitoihin vaikuttavat tekijät

Tutkimukseni tulosten mukaan kokelaiden ajattelutaidot edustavat pääosin (86,6 %) pintasuuntautunutta ajattelua (SOLO-luokat 1–3). Vastaajat eivät yllä Bloomin uudistetun taksonomian (Anderson ym. 2001) mukaan korkeimmille ajattelutaidon tasoille. Tämä tulos näkyy vastauksissa selkeinä asiavirheinä ja tietojen puutteena sekä huonona kielenkäyttönä muun muassa puhekielisyysnä. Tämän lisäksi vastauksista näkyy selkeästi se, ettei vastaajille ole kehittynyt hyvää biologista ajattelutapaa ja hyvin perusteltuja argumentteja. Suuria ongelmia näkyy siinä, etteivät kokelaat kykene liittämään biologisia käsitteitä vastaukseensa, jos niitä ei ole tehtävänannossa suoraan annettu. Saamani tutkimustulokset ovat samantapaisia kuin Mahanal ym. (2017) saivat tutkimuksessaan lukiolaisten kriittisistä ajattelutaidoista biologiassa. Tutkimuksen mukaan 71 %:lla lukiolaista on heikosti kehittyneet kriittisen ajattelun taidot (Mahanal ym. 2017).

Tutkimukseni tehtävä oli soveltava, jossa kokelaan on itse pitänyt ymmärtää mitä tehtävältä vaaditaan. Korkeiden ajattelutaitojen lisäksi tarvitaan kokelaiden metakognitiivista tietoa. Tehtävän vaatimustason ymmärtäminen ja oivaltaminen on jäänyt usealta kokelaalta puutteelliseksi. Vastauksista tulee esiin, että osa kokelaista ei ole välttämättä vain ymmärtänyt liittää ja käyttää käsitteitä vastauksessaan. Käsitteiden puuttuminen ei suoraan ole väärin tai kerro kokonaisuudessaan, sitä etteikö kokelas ymmärtäisi evoluutiota, jos vastauksesta ei muuten ilmene asiavirheitä. Ylioppilastutkintolautakunta vaatii kypsää vastausta ja käsitteiden käyttöä (YTL 2016; YTL 2020a), mikä kokelaiden tulisi tiedostaa vastatessaan ylioppilaskokeen soveltavaan

tehtävään. Joten hyvä monirakenteinen vastaus ilman käsitteitä, ei ole mahdollista sisällyttää enää ylemmälle SOLO-luokan tasolle. Tästä jää pohdittavaa, että onko kokelailla itse vaikeuksia hahmottaa käsitteitä ja ymmärtää, miten ne liittyvät vastaukseen ja miten niitä tulisi omassa vastauksessaan käyttää. Kokelaiden vastausten perusteella osa tämän tehtävän käsitteistä on kuitenkin sellaisia, jotka kokelas varmasti ymmärtää ja tietää mitä ne tarkoittavat, jos niitä kysyttäisiin erillisenä tehtävänä.

Biologian opetuksessa tulee kiinnittää huomiota käsitteiden käyttöön ja niiden avulla ilmiöiden perustelemiseen, jotta johdonmukaisuus ja syy-seuraussuhteet saadaan vastauksista täsmällisesti ja oikein esille. Epätasällinen vastaus jättää tietorakenteen epäjohdonmukaiseksi ja tämän tutkimuksen perusteella ajattelun pintasuuntautuneeksi. Opettajat voivat vaikuttaa tähän kehittämällä ongelmaperustaista oppimista (Meisel 2010) ja teettämällä tutkimuksia laboratoriossa (Koray & Köksal 2009). Nämä parantavat kokelaiden kriittisiä ja luovia ajattelutaitoja, jolloin kehittyy päätöksentekokyky ja käsitteiden muodostaminen osana vastausta (Carson 2007). Lazonderin ja Harmsenin (2016) meta-analyysin mukaan tutkiva oppiminen on 72 aikaisemman tutkimuksen perustella tehokkain oppimismenetelmä, jos sitä tuetaan riittävästi opettajan ohjauksella.

Ongelmaperustaisen ja tutkivan oppimisen lisäksi tulee kiinnittää huomiota opetuksen monipuolisuuteen. Scottin (2008) mukaan keskustelut luokassa voivat auttaa parantamaan opiskelijoiden ajattelutaitoja, koska ne antavat opiskelijoille mahdollisuuden parantaa kriittistä ajattelua tutkimalla argumentteja, osallistamalla tutkimukseen, keräämällä tietoa, suorittamalla analyysejä, arvioimalla argumentteja ja kyseenalaistamalla oletuksia. Tämän lisäksi ajattelutaitoja voidaan parantaa ajatuksella, että opiskelijat eivät ole vain tiedon vastaanottajina vaan myös tiedon käyttäjinä (Peter 2012). Oppimisympäristöt, jotka osallistavat opiskelijaa aktiivisesti tiedon tutkimiseen ja tiedon soveltamiseen, edistävät opiskelijoiden kriittistä ajattelua (Peter 2012). Opettajien on tärkeää saada opiskelijat osallistumaan aktiivisesti opetukseen, jotta heidän ajatuksiaan saadaan entistä enemmän esille (Mulnix 2012). Ilman opiskelijoiden aktiivisuutta ei opettaja voi tietää heidän ajatteluaan ja tukea niiden kehittymistä. Nämä monipuoliset oppimismenetelmät antavat opiskelijoille mahdollisuuden yhdistää käsitteitä toisiinsa ja laajempiin kokonaisuuksiin (Mahnal ym. 2017).

Tutkimukseni mukaan kokelaista 13,4 %:lla ajattelutaidot ovat kehittyneet syväsuuntautuneeksi. Vastaukset ovat hyvin jäsenneiltyjä. Niistä tulee esiin selvä

asiantuntijamaisuus. He kykenevät johdonmukaisuuteen, hyvään argumentointiin ja syy-seurasuhteiden kerrontaan vastauksissaan. Tämän lisäksi he kykenevät käyttämään biologian keskeisiä käsitteitä hyvin ja niiden avulla perustelemaan päätelmiään. Tulokset osoittavat, että vain harvat opiskelijat ovat kyenneet kehittämään itselleen selvästi syväsuuntautuneemmat ajattelutaidot. Huolimatta siitä, että vastauksissa ilmenee rakenteellisia eroja ja pieniä eroavaisuuksia mitä käsitteitä he ovat sisällyttäneet vastaukseensa, voidaan nämä kielellisyyden, sisällön, rakenteen ja johdonmukaisuuden perusteella luokitella korkeammalle ajattelutaidon tasolle. Syväsuuntautunut oppiminen auttaa kokelaita monipuoliseen argumentointiin ja pohdintaan elämän ilmiöistä, jotka auttavat elämän ymmärtämisessä ja selviytymään paremmin jatko-opinnoissa (Kanbay ym. 2017).

Ylioppilastutkintolautakunnan sensorit eivät suoraan rankaise pisteillä oikeakielisyyden puutteesta. Paulin ja Ederin (2008) tutkimuksen mukaan, ne opiskelijat, joilla on hyvät kriittiset ajattelutaidot, ovat myös päteviä viestimään tehokkaasti. Eli opiskelijoiden kirjoituksessa käyttämät sanavalinnat ja ilmaisut heijastavat hänen ajattelutapaansa (Indah 2017). Tämä näkyy tämän tutkimuksen SOLO-luokituksissa, vaikka oikeakielisyyden tarkastelu ei ollut tutkimuksessani korostetussa asemassa, jos asian ydin tuli ymmärretyksi. Tuloksissa olevista kokelaiden esimerkkivastauksista huomaa, että kielellisyys paranee syväsuuntautuneimmissa vastauksissa.

SOLO-luokkien perusteella luokitellut ajattelutaidot ovat merkittävästi yhteydessä ylioppilastutkintolautakunnan antamiin tehtävän pisteisiin sekä koko biologian kokeen pistemäärien ja arvosanojen kanssa. Tutkimuksessani käytettävä mittari SOLO-taksonomia soveltuu hyvin ajattelutaitojen tutkimiseen. Vaikka tutkin ajattelutaitoja, arvioin ja analysoin ainoastaan kokelaiden valmiita esseevastauksia. Tutkimuksen luotettavuutta olisi parantanut haastattelut, joista olisin saanut tietoa kokelaiden koko ajatteluprosessista. Tässä tutkimuksessa analysoin ainoastaan lopputuotosta enkä esseen kirjoitusprosessin ajattelua. Kirjoitusprosessiin kuuluu muun muassa suunnittelua, luonnostelua, muokkausta ja tarkistusta (Hayes 1996), joita en tässä tutkimuksessa selvittänyt. Kokelas on voinut esimerkiksi arvata vastauksen oikein, mitä en pystynyt selvittämään tämän tutkimuksen vastausten perusteella (Metsämuronen 2003: 121).

Suurin osa vastauksista oli helppo luokitella täsmällisesti pääluokkiin, mutta muutamissa vastauksissa vastauksen sisällä johdonmukaisuus vaihteli paljon, jolloin tutkimuksen

luotettavuuden varmistamiseksi otin käyttöön siirtymäluokan 3A. Luokittelin kahdeksan vastausta SOLO-luokkaan 3A, eli monirakenteisen ja suhteutetun välille. Luokittelu onnistui pääsääntöisesti hyvin pääluokkiin, koska yleiset vastausten piirteet olivat helposti tunnistettavissa. Käytännössä tämä tarkoitti sitä, että käsitteitä joko ymmärrettiin käyttäen laajasti tai sitten niiden käyttö jäi erittäin vähäiseksi. Tämän lisäksi syy-seuraussuhteiden pohdinnan taso säilyi läpi vastauksen. Luokan sisällä vastaukset voivat sisältää hyvinkin erilaiset asiat varsinkin luokissa 2–3A. Tämä johtuu siitä, että SOLO-taksonomian taustalla oleva Piaget'n teorian (1964) mukaan eri kehitysvaiheissa ei voida arvioida yksilöllisiä eroja. Vaikka tutkimukseni SOLO-luokitus on teorialähtöinen (Tuomi & Saarijärvi 2018: 127–131), on tutkimuksessani silti subjektiivinen puoli, sillä aineiston luokittelua ei ole mahdollista toistaa täysin samanlaisena toisen henkilön tekemänä.

4.3 Kirjoitettujen aineiden määrän yhteys ajattelutaitoihin

Mann-Whitneyn U-testien perusteella kirjoitettujen aineiden määrällä on merkitsevä yhteys ajattelutaitoihin (Taulukko 10, s. 30). Kokelaan ajattelutaidot ovat sitä paremmat, mitä useamman aineen hän on kirjoittanut. Cattellin (1987) mukaan perimällä on vaikutusta ajattelutaitojen kehittymiseen. Cattellin teorian mukaan yksilön kehitystä määrittää kyky, joka ilmenee tehokkaana ominaisuuksien ja suhteiden vertailuna, mitä kutsutaan joustavaksi älykkyydeksi (Cattell 1987). Eli monia aineita saattaa kirjoittaa juuri ne yksilöt, joille oppiminen ja ajattelutaitojen tehokas hyödyntäminen on helppoa, jolloin he kirjoittavat useamman aineen. Pelkästään kaunokirjallisuuden lukemisen ei ole osoitettu olevan suoraan yhteydessä parempaan luonnontieteelliseen ajatteluun (Subaidah ym. 2017). Tämän lisäksi sisäinen motivaatio on todennäköisesti korkeampi kokelailla, jotka ovat kirjoittaneet useamman aineen, koska ylioppilaaksi pääsyyn riittää neljä kirjoitettua ainetta ja kaikki sen yli menevät aineet ovat oppilaan omasta halusta kirjoitettuja. Korkean opiskelumotivaation lähtemisen itsensä sisältä on useiden tutkimusten mukaan huomattu parantavan koulumenestystä (esim. Sarangi 2015; Worrell 2016; Akhtar ym. 2017).

4.4 Pitkän matematiikan yhteys ajattelutaidoissa

Tutkimuksessani matematiikan kirjoittaminen on merkitsevästi yhteydessä SOLO-luokan tasoon. Tilastollisesti merkitsevät erot ovat pitkän matematiikan kirjoittamisen ja

matematiikan kirjoittamatta jättämäisen välillä sekä pitkän matematiikan ja lyhyen matematiikan kirjoittamisen välillä. Tämän lisäksi sekä lyhyen että pitkän matematiikan ylioppilaskokeesta saatu arvosana korreloi positiivisesti ajattelutaitojen tasoon. Tutkimustulokset tukevat yliopisto-opintojen sisäänpääsyaatimusta, jossa pitkän matematiikan arvosanan merkitys on erittäin vahva (Opintopolku 2020). Kupiaisen ym. (2018) mukaan tätä perusteltiin sillä, että matematiikka parantaa niitä ajattelutaitoja, joista on hyötyä opinnoissa, ja nimenomaan tätä tutkimustulokseni tukee.

Tutkimustulokseni perusteella niinkään lyhyen matematiikan kohdalla ei samanlaista hyötyä löytynyt, koska lyhyen matematiikan ja sen kirjoittamatta jättämisen välillä ei havaittu tilastollista eroa, vaikka parempi lyhyen matematiikan arvosana korreloi ajattelutaitojen tasoon. Tähän saattaa vaikuttaa se, että pitkän matematiikan opiskelijat lukevat ja opiskelevat matematiikkaa koko lukioajan 10–13 kurssin verran, kun lyhyen matematiikan opiskelijat tai ne, jotka eivät matematiikkaa kirjoita lukevat vain 6–8 kurssin verran. Eli vaikka ei matematiikkaa olisi kirjoittanut on jokaisen kokelaan tarvinnut sitä opiskella vähintään kuusi kurssia (Opetushallitus 2015), mikä voi selittää sen, ettei eroa ollut lyhyen matematiikan ja sen kirjoittamatta jättämisen välillä.

Adkinsin ja Noyesin (2018) tutkimuksessa matematiikasta oli oleellinen hyöty biologian opiskeluun, kun opiskelija oli kirjoittanut A-tason matematiikan ja siitä huippuarvosanat, muuten tutkimuksessa ei havaittu yhteyttä. Tämä on osittain linjassa myös saamani tutkimustuloksen kanssa, koska kokelailla, joilla on korkeampi arvosana matematiikasta, on myös korkeampi ajattelutaidon taso. Adkinsin ja Noyesin (2018) tutkimus on tehty yliopisto-opiskelijoilla. Tutkimuksen aineiston selittävänä muuttujana oli SOLO-taksonomiasta tehty mittari, joka ei suoraan vastaa biologian kokeen arvosanoja vaan siellä esiin tulevia ajattelutaitoja. Opetussuunnitelman perusteiden mukaan (Opetushallitus 2015) matematiikan osaaminen toimii hyvänä välineenä, kun mallinnetaan, ennustetaan tai hallitaan luonnon ilmiöitä, mikä on linjassa tämän tutkimuksen kanssa, siten että matematiikkaa opiskelleet ovat ymmärtäneen evoluution ilmiönä paremmin.

Donovanin ja Whelandin (2009) mukaan on mahdollista, että matematiikan yhteys parempaan menestykseen muissa aineissa ei perustu todelliseen tietoon matematiikasta. Donovan ja Wheland (2009) ennemminkin olettavat, että matematiikan hallitseminen kehittää korkeampia ajattelutaitoja, joita tiedeaineiden oppimiseen tarvitaan ja jotka

ylittävät yksinkertaisemman ajattelun kuten asioiden mieleen palauttamisen eli alemmat ajattelun tasot (Bloom 1956; Zoller & Puskin 2007). Donovanin ja Whelandin (2009) mukaan matematiikan avulla kehittyy tulkinta-, analyysi-, arviointi-, päättely- ja ongelmanratkaisutaidot, joita tiedeaineiden opiskelu vaatii. On syytä pohtia, pystytäänkö nykyisillä opetusmenetelmillä kehittämään näitä korkeampia ajattelutaidon tasoja pelkästään biologian kontekstissa.

Uusimmassa opetussuunnitelmassa (2019) laaja-alainen opettaminen korostuu uudella tavalla, joten siinä on mahdollisuus, jonka avulla saadaan kehitettyä syväsuuntautunutta ajattelua, kun opetuksen tavoitteena on perehtyä sekä biologian että sitä lähellä olevien taiteenalojen kieleen, käsitteistöön ja tapaan rakentaa tietoa (Opetushallitus 2019). Biologian uusin opetussuunnitelma otetaan ensimmäisen kerran käyttöön vasta lukuvuonna 2021–2022, joten jää nähtäväksi onko tästä apua korkeatasoisen ajattelun parantamiseen.

Aiheesta on tehty vähän tutkimusta. Matematiikan yhteyttä biologiassa tarvittaviin ajattelutaitoihin edellyttää lisätutkimusta, vaikka tutkimustulokseni tukee pitkän matematiikan hyötyjä korkeimpiin ajattelutaitoihin biologiassa. Lisätutkimusta tarvitaan sille, onko matematiikan opiskelu biologian kannalta enemmän syy vai seuraus paremmille ajattelutaidoille.

4.4.1 Ajattelutaitojen erot sukupuolten välillä

Naisten ja miesten välillä ei ole tämän tutkimuksen mukaan merkitsevää eroa matematiikan yhteydestä ajattelutaitoihin, vaikka viimeisen vuosikymmenten aikana matematiikan ja tiedeaineiden välillä eroja on löytynyt. Yhdysvalloissa Reilly ym. (2014) tutkivat tätä asiaa jo kuusi vuotta sitten ja olettivat, että sukupuolierot olisivat näissä aineissa laskeneet vuodesta 1990 vuoteen 2014 aikana, koska sukupuoliroolit yhteiskunnassa ovat muuttuneet huomattavasti. Näin ei kuitenkaan täysin ollut, mutta Reillyn ym. (2014) meta-analyysin mukaan sukupuolieroa ei havaittu enää biotieteissä, mutta maa- ja fysikaalitieteissä niitä oli. Tämä tukee tutkimukseni tulosta, jossa sukupuolten välillä en havainnut biologisten ajattelutaitojen ja matematiikan välisessä opiskelussa eroa. Yhteiskunnassamme jo kauan ajateltu sukupuolten tasa-arvoisuus ja naisten korkeampi koulutusaste on vaikuttanut Suomessa tiedeaineiden kirjoitusmäärien muuttumiseen sukupuolen välillä, kun naisten osuus pitkän matematiikan kirjoittajista oli

vuonna 2018 ensikertaa korkeampi kuin miesten (YTL 2020b). Tiedeaineista biologia on ainoa, jolla on ollut 2011 vuodesta lähtien aina enemmän nais- kuin mieskirjoittajia, mutta pitkän matematiikan kirjoittamisen nousu naisten keskuudessa voi osaltaan selittää, ettei sukupuolten välillä löytynyt eroa biologian ajattelutaitojen kontekstissa.

5 Yhteenveto

Tutkimukseni ajattelutaitojen laadun tutkimisessa käytin apuna SOLO-taksonomiaa, joka soveltuu biologian ylioppilaskokelaiden ajattelutaitojen laadun tutkimiseen evoluutiotehtävässä. Vastauksissa näkyi selkeää vaikeutta hahmottaa evoluutioon liittyvät keskeiset käsitteet, jolloin myös esseevastauksen taso ei noussut korkealle. Näin johdonmukaisuus kärsii, kun käsitteitä ja evoluution sisällä olevia näkökulmia on vaikea integroida yhdeksi kokonaisuudeksi. Varsinkin puutteet evoluution käsitteiden käytössä vaikeuttivat syväsuuntautuneen vastauksen antamista. Ilmiön syväsuuntaisempaan oppimiseen on syytä kiinnittää huomiota opetuksessa.

Suurimmat ristiriitaisuudet ylioppilaskokeiden pisteissä ja ajattelutaitojen luokituksessa tulivat johdonmukaisuudesta ja asioiden syy-seuraussuhteiden tarkastelusta. Ylioppilastutkintolautakunta vaikuttaa painottavan vähemmän epäjohdonmukaisuuksia ja puutteita syy-seuraussuhteissa, kunhan asiat ovat listattuna käsitteineen.

Biologian käsitejärjestelmän ymmärtäminen on tärkeää, jotta ilmiöiden kokonaisuuden hahmottaminen helpottuu (Uitto 2012). Evoluutio on yksi kuudesta yläkäsitteestä, jonka alle liitetyt alakäsitteet ovat tämän tutkimuksen mukaan suurella osalla kokelaista vaikea hahmottaa. Tämä käsitejärjestelmän hahmottaminen ja parempi tietäminen voisi tukea syväsuuntautuneempia ja parempia ajattelutaitojen saavuttamista biologiassa, joten käsitteiden käyttöön tulee kiinnittää tarkempaa huomiota. Korkeimmissa ajattelutaidoissa ja metakognitiivisessa ajattelussa kokelaiden on osattava tietää ja ymmärtää mitä vaaditaan, kun kirjoitetaan esseevastaus ylioppilaskirjoituksissa.

Ajattelutaitoja voidaan parantaa kiinnittäen huomiota opetusmenetelmiin, jotka tukevat luovaa ja kriittistä ajattelua ja ilmiöiden kokonaisvaltaisempaa ymmärtämistä. Tähän auttaa tutkivan oppimisen painottaminen koulussa kiinnittäen huomiota opettajan ohjaukseen opetusmenetelmää toteuttaessa. Tutkivan oppimisen avulla saadaan

oppilaiden monipuolinen ajattelu paremmin esille (Palmgren 2000). Tämän opetusmenetelmän tarkoituksena on saada oppilaat kuvailemaan, kartoittamaan, tulkitsemaan, vertailemaan ja ymmärtämään tutkimiaan ilmiötä (Palmgren 2000). Hakkaraisen ym. (2005) mukaan tutkiva oppiminen tukee mahdollisimman monipuolista ajattelua, jota tarvitaan ylioppilaskokeiden soveltavien tehtävien ratkaisuisissa. Tämän lisäksi ongelma- ja perustaisen oppiminen on toinen keskeinen oppimistyyli (Mustofa & Hidayah 2020), jota tulee harjoittaa ajattelutaitojen parantamiseksi.

Tutkimukseni tukee pitkän matematiikan hyötyä biologisten ajattelutaitojen laadussa, joten tutkimus tukee yliopistojen pääsykoevalinnassa pitkän matematiikan korkean arvosanan korostamista valinnan kriteerinä. Tässä on kuitenkin huomioitava, että tutkimus mittaa vain yhtä biologista ilmiötä, joten tulosta ei voi yleistää muihin yhteyksiin.

Kiitokset

Kiitos ylioppilastutkintolautakunnalle aineiston saamisesta tutkimuskäyttöön ja etenkin yhteyshenkilölleni Virpi Britchgille, joka mahdollisti tämän tutkimuksen toteuttamisen. Kiitos myös ohjaajilleni Kai Ruohomäelle ja Eija Yli-Panulalle.

Lähteet

Adkins M & Noyes A (2018) Do Advanced Mathematics Skills Predict Success in Biology and Chemistry Degrees? *Ministry of Science and Technology*. 16: 487–502.

Akhtar S N, Iqbal M & Tatlah I A (2017) Relationship between Intrinsic Motivation and Students' Academic Achievement: A Secondary Level Evidence. *Bulletin of Education and Research*. 39: 19–29.

Aksela M, Tikkanen G & Kärnä P (2012) Mielekäs luonnontieteiden opetus: Miten tukea oppilaiden ajattelua ja ymmärtämistä? Teoksessa: *Luonnontieteiden opetuksen kehittämishaasteita, koulutuksen seurantaraportit 2012:10* (Kärnä P, Houtsonen L & Tähkä T. toim.), s. 9–28. Opetushallitus. Juvenes Print, Suomen Yliopistopaino Oy, Tampere.

Anderson L W, Krathwohl D R, Airasian P W, Cruikshank K A, Mayer R E, Pintrich P R J. & Wittrock M C (2001; toim.) *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing. A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Longman, New York.

Biggs J B & Collis K F (1982) *Evaluating the quality of learning: the SOLO taxonomy (Structure of the observed learning outcome)*. 245 s. Academic Press, New York.

Bloom B S (1956; toim.) *Taxonomy of educational objectives: the classification of educational goals: handbook. 1, cognitive domain*. 207 s. Longmans, London.

Bofah E A & Hannula M S (2016) Students' views on mathematics in single-sex and coed classrooms in Ghana. *European Journal of Science and Mathematics Education*. 4: 229–250.

Carson J (2007) A Problem with problem solving: teaching thinking without teaching knowledge. *The Mathematics Educator*. 17: 7–14.

Cattell R B (1987) *Intelligence: Its structure, growth, and action*. 693 s. Elsevier, New York.

Chestnut E K & Markman E M (2018) “Girls Are as Good as Boys at Math” Implies That Boys Are Probably Better: A Study of Expressions of Gender Equality. *Cognitive science A Multidisciplinary Journal*. 42: 2229–2249.

Donovon W J & Wheland E R (2009) Comparisons of Success and Retention in a General Chemistry Course Before and After the Adoption of a Mathematics Prerequisite. *School Science and Mathematics*. 109: 371–382.

Fay M P & Proschan M A (2010) Wilcoxon-Mann-Whitney or t-test? On assumptions for hypothesis test and multiple interpretations of decision rules. *Autor manuscript*. 4: 1–39.

Froiland J M & Worrell F C (2016) Intrinsic motivation, learning goals, engagement and achievement in a diverse high school. *Psychology in the Schools*. 53: 321–336.

Elazzabi A & Kachar A (2020) Investigation of Libyan and Turkish students' thinking levels in solving quadratic word problems based on SOLO Taxonomy. *Pegem Egitim ve Öğretim Dergisi*. 10: 283–316.

Hacker D J (1998) Definitions and empirical foundations. Teoksessa: *Metacognition in educational theory and practice*. (D J Hacker, J Hacker J Dunlosky & A C Graesser, toim.), s.1–24. Erlbaum, Mahwah NJ.

Hakkarainen K, Lonka K & Lipponen L (2005) *Järki, tunteet ja kulttuuri oppimisen sytyttäjinä. Tutkiva oppiminen*. 416 s. WSOY, Porvoo.

Happonen P, Holoppainen M, Sotkas P, Tenhunen A, Tihtarinen-Ulmanen M & Venäläinen J (2016) *Bios I Elämä ja Evoluutio*. 180 s. Sanoma Pro, Helsinki.

Hayes J R (1996). A new Framework for Understanding Cognition and Affect in Writing. Teoksessa: *The Science of Writing Theories, Methods, Individual Differences and Applications* (Levy C & Ransdell S, toim.) s. 1–28. Lawrence Erlbaum Associates, Inc. New Jersey.

Holm S (1979) A simple sequentially rejective multiple test procedure. *Scandinavian Journal of Statistic*. 6: 65–70.

Indah R N (2017) Critical Thinking, Writing Performance and Topic Familiarity of Indonesian EFL Learners. *Journal of Language Teaching and Research*. 8: 229–236.

Jeronen E (2005) Biologian opetus ja sen suunnittelu. Teoksessa: *Biologia eläväksi* (Eloranta V, Jeronen E, & Palmberg I, toim.) s. 47–92. PS-kustannus, Suomi.

Kanbay Y, Isik E, Aslan Ö, Tektas P & Kilic N (2017) Critical Thinking Skill and Academic Achievement Development in Nursing Students: Four-year Longitudinal Study. *American Journal of Educational Research and Reviews*. 2: 1–10.

Kilpatrick J (1992) A History of research in mathematics education. Teoksessa: *Handbook of research on mathematic teaching and learning* (Hiebert J & Carpenter T P, toim) s. 3–38. The National Council of Teachers of Mathematics. Association Drive, Reston.

Koray Ö & Köksal M S (2009) The Effect of Creative and Critical Thinking Based Laboratory Applications on Creative and Logical Thinking Abilities of Prospective Teachers. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*. 10: 1–13.

Koskinen H (2005). Yliopistotentin murros. SOLO-taksonomia eläinlääketieteellisen lisääntymistieteen oppimistulosten arvioinnissa. 105 s. *Helsingin yliopiston kasvatustieteen laitoksen tutkimuksia 202*. Akateeminen väitöskirja, Helsingin yliopisto.

Kuhn D (2010) Teaching and learning science as argument. *Science Education*. 94: 810–824

Kupiainen S, Marjanen J & Ouakrim-Soivio N (2018) Ylioppilas valintojen pyörteissä. Lukio-opinnot, ylioppilastutkinto ja korkeakoulujen opiskelijavalinta. 212 s. *Suomen ainedidaktinen tutkimusseura*, 14. Helsinki.

Krathwohl D R (2002) A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory into Practice* 41: 212–218.

Lazonder A W & Harmsen R (2016) Meta-analysis of inquiry-based learning: effects of guidance. *Review of Educational Research*. 86: 681–718.

Lehtinen E, Vauras M & Lerkkanen M (2016) *Kasvatuspsykologia*. 358 s. PS-kustannus, Jyväskylä.

Leiwo M, Kuusinen J, Nykänen P & Pöyhönen M R (1987) Kielellinen vuorovaikutus opetuksessa ja oppimisessa 1. Luokkakeskustelu ja sen kuvaus. *1. Opetus, oppiminen ja kielellinen vuorovaikutus* (s. 34–41). Kasvatustieteiden tutkimuslaitoksen julkaisusarja. Tutkimuksia 2. Kirjapaino Oy, Sisä-Suomi.

Lewis A & Smith D (1993) Defining higher order thinking. *Theory into Practice*. 32: 131–137.

Mustofa R F & Hidayah Y R (2020) The Effect of Problem-Based Learning on Lateral Thinking Skills. *International Journal of Instruction*. 13: 463–474.

Mahanal S, Tendrita M, Ramadhan F, Ismirawati N & Zubaidah S (2017) The analysis of students' critical thinking skills on biology subject. *Anatolian Journal of Education*. 2: 21–39.

Meisel R P (2010) Teaching Tree-Thinking to Undergraduate Biology Students. *Evolution: Education and Outreach (Springer)*. 3: 621–628.

Metsämuronen J (2003). *Tutkimuksen tekemisen perusteet*. 772 s. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.

Moseley D, Baumfield V, Elliott J, Higgins S, Miller J, Newton D P & Gregson M (2005) Chapter 1: The nature of thinking and thinking skills'. Teoksessa: *Frameworks for thinking. frameworks for thinking: A handbook for teaching and learning*. 8–32 s. Cambridge University, Cambridge.

Mulnix J W (2012) Thinking critically about critical thinking. *Educational Philosophy and Theory*. 44: 464–479.

Opetushallitus (2015) *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2015*. Next Print OY, Helsinki.

Opetushallitus (2019) *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2019*. Next Print OY, Helsinki.

Opintopolku (2020) <<https://opintopolku.fi/wp/opo/korkeakoulujen-haku/mika-korkeakoulujen-opiskelijavalinnoissa-muuttuu-vuoteen-2020-menessa/yliopistojen-todistusvalinnat-2020/>> [Luettu 03.05.2020]

Palmgren I (2005) Biologian opetusmuodot ja työtavat. Teoksessa: *Biologia eläväksi* (Eloranta V, Jeronen E, Palmberg I, toim.), s. 93–160. PS-kustannus, Suomi.

- Paul R & Elder L (2006) *The Miniature Guide to Critical Thinking Concepts and Tools. Foundation for Critical Thinking*. <<https://www.criticalthinking.org/files/Concepts-Tools.pdf>> [Luettu 01.10.2020]
- Peter E E (2012) Critical thinking: Essence for teaching mathematic and mathematics problem solving skills. *African Journal of Mathematic and Computer Science Research*. 5: 39–43.
- Piaget J (1964/1970/1972/1987/1988) *Lapsi maailmansa rakentajana* (Six études de psychologie, problèmes de psychologie g n tinue, psychologie et  pistologie, k ant. S.Palmgren). 182 s.
- Reilly D, Neumann D L & Andrews G (2015) Sex Differences in Mathematics and Science Achievement: A Meta-Analysis of National Assessment of Educational Progress Assessments. *Journal of Educational Psychology*. 107: 645–662.
- 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: 1279–1305.
- Rice W R (1989) Analyzing Tables of Statistical Tests. *Evolution*. 43: 223–225.
- Scott S (2008) Perceptions of Students' Learning Critical Thinking through Debate in a Technology Classroom: A Case Study. *Journal of Technology Studies*. 34: 39–44.
- Sarangi C (2015) Achievement Motivation of the High School Students: A Case Study among Different Communities of Goalpara District of Assam. *Journal of Education and Practice*. 6: 140–144.
- Siburian J, Corebima A D & Saptasari M (2019) The Correlation Between Critical and Creative Thinking Skills on Cognitive Learning Results. *Eurasian Journal of Educational Research*. 81: 99–114.
- Tambunan H (2019) The Effectiveness of the Problem Solving Strategy and the Scientific Approach to Students' Mathematical Capabilities in High Order Thinking Skills. *International electronic journal of mathematics education*. 14: 293–302.

Telenius M, Yli-Panula E, Ahtineva A & Vauras M (2019) Collaborative Science Lessons— Learning and Argumentation in an Interdisciplinary Virtual Laboratory. Teoksessa: M. Rautiainen & M. Tarnanen (toim.). *Tutkimuksesta luokkahuoneisiin*, (s. 35–55). Suomen ainedidaktisen tutkimusseuran julkaisuja, Ainedidaktisia tutkimuksia 15.

Tuomi J & Saarijärvi A (2018) *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. 182 s. Tammi, Helsinki.

Tilastokeskus (2019) <<https://www.tilastokeskus.fi/meta/luokitukset/maakunta/001-2019/index.html>> [Luettu 18.8.2020]

Uitto A (2012) Näkökulmia biologian oppimisen kehittämiseksi. Teoksessa: *Luonnontieteiden opetuksen kehittämishaasteita, koulutuksen seurantaraportit 2012:10* (Kärnä P, Houtsonen L, Tähkä T, toim.), s. 29–46. Opetushallitus. Juvenes Print, Suomen Yliopistopaino Oy, Tampere.

Watkins D (1983) Depth of processing and the quality of learning outcomes. *Instructional Science*. 12: 49–58.

YTL (2016) Tiedote biologian opettajille ja opiskelijoille. Sähköinen ylioppilaskoe. Ylioppilastutkintolautakunta, Helsinki. <https://www.ylioppilastutkinto.fi/images/sivuston_tiedostot/Sahkoinen_tutkinto/biologia_tiedote.pdf> [Luettu 28.9.2020]

YTL (2018) Tilastotaulukot. Arvosanjakaumat 2018–2020. <<https://www.ylioppilastutkinto.fi/ext/stat/FS2020A2018T4002.pdf>> [Luettu 28.9.2020]

YTL (15.3.2019a) Biologian ylioppilaskoe. Tehtävä 9. Ylioppilastutkintolautakunta, Helsinki. <<http://yle.fi/plus/abitreenit/2019/kevat/BI-fi/index.html>> [Luettu 28.9.2020]

YTL (15.3.2019b) Biologian koe 15.3.2019. Hyvän vastauksen piirteitä. Ylioppilastutkintolautakunta, Helsinki. <https://www.ylioppilastutkinto.fi/images/sivuston_tiedostot/Hyv_vast_piirt/FI_2019_K/2019_k_bi.pdf> [Luettu 27.9.2020]

YTL (2020a) Sähköinen ylioppilastutkinto – reaaliaineet. Ylioppilastutkintolautakunta, Helsinki. <https://www.ylioppilastutkinto.fi/images/sivuston_tiedostot/Sahkoinen_tutkinto/fi_sahkoinen_reaali.pdf> [Luettu 18.04.2020]

YTL (2020b) Ilmoittautuneet eri kokeisiin tutkintokerroittain 2011–2020 <<https://www.ylioppilastutkinto.fi/ext/stat/FS2020A2011T2010.pdf>> [Luettu 28.9.2020]

Zoller, U. & Pushkin, D. (2007). Matching higher-order cognitive skills (HOCS) promotion goals with problem-based laboratory practice in a freshman organic chemistry course. *Chemistry Education Research and Practice*. 8: 153–171.

Zubaidah S, Corebima A D, Mahanal S & Mistianah (2017) Revealing the Relationship between Reading Interest and Critical Thinking Skills through Remap GI and Remap Jigsaw. *International Journal of Instruction*. 11: 41–56.

Liitteet

Liite 1. Ylioppilastutkintolautakunnalle lähettämä tarkasti eritelty aineistopyyntö.

Aineistopyyntö tarkemmin:

Koe, tehtävä: Yo-koe kevät 2019 tehtävä 9 Miljoonakalojen evoluutio

Tehtävästä 350 vastauksen lohkotettu satunnaisotanta.

- lohkotus kahteen osaan pohjoiseteläsuunnassa, jossa rajanvetona **Jyväskylän kunta**, mikä luetaan vielä Etelä-Suomen lohkoon.
 - sukupuolijakauma 50/50
1. lohko Etelä-Suomi 200 vastausta.
 2. lohko Pohjois-Suomi 150 vastausta

Lisäksi tarvitaan seuraavat taustatiedot kustakin otoksen kokelaasta:

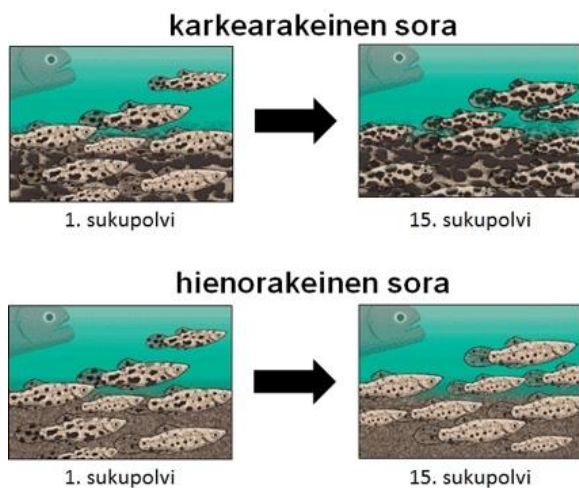
- ikä
- sukupuoli
- kokelaan asuinkunta
- kokelaan koulun sijaintikunta
- tehtävän pistemäärä
- kokeen kokonaispistemäärä ja arvosana
- kokelaan kaikkien kirjoitettujen aineiden määrä
- tieto pitkän tai lyhyen matematiikan kirjoittamisesta, sekä kokeen arvosana

Tämän lisäksi pyydän oikeutta käyttää sitaatteja vastauksista, osana tutkimusjulkaisua.

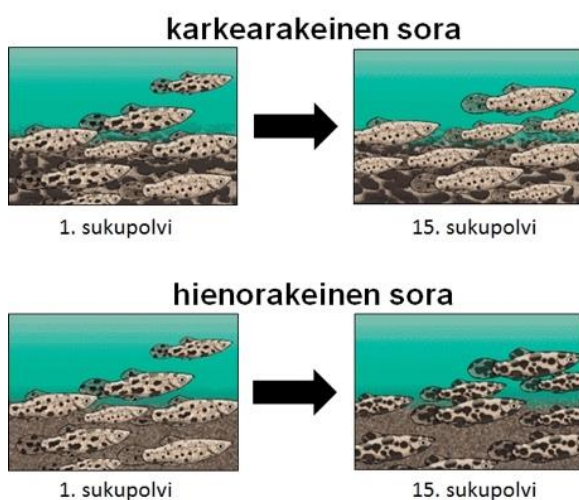
Liite 2. Tutkimuksessa tutkittujen vastausten tehtävänanto.

Aineisto:

9.A Kuva: Miljoonakalakoiraiden kuvioinnin muutos 15 sukupolven aikana, kun ympäristössä on petokaloja



9.B Kuva: Miljoonakalakoiraiden kuvioinnin muutos 15 sukupolven aikana, kun ympäristössä ei ole petokaloja



Miljoonakalakoiraat houkuttelevat naaraita kirjavalla kuvioinnillaan. Laikkujen koko vaihtelee paljon koirasyksilöiden välillä. Naaraat ovat yksivärisiä. Luonnossa on havaittu, että koiraiden kuvioinnin vaihtelu on vähäisempää elinympäristössä, jossa on petokaloja, kuin ympäristössä, josta petokalat puuttuvat. Lisäksi on havaittu, että myös vesistöjen pohjasoran raekoko ja kuviollisuus vaikuttavat laikkujen kokoon.

Petokalojen läsnäolon ja pohjasoran raekoon vaikutusta miljoonakalakoiraiden kuviointiin tutkittiin kokeellisesti. Miljoonakalanaaraita ja kuvioinniltaan vaihtelevia miljoonakalakoiraita kasvatettiin 15 sukupolven ajan altaissa, joissa oli joko hienojakoista tai karkeaa soraa. Osassa altaista oli petokaloja (aineisto 9.A), osasta altaista petokalal puolestaan puuttuivat (aineisto 9.B).

Pohdi kuvien (aineistot 9.A ja 9.B) avulla pohjan laadun (soran raekoko ja kuviointi) ja petokalojen merkitystä miljoonakalakoiraiden kuvioinnin evoluutiossa. (16 p.)

Miten kalojen kuvioinnin muutokset voisivat johtaa lajiutumiseen? (4 p.)

(YTL 15.3.2019a)