

Laboratoriotöiden tavoitteiden saavuttaminen fysiikan perus- ja aineopintokursseilla

Kvantitatiivinen tutkimus opiskelijoiden kokemuksista

Pro gradu -tutkielma, 2. tammikuuta 2017

Tekijä:

JARO RUUSKANEN

Ohjaaja:

PROF. JOUNI VIIRI



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
FYSIKAN LAITOS

TIIVISTELMÄ

Ruuskanen, Jaro

Laboratoriotöiden tavoitteiden saavuttaminen fysiikan perus- ja aineopintokursseilla:

Kvantitatiivinen tutkimus opiskelijoiden kokemuksista

Pro gradu -tutkielma

Fysiikan laitos, Jyväskylän yliopisto, 2016, 72 sivua

Tämän työn tarkoituksena oli selvittää opiskelijoiden kokemuksia fysiikan perus- ja aineopintokurssien laboratoriotöiden hyödyllisyydestä. Tutkimus toteutettiin kyselyaineistolla, joka kerättiin Jyväskylän yliopiston fysiikan laitoksen oppilaslaboratoriossa kevään ja kesän 2016 aikana. Opiskelijat vastasivat kyselyyn vapaaehtoisesti suoritettuaan jonkin laboratoriotyön. Kerätyn aineiston pohjalta ($N = 154$) analysoitiin kvantitatiivisesti opiskelijoiden kokemuksia kehittymisestä viidessä keskeisessä laboratoriotyön tavoitteessa. Tämän lisäksi aineistosta etsittiin koettuun hyötyyn yhteydessä olevia taustamuuttujia moniluokitteluanalyysillä (MCA).

Saatujen tulosten perusteella opiskelijat kokivat saaneensa laboratoriotöistä hyötyä valtaosassa mittauskerroista niissä tavoitteissa, jotka töille on kirjallisuudessa yleensä asetettu. Positiivinen suhtautuminen laboratoriotöihin, käytettyjen mittalaitteiden tuntemuksen kokemus sekä korkea motivaatio fysiikkaa kohtaan ennustivat vahvimmin positiivista kokemusta tavoitteiden saavuttamisesta. Toisaalta huonot kokemukset näissä kategorioissa ennustivat esimerkiksi motivaation laskemista. Lisäksi kurssin luennoille osallistumisella, työn tarkoituksen ymmärtämisellä, laboratoriotöiden tekemisellä kurssin aikana tai pian sen jälkeen sekä töiden tekemisellä parin kanssa havaittiin positiivisia vaikutuksia.

Avainsanat: Fysiikan opettaminen, laboratoriotyöt, moniluokitteluanalyysi.

ABSTRACT

Ruuskanen, Jaro

Achievement of the Goals of the physics laboratory work on basic and subject study courses: Quantitative research on students' experiences

Master's thesis

Department of Physics, University of Jyväskylä, 2016, 72 pages.

The goal of this research was to examine students' experiences about the usefulness of the laboratory works on the physics' undergraduate courses. The research was implemented using inquiry which students voluntarily filled out after performing some laboratory work in the student laboratory in the Physics department of the University of Jyväskylä during spring and summer 2016. Based on the collected material ($N = 154$) students' experiences were analyzed quantitatively in five central objectives of physics' laboratory work. Furthermore, connection between different variables and experiences of usefulness of the laboratory work were examined using multiple classification analysis (MCA).

Based on the results, most of the students experienced progress in all of the central objectives of the laboratory work. Positive attitude towards laboratory work, knowledge of operating principles of the used instruments, and high motivation towards physics were the strongest predictors for experienced benefit. On the other hand, bad experiences in these categories predicted, for example, declining of motivation. Also participating on course lectures, understanding the purpose of the performed laboratory work, doing laboratory works during or shortly after exam, and doing laboratory works in pairs had a positive influence on experienced gain.

Keywords: Teaching of Physics, Laboratory Work, Multiple Classification Analysis.

SISÄLTÖ

1	Johdanto	1
2	Teoriatausta	3
2.1	Fysiikan käytännön töiden tavoitteet	3
2.2	Aiempi tutkimus	4
3	Tutkimuskysymykset	12
4	Aineisto	13
4.1	Aineiston kokoaminen	13
4.1.1	Kyselylomake	13
4.1.2	Kyselyyn vastaaminen ja aineiston kerääminen	15
4.2	Aineiston analyysi	16
4.2.1	Analyyssimenetelmät	16
4.2.2	Analyysointi	19
5	Tulokset	23
5.1	Laboratoriotöiden tavoitteiden saavuttamisen tilastolliset tunnusluvut . . .	23
5.2	Taustamuuttujien vaikutus tavoitteiden saavuttamiseen	24
6	Yhteenveto	30
6.1	Laboratoriotöiden tavoitteiden saavuttaminen	31
6.2	Eri työtyyppien ja kokemuksen vaikutus tavoitteiden saavuttamiseen	32
6.3	Ennakkotehtävien vaikutus tavoitteiden saavuttamiseen	34
6.4	Muiden taustamuuttujien vaikutus tavoitteiden saavuttamiseen	34
6.4.1	Mittalaitteiden toimintaperiaatteen ymmärryksen yhteys kokemukseen tavoitteiden saavuttamisesta	35
6.4.2	Laboratoriotöihin suhtautumisen yhteys kokemukseen tavoitteiden saavuttamisesta	36
6.4.3	Alkumotivaation yhteys tavoitteiden saavuttamisen kokemukseen .	37
6.4.4	Työn tarkoituksen ymmärryksen yhteys tavoitteiden saavuttamisen kokemukseen	37
6.4.5	Luentojen loppumisesta kuluneen ajan ja luennoille osallistumisen yhteys tavoitteiden saavuttamisen kokemukseen	38
6.4.6	Sukupuolen yhteys kokemukseen tavoitteiden saavuttamisesta . . .	38
6.5	Tutkimuksen luotettavuus	39
6.6	Avoimeksi jääneitä kysymyksiä	40
6.7	Suosituksia laboratoriotöiden suorittamiseen ja suunnittelemiseen	41
	Lähteet	43
A	Kyselylomake	45

B	Laboratoriotöiden tavoitteiden saavuttamista kuvaavat jakaumat	49
C	Laboratoriotöiden tavoitteiden saavuttamista kuvaavat jakaumat lapputöissä	52
D	Moniluokitteluanalyysin tulosteet taustamuuttujien vaikutuksesta	56
E	Taustamuuttujien väliset korrelaatiot	61
F	Taustamuuttujien väliset korrelaatiot lapputöissä	64
G	VIF-analyysin tulosteet	67

1 JOHDANTO

Laboratoriotöiden rooli yliopistojen fysiikan opetuksessa on vahvistunut 1900-luvun alusta lähtien. Laboratoriotöiden katsotaankin laajasti olevan tärkeä osa fysiikan opetusta. (Hanif ym. 2008.) Kansainvälisesti erilaisia tutkimuksia oppimiseen laboratoriotöistä saatavasta hyödystä onkin tehty useita. Joissain tutkimuksissa laboratoriotöiden hyödyllisyys on osin kyseenalaistettu (katso esim. (Wellington 1998) tai (Von Aufschnaiter ja Von Aufschnaiter 2007)), mutta myös positiivisempia tutkimustuloksia on esiintynyt (esim. (Sneddon ym. 2009) ja (Hanif ym. 2008)).

Melko runsaasta kansainvälisestä tutkimuksesta huolimatta laboratoriotöiden vaikutuksen tutkiminen Suomessa on ollut hyvin vähäistä. Viime vuosien aikana oikeastaan vain Nivalainen, Asikainen ja Hirvonen (2013) ovat tutkineet asiaa yliopistotasolla. Tämän tutkimuksen tavoitteena onkin antaa uutta virtaa laboratoriotöiden vaikutusten tutkimiseen.

Tässä työssä tutkin opiskelijoiden kokemuksia laboratoriotöistä saadusta hyödystä fysiikan perus- ja aineopintokursseilla. Oikeastaan kaikki aiemmin tehty tutkimus on keskittynyt vain mittaamaan, onko laboratoriotöistä hyötyä fysiikan opetuksessa. Pelkkä hyödyn mittaaminen jättää kuitenkin oppimiseen vaikuttavat taustatekijät huomiotta. Tämän tutkimuksen tavoitteena onkin myös löytää taustamuuttujia, jotka selittävät opiskelijoiden kokemuksia.

Tutkimuksen aineisto kerättiin kyselylomakkeella Jyväskylän yliopiston Fysiikan laitoksen oppilaslaboratoriossa kevään ja kesän 2016 aikana. Saadut tulokset analysoitiin tilastollisesti, ja taustamuuttujien vaikutuksia opiskelijoiden kokemuksiin analysoitiin käyttäen moniluokitteluanalyysiä (Jokivuori ja Hietala 2007, 155–171).

Luvussa 2 käyn lyhyesti läpi tutkimuksen teoriataustaa. Ensin esittelen, mitä tavoitteita fysiikan käytännön töille on aiemmin erilaisissa julkaisuissa asetettu. Samassa yhteydessä esittelen myös itse käyttämäni listan tavoitteista. Tämän jälkeen käyn läpi lyhyen kirjallisuuskatsauksen aikaisempaan tutkimukseen liittyen fysiikan laboratoriotöistä saatavaan hyötyyn. Aiemman tutkimuksen pohjalta esittelen tässä tutkimuksessa käytetyt tutkimuskysymykset luvussa 3.

Luvussa 4 esittelen tutkimuksessa käytetyn aineiston. Ensin luvussa 4.1 käyn läpi käytetyn kyselylomakkeen suunnittelemisen lähtökohdat sekä aineiston keräämisen suunnittelun ja toteutuksen. Tämän jälkeen luvussa 4.2 käyn lyhyesti läpi sekä aineiston analysointiin käytetyt tunnusluvut ja moniluokitteluanalyysin menetelmänä että itse analyysin toteutuksen ja siinä tehdyt rajaukset ja valinnat.

Luvussa 5 esittelen, käyn läpi ja tulkitsen aineiston analyysistä saadut tulosteet. Näiden pohjalta erittelen eri taustamuuttujien vaikutusta opiskelijoiden kokemukseen haluttujen tavoitteiden saavuttamisesta. Luvun yhteyteen on myös taulukoitu tärkeimmät tilastolliset tunnusluvut.

Luvussa 6 kokoan yhteen tutkimuksen tulokset yleisesti laboratoriotöiden tavoitteiden

saavuttamisesta (luku 6.1) sekä erilaisten taustamuuttujien vaikutuksesta tavoitteiden saavuttamiseen (luvut 6.2–6.4). Näiden lisäksi luvussa 6.5 arvioin tutkimuksen luotettavuutta ja luvussa 6.6 tämän tutkimuksen pohjalta avoimeksi jääneitä kysymyksiä. Lopuksi, luvussa 6.7 esitän lyhyesti tutkimuksesta saatujen tulosten pohjalta suosituksia laboratoriotöiden suorittamiseen ja suunnitteluun.

2 TEORIATAUSTA

2.1 Fysiikan käytännön töiden tavoitteet

Vaikka käytännön työt nähdään tärkeänä osana fysiikan opetusta, niille asetetuista oppimistavoitteista ei olla aivan yhtä mieltä. Halutuista tavoitteista on kuitenkin esitetty useita listauksia, ja esimerkiksi lähes kaikissa käytännön töitä tutkivissa artikkeleissa esitetään jokin lista tavoitteista, joita käytännön töillä toivotaan olevan (katso esimerkiksi Ntombela (1999), Wellington (1998) tai Millar ja Abrahams (2009)). Lisäksi esimerkiksi American Association of Physics Teachers (1998) on esittänyt oman mielipiteensä tavoitteista, joita fysiikan peruskurssien laboratoriotöillä tulisi olla. Listauksia on tehty myös erilaisten tutkimusten pohjalta, kuten esimerkiksi Welzel, Haller, Bandiera, Hammelev, Koumaras, Niedderer, Paulsen, Bécu-Robinault ja von Aufschnaiter (1998), jotka tutkivat erimaalaisten opettajien näkemyksiä laboratoriotöiden tavoitteista lukiossa ja yliopiston perustutkintokursseilla.

Yhteistä useille esitetyille listoille käytännön töiden tavoitteista on se, että niiden sisältö on pääpiirteissään hyvin samanlainen. Nivalainen, Asikainen ja Hirvonen (2013) ovatkin vertailleet useissa eri lähteissä esiintyneitä listauksia tavoitteista. Näiden lähteiden pohjalta he muodostivat viisi tavoitetta, joita voidaan hyvin perustellusti pitää oleellisina tavoitteina käytännön töissä. Tutkiessani laboratoriotöiden tavoitteiden täyttymistä tulenkin käyttämään tätä kyseistä listausta tutkimukseni pohjana.

Viisi keskeisintä käytännön töiden tavoitetta ovat (Nivalainen ym. 2013):

1. Kokeelliseen työskentelyyn liittyvien taitojen kehittyminen.
2. Tieteellisen sisällön ja käsitteiden ymmärryksen parantuminen.
3. Motivaation kehittyminen.
4. Sosiaalisten ja oppimiseen liittyvien taitojen kehittyminen.
5. Tieteen luonteen ja tieteellisen prosessin ymmärtämisen paraneminen.

Näitä tavoitteita voidaan käyttää tutkittaessa laboratoriotöistä saatavaa hyötyä sekä kouluissa (kuten (Nivalainen ym. 2013)) että yliopistoissa, sillä sisällöllisesti vastaavat tavoitteet löytyvät esimerkiksi listauksesta, jonka Welzel ym. ovat tehneet lukioita ja yliopiston perustutkinto kursseja varten, ja motivaation kehittymistä lukuunottamatta myös American Association of Physics Teachers:n listasta.

2.2 Aiempi tutkimus

Laboratoriotöiden vaikutusta oppimiseen on tutkittu laajalti kouluissa, mutta sen vaikutusten tutkiminen yliopistoissa on huomattavasti vähäisempää. Kaiken kaikkiaan tutkimusta on tehty lähinnä Iso-Britanniassa ja Pohjois-Amerikassa, joista erityisesti Iso-Britanniassa kokeellisen fysiikan perinne on vahva niin tutkimuksessa kuin koulutuksessakin. Suomessa käytännön töiden vaikutuksen tutkimus on ollut vielä vähäistä, vaikka muutamia tutkimuksia onkin viime aikoina tehty.

Opetushallituksen Suomessa vuonna 2011 tekemään 9. luokan luonnontieteiden oppimistulosten seuranta-arviointiin (Kärnä ym. 2012) osallistui yhteensä 133 koulua, joista suomenkielisiä oli 118 ja ruotsinkielisiä 15. Noin puolet oppilaista vastasi biologian ja maantiedon ja noin puolet fysiikan ja kemian arviointitehtäviin, jotka oli laadittu Perusopetuksen opetussuunnitelman (Opetushallitus 2004) puitteissa. Tutkimuksessa ei tutkittu vain oppilaiden osaamista, vaan myös erilaisten taustatekijöiden – kuten työ- ja toimintapojen – vaikutusta osaamiseen. Analyysin peruslähtökohtana oli, että paras kuva oppitunneilla käytetyistä työskentelytavoista saadaan tarkastelemalla keskimääräisiä tuloksia kouluittain. (Kärnä ym. 2012.) Toisin sanoen jos monet oppilaat olivat sitä mieltä, että tunnilla oli esimerkiksi kokeellista työskentelyä, sitä luultavasti myös oli ollut. Pienet koulut, joissa otosoppilaiden määrä oli pienempi kuin 20, jätettiin analyysin ulkopuolelle, etteivät niiden mahdolliset ääriarvot vaikuttaisi tuloksiin. Lopulliseen analyysiin jäi 94 koulua, joiden kohdalla työskentelytapojen ja osaamisen välille etsittiin yhteyksiä käyttäen korrelaatioanalyysiä. (Kärnä ym. 2012.)

Tutkimuksessa havaittiin, että fysiikan ja kemian oppitunneilla eniten yhteyttä oppimistuloksiin oli kokeellisella työskentelyllä. Tämän lisäksi toiseksi eniten yhteyttä oppimistuloksiin oli tehtävien vastausten tai tutkimusten tulosten järkevyyden miettimisellä. Myös ilmiöiden syiden ja seurausten pohtimisella, havaintojen tekemisellä erilaisista ilmiöistä, käsitteistä ja ongelmista opettajan johdolla keskustelemisellä sekä opettajan tekemillä demonstraatioilla oli yhteys oppimiseen. Kokeellinen työskentely oli sekä opettajien että oppilaiden mielestä yleistä fysiikan ja kemian tunneilla, samoin kuin demonstraatiot ja tulosten järkevyyden pohtiminen. (Kärnä ym. 2012.) Saadut tulokset ovat erittäin positiivisia fysiikan käytännön töiden kannalta; sekä itse kokeellisella työskentelyllä että myös siihen mahdollisesti läheisesti liittyvillä työtavoilla, kuten tulosten järkevyyden pohtimisella, syiden ja seurausten pohtimisella, havaintojen tekemisellä sekä käsitteistä ja ongelmista keskustelulla, havaittiin yhteys oppimistulosten kanssa. Opetussuunnitelman tavoite siitä, että oppilaat innostuvat fysiikasta ja kemiasta, ei kuitenkaan näyttänyt keskimäärin toteutuvan (Kärnä ym. 2012). Tutkimuksessa ei kuitenkaan verrattu oppiaineesta pitämistä ja kokeellisen työskentelyn yleisyyttä, mikä olisi oman tutkimukseni kannalta ollut mielenkiintoista.

Toisaalta vaikka käytännön työt kiistämättä nähdään tärkeänä osana koulujen fysiikan opetusta ja oppimista, esimerkiksi Wellington (1998) on kyseenalaistanut niiden hyödyn erityisesti teorian ja sen käsitteiden oppimiseen. Ongelmia aiheuttaa erityisesti se, että teoriat koostuvat abstrakteista ideoista eivätkä havaittavista asioista. (Wellington 1998.) Jokiranta (2014) on kandidaatintutkielmassaan käsitellyt aihetta tarkemmin viimeisten vuosikymmenten tutkimusten pohjalta.

Havaittuihin ongelmiin liittyen esimerkiksi Abrahams ja Millar (2008) ovat 11–16 vuotiaita fysiikan, biologian ja kemian opiskelijoita ja heidät tekemiään käytännön töitä tutkissaan havainneet, etteivät ilmiöitä selittävät ideat tule esiin tekemällä pelkkiä käytännön

töitä, vaikka työt olisivat kuinka huolellisesti ohjattuja ja suunniteltuja. Ilmiöiden ymmärtäminen vaatii vuorovaikutusta ideoiden ja havaintojen välillä, ja käytännön töillä voikin olla tärkeä rooli yhteyksien muodostamisessa havaintojen ja ideoiden välille. Nämä ideat tulee kuitenkin olla esitelty oppilaille ennen käytännön töiden suorittamista. Saman aiheiston pohjalta tehdyssä toisessa tutkimuksessa Millar ja Abrahams (2009) huomasivat, että käytännön työt voivat usein olla tehokkaampia havaittavissa olevien asioiden kuin ideoiden tasolla, ja esimerkiksi joissain tapauksissa heidän seuraamallaan tunneilla käytettävän laitteiston kokoamiseen meni enemmän aikaa kuin itse tehtävään työhön. Tutkimuksessa opettajat eivät juurikaan käyttäneet aikaa ideoiden avaamiseen koko luokalle, jolloin oppilaille ei ollut tarpeellisia välineitä saatujen tulosten tulkitsemiseen. Opettajille merkki työn onnistuneesta suorittamisesta olikin usein halutun ilmiön tuottaminen, ja he olettavat ilmiön selityksen tulevan selkeäksi pelkän saadun datan pohjalta. (Millar ja Abrahams 2009.) Sekä Abrahams ja Millar (2008) että Millar ja Abrahams (2009) korostavatkin sen, että oppilaat liittävätkin yhteen asioita havaintojen ja ideoiden piireistä, olevan selvästi vaativampaa kuin pelkkä havaintojen tekeminen ja niiden muistaminen. Myös esimerkiksi Ntombela (1999) on esittänyt vastaavia tuloksia.

Käytännön töiden vaikutusta fysiikan oppimiseen on tutkittu myös yliopisto-opiskelijoilla. Esimerkiksi Kruglak (1953) on tehnyt varhaisen tutkimuksen laboratoriotöiden vaikutuksesta fysiikan opetuksessa yliopistotasolla. Tutkimuksessa Minnesotan yliopiston opiskelijat suorittivat fysiikan ensimmäisen, perusmekaniikan kurssin jaettuna kolmeen ryhmään. Opiskelijoista 28:n opetuksessa käytettiin perinteisiä laboratoriotöitä, 28:n demonstraatioita ja 21:n hengen verrokkiryhmässä ei ollut lainkaan käytännön töitä. Eroja oppimisessa vertailtiin kolmessa eri kokeessa: teoriakokeessa ja sekä lyhyessä että pitkässä laboratoriokokeessa. Teoriakokeessa testattiin perusmekaniikan faktojen, periaatteiden ja sovellusten tuntemusta, kun taas laboratoriokokeista lyhemmissä keskityttiin mittaustekniikan ja mittalaitteiden tuntemukseen ja pidempi laboratoriokoe keskittyi ongelmanratkaisukyvyyn arviointiin.

Teoriakokeen tuloksissa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa eri ryhmien välillä, mutta laboratoriotöitä tekemätön ryhmä suoriutui huonommin kuin muut ryhmät sekä lyhyessä että pitkässä laboratoriokokeessa. Laboratoriotöitä suorittaneiden ja demonstraatioita seuranneiden välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero ainoastaan lyhyemmässä laboratoriokokeessa laboratoriotöitä tehneiden eduksi. Näin ollen sekä laboratoriotöillä että demonstraatioilla näyttää olevan etua erityisesti ongelmanratkaisutaitojen kehityksessä suhteessa niihin, jotka eivät laboratoriotöitä suorita. (Kruglak 1953.) Saadut tulokset eivät siinä mielessä ole yllättäviä, että tekemällä yleensä oppii tekemään asioita käytännössä. Vastaavasti pelkän teoretian soveltaminen käytäntöön voi olla hankalaa, vaikka periaatteessa tietäisi, mitä pitää tehdä. Kruglak (1953) nostaa kuitenkin esiin sen, että demonstraatioita seuranneiden ja laboratoriotöitä tehneiden välinen ero ongelmanratkaisutaidoissa oli erittäin pieni. Hän ehdottaakin, että laboratoriotöissä tulisi käyttää enemmän aikaa erilaisten ongelmatilanteiden ratkomiseen kuin pelkkään kokeelliseen työskentelyyn.

Toisen hiukan vanhemman ja otokseltaan laajan tutkimuksen yliopistotasolla ovat tehneet Long, McLaughlin ja Bloom (1986). Tutkimukseen osallistui yhteensä 2 449 opiskelijaa Virginia Tech yliopistossa vuosina 1979 – 1983. Laboratoriotöiden vaikutuksen tutkimisen mahdollisti se, että Virginia Techissä kahdella perusfysiikan kurssilla laboratoriotyöt ja luennot oli jaettu omiksi jaksoikseen. Tämän lisäksi luentokurssi oli mahdollista suorittaa suorittamatta laboratoriokurssia, minkä vaihtoehdon noin 25 % opiskelijoista valitsi. Yleensä pelkän luentokurssin pystyivät kuitenkin suorittamaan vain sellaiset, joiden tut-

kintoon laboratoriokurssia ei vaadittu, joten jako laboratoriotöitä tehneiden ja tekemättömien välillä ei ollut satunnainen. Tämän vuoksi tutkimuksessa pyrittiin huomioimaan myös muita taustatekijöitä.

Tutkimuksessa verrattiin laboratoriokurssin suorittaneiden ja suorittamattomien loppuarvosanoja yleisen fysiikan luentokurssin ensimmäisen osan jälkeen. Lopullisessa analyysissä otettiin huomioon 2365 opiskelijaa, jotka olivat saaneet kurssista jonkin arvosanan. Saatujen tulosten mukaan laboratoriokurssin käyneiden arvosanat olivat parempia kuin niiden, jotka eivät olleet käyneet kyseistä kurssia. Erityisesti keskitason opiskelijat (kaikkien kurssien keskiarvo välillä B–C asteikolla A–F), joihin kuului noin 60 % opiskelijoista, hyötyivät laboratoriotöistä. Keskiarvolla mitattuna tätä paremmilla opiskelijoilla hyöty oli hyvin pientä ja huonommilla vaikutus oli tilastollisen vaihtelun sisällä. Vaikka tulokset näyttävät opiskelijoiden saavan laboratoriotöistä hyötyä luentokurssin suorittamiseen, kirjoittajat huomauttavat kuitenkin, etteivät tulokset todista laboratoriotöistä saatavan hyötyä esimerkiksi siitä syystä, etteivät tutkimuksen ryhmät jakaantuneet satunnaisesti. (Long ym. 1986.)

Tuoreemmissa tutkimuksissa esimerkiksi Sneddon, Slaughter ja Reid (2009) ovat tutkineet 500:n perustutkinto-opiskelijan kokemuksia kouluaikoina tehdyistä fysiikan käytännön töistä. Tutkimus toteutettiin kolmessa skotlantilaisessa yliopistossa, ja opiskelijat olivat ensimmäisen vuoden yliopisto-opiskelijoita, joiden taustat olivat erilaisia johtuen Britannian sisäisistä eroista fysiikan opetuksessa. Esimerkiksi kokemukset ja taidot laboratoriotöissä vaihtelivat sen mukaan, missä määrin fysiikan kokeellista työskentelyä paikallisessa opetussuunnitelmassa vaadittiin. Joillain alueilla esimerkiksi vaadittiin ison, osittain itse suunnitellun työn toteuttamista. Tuloksia vertailtiin eri taustoista tulleiden opiskelijoiden kesken. Koska Skotlannissa opiskelijat eivät ensimmäisenä opiskeluvuotenaan hae tiettyyn laitokseen vaan tiedekuntaan, tutkimukseen osallistuneiden joukossa oli myös suuri osa opiskelijoita, jotka eivät olleet aikeissa jatkaa fysiikan opintoja ensimmäistä vaihetta pidemmälle. Tutkimus toteutettiin kyselyllä, jolla pyrittiin selvittämään koulukokemuksia liittyen fysiikan käytännön töihin.

Yli puolet opiskelijoista piti käytännön töitä käyttökelpoisina, hyödyllisinä, ymmärrettävinä ja nautinnollisina. Lähes puolet pitivät käytännön töitä myös kiinnostavina, ja noin 40 % piti töitä mielekkäinä ja hyvin organisoituina. Lisäksi vajaa kolmannes piti käytännön töitä parhaana asiana fysiikassa. Käytännön töiden koettiin parantavan fysiikan aihepiirien ymmärtämistä. Erityisesti keskustelun käytännön työn aikana oli koettu helpottavan käsiteltävän aiheen ymmärtämistä. Osa opiskelijoista oli – kuten mainittua – saanut kokemusta kokeiden suunnittelusta, mikä heijastui siinä, että vähemmän töitä tehneet suosivat enemmän kirjoitettuja ohjeita. Kuitenkin yleisesti itseluottamus kokeiden tekemiseen oli hyvä, ja noudatettavat ohjeet sekä yhteys kokeiden ja teorian välillä koettiin selkeiksi. (Sneddon ym. 2009.)

Tutkimuksessa tehtiin lisäksi vertailua sukupuolen mukaan. Ainoat tilastollisesti merkitsevät erot liittyivät kirjoitettujen ohjeiden suosimiseen, joka oli naisilla huomattavasti korkeampi, luottamukseen suorittaa fysiikan töitä, jossa miehet olivat hiukan luottavampia, sekä siinä, että naiset kokivat käytännön työt selvästi useammin niin hämmäntävinä, että he olivat päätyneet vain seuraamaan työohjetta ymmärtämättä, mitä ovat tekemässä. (Sneddon ym. 2009.)

Eniten opiskelijoiden mielestä parannettavaa oli yhteydessä käytännön ja teorian välillä, vaikka tutkimuksen aiemmassa kohdassa he olivat pitäneet yhteyttä hyvänä. Lisäksi

ohjeiden toivottiin olevan parempia ja selkeämpiä, mikä kirjoittajien mukaan viittaa siihen, että laboratoriotä ympäristönä pidetään hämmäntävänä ja että virheitä halutaan välttää. Opiskelijoiden mielestä käytännön töitä voidaan kuitenkin käyttää teorian havainnollistamiseen, fysiikan ymmärtämisen apuna sekä uusien asioiden esittelyyn. Lisäksi merkki positiivisesta suhtautumisesta laboratoriotöitä kohtaan on se, että selvästi yli puolet opiskelijoista odotti tulevaa käytännön fysiikan kurssia riippumatta siitä aikoivatko he suorittaa fysiikan alan tutkinnon vai eivät. Lisäksi naisopiskelijat odottivat kurssia hiukan innokkaammin. (Sneddon ym. 2009.)

Toisessa tuoreemmassa tutkimuksessa Von Aufschnaiter ja Von Aufschnaiter (2007) ovat tutkineet laboratoriotöiden vaikutusta saksalaisessa yliopistossa. He tutkivat yhteensä yli 100:aa yliopisto-opiskelijaa videoimalla opiskelijoita laboratorioskursilla sekä erilaisissa koejärjestelyissä. Analyysissä keskityttiin siihen, mitä opiskelijat tekevät, kirjoittavat tai puhuvat töiden aikana ja mitä työn osa-alueita heidän tekemisensä käsittelee. Erityisesti pyrittiin arvioimaan opiskelijoiden ymmärtämistä työtä tehdessä, eli sitä, mihin havaintoihin tai käsityksiin ja kokemuksiin opiskelijat nojaavat perustellessaan tulkintojaan ja toimiensa. Tutkijoiden keskittyminen oli kuitenkin enemmän siinä, miten opiskelijoiden päättely toimii, kuin siinä, millaisia käsityksiä opiskelijoilla jo valmiiksi oli työn aihealueista.

Tutkimukseen osallistui toisen vuoden fysiikan pääaineopiskelijoita sekä tuotanto- ja sähkötekniikan opiskelijoita. Opiskelijoiden tausta fysiikan parissa vaihteli fysiikan pääaineopiskelijoiden ja pisimmälle ehtineiden sähkötekniikan opiskelijoiden vahvasta osaamisesta tuotantotekniikan ja aloittelevien sähkötekniikan opiskelijoiden heikompaan taustaan. Myös työssä analysoidut laboratoriotyöt vaihtelivat, ja tutkitut työt voitiin jakaa elektrodynamiikkaa, fysiikan perusteita ja elektrostatiikkaa käsitteleviin töihin. Eri tasoisia opiskelijoita ja erilaisia töitä vertailemalla pyrittiin löytämään prosesseja, joissa tiedot kehittyvät töiden aiheesta ja yksilöistä riippumatta. (Von Aufschnaiter ja Von Aufschnaiter 2007.)

Von Aufschnaiter ja Von Aufschnaiter saivat tuloksia, jotka olivat heidän mielestään osin yllättäviä. Yllättävin tulos oli, etteivät opiskelijat juurikaan puhuneet fysiikan käsitteistä. He eivät tuoneet selvästi esille periaatteita töiden tai tutkittavien ilmiöiden takana eivätkä keskustelleet hypoteeseista ennen kokeen suorittamista. Kaiken kaikkiaan opiskelijat yleisesti käyttivät alle 10 % ajasta keskustellakseen käsitteistä tai peilatakseen käsitteitä tehtävään työhön. Erityisesti mitä vapaampi työohje oli kyseessä, sitä vähemmän opiskelijat viittasivat suoraan fysiikan käsitteisiin. Toisaalta perinteisissä, vahvasti jäseneltyissä töissä opiskelijat noudattivat – tai ainakin yrittivät noudattaa – ohjeita tarkasti, mutta tällöin he harvoin ilmaisivat ymmärrystä siitä, miten työohjeessa olevat käsitteet liittyivät tehtävään kokeeseen. Tämä siitäkkin huolimatta, että opiskelijat osoittivat jollain tasolla pystyvänsä liittämään termejä siihen, mitä milloinkin tapahtuu, mutta kaiken kaikkiaan käsitteiden tarkkaan määrittelyyn ei kuitenkaan pystytty. (Von Aufschnaiter ja Von Aufschnaiter 2007.)

Von Aufschnaiter ja Von Aufschnaiter korostavatkin – samaan tapaan kuin Abrahams ja Millar (2008) sekä Millar ja Abrahams (2009) – käsitteiden ymmärtämisen ja muotoilun oleva pitkä prosessi. Yleensä käsitteiden ymmärryksen paraneminen on yhteydessä vain havaintoihin ja kokemuksiin ilmiöistä, ja suora havainto voi yleistää näiden käsitteiden hallintaa. Tällaisista käsitteistä Von Aufschnaiter ja Von Aufschnaiter käyttävät nimeä *ilmiöpohjainen* käsite (engl. 'phenomenom-based' concepts). Toisin kuin ilmiöpohjaiset

käsitteet, *mallipohjaiset* käsitteet (engl. 'model-based' concepts) ovat yleistyksiä, joita ei voi päätellä kokemusten pohjalta. Ilmiöpohjaiset käsitteet (esimerkiksi pallo *putoaa*) on helppo havaita, mutta ne eivät anna selitystä tapahtumalle. Tapahtuman selittämiseen tarvitaan ilmiöpohjaisia käsitteitä (esimerkiksi pallo putoaa, koska siihen vaikuttaa *painovoima*). Kuitenkin Von Aufschnaiter ja Von Aufschnaiter painottavat, että heidän datansa mukaan ilmiöpohjaiset käsitteet ovat edellytys mallipohjaisten käsitteiden ymmärtämiseen, sillä vain, jos opiskelijat pystyvät konstruoimaan tiettyjä ilmiöpohjaisia käsitteitä suhteellisen helposti, he alkavat etsimään selityksiä, eli mallipohjaisia käsitteitä, ja vain tällöin he voivat myös löytää niitä.

Von Aufschnaiter ja Von Aufschnaiter päätyvätkin hyvin saman tyyppiseen johtopäätökseen kuin esimerkiksi Abrahams ja Millar (2008): Jos opiskelijoilla ei vielä ole mallipohjaisia käsitteitä, jotka yhdistyvät laboratoriotöissä havaittuihin ilmiöihin, he eivät hyvin todennäköisesti ymmärrä, mitä työssä on tarkoitus havainnollistaa. Opiskelijat eivät siis ymmärrä esimerkiksi painovoiman vaikutusta jossain ilmiössä, jos he eivät ennen ilmiön näkemistä tunne painovoiman käsitettä. Von Aufschnaiter ja Von Aufschnaiter ehdottavatkin, ettei käsitteiden oppimiseen keskittyvien laboratoriotöiden tulisi keskittyä selvästi tieteellisiin, mallipohjaisiin käsitteisiin, vaan tärkeämpää olisi havaintojen tekeminen. Tärkeintä ei siis ole ilmiöiden selityksen etsiminen, vaan hyvä oppimiskokemus, johon tähdätään sellaisilla töillä, joiden avulla opiskelijat löytävät tilanteeseen liittyvät ilmiöpohjaiset käsitteet. Tutkimuksessa havaittiin mallipohjaisten käsitteiden liian aikaisen opettamisen johtavan siihen, etteivät opiskelijat joko tee mitään näillä käsitteillä tai että he alkavat kokeilemaan käsitteitä, jolloin he voivat oppia käyttämään niitä, mutta eivät todellisuudessa ymmärrä näiden käsitteiden sisältöä. Näin ollen mallipohjaisten käsitteiden etukäteen ”opettelemisen” sijaan opiskelijoiden tulisi laboratoriotöiden jälkeen yhdistellä kokemuksia laboratoriotöiden erilaisten – lähinnä ilmiöpohjaisten – käsitteiden kanssa. Tämän jälkeen käsitteitä voi pyrkiä laajentamaan koskemaan muitakin ilmiöitä, ja laboratoriotöiden jälkeen ilmiöt voidaan selittää luennolla käyttäen mallipohjaisia käsitteitä. Tällöin laboratoriotöiden tarkoitus olisi pikemminkin tarjota jäsenyntyä käytännön töitä, jotka tukevat käsitteiden ymmärrystä, kuin vain yhdistää tunnettuja teorioita käytäntöön. (Von Aufschnaiter ja Von Aufschnaiter 2007.)

Tämän lisäksi tutkimuksessa havaittiin, että töitä tehdessään opiskelijat ennemminkin etsivät yhtälöitä, jotka parhaiten sopivat saatuihin tuloksiin ja antavat tyydyttävän vastauksen, kuin miettivät perusteita yhtälön käytölle. He havaitsivat myös, että opiskelijat näyttävät usein toimivan ennen kuin ajattelevat, mikä heijastuu esimerkiksi siihen, että kohdattuja ongelmia yritetään ratkoa kokeilemalla, laitteita säätämällä tai toistamalla jotain aiemmin toimivaa ratkaisua hahmottamatta, mitkä tekijät milloinkin voivat tilanteeseen vaikuttaa. Lisäksi tutkimuksessa opiskelijat pitivät perinteisiä, tarkasti jäsenneltyjä laboratoriotöitä tyysinä tai he kokivat, etteivät he tiedä, mitä ovat tekemässä, tai ettei ohjeita noudattamalla saada haluttuja tuloksia. Kuten tutkijat nostavat esiin, edellinen voi kuitenkin johtua otoksesta tai yleisemmin saksalaisesta fysiikan opetuksesta tai epätarkoista ohjeista, vaikka vastaava ilmiö on havaittu muissakin tutkimuksissa. (Von Aufschnaiter ja Von Aufschnaiter 2007.) Esimerkiksi Sneddon ym. (2009) havaitsivat vastaavia ilmiöitä, mikä heidän mukaansa viittaa mahdollisesti laboratorion hämmäntävyyteen ja haluun välttää virheitä.

Hanif, Sneddon, Al-Ahmadi ja Reid (2008) ovat tehneet tutkimuksen, jossa ei keskitytty pelkästään käsitteiden oppimiseen laboratoriotöiden avulla, vaan keskittyminen oli myös siinä, miten opiskelijat kokevat laboratoriotyöt. Tutkimuksessa arvioitiin myös AAPT:n

(American Association of Physics Teachers 1998) esittämien laboratoriotöiden tavoitteiden toteutumista. Tutkimuksessa 143 perustutkinto-opiskelijaa skotlantilaisessa yliopistossa vastasivat kyselyyn. Vastaaajista suurin osa oli ensimmäisen vuoden opiskelijoita, mutta mukana oli vähän myös toisen ja kolmannen vuoden opiskelijoita. Kyselyyn osallistuneet eivät olleet pelkkiä fysiikan opiskelijoita, koska – kuten aiemmin mainittua (Sneddon ym. 2009) – Skotlannissa ensimmäinen vuosi yliopistossa haetaan tiedekuntaan, ei tiettyyn laitokseen. Kyselyjen tulokset vahvistettiin myös haastatteleamalla neljää ensimmäisen ja kolmea toisen vuoden opiskelijaa.

Tutkimuksen mukaan suhtautuminen laboratoriotöihin oli yleisesti ottaen positiivista, vaikka niitä ei pidettykään parhaana osana fysiikan opiskelua. Toisen ja kolmannen vuoden opiskelijat kokivat työt kiinnostavampina ja ymmärrettävämpinä. He olivat myös vähemmän hämillään ja sekaisin töitä suoritettaessa kuin ensimmäisen vuoden opiskelijat, jotka taas kokivat kirjalliset ohjeet ja töihin valmistavat esitehtävät hyödyllisemmiksi kuin vanhemmat opiskelijat. Kuitenkin kaiken kaikkiaan töiden tekemisestä pidettiin, työt olivat haastavia ja sekä analyttisten että ongelmien ratkaisutaitojen koettiin kehittyvän samoin kuin yhteistyötaitojen. Tutkimuksen mukaan työt auttoivat myös teorian ymmärtämisessä ja laitteiden käytön opettelemisessa. Töiden koettiin myös auttavan käsiteltyjen aiheiden ymmärrystä, ja kokemusten mukaan erityisesti keskustelu laboratoriossa paransi ymmärtämistä. Parannuksina opiskelijat halusivat tarkempia työohjeita, enemmän esitehtäviä ja ensimmäisen vuoden opiskelijat lisää aikaa suorittaa mittaukset ilman kiirettä. Toisaalta lisäohjaukselle vuoron aikana ei juurikaan nähty tarvetta. (Hanif ym. 2008.)

Haastatteluista saatiin yleisesti vahvistusta kyselyllä saatuihin tuloksiin, mutta haastatteluissa olisi kaivattu enemmän ohjausta mittauksiin ja myös opastusta laitteiden käyttöön, mitä – kuten mainittua – kyselyissä ei juurikaan kaivattu. Kaiken kaikkiaan tutkimuksen mukaan laboratoriotöiden tavoitteita saavutetaan, minkä lisäksi työt ovat myös kiinnostavia ja nautinnollisia. AAPT:n esittämältä laboratoriotöiden tavoitteiden listalta ainoastaan ”The Art of Experimentation” oli tavoite, jonka ei tutkimuksessa todettu kehittyvän. (Hanif ym. 2008.) AAPT:n listan ”The Art of Experimentation” vertautuu tässä työssä käytettävien tavoitteiden listalla lähimmäksi tieteellisen prosessin ja tiedon luonteen ymmärtämistä. Mahdollisena syynä sille, ettei kyseistä tavoitetta saavutettu, olivat tarkasti organisoidut työt, joissa opiskelijoiden oma luovuus jää vähiin (Hanif ym. 2008).

Tämän tutkimuksen kannalta erittäin mielenkiintoinen on Suomessa tehty tutkimus, jossa Nivalainen, Asikainen ja Hirvonen (2013) ovat tutkineet Itä-Suomen yliopistossa opiskelevien luonnontieteellisten alojen opettajaopiskelijoiden mielipiteitä tavoitteista, jotka he kokevat käytännön töissä olevan tärkeitä, sekä kokemuksia käytännön töistä niin yläasteelta, lukiosta kuin yliopistostakin. Tutkimukseen osallistui kaikkiaan 32 opiskelijaa, joista yhdeksän oli fysiikan, 19 matematiikan ja neljä kemian pääaineopiskelijoita. Tutkimus toteutettiin kahden ja puolen vuoden opiskelun jälkeen, jolloin osallistujat olivat lähes suorittaneet kandidaatitutkielman vaadittavat kurssit. Erityisesti perusopintojen laboratoriotyökurssi käydään ensimmäisen ja aineopintojen laboratoriotyökurssi toisen ja kolmannen vuoden aikana. Laboratoriotyökurssit ovat löyhästi yhteydessä teoriakursseihin, mutta ne järjestetään kuitenkin erillään. Tutkimuksen mukaan laboratoriotyöt ovat lähes poikkeuksetta tiukasti organisoituja, ja töissä käytettävät laitteet sekä datan keräämiseen ja analysointiin käytettävät menetelmät ovat ennalta määrättyjä.

Tutkimuksen aineisto kerättiin puolessa välissä opettajaopiskelijoille tarkoitettua laboratoriotyöskentelykurssia, mikä on ensimmäinen pelkästään opettajille suunnattu laborato-

riokurssi. Aineistona toimivat lyhyet esseet, jotka osallistujien pyydettiin kirjoittamaan käytännön töistä osana fysiikan opetusta koulussa ja yliopistossa. Osallistujia rohkaisti muistelemaan kouluaikoja ja kirjoittamaan vaikutelmista, joita heille oli jäänyt niin yläasteelta, lukiosta kuin yliopistosta. Tehtävänannossa pyydettiin lisäksi erityisesti vertailemaan, kuinka käytännön töihin liittyvä opetus eroaa eri koulutusasteiden välillä. Keräämällä aineisto esseinä pyrittiin saamaan esiin, mitä tavoitteita opiskelijat itsenäisesti pitävät tärkeinä käytännön töille. Tähän pyrittiin lisäksi sillä, ettei osallistujille annettu mitään listaa tai kysymyksiä tutkittavista tavoitteista, jotta ne eivät häittäisi osallistujien omaa ajattelua. (Nivalainen ym. 2013.)

Aineiston analysointiin käytettiin sisällönanalyysiä, jonka avulla yritettiin ensin löytää, minkälaisia tavoitteita opettajaopiskelijat asettavat käytännön töille. Nämä tavoitteet jaoteltiin teorian mukaisiin kategorioihin, jotka kuvaavat käytännön töiden tavoitteita. Tällöin sama tavoite voi kuitenkin kuulua useampaa kategoriaan johtuen kategorioiden paikoin häilyvistä rajoista. Tämän jälkeen analyysiä jatkettiin, jotta löydettäisiin osallistujien kokemuksia käytännön töistä. Aineistosta esiin nousseet kokemukset jaoteltiin lisäksi kouluasteen mukaisesti. (Nivalainen ym. 2013.)

Aineistosta yleisimmin esiin nousut, opiskelijoiden laboratoriotyöskentelyn tärkeäksi tavoitteeksi katsoma kategoria oli tieteen sisällön ja käsitteellisen ymmärryksen kehittäminen, johon kuuluu esimerkiksi teorian ja käytännön yhteen liittäminen, jonka osallistujista mainitsi 56 %, ja ilmiön ymmärtäminen, jonka mainitsi 34 % osallistujista. Toiseksi yleisin kategoria oli käytännöllisten tai kokeellisten taitojen kehittäminen, jonka kaksi yleisintä alakategoriaa olivat havainnoinnin opetteleminen (34 %) ja raportoinnin opetteleminen (31 %). Tieteen luonteen ja tieteellisen prosessin ymmärryksen kehittyminen sekä motivaation edistäminen, johon kuului esimerkiksi motivointi (41 %), tulivat kutakuinkin yhtä usein esiin, mutta maininnat sosiaalisten ja oppimisen taitojen kehittämisestä jäivät hyvin marginaalisiksi. Tieteen luonteen ja tieteelliseen prosessin ymmärryksen kehittymiseen liittyvien mainintojen tunnistaminen aineistosta oli lisäksi ongelmallisempaa kuin muiden tavoitteiden, sillä se esiintyi aineistossa yleensä epäsuorasti johtuen siitä, etteivät opiskelijat välttämättä olleet tietoisia tämän tyyppisen tavoitteen olemassaolosta. (Nivalainen ym. 2013.) Mainitut viisi alakategoriaa olivat viisi yleisintä esiin tullutta, ja loput esiintyivät alle 30:ssa prosentissa esseistä.

Opiskelijoiden kokemukset käytännön töistä osoittautuivat positiivisiksi, ja aineistossa esiintyykin huomattavasti enemmän positiivisia kokemuksia kuin negatiivisia. Positiiviset kokemukset liittyivät selvästi yleisimmin käytännöllisten tai kokeellisten taitojen kehitykseen, tieteellisen sisällön ja käsitteiden ymmärryksen kehitykseen ja motivaation edistämiseen. Näistä kaksi jälkimmäistä nousi lähes yhtä usein esiin kouluasteesta riippumatta, mutta lukiotasolla vain muutama positiivinen kokemus nousi esiin käytännöllisten tai kokeellisten taitojen kehittymiseen liittyen. Tutkittavat esittivät, että kokeellinen työskentely on yleisempää yläasteella ja että lukiossa opettajan suosivat demonstraatioita ryhmätöiden kustannuksella. Myös tieteellisen prosessin tai tieteen luonteen ymmärryksen sekä sosiaalisten ja oppimisen taitojen kehittyminen esiintyivät aineistossa muutamina mainintoina, jotka painottuivat lähinnä yliopistotasolle. Näiden lisäksi kahdessa tapauksessa opiskelija koki kokeellisuuden lisänneen fysiikan uskottavuutta yläasteella ja muutamissa tapauksissa opiskelijat kokivat kouluasteesta riippumatta positiivisena käytännön töiden tarjoamat haasteet. (Nivalainen ym. 2013.)

Vaikka kokemukset käytännön töistä olivat tutkimuksen mukaan pääasiassa positiivisia,

myös negatiivisia kokemuksia esiintyy. Melko tasaisesti eri koulutasojen välillä jakaantuneita kritiikin kohteita olivat se, etteivät laboratoriotyöt tuoneet lisää sisältöä jo teoriaopetuksessa opetettuun, ja liian vähäinen keskustelu, jotta teoreettisen sisällön liittäminen kokeissa saatuihin tuloksiin onnistuisi. Kaiken kaikkiaan yleisin kritiikin kohde oli kokeellisen työskentelyn heikko suunnittelu, mutta nämä kokemukset painottuivat eniten yläasteelle ja lukioon, kun yliopistotasolla mainintoja oli vain muutama. Yläasteelle ja lukioon painottuivat myös ongelmat fasiliteettien ja laitteiden kanssa sekä kritiikki yllätyksellisyyden puutteesta, johon ei viitattu lainkaan yliopistotasolla. (Nivalainen ym. 2013.)

Aiemman tutkimuksen perusteella voidaan siis sanoa, että laboratoriotöihin suhtautuminen on usein positiivista. Lisäksi laboratoriotöitä voidaan käyttää osana fysiikan opetusta tehokkaasti (esimerkiksi Kärnä ym. (2012); Nivalainen ym. (2013); Sneddon ym. (2009)). Toisaalta käsitteiden ja teoreettisten ideoiden opettaminen niiden avulla voi olla hankalaa (Abrahams ja Millar 2008; Millar ja Abrahams 2009; Von Aufschnaiter ja Von Aufschnaiter 2007; Wellington 1998). Toinen esitetyistä fysiikan käytännön töiden tavoitteista, jonka saavuttaminen on todettu hankalaksi on tieteen luonteen ja tieteellisen prosessin ymmärryksen kehittyminen (Hanif ym. 2008; Nivalainen ym. 2013). Myös keskustelun tarpeellisuudesta osana laboratoriotöitä esiintyy muutamia mainintoja (Millar ja Abrahams 2009; Nivalainen ym. 2013; Sneddon ym. 2009).

3 TUTKIMUSKYSYMYKSET

Aiempien tutkimusten perusteella on havaittavissa eroja fysiikan laboratoriotöiden eri tavoitteiden toteutumisessa. Onko esimerkiksi tieteen luonteen ja tieteellisen prosessin ymmärryksen kehittymisessä ongelmia, kuten Nivalainen, Asikainen ja Hirvonen (2013) sekä Hanif ym. (2008) havaitsivat, tai onko teorian ja töiden yhteen liittämisen haasteita, kuten esimerkiksi Abrahams ja Millar (2008) koulutasolla ja Von Aufschnaiter ja Von Aufschnaiter (2007) yliopistotasolla havaitsivat. Ensimmäisenä tutkimuskysymyksenä onkin, millaista hyötyä opiskelijat kokevat laboratoriotöistä saavansa.

Tämän lisäksi aiemmassa tutkimuksessa havaittiin toisaalta kokeneempien opiskelijoiden kokevan laboratoriotyöt hyödyllisemmiksi (Hanif ym. 2008) ja toisaalta tiukasti jäseneltyjen töiden olevan vähemmän motivoivia (Von Aufschnaiter ja Von Aufschnaiter 2007) ja vaikeuttavan tieteen luonteen ja tieteellisen prosessin ymmärryksen kehittymistä (Hanif ym. 2008). Näin ollen toisena tutkimuskysymyksenä on, miten opiskelijoiden opiskelukokemus ja työn tyyppi vaikuttavat kokemukseen laboratoriotöistä saatavasta hyödystä. Lisäksi Hanif, Sneddon, Al-Ahmadi ja Reid (2008) raportoivat erityisesti kokemattomien opiskelijoiden kokeneen laboratoriotöihin liittyneet ennakkotehtävät hyödyllisiksi. Erityisesti peruskurssien lapputöissä on usein ennakkotehtäviä, joten tämän perusteella kolmas tutkimuskysymys on, onko ennakkotehtävillä vaikutusta koettuun hyötyyn.

Näiden lisäksi muiden tavoitteiden saavuttamiseen vaikuttavien taustamuuttujien etsiminen on mielenkiintoista, sillä tällaista tutkimusta ei ole juurikaan aiemmin tehty, vaikka Sneddon ym. (2009) vertailivat kokemuksia sukupuolten välillä. Selittääkö esimerkiksi opiskelijoiden alkumotivaatio, laboratoriotöistä pitäminen tai sukupuoli eroja tavoitteiden saavuttamisessa. Neljäs tutkimuskysymys on siis, millä muilla taustamuuttujilla on yhteys siihen, kuinka opiskelijat kokevat hyötyvänsä laboratoriotöistä.

Tarkasti muotoillut tutkimuskysymykset ovat siis seuraavat:

1. Millaista hyötyä opiskelijat kokevat saavansa laboratoriotöistä?
2. Miten opiskelijoiden opiskelukokemus ja eri työtyypit (lappu- ja selostustyöt) vaikuttavat kokemukseen laboratoriotöistä saatavasta hyödystä?
3. Onko ennakkotehtävillä vaikutusta koettuun hyötyyn lapputöitä tehdessä?
4. Mitkä muut taustamuuttujat selittävät eroja siinä, millaista hyötyä opiskelijat kokevat laboratoriotöistä saavansa?

4 AINEISTO

4.1 Aineiston kokoaminen

4.1.1 Kyselylomake

Aineiston keräämiseen käytettiin kyselylomaketta, jonka lähtökohtana olivat luvussa 2.1 esitetyt tavoitteet. Yksittäiset tavoitteet jaettiin kysymyksiksi, joiden voidaan katsoa olevan oleellisia kyseisen tavoitteen kannalta liittyen oppilaslaboratoriossa tehtäviin töihin. Kyselylomakkeen tarkoitus oli olla mahdollisimman yksinkertainen ja tiivis, jotta mahdollisimman moni mittaaja kokisi lomakkeen täyttämisen vielä usean tunnin mittausvuoron päätteeksi jollain tasolla miellyttävänä.

Muut tavoitteet, paitsi tieteen luonteen ja tieteellisen prosessin ymmärryksen kehittyminen, jaettiin osiin joko ilman erityisiä lähdemateriaaleja tai käyttäen hyväksi artikkeleita Nivalainen ym. (2013). Esimerkiksi kokeellisen työskentelyn taidot jaettiin mittaamiseen, tulosten analysointiin ja laskemiseen sekä johtopäätösten tekemisen taitoihin. Lederman, Abd-El-Khalick, Bell ja Schwartz (2002) käsittelevät kattavasti tieteen luonteen sisältöä, ja kyseistä artikkelia käytettiin pohjana muotoiltaessa kysymyksiä tieteen luonteeseen liittyen. Tässä tapauksessa nousi esimerkkejä tiettyyn tavoitteeseen liittyvästä, mutta tämän tutkimuksen kannalta epäoleellisesta kysymyksestä. Esimerkiksi hypoteesin, lain ja teorian ero, jonka Lederman ym. nostavat osaksi tieteen luonnetta, ei ole oleellinen, sillä tämänkaltaista asiaa ei käsitellä yhdessäkään laboratoriotyössä tai millään fysiikan perustai aineopintokurssilla, eikä tällaisen ymmärryksen kehittyminen täten ole tutkimuksen kannalta oleellinen tavoite.

Kun haluttuja tavoitteita jaettiin osiin, tieteellisen sisällön ja käsitteiden ymmärryksen alakategoriat keskittyivät koskemaan vain käsitteiden ymmärrystä. Koska käsitteiden ymmärryksen kehittymisen kuitenkin vaatii teorian ja tehdyn mittauksen välisen yhteyden ymmärtämistä ja linkkien tekemistä näiden välille, sisältyy näiden alakategorioiden kehittymiseen vaatimus kyvystä peilata teoriaa ja käytäntöä keskenään. Kyseinen mittari ei kuitenkaan pysty mittaamaan tieteellisen sisällön ymmärryksen kehittymistä. Näin ollen tästä eteenpäin kyseinen tavoite korvataan tieteellisten käsitteiden ja niiden sisällön ymmärtämisellä, joka selvästi on edellä mainitun laajemman kategorian osa. Tämän työn pohjalta ei siis voida tehdä päätelmiä siitä, miten opiskelijat kokevat laboratorioiden käytön esimerkiksi aiemmin esitetyn teorian havainnollistamiseen.

Jakamalla tavoitteet osiin saatiin kaiken kaikkiaan 19 pienempää tavoitetta, joiden avulla laboratoriotoista saatavaa hyötyä mitattiin. Tavoitteet ja niiden alakategoriat on esitetty taulukossa I. Esimerkiksi kohdat 1.2 ”tulosten analysoinnin ja laskemisen taidot” ja 5.1 ”teorian ja käytännön mittausten yhteensopivuuden ymmärrys” käsittelevät hyvin saman tyyppisiä asioita. Ne on jaettu eri tavoitteisiin siitä syystä, että näistä ensimmäinen liittyy selkeästi kokeelliseen työskentelyyn eikä se vaadi sinällään tietoa siitä, mikä arvo mittauksesta tulisi saada, kun taas jotta voidaan verrata saatuja tuloksia ennusteeseen tulee ymmärtää tieteen epävarmuus, joka on osa tieteen luonnetta (Lederman ym. 2002).

Kustakin näistä alakategorioista muodostettiin väite, jonka paikkansapitävyyttä mittajat arvioivat viisiportaisella Likert-asteikolla (Likert 1932).

Taulukko I: Laboratoriotöiden tavoitteet, ja niiden alakategoriat, joista kyselylomakkeen kysymykset on muotoiltu.

1.	Kokeellisen työskentelyn taidot
1.1	Mittaamiseen liittyvät taidot
1.2	Tulosten analysoinnin ja laskemisen taidot
1.3	Johtopäätöksien tekemisen taidot
2.	Tieteellisten käsitteiden ja niiden sisällön ymmärrys
2.1	Kurssiin liittyvien käsitteiden ymmärrys
2.2	Mittaamiseen liittyvien käsitteiden ymmärrys
2.3	Tulosten analysointiin liittyvien käsitteiden ymmärrys
3.	Motivaatio fysiikkaa kohtaan
3.1	Kiinnostus fysiikkaa kohtaan
3.2	Yleinen motivaatio fysiikkaa kohtaan
3.3	Motivaatio mittaamista ja kokeellista työskentelyä kohtaan
3.4	Motivaatio fysiikan teorian opiskelua kohtaan
4.	Sosiaaliset ja oppimiseen liittyvät taidot
4.1	Taidot keskustella mittauksissa kohdatuista ongelmista
4.2	Taidot ja itsevarmuus tuoda oma näkökulma esiin
5.	Tieteen luonteen ja tieteellisen prosessin ymmärrys
5.1	Teorian ja käytännön mittausten yhteensopivuuden ymmärrys
5.2	Ongelmanratkaisutaidot
5.3	Tieteellisen tiedon kokeellisen luonteen ymmärrys
5.4	Päätelmien tekeminen mittaustulosten pohjalta
5.5	Inhimillisten tekijöiden vaikutuksen ymmärtäminen
5.6	Luovuuden merkityksen ymmärtäminen
5.7	Kyky arvioida tulosten luotettavuutta ja erilaisia virhelähteitä

Koska tässä tutkimuksessa ei olla kiinnostuneita vain siitä, kokevatko opiskelijat saavansa laboratoriotöistä hyötyä toivotuissa kategorioissa, vaan myös siitä, onko esimerkiksi eri tyyppisten töiden välillä eroa, kyselylomakkeessa on myös taustakysymyksiä. Ensinnäkin, jotta eri tyyppiset (lappu- ja selostustyöt) ja eri tasoiset (perus- ja aineopinnot) työt on mahdollista erottaa toisistaan, mitatun työn koodi (katso Oppilaslaboratorio, Kurssien työt ja työohjeet) pyydetään. Mahdollisesti vaikuttavista taustamuuttujista sukupuolen vaikutus koettiin mielenkiintoisena samoin kuin parityöskentelyn mahdollisuus. Parityöskentelyn voisi ajatella auttavan erityisesti keskustelemiseen, mitä useissa tutkimuksissa toivottiin laboratoriotöiden yhteyteen, ja omien näkemystensä perustelemiseen liittyviin taitoihin. Näiden lisäksi myös mittajaan pääaine kysyttiin.

Fysiikan luentokursseihin liittyviä taustatietoja ovat luennoilla käymisen yleisyys sekä se, milloin työhön liittyvä kurssi on loppunut. Työhön liittyen myös se, kuinka paljon aikaa mittaja on käyttänyt mittausvuoroon valmistautumiseen, kysyttiin. Koska yksi halutuista tavoitteista on motivaation lisääminen fysiikkaa kohtaan, mielenkiinnon kohteena

on myös, vaikuttavatko fysiikan opiskelun tavoitteet, kiinnostuksen tai motivaation taso fysiikkaa kohtaan, saatuihin tuloksiin. Myös sen, kokiko mittaaaja olevansa kiinnostunut enemmän kokeellisesta fysiikasta, teoreettisesta fysiikasta tai molemmista yhtä paljon, vaikuttaa mahdollisesti siihen, miten mittaaaja työt koee. Ovatko esimerkiksi kokeellisesta fysiikasta kiinnostuneiden opiskelijoiden näkemykset laboratoriotöiden hyödyllisyydestä positiivisempia kuin muiden? Myös taustakokemuksia laboratoriotöistä pitämisestä, niissä onnistumisesta sekä niiden palkitsevuudesta on kyselylomakkeessa muutama.

Aiemmin esitetyt taustatiedot ovat yleisiä, ja niihin voi vastata aivan yhtä hyvin jo ennen kyseisen työn suorittamista. Työn suorittamisen jälkeen mittaaaja vielä arvioi Likertasteikolla, ymmärsikö hän työn yhteyden kurssin aihealueisiin ja kurssilla tai aiemmalla kurssilla käsiteltyyn teoriaan. Myös sen vaikutusta, näkivätkö mittaaajat työllä yhteyden mittaamisen käytänteiden opetteluun tai ymmärsivätkö he käytettyjen laitteiden toiminnan, on mielenkiintoista tutkia. Onko esimerkiksi mahdollista, että töissä, joissa mittaaaja vain mittaa ymmärtämättä lainkaan käytettyjen laitteiden toimintaperiaatetta, hän ei koe saavansa hyötyä mittaamiseen liittyvissä taidoissa, koska hän vain ikään kuin suorittaa mittauksia miettimättä niitä?

Kaikki edellä mainitut kysymykset koottiin kysymyslomakkeeksi, joka on esitetty liitteessä A.

4.1.2 Kyselyyn vastaaminen ja aineiston kerääminen

Aineisto kerättiin Jyväskylän yliopiston Fysiikan laitoksen oppilaslaboratoriossa (Oppilaslaboratorio) vuonna 2016 viikkojen 11 ja 28 välisenä aikana, jolloin oppilaslaboratorio oli auki lukuunottamatta pääsiäistaukoa viikolla 12 sekä fysiikan olympiavalmennukseen kulunutta viikkoa 24. Jo tätä ennen kyselylomaketta testattiin kahdella eri mittausvuorolla muutamalla opiskelijalla, joiden kommenttien perusteella kysymyksien sisältöä ja asettelua muokattiin.

Luennoinnin kannalta aikaväli, joka aineiston keräämiseen käytettiin, asetui aikaan, jolloin peruskursseilla käsitellään ennen kaikkea sähköoppiin ja sähkömagnetismiin liittyviä aiheita. Näiden lisäksi meneillään oli myös perusmekaniikan kurssit, joille osallistui lähinnä sivuaineopiskelijoita. Aineopinnoissa oli vastaavasti meneillään sähköopin kurssi sekä statistisen fysiikan kurssit, joiden lisäksi mekaniikan kurssi oli loppunut juuri ennen aineiston keräämistä. Koska laboratoriotöiden suorittamista ei kuitenkaan ole sidottu luentoihin, näiden lisäksi myös muiden kurssien laboratoriotöitä oli mahdollista suorittaa.

Perus- ja aineopintokursseilla oppilaslaboratoriossa suoritetaan kahdentyypisiä töitä: lappu- ja selostustöitä. Näistä ensimmäiset ovat tiukemmin rajattuja, ja ne tehdään kokonaisuudessaan yhden neljän tunnin osastovuoron aikana. Käytännössä lapputöissä niiden nimen mukaisesti täytetään lappuun niissä halutut mittaustulokset ja vastataan kysymyksiin, jotka liittyvät suoritettuihin mittauksiin. Kun lappu on täytetty, mittaaaja käy sen kohta kohdalta läpi vuoroa ohjaavan assistentin kanssa.

Lapputöistä eroten selostustöitä tehdessä vain työhön liittyvät mittaukset suoritetaan osastovuoron aikana, ja niiden pohjalta laaditaan mittauspöytäkirja, johon kirjataan kaikki tarvittava informaatio itse työselostusta varten (katso Oppilaslaboratorio, Mallimitaustuspöytäkirja). Selostusta tehdessä on tarkoitus harjoitella saatujen tulosten raportointia ja tieteellisen tekstin kirjoittamista (Oppilaslaboratorio, Työselostuksen laatiminen). Jokaiseen perus- ja aineopintokurssiin liittyen on tehtävä vähintään kaksi laboratoriotötä

(Oppilaslaboratorio, Kurssien työt ja työohjeet). Suurimmassa osassa kursseja selostustyöt vaikuttavat myös kurssista saatavaan arvosanaa, sillä tehdyt työselostukset arvostellaan skaalalla 0 – 12, ja tällöin niiden painoarvo kokonaisarvosanan määräytymisessä on $12/72 = 1/6$.

Käytännössä aineistoa kerättiin siten, että mittausvuoron ohjaava-assistentti antoi jokaiselle mittaajalle kyselylomakkeen jossain vaiheessa mittausvuoroa. Lapputöiden tapauksessa mittaaja täytti ja palautti kyselylomakkeen lapputöiden tapauksessa vuoron aikana suoritettuaan työhön liittyvät mittaukset. Selostustöiden tekijät täyttivät lomakkeen selostuksen teon jälkeen ja palauttivat sen selostuksen tarkastettavaksi palauttamisen yhteydessä. Kyselyyn vastaaminen oli täysin vapaaehtoista, mutta vastaaminen oli pyritty tekemään mahdollisimman helpoksi. Itse tutkimuksesta ja aineiston keräämisestä opiskelijoita informoitiin käynnissä olevien kurssien luennoilla.

Aineiston keräämisen lähtökohtana oli saada mahdollisimman laajasti dataa siitä, miten opiskelijat kokevat erilaiset laboratoriotyöt. Tästä syystä sama henkilö saattoi vastata kyselyyn useamman kerran. Jos kiinnostus olisi ollut vain siinä, miten opiskelijat yleisellä tasolla kokevat saavansa hyötyä laboratoriotöistä, olisi kysely kerätty jokaiselta opiskelijalta vain kerran. Aineiston kerääminen sisälsi siis oletuksen siitä, että vaikka sama opiskelija saattoi vastata kyselyyn useamman kerran, hän ei kuitenkaan ollut sama mittaaja kuin aiemmin, sillä hän ei vastannut useampaa kertaa samaan työhön liittyen. Koska työt ovat lähtökohtaisesti erilaisia, niistä saatavat oppimiskokemuksetkin ovat erilaisia. Lisäksi on hyvin todennäköistä, että opiskelijan antamat taustatiedot muuttuvat ainakin jossain määrin eri töiden välillä. Esimerkiksi opiskelijan kiinnostus tai motivaatio fysiikkaa kohtaan voi muuttua kevään edetessä samoin kuin se, miten hän kokee saaneensa odotusten mukaisia tuloksia aiemmista laboratoriotöistä. Hyvin onnistunut – vastaavasti huonosti onnistunut – mittaus voi ainakin potentiaalisesti kasvattaa – vastaavasti vähentää – kiinnostusta kokeelliseen työskentelyyn. Lisäksi koska laboratoriotöitä ei ole aikataulullisesti sidottu luentojen yhteyteen, voi sama opiskelija suorittaa useamman kurssin laboratoriotöitä vaikka saman viikon aikana, jolloin lähtökohtaisesti se, kuinka hyvässä muistissa luennoilla esitetty asia on, vaihtelee näiden töiden välillä.

4.2 Aineiston analyysi

4.2.1 Analyysimenetelmät

Jotta aineiston pohjalta oli mahdollista arvioita siitä, kokevatko opiskelijat saavansa hyötyä tutkittavissa tavoitteissa, käytettiin yksinkertaisia tilastollisia tunnuslukuja, kuten keskiarvoa, keskihajontaa ja mediaania. Aineiston tarkempi analyysi suoritettiin moniluokitteluanalyysillä (engl. multiple classification analysis, MCA). Tämän lisäksi käytettiin VIF-analyysiä selittävien muuttujien multikollineaarisuuden testaamiseen sekä Pearsonin tulomomenttikorrelaatiokerrointa niiden keskinäisen lineaarisen riippuvuuden testaamiseen. Näiden lisäksi Cronbachin alfaa käytettiin summamuuttujien reliabiliteetin testaamiseen.

Moniluokitteluanalyysistä selkeästi ja melko yleistajuisesti on kirjoittanut esimerkiksi Jokivuori ja Hietala (2007, 155–171) ja paikoitellen – ainakin matemaattisesti – yksityiskohtaisemmin esimerkiksi Nagpaul (2001, luku 5.3.). Myös esimerkiksi Toivonen (1999, 250–268) käy menetelmää läpi esimerkkien avulla. Lyhyesti moniluokitteluanalyysi on varianssianalyysin versio, jossa huomioidaan usean taustamuuttujan samanaikainen vaiku-

tus yhteen, jatkuvaan selitettävään muuttujaan. Siinä pyritään riippumattomilla muuttujilla selittämään yhden muuttujan vaihtelua, missä mielessä se muistuttaa paljon myös monimuuttujaista regressioanalyysiä, jossa selittävinä muuttujina voidaan käyttää sekä jatkuvia että dikotomisia muuttujia. (Jokivuori ja Hietala 2007, 158–159.)

Moniluokitteluanalyysin perusajatuksena on verrata, miten selittäjämuuttujien sisältämien ryhmien keskiarvot muuttuvat, kun analyysiin otetaan mukaan muita taustamuuttujia, joiden vaikutukset pyritään vakioimaan. Tällöin todelliset yhteydet voidaan periaatteessa erottaa näennäisyhteyksistä. Moniluokitteluanalyysissä tarkastellaan siis selittäjämuuttujien ryhmäkeskiarvoja, kuten tavallisessakin varianssianalyysissä, mutta erona on se, että moniluokitteluanalyysissä ilmoitetaan ryhmäkeskiarvojen poikkeamat aineiston kokonaiskeskiarvosta. Tähän liittyy moniluokitteluanalyysin vahvuus: sen avulla nähdään sekä korjaamattomat (vakioimaton tilanne) että korjatut (muut muuttujat vakioitu) poikkeamat keskiarvosta. Näin saadaan ryhmäkohtaiset keskiarvot, joista nähdään, mikä on taustamuuttujien vaikutus selitettävään ilmiöön. (Jokivuori ja Hietala 2007, 159.)

Näiden ryhmäkeskiarvojen keskinäisten erojen tilastollisen merkitsevyyden kertoo p -arvo, joka näin ollen ilmoittaa kunkin muuttujan tilastollisen merkitsevyyden (Jokivuori ja Hietala 2007, 164). Käytännössä p -arvo kertoo, kuinka todennäköistä on kyseisen otoksen perusteella, että nollahypoteesi – joka moniluokitteluanalyysin tapauksessa on, ettei selittävällä muuttujalla ole vaikutusta selitettävään muuttujaan – on oikein eli kuinka suuri on todennäköisyys saada kyseinen tulos täysin sattumalta. Yleisesti raja-arvoina käytetään arvoja $p < 0,05$ ”tulos on tilastollisesti melkein merkitsevä”, $p < 0,01$ ”tulos on tilastollisesti merkitsevä” ja $p < 0,001$ ”tulos on tilastollisesti erittäin merkitsevä”. (Metsämuuronen 2005, 398 ja 416.) Moniluokitteluanalyysin tulosteesta on hyvä huomata, että siinä esiintyvä tilastollinen merkitsevyyden taso kertoo vakioituneen lopputilanteen merkitsevyyden (Jokivuori ja Hietala 2007, 164), jolloin vakioimattomassa tilanteessa mahdollisesti esiintyvät näennäisyhteydet eivät ideaalitulanteessa vaikuta tilastolliseen merkitsevyyteen.

Sen lisäksi, että moniluokitteluanalyysi antaa ryhmäkohtaiset poikkeamat aineiston yleiseskiarvosta, se antaa myös muuttujien ja selitettävän muuttujan lineaarista yhteyttä kuvaavat kertoimet η ja β . Näistä η -kerroin on analoginen korrelaatiokerroimelle, ja se kuvaa kunkin taustamuuttujan yhteyttä selitettävään muuttujaan ennen vakiointia. η -neliö kertoo, kuinka paljon kukin yksittäinen muuttuja pystyy yksinään selittämään riippuvan muuttujan vaihtelusta vakioimattomassa tilanteessa. Vastaavasti β -kerroin on analoginen standardoidulle regressiokerroimelle, ja sen avulla voidaan verrata eri muuttujien suhteellisia selityskykyjä. Näiden lisäksi on yhteiskorrelaatiokerroin R , jonka neliö R^2 kuvaa mallin kokonais selitystasoa, eli kuinka paljon riippumattomat muuttujat yhdessä selittävät selitettävän muuttujan vaihtelusta. (Jokivuori ja Hietala 2007, 159 ja 167–169.)

Regressioanalyysin tavoin moniluokitteluanalyysissä oletetaan, että selittävien muuttujien vaikutukset ovat summautuvia eli additiivisia. Tämän lisäksi näille analyysimenetelmille yhteistä on se, että niissä oletetaan selittävien muuttujien olevan riippumattomia. Ideaalitulanteessa selittävät muuttujat olisivat siis korreloimattomia, mutta käytännössä riittää se, etteivät ne ole vahvasti multikollineaarisia, jolloin ne eivät aiheuta ongelmia analyysin kannalta. (Jokivuori ja Hietala 2007, 159–160.) Menetelmien oletusten välillä on kuitenkin myös eroja. Ensinnäkään moniluokitteluanalyysissä selittävien muuttujien ei tarvitse olla jatkuvia eikä selittävien muuttujien yhteyden selitettävään muuttujaan tarvitse olla lineaarinen (Nagpaul 2001, luku 5.3). Käytännössä selittävät muuttujat voivat olla siis

luokittelu-, järjestys- tai välimatka-asteikollisia, eikä sillä ole analyysin kannalta merkitystä. Selitettävään muuttujaan liittyy kuitenkin enemmän rajoituksia. Käytännössä selitettävän muuttujan pitäisi olla välimatka-asteikollinen (Nagpaul 2001, luku 5.3) ja jatkuva, eikä sen jakauma saisi olla liian vino (Jokivuori ja Hietala 2007, 158–159; Nagpaul 2001, luku 5.3). Moniluokitteluanalyysi on regressioanalyysiin verrattuna kuitenkin selvästi robustimpi eli vakaampi menetelmä näistä oletuksista poikkeamisen suhteen (Jokivuori ja Hietala 2007, 160). Esimerkiksi jakauman vinouden tulisi olla hyvin äärimmäistä, jotta se vaikuttaisi merkittävästi menetelmän toimivuuteen (Nagpaul 2001, luku 5.3).

Koska Likert-asteikolla saatavat luvut ovat järjestysasteikollisia, niiden keskiarvo ei tarkkaan ottaen ole hyvin määritelty keskiluku, mutta tästä huolimatta tässä tutkimuksessa käytettiin moniluokitteluanalyysia, joka perustuu keskiarvojen vertailuun. Näin ollen Likert-asteikolliset muuttujat eivät myöskään toteuta oletusta moniluokitteluanalyysin oletusta selittävän muuttujan välimatka-asteikollisuudesta. Kuitenkin kvantitatiivista tutkimusta tekevät käsittelevät Likert-asteikollisia muuttujia käytännössä jatkuvina muuttujina, kuten Jokivuori ja Hietala (2007, 9) toteavat. Tämän perusteella käytännössä diskreettejä selitettäviä muuttujia, jotka ovat lisäksi vain järjestysasteikollisia, käsitellään moniluokitteluanalyysissä kuten jatkuvia, välimatka-asteikollisia muuttujia. Haluttujen tavoitteiden toteutumista tarkasteltaessa keskilukuna ei kuitenkaan käytetty vain keskiarvoa, vaan tuloksia analysointiin käytettiin myös mediaania ja moodia, jotka ovat tässäkin tapauksessa hyvin määriteltyjä tunnuslukuja.

Muiden moniluokitteluanalyysin oletusten toteutumista testataan Pearsonin korrelaatiokertoimella ja VIF-analyysillä. Korrelaatiokerroin mittaa muuttujien välisen lineaarisen yhteyden vahvuutta. Sanallisesti korrelaation vahvuutta voidaan kuvata esimerkiksi siten, että kun korrelaation itseisarvo on välillä 0,80 – 1,0 ”erittäin korkea”, välillä 0,60 – 0,80 ”korkea” ja välillä 0,40 – 0,60 ”melko korkea” tai ”kohtuullinen”. (Metsämuuronen 2005, 346.) Toisaalta esimerkiksi yhteiskuntatieteellisessä tutkimuksessa jo korrelaatiota välillä 0,20 – 0,40 pidetään selvänä ja ”vahvana”, ja x :n katsotaan selittävän y :n vaihtelua olennaisesti. VIF-analyysin avulla voidaan mitata muuttujien välistä multikollineaarisuutta. Mitä vähemmän riippuva jokin selittävä muuttuja on muista selittävästä muuttujista, sitä lähempänä VIF-arvo on lukua 1, ja jos jonkin muuttujan VIF-arvo lähenee arvoa 4, osoittaa se jo suurta multikollineaarisuutta ja tällaisen muuttujan mukana oloa mallissa on syytä harkita. (Jokivuori ja Hietala 2007, 50–51.)

Aineistosta saaduista muuttujien arvoista muodostettiin lisäksi myös summamuuttujia. Summamuuttujien perusajatuksena on parantaa mittarin validiteettia, eli sitä, kuinka hyvin – kattavasti ja tehokkaasti – mittari mittaa haluttua asiaa. Tämän lisäksi mittarin tahdotaan olevan luotettava, eli se mittaa johdonmukaisesti aina samaa asiaa. Rebiliteettia mitataan usein Cronbachin alfalla. Käytännössä se antaa rebiliateetin alarajan (Metsämuuronen 2005, 133–134), ja yleisesti jos alfan arvo on yli 0,6 katsotaan rebiliateetti tarpeeksi korkeaksi summamuuttujan muodostamiseen (Jokivuori ja Hietala 2007, 135). Käytännössä summamuuttujat muodostetaan laskemalla summamuuttujaan yhdistettävistä, samalla skaalalla mitatuista muuttujista keskiarvo siten, että mahdollisia puuttuvia arvoja ei huomioida. Tällöin summamuuttuja esitetään samalla skaalalla kuin alkuperäiset muuttujat, joilloin myös sen tulkinnan voi suorittaa samaan tapaan. Keskiarvomenettelyä summamuuttujien muodostamisessa suosittelevat sekä Metsämuuronen (2005, 530) että Jokivuori ja Hietala (2007, 116).

4.2.2 Analysointi

Aineiston analysointi toteutettiin IBM SPSS Statistics -ohjelman versiolla 22. Käytännössä analysoinnin ensimmäinen vaihe oli koodata kyselylomakkeista saatu tieto siten, että sitä oli mahdollista käsitellä numeerisesti. Tämä toteutettiin koodaamalla kaksi vaihtoehtoa sisältävien kysymysten vastaukset numeroilla 0 ja 1, ja jos vaihtoehtoja oli enemmän kuin kaksi, numerointi aloitettiin 1:stä jatkuen numeroon, joka on yhtä suuri kuin vaihtoehtojen määrä. Näin ollen esimerkiksi Likert-asteikolliset muuttujat koodattiin välille 1–5. Tästä menettelystä erosi ainoastaan lomakkeen ensimmäinen kysymys, jossa työn koodi kirjoitettiin tekstimuotoisena tulevia toimenpiteitä varten. Jos johonkin kysymykseen ei oltu vastattu tai kysymykseen oli valittu useita vaihtoehtoja, jätettiin kyseinen kohta kaikissa tapauksissa tyhjäksi. Lisäksi kaikki kysymyslomakkeet numeroitiin, jotta jokainen lomake olisi mahdollista jäljittää tulevaisuudessa. Lopulta kyselyn otokseksi tuli 154, joista yksi tapaus ei ole mukana missään muussa kuin tavoitteiden toteutumista mittaavassa analyysissä johtuen siitä, että kyseisessä vastauksessa esitetty työn koodi ei ollut mikään olemassa oleva työ.

Kun kyselylomakkeet oli kirjattu tietokoneelle, alkoi analyysin valmistelu. Ensin taulukossa 3 esitetyistä kysymyksistä tehtiin kunkin halutun tavoitteen saavuttamista kuvaavat summamuuttujat. Vaikka summamuuttujien muodostamisen peruste oli ennen kaikkea sisällöllinen, myös muodostuvan muuttujan rebiiliateetin tarkistus tehtiin laskemalla Cronbachin alfa. Tavoitteiden Cronbachin alfat on esitetty taulukossa II. Esimerkiksi kokeellisen työskentelyn taitojen kehitystä mittaavien kysymysten (liite A, kysymykset numero 5 – 7) alfaksi saatiin 0,803, mikä on yli yleisesti vaaditun arvon 0,6, joten summamuuttujan muodostaminen näiden kysymysten pohjalta on mielekästä. Vastaava pätee tieteellisten käsitteiden ymmärryksen paranemiselle (kysymykset 8 – 10), motivaation kehittymiselle (kysymykset 11 – 14), sosiaalisten ja oppimisen taitojen kehittymiselle (kysymykset 15 – 16) ja tieteen luonteen ja tieteellisen prosessin ymmärryksen paranemiselle (kysymykset 17 – 23) alfoille, joten kaikki summamuuttujat olivat reliabiliteetin perusteella luotettavia. Kuten mainittua käytännössä summamuuttujat muodostettiin laskemalla keskiarvo niistä kysymyksistä, joihin oli vastattu. Näin menettelemällä ei menetetty vastaajaa, jos hän ei ollut vastannut johonkin tai joihinkin summamuuttujaan tulevaan kysymykseen. Tähän menettelyyn päädyttiin erityisesti siitä syystä, että kyselyn otos oli melko pieni ($N = 154$).

Kun selitettävät muuttujat oli muodostettu, laskettiin niihin liittyvät tilastolliset tunnusluvut ja tarkastettiin, ovatko niiden jakaumat moniluokitteluanalyysin oletusten mukaisia. Tämä tehtiin tarkastelemalla muuttujien jakaumia silmämääräisesti. Jokainen jakauma oli muodoltaan melko symmetrinen. Vaikka kokeellisen työskentelyn taitojen ja sosiaalisten taitojen kehittymistä kuvaavissa muuttujissa oli havaittavissa pientä vinoutta, mutta koska vinoudet eivät missään tapauksessa ole äärimmäisiä, analyysin oletukset toteutuivat tältä osin. Kaikki jakaumat eivät myöskään olleet aivan normaalijakauman mukaisia, mutta jakaumat kuitenkin selvästi muistuttivat normaalijakaumaa kaikissa tapauksissa. Erot normaalijakaumasta kuitenkin sivuutettiin moniluokitteluanalyysin vakauden perusteella. Jakaumat ja niihin sovitetut normaalijakaumat on esitetty liitteessä B.

Myös joistain selittävästä muuttujista tehtiin summamuuttujia. Tällöin lähtökohtana oli etsiä kysymyksiä, jotka kuvaavat samaa asiaa eri kanteilta. Myös näin muodostettujen muuttujien alfan arvot on esitetty taulukossa II. Esimerkiksi opiskelijan motivaatiota fyysisen opiskeluun ja kiinnostusta fysiikkaan mittaavien kysymysten Cronbachin alfa oli

Taulukko II: Muodostettujen summamuuttujien Cronbachin alfat.

Muuttuja	Alfa (kaikki työt)	Alfa (lapputyöt)
Kokeellisen työskentelyn taitojen kehittyminen	0,803	0,789
Tieteellisten käsitteiden ymmärryksen paraneminen	0,803	0,800
Motivaation kehittyminen fysiikkaa kohtaan	0,873	0,881
Sosiaalisten ja oppimisen taitojen kehittyminen	0,686	0,738
Tieteen luonteen ja tieteellisen prosessin ymmärryksen kehittyminen	0,827	0,834
Alkumotivaatio	0,812	0,807
Laboratoriotöistä pitäminen	0,683	0,690
Työn tarkoituksen ymmärtäminen	0,761	0,759

0,812, joten niistä oli myös rebiliateetin perusteella mielekästä tehdä summamuuttuja. Tämän lisäksi myös laboratoriotöiden palkitsevuudesta, niistä pitämisestä ja niissä onnistumisesta sekä kyselylomakkeen numeroinnin mukaisista työn jälkeen tehtävistä kysymyksistä 1–3 tehtiin summamuuttajat. Nämä summamuuttajat kuvaavat tässä järjestyksessä mittajaan alkumotivaatiota, kuinka mielekkäitä laboratoriotyöt ovat ja sitä, ymmärtääkö mittaaaja työn tarkoituksen (eli yhteyden kurssiin, johonkin teoriaan ja mittaamisen opetteluun).

Summamuuttujien lisäksi tehtiin myös muita valmisteluja. Ensinnäkin työn koodista poimittiin tieto siitä, onko kyseessä lappu- vai selostustyö sekä kuuluuko työ perus- vai aineopintokurssille. Näistä molemmista tehtiin kaksiarvoiset muuttujat, joissa 0 vastasi lapputyötä (vastaavasti peruskurssia) ja 1 vastasi selostustyötä (vastaavasti aineopintokurssia). Tämän lisäksi luennoille osallistuminen uudelleen koodattiin niihin, jotka osallistuvat luennoille harvemmin kuin usein ja vähintään usein. Myös kurssin luento-osan loppumisesta kulunutta aikaa kuvaava muuttuja koodattiin uudelleen. Vaihtoehtoja yhdisteltiin siten, että jäljelle jäi kolme vaihtoehtoa: kurssin loppumisesta on alle kuukausi, 1–6 kuukautta tai yli 6 kuukautta. Näistä ensimmäinen vaihtoehto sisälsi luonnollisesti myös vaihtoehdon ”kurssi on yhä käynnissä tai ei ole vielä alkanut”. Muuttujan uudelleen koodaus tehtiin, koska osassa vaihtoehtoista vastauksia oli hyvin vähän, mikä voi vääristää aineiston analyysiä antamalla liikaa painoarvoa yksittäisille vastauksille. Vaihtoehtoja yhdistettiin vastaavasti myös työhön valmistautumista kuvaavassa muuttujassa siten, että ensimmäinen ja toinen vaihtoehto sekä kolmas ja neljäs vaihtoehto ja niin edelleen yhdistettiin, jolloin muuttujasta tuli neliportainen.

Tässä vaiheessa selittäviä muuttujia oli 14 kappaletta. SPSS kuitenkin asetti rajoitteita muuttujien määrälle, sillä maksimimäärä selittäviä muuttujia moniluokitteluanalyysissä oli 10. Lisäksi jos selittäviä muuttujia on liikaa suhteessa otoksen kokoon, voi seurata tilanne, jossa mallin selitysaste nousee teknisistä syistä liian korkeaksi todellisuuteen nähden,

sillä jokaiselle havainnolle voi nousta esiin oma selittäjä ja ilmiö ylimallittuu (Metsämuuronen 2005). Jotta muuttujien määrä saatiin rajattua, tehtiin alustavia analyyskejä erilaisilla joukoilla muuttujia, ja näiden analyysien pohjalta vähiten merkitsevät tai epäkiinnostavimmat muuttujat pudotettiin pois lopullisesta analyysistä. Tämän lisäksi kysymyksessä, jossa tiedusteltiin fysiikan opiskelun ensisijaista tavoitetta (hyvät arvosanat, kurssisuoritus, fysiikan oppiminen ja ymmärtäminen tai jokin muu), oli huomattava määrä kahden vastauksen tilanteita. Kyseinen muuttuja olisi pienentänyt moniluokitteluanalyysiin mukaan otettavien tapausten määrää 7,8 %, mikä on huomattava määrä otoksen ollessa vain noin 150, ja tästä syystä kyseinen muuttuja jätettiin lopullisesta analyysistä pois, mutta sitä käytettiin kuitenkin apuna alustavassa analyysissä.

Ajalla, jonka mittaaajat käyttivät mittauksiin valmistautumiseen, ei näyttänyt missään tapauksessa olevan juurikaan vaikutusta koettuun hyötyyn, joten se pudotettiin analyysistä ensimmäisenä. Yhtenä syynä tähän voi olla se, että työhön valmistautumiseen käytetyn ajan arvioiminen oli vaikeaa, mitä kommentoitiin jo kyselylomakkeen testaamisen yhteydessä. Myöskään mittaajien erityisellä kiinnostuksen kohteella (kokeellinen fysiikka, teoreettinen fysiikka tai molemmat yhtä paljon) ei näyttänyt olevan yhteyttä tavoitteiden saavuttamiseen. Tähän taas syynä voi olla se, ettei erityisesti ensimmäisen tai toisen vuoden opiskelijoilla välttämättä ole tarkkaa kuvaa siitä, mistä fysiikan osa-alueesta he ovat kiinnostuneet, sillä heillä ei ole juurikaan kosketuspintaa esimerkiksi todelliseen fyysikon työhön. Myös sivuaineopiskelijoiden osalta kysymys on voinut olla hankala.

Näin ollen selittävien muuttujien määrä oli saatu rajattua 11:een. Viimeisenä analyysistä jätettiin pois pääaine. Sen vaikutus tavoitteiden saavuttamiseen oli tilastollisesti merkitsevä vain motivaation kasvamisesta kuvaavassa muuttujassa. Kuitenkin jos motivaation kasvun analyysiin otettiin lisäksi mukaan fysiikan opiskelun tavoite – joka oli siis jo aiemmin poistettu lopullisesta analyysistä – pääaineella ei enää ollut tilastollisesti merkitsevää efektiä mihinkään selitettävään muuttujaan, mutta sitä vastoin sukupuoli nousi tilastollisesti merkitseväksi muuttujaksi. Näin ollen sukupuoli jätettiin lopulliseen analyysiin. Lisäksi sukupuolen yhteys haluttuihin tavoitteisiin on mielenkiintoinen siitäkin syystä, että sukupuolten välillä voi olla ero siinä, miten he laboratoriotyöt kokevat, kuten Sneddon ym. (2009) havaitsivat.

Näin ollen selittäviksi muuttujiksi lopulliseen analyysiin jäivät siis sukupuoli, tekikö työn yksin vai parin kanssa, kuinka usein opiskelija osallistuu fysiikan luennoille, milloin työhön liittyvä kurssi on loppunut, motivaatio fysiikkaa kohtaan, laboratoriotöistä pitäminen, työn tarkoituksen ymmärtäminen, käytettyjen laitteiden toiminnan ymmärtäminen, onko kyseessä perus- vai aineopintokurssi sekä onko kyseessä lappu- vai selostustyö. Alkumotivaatiota ja mittalaitteiden toimintaperiaatteen ymmärrystä kuvaavissa muuttujissa oli vain yksi vastaus negatiivisimmassa viidenneksessä, mikä alustavien analyysien perusteella aiheutti erityisesti muuttujien tilastollisen merkitsevyyden korostumista tilanteissa, joissa yhteyttä selittävän ja selitettävän muuttujan välillä ei muiden ryhmien välillä havaittu. Tästä syystä motivaatio skaalattiin väliltä 1 – 5 välille 1 – 3, ja mittalaitteiden tuntemus uudelleen koodattiin negatiiviseen, neutraaliin ja positiiviseen vaihtoehtoon. Motivaation kohdalla ei suoritettu pelkkää uudelleen koodausta (arvot 1 – 2,49 → 1, 2,5 – 3,49 → 2 ja 3,5 – 5 → 3), koska tällöin negatiivinen ja positiivinen pää korostuisivat kohtuuttomasti.

Näille kymmenelle muuttujalle sekä laskettiin Pearsonin korrelaatiokertoimet, että niille tehtiin VIF-analyysi. Muuttujien väliset korrelaatiot olivat pääsääntöisesti pieniä (katso liite E) ja suurimmillaankin alkumotivaation ja laboratoriotöistä pitämisen välillä vain

kohtuullinen (0,438; $p < 0,001$). VIF-analyysi suoritettiin SPSS:n avulla käyttäen lineaarista regressiota. Siinä selitettäväksi muuttujaksi valittiin jokin muuttuja, jolla ei VIF-analyysin kannalta ollut merkitystä, ja selittäviksi muuttujiksi valittiin edellä mainitut kymmenen muuttujaa. Selittävien muuttujien välillä ei havaittu kollineaarisuutta, joten mitään muuttujaa ei poistettu analyysistä. VIF-analyysin tuloste on esitetty liitteessä G..

Koska kaikki moniluokitteluanalyysin oletukset olivat voimassa, voitiin suorittaa analyysi taustamuuttujien vaikutuksesta haluttujen tavoitteiden saavuttamiseen. SPSS:llä suoritettiin siis viisi analyysiä, joissa selitettävänä muuttujana oli vuoron perään jokin halutuista tavoitteista.

Tämän lisäksi suoritettiin analyysi, jossa selvitettiin, onko lapputöiden ennakkotehtävillä vaikutusta haluttujen tavoitteiden saavuttamiseen. Koska lapputöihin liittyviä vastauksia oli 114, mikä on selvästi vähemmän kuin alkuperäisen analyysin 154, käytettiin analyysissä sen lisäksi, liittykö työhön ennakkotehtäviä, muuttujina vain alkuperäisessä analyysissä vähintään tilastollisesti suuntaa antaviksi ($p \leq 0,10$) valikoituneita muuttujia. Tällä haluttiin välttää aiemmin mainittu tilanne, jossa kaikille aineistossa esiintyville muutoksille löytyisi oma selittäjä ja jolloin analyysin tulokset eivät olisi luotettavia. Analyysiä varten piti mitattujen töiden koodeista koodata muuttuja, jossa arvo 1 vastaa lapputyötä, jossa on ennakkotehtäviä, ja arvo 0 lapputöitä, joissa ennakkotehtäviä ei ole.

Ennen varsinaista analyysiä tässäkin tapauksessa tarkastettiin, että muodostettujen summamuuttujien reliabiliteetit olivat tarpeeksi korkeat (katso taulukko II), mikä päti kaikissa tapauksissa. Tämän jälkeen tarkastettiin moniluokitteluanalyysin oletusten toteutuminen. Selitettävien muuttujien jakaumat (katso C) olivat tässäkin tapauksessa (mukana vain lapputöistä tulleet vastaukset) kutakuinkin symmetrisiä, joten ne toteuttivat moniluokitteluanalyysin oletukset. Tämän jälkeen laskettiin selittävien muuttujien väliset korrelaatiokertoimet sekä tehtiin VIF-analyysi lapputöihin liittyvistä vastauksista. Myös tässä tapauksessa alkumotivaatio ja laboratoriotöistä pitäminen korreloivat kohtuullisesti (0,489; $p < 0,001$), mutta sen lisäksi alkumotivaatio korreloi myös luennoille osallistumisen kanssa kohtuullisesti (0,436; $p < 0,001$) (liite F). Koska VIF-analyysissä ei kuitenkaan tässäkään tapauksessa havaittu kollineaarisuutta (liite G), ei yhtään muuttujaa tarvinnut jättää analyysistä pois oletusten rikkoutumisen vuoksi. Tämän jälkeen moniluokitteluanalyysi suoritettiin jokaiselle tavoitteelle siten, että muuttujiksi valikoitiin aiemmassa analyysissä vähintään tilastollisesti suuntaa antaviksi valikoituneet muuttujat sekä se, onko työhön liittynyt ennakkotehtäviä.

Taulukko III: Tavoitteita kuvaavien muuttujien tilastolliset tunnusluvut.

	Kokeellisen työskentelyn taitojen kehittyminen	Tieteellisten käsitteiden ja niiden sisällön ymmärryksen kehittyminen	Motivaation kehittyminen fysiikkaa kohtaan	Sosiaalisten taitojen kehittyminen	Tieteellisen prosessin ja tieteen luonteen ymmärtämisen kehittyminen
N	154	154	154	153	154
Keskiarvo	3,6732	3,3225	3,1575	3,3497	3,4142
Keskivirhe	0,05700	0,05716	0,06651	0,06083	0,04811
Keskihajonta	0,70733	0,70933	0,82543	0,75238	0,59697
Mediaani	3,6667	3,3333	3,2500	3,5000	3,4286
Moodi	4,00	3,00	3,00	3,00	3,29
Minimi	1,00	1,00	1,00	1,00	1,57
Maksimi	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00

5 TULOKSET

Tässä luvussa esitellään saadut tulokset, minkä lisäksi niitä myös avataan lyhyesti kuitenkin erityisesti tulkitsematta saatuja tuloksia. Luku jakaantuu kahteen osaan, joista ensimmäisessä tarkastellaan laboratoriotöiden tavoitteiden saavuttamista yleisesti ja toisessa taustamuuttujien vaikutusta tavoitteiden saavuttamiseen.

5.1 Laboratoriotöiden tavoitteiden saavuttamisen tilastolliset tunnusluvut

Tavoitteiden saavuttamista kuvaavien summamuuttujien tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa III. Kaikissa tapauksissa sekä keskiarvot että mediaanit olivat yli neutraalin vaihtoehdon, eli arvon 3, kun asteikko oli välillä 1 – 5 siten, että 5 kuvaa suurinta edistystä. Suurin arvo sekä keskiarvossa, mediaanissa että moodissa saavutettiin kokeellisen työskentelyn taitojen kehittymistä kuvaavassa muuttujassa. Vastaavasti pienimmät arvot keskiarvossa ja mediaanissa sai motivaation kehittymistä kuvaava muuttuja. Pienimmän havaitun moodin arvon saivat tieteellisten käsitteiden ymmärryksen, motivaation sekä sosiaalisten taitojen kehittyminen. Mediaaneista nähdään selvästi, että jokaisessa tapauksessa yli puolet vastaajista on kokenut saavansa hyötyä haluttuihin tavoitteisiin.

Keskihajontoja tarkastelemalla huomataan, että vastausten vaihtelu oli suurinta motivaation kehittymistä kuvaavassa muuttujassa ja pienintä tieteellisen prosessin ja tieteen luonteen ymmärtämistä kuvaavassa muuttujassa. Saman ilmiön voi huomata myös muuttujien histogrammeista (liite B). Motivaation kehittymistä kuvaavan muuttujan jakauma (kuvio B.3) on silmämääräisesti kauimpana normaalijakautuneesta, sillä siinä asteikon aivan kummassakin ääripäässä esiintyy selkeät huippukohdat. Erityisesti niitä, jotka eivät kokeneet motivaation kehittyneen lainkaan, oli suuri määrä suhteessa muihin jakaumiin. Kuitenkin vain alle 6 % vastauksista oli alle arvon 2, joten kyseisestä huipusta ei voi tehdä johtopäätöksiä siitä, onko kyseessä pelkkä sattuma vai mahdollisesti laajempi ilmiö.

Taulukko IV: Moniluokitteluanalyysin antamat muuttujien yhteydet kokemukseen kokeellisen työskentelyn taitojen kehittymisestä vakioimattomassa tilanteessa (eta) ja vakioidussa tilanteessa (beta) sekä mallin kokonaiskorrelaatiokerroin R ja kokonaisselitysaste R^2 . Muuttujaan liittyvä tilastollinen merkitsevyys on ilmoitettu beta-kertoimen yhteydessä. Analyysissä oli mukana 153 tapausta.

Muuttuja	Eta	Beta
Sukupuoli	0,081	0,102
Yksin vai parin kanssa	0,105	0,087
Luentojen loppuminen	0,279	0,277**
Luennoille osallistuminen	0,283	0,205**
Työn tarkoituksen ymmärtäminen	0,349	0,230*
Laboratoriotöistä pitäminen	0,376	0,233 ^s
Alkumotivaatio	0,284	0,057
Mittalaitteiden toiminnan ymmärtäminen	0,242	0,228*
Perus- vai aineopintokurssi	0,176	0,115
Lappu- vai selostustyö	0,025	0,069
	$R = 0,613$	$R^2 = 0,376$

($p \leq 0,10 =^s$, $p \leq 0,05 =^*$, $p \leq 0,01 =^{**}$, $p \leq 0,001 =^{***}$)

Toinen merkillepantava asia on se, että tieteellisen prosessin ja tieteen luonteen kehitystä kuvaavan muuttujan minimiarvo oli 1,57, kun se muissa tapauksissa oli asteikon pienin arvon 1,00. Kyseiseen summamuuttujaan otettiin seitsemän eri kysymystä, minkä lisäksi kysymykset olivat laajasti eri tyyppisiin asioihin liittyviä, aivan kuten tieteellisen prosessin ja tieteen luonteen sisällötkin. Tämä voi selittää havaitun ilmiön: mitä useampia ja erilaisempia kysymyksiä, sitä epätodennäköisempää on vastata kaikkiin kohtiin sama arvo (tässä tapauksessa vaihtoehto 1).

5.2 Taustamuuttujien vaikutus tavoitteiden saavuttamiseen

Moniluokitteluanalyyseistä saadut eta- ja beta-kertoimet sekä muuttujien tilastolliset merkitsevyystasot, mallin kokonaiskorrelaatiokerroimet, R , ja mallin kokonaisselitysasteet, R^2 , jokaisen tavoitteen saavuttamisesta on koottu taulukoihin IV–VIII. Tiettyjen ryhmien erot kokonaiskeskiarvosta sekä vakioimattomassa että vakioidussa tilanteessa, samoin kuin tarkat p -arvot on koottu taulukoihin X–XIV liitteeseen D.

Kuten mainittua, eri muuttujien suhteellisia selityskykyjä voidaan verrata vertaamalla muuttujien beta-kertoimia. Näin ollen moniluokitteluanalyysin perusteella vahvin yhteys kokemukseen kokeellisen työskentelyn taitojen kehittymisestä (katso taulukko IV) oli sillä, kuinka kauan luentojen loppumisesta on kulunut aikaa ($p = 0,003$). Seuraavaksi vahvimmat yhteydet havaittiin laboratoriotöistä pitämisellä ($p = 0,052$), työn tarkoituksen ymmärtämisellä ($p = 0,027$), mittalaitteiden toiminnan ymmärtämisellä ($p = 0,012$) ja luennoille osallistumisella ($p = 0,010$). Lopuille muuttujille beta-kertoimet olivat selvästi pienempiä.

Moniluokitteluanalyysin tulosteesta (liite D taulukko X) nähdään, että lyhyt aika luentojen loppumisesta ja luennoille vähintään usein osallistuminen paransivat kokemusta kokeellisen työskentelyn taitojen kehittymisestä. Näiden lisäksi parempi työn tarkoituksen

ymmärtäminen sekä laboratoriotöistä pitäminen kasvattivat kokemusta työstä saatavasta hyödystä lähes lineaarisesti, mutta laboratoriotyöskentelyyn neutraalisti suhtautuvat kokivat kehittyneensä hiukan vähemmän kuin ne, jotka suhtautuivat niihin hiukan negatiivisesti. Myös käytettyjen mittalaitteiden toimintaperiaatteen paremmalla ymmärtämisellä havaittiin positiivinen, mutta vahvemmin epälineaarinen vaikutus: neutraalin vaihtoehdon valinneet kokivat saaneensa enemmän hyötyä kuin omasta mielestään hyvin mittalaitteiden toiminnan ymmärtävät. Kuitenkin vähiten hyötyä kokivat saaneensa ne, jotka arvioivat käytettyjen laitteiden toimintaperiaatteen ymmärryksensä heikoimmaksi. Muissa muuttujissa ei ryhmien välillä havaittu edes tilastollisesti suuntaa antavia eroja. Näin ollen sukupuoli tai sillä, tekeekö työn yksin vai parin kanssa, tai motivaatiolla ei ollut juurikaan vaikutusta siihen, kuinka paljon mittaajat kokivat saavansa hyötyä kokeellisen taitojen kehittymiseen. Myöskään perus- ja aineopintojen tai lappu- ja selostustöiden välillä ei havaittu eroa.

Taulukko V: Moniluokitteluanalyysin antamat muuttujien yhteydet kokemukseen tieteellisten käsitteiden ymmärtämisen kehittymisestä vakioimattomassa tilanteessa (eta) ja vakioidussa tilanteessa (beta) sekä mallin kokonaiskorrelaatiokerroin R ja kokonais selitysaste R^2 . Muuttujaan liittyvä tilastollinen merkitsevyys on ilmoitettu beta-kertoimen yhteydessä. Analyysissä oli mukana 153 tapausta.

Muuttuja	Eta	Beta
Sukupuoli	0,054	0,054
Yksin vai parin kanssa	0,035	0,064
Luentojen loppuminen	0,219	0,219*
Luennoille osallistuminen	0,172	0,044
Työn tarkoituksen ymmärtäminen	0,405	0,273**
Laboratoriotöistä pitäminen	0,416	0,303**
Alkumotivaatio	0,243	0,060
Mittalaitteiden toiminnan ymmärtäminen	0,292	0,239**
Perus- vai aineopintokurssi	0,148	0,100
Lappu- vai selostustyö	0,134	0,187*
	$R = 0,624$	$R^2 = 0,389$
$(p \leq 0,10 =^s, p \leq 0,05 =^*, p \leq 0,01 =^{**}, p \leq 0,001 =^{***})$		

Tieteellisten käsitteiden kehittymisen kokemukseen vahvin yhteys havaittiin (katso taulukko V) olevan laboratoriotöistä pitämisellä ($p = 0,003$). Sen jälkeen vahvimmat selittäjät olivat työn tarkoituksen ymmärtäminen ($p = 0,005$), mittalaitteiden toiminnan ymmärtäminen ($p = 0,009$), kuinka kauan luentojen loppumisesta on kulunut aikaa ($p = 0,023$) sekä se, onko kyseessä lappu- vai selostustyö ($p = 0,014$). Muiden muuttujien selityskyvyt jäivät selvästi pienemmiksi.

Nähdään (katso liite D taulukko XI), että positiivinen suhtautuminen laboratoriotöihin, lyhyt aika luentojen loppumisesta, positiivinen kokemus mittalaitteiden toimintaperiaatteen sekä työn tarkoituksen ymmärtämisestä paransivat lähes suoraviivaisesti kokemusta käsitteiden ymmärtämisen paranemisesta laboratoriotöiden yhteydessä. Näiden lisäksi mittalaitteiden toimintaperiaatteen huono tuntemus ennusti ymmärryksen huononemisen kokemuksia ryhmäkeskiarvon ollessa vakioidussa tilanteessa 2,86, kun neutraali arvo olisi 3. Lisäksi laboratoriotöistä pitämisessä havaittiin jälleen sama kuin ensimmäisen ta-

voitteen kohdalla: neutraalisti laboratoriotöihin suhtautuvat kokivat kehittyneensä hiukan vähemmän kuin hiukan negatiivisesti suhtautuvat. Näiden lisäksi selostustöiden vaikutus käsitteiden ymmärtämiseen arvioitiin suuremmaksi kuin lapputöissä. Jälleen sukupuolella, työn tekemisellä parin kanssa ja alkumotivaatiolla ei ollut merkitystä tavoitteen saavuttamiseen. Myöskään perus- ja aineopintokurssien välillä ei havaittu eroa, eikä myöskään luennoille osallistumisella havaittu vaikutusta.

Taulukko VI: Moniluokitteluanalyysin antamat muuttujien yhteydet kokemukseen motivaation kehittymisestä vakioimattomassa tilanteessa (η) ja vakioidussa tilanteessa (β) sekä mallin kokonaiskorrelaatiokerroin R ja kokonaisselitysaste R^2 . Muuttujaan liittyvä tilastollinen merkitsevyys on ilmoitettu beta-kertoimen yhteydessä. Analyysissä oli mukana 153 tapausta.

Muuttuja	Eta	Beta
Sukupuoli	0,009	0,060
Yksin vai parin kanssa	0,082	0,022
Luentojen loppuminen	0,181	0,037
Luennoille osallistuminen	0,273	0,118 ^s
Työn tarkoituksen ymmärtäminen	0,309	0,103
Laboratoriotöistä pitäminen	0,662	0,532 ^{***}
Alkumotivaatio	0,416	0,193 [*]
Mittalaitteiden toiminnan ymmärtäminen	0,274	0,171 [*]
Perus- vai aineopintokurssi	0,099	0,057
Lappu- vai selostustyö	0,003	0,002
	$R = 0,730$	$R^2 = 0,534$
$(p \leq 0,10 =^s, p \leq 0,05 =^*, p \leq 0,01 =^{**}, p \leq 0,001 =^{***})$		

Kokemukseen motivaation kehittymisestä vahvasti liittyviä taustamuuttujia löytyi moniluokitteluanalyysin perusteella vähemmän kuin aiemmissa kohdissa (katso taulukko VI). Toisaalta laboratoriotöistä pitäminen osoittautui todella vahvaksi selittäjäksi ($p < 0,001$) muihin muuttujiin verrattuna. Sen lisäksi vain alkumotivaatio ($p = 0,018$) ja mittalaitteiden toimintaperiaatteen ymmärtäminen ($p = 0,032$) nousivat selvästi muita muuttujia paremmiksi selittäjiksi. Näiden lisäksi tilastollisesti suuntaa antavaksi tulokseksi nousi luennoille osallistuminen ($p = 0,087$), jonka beta-kerroin oli kuitenkin aiemmin mainittuja selvästi pienempi. Loppujen muuttujien sisäiset vaihtelut eivät olleet edes läheskään tilastollisesti suuntaa antavia, eikä niiden selityskyky siten myöskään noussut suureksi.

Laboratoriotöistä pitämisen vaikutus (katso liite D taulukko XII) oli vahvasti lineaarinen: mitä enemmän töistä pitää, sitä enemmän motivaation koettiin kasvaneen. Alkumotivaation ja mittalaitteiden toimintaperiaatteen ymmärtämisellä vaikutus ei ollut yhtä lineaarinen. Huonosti motivoituneet mittajaajat kokivat saavansa selkeästi vähiten hyötyä, mutta keskimääräisesti ja hyvin motivoituneiden välillä ero oli huomattavasti pienempi. Lisäksi luennoille usein osallistuminen näytti vaikuttavan hiukan positiivisesti kokemukseen tavoitteen saavuttamisesta. Toisaalta, kuten kokeellisen työskentelyn taitojen kehittämisessä, käytettyjen laitteiden toimintaperiaatteen tuntemuksensa neutraaliksi arvioineilla motivaation kasvu on suurinta, minkä lisäksi jälleen laitteiden toiminnan ymmärryksen arvioiminen huonoimmalle tasolle ennusti jopa motivaation laskemista (ryhmäkeskiarvo vakioidussa tilanteessa 2,73). Lisäksi myös huono alkumotivaatio ennusti motivaation

laskemista edelleen (ryhmäkeskiarvo vakioidussa tilanteessa 2,66), samoin kuin kahteen vähiten laboratoriotöistä pitävään ryhmään kuulumisen (ryhmäkeskiarvot vakioidussa tilanteessa 1,36 ja 2,72).

Taulukko VII: Moniluokitteluanalyysin antamat muuttujien yhteydet kokemukseen sosiaalisten taitojen kehittymisestä vakioimattomassa tilanteessa (η) ja vakioidussa tilanteessa (β) sekä mallin kokonaiskorrelaatiokerroin R ja kokonaisselitysaste R^2 . Muuttujaan liittyvä tilastollinen merkitsevyys on ilmoitettu beta-kertoimen yhteydessä. Analyysissä oli mukana 152 tapausta.

Muuttuja	Eta	Beta
Sukupuoli	0,046	0,054
Yksin vai parin kanssa	0,195	0,219**
Luentojen loppuminen	0,099	0,097
Luennoille osallistuminen	0,165	0,053
Työn tarkoituksen ymmärtäminen	0,212	0,164
Laboratoriotöistä pitäminen	0,401	0,274*
Alkumotivaatio	0,363	0,253*
Mittalaitteiden toiminnan ymmärtäminen	0,294	0,307**
Perus- vai aineopintokurssi	0,049	0,042
Lappu- vai selostustyö	0,015	0,009
	$R = 0,578$	$R^2 = 0,334$
$(p \leq 0,10 =^s, p \leq 0,05 =^*, p \leq 0,01 =^{**}, p \leq 0,001 =^{***})$		

Analyysin perusteella (katso taulukko VII) vahvimmat yhteydet kokemukseen sosiaalisten ja oppimisen taitojen kehittymisestä havaittiin käytettyjen laitteiden toiminnan ymmärtämisellä ($p = 0,001$), laboratoriotöistä pitämisellä ($p = 0,024$), alkumotivaatiolla fysiikkaa kohtaan ($p = 0,011$) sekä sillä, tekikö työn yksin vai parin kanssa ($p = 0,005$). Laitteiden toiminnan ymmärtämisen, laboratoriotöistä pitämisen sekä alkumotivaation vaikutukset olivat selkeästi nousevia: suurempi arvo ennusti parempaa kokemusta sosiaalisten ja oppimisen taitojen kehittymisestä (katso liite D taulukko XIII). Jälleen huonoiten laitteiden toiminnan ymmärtävään (ryhmäkeskiarvo vakioidussa tilanteessa 2,75) samoin kuin vähiten motivoituneeseen ryhmään (2,86) kuulumisen ennusti negatiivisia kokemuksia tavoitteen saavuttamisen suhteen. Näiden lisäksi työn tekemisestä parin kanssa oli selkeää hyötyä suhteessa kokemukseen tavoitteen saavuttamisesta. Muiden muuttujien ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti edes suuntaa antavia eroja. Näin ollen niillä ei havaittu vaikutusta sosiaalisten ja oppimisen taitojen kehittymiseen.

Tieteen luonteen ja tieteellisen prosessin ymmärtämisen kehittymisen kokemukseen oli yhteydessä useampi muuttuja kuin muiden tavoitteiden tapauksessa (katso taulukko VIII). Vahvimmat yhteydet tavoitteeseen oli alkumotivaatiolla ($p < 0,001$) ja laboratoriotöistä pitämisellä ($p = 0,007$). Näiden lisäksi myös mittalaitteiden toiminnan ymmärtämisellä ($p = 0,016$), sillä, oliko kyseessä perus- vai aineopintokurssi ($p = 0,003$), työn tarkoituksen ymmärtämisellä ($p = 0,054$) sekä sillä, onko työ lappu- vai selostustyö ($p = 0,024$), havaittiin yhteys tavoitteen saavuttamisen kokemukseen.

Nähdään (katso liite D taulukko XIV), että parempi alkumotivaatio, positiivisempi suhtautumien laboratoriotöihin sekä laitteiden toiminnan ja työn tarkoituksen parempi ymmärtäminen ennustivat positiivisempaa tunnetta tieteen luonteen ja tieteellisen prosessin ymmärtämiseen.

Taulukko VIII: Moniluokitteluanalyysin antamat muuttujien yhteydet kokemukseen tieteen luonteen ja tieteellisen prosessin ymmärtämisen kehittymisestä vakioimattomassa tilanteessa (eta) ja vakioidussa tilanteessa (beta) sekä mallin kokonaiskorrelaatiokerroin R ja kokonaisselitysaste R^2 . Muuttujaan liittyvä tilastollinen merkitsevyys on ilmoitettu beta-kertoimen yhteydessä. Analyysissä oli mukana 153 tapausta.

Muuttuja	Eta	Beta
Sukupuoli	0,083	0,044
Yksin vai parin kanssa	0,084	0,098
Luentojen loppuminen	0,141	0,082
Luennoille osallistuminen	0,254	0,056
Työn tarkoituksen ymmärtäminen	0,362	0,195 ^s
Laboratoriotöistä pitäminen	0,435	0,274 ^{**}
Alkumotivaatio	0,424	0,297 ^{***}
Mittalaitteiden toiminnan ymmärtäminen	0,297	0,217 [*]
Perus- vai aineopintokurssi	0,213	0,212 ^{**}
Lappu- vai selostustyö	0,112	0,163 [*]
	$R = 0,668$	$R^2 = 0,446$

($p \leq 0,10 =^s$, $p \leq 0,05 =^*$, $p \leq 0,01 =^{**}$, $p \leq 0,001 =^{***}$)

määräyksen kehittymisestä. Kuitenkin näistä alkumotivaation tapauksessa ero huonosti ja keskinkertaisesti motivoituneiden välillä oli selvästi suurempi kuin keskikertaisesti ja hyvin motivoituneiden välillä. Lisäksi työn tarkoituksen ymmärtämisessä havaittiin selkeä jako niihin, jotka kokevat ymmärtävänsä työn tarkoituksen ja niihin, jotka eivät koe. Lisäksi perusopinnoissa ja selostustöissä tieteen luonteen ja tieteellisen prosessin ymmärtämisen kehittymisen kokemus oli suurempaa kuin aineopinnoissa ja lapputöissä. Muilla muuttujilla ei havaittu vaikutusta kokemukseen tavoitteen saavuttamisesta.

Kaikkien edellä esiteltyjen analyysien kokonaisselitysasteet olivat yli 30%, mitä voidaan pitää erittäin hyvänä. Erityisesti motivaation kehittymisen kokemuksen analyysissä selitysaste nousi hyvin korkeaksi ja jopa yli 50%. Tämän kuitenkin selittää laboratoriotöistä pitämisen erittäin vahva yhteys motivaation kehittymiseen, mikä oli selvästi korkein kaikki analyysit huomioon ottaen, sillä kaiken kaikkiaan kyseisessä analyysissä oli vähiten tilastollisesti merkitseviä muuttujia. Missään analyysissä ei siis ole havaittavissa ylimallintumista.

Myös lapputöissä esiintyvien ennakkotehtävien vaikutusta tavoitteiden saavuttamiseen tutkittiin moniluokitteluanalyysillä. Tällöin analyysin selittäviksi muuttujiksi valittiin sen lisäksi, liittyykö työhän ennakkotehtävä, aiempien analyysien kaikki vähintään tilastollisesti suuntaa antavat muuttujat. Näiden analyysien tulokset ennakkotehtävien osalta on koottu taulukkoon IX.

Taulukosta IX nähdään, ettei ennakkotehtävien vaikutus ollut minkään tavoitteen kohdalla edes lähes tilastollisesti suuntaa antava. Lisäksi ennakkotehtävien selitysaste oli kaikissa tapauksissa pieni. Voidaan myös huomata, että analyysien kokonaisselitysasteet ovat neljässä ensimmäisessä tapauksessa hyvin lähellä alkuperäisten analyysien selitysasteita ja viimeisessäkin analyysissä selitysaste on pudonnut, mikä johtuu luultavasti siitä, että pois jätetty muuttuja (lappu- vai selostustyö) oli alkuperäisessä analyysissä vahva selit-

Taulukko IX: Moniluokitteluanalyysien kootut tulokset ennakkotehtävien vaikutuksesta kokemukseen laboratoriotöiden tavoitteiden saavuttamisesta.

	Kokeellisen työskentelyn taitojen kehittyminen	Tieteellisten käsitteiden ja niiden sisällön ymmärryksen kehittyminen	Motivaation kehittyminen fyysiikkaa kohtaan	Sosiaalisten taitojen kehittyminen	Tieteellisen prosessin ja tieteen luonteen ymmärtämisen kehittyminen
N	114	114	114	114	114
Eta	0,052	0,030	0,022	0,139	0,016
Beta	0,083	0,032	0,047	0,066	0,057
<i>p</i>	0,323	0,703	0,462	0,432	0,508
<i>R</i>	0,619	0,617	0,721	0,557	0,605
<i>R</i> ²	0,383	0,380	0,521	0,310	0,366

täjä. Tämän perusteella analyyseissä ei tapahtunut ilmiön ylimallinnusta, vaikka otos oli selvästi pienempi kuin alkuperäisissä analyyseissä.

6 YHTEENVETO

Kootusti tutkimuksessa saadut päätulokset ovat:

1. Opiskelijat kokivat saavuttaneensa halutut tavoitteet valtaosassa mittauskerroista.
2. Opiskelukokemuksella ei havaittu yhteyttä töistä koetun hyödyn määrään. Päin vastoin, tieteen luonteen ja tieteellisen prosessin ymmärryksen kehittymisen kokemus oli vahvempi peruskurssien kuin aineopintojen laboratoriotöitä tehneillä. Lappu- ja selostustöiden välillä havaittiin eroja selostustöiden eduksi käsitteiden ymmärryksen sekä tieteen luonteen ja tieteellisen prosessin ymmärryksen kehittymisen kokemuksissa. Eri työtyyppien välillä ei kuitenkaan havaittu eroa motivaation kehittymisen kokemuksessa.
3. Lapputöihin liittyvillä ennakkotehtävillä ei havaittu suoraan vaikutusta minkään tavoitteen saavuttamisen kokemukseen. Ennakkotehtävien ja positiivista kokemusta laboratoriotöistä ennustavien taustamuuttujien välillä havaittiin kuitenkin positiivinen korrelaatio.
4. Kolme yleisimmin laboratoriotöistä saatavan hyödyn kokemukseen vähintään tilastollisesti melkein merkitsevästi vaikuttavaa selittäjää olivat mittalaitteiden tuntemus, laboratoriotöistä pitäminen ja opiskelijan motivaatio fysiikkaa kohtaan. Toisaalta positiivisesti näihin vastanneet opiskelijat kokivat yleensä saaneensa laboratoriotöistä paljon hyötyä. Toisaalta negatiiviset näihin vastanneet, kokivat esimerkiksi motivaation fysiikan opiskelua kohtaan laskevan edelleen. Näiden lisäksi myös luennoille osallistumisella, työn tarkoituksen ymmärtämisellä, töiden tekemisellä luentokurssin aikana tai pian sen jälkeen sekä töiden tekemisellä pareittain havaittiin positiivisia vaikutuksia tavoitteiden saavuttamisen kokemukseen. Taustamuuttujista ainoastaan sukupuolella ei havaittu yhteyttä minkään halutun tavoitteen saavuttamisen kokemukseen.

Seuraavaksi tässä luvussa kootaan tarkemmin yhteen tehdyn tutkimuksen tulokset ja vastataan asetettuihin tutkimuskysymyksiin. Lisäksi saatujen tulosten mahdollisia taustoja pohditaan, ja tuloksia verrataan aiemmissa tutkimuksissa saatuihin tuloksiin. Tämän jälkeen tutkimuksen luotettavuutta ja tulosten mielekkyyttä pohditaan aineistonkeruu- ja analyysimenetelmän sopivuuden kannalta, minkä jälkeen tutkimuksessa avoimeksi jääneitä kysymyksiä eritellään ja esitetään joitakin mahdollisia aiheita jatkotutkimukselle. Lopuksi saatujen tulosten pohjalta esitetään lyhyesti suosituksia laboratoriotöiden suorittamiseen ja suunnitteluun.

6.1 Laboratoriotöiden tavoitteiden saavuttaminen

Tässä alaluvussa vastataan ensimmäiseen tutkimuskysymykseen siitä, kokivatko opiskelijat saaneensa laboratoriotöistä hyötyä halutuissa tavoitteissa. Ensin käsitellään tavoitteiden saavuttamista, minkä jälkeen kukin tavoite käydään yksitellen läpi, ja saatuja tuloksia verrataan aiempaan tutkimukseen.

Kerätyn aineiston mukaan opiskelijat kokivat, että luvussa 2.1 esitetyt tavoitteet saavutetaan valtaosassa mittauskerroista. Näin ollen – kuten taulukosta III selvästi käy ilmi – vastauksena ensimmäiseen tutkimuskysymykseen voidaan todeta, että opiskelijat kokivat saaneensa hyötyä kaikissa laboratoriotöille asetetuissa tavoitteissa.

Yleisesti kokemukset ensimmäisen tavoitteen, kokeellisen työskentelyn taitojen kehittymisestä, saavuttamisesta eivät ole lainkaan yllättäviä. Ensinnäkin samansuuntaisista kokemuksista ovat raportoineet myös esimerkiksi Hanif ym. (2008) sekä Nivalainen ym. (2013), minkä lisäksi on melko luonnollista, että jonkin asian tekeminen opitaan tekemällä, kuten jo Kruglak (1953) havaitsi. Aineiston pohjalta vastaajat kokivatkin kokeellisen työskentelyn taitojen kehittyneen halutuista tavoitteista eniten sekä keskiarvon, mediaanin että moodin perusteella.

Myös tieteellisten käsitteiden ja niiden sisällön ymmärryksen kehittymisestä saadut kokemukset olivat positiivisia, samoin kuin tutkimuksissa, jotka Nivalainen ym. (2013) sekä Hanif ym. (2008) tekivät. Näin ollen käsitteiden oppimisessa ei havaittu vastaavia ongelmia, joita Von Aufschnaiter ja Von Aufschnaiter (2007), Abrahams ja Millar (2008) sekä Millar ja Abrahams (2009) havaitsivat. Toisaalta oletusarvoisesti voidaan odottaa, että yliopistossa opiskelijoilla on jonkinasteiset valmiudet ymmärtää töissä esiintyviä ideoita ja tulkita saatuja tuloksia ilman ulkopuolista opastusta, mitä sekä Millar ja Abrahams että Abrahams ja Millar totesivat yläkoulutasoisten opiskelijoiden kaivanneen.

Toisaalta tämän tutkimuksen perusteella ei voida arvioida, minkä tyyppisiä (malli- vai ilmiöpohjaisia) käsitteitä opiskelijat kokivat ymmärtävänsä paremmin laboratoriotöiden jälkeen. Näin ollen tulokset eivät tue eivätkä tyrmää sitä, että laboratoriotöiden tulisi keskittyä mallipohjaisiin käsitteisiin, jonka jälkeen luennoilla syvennyttäisiin ilmiöpohjaisiin käsitteisiin, kuten Von Aufschnaiter ja Von Aufschnaiter esittivät. Myöskään se, kuinka ”paljon” opiskelijoiden käsitteiden ymmärrys kehittyi, ei käy tämän aineiston pohjalta selväksi. Myöskään opiskelijoiden lähtötasosta ja sen vaikutuksesta ei voida sanoa mitään, sillä tutkimuksen tavoitteena oli selvittää ainoastaan opiskelijoiden henkilökohtaista kehittymisen kokemusta.

Ehkä hieman yllättäen motivaation kehittyminen fysiikkaa kohtaan kehittyi opiskelijoiden kokemuksen mukaan vähiten halutuista tavoitteista. Kuitenkin esimerkiksi Nivalainen, Asikainen ja Hirvonen (2013) totesivat opiskelijoiden maininnee motivaation kehittymisen kolmanneksi yleisimpänä kokeellisen työskentelyn positiivisena vaikutuksena. Myös Hanif ym. (2008) saivat motivaation kehittymisestä positiivisia tuloksia, minkä lisäksi esimerkiksi tutkimuksessa, jonka Sneddon ym. (2009) tekivät, yli puolet opiskelijoista piti laboratoriotöitä nautinnallisina, minkä voisi osaltaan olettaa motivoivan fysiikan opiskeluun. Kuitenkin on hyvä muistaa, ettei esimerkiksi (American Association of Physics Teachers 1998) pidä motivointia laboratoriotöiden tavoitteena.

Myös sosiaalisten ja oppimisen taitojen kehittymisen kokemuksesta saatiin positiivisia tuloksia samoin kuin Hanif ym. (2008), joiden tutkimuksessa opiskelijat kokivat töiden auttavan yhteistyötaitoihin. Nivalainen ym. (2013) saivat kuitenkin päinvastaisia tuloksia.

Heidän tutkimuksessaan kyseinen tavoite esiintyi vain muutamana mainintana, eikä se kuulunut myöskään opiskelijoiden mielestä kokeellisen työskentelyn tärkeimpiin tavoitteisiin. Tietämättä tarkemmin sitä, kuinka laboratoriotyöt on toteutettu yliopistoissa, joissa nämä tutkimukset on tehty, on syitä havaitulle vaihtelulle vaikea tietää. Kuitenkin esimerkiksi se, missä määrin laboratoriotöihin saa ohjausta ja kuinka paljon töitä ohjaavat henkilöt ottavat kontaktia opiskelijoihin, voi vaikuttaa tavoitteen saavuttamiseen. Esimerkiksi Hanif ym. (2008) toteavat, etteivät opiskelijat kokeneet tarvetta lisäohjaukselle, kun taas Nivalainen ym. (2013) toteavat opiskelijoiden toivoneen lisää keskustelua tuloksista kaikilla koulutasoilla peruskoulusta yliopistoon.

Myös tieteen luonteen ja tieteellisen prosessin ymmärryksen kehittymiseen liittyvät kokemukset olivat rohkaisevia, sillä kyseinen tavoite on koettu vaikeaksi muissa tutkimuksissa. Hanif ym. (2008) havaitsivat esimerkiksi, että se oli ainoa tavoite, joka ei toteutunut, ja siitä esiintyi vain muutamia positiivisia kokemuksia Nivalaisen ym. 2013 tutkimuksessa. On kuitenkin hyvä ymmärtää, että kyseessä on hyvin monipuolinen tavoite, jonka sisältö tuskin on kovinkaan selkeä suurimmalle osalle opiskelijoista. Esimerkiksi Jyväskylän yliopiston Fysiikan laitoksella ei tämän tyyppisiin asioihin keskitytä lainkaan. Näin ollen – kuten Nivalainen ym. (2013) itse asiassa mainitsevat – opiskelijat eivät välttämättä käsitä tällaisen tavoitteen olemassaoloa. Osittain tästä syystä Nivalainen ym. (2013) kokivat ongelmalliseksi tunnistaa aineistostaan kyseiseen tavoitteeseen liittyvät maininnat. Tämän lisäksi myös tarkasti rajatut työt mainitaan mahdollisiksi tavoitteen saavuttamista vaikeuttaviksi tekijöiksi (Hanif, Sneddon, Al-Ahmadi ja Reid 2008; Nivalainen, Asikainen ja Hirvonen 2013), mutta tätä käsitellään tarkemmin myöhemmin.

Kaiken kaikkiaan kerätyn datan perusteella näyttää siltä, että opiskelijoiden kokemusten mukaan kaikki halutut laboratoriotöiden tavoitteet saavutetaan suurimmassa osassa tapauksista. Näiden tulosten perusteella laboratoriotyöt osana opetusta puolustavat hyvin paikkaansa.

6.2 Eri työtyyppien ja kokemuksen vaikutus tavoitteiden saavuttamiseen

Tässä alaluvussa vastataan toiseen tutkimuskysymykseen, onko tavoitteiden saavuttamisessa eroja erityyppisten tai eritasoisten laboratoriotöiden välillä. Lappu- ja selostustöiden sekä perus- ja aineopintokurssien töiden väliset erot tavoitteiden saavuttamisessa käydään kohta kohdalta läpi. Lisäksi saatuja tuloksia verrataan aiempaan tutkimukseen.

Saatujen tulosten mukaan erityyppisten ja -tasoisten töiden välillä on eroja haluttujen tavoitteiden saavuttamisen suhteen. Erityisesti selostus- ja lapputöiden välillä oli nähtävissä eroja käsitteiden ja tieteen luonteen sekä tieteellisen prosessin kehittymisen kokemuksen suhteen. Samoin perus- ja aineopintojen laboratoriotöiden välillä havaittiin ero tieteen luonteen ja tieteellisen prosessin ymmärryksen kehittymisen kokemuksen suhteen (taulukot IV–VIII ja liite D taulukot X–XIV).

Kuten taulukoista IV–VIII nähdään, haluttujen tavoitteiden saavuttamisessa on tilastollisesti merkitseviä eroja lappu- ja selostustöiden ainoastaan tieteellisten käsitteiden ja niiden sisällön ymmärryksen sekä tieteen luonteen ja tieteellisen prosessin ymmärryksen kehittymisessä. Molemmissa tapauksissa opiskelijat kokivat saavansa selostustöistä enemmän hyötyä, kuten taulukoista XI ja XIV voi nähdä. Tulosten merkitsevyys oli molemmissa tapauksissa tilastollisesti melkein merkitsevällä tasolla.

Tieteellisten käsitteiden parempi oppiminen selostustöitä tehdessä on toisaalta odotettu tulos, sillä työselostusta kirjoittaessaan opiskelijan on ainakin oletusarvoisesti mietittävä käyttämiään käsitteitä enemmän ja ehkä monipuolisemmin kuin lapputyössä, joiden pääsisältö ei ole yhtä selvästi tulosten raportoinnissa. Toisaalta aiemmat tutkimukset eivät täysin ota kantaa erityisesti tähän tulokseen.

Esimerkiksi Von Aufschnaiter ja Von Aufschnaiter (2007) havaitsivat, etteivät opiskelijat laboratoriotöitä tehdessään keskustelleet työhön liittyvistä käsitteistä eivätkä tiukasti jäsennellyissä töissä juurikaan ilmaisseet ymmärtävänsä, kuinka ohjeessa esiintyvät käsitteet liittyivät tehtävään kokeeseen. Lisäksi tehdessään töitä, joissa työohje ei ollut täysin valmiiksi jäsennelty, opiskelijat viittasivat entistä vähemmän suoraan fysiikan käsitteisiin. Täytyy kuitenkin muistaa, että Von Aufschnaiter ja Von Aufschnaiter seurasivat opiskelijoiden toimintaa vain mittauksen aikana, eikä mahdollisen selostuksen tai raportin kirjoittamisen vaikutuksia tutkittu lainkaan.

Tieteen luonteen ja tieteellisen prosessin kehittymistä koskeva tulos on hyvin sopuisuudessa aikaisemman tutkimuksen kanssa. Esimerkiksi Hanif ym. (2008) havaitsivat, että kyseinen tavoite oli ainoa, johon opiskelijat eivät kokeneet saavansa hyötyä tiukasti jäsennellyistä töistä. Samansuuntainen tulos nousee esiin myös Nivalaisen ynnä muiden (2013) tutkimuksesta. Se, kuinka paljon vähemmän jäsennelty selostustyö on verrattuna lapputyöhön on kuitenkin tapauskohtaista, mutta joka tapauksessa selostustyöt antavat opiskelijoille enemmän vapauksia kuin perinteinen lapputyö.

Nyt tehdyissä analyyseissä ei havaittu, että lapputyöt jäsennellympinä olisivat ”tylsempiä”, kuten Von Aufschnaiter ja Von Aufschnaiter (2007) havaitsivat, ja sen myötä vähemmän motivoivia kuin vapaammat selostustyöt. Tässä tutkimuksessa ei ollut mahdollista verrata ”normaalien” selostustöiden ja avoimien selostustöiden välisiä mahdollisia eroja tavoitteiden saavuttamisessa johtuen pienestä (39 kappaletta) määrästä vastauksia selostustöihin.

Taulukoista IV–VIII nähdään, että perus- ja aineopintokurssien välillä tilastollisesti merkitsevä ero havaittiin vain tieteen luonteen ja tieteellisen prosessin ymmärryksen parantamisessa. Tässä tapauksessa peruskurssien opiskelijat arvioivat kehittymisensä suuremmaksi, kuten taulukosta XIV nähdään (tilastollisesti merkitsevä). Näin ollen havainnot eivät tue sitä, että kokeneemmat opiskelijat kokisivat laboratoriotyöt hyödyllisemmiksi, kuten Hanif ym. (2008) havaitsivat. Erityisesti tieteen luonteen ja tieteellisen prosessin kehittymisen kohdalla – kuten mainittua – tulos on aivan päinvastainen.

Sytä peruskurssien opiskelijoiden kokemukselle suuremmasta tieteen luonteen ja tieteellisen prosessin ymmärryksen kehittymiselle voivat olla esimerkiksi se, etteivät aineopintojen työt tarjoa opiskelijoille tarpeeksi haastetta kyseiseen tavoitteeseen liittyen. On myös mahdollista, että aineopinnoissa opiskelijat kokevat kyseisten asioiden olevan jo niin itsestäänselviä, etteivät he koe saavansa kysytyissä asioissa enää hyötyä. Tämän aineiston perusteella ei tästä asiasta voida kuitenkaan sanoa mitään varmaa.

6.3 Ennakkotehtävien vaikutus tavoitteiden saavuttamiseen

Tässä alaluvussa vastataan kolmanteen tutkimuskysymykseen, onko lapputöihin liittyvillä ennakkotehtävillä vaikutusta kokemukseen haluttujen tavoitteiden saavuttamisesta.

Tarkasteltaessa, onko lapputöihin liittyvillä ennakkotehtävillä vaikutusta haluttujen tavoitteiden saavuttamiseen, nähdään (taulukko IX), ettei vaikutusta minkään tavoitteen saavuttamisen kokemukseen havaittu. Näin ollen saadut tulokset eivät siis tältä osin tue havaintoa, jonka Hanif ym. (2008) tekivät, ennakkotehtävien hyödystä.

On kuitenkin nostettava esiin se, että ennakkotehtävien ja sen, kuinka hyvin opiskelijat ymmärtävät työn tarkoituksen, välillä havaittiin suuruusluokaltaan sellainen positiivinen korrelaatio (0,254; $p = 0,006$), että Jokivuori ja Hietala (2007, 37) nostavat sen ihmistieteissä selväksi ja ”vahvaksi”. Näin ollen ennakkotehtävät kuitenkin puolustavat paikkaansa osana töitä, vaikkei niiden olemassa ololla koettu suoraa vaikutusta töistä saatavaan hyötyyn.

Kuitenkin vastauksena kolmanteen tutkimuskysymykseen on, etteivät opiskelijat kokeneet ennakkotehtävillä olevan minkäänlaista tilastollisesti merkittävää vaikutusta haluttujen tavoitteiden saavuttamiseen.

6.4 Muiden taustamuuttujien vaikutus tavoitteiden saavuttamiseen

Tässä alaluvussa vastataan neljänteen tutkimuskysymykseen, onko muita taustamuuttujia, jotka selittävät eroja siinä, kuinka paljon opiskelijat kokivat saavansa hyötyä halutuissa tavoitteissa. Koska tämän tyyppistä tutkimusta ei olla aiemmin juurikaan tehty, ei saatuja tuloksia voida suoraan verrata muiden tuloksiin kuin sukupuolen vaikutuksen osalta, mutta mahdollisia syitä ja seurauksia saaduista tuloksista pyritään erittelemään.

Saatujen tulosten perusteella löydettiin useita taustamuuttujia, jotka vaikuttivat laboratoriotöissä halutuissa tavoitteissa koettuun hyötyyn (taulukot IV–VIII). Näitä muuttujia ja yleisemminkin saatuja tuloksia tarkastellaan seuraavaksi kohta kohdalta.

Yleisimmin muuttujista kokemukseen tavoitteiden saavuttamisesta yhteydessä oli (taulukot IV–VIII) mittalaitteiden toimintaperiaatteen ymmärtäminen, joka oli vähintään tilastollisesti melkein merkitsevästi yhteydessä kaikkiin tavoitteisiin. Toiseksi yleisin oli laboratoriotöistä pitäminen, joka oli neljään tavoitteeseen yhteydessä vähintään tilastollisesti melkein merkitsevästi ja yhteen tilastollisesti suuntaa antavasti. Laskevassa järjestyksessä loput muuttujat olivat (sulkuihin merkitty ’vähintään tilastollisesti melkein merkitsevät’ + ’tilastollisesti suuntaa antavat’ tulokset) alkumotivaatio (3 + 0), työn tarkoituksen ymmärtäminen (2 + 1), aika luentojen loppumisesta (2 + 0), luennoille osallistuminen (1 + 1) ja se, tekikö työn yksin vai parin kanssa (1 + 0). Näin ollen ainoa muuttujista, jolla ei havaittu yhteyttä kokemukseen yhdenkään tavoitteen saavuttamisesta, oli sukupuoli. Vaikka yhteyttä sukupuolen ja tavoitteiden välillä ei havaittu, on tämäkin sinällään myös tärkeä tulos.

6.4.1 Mittalaitteiden toimintaperiaatteen ymmärryksen yhteys kokemukseen tavoitteiden saavuttamisesta

Vaikka mittalaitteiden toimintaperiaatteen ymmärtäminen oli yhteydessä kaikkien tavoitteiden saavuttamisen kokemuksiin, se oli vahvin selittäjä vain sosiaalisten ja oppimisen taitojen kehittymisen kokemisessa. Muissa tapauksissa se oli korkeintaan kolmanneksi vahvin selittäjä, ja lukuun ottamatta kokeellisen työskentelyn taitojen kehitystä sen selityskyky jäi selvästi parhaista selittäjistä. Osaltaan mittalaitteiden toiminnan ymmärtämisen ja tavoitteiden saavuttamisen välillä on luonnollinen yhteys: jos mittalaitteet ovat vain numeroita uloslykeviä numeronäyttöjä, on tulosten järkevyyden arviointi ja mahdollisten ongelmatilanteiden ratkaiseminen mahdotonta. Näin ollen mittauksen mielekkyyden voi ajatella vaativan ainakin sellaista laitteiden tuntemusta, joka ulottuu syvemmälle kuin pelkän virtakytkimen käyttämiseen.

Huomionarvoista oli mittalaitteiden tuntemuksen ja kokeellisen työskentelyn taitojen sekä motivaation kehittymisen kokemuksen epälineaarinen yhteys (taulukot X–XIV). Molemmissa tapauksissa ne opiskelijat, jotka olivat ilmoittaneet neutraalin kannan laitteiden toiminnan ymmärtämiseen, kokivat kehittyneensä enemmän kuin laitteiden toiminnan hyvin ymmärtävät. Mahdollisesti he, jotka kokevat tuntevansa laitteiden toiminnan jo hyvin, ovat käyttäneet vastaavia laitteita jo jossain aiemmassa työssä. Tällöin he eivät mahdollisesti koe voivansa oppia työstä yhtä paljon kuin he, jotka eivät vielä aivan koe hallitsevansa laitteiden käyttöä. Vastaavasti jos samoja laitteita käyttää useamman kerran, voi työ tuntua vähemmän innostavalta, ikään kuin rutiinilta, jolloin tällaisen työn tekeminen ei motivoi yhtä vahvasti. Toisaalta huonoiten laitteiden toiminnan ymmärtävään ryhmään kuulumisen ennustaa jopa motivaation laskemista, mikä voi johtua turhautumisen tunteista, joita voi esiintyä suoritettaessa töitä vailla ymmärrystä siitä, miten käytetyt laitteet toimivat.

Samoin kuin motivaation kehittymisen kohdalla, mittalaitteiden toiminnan ymmärtämisen kokemuksen sekä sosiaalisten ja oppimisen taitojen että käsitteiden ymmärryksen kehittymisen kokemusten välillä havaittiin ilmiö, jossa huonoiten laitteiden toiminnan tuntevaan ryhmään kuulumisen ennusti jopa kokemuksia mainittujen taitojen huononomisesta. Hämmennys käytettyjen laitteiden kanssa voi heijastua esimerkiksi siihen, ettei opiskelija osaa liittää käsiteltävää ilmiötä siihen, mitä hän on mittaamassa. Tällöin käsitteiden käyttäminen ja liittäminen osaksi työtä voi jäädä vaillinaiseksi, kun suuri osa keskittymisestä menee mittalaitteiden käyttämiseen. Vastaavasti vaikeudet mittalaitteiden kanssa voivatkin johtaa siihen, että huonoiten laitteiden toiminnan ymmärtävän ryhmän opiskelijat eivät koe saavansa hyötyä sosiaalsiin taitoihin, koska he eivät ymmärrä kohtaamiaan ongelmia, jolloin he eivät myöskään kykene keskustelemaan niistä.

Näistä mahdollisista ongelmista johtuen laitteiden toimintaperiaatteen ymmärtämisen oleminen vahvin selittäjä sosiaalisten ja oppimisen taitojen kehittymisen kokemuksissa ei ole niin vaikeaa ymmärtää kuin voisi ensin ajatella. On helppo hyväksyä, että laitteiden parempi tuntemus voi helpottaa kommunikointia havaituista ongelmista niiden kohdalle sattuessaa. Vastaavasti jos ei ymmärrä laitteiden toimintaa lainkaan, voi ongelmien huomaaminen olla hankalaa, minkä lisäksi myös ongelmien raportointi esimerkiksi työtä ohjaavalle assistentille voi olla hyvin pintapuolista eikä itse ongelmanratkaisu välttämättä aukene mittajalle lainkaan. Näin ollen laitteiden toiminnan ymmärtämisellä voi olla suuri vaikutus siihen, millaista kommunikointia laboratoriotöitä tekevät opiskelijat voivat työn aikana harjoittaa. Lisäksi aiemmissa tutkimuksissa havaittu hämmennys labo-

ratoriotöitä tehdessä (Sneddon ym. 2009) ja vastaan tulleiden ongelmien ratkaiseminen kokeilemalla (Von Aufschnaiter ja Von Aufschnaiter 2007) voivat liittyä juurikin siihen, etteivät opiskelijat koe ymmärtävänsä käytettyjen mittalaitteiden toimintaa. Laitteiden toiminnan parempi ymmärtäminen voi vähentää toisaalta hämmennystä ja toisaalta kokeilemista ongelmanratkaisukeinona.

6.4.2 Laboratoriotöihin suhtautumisen yhteys kokemukseen tavoitteiden saavuttamisesta

Laboratoriotöistä pitäminen oli kahdessa tavoitteessa suurin selittäjä, kolmessa toiseksi suurin. Sen selitysaste oli vahvin käsitteiden ymmärryksen ja motivaation kehittymisen kokemuksia kuvaavissa muuttujissa. Erityisesti motivaation kehittymisessä sen selitysaste oli selvästi suurin kaikista analyyseissä havaituista selitysasteista. Toiseksi vahvin selittäjä se oli kokemuksissa sosiaalisten ja oppimisen taitojen, tieteen luonteen ja tieteellisen prosessin ymmärryksen kehittymisessä sekä myös kokeellisen työskentelyn taitojen kehittymisestä. Kokeellisen työskentelyn taitojen kehittymisen kokemuksen selittäjänä tulos oli vain tilastollisesti suuntaa antava ja lähellä muita selittäjiä. Kaikki yhteydet olivat lähes suoraviivaisia, mutta käsitteiden ymmärryksen ja kokeellisen työskentelyn taitojen kehittymisen kokemuksissa laboratoriotyöskentelyyn hieman negatiivisesti suhtautuvat vastasivat positiivisemmin kuin työskentelyyn neutraalisti suhtautuvat (taulukot X–XIV).

Yleisesti laboratoriotöistä pitämisen ja laboratoriotöiden tavoitteiden saavuttamisen välinen yhteys on hyvin järkevä ja luonnollinen. Ne, jotka pitävät laboratoriotöistä, luultavasti myös useammin kokevat laboratoriotyöt hyödyllisemmiksi kuin ne, jotka eivät suhtaudu laboratoriotöihin yhtä positiivisesti. Laboratoriotöistä pitävät myös motivoituvat töitä tehdessään enemmän kuin ne, jotka kokevat laboratoriotyöt negatiivisena asiana. Havaittujen epälineaarisuuksien selittäminen on kuitenkin hankalaa, ja niille tuskin on olemassa mitään yksinkertaista ja yksiselitteistä syytä. Toisaalta ryhmien väliset erot ovat melko pieniä, noin luokkaa 1 %, joten näiden kahden ryhmän erojen tilastollinen merkitsevyys ei ole näin pienessä aineistossa suurellakaan todennäköisyydellä merkittävä.

Kaiken kaikkiaan tulokset viittaavat siihen, että suhtautuminen laboratoriotöihin ennustaa opiskelijoiden laboratoriotöistä kokeman hyödyn määrän vakuuttavasti. Ensinnäkin se oli yhteydessä jokaiseen halutuista tavoitteista, minkä lisäksi se oli jokaisessa tapauksessa kahden merkittävimmän selittäjän joukossa. Näin ollen helpoin tapa lisätä laboratoriotöistä saatavaa hyötyä on pyrkiä tekemään niistä sellaisia, että ne ovat jollain tasolla nautinnollisia ja että niistä on mahdollista saada onnistumisen tunteita. Huolestuttava tulos on kuitenkin vähiten töistä pitävien ryhmien motivaation lasku, mikä on kuitenkin tuloksena luonnollinen: jos laboratoriotöiden tekeminen tuntuu pakolta, eivät ne luultavasti myöskään motivoi.

6.4.3 Alkumotivaation yhteys tavoitteiden saavuttamisen kokemukseen

Opiskelijoiden alkumotivaatio fysiikkaa kohtaan oli merkittävänä selittäjänä kokemuksissa motivaation kehittymisestä, sosiaalisten ja oppimisen taitojen kehittymisestä sekä tieteen luonteen ja tieteellisen prosessin ymmärryksen kehittymisestä. Näistä kahdessa ensimmäisessä alkumotivaatio oli järjestyksessä toiseksi ja kolmanneksi paras selittäjä. Tieteen luonteen ja tieteellisen prosessin kehittymisen kokemuksissa taas alkumotivaatio oli paras selittäjä.

Alkumotivaation vaikutus sekä tieteen luonteen ja tieteellisen prosessin että motivaation kehittymisen kokemukseen oli epälineaarinen (taulukot XII ja XIV). Toisaalta taas sosiaalisten ja oppimisen taitojen kehittymisen tunteeseen yhteys oli huomattavasti lineaarisempi (taulukot XIII) siten, että korkeampi motivaatio ennustaa suurempaa kehittymisen kokemusta. Molemmissa epälineaarisissa tapauksissa ero huonoiten motivoituneiden ja keskinkertaisesti motivoituneiden välillä oli huomattavasti suurempi kuin keskinkertaisesti ja hyvin motivoituneiden välillä. Näin ollen motivaation kasvaminen tietyn tason yli ei näissä tavoitteissa näyttänyt juurikaan lisäävän töistä koettua hyötyä. Erityisesti motivaation kehittymisessä keskinkertaisesti ja hyvin motivoituneet kokivat saaneensa hyötyä lähes yhtä paljon. Tällainen tulos on positiivinen erityisesti, koska laboratoriotyöt eivät siten näytä hyödyttävän vain hyvin motivoituneita, vaan myös niitä, jotka eivät ole aivan yhtä motivoituneita.

Toisaalta huolestuttavampi tulos on se, että kaikkein huonoiten alussa motivoituneeseen ryhmään kuulumisen ennustaa jopa kokemusta motivaation laskemisesta edelleen. Tässä tapauksessa tulos on vastaavanlainen kuin laboratoriotöistä pitämisen sekä mittalaitteiden tuntemuksen ja motivoitumisen yhteydessä: jos yleinen motivaatio fysiikkaa kohtaan on jo alkujaan matala, voivat laboratoriotyöt tuntua pakolta, mikä taas voi johtaa motivaation alenemiseen entisestään. Kyseessä on kehä, jonka pysäyttäminen on hankalaa. Lisäksi on mahdollista, että opiskelijat, jotka eivät pidä laboratoriotöistä tai eivät ymmärrä mittaamia asioita, kokevat työt ja laboratorion ympäristönä itsessään hämmentävänä, kuten Sneddon, Slaughter ja Reid (2009) huomasivat. Tällöin laboratoriotyöt voivat jopa hämmentää opiskelijoita entisestään, eikä heidän keskittymisensä ole haluttujen taitojen kehittymisessä, vaan töistä selviämässä tai niiden läpi suorittamisessa.

6.4.4 Työn tarkoituksen ymmärryksen yhteys tavoitteiden saavuttamisen kokemukseen

Työn tarkoituksen ymmärrys oli toiseksi merkittävimpana selittävänä tekijänä kokeellisen työskentelyn taitojen ja käsitteiden ymmärryksen kehittymisessä, minkä lisäksi se oli tilastollisesti suuntaa antavasti yhteydessä myös tieteen luonteen ja tieteellisen prosessin kehittymiseen. Työn tarkoituksen ymmärtämisen vaikutus kokemuksiin oli pääsääntöisesti suoraviivainen, mutta sekä kokeelliseen työskentelyyn taitojen että tieteen luonteen ja tieteellisen prosessin ymmärtämisen kehittymisessä niiden opiskelijoiden, jotka kokevat ymmärtävänsä työn tarkoituksen hyvin ja erittäin hyvin, välillä ei havaittu juurikaan eroa (taulukot X, XI ja XIV).

Työn tarkoituksen ymmärtämisen yhteys kokeellisen työskentelyn taitojen ja käsitteiden ymmärryksen kehittymisen kokemukseen on ymmärrettävissä helposti: jos opiskelija ymmärtää, mihin asioihin hänen tulisi kiinnittää huomiota, hän luultavimmin myös kiinnittää niihin huomiota ja mahdollisesti myös oppii halutuista asioista enemmän kuin sellainen henkilö, joka tekee työn näkemättä sen tarkoitusta. Yhteys tieteen luonteen ja tieteellisen

prosessin ymmärryksen kehittymisen kokemukseen oli heikompi, eikä tälle yhteydelle löydy yhtä helppoa ja selvää syytä. Mahdollisesti kysymykset, jotka voisivat liittyä osaltaan sekä kokeellisen työskentelyn taitoihin että tieteelliseen prosessiin, vaikuttavat saatuihin tuloksiin. Esimerkiksi kyselylomakkeen (liite A) kysymys numero 19, joka liittyy tieteen epävarmuuteen ja sitä kautta tieteen luonteeseen enemmän kuin kokeelliseen työskentelyyn sinänsä.

6.4.5 Luentojen loppumisesta kuluneen ajan ja luennoille osallistumisen yhteys tavoitteiden saavuttamisen kokemukseen

Luentojen loppumisesta kulunut aika on yhteydessä kokemukseen kokeellisen työskentelyn taitojen ja käsitteiden ymmärryksen paranemisesta. Kokeellisen työskentelyn taitojen kehittymisen kokemuksen yhteydessä se on jopa kaikista vahvin selittäjä. Kummassakin tapauksessa yhteyden suunta on selvästi sama (taulukot X ja XI), ja mitä vähemmän aikaa luentojen loppumisesta on, sitä enemmän opiskelijat kokivat saavansa laboratoriotöistä hyötyä. Koska lyhyempi aika luentojen loppumisesta tarkoittaa lyhyempää aikaa kurssin tentistä, on mittaajien kiinnostus juuri kyseisen kurssin töihin luultavasti korkeampi kuin useita kuukausia saati yli puoli vuotta tentin jälkeen. Äärimmäisimmässä tapauksessa opiskelija on voinut käydä samaa aihetta käsittelevän aineopintokurssin ennen peruskurssin laboratoriotyön tekemistä. Tällöin kiinnostus ”itsestään selvien” asioiden mittaamiseen voi tuntua erityisen epäkiinnostavalta.

Laboratoriotöiden tekemistä kurssin aikana tai välittömästi sen jälkeen suositellaankin jo vahvasti (Oppilaslaboratorio, Yleistä työosaston käytänteistä). Saadut tulokset tukevat tätä suositusta vakuuttavasti, sillä tulosten perusteella on selvää, että opiskelijat kokevat saavansa sitä paremman hyödyn laboratoriotöistä, mitä aiemmin he työt suorittavat.

Myös luennoille osallistumisella on vaikutusta kokeellisen työskentelyn taitojen kehittymiseen, minkä lisäksi sillä on myös pieni (ja tilastollisesti suuntaa antava) vaikutus motivaation kehittymiseen. Molemmissa tapauksissa luennoille vähintään usein osallistuvat kokevat saavansa enemmän hyötyä laboratoriotöistä kuin luennoille tätä harvemmin osallistuvat (taulukot X ja XII). Kummassakaan tapauksessa luennoille osallistumisen vaikutus ei kuitenkaan ole kolmen eniten vaikuttavan muuttujan joukossa. Kuitenkin on hyvä huomata positiiviset korrelaatiot luennoille osallistumisen ja alkumotivaation (0,392, $p < 0,001$) sekä laboratoriotöistä pitämisen välillä (0,290, $p < 0,001$), jotka molemmat ovat vahvoja selittäjiä usean tavoitteen kohdalla, kuten aiemmin on käynyt ilmi. Tämän tutkimuksen aineiston pohjalta ei voida kuitenkaan sanoa, ovatko luennoille useasti osallistuvat (vastaavasti laboratoriotöistä pitävät) motivoituneita opiskelijoita vai osallistuvatko motivoituneet opiskelijat useasti luennoille (tai pitävät laboratoriotöistä).

6.4.6 Sukupuolen yhteys kokemukseen tavoitteiden saavuttamisesta

Ainut muuttuja, jonka yhteys mihinkään tavoitteeseen ei ollut tilastollisesti merkitsevä, oli sukupuoli. Tulos on kuitenkin tärkeä ja positiivinen. Sukupuolten välillä havaitaan kuitenkin eroja, kun tarkastellaan korrelaatioita sukupuolen ja muiden muuttujien välillä. Esimerkiksi naisopiskelijoiden työn tarkoituksen ymmärtämisen taso on matalampi kuin miesopiskelijoilla (korrelaatio $-0,205$, $p = 0,011$). Tilanne on sama myös alkumotivaation ($-0,191$, $p = 0,018$) ja mittalaitteiden toimintaperiaatteen ymmärtämisen ($-0,177$, $p = 0,028$) kohdalla. Päinvastainen tilanne havaitaan siinä, että naisopiskelijat tekevät työt useammin parin kanssa (0,198, $p = 0,014$) sekä nopeammin luentojen loppumisen jälkeen

($-0,204$, $p = 0,011$). Näistä ensimmäisten vaikutusten todettiin laskevan töistä saatavaa hyötyä, mutta jälkimmäisten todettiin lisäävän sitä. Sneddon ym. (2009) saivat vastaavan suuntaisia tuloksia sukupuolten välille. Heidän mukaansa naiset kokivat laboratoriotyöt selvästi hämmentävämpinä, eivätkä he olleet yhtä itsevarmoja töitä suorittaessaan.

Näin ollen, vaikkei itse haluttujen tavoitteiden saavuttamisen tapauksessa sukupuolten välillä todettu eroa, on sukupuolten välillä eroja, jotka ovat osittain huolestuttavia. Esimerkiksi naisopiskelijoiden matalampi motivaatio voi vaikuttaa myös opinnoissa menestymiseen. On myös huomattava, ettei ongelmaa ole vain yliopistossa, vaan jo alemmillä koulutusasteilla, sillä esimerkiksi PISA- ja TIMMS-tutkimuksissa on kansainvälisesti jo aiemmin laajalti havaittu tyttöjen matalampi itseluottamus ja usko omiin kykyihinsä sekä matematiikassa että luonnontieteissä, vaikka sukupuolten välillä ei havaittaisiakaan minkäänlaisia osaamiseroja (Eurydice, EC 2010). Myös aivan tuoreimmassa PISA-tutkimuksessa oli sukupuolten välillä Suomessa havaittavissa eroja luonnontieteiden yleisessä kiinnostavuudessa sekä opiskelun mielekkyydessä poikien eduksi, vaikka tytöt toisaalta pitivät luonnontieteitä useammin tulevaisuutensa kannalta tärkeinä ja vaikka tyttöjen osaaminen todettiin huomattavasti poikia vahvemmaksi (OECD 2016). Näin ollen ei voida tuudittautua siihen, että sukupuolten välinen tasa-arvo toteutuisi, vaan tilanteeseen on puututtava kaikilla kouluasteilla.

6.5 Tutkimuksen luotettavuus

Suurin tutkimuksen luotettavuuteen vaikuttava tekijä on aineisto. Niin kyselylomakkeen suunnittelu kuin aineiston kerääminen ja myös sen analysointi vaikuttavat tehdyn tutkimuksen luotettavuuteen.

Tutkimuksen lähtökohtana oli yleisesti hyväksytyjen laboratoriotöiden tavoitteiden saavuttamisen tutkiminen. Kyselylomakkeen pohjana käytetyt tavoitteet (Nivalainen ym. 2013) esiintyvät useissa julkaisuissa hiukan erilaisissa muodoissa, joten lomakkeen tekemisen lähtökohtaa voidaan pitää perusteltuna. Tavoitteiden osiin jakamisen pohjana käytettiin tutkimusta, jossa kyseisiä tavoitteita oli osaltaan jo jaettu osiin muiden artikkeleiden pohjalta (Nivalainen ym. 2013), sekä tieteen luonnetta käsittelevää artikkelia (Lederman ym. 2002), johon esimerkiksi Google Scholarin mukaan on viitattu yli 1 000 kertaa. Näin ollen kysymysten osiin jakamisen periaatteita voidaan lähtökohtaisesti pitää hyvin perusteltuina. Kyselylomakkeen muotoilussa käytettiin lisäksi apuna opiskelijoita, jotka ennen varsinaisen aineiston keräämistä testasivat lomaketta ja antoivat siitä kommentteja. Lomakkeesta siis pyrittiin tekemään paitsi kattava myös vastaajille selkeä ja helposti lähestyttävä.

Kuitenkin tavoitteen 2 (tieteellisen sisällön ja käsitteiden ymmärryksen paraneminen) kysymykset jälkikäteen ajateltuna keskittyvät vain käsitteiden ymmärrykseen, minkä vuoksi kyseiseen tavoitteeseen tässä tutkimuksessa viitataan ”tieteellisten käsitteiden ja niiden sisällön ymmärtämisen kehittymisenä”. Jotta kyseinen mittari olisi mitannut myös tieteellisen sisällön ymmärryksen kehittymistä, olisi kysymyksiä pitänyt laajentaa koskemaan myös muita asioita. Näin ollen tämän tutkimuksen pohjalta ei voida tehdä päätelmiä siitä, miten opiskelijat kokevat laboratoriotöiden käytön esimerkiksi aiemmin esitetyn teorian havainnollistajana. Tämän lisäksi tavoitteeseen 4 (sosiaalisten ja oppimisen taitojen kehittyminen) sisältyi vain kaksi kysymystä, joiden lisäksi kyseiseen kategoriaan olisi voinut lisätä useammankin kohdan, jotka olisivat koskeneet erityisesti sosiaalisia taitoja. Kuitenkin jo tällaisenaan kysymykset mittasivat haluttua asiaa.

Aineiston keräämisessä se, ettei kyselyyn vastaaminen ollut pakollista, on voinut vaikuttaa saatuun aineistoon. Mahdollisesti laboratoriotöihin negatiivisesti suhtautuneet henkilöt ovat voineet jättää vastaamatta kyselyyn kokonaan, vaikka olisivat tehneet useita laboratoriotöitä aineiston keräämisen aikana. Vastaavasti jotkut henkilöt ovat voineet vastata kyselyyn useita kertoja, mutta aiemmin esitetty oletus siitä, ettei opiskelija ole ”sama mittaaaja” mitatessaan eri töitä, oli välttämätön, jotta aineistoa saatiin tarpeeksi analyysissä varten. Kuitenkin on olemassa se mahdollisuus, että kyselyyn valikoitui vastaamaan tietyn tyyppiset opiskelijat.

Toinen aineiston keräämiseen liittyvä seikka on se, että aineiston kerääminen suoritettiin kevään ja kesän aikana. Kevään aikana kurssitarjonta niin perus- kuin aineopinnoissakin on sähköoppiin ja magnetismiin kallellaan, ja valtaosa, noin 65 % vastauksista, liittyikin sisältöjensä puolesta näihin fysiikan osa-alueisiin. Näihin kursseihin liittyvät työt eroavat muiden kurssien töistä ainakin siinä, että käytännössä hyvin samoja laitteita (yleismittarit, oskilloskoopit ja erilaiset komponentit) käytetään useissa töissä, jolloin ne tulevat mittaajille hyvinkin tutuiksi. Tällainen toisto on voinut vaikuttaa siihen, että opiskelijat ovat kokeneet ymmärtävänsä käyttämiensä mittalaitteiden toiminnan hyvin. Toisaalta kyseiset laitteet ovat toimintaperiaatteeltaan monimutkaisempia kuin esimerkiksi mekaniikan peruskursseilla käytettävät laitteet, mikä on voinut lisätä huonosti laitteiden toiminnan ymmärtävien määrää.

Viimeiseksi, tulosten luotettavuuteen vaikuttaa myös valittu analyysimenetelmä. Tässä työssä pyrittiin siihen, että kaikki moniluokitteluanalyysin oletukset täyttyivät siinä määrin, missä niiden kirjallisuuden mukaan tulisi täyttyä. Lopullisissa tuloksissa ei ole havaittavissa mitään sellaisia ongelmia, jotka viittaisivat analyysimenetelmän epäsovellyvyyteen tai väärinkäyttöön. Esimerkiksi mallien selitysasteet ovat kaikissa tapauksissa niin korkeat, että mallit selvästi selittävät havaittua vaihtelua, mutta missään tapauksessa selitysaste ei nouse luonnottoman korkeaksi eikä ilmiön ylimallittumista ole havaittavissa.

6.6 Avoimeksi jääneitä kysymyksiä

Seuraavassa on esitetty muutamia avoimeksi jääneitä kysymyksiä. Mahdollinen jatkotutkimus niiden pohjalta tai niitä koskien on suositeltavaa, jotta laboratoriotöiden vaikutuksesta fysiikan opetuksessa päästäisiin mahdollisimman korkealle ymmärryksen tasolle.

Vaikka saatujen tulosten perusteella on selvää, että opiskelijat kokivat saaneensa hyötyä laboratoriotöistä, ei tämän tutkimuksen puitteissa tai edes kerätyllä aineistolla pystytä tutkimaan, onko opiskelijoiden kokemuksella jotain aitoa yhteyttä fysiikan oppimiseen. Näin ollen tutkimukset, joissa kartoitettaisiin laboratoriotöiden vaikutusta esimerkiksi teoriakokeen arvosanoihin, olisivat suositeltavia. Mahdollisena lähtökohtana voisi olla se, saavatko luentokurssin aikana laboratoriotöitä tehneet opiskelijat jotain hyötyä tenttiin suhteessa niihin opiskelijoihin, jotka eivät ole tehneet laboratoriotöitä ennen tenttiä. Käytännössä tutkimuksessa voitaisiin vertailla kurssilla tehtyjen harjoitustehtävien ja laboratoriotöiden sekä erilaisten taustamuuttujien vaikutusta tentistä saatavaan arvosanaan esimerkiksi käyttäen moniluokitteluanalyysiä, kuten tässä tutkimuksessa. Koska töistä saatava hyöty voi olla myös monipuolisempaa kuin vain teoriakokeessa pärjääminen, myös muunlaisten aineistojen käyttämisestä voidaan suositella. Esimerkiksi haastattelujen tekeminen opiskelijoiden kokemuksista liittyen laboratoriotöihin voisi auttaa hahmottamaan kokonaiskuvaa siitä, miten opiskelijat kokevat työskentelyn laboratorioissa. Lisäksi opiskelijoiden osaamisen lähtötason vaikutusta laboratoriotöiden hyödyllisyyteen ei tässä

tutkimuksessa voitu arvioida.

Myös työssä havaittuihin ilmiöihin liittyy yhä epävarmuutta. Esimerkiksi se, kuinka syvällisellä tasolla opiskelijat kokevat ymmärtävänsä käytettyjen mittalaitteiden toiminnan, jää tämän tutkimuksen valossa epäselväksi samoin kuin se, kuinka syvällisellä tasolla heidän on edes järkevää tuntee laitteiden toimintaa. Myös tutkimukset siihen liittyen, miten laboratoriotöistä saataisiin opiskelijoiden mielestä pidettäviä, nautinnollisia ja palkitsevia, voisivat auttaa laboratoriotöiden entistä paremmaksi suunnittelemisessa, sillä laboratoriotöistä pitämisen ja saatavan hyödyn välillä havaittiin tämän tutkimuksen mukaan selvä yhteys. Toisaalta myös opiskelijoiden kokemukset laboratoriossa jo olevista töistä voivat olla mielenkiintoisia. Näin voitaisiin löytää työt, jotka opiskelijat kokevat kaikkein hyödyllisimmiksi, jolloin voitaisiin yrittää löytää näitä hyviä töitä yhdistäviä piirteitä, joiden avulla voitaisiin suunnitella yhä parempia töitä.

Kuten on jo aiemmin mainittu, tämän tutkimuksen pohjalta ei voida ottaa kantaa siihen, oppivatko opiskelijat laboratoriotöiden avulla paremmin linkittämään teorian ja käytännön, mikä oli olennainen osa luvussa 2.1 esitettyä tavoitetta 2. Tästä syystä tutkimus siitä, miten hyvin opiskelijat pystyvät muodostamaan yhteyksiä teorioiden ja tekemiensä mittausten välille, täydentäisi tämän tutkimuksen tuloksia. Mahdollisia tarkastelukohteita voisivat olla esimerkiksi se, kokevatko opiskelijat ymmärtävänsä töihin liittyvien teorioiden sisältöä paremmin laboratoriotöiden jälkeen, tai se, auttavatko laboratoriotyöt havainnollistamaan ja ymmärtämään aiemmin käsitellyn (tai miksei myöhemminkin käsiteltävän) asian paremmin. Lisäksi koska tämän tutkimuksen pohjalta ei voida tehdä päätelmiä siitä, minkä tyyppisiä (ilmiö- vai mallipohjaisia) käsitteitä opiskelijat kokivat laboratoriotöiden jälkeen ymmärtävänsä paremmin, olisi sen tarkempi käsittely esimerkiksi haastattelujen pohjalta mielenkiintoista.

Myös sukupuolen yhteyttä asenteisiin fysiikkaa ja fysiikan opiskelemista kohtaan tulisi tutkia edelleen ei vain laboratoriotöiden vaan myös yleisemmin fysiikan opetuksen kannalta. Esimerkiksi se, onko naisten negatiivisempi suhtautuminen laboratoriotöihin yhteydessä itse töihin vai laajempaan ilmiöön suhtautumisessa fysiikkaa kohtaan, on mielenkiintoinen kysymys. Tulevaisuutta varten myös yleisemmällä tasolla tehtävä tutkimus sukupuolten välillä on suositeltavaa. Esimerkiksi se, missä vaiheessa – esimerkiksi tuoreimmassa PISA-tutkimuksessa (OECD 2016) havaitut – erot kiinnostuksessa luonnontieteitä kohtaan sukupuolten välillä syntyvät, voi tulevaisuudessa auttaa asiaan puuttumisessa.

6.7 Suosituksia laboratoriotöiden suorittamiseen ja suunnittelemiseen

Saatujen tulosten mukaan laboratoriotöitä voidaan pitää hyvänä osana fysiikan opetusta. Opiskelijat kokivat sekä lappu- että selostustöiden auttavan haluttujen tavoitteiden saavuttamisessa. Kuitenkin se, että tieteen luonteen ja tieteellisen prosessin ymmärryksen koettiin kehittyvän enemmän selostustöitä tehdessä, osoittaa eri työtyyppien välillä olevan eroja. Koska selostustyöt kuitenkin ovat sekä opiskelijalle että oppilaslaboratoriolle kuormittavampia, on molempien työtyyppien käyttäminen järkevää. Lisäksi vaikka ennakkotehtävillä ei todettu vaikutusta lapputöistä saatavaan hyötyyn, myös niiden käyttäminen on perusteltua niiden ja työn tarkoituksen ymmärtämisen välillä havaitun positiivisen korrelaation vuoksi.

Tulosten mukaan myös luentokursseilla voidaan tehdä useita asioita laboratoriotöistä saa-

tavan hyödyn maksimoimiseksi. Jo pelkästään luennoille osallistumisella havaittiin hyötyä kokeellisen työskentelyn taitojen ja motivaation kehittymiseen, mutta tämän lisäksi kurssiin liittyvien laboratoriotöiden käsitteleminen luennoilla jollain tasolla – mitä joillain kursseilla jo tehdäänkin – voi kehittää opiskelijoiden ymmärrystä työn tarkoituksesta, mikä havaittiin yhteys kaikkiaan kolmeen haluttuun tavoitteeseen. Toisaalta vastaavaa tehdään myös laboratoriotöiden ohjeissa, mutta se, lukevatko kaikki opiskelijat ohjeet ennen mittausvuorolle saapumista ei ole aina itsestään selvää. Tässäkin tapauksessa ennakkotehtävillä voidaan mahdollisesti saada hyötyä, sillä ennakkotehtävät vaativat ainakin jollain tasolla katsomaan työohjeen läpi ennen mittausvuoroa, jolloin opiskelijalle voi muodostua tarkempi kuva työn tarkoituksesta.

Myös mittalaitteiden toiminnan käsitteleminen luennoilla voi auttaa laboratoriotöiden tekemisessä. Esimerkiksi Jyväskylän yliopiston fysiikan laitoksella on kokeellisen työskentelyn kurssi, joka sisältää osion mittalaitteiden (lähinnä sähköopin töihin liittyen) toiminnasta. Tällaisia kursseja voidaan suositella laajemminkin. Toisaalta mahdollisimman yksinkertaisilla ja jopa arkipäiväisillä välineillä toteutettavien töiden lisääminen voisi auttaa niitä opiskelijoihin, jotka eivät koe ymmärtävänsä mittalaitteiden toimintaa. Parhaassa tapauksessa tällaisista töistä saatavan motivaation ja onnistumisen tunteiden lisääntyminen voisi johtaa positiivisiin vaikutuksiin seuraavien töiden kohdalla.

Jo käytössä ollut suositus siitä, että laboratoriotyöt tehtäisiin luentokurssin aikana tai pian sen jälkeen, sai tämän aineiston pohjalta vahvistusta. Onkin siis erittäin suositeltavaa suorittaa laboratoriotyöt mahdollisimman pian luentokurssin aikana tai sen jälkeen, jotta töistä saatava hyöty saadaan maksimoitua. Lisäksi parityön ja sosiaalisten ja oppimisen taitojen kehittymisen yhteyden myötä parityöskentelyä voidaan suositella.

Laboratoriotöiden suunnittelussa on syytä kiinnittää siihen, että työt ovat edes jollain tasolla nautinnollisia siten, että opiskelijat pitäisivät töiden tekemisestä. Erityisesti töistä tulee suunnitella selkeitä ja jollain tasolla palkitsevia. Sen selvittäminen, miten palkisevuuden tunteita saadaan aikaan, ei kuitenkaan ollut tämän tutkimuksen päämäärä, joten ohjenuoria siihen ei voida ilman lisätutkimusta antaa. Jo sillä, että opiskelijat saavat töistä haluttuja tuloksia, on kuitenkin mahdollisia positiivisia vaikutuksia.

LÄHTEET

- Abrahams, I. ja Millar, R. Does practical work really work? a study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14):1945–1969, 2008.
- American Association of Physics Teachers. Goals of the introductory physics laboratory. *American Journal of Physics*, 66(6):483–485, 1998. doi: <http://dx.doi.org/10.1119/1.19042>. URL <http://scitation.aip.org/content/aapt/journal/ajp/66/6/10.1119/1.19042>.
- Eurydice, EC. Gender differences in educational outcomes: study of the measures taken and the current situation in europe. *Brussels: Education, Audiovisual and Culture Executive Agency*, 2010. URL <http://www.helsinki.fi/cea/fin/Docs/Gender%20differences.pdf>.
- Hanif, M., Sneddon, P. H., Al-Ahmadi, F. M. ja Reid, N. The perceptions, views and opinions of university students about physics learning during undergraduate laboratory work. *European Journal of Physics*, 30(1):85, 2008.
- Jokivuori, P. ja Hietala, R. *Määrällisiä tarinoita: Monimuuttujamenetelmien käyttö ja tulkinta*. WSOY, Helsinki, 2007.
- Jokiranta, Kaisa. *The Effectiveness of Practical Work in Science Education*, Jyväskylä, 2014. Jyväskylän yliopisto. Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta. Fysiikan laitos. Kandidaatintutkielma.
- Kärnä, P., Hakonen, R. ja Kuusela, J. *Luonnontieteellinen osaaminen perusopetuksen 9. luokalla 2011*, volume 2 of *Koulutuksen seurantaraportit*. Opetushallitus, Helsinki, 2012. URL http://www.oph.fi/download/140378_Luonnontieteellinen_osaaminen_perusopetuksen_9._luokalla_2011.pdf.
- Kruglak, H. Achievement of physics students with and without laboratory work. *American Journal of Physics*, 21(1):14–16, 1953. doi: <http://dx.doi.org/10.1119/1.1933337>. URL <http://scitation.aip.org/content/aapt/journal/ajp/21/1/10.1119/1.1933337>.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. ja Schwartz, R. S. Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of research in science teaching*, 39(6):497–521, 2002.
- Likert, R. A technique for the measurement of attitudes. *Archives of psychology*, 1932.
- Long, D. D., McLaughlin, G. W. ja Bloom, A. M. The influence of physics laboratories on student performance in a lecture course. *American Journal of Physics*, 54(2):122–125, 1986. doi: <http://dx.doi.org/10.1119/1.14705>. URL <http://scitation.aip.org/content/aapt/journal/ajp/54/2/10.1119/1.14705>.

- Metsämuuronen, J. *Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä*. International Met-help, Helsinki, 3. laitos edition, 2005.
- Millar, R. ja Abrahams, I. Practical work: making it more effective. *School Science Review*, 91(334):59–64, 2009.
- Nagpaul, P. *Guide to advanced data analysis using IDAMS software*. Published online, 2001. URL <http://www.unesco.org/webworld/idams/advguide/T0C.html>.
- Nivalainen, V., Asikainen, M. ja Hirvonen, P. Preservice teachers' objectives and their experience of practical work. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 9(1):010102, 2013.
- Ntombela, G. A marriage of inconvenience? school science practical work and the nature of science. *Practical Work in Science Education: Recent Research Studies*, pages 118–133, 1999.
- OECD. Pisa 2015 results (volume i). 2016. doi: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264266490-en>. URL </content/book/9789264266490-en>.
- Opetushallitus. *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004 : oppivelvollisille tarkoitettun perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet, perusopetuksen valmistavan opetuksen opetussuunnitelman perusteet, lisäopetuksen opetussuunnitelman perusteet*. Opetushallitus, Helsinki, 2004. URL http://www.oph.fi/download/139848_pops_web.pdf. Kannessa myös: Määräys 1/011/2004, määräys 2/011/2004, määräys 3/011/2004.
- Oppilaslaboratorio. Fysiikan työosasto: Jyväskylän yliopisto, 2016. URL <https://www.jyu.fi/science/opiskelu-ohjeet/fysiikka/tyoosasto>.
- Sneddon, P., Slaughter, K. ja Reid, N. Perceptions, views and opinions of university students about physics learning during practical work at school. *European Journal of Physics*, 30(5):1119, 2009.
- Toivonen, T. *Empiirinen sosiaalitutkimus : filosofia ja metodologia*. WSOY, Porvoo-Helsinki-Juva, 1999.
- Von Aufschnaiter, C. ja Von Aufschnaiter, S. University students' activities, thinking and learning during laboratory work. *European Journal of Physics*, 28(3):S51, 2007.
- Wellington, J. J. Practical work in science: Time for a re-appraisal. In Wellington, J. J., editor, *Practical Work in School Science : Which Way Now?*, pages 3–15. Routledge, London, 1998. ISBN 9780415174930. URL <http://search.ebscohost.com.ezproxy.jyu.fi/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=76690&site=ehost-live>.
- Welzel, M., Haller, K., Bandiera, M., Hammelev, D., Koumaras, P., Niedderer, H., Paulsen, A., Bécu-Robinault, K. ja von Aufschnaiter, S. Teachers' objectives for labwork. *Research tool and cross country results WORKING PAPER*, 6, 1998.

A KYSELYLOMAKE

Tietoja ja ohjeita kyselyyn liittyen

Kyselyssä on kysymyksiä ja väitteitä. Monivalintakysymyksiin vastataan valitsemalla **yksi** vaihtoehdoista. Väitteisiin vastataan asteikolla ”Täysin eri mieltä”, ”Jonkin verran eri mieltä”, ”Ei samaa eikä eri mieltä”, ”Jonkin verran samaa mieltä” ja ”Täysin samaa mieltä”, jotka on selkeyden ja tilan säästämisen vuoksi esitetty muodoissa ”--”, ”-”, ”-/+”, ”+” ja ”++”.

Pyri vastaamaan kysymyksiin ja väitteisiin ensimmäisen tuntemuksen mukaan. Jos olet tekemässä **lapputyötä**, palauta täytetty lomake vuoron lopussa. Jos olet tekemässä **selostustyötä**, täytä lomake selostuksen kirjoittamisen jälkeen ja palauta se samaan aikaan selostuksen kanssa.

Perustiedot

Kurssi ja työ: FYS...../.....

Pääaine: Fysiikka Matematiikka Kemia Biologia

Muu, mikä?

Sukupuoli: Mies Nainen

Teitkö työn yksin vain parin kanssa? Yksin Parin kanssa

Kuinka usein käyt fysiikan kurssien luennoilla?

En koskaan Harvoin Silloin tällöin Usein Lähes aina

Milloin työhön liittyvä kurssi on loppunut?

Kurssi on yhä käynnissä tai ei ole vielä alkanut

Alle kuukausi sitten

1–2 kuukautta sitten

2–4 kuukautta sitten

4–6 kuukautta sitten

6–8 kuukautta sitten

8–10 kuukautta sitten

10–12 kuukautta sitten

yli vuosi sitten

Käytin mittauksiin valmistautumiseen aikaa (noin):

- 0 minuuttia,
- alle 5 minuuttia
- 5–10 minuuttia
- 10–15 minuuttia
- 15–20 minuuttia
- 20–25 minuuttia
- 25–30 minuuttia
- yli 30 minuuttia

Fysiikan opiskelun pääsääntöinen tavoitteeni on...:

- ... mahdollisimman hyvät arvosanat
- ... kurssisuoritus/opintopisteet/tentin läpäisy
- ... fysiikan oppiminen ja ymmärtäminen
- ... jokin muu, mikä?

Olen kiinnostunut enemmän...:

- ... kokeellisesta fysiikasta,
- ... teoreettisesta fysiikasta,
- ... yhtä paljon (tai vähän) sekä kokeellisesta että teoreettisesta fysiikasta.

Olen kiinnostunut fysiikasta:

- - -/+ + ++

Yleinen motivaationi opiskella fysiikkaa on korkea:

- - -/+ + ++

Pidän yleisesti fysiikan kursseihin liittyvistä laboratoriotöistä:

- - -/+ + ++

Laboratoriotyöt ovat yleensä palkitsevia:

- - -/+ + ++

Onnistun yleensä saamaan mittauksista halutun suuntaisia tuloksia (esimerkiksi teorian kanssa yhteensopivia tai muuten jostain syystä odotettuja):

- - -/+ + ++

Työhön liittyvät kysymykset

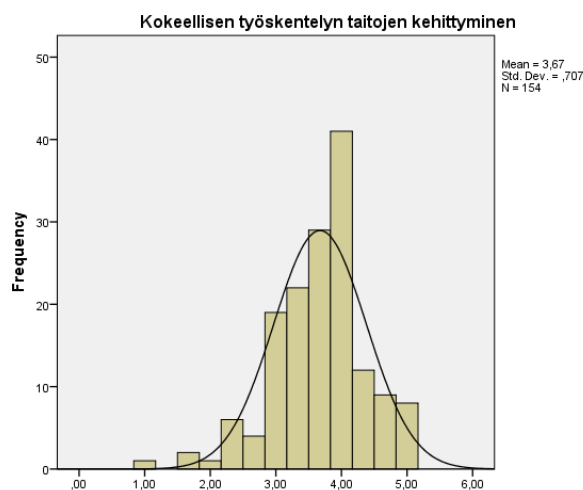
Vastaa näihin kysymyksiin mittausten aikana tai jälkeen.

1. Ymmärrän työn yhteyden kurssin aihealueisiin:
 -- - -/+ + ++
2. Ymmärrän työn yhteyden kurssilla käsiteltyyn tai jo aiemmin tuttuun teoriaan:
 -- - -/+ + ++
3. Ymmärrän työn yhteyden mittaamisen käytänteiden opetteluun (miten ja millä välineillä milloinkin kannattaa mitata, mittauspöytäkirjan tekeminen ym.):
 -- - -/+ + ++
4. Ymmärrän työn yhteyden mittaustekniikkaan (eli ymmärrän perusidealta, miten käytetyt laitteet mittaavat mitä mittaavat):
 -- - -/+ + ++
5. Mittaamiseen liittyvät taidot kehittyvät:
 -- - -/+ + ++
6. Tulosten analysointiin ja laskemiseen liittyvät taidot kehittyivät:
 -- - -/+ + ++
7. Taito tehdä johtopäätöksiä saatujen tulosten pohjalta kehittyi:
 -- - -/+ + ++
8. Kurssiin liittyvien käsitteiden ymmärrys parani:
 -- - -/+ + ++
9. Mittaamiseen liittyvien käsitteiden ymmärrys parani:
 -- - -/+ + ++
10. Tulosten analysointiin liittyvien käsitteiden ymmärrys parani:
 -- - -/+ + ++
11. Kiinnostus fysiikkaa kohtaan kasvoi:
 -- - -/+ + ++
12. Yleinen motivaationi fysiikkaa kohtaan kasvoi:
 -- - -/+ + ++
13. Motivaationi mittaamista ja kokeellista työskentelyä kohtaan kasvoi:
 -- - -/+ + ++
14. Motivaationi fysiikan teorian opiskelua kohtaan kasvoi:
 -- - -/+ + ++
15. Taitoni keskustella mittauksissa kohdatuista ongelmista paranivat:
 -- - -/+ + ++
16. Taitoni ja itsevarmuuteni tuoda oma näkökulmani esiin paranivat:
 -- - -/+ + ++

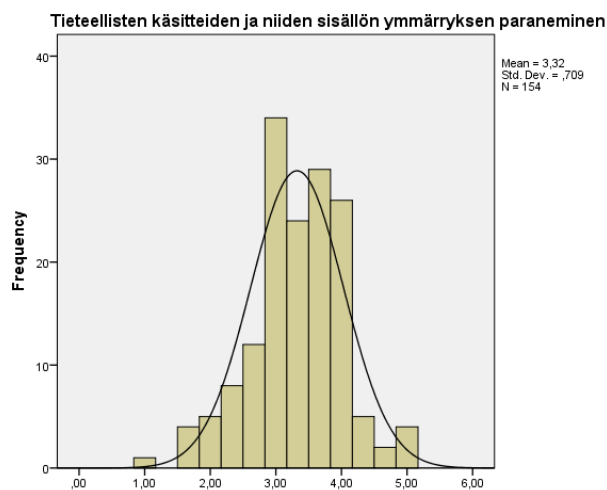
17. Työn myötä osaan paremmin arvioida teorian tuottamien ennusteiden ja käytännön mittausten yhteen sopivuutta:
- - -/+ + ++
18. Ongelmanratkaisutaitoni kehittyivät työn aikana:
- - -/+ + ++
19. Työn myötä ymmärrän paremmin tieteellisen tiedon kokeellisen luonteen:
- - -/+ + ++
20. Ymmärrän työn jäkeen paremmin, miten mittaustulosten pohjalta voidaan tehdä päätelmiä muustakin kuin kokeessa mitatuista asioista (esim. arvojen kuten absoluuttisen nollapisteen määrääminen suorasovituksen perusteella):
- - -/+ + ++
21. Ymmärrän nyt inhimillisten tekijöiden (kuten täysin tahattomien virheiden) mahdollisen vaikutuksen mittaustuloksiin paremmin:
- - -/+ + ++
22. Työ auttoi minua ymmärtämään luovuuden merkityksen tieteen tekemisessä paremmin (esimerkiksi koejärjestelyn tai datan analysoinnin suunnittelussa):
- - -/+ + ++
23. Kyky tulosten luotettavuuden ja erilaisten virhelähteiden arviointiin parani:
- - -/+ + ++

Kiitos vastauksestasi!

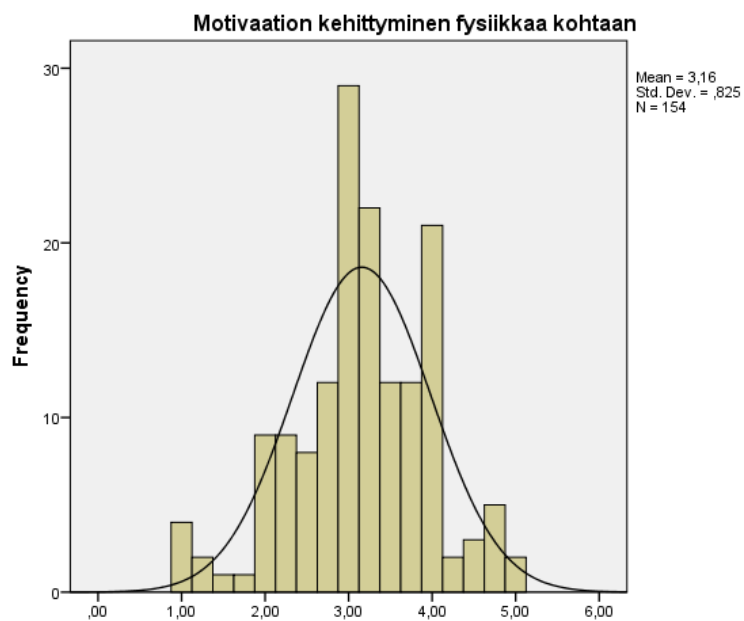
B LABORATORIOTÖIDEN TAVOITTEIDEN SAAVUTTAMISTA KUVAAVAT JAKAUMAT



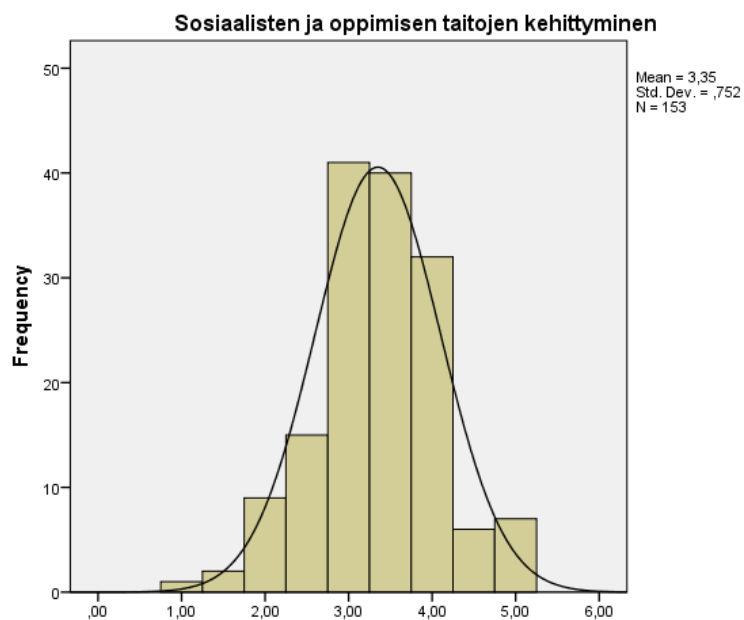
Kuvio B.1: Kokeellisen taitojen kehittymistä kuvaavan summamuuttujan jakauma, sekä siihen sovitettu normaalijakauma parametreineen, kun mukana on kaikki tapaukset.



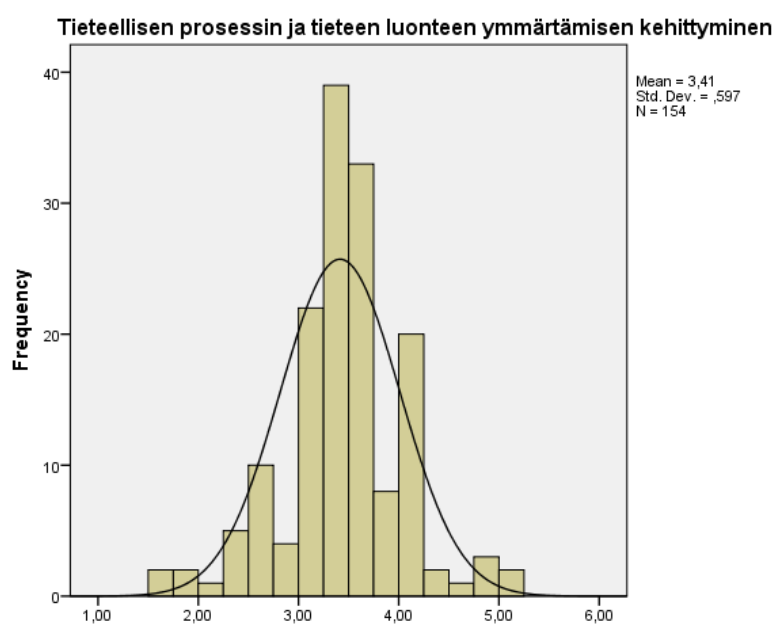
Kuvio B.2: Tieteellisten käsitteiden ymmärryksen kehittymistä kuvaavan summamuuttujan jakauma, sekä siihen sovitettu normaalijakauma parametreineen, kun mukana on kaikki tapaukset.



Kuvio B.3: Motivaation kehittymistä kuvaavan summamuuttujan jakauma, sekä siihen sovitettu normaalijakauma parametreineen, kun mukana on kaikki tapaukset.

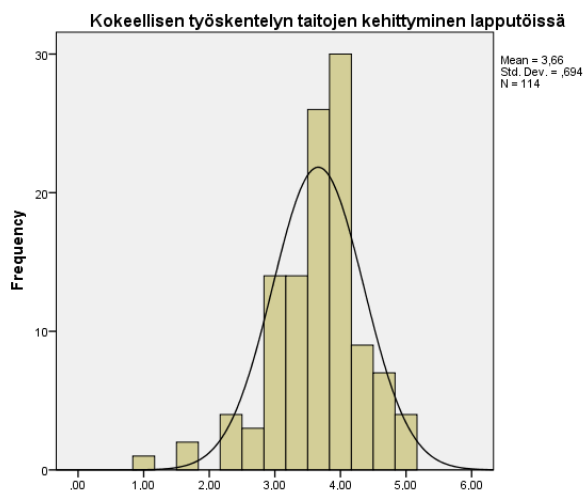


Kuvio B.4: Sosiaalisten ja oppimisen taitojen kehittymistä kuvaavan summamuuttujan jakauma, sekä siihen sovitettu normaalijakauma parametreineen, kun mukana on kaikki tapaukset.

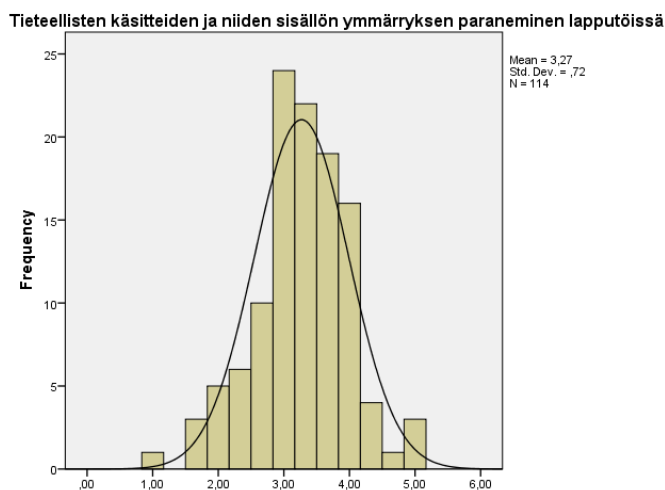


Kuvio B.5: Tieteen luonteen ja tieteellisen prosessin ymmärryksen kehittymistä kuvaavan summamuuttujan jakauma, sekä siihen sovitettu normaalijakauma parametreineen, kun mukana on kaikki tapaukset.

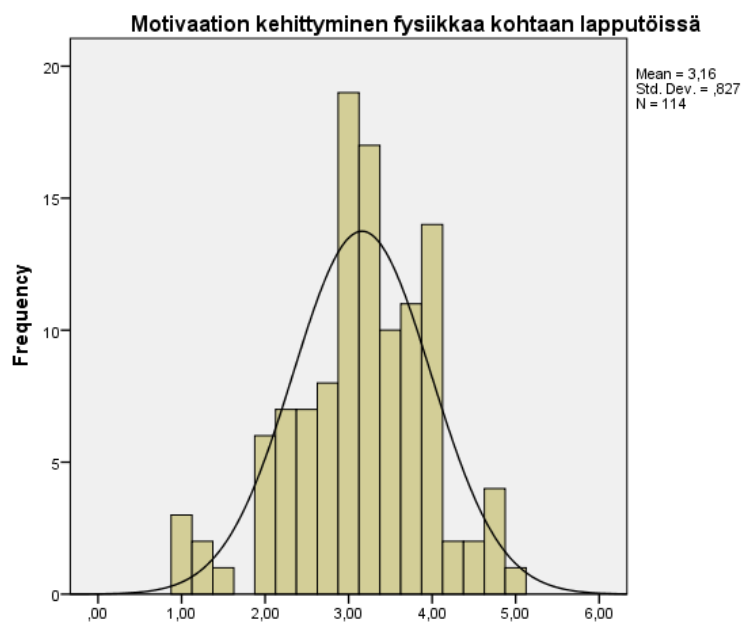
C LABORATORIOTÖIDEN TAVOITTEIDEN SAAVUTTAMISTA KUVAAVAT JAKAUMAT LAPPUTÖISSÄ



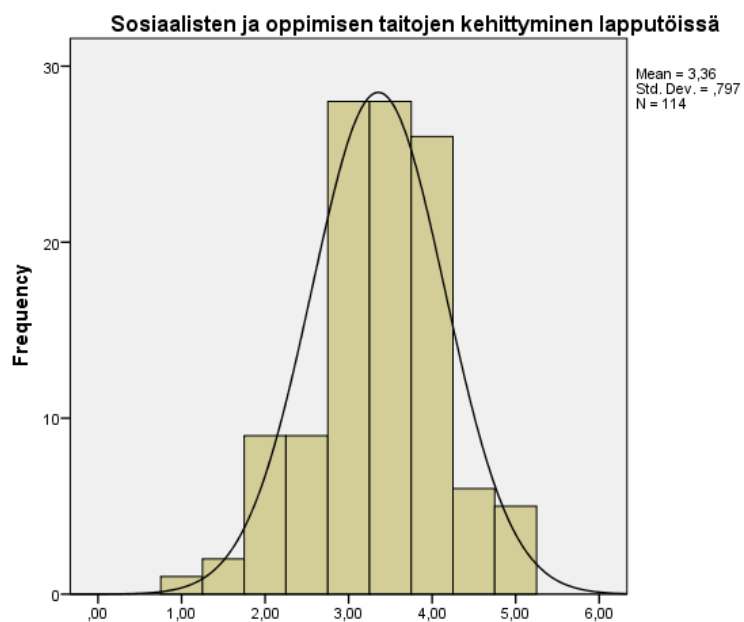
Kuvio C.1: Kokeellisen taitojen kehittymistä kuvaavan summamuuttujan jakauma, sekä siihen sovitettu normaalijakauma parametreineen, kun mukana on kaikki tapaukset.



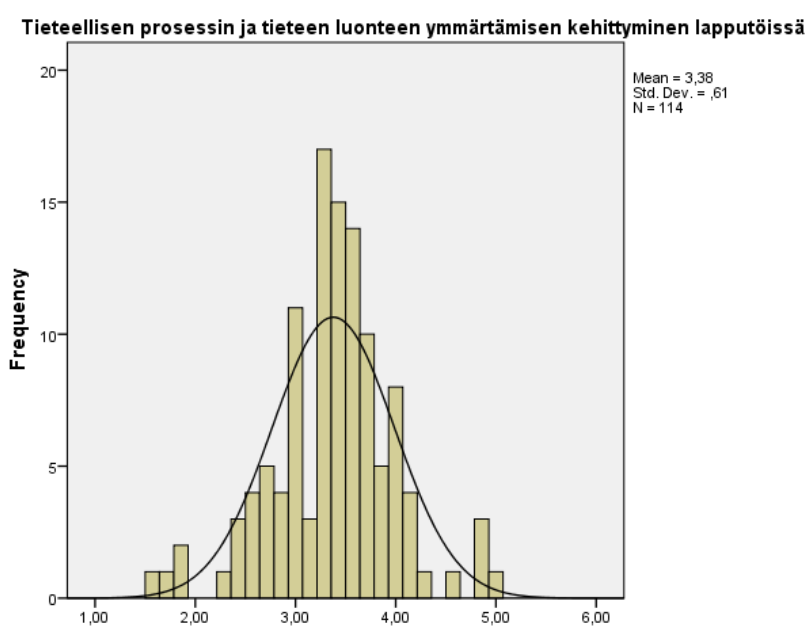
Kuvio C.2: Tieteellisten käsitteiden ymmärryksen kehittymistä kuvaavan summamuuttujan jakauma, sekä siihen sovitettu normaalijakauma parametreineen, kun mukana on lapputyöt.



Kuvio C.3: Motivaation kehittymistä kuvaavan summamuuttujan jakauma, sekä siihen sovitettu normaalijakauma parametreineen, kun mukana on lapputyöt.



Kuvio C.4: Sosiaalisten ja oppimisen taitojen kehittymistä kuvaavan summamuuttujan jakauma, sekä siihen sovitettu normaalijakauma parametreineen, kun mukana on lapputyöt.



Kuvio C.5: Tieteen luonteen ja tieteellisen prosessin ymmärryksen kehittymistä kuvaavan summamuuttujan jakauma, sekä siihen sovitettu normaalijakauma parametreineen, kun mukana on lapputyöt.

D MONILUOKITTELUANALYYSIN TULOSTEET TAUSTAMUUTTUIJEN VAIKUTUKSESTA

Taulukko X: Taustamuuttujien vaikutus kokemukseen kokeellisen työskentelyn taitojen kehittymisestä vakioimattomassa ja vakioidussa tilanteessa. Lisäksi vakioidun tilanteen keskiarvojen eroavuuden tilastollinen merkitsevyytaso.

Muuttuja	<i>N</i>	Poikkeama keskiarvosta	Poikkeama keskiarvosta vakioituna	<i>p</i>
Sukupuoli				0,188
Mies	96	0,04425	0,05528	
Nainen	57	-0,07453	-0,09311	
Yksin vai parin kanssa				0,244
Yksin	99	-0,05486	-0,04556	
Parin kanssa	54	0,10058	0,08353	
Luentojen loppuminen				0,003
Alle kuukausi sitten	89	0,07804	0,10141	
1 – 6 kuukautta sitten	41	0,09320	0,03863	
Yli 6 kuukautta sitten	23	-0,46813	-0,46129	
Luennoille osallistuminen				0,010
Silloin tällöin tai harvemmin	53	-0,27480	-0,19902	
Usein tai lähes aina	100	0,14564	0,10548	
Työn tarkoituksen ymmärtäminen				0,027
Ei koe ymmärtävänsä lainkaan	0	–	–	
Ei koe ymmärtävänsä	11	-0,58011	-0,46040	
Neutraali	31	-0,27317	-0,16172	
Kokee ymmärtävänsä	85	0,07407	0,08844	
Kokee ymmärtävänsä täysin	26	0,32898	0,09847	
Laboratoriotöistä pitäminen				0,052
Ei pidä lainkaan	4	-0,50436	-0,25702	
Ei pidä	35	-0,26150	-0,01873	
Neutraali suhtautuminen	59	-0,07215	-0,06501	
Pitää jonkin verran	51	0,21786	0,03431	
Pitää paljon	4	1,07898	0,94230	
Alkumotivaatio				0,759
Matala	14	-0,57579	-0,12548	
Neutraali	105	0,00834	0,01579	
Korkea	34	0,21133	0,00289	
Mittalaitteiden toimintaperiaate				0,012
Ei koe ymmärtävän lainkaan	14	-0,48055	-0,49754	
Neutraali	25	-0,12436	0,11828	
Kokee ymmärtävänsä	114	0,08629	0,03516	
Perus- vai aineopintokurssi				0,131
Perusopinnot	94	0,09848	0,06429	
Aineopinnot	59	-0,15690	-0,10242	
Lappu- vai selostustyö				0,360
Lapputyö	114	-0,01021	-0,02870	
Selostustyö	39	0,02983	0,08389	

Taulukko XI: Taustamuuttujien vaikutus kokemukseen tieteellisten käsitteiden ja niiden sisällön ymmärryksen paranemisesta vakioimattomassa ja vakioidussa tilanteessa. Lisäksi vakioidun tilanteen keskiarvojen eroavuuden tilastollinen merkitsevyystaso.

Muuttuja	<i>N</i>	Poikkeama keskiarvosta	Poikkeama keskiarvosta vakioituna	<i>p</i>
Sukupuoli				0,480
Mies	96	0,02955	0,02936	
Nainen	57	-0,04976	-0,04946	
Yksin vai parin kanssa				0,388
Yksin	99	-0,01822	-0,03348	
Parin kanssa	54	0,03341	0,06138	
Luentojen loppuminen				0,023
Alle kuukausi sitten	89	0,06115	0,08983	
1 – 6 kuukautta sitten	41	0,07376	0,00670	
Yli 6 kuukautta sitten	23	-0,36810	-0,35957	
Luennoille osallistuminen				0,571
Silloin tällöin tai harvemmin	53	-0,16739	-0,04321	
Usein tai lähes aina	100	0,08871	0,02290	
Työn tarkoituksen ymmärtäminen				0,005
Ei koe ymmärtävänsä lainkaan	0	–	–	
Ei koe ymmärtävänsä	11	-0,62765	-0,46091	
Neutraali	31	-0,31387	-0,24431	
Kokee ymmärtävänsä	85	0,06362	0,09709	
Kokee ymmärtävänsä täysin	26	0,43179	0,16890	
Laboratoriotöistä pitäminen				0,003
Ei pidä lainkaan	4	-0,57462	-0,29243	
Ei pidä	35	-0,25795	-0,04448	
Neutraali suhtautuminen	59	-0,07603	-0,08020	
Pitää jonkin verran	51	0,20479	0,04890	
Pitää paljon	4	1,34205	1,24114	
Alkumotivaatio				0,721
Matala	14	-0,49129	-0,12783	
Neutraali	105	0,00554	0,02052	
Korkea	34	0,18519	-0,01073	
Mittalaitteiden toimintaperiaate				0,009
Ei koe ymmärtävän lainkaan	14	-0,56271	-0,52905	
Neutraali	25	-0,17795	0,00717	
Kokee ymmärtävänsä	114	0,10813	0,06340	
Perus- vai aineopintokurssi				0,184
Perusopinnot	94	0,08318	0,05599	
Aineopinnot	59	-0,13253	-0,08920	
Lappu- vai selostustyö				0,014
Lapputyö	114	-0,05561	-0,07751	
Selostustyö	39	0,16256	0,22657	

Taulukko XII: Taustamuuttujien vaikutus kokemukseen motivaation kehittymisestä vakioimattomassa ja vakioidussa tilanteessa. Lisäksi vakioidun tilanteen keskiarvojen eroavuuden tilastollinen merkitsevyystaso.

Muuttuja	<i>N</i>	Poikkeama keskiarvosta	Poikkeama keskiarvosta vakioituna	<i>p</i>
Sukupuoli				0,368
Mies	96	0,00557	-0,03806	
Nainen	57	-0,00937	0,06409	
Yksin vai parin kanssa				0,738
Yksin	99	-0,04991	-0,01320	
Parin kanssa	54	0,09150	0,02420	
Luentojen loppuminen				0,863
Alle kuukausi sitten	89	0,06903	0,02019	
1 – 6 kuukautta sitten	41	0,04882	-0,00534	
Yli 6 kuukautta sitten	23	-0,35415	-0,06862	
Luennoille osallistuminen				0,087
Silloin tällöin tai harvemmin	53	-0,30944	-0,13336	
Usein tai lähes aina	100	0,16400	0,07068	
Työn tarkoituksen ymmärtäminen				0,502
Ei koe ymmärtävänsä lainkaan	0	–	–	
Ei koe ymmärtävänsä	11	-0,45395	-0,17998	
Neutraali	31	-0,27946	-0,05386	
Kokee ymmärtävänsä	85	0,02386	-0,00571	
Kokee ymmärtävänsä täysin	26	0,44727	0,15904	
Laboratoriotöistä pitäminen				<0,0005
Ei pidä lainkaan	4	-2,09600	-1,79622	
Ei pidä	35	-0,57278	-0,43596	
Neutraali suhtautuminen	59	0,01947	0,03862	
Pitää jonkin verran	51	0,42974	0,30706	
Pitää paljon	4	1,34150	1,12616	
Alkumotivaatio				0,018
Matala	14	-1,03350	-0,50067	
Neutraali	105	0,04388	0,05008	
Korkea	34	0,29003	0,05150	
Mittalaitteiden toimintaperiaate				0,032
Ei koe ymmärtävän lainkaan	14	-0,58707	-0,42662	
Neutraali	25	-0,22850	0,13371	
Kokee ymmärtävänsä	114	0,12221	0,02307	
Perus- vai aineopintokurssi				0,383
Perusopinnot	94	0,06491	0,03738	
Aineopinnot	59	-0,10341	-0,05956	
Lappu- vai selostustyö				0,978
Lapputyö	114	0,00159	0,00089	
Selostustyö	39	-0,0046	-0,00259	

Taulukko XIII: Taustamuuttujien vaikutus kokemukseen sosiaalisten ja oppimisen taitojen kehittymisestä vakioimattomassa ja vakioidussa tilanteessa. Lisäksi vakioidun tilanteen keskiarvojen eroavuuden tilastollinen merkitsevyystaso.

Muuttuja	<i>N</i>	Poikkeama keskiarvosta	Poikkeama keskiarvosta vakioituna	<i>p</i>
Sukupuoli				0,498
Mies	96	0,02632	0,03119	
Nainen	56	-0,04511	-0,05347	
Yksin vai parin kanssa				0,005
Yksin	98	-0,10889	-0,12245	
Parin kanssa	54	0,19761	0,22222	
Luentojen loppuminen				0,466
Alle kuukausi sitten	88	0,05472	0,01599	
1 – 6 kuukautta sitten	41	-0,03161	-0,10352	
Yli 6 kuukautta sitten	23	-0,15303	0,12333	
Luennoille osallistuminen				0,518
Silloin tällöin tai harvemmin	53	-0,16944	0,05479	
Usein tai lähes aina	99	0,09071	-0,02943	
Työn tarkoituksen ymmärtäminen				0,225
Ei koe ymmärtävänsä lainkaan	0	–	–	
Ei koe ymmärtävänsä	11	-0,07596	0,32476	
Neutraali	30	-0,21535	-0,19103	
Kokee ymmärtävänsä	85	-0,00751	0,01291	
Kokee ymmärtävänsä täysin	26	0,30516	0,04081	
Laboratoriotöistä pitäminen				0,024
Ei pidä lainkaan	4	-0,84868	-0,35444	
Ei pidä	35	-0,26297	-0,11387	
Neutraali suhtautuminen	58	-0,07282	-0,06750	
Pitää jonkin verran	51	0,23955	0,09696	
Pitää paljon	4	1,15132	1,09331	
Alkumotivaatio				0,011
Matala	14	-0,70583	-0,48432	
Neutraali	104	-0,02176	-0,01801	
Korkea	34	0,35720	0,25450	
Mittalaitteiden toimintaperiaate				0,001
Ei koe ymmärtävän lainkaan	14	-0,49154	-0,59498	
Neutraali	24	-0,30702	-0,24212	
Kokee ymmärtävänsä	114	0,12500	0,12404	
Perus- vai aineopintokurssi				0,595
Perusopinnot	94	0,02898	0,02456	
Aineopinnot	58	-0,04696	-0,03980	
Lappu- vai selostustyö				0,907
Lapputyö	114	0,00658	0,00397	
Selostustyö	38	-0,01974	-0,01191	

Taulukko XIV: Taustamuuttujien vaikutus kokemukseen tieteellisen prosessin ja tieteen luonteen ymmärtämisen kehittymisestä vakioimattomassa ja vakioidussa tilanteessa. Lisäksi vakioidun tilanteen keskiarvojen eroavuuden tilastollinen merkitsevyytaso.

Muuttuja	<i>N</i>	Poikkeama keskiarvosta	Poikkeama keskiarvosta vakioituna	<i>p</i>
Sukupuoli				0,545
Mies	96	0,03793	0,02014	
Nainen	57	-0,06389	-0,03391	
Yksin vai parin kanssa				0,167
Yksin	99	-0,03691	-0,04304	
Parin kanssa	54	0,06766	0,07891	
Luentojen loppuminen				0,534
Alle kuukausi sitten	89	0,04228	0,04094	
1 – 6 kuukautta sitten	41	0,01960	-0,06633	
Yli 6 kuukautta sitten	23	-0,19854	-0,04017	
Luennoille osallistuminen				0,456
Silloin tällöin tai harvemmin	53	-0,020839	-0,04558	
Usein tai lähes aina	100	0,11045	0,02416	
Työn tarkoituksen ymmärtäminen				0,054
Ei koe ymmärtävänsä lainkaan	0	–	–	
Ei koe ymmärtävänsä	11	-0,47481	-0,25112	
Neutraali	31	-0,25464	-0,16285	
Kokee ymmärtävänsä	85	0,06306	0,07015	
Kokee ymmärtävänsä täysin	26	0,29836	0,07106	
Laboratoriotöistä pitäminen				0,007
Ei pidä lainkaan	4	-0,55879	-0,17269	
Ei pidä	35	-0,27852	-0,08245	
Neutraali suhtautuminen	59	-0,02368	-0,02461	
Pitää jonkin verran	51	0,17734	0,02363	
Pitää paljon	4	1,08406	0,95590	
Alkumotivaatio				<0,0005
Matala	14	-0,76287	-0,55762	
Neutraali	105	0,03368	0,04860	
Korkea	34	0,21012	0,07953	
Mittalaitteiden toimintaperiaate				0,016
Ei koe ymmärtävän lainkaan	14	-0,41117	-0,37146	
Neutraali	25	-0,22736	-0,08130	
Kokee ymmärtävänsä	114	0,10036	0,06345	
Perus- vai aineopintokurssi				0,003
Perusopinnot	94	0,10078	0,10025	
Aineopinnot	59	-0,16057	-0,15972	
Lappu- vai selostustyö				0,024
Lapputyö	114	-0,03899	-0,05672	
Selostustyö	39	0,11398	0,16578	

E TAUSTAMUUTTUIJEN VÄLISET KORRELAATIOT

Correlations

		Sukupuoli	Yksin vai parin kanssa	Luentojen loppuminen 3 porrasta
Sukupuoli	Pearson Correlation	1	,198*	-,204*
	Sig. (2-tailed)		,014	,011
	N	154	154	154
Yksin vai parin kanssa	Pearson Correlation	,198*	1	-,212**
	Sig. (2-tailed)	,014		,008
	N	154	154	154
Luentojen loppuminen 3 porrasta	Pearson Correlation	-,204*	-,212**	1
	Sig. (2-tailed)	,011	,008	
	N	154	154	154
Luennoille osallistuminen 2	Pearson Correlation	-,096	,074	-,020
	Sig. (2-tailed)	,237	,362	,809
	N	154	154	154
Työn yhteyden ymmärtäminen kurssiin, johonkin teoriaan ja mittaamisen opetteluun	Pearson Correlation	-,205*	-,120	-,017
	Sig. (2-tailed)	,011	,139	,839
	N	154	154	154
Labroista pitäminen, niiden palkitsevuus ja niissä onnistuminen	Pearson Correlation	-,038	,102	-,230**
	Sig. (2-tailed)	,637	,207	,004
	N	154	154	154
amf32	Pearson Correlation	-,191*	,071	-,187*
	Sig. (2-tailed)	,018	,383	,020
	N	154	154	154
mitt2	Pearson Correlation	-,177*	-,137	,165*
	Sig. (2-tailed)	,028	,091	,041
	N	154	154	154
Perus- vai aineopintokurssi	Pearson Correlation	-,111	-,107	,026
	Sig. (2-tailed)	,174	,186	,746
	N	153	153	153
Lappu - vai selkkarityö	Pearson Correlation	-,078	-,244**	,240**
	Sig. (2-tailed)	,335	,002	,003
	N	153	153	153

Kuvio E.1: SPSS:n tuloste taustamuuttujien välisistä korrelaatioista (1/3). Taulukossa merkintä "amf32" viittaa alkumotivaatioon ja "mitt2" mittalaitteiden toimintaperiaatteen ymmärtämiseen.

Correlations

		Luennoille osallistuminen 2	Työn yhteyden ymmärtäminen kurssiin, johonkin teoriaan ja mittaamisen opetteluun	Labroista pitäminen, niiden palkitsevuus ja niissä onnistuminen
Sukuoli	Pearson Correlation	-,096	-,205*	-,038
	Sig. (2-tailed)	,237	,011	,637
	N	154	154	154
Yksin vai parin kanssa	Pearson Correlation	,074	-,120	,102
	Sig. (2-tailed)	,362	,139	,207
	N	154	154	154
Luentojen loppuminen 3 porrasta	Pearson Correlation	-,020	-,017	-,230**
	Sig. (2-tailed)	,809	,839	,004
	N	154	154	154
Luennoille osallistuminen 2	Pearson Correlation	1	,100	,290**
	Sig. (2-tailed)		,219	,000
	N	154	154	154
Työn yhteyden ymmärtäminen kurssiin, johonkin teoriaan ja mittaamisen opetteluun	Pearson Correlation	,100	1	,307**
	Sig. (2-tailed)	,219		,000
	N	154	154	154
Labroista pitäminen, niiden palkitsevuus ja niissä onnistuminen	Pearson Correlation	,290**	,307**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	
	N	154	154	154
amf32	Pearson Correlation	,392**	,284**	,438**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000
	N	154	154	154
mitt2	Pearson Correlation	,102	,263**	,271**
	Sig. (2-tailed)	,209	,001	,001
	N	154	154	154
Perus- vai aineopintokurssi	Pearson Correlation	,012	-,167*	-,105
	Sig. (2-tailed)	,879	,039	,195
	N	153	153	153
Lappu - vai selkkariyö	Pearson Correlation	,174*	,040	-,022
	Sig. (2-tailed)	,032	,624	,791
	N	153	153	153

Kuvio E.2: SPSS:n tuloste taustamuuttujien välisistä korrelaatioista (2/3). Taulukossa merkintä "amf32" viittaa alkumotivaatioon ja "mitt2" mittalaitteiden toimintaperiaatteen ymmärtämiseen.

Correlations

		amf32	mitt2	Perus- vai aineopintokurssi	Lappu - vai selkkariyö
Sukupuoli	Pearson Correlation	-,191*	-,177*	-,111	-,078
	Sig. (2-tailed)	,018	,028	,174	,335
	N	154	154	153	153
Yksin vai parin kanssa	Pearson Correlation	,071	-,137	-,107	-,244**
	Sig. (2-tailed)	,383	,091	,186	,002
	N	154	154	153	153
Luentojen loppuminen 3 pörrasta	Pearson Correlation	-,187*	,165*	,026	,240**
	Sig. (2-tailed)	,020	,041	,746	,003
	N	154	154	153	153
Luennoille osallistuminen 2	Pearson Correlation	,392**	,102	,012	,174*
	Sig. (2-tailed)	,000	,209	,879	,032
	N	154	154	153	153
Työn yhteyden ymmärtäminen kurssiin, johonkin teoriaan ja mittaamisen opetteluun	Pearson Correlation	,284**	,263**	-,167*	,040
	Sig. (2-tailed)	,000	,001	,039	,624
	N	154	154	153	153
Labroista pitäminen, niiden palkitsevuus ja niissä onnistuminen	Pearson Correlation	,438**	,271**	-,105	-,022
	Sig. (2-tailed)	,000	,001	,195	,791
	N	154	154	153	153
amf32	Pearson Correlation	1	,215**	-,091	,026
	Sig. (2-tailed)		,008	,264	,748
	N	154	154	153	153
mitt2	Pearson Correlation	,215**	1	-,012	,129
	Sig. (2-tailed)	,008		,885	,112
	N	154	154	153	153
Perus- vai aineopintokurssi	Pearson Correlation	-,091	-,012	1	,184*
	Sig. (2-tailed)	,264	,885		,023
	N	153	153	153	153
Lappu - vai selkkariyö	Pearson Correlation	,026	,129	,184*	1
	Sig. (2-tailed)	,748	,112	,023	
	N	153	153	153	153

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Kuvio E.3: SPSS:n tuloste taustamuuttujien välisistä korrelaatioista (3/3). Taulukossa merkintä "amf32" viittaa alkumotivaatioon ja "mitt2" mittalaitteiden toimintaperiaatteen ymmärtämiseen.

F TAUSTAMUUTTJIEN VÄLISET KORRELAATIOT LAPPUTÖISSÄ

		Correlations		
		Sukupuoli	Yksin vai parin kanssa	Luentojen loppuminen 3 porrasta
Sukupuoli	Pearson Correlation	1	,184	-,157
	Sig. (2-tailed)		,050	,096
	N	114	114	114
Yksin vai parin kanssa	Pearson Correlation	,184	1	-,139
	Sig. (2-tailed)	,050		,139
	N	114	114	114
Luentojen loppuminen 3 porrasta	Pearson Correlation	-,157	-,139	1
	Sig. (2-tailed)	,096	,139	
	N	114	114	114
Luennoille osallistuminen 2	Pearson Correlation	-,045	,180	-,161
	Sig. (2-tailed)	,631	,056	,087
	N	114	114	114
Työn yhteyden ymmärtäminen kurssiin, johonkin teoriaan ja mittaamisen opetteluun	Pearson Correlation	-,174	-,219*	-,058
	Sig. (2-tailed)	,063	,019	,537
	N	114	114	114
Labroista pitäminen, niiden palkitsevuus ja niissä onnistuminen	Pearson Correlation	-,084	,049	-,233*
	Sig. (2-tailed)	,374	,607	,013
	N	114	114	114
amf32	Pearson Correlation	-,181	,084	-,146
	Sig. (2-tailed)	,054	,372	,121
	N	114	114	114
mitt2	Pearson Correlation	-,138	-,105	,112
	Sig. (2-tailed)	,145	,265	,235
	N	114	114	114
Perus- vai aineopintokurssi	Pearson Correlation	-,114	,038	,009
	Sig. (2-tailed)	,226	,691	,923
	N	114	114	114
Ennakkotehtävät	Pearson Correlation	-,027	-,073	-,189*
	Sig. (2-tailed)	,778	,437	,044
	N	114	114	114

Kuvio F.1: SPSS:n tuloste taustamuuttujien välisistä korrelaatioista lapputöissä (1/3). Taulukossa merkintä "amf32" viittaa alkumotivaatioon ja "mitt2" mittalaitteiden toimintaperiaatteen ymmärtämiseen.

Correlations

		Luennoille osallistuminen 2	Työn yhteyden ymmärtäminen kurssiin, johonkin teoriaan ja mittaamisen opetteluun	Labroista pitäminen, niiden palkitsevuus ja niissä onnistuminen
Sukupuoli	Pearson Correlation	-,045	-,174	-,084
	Sig. (2-tailed)	,631	,063	,374
	N	114	114	114
Yksin vai parin kanssa	Pearson Correlation	,180	-,219*	,049
	Sig. (2-tailed)	,056	,019	,607
	N	114	114	114
Luentojen loppuminen 3 porrasta	Pearson Correlation	-,161	-,058	-,233*
	Sig. (2-tailed)	,087	,537	,013
	N	114	114	114
Luennoille osallistuminen 2	Pearson Correlation	1	,080	,342**
	Sig. (2-tailed)		,397	,000
	N	114	114	114
Työn yhteyden ymmärtäminen kurssiin, johonkin teoriaan ja mittaamisen opetteluun	Pearson Correlation	,080	1	,276**
	Sig. (2-tailed)	,397		,003
	N	114	114	114
Labroista pitäminen, niiden palkitsevuus ja niissä onnistuminen	Pearson Correlation	,342**	,276**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,003	
	N	114	114	114
amf32	Pearson Correlation	,436**	,264**	,489**
	Sig. (2-tailed)	,000	,005	,000
	N	114	114	114
mitt2	Pearson Correlation	,059	,199*	,292**
	Sig. (2-tailed)	,535	,034	,002
	N	114	114	114
Perus- vai aineopintokurssi	Pearson Correlation	-,114	-,190*	-,071
	Sig. (2-tailed)	,226	,043	,451
	N	114	114	114
Ennakkotehtävät	Pearson Correlation	-,010	,254**	-,014
	Sig. (2-tailed)	,920	,006	,884
	N	114	114	114

Kuvio F.2: SPSS:n tuloste taustamuuttujien välisistä korrelaatioista lapputöissä (2/3). Taulukossa merkintä "amf32" viittaa alkumotivaatioon ja "mitt2" mittalaitteiden toimintaperiaatteen ymmärtämiseen.

Correlations

		amf32	mitt2	Perus- vai aineopintokurssi	Ennakkotehtävät
Sukuupuoli	Pearson Correlation	-,181	-,138	-,114	-,027
	Sig. (2-tailed)	,054	,145	,226	,778
	N	114	114	114	114
Yksin vai parin kanssa	Pearson Correlation	,084	-,105	,038	-,073
	Sig. (2-tailed)	,372	,265	,691	,437
	N	114	114	114	114
Luentojen loppuminen 3 porrasta	Pearson Correlation	-,146	,112	,009	-,189*
	Sig. (2-tailed)	,121	,235	,923	,044
	N	114	114	114	114
Luennoille osallistuminen 2	Pearson Correlation	,436**	,059	-,114	-,010
	Sig. (2-tailed)	,000	,535	,226	,920
	N	114	114	114	114
Työn yhteyden ymmärtäminen kurssiin, johonkin teoriaan ja mittaamisen opetteluun	Pearson Correlation	,264**	,199*	-,190*	,254**
	Sig. (2-tailed)	,005	,034	,043	,006
	N	114	114	114	114
Labroista pitäminen, niiden palkitsevuus ja niissä onnistuminen	Pearson Correlation	,489**	,292**	-,071	-,014
	Sig. (2-tailed)	,000	,002	,451	,884
	N	114	114	114	114
amf32	Pearson Correlation	1	,213*	-,099	-,136
	Sig. (2-tailed)		,023	,293	,148
	N	114	114	114	114
mitt2	Pearson Correlation	,213*	1	-,027	-,110
	Sig. (2-tailed)	,023		,774	,243
	N	114	114	114	114
Perus- vai aineopintokurssi	Pearson Correlation	-,099	-,027	1	-,250**
	Sig. (2-tailed)	,293	,774		,007
	N	114	114	114	114
Ennakkotehtävät	Pearson Correlation	-,136	-,110	-,250**	1
	Sig. (2-tailed)	,148	,243	,007	
	N	114	114	114	114

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Kuvio F.3: SPSS:n tuloste taustamuuttujien välisistä korrelaatioista loppuotöissä (3/3). Taulukossa merkintä "amf32" viittaa alkumotivaatioon ja "mitt2" mittalaitteiden toimintaperiaatteen ymmärtämiseen.

G VIF-ANALYYSIN TULOSTEET

Taulukko XV: Multikollineaarisuuden testaamiseen jäytetyn VIF-analyysin tulokset, kun mukana kaikkiin töihin tulleet vastaukset. Kun arvon on alle 4, ei viitteitä multikollineaarisuudesta ole havaittavissa.

Muuttuja	VIF
Sukupuoli	1,192
Yksin vai parin kanssa	1,174
Mittalaitteiden toimintaperiaate	1,229
Alkumotivaatio	1,507
Perus- vai aineopintokurssi	1,108
Lappu- vai selostustyö	1,195
Luennoille osallistuminen	1,268
Luentojen loppuminen	1,281
Laboratoriotöihin suhtautuminen	1,476
Työn tarkoituksen ymmärtäminen	1,261

Taulukko XVI: Multikollineaarisuuden testaamiseen jäytetyn VIF-analyysin tulokset lapputöissä. Kun arvon on alle 4, ei viitteitä multikollineaarisuudesta ole havaittavissa.

Muuttuja	VIF
Sukupuoli	1,169
Yksin vai parin kanssa	1,153
Mittalaitteiden toimintaperiaate	1,188
Alkumotivaatio	1,662
Perus- vai aineopintokurssi	1,151
Ennakkotehtävät	1,278
Luennoille osallistuminen	1,325
Luentojen loppuminen	1,210
Laboratoriotöihin suhtautuminen	1,528
Työn tarkoituksen ymmärtäminen	1,342