

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Ammatillinen opettajakorkeakoulu

Juusola Pekka  
Pulkinen Mika  
Tuunila Markku

Kehittämishanke

## **Laboratoriotyön raportointi oppimisen näkökulmasta**

Työn ohjaaja Jukka Kurenniemi  
Lappeenranta 4/2011

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Ammatillinen opettajakorkeakoulu  
Opettajankoulutuksen kehittämishanke

Juusola, Pekka; Pulkkinen, Mika; Tuunila, Markku  
Laboratoriotyön raportointi oppimisen näkökulmasta  
43 sivua + 23 liitesivua  
Huhtikuu 2011  
Työn ohjaaja Jukka Kurenniemi

---

## TIIVISTELMÄ

Tämä kehittämishanke käsittelee ammattikorkeakoulun laboratoriotöiden raportointia sekä niihin liittyvää pedagogiikkaa. Laboratoriotyöt raportoidaan ammattikouluissa ja yliopistoissa kuten opinnäytetyöt, tieteellistä raportointitapaa käyttäen. Kehittämishankkeessa selvitettiin millainen on kirjallisuuden kuvaama tieteellinen teksti ja perehdyttiin sen rakenteeseen, kirjoitustyyliin ja kirjoittamisprosessiin. Lisäksi tutustuttiin muutamien ammattikorkeakoulujen ja yliopistojen laboratoriotyöraporttien ohjeistuksiin.

Keskeisiä asioita laboratoriotyöraportissa selviteltiin monelta kannalta. Tähän kuuluvat mm. raportin selkeys ja luettavuus sekä raportin osien merkitykset.

Laboratoriotyön raportointia pohdittiin pedagogisesta näkökulmasta, laboratoriota oppimisympäristönä ja hyvän laboratoriotyön tavoitteita. Myös konstruktivistinen näkökulma oppimiseen on huomioitu, kuten myös tieteellisen ajattelun merkitys.

Kehittämishankkeen osana laadittiin Saimaan ammattikorkeakoulun Imatran tekniikan yksikköön laboratoriotöiden raportointiohjeistus. Ohjeistusta varten selvitettiin laboratoriotöiden opettajilta kyselylomakkeen avulla töiden raportointiin liittyviä asioita. Kyselyn tulokset ja sen yhteenveto on esitetty kehittämishankkeessa.

Laboratoriotöitä ja sen raportointia tehdessä opiskelija oppii mm. teorian ja käytännön yhdistämistä, tiedon rakentamista sekä tieteellisen ja kriittisen ajattelutavan.

---

Asiasanat: ammattikorkeakoulu, laboratoriotyö, raportointiohje, oppiminen, raportti, tieteellinen teksti

## Sisällysluettelo

1 Johdanto .....	4
2 Tieteellinen teksti.....	5
2.1 Jäsentely.....	6
2.2 Tieteellisen tuotoksen perusrakenne .....	7
2.3 Tyyli ja kieliasu.....	9
2.4 Tieteellisen kirjoittamisen prosessi .....	10
3. Keskeiset asiat laboratoriotyön raportoinnissa .....	12
3.1 Selkeys ja luettavuus .....	12
3.2 Raportin kieliasu ja muotoilu.....	13
3.3 Oppilaan oppiminen .....	14
3.4 Oppilaan tai ryhmän luovuus.....	15
3.5 Olennaiset osat laboratoriotyöraportissa .....	15
4. Laboratoriotyön raportointi pedagogisesta näkökulmasta .....	25
4.1 Laboratorio oppimisympäristönä .....	25
4.2 Hyvän laboratoriotyön tavoitteet .....	26
4.3 Konstruktivisen oppimiskäsityksen soveltaminen .....	29
4.4 Tieteellinen ja kriittinen ajattelu .....	31
5. Laboratoriotöiden raportointi ammattikorkeakouluissa ja yliopistoissa .....	33
5.1 Ohjeistus .....	33
5.2 Raportoinnin kieli.....	34
5.3 Käytännöt raportoinnissa.....	35
6. Käytännöt laboratoriotöiden raportoinnissa Saimaan ammattikorkeakoulun tekniikan yksikössä.....	36
6.1 Kyselyn tulokset kemian, fysiikan ja sähkötekniikan opettajilta.....	36
6.2 Kyselyn yhteenveto .....	39
7 Yhteenveto.....	41
Lähteet.....	42

## Liitteet

Liite 1: Ohjeistus laboratoriotyön raportointiin

# 1 Johdanto

Saimaan ammattikorkeakoulun tekniikan koulutusohjelmalla Imatran yksikössä koulutetaan insinöörejä prosessitekniikan koulutusohjelmassa. Tämä sisältää kemian, fysiikan ja sähkötekniikan opintoja, joissa laboratoriotyöt ovat yksi keskeinen opettamismuoto. Työt kytkeytyvät usein teoriapitoiseen luento-opetukseen ja opiskelijoiden tulisi löytää laboratoriotyöskentelyssä yhteyksiä teorian ja käytännön välillä. Lisäksi opiskelijat joutuvat tuottamaan tieteellistä tekstiä raporttien muodossa tai tehdessään opinnäytetyötä.

Tämä kehittämishanke käsittelee laboratoriotyöraportin kirjoittamiseen liittyviä asioita ja pohtii sen merkitys oppimisen välineenä. Yhtenä tärkeänä syynä tähän kehittämishankkeeseen oli se, että Saimaan ammattikorkeakoulun tekniikan yksikössä on ollut puutteellinen ohjeistus laboratoriotöiden raportointiin. Varsinaista yleistä sisällöllistä ohjetta ei ole ollut, vaan kukin opettaja on erikseen ohjeistanut opiskelijoita pitämillään laboratoriotyökursseilla.

Tämän kehittämishankkeen päämäärä oli luoda yhtenäinen ja selkeä raportointiohjeistus laboratoriotöiden kirjoittamiseen oppilaiden ja myös opettajien tueksi. Laboratoriotyöohjeistuksessa keskitytään raportoinnin merkitykseen, sen rakenteeseen ja ulkoasuun sekä sisällön rakentamiseen oikeanlaiseen muotoon. Se tukee ammattikorkeakoulun opinnäytetyöohjeistusta (Saimaa amk 2009) ja pyrkii olemaan sen jatkeena sisältöasioissa.

Kehittämishankkeessa tutustuttiin joihinkin tämän asteen oppilaitosten laboratoriotyöraporttien ohjeisiin ja selvitettiin tämänhetkisiä raportointikäytäntöjä ammattikorkeakoulun opettajilta.

## 2 Tieteellinen teksti

Tieteelliset julkaisut kirjoitetaan käyttäen tekstiä, joka voi olla usein vaikeasti ymmärrettävää muille kuin sen alan hallitseville asiantuntijoille. Tieteellinen teksti eroaa tieteenalan erikoistermien käytöllä arki- ja puhekielestä. Erilaisia tieteellisiä tekstejä ovat mm. tieteelliset lehdet, konferenssijulkaisut, raportit ja selvitykset. Myös opinnäytetyöt, lopputyöt ja monografiat ovat luonteeltaan tieteellisiä tekstejä. (Mäkinen 2005, 7-9)

Laboratoriotyöraporttiakin voi hyvästä syystä kutsua tieteelliseksi tekstiksi, jota koskevat tieteellisen tekstin säännöt. Laboratoriotyön raportointi voidaan tehdä myös yksinkertaisemmin, jolloin sitä kutsutaan tekniseksi raportiksi. Tällaisella raportilla ei ole tieteellistä tai opetuksellista luonnetta, vaan siinä raportoidaan työn tekninen suoritus ja tulokset niitä tieteellisemmin pohtimatta.

Tieteellisen tekstin tunnusmerkkejä ovat mm. sen looginen eteneminen ja konventionaalisuus eli sopimuksenvaraisuus (Mäkinen 2005, 9). Selkeys on myös olennainen ominaisuus tieteelliselle kirjoittamiselle, varsinkin jos jotain sanotaan ensimmäistä kertaa, on selkeysvaatimus välttämätön (Day 1998, 1).

Tieteellisen tekstin loogisuus on seurausta tutkimuksesta, joka etenee loogisesti, ja jota tieteellinen teksti yrittää kuvata. Tieteellinen teksti ei ole kuitenkaan vapaasti kirjoitettua, esseetyylistä kirjoitusta vaan hyvin järjestelmällisesti organisoitua. Tämä on seurausta käytetystä järjestelmällisestä tieteellisen tekstin formaatista, jossa asiat esitetään aina tietyssä järjestyksessä. Tieteellisen tekstin järjestelmällisyys ja sen konventionaalisuus helpottaa myös sen lukemista. (Mäkinen 2005, 10-13)

Objektiivisuus on tieteelliselle tutkimukselle ja tekstile ominaista, sillä ne eivät saa tukeutua mielipiteisiin, uskomuksiin tai luuloihin, vaan tutkimuksesta saatu tieto on ainoa tiedon lähde. Asioita tarkastellaan tutkimuskohteesta saatavasta kokemuksesta käsin. Niistä kerrotaan mahdollisimman neutraalisti välttäen subjektiivisia kannanottoja. (Mäkinen 2005, 10)

Tieteellisessä tekstissä käytetään yksikön tai monikon ensimmäisen persoonan sijasta passiivia. Aivan kielletty ensimmäisen persoonan käyttö ei kuitenkaan ole. Joskus sitä

käytetään tekstin elävöittämiseksi ja vakuuttamistarkoituksessa – eli retorisena tehokeinona. (Mäkinen 2005, 10)

Tieteelliselle kirjoittamiselle on tyypillistä käsitteiden muodostus ja niiden tiukka määrittely. Tieteellisten käsitteiden tulee olla eksakteja, tarkkoja ja täsmällisiä. Näitä luotaessa on tavoitteena oltava johdonmukaisuus, yksinkertaisuus, selvyys, yleisyys ja totuus. (Mäkinen 2005, 11)

Tieteelliseen tekstiin liittyy edellä mainittujen asioiden lisäksi intertekstuaalisuus, joka tarkoittaa tekstin suhdetta muihin teksteihin eli tekstienvälisyyttä (Hosiaisuus 2003, 357). Lukija tiedostaa, että tieteellisessä tekstissä on viittauksia muihin teksteihin, joista tietoa on mm. saatu (Mäkinen 2005, 13). Tieteellisissä kirjoitelmissa viitataan muuhun tekstiin tekstin sisällä asiaan liittyvässä kohdassa. Tämä viittaus tehdään, joko numeroimalla viite tai lyhentämällä viitteen tiedot sulkulausekkeen sisällä.

Kun tieteellistä tekstiä tarkastellaan pedagogisesti, niin sen tärkeimpiä ominaisuuksia on argumentointi. Kaikki tekstissä esitetyt väitteet on perusteltava, jolloin kirjoittaja joutuu pohtimaan ja miettimään tuloksiaan ja niiden merkitystä, vakuuttelemaan ja perustelemaan omaa näkemystään. Juuri tämä ajattelun ja argumentoinnin prosessi edistää oppimista. (Mäkinen 2005, 10; Kniivilä, Lindblom-Ylänne & Mäntynen 2007, 13)

Tieteellistä raporttia kirjoitettaessa tapahtuu myös oppimista substanssin lisäksi metataidoissa; ajattelu- ja kirjoitustaito, äidinkielen monipuolinen käyttö, käsitteellistämisen taito, tieteellisten artikkelien lukutaito ja kriittinen ajattelu kehittyvät samalla.

## ***2.1 Jäsentely***

Ennen varsinaista kirjoitustyötä, on syytä pyrkiä miettimään tekstin jäsentelyä, jonka tarkoituksena on tehdä isosta asiakokonaisuudesta sopivia osia. Jäsentely ja tekstin rytmittäminen auttaa lukijaa seuraamaan kirjoittajan ajatuksia. Hyvin jäsenneilty teksti etenee loogisesti ja väliotsikoita käyttäen, jolloin jo sisällysluettelo antaa hyvän kuvan työstä. Kronologinen eteneminen on perinteisin jäsentelymalli. Tekstin voi jäsennellä myös asioiden tärkeyden mukaan. Käytännössä kirjoittaja voi pohtia jäsentämistä

luettelomallilla asioita ja miettiä niiden esittämisen laajuutta. Kirjoittajan on valittava sopiva jäsentelymalli ja asetettava asiat sen mukaiseen järjestykseen. (Nykänen 2002, 28)

Tieteellisen tekstin yleinen jäsentely on normaalisti: (Nykänen 2002, 28)

- Johdanto
- Tutkimusaineisto ja – menetelmät
- Tulokset
- Tulosten arviointi

## ***2.2 Tieteellisen tuotoksen perusrakenne***

Hyvin jäsenneily tieteellinen teksti noudattaa yleisesti sovittua perusrakennetta. Kirjallisuudesta löytyy hyviä lähteitä tutkimusllosteen perusrakenteesta. Eräs tieteellisen raportin rakenne on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Tutkimusllosteen perusrakenne. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2004, 234)

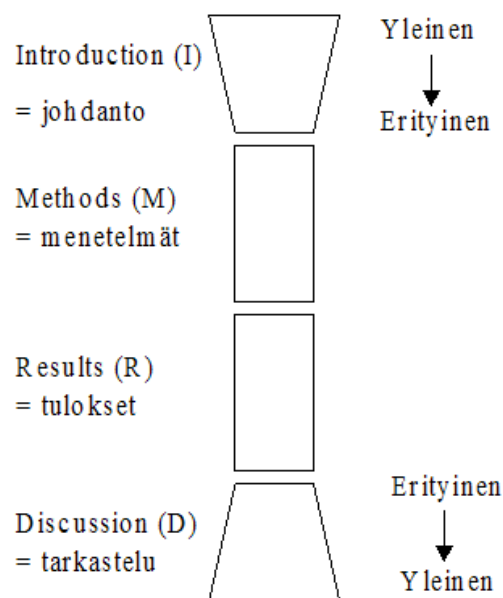
	<b>Tutkimusllosteen perusrakenne</b>
1	Nimiösivu eli nimiölehti
2	Tiivistelmä (abstrakti)
3	Esipuhe
4	Sisällysluettelo
5	Johdanto
6	Tutkittava ilmiö ja sen teoreettiset lähtökohdat (usein osa johdantoa)
7	Tutkimuksen pääkysymys, ongelmat ja mahdolliset hypoteesit (usein osa johdantoa)
8	Menetelmä
9	Tulokset (ja johtopäätökset)
10	Tarkastelu (”diskussio”)
11	Lähdeluettelo
12	Liitteet

Tutkimusllosteen perusrakennetta noudatetaan useimmissa opinnäytetöissä ja asiaraporteissa. Puhutaan kolmijakoisesta jäsentelystä: 1) lukijaa monin tavoin

palveleva alkuosa eli *valmisteleva osa*, johon kuuluvat nimiösivu eli nimiölehti, tiivistelmä, sisällysluettelo (ja mahdollisesti lyhenteiden ja merkkien selitykset tai taulukoiden ja kuvioiden luettelot sekä esipuhe); 2) *runko-osa* eli varsinainen teksti, johon kuuluvat johdanto (Introduction), ongelmankäsitelyosan (Methods), tulokset (Results), niiden tarkastelu (Discussion) ja lähdeluettelo, sekä 3) *loppuosa*, johon kuuluvat liitteet ja mahdollisesti myös asia- ja henkilöhakemisto. ((Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2004, 234.)

Seuraavassa on tarkasteltu tieteellisen tekstin runko-osaa enemmän. Tieteellinen teksti on rakenteeltaan sellainen kuin tieteenalan piirissä pidetään sopivana. Yleisesti hyväksytty muoto tieteelliselle tekstille tieteellisissä artikkeleissa on IMRD-kaava. Kaavan lyhenne tulee tieteellisen tekstin osista Introduction (= johdanto), Methods (= menetelmät), Results (= tulokset) and Discussion (= tarkastelu). Sitä käytetään esimerkiksi sekä yhteiskunnallisten että luonnontieteellisten artikkelien ja konferenssipaperien kirjoittamisessa. (Mäkinen 2005, 11-12)

Retorinen muoto tieteelliselle tekstille (julkaisulle) on kuvattuna kuviossa 1.



Kuvio 1. Tieteellisen julkaisun muoto (Swales & Feak 2004, 222).

Johdannossa edetään tutkimuksen yleisistä asioista erityisiin asioihin ja tarkasteluosiossa tutkimuksen erityisistä ja yksityiskohtaisista asioista yleisiin asioihin (Swales & Feak 2004, 222).



IMRD-kaavan käyttäminen helpottaa kirjoittamisprosessia, kun kirjoittaja voi asettaa itselleen osatavoitteita niitä tehdessä. Tutkimus tulee raportoitua loogisesti ongelmasta sen ratkaisuun ja se helpottaa tutkimukseen perehtymistä. (Mäkinen 2005, 12)

Tieteellinen artikkeli suunnataan oman alan tutkijayhteisölle. Opinnäytetyö kohdistetaan mm. yrityksille, yhteiskunnanvaikuttajille tai tiedeyhteisöille. Laboratoritöiden raportointi, johon tämä kehittämishanke liittyy, kirjoitetaan usein myös tieteellisellä tekstillä käyttäen IMRD-kaavaa. Sen kohderyhmänä ovat oppiainetta ohjaavat opettajat ja opiskelijatoverit.

Tieteellisen tekstin runko-osan lopussa on lähdeluettelo, jossa viitteet on koottu peräkkäin viitteen numeron, jos sitä tapaa käytetään, tai toisessa tapauksessa tekijän mukaisessa aakkosjärjestyksessä. Kussakin tieteellisessä julkaisussa on oma tapansa viittauksille tekstin sisällä ja lähdeluettelossa.

Laboratoriotyön raportoinnissa voidaan käyttää edellä esitettyä perusrakennetta, lähinnä sen runko-osaa. Sen raportoinnista on kerrottu tarkemmin luvussa 4.

Tieteellisten kirjoitelmien pituudet vaihtelevat paljon. Esimerkiksi gradutyö voi olla vaikka 80 sivun pituinen. Toisaalta konferenssiartikkelit tai oppiaineen laboratoriotyöraportit voivat olla pituudeltaan vain muutamien sivujen pituisia, riippuen kuuluuko teorian käsittely raportointiin. Lyhyissä tieteellisissä kirjoitelmissa keskeisimmät asiat sanotaan tiivistetysti.

### ***2.3 Tyyli ja kieliasu***

Tieteellinen teksti on tarkoitettu luettavaksi, ymmärrettäväksi ja keskeisiltä asioiltaan muistettavaksi. Siinä pitää olla olennainen tieto esityksen ymmärtämiseksi. Tehokkaasti kirjoitettu tieteellinen tyyli on yksinkertaisen selvää, täsmällistä ja vakuuttavaa. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2004, 261)

Tieteellinen teksti poikkeaa yleiskielestä lähinnä erikoiskäsitteistöltään. Virkerakenne on hyvä olla tieteellisessä tekstissä yksinkertaista. Konkreettista kirjoitustapaa käyttämällä teksti virittää ja ylläpitää lukijan kiinnostusta. Havainnollistaminen on

erityisen tärkeää, kun tieteestä kirjoitetaan yleistajuisuutta tavoitellen. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2004, 262)

Hyvä tieteellinen teksti on yhtenäinen asiasisällöltään, rakenteeltaan ja kieliasultaan. Kielen ilmaisu luodaan sidosteisuutta tekstiin. Tieteellinen teksti on myös täsmällistä. Se ilmenee jäsentelyn tarkoituksenmukaisuutena ja tarkkuutena, virkerakenteen jänteveyytenä ja yksiselitteisyytenä sekä sanavalinnan asianmukaisuutena ja käsitteellisenä tarkkuutena. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2004, 264-270)

Tieteellisessä tekstissä on tieteenalan erityissanastoa eli termejä. Ne ovat tutkimuksessa tieteellisessä ajattelussa ja käsitteenmuodostuksessa välttämättömiä. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2004, 275-276)

Tieteellisessä tekstissä voi aikamuotojen käyttö olla ongelmallista. Preesensia, imperfektiä, perfektiä ja plusvanperfektiä voidaan käyttää. Preesens soveltuu mm. termien selityksiin, yleisluonteisiin väittämiin ja määritelmiin, teorian esittelyyn, taulukoiden ja kuvien yms. viittaamiseen sekä tutkimustulosten ja päätelmien esittämiseen. Imperfektiä käytetään viitattaessa aikaisempiin julkaisuihin, oman tutkimuksen kulkuun sekä omiin ja muiden tuloksiin. Se voi myös merkitä sitä, että väitteen esittäjä nykyhetkellä eri mieltä tai kyseinen mielipide on kumoutunut. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2004, 283-286; Kangasharju & Majapuro 2005, 78)

Perfekti ilmaisee mennyttä aikaa kuten imperfekti, mutta perfektillä ilmaistuna sillä on merkitystä vielä nykyhetkessä. Perfekti osoittaa imperfektiä paremmin lähteen merkityksen kirjoittajalle. Pluskvanperfektiä käytettäessä siihen sisältyy usein vivahdus, että kyseessä on referoitua tietoa. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2004, 283-286; Kangasharju & Majapuro 2005, 78)

#### ***2.4 Tieteellisen kirjoittamisen prosessi***

Tieteellisessä kirjoittamisessa ilmaistaan merkitykselliset tutkimustulokset lukijoille. Siinä noudatetaan tutkimusselosteen perusrakennetta. Kirjoittamisessa kehittyä ja harjaantuu (Mäkinen 2005, 146). Se on osa tutkimusprosessia, sen raportointia.

Kirjoittamiseen liittyy mekaanisen puolen lisäksi luovuus ja mallintaminen (Mäkinen 2005, 146). Se on ns. prosessikirjoittamista, johon kuuluu 1) ongelmien ratkaisemista, 2) tiettyyn tavoitteeseen pääsemiseksi, 3) kirjoittamisen avulla tai keinoin. Työprosessiin kuuluu seuraavat erilliset vaiheet: valmistautuminen, luonnostelu, palautteen hankkiminen, luonnoksen muokkaaminen, tekstin editointi, kieliäsun viimeistely, julkaisu ja arviointi. (Mäkinen 2005, 160)

Erona tieteellisessä kirjoittamisessa on perinteiseen kirjoittamiseen se, että huomio ei kiinnity ainoastaan lopputulokseen vaan tekstinteko nähdään monivaiheisena prosessina. Siinä kaikki vaiheet ovat tärkeitä. Tekstin jatkuva muokkaus ja uudelleen kirjoittaminen joko oman arvioinnin tai toisen antamien kommenttien perusteella on olennaista. (Kangasharju & Majapuro 1994, 38)

Teknis-tieteellinen kirjoittaminen voi alkaa esim. mittauslaitteiston kuvaamisesta. Tulososiota ei voi kirjoittaa ennen kuin kaikki tutkimukseen liittyvät laskut on suoritettu. Johdanto ja tarkasteluosio kirjoitetaan loppuun vasta, kun kaikki tutkimuksesta saatu tieto samoin kuin olemassa oleva tieto on käsitelty. Eli raportoiija on laskenut ja hahmottanut mitä saatiin selville ja miten se sopii jo olemassa olevaan tietoon. Raportoiija rehellisesti ja puolueettomasti kirjoittaa sitten työstään ja tutkimuskohteestaan tehden johtopäätöksiä.

### **3. Keskeiset asiat laboratoriotyön raportoinnissa**

Tutkimus- tai laboratoriotyöraportin tarkoitus on kirjoittajan ja lukijan välinen kommunikointi. Vaikka raporttien kirjoittamisen suhteen pätee sääntöjä, antavat ne kuitenkin sen verran joustoa, että selkeä kommunikaatio voi toteutua. Raportointi on myös oppimista, missä sitä kirjoittava opiskelija joutuu miettimään miten hänen tuloksensa sopivat teoriaan. (Comrie 1999)

Raportoinnissa on otettava huomioon kohdeyleisö eli kenelle raportti tehdään. Lukijana voidaan pitää henkilöä, jolla on samanlainen tieteellinen ja tekninen tausta kuin kirjoittajalla itsellään on. Vaikka lukija ei tuntisi yksityiskohtaisia menetelmiä, hän ymmärtää aiheen ja pystyy tarvittaessa toistamaan tutkimukset raportin perusteella. (Comrie 1999)

#### ***3.1 Selkeys ja luettavuus***

Laboriötyöraportin selkeys on yksi raportin tärkeistä ominaisuuksista. Selkeys tarkoittaa muun muassa sitä, että työn asiat ja tulokset on kirjoitettu niin, että opettaja ja toiset kurssilla olevat opiskelijat voivat ymmärtää raportin asiat. Selkeys tarkoittaa myös, sitä että sen ulkoasu on siisti, kirjoitettu tietokoneella tai kirjoituskoneella. Lyijykynällä tehtyä raporttia ei yleensä hyväksytä.

Comrie (1999) väittää, että kirjoittaminen kuvastaa ajattelua eli miten selkeästi ja loogisesti kirjoittaja ajattelee asiaa, niin se näkyy raportin selkeydessä. Tekstin tulisi rakentua lauseista, jotka muodostavat tekstikappaleita ja lukuja sekä kokonaisuuksia (Nykänen 2002, 135). Koko työssä tulisi näkyä kirjoittajan ns. flow (Comrie 1999).

Selkeyteen liittyy myös tekstin luettavuus. Teksti kokonaisuudessaan, tekstin jaottelu, kuvien ja taulukoiden sijoittelu vaikuttavat luettavuuteen. Hirsjärven ym. (1993, 74) mukaan laboratoriötyöraportin, niin kuin muidenkin tieteellisten tekstien hyvä asiatyyli on selkeää, havainnollista ja tiivistä. Selkeäksi ajateltu asia voidaan ilmaista myös selkeästi. Havainnollisuuteen pyrittäessä ajatellaan myös raportin lukijoita. Tiiveys ilmenee asioiden tiiviytenä ja ilmaisun kiinteytenä.

Tulosten esittäminen voidaan yleensä tehdä selkeästi suurestakin mittausdatasta. Siihen on nähtävä vaivaa, sillä aina ei ole selvää, onko tulokset havainnollisempaa esittää kuvassa vai taulukossa ja millä tavoin. Monesti laboratoriotyöraportissa samoin kuin tieteellisissä raporteissa on näitä molempia. Taulukolla voidaan tiivistää tärkeät tulokset ja siinä voidaan esittää niiden keskihajonta tai mittaustulosten epävarmuus (uncertainty).

Kuvia esitettäessä on tärkeää, että koordinaatiston valinta on järkevä, niin että mittapisteet erottuvat hyvin toisistaan ja koko kuva-alue on käytetty. Mahdolliset virheelliset mittapisteet voidaan jättää pois kuvasta, mutta siitä on syytä mainita raportin tekstissä. Toisinaan kuvassa esitetään alkuperäisestä mittausdatasta laskettua merkityksellisempää suuretta tai mitun suureen virhettä johonkin malliin. Tällöin kuva kannattaa pyrkiä tekemään niin selkeäksi, että siitä voi takaperin laskea alkuperäisen mittausdatan.

Laboratoriotyöraportissa on oltava näkyvissä työssä käytettävät laskukaavat. Nekin on esitettävä tekstissä yhdenmukaista tapaa käyttäen. Eri tieteellisissä julkaisuissa laskukaavojenkin merkitseminen voi hieman tyyllillisesti poiketa. Esimerkiksi suureitten yksiköiden merkitsemisessä laskukaavaan voi olla erilaisia käytäntöjä.

### ***3.2 Raportin kieliasu ja muotoilu***

Laboratoriotyöraportin kieli valitaan tilanteen ja opiskelijoiden mukaan eli käytännössä raportti on kirjoitettu suomeksi tai englanniksi. Riippumatta kielestä, tulisi se kieliasultaan olla moitteetonta tekstiä. Nykäsen (2002, 129) mukaan kieliopillinen virheettömyys ei ole kuitenkaan itsetarkoitus, vaan se varmistaa lukijan ymmärryksen. Tärkeintä olisi kirjoittaa kohderyhmä odotusten ja tekstin käyttötarkoituksen mukaan soveltuvaa tekstiä.

Raportissa tulisi välttää luettelomaisuutta ja kirjoittaa kokonaisia lauseita. Tekstin tulisi olla kieliopillisesti virheetöntä eli puhekielisiä ilmaisuja ja slangia ei raportissa tulisi käyttää. Myös ammattitermistö voi olla lukijalle vierasta. Kirjoituksessa tulisi välttää myös tyhjänpäivästä jaarittelua tai kankeaa kapulakieltä. Hyvin kirjoitettu teksti on aina sujuvaa ja tiivistä. Lyhenteet ja termit tulisi esitellä ensimmäisen kerran tekstissä, jos

kyse ei ole mm. yleisesti tunnetuista mittayksiköistä. (Saimaan amk 2009; Comrie 1999)

Raportoinnin aikamuotona käytetään yleensä mennyttä aikamuotoa, imperfektiä tai perfektiä. Varsinkin työmenetelmien kerronnassa imperfekti on sopiva, mutta jos kirjoitettava asia on yleisesti tunnettua teoriaa, niin tällöin voi käyttää presenssiä. Johdanto kirjoitetaan yleensä presenssissä (Saimaan amk 2009). Saimaan ammattikorkeakoulun ohjeistuksen (2009) mukaan teoriaosassa käytetään presenssiä, mutta viitattaessa jonkun tekemään tutkimukseen, käytetään mennyttä aikamuotoa.

Toinen tärkeä seikka kieliasussa on passiivin käyttö. Comrien (1999) mukaan omien menetelmien kerronnassa käytetään imperfektin passiivia, mutta tulosten esittelyssä voidaan käyttää presenssiä.

Vieraalla kielellä kirjoittaminen voi olla haasteellista. Pääsääntöisesti kaikki englanniksi tehdyt raportit on kirjoitettu tekijälle vieraalla kielellä. Yleensä vieraalla kielellä kirjoittaminen on hitaampaa ja vaikeampaa, kirjoittajan kielitaidosta riippuen. Englannin kielellä kirjoittajan tulisi yksinkertaistaa sanomaansa, suosia lyhyitä virkkeitä ja käyttää tuttuja sanoja sekä sanontoja. (Nykänen 2002, 156)

Raportin muotoiluseikat ovat usein oppilaitoskohtaisia. Esimerkiksi fontin ja sen koon valinta voi perustua siihen, onko tarkoitus lukea se paperilta vai näytöltä. Marginaalit valitaan usein tapauskohtaisesti tai käytetään yleisesti hyväksytyjä stardardoituja marginaaleja. Oppilaitosten opinnäytetyöohjeet neuvovat usen varsin tarkasti muotoiluseikat, joita myös laboratoriotyön raportoinnissa voidaan noudattaa.

### ***3.3 Oppilaan oppiminen***

Laborioryöraportin kirjoittaminen vaatii opiskelijalta perehtymistä työhön, ja sen taustoihin usein jo ennen kuin työ on varsinaisesti tehty. Oppilas oppii työssä monipuolisesti. Oppilaan oppiminen laboratoriotyön kautta on sen tärkein asia. Oppilas oppii ennen laboratoriotyötä, mikäli hän perehtyy laboratoriotyön aiheeseen lukemalla työohjeen ja mahdollisesti muuta siihen liittyvää kirjallisuutta. Laborioryössä

oppilas oppii mm. huolellisuutta, käytännöntaitoja, ongelmanratkaisutaitoja sekä ryhmätyötaitoja, jos työ tehdään ryhmässä.

Laboratoriotyön jälkeen oppilas tai ryhmän oppilaat yhdessä joutuvat uudelleen perehtymään laboratoriotyöhön. He joutuvat tekemään tiedonkeruuta, ongelmanratkaisua, laskentaa sekä työn ja tulosten raportointia. Näin oppilas tai ryhmän oppilaat oppivat työstä ja siihen liittyvästä aihepiiristä kolmessa vaiheessa. Lisäksi puutteellisen tai virheellisen laboratoriotyöraportin opettaja palauttaa oppilaalle tai ryhmälle. Oppilas tai ryhmän oppilaat oppivat vielä korjatessaan raporttia.

### ***3.4 Oppilaan tai ryhmän luovuus***

Laboratoriotyö tehdään yleensä annettujen ohjeiden mukaisesti. Työt ovat usein hyvin mietittyjä ja valmiiksi kehitettyjä, eikä niiden tekemisestä voi paljon poiketa. Kuitenkin aiheesta kiinnostuneet oppilaat voivat joskus keksiä uusia ratkaisuja. Laboratoriotyöskentelyssä voidaan soveltaa myös ongelmalähtöisyyttä, jolloin opiskelijat etsivät luovasti erilaisia ratkaisuja ongelmaan, tekevät tutkimuksia ja mittauksia, sekä raportoivat havainnot ja tekevät loppupäätelmiä.

Asioiden kyseenalaistaminen ja uudelleen kehittäminen ovat luovuutta, jota tarvitaan tutkimuksessa. Luovuutta voi käyttää myös laboratoriotyöraporttia tehtäessä, vaikka raportin rakenne on yleensä ennalta määrätty. Työn ja tulosten esittäminen havainnollisesti ja ymmärrettävästi vaatii oppilailta myös luovuutta. Luovuutta on esimerkiksi hyvä kirjallinen raportointi sekä kuvien ja taulukoiden tulosten havainnollinen esittäminen.

### ***3.5 Olennaiset osat laboratoriotyöraportissa***

Laboratoriotyöraportti kirjoitetaan pääsääntöisesti yleisen tieteellisen tekstin rakenteen (IMRD) mukaan, pois lukien kuitenkin joitain laajemmalle tuotokselle ominaisia piirteitä. Laboratoriotyöraportin tulee sisältää kuvauksen tehdystä työstä, sen tarkoituksesta, menetelmistä ja tuloksista. Mittaustulokset on myös oltava oikein ja selvästi.

Raportti sisältää monesti tutkimuselosteen osista kansilehden, sisällysluettelon, johdannon, teoreettiset lähtökohdat eli teoriaosan, menetelmäosan, tulosten tarkasteluosan, yhteenvedon, lähdeluettelon ja liitteet.

Seuraavassa on käsitelty laboratoriotyöraportin sisältö. Tämä sisältö sekä kehittämishankkeen liitteenä oleva raportointiohje (Liite I) noudattavat pääsääntöisesti Saimaan ammattikorkeakoulun opinnäytetyöohjeistusta.

### **3.5.1 Kansilehti**

Kansilehdelle kootaan tärkeimmät tiedot kirjoituksesta, minkä periaate perustuu kansainväliseen ISO-standardiin (Nykänen 2002, 64). Laboratoriotyöraportin alussa sen nimiösivulla tai kansilehdellä mainitaan *työn nimi*, myös *tekijöiden yhteystiedot* ja joissain tapauksissa tiivistelmä työstä (JyU 2010a). Työn nimi on usein sama kuin se on työtä varten annetussa työohjeessa. Nimi kuvaa monesti mitä määritetään ja millä tekniikalla.

*Työn nimi* eli otsikko on tärkein lukijakunnalle ja sen tulisi riittävän tarkasti kuvata tutkimusaihe (JyU 2010a). Kansilehdeltä löytyy usein myös tiedot oppilaitoksesta, koulutusohjelmasta ja opintojaksosta, sekä raportin palautuspäivä. Kansilehden visuaalisuus voi vaikuttaa lukijan huomion kiinnittämiseen ja kiinnostuksen heräämiseen (Nykänen 2002, 64).

### **3.5.2 Sisällysluettelo ja sivunumerointi**

Sisällysluettelo on lyhyitä kirjoitelmia lukuun ottamatta raportoinnissa hyödyllinen, sillä se auttaa lukijaa löytämään etsimänsä asian ja hahmottamaan kokonaisuutta (Tamk 2008). Siihen kirjoitetaan raportin otsikot ja ensimmäisen tason väliotsikot, sekä sivunumerot, joista luvut alkavat. Kolmatta alaotsikkotasoa enempää ei sisällysluetteloon tulisi merkitä. (Tirronen 1987, 24)

Sisällysluettelo ja sen muotoilu ei aina ole tarkasti määritelty, mutta periaatteena on sen selkeys ja ymmärrettävyys, esimerkiksi tasaukset, pisteviivat ja sisennykset



(Nykänen 2002, 68). Usein oppilaitoskohtaiset ohjeistukset määrittävät näitä asioita, mm. kirjasintyyppin ja – koon.

Sisällysluettelo otsikoidaan usein joko SISÄLTÖ tai SISÄLLYS. Tämän kehittämishankkeen teossa käytetty TAMK:n ohjeistus poikkeaa tässä Saimaan ammattikorkeakoulun ohjeistuksesta (Tamk 2008). Sisällysluettelon loppuun voidaan lisätä luettelo liitteistä, taulukoista ja kuvioista (Soininen 1995, 136).

Sivunumerointi alkaa kansilehdeltä, mutta merkitään näkyviin vasta sisällysluettelon jälkeiseltä sivulta alkaen, jatkuen raportin loppuun, pois lukien liitteet (Tirronen 1987, 24). Sivunumeroinnin paikan määräävät usein oppilaitoskohtaiset käytännöt. Yleinen suositus on, että sivunumerointi jatkuisi juoksevasti liitteisiin, mutta oppilaitoskohtaiset ohjeistukset voivat määrätä muuta.

### **3.5.3 Johdanto**

Laboratoriotyöraportin runko-osa alkaa yleensä johdanto-osiolla, joka on ensimmäinen numeroitu luku (Tamk 2008). Sanan Johdanto tilalla voidaan käyttää jotain muuta otsikkoa, esimerkiksi työn tarkoitus tai tutkittava ongelma. Johdannossa kuvataan tutkittu ilmiö lyhyesti (JyU 2010a). Johdanto ei saisi kuitenkaan alkaa sanoilla ”*Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tutkia...*” vaan lukijaa tulisi johdattaa aiheeseen kertomalla taustaa työlle (Soininen 1995, 136). Tutkiminen itsessään ei tulisi olla työn tarkoitus (Turku & Pulkkinen 2008, 6).

Johdanto-osion tehtävänä on johdattaa lukija sisälle aiheeseen ja herättää lukijan kiinnostus. Sen pitää antaa lukijalle alustavat tiedot käsiteltävästä asiasta ja kertoa myös mitä raportissa tullaan käsittelemään. Johdanto-osiosta pitää vaivattomasti käydä selville kirjoittajan perusidea ja mihin kirjoittaja pyrkii. Siinä esitellään selvästi, mutta vielä yleisluontoisesti tutkimustehtävä ja -tausta, rajataan tutkimusalue, esitetään mahdolliset ratkaistavat ongelmat ja hypoteesit, kerrotaan tutkimuksen tarkoitus sekä tutkimuksessa käytetyt menetelmät. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2004, 238 – 239; Soininen 1995, 136)

Johdannon päätarkoitus on antaa perustelut tutkimukselle, edeten yleisestä keskustelusta asiaan, jota tutkitaan. Sen toinen tarkoitus on houkutella tutkimusaiheeseen. (Swales & Feak 2004, 222.) Johdanto vastaa ainakin kysymyksiin: Miksi tämä työ on tehty? Mitä aiempaa tietoa asiasta on? Mikä on työn tarkoitus? (Dolphin 1997)

Johdannossa ei yleensä käsitellä teoriaa kovin yksityiskohtaisesti eikä viitata kirjallisuuteen, jos työhön liittyy varsinainen laaja kirjallisuuskatsaus tai teoriaosa jäljempänä. Johdannossa ei esitellä työmenetelmiä eikä tutkimustuloksia yksityiskohtaisesti vaan vain yleisesti. Johdantoon ei kirjoiteta päätelmiä. (Tirronen 1987, 25; Nykänen 2002, 70) Johdanto ei ole sama asia kuin tiivistelmä työstä (Turku & Pulkkinen 2008, 6)

#### ***3.5.4 Teoriaosa***

Työn teoreettinen perusta esitetään tässä osiossa. Toisinaan teoriaisuus voi olla niin suppea, että kappale soveltuu osaksi johdantoa (JyU 2010a). Muutoin laajalle kirjallisuuskatsaukselle annetaan oma luku otsikoineen. Usein lyhyitä, muutaman virkkeen kappaleita varten ei ole syytä otsikoida numeroin, vaan tulee käyttää muuta tehostekeinoa, kuten lihavoitua tai kursiivua (Turku & Pulkkinen, 2008).

Tutkimuksen teoriakehystä hahmotellessaan on esitettävä ja määriteltävä keskeiset käsitteet, joita tarvitaan tekstin ymmärtämiseksi. Teoreettiset taustat voivat selvittää esim. miksi mittaukset toteutetaan kyseisellä tavalla tai mikä teoria on työn taustalla. Tutkimusongelma määritellään tarkasti (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2004, 241 - 242).

Tätä osiota kirjoittaessa opiskelijan on ratkaistava ja kirjoitettava olennaiset teoreettiset asiat, jotka liittyvät laboratoriotyöhön. Usein työohje sisältää tätä tietoa. Tietoa aihepiiristä saattaa löytyä myös oppikirjoista tai alan kirjallisuudesta. Lähteen tekstiä ei kopioida, vaan asia esitetään omin sanoin (JyU 2010a). Lähdeviittaukset merkitään oppilaitoksen ohjeistuksen mukaisesti.

### 3.5.5 Menetelmät eli kokeellinen osa

Tutkimusmenetelmäosassa kuvataan tutkimuksen eteneminen, esitellään mittauslaitteisto ja suoritettut mittaukset. Otsikkona voi olla *Työn suoritus, Kokeellinen osa* tai *Materiaalit ja menetelmät*, joka on osion nimi tieteellisissä artikkeleissa. (JyU 2010a).

Hirsjärven ym (2004, 242) mukaan kokeellisessa osassa selostetaan tarkasti kaikki ne seikat, jotka ovat välttämättömiä tutkimuksen kulun ymmärtämiseksi ja mahdollisen uusintatutkimuksen tekemiseksi. Vaikka kuvailu ja selittäminen on tehtävä tarkasti, epäolennaisista yksityiskohdista on pidättäydyttävä. Tarkoituksena ei ole hämmentää lukijaa liian tarkoilla yksityiskohdilla (Dolphin 1997). Tutkimuksen läpikäynnin tarkkuus on oltava riittävä toistettavuuden kannalta (Mäkinen 2005, 120).

Jos kokeellisen osan menetelmät pohjautuvat oppikirjaa, ohjeisiin tai standardeihin, ei niitä silloin tarvitse kuvata yksityiskohtaisesti, vaan maininta esimerkiksi käytetystä standardista riittää. Kuitenkin laitteistojen erityispiirteet tai poikkeukset on kuvattava, myös menetelmän yleisperiaate on syytä kirjoittaa. (Dolphin 1997)

Laboratoriotyöraportin kokeellisen osan voi jakaa vielä alaotsikoin; *Työn tarkoitus ja tavoite*, jossa käydään läpi johdantoa tarkemmin taustaa työlle ja tavoitteet mihin tutkimuksella pyritään, *Käytetyt materiaalit*, joka helpottaa lukijaa hahmottamaan työssä käytettyjä materiaaleja, kemikaaleja ym., sekä varsinainen *Työn suoritus* -osio. (Turku & Pulkkinen, 2008, 7)

### 3.5.6 Tulokset ja niiden käsittely

Tulososa on tutkimuksen keskeinen asia ja sen alkuun voidaan sisällyttää yleiskatsaus tehdyistä mittauksista ilman yksityiskohtia tai aiemman toistoa (Mäkinen 2005, 122). Tulososassa esitetään työn tulokset, havainnot ja mahdolliset laskut. Fysiikan laboratoriotyöraporteissa esitetään tulokset virheineen ja laskutoimituksineen sekä kuvaus kuinka näihin tuloksiin päästään (JyU 2010a).

Kemian laboratoriotyöraportissa ei tarvitse yleensä niin paljon tarkastella virhelähteitä kuin fysiikassa. Varsin monissa kemian analyysimenetelmissä, esim. kromatografiset tai spektroskopiset menetelmät, suoritetaan tutkittavien näytteiden mittaukset yhdessä standardien kanssa samalla kertaa. Näin menettelemällä saadaan laskennallisesti määritettyä tutkittavan aineen määrä näytteissä.

Tulososiossa kerrotaan havainnoista ja myös mittausvirheistä tai mittauksen aikaisista häiriöistä. Kaikkia työhön liittyviä kysymyksiä on tarkasteltava, oli niihin saatu vastaus tai ei, sillä vastauksen puuttuminenkin on vastaus (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2004, 244).

Mäkinen (2005, 122 - 123) esittää, että tulososassa ei ehkä ole syytä esittää kaikkia tuloksia, vaan keskeisimmät ja merkittävimmät tulokset. Tulosten määrästä riippuen voi kirjoittaja valita esittääkö hän ne osana tekstiä vai graafisesti. Turhaa toistoa on syytä välttää ja on pyrittävä selkeään ilmaisuun, loogisuuteen ja tiiviYTEEN. Taulukot ja kuvat tukevat hyvin tulosten kirjallista tulkintaa. Jos tuloksia on runsaasti ja tulososassa esittää niistä oleellimmat, tulee loput tulokset esittää liitteissä taulukoituna (Nykänen 2002, 71).

Tutkimuksen keskeinen anti esitetään tutkimusongelmittain mahdollisimman selvästi ja yksinkertaisesti (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2004, 244). Laskukaavat laitetaan luontevasti tekstin yhteyteen ja kaavat numeroidaan. Taulukot ja kuvaajat havainnollistavat mittaustulosten esittämistä ja ovat välttämättömiä, kun mittaustuloksia on paljon. Kuvat ja taulukot on numeroitava ja otsikoitava. Lisäksi tekstissä tulee viitata niihin ja kommentoida tuloksia.

Tulosten tulkintaa tulee tehdä sitä mukaan kun tuloksia raportissa esitetään, eikä sitä saa jättää lukijan vastuulle. Tarkastelussa ei tulisi kiinnittää huomiota yksityiskohtiin, vaan etsiä trendejä ja suuntauksia. (Dolphin 1997) Yksittäisiä selkeästi virheellisiä tuloksia ja niiden syytä pitää kuitenkin pohtia. Tulososassa ei yleensä vielä tarkemmin pohdita tuloksia viitaten teoriaan tai aiempiin tutkimuksiin, vaan tämä tehdään seuraavassa osassa (Tarkastelu).

## Laskenta ja virhearviointi

Laskeminen on usein välttämätöntä työn lopputulosten saamiseksi. Oppilaat ratkaisevat, miten lopputulokset saadaan matemaattisesti mittaustuloksista, laitteiston parametreja, taulukkokirjatietoja, laskukaavoja ym. asioita apuna käyttäen. Tietoa on osattava etsiä, kysellä ja itse oivaltaa.

Laboratoriotyöraportin tekeminen loppuun on monesti kiinni siitä, ovatko oppilaat saaneet ratkaistua työhön liittyvät laskutoimitukset. Opettajan tulee työtä ohjatessaan mainita, että häneltä voi tarvittaessa tulla kysymään työhön liittyviä seikkoja. Näin oppilaille on pienempi kynnys kysyä esimerkiksi laskemisesta ja työselostukset valmistuvat nopeammin.

Vaadittujen laskujen tulee olla oikein suoritettuja. Laboratoriotyöraportissa on monesti oltava näkyvissä yksi esimerkkisijoitus vaadituista laskuista. (JyU 2010b.) Esimerkkisijoitus helpottaa laskujen tarkistamista. Tämä on tärkeää myös sen takia, että sekä oppilas ja opettaja näkevät lukuarvojen ja yksiköiden muuttumisen laskutoimituksissa.

Mittauksissa on usein epätarkkuuksia. Yksittäisen mittaustuloksen virhe voi johtua mittalaitteen tai lukemistarkkuuden virheestä. Mittalaitteen virhettä on usein vaikea arvioida, mutta usein mittalaittevalmistaja ilmoittavat virherajat. Satunnaiset virheet muodostuvat lukemistarkkuudesta ja systemaattiset virheet virheellisestä tavasta lukea mittaustulos. Lukemistarkkuuden virheitä voidaan pienentää tekemällä riittävästi toistoja käyttäen keskiarvoa mittaustuloksena ja arviota virheestä esimerkiksi keskiarvon keskivirhe tai poikkeamien itseisarvojen keskiarvoa.

Mittaussarjaan liittyvän virheen arvoinnissa tehdään useita mittauksia muuttamalla systeemiä mittausten välillä. Tulokset kannattaa tehdä tällöin graafisesti sopivassa koordinaatistossa. Tuloksena tai sen johdannaisena voi olla kulmakertoimen tai joskus y-akselin leikkauskohta ja virheet kulmakertoimen tai leikkauskohdan virhe. Virheet voidaan arvioida myös minmi – maksimi- menetelmällä, jolloin yksittäiset mittaussuureiden virheiden maksimit arvioidaan maksimivirheen ja minimi-

minimivirheen suuruutta arvioitaessa. Tällöin maksimit ja minimi sijoitetaan laskukaavaan ja saatuja tuloksia verrataan ns. normaali tulokseen.

Graafisesti mittapistesarjasta laadittu (suora tms. sovitekäyrä) tulos antaa paremman tuloksen kuin yksittäisestä pisteestä laskettu arvo. Tämä voi olla mysteeri työtä tekeväle oppilaalle, ellei sitä selitä riittävän perusteellisesti. Jos mittaussarjassa on selkeä virhe, sen voi poistaa ennen keskiarvon tai poikkeamien laskemista, jottei se selkeästi vääristä tulosta.

Laboratoriotöissä joutuu opiskelija määrittelemään virhearvioon soveltuvat menetelmät ja johtamaan virhelausekkeet. Lopputulokset ilmoitetaan tarkkuudella, joka saadaan käyttäen nk. viidentoista yksikön sääntöä: absoluuttisen virheen epätarkkuus on korkeintaan 15 yksikköä (eli korkeintaan kaksi merkitsevää numeroa). Lopputulos ja virhe ilmoitetaan samalla desimaalisella tarkkuudella. Esimerkiksi 0,133 pyöristyy arvoon 0,14 (onhan se pienempi kuin 0,15), mutta 0,186 pyöristyy arvoon 0,2. (Korhonen 2004)

Fysiikan laboratoriotyöraportissa vaaditaan virhearvio, joka on tehtävä käyttäen siihen soveltuvia menetelmiä ja lausekkeet on johdettu oikein. Esimerkkisijoitukset pitää näkyä myös virhelausekkeissa. Lisäksi lopullinen tulos on esitettävä virheen kanssa oikean muotoisena ja oikealla tarkkuudella, 15-yksikön sääntö. (JyU 2010b.)

### **Tulosten esittäminen taulukoissa ja kuvissa**

Työn lopputulokset on oltava selvästi näkyvissä. Oppilaat oppivat esittämään pyydetty lopputulokset. Jos tuloksia on paljon, tulokset esitetään, kuten sanottu, taulukoissa ja kuvissa mahdollisesti virheineen. Nämä kaikki seikat opettavat tulosten tiivistämisen taitoja, jotka ovat yleisesti käytössä tieteellisessä kirjallisuudessa.

Kuvassa on oltava nimetyt koordinaattiakselit. Lisäksi asteikkojaotus ja mittasuureet on merkittävä näkyviin. Piirroksymbolit on oltava selkeitä ja toisistaan erottuvia. Jos kuvaajaan piirretään teoreettinen käyrä mittapisteiden lisäksi, on se myös selvitettävä. Kuviin ja taulukoihin on liitettävä niitä selittävä kuva- tai taulukkokoteksti oikealle

paikalleen. (JyU 2010b). Taulukoiden ja kuvien, sekä niiden tekstien on oltava ymmärrettävissä vaikka ne irrotettaisiin tekstiyhteydestä (Tirronen 1987, 26)

### ***3.5.7 Tarkastelu ja yhteenveto***

Tarkasteluosiossa arvioidaan saatuja tuloksia, niiden oikeellisuutta sekä verrataan niitä teoreettisiin tai taulukkoarvoihin. Lisäksi esitetään muita huomioita työstä. (JyU 2010a.). Tieteellisessä julkaisussa sen merkitys on laajempi kuin laboratoriotyöraportissa, mutta toisaalta opiskelijan oppimisen kannalta juuri tulosten tulkinta ja tarkastelu on tärkeää.

”Tieteellisissä kirjoitelmissa tarkastelun pitäisi osoittaa, miten tutkimuksissa onnistuttiin ratkomaan ongelmat, mitä ja millaisia rajoituksia liittyi tutkimusmenetelmään, miten menetelmiä pitäisi jatkotutkimuksissa mahdollisesti kehittää, miten tutkimus lisäsi tietoa tutkittavalla alueella, missä määrin tulokset ovat yleistettävissä, miten ja mitä tutkimustuloksia voidaan hyödyntää teoriassa tai käytännössä sekä millaisia jatkotutkimushaasteita tutkimus on tuottanut” (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2004, 246).

Tuloksista tehdään päätelmiä, joiden on loogisesti seurattava tehdyistä mittauksista ja niiden analyyseistä. Virheitä ei saisi olla logiikassa. Tehtyjen mittausten nojalla pohditaan tulosten järkevyyttä. (JyU 2010b.)

Työssä saamia tuloksia ja mahdollisia virheitä tarkastelemalla oppilaat oppivat näkemään kuinka tehty työ onnistui. Tuloksia verrataan myös usein oikeisiin arvoihin tai taulukkoarvoihin, mikä antaa kuvaa oppijoille omista työskentelytaidoista. Vähintään täytyy edes tulosten suuruusluokkaa arvioida jollain tapaa loogisesti (JyU 2010b).

Työssä havaitut mittauksiin liittyvät epäselvyydet ja virheet antavat myös oppijoille kuvaa käytetyistä mittalaitteista ja – välineistä sekä työskentelystä niillä. He joutuvat pohtimaan, mikä mahdollisesti tuli tehtyä väärin tai miten mittalaitteella tai – välineellä työskentely tulisi tehdä paremmin.

Laajan työn lopuksi voi olla vielä yhteenveto-osio, jossa kerrataan lyhyesti tutkimuksen pääkohdat, tulokset ja päätelmät (Nykänen 2002, 72).

### ***3.5.8 Lähteet ja liitteet***

Lähdeluetteloon merkitään käytetyt kirjalliset lähteet, mutta työohjeeseen ei viitata (JyU 2010a). Sovittua tapaa lähteiden merkinnässä tulee noudattaa.

Laboratoriotyöraportin liitteeksi liitetään mittauspöytäkirja, missä on esitelty kaikki mittauksista saatu yksittäiset tulokset, sopivasti ja selkeästi taulukoituina. Suurikokoiset kuvat ja taulukot laitetaan aina liitteeksi, koska niitä on vaikea liittää varsinaisen tekstin joukkoon ja niihin viitataan tekstissä (JyU 2010a; Tamk 2008).



## **4. Laboriortyön raportointi pedagogisesta näkökulmasta**

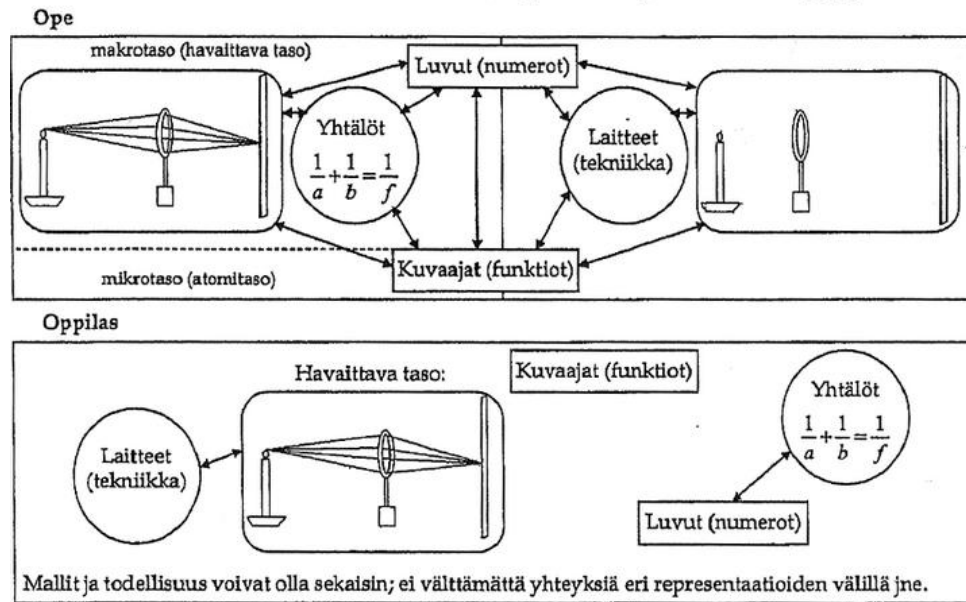
Kirjallisuus ei kovin runsaasti käsittele tieteellisen tutkimuksen tai laboriortyö-raportoinnin pedagogiikkaa, sitä miten ja mitä opiskelija voi oppia kirjoittaessaan raporttia. Tähän lukuun on kerätty laboriortyöhön ja sen raportointiin liittyvää teoriatietoa, mutta myös kehittämishankkeen kirjoittajien omaa näkemystä opettajakokemuksen perusteella.

### ***4.1 Laboratorio oppimisympäristönä***

Opiskelijat saapuvat usein laboriorioon ihmetellen, mitä heidän oletetaan tekevän ja tutkivan. Tällöin he eivät tiedä, eivätkä uskalla kysyä, mitä ilmiöiden säännönmukaisuuksia heidän on tarkoitus tutkia tai mitkä käsitteiden väliset suhteet ovat merkitseviä. Siksi opiskelijat käsittelevät laitteita, tekevät havaintoja ja tulkintoja epätarkoituksenmukaisella tavalla, mikä ei lisää heidän ymmärrystään havainnoitavista asioista. Uusien, vaikeiden ajatusten käsittely ja ymmärtäminen on vaikeaa.

Apuna tähän ongelmaan voidaan tehdä käsittekarttoja ja representaatiokaavioita (katso Kuvio 2). Nämä ovat tiedon esittämistapoja, jotka selventävät sekä opettajalle että opiskelijalle ne keskeiset ideat, joihin tulee keskittyä kutakin tehtävää ratkottaessa. Kaaviot ja kartat auttavat opiskelijaa näkemään ajan, asian, ytimen ja kohdat, jotka kaipaavat täydennystä.

## Mahdollinen ero (opettaja vs. oppilas)



Opettajan täytyy tietää tilanteen fysiikka (yllä) ja oppilaan tietorakenne (alla; FYSK320)! 15

Kuvio 2. Representaatiokaavio oppilaan ja opettajan käsitysten eroista (Helaakoski 2008)

Kuvion 2 mukaan oppilaalle teoria ja käytäntö eivät muodosta samanlaista kokonaisuutta kuin opettajalle. Teoriatieto, laitteet ja havainnot pysyvät erillisinä tietoina. Laboratorio kuitenkin melko monipuolisena oppimisympäristönä antaa mahdollisuuden sellaiselle työskentelylle ja oppimiselle, että näistä erillisistä asioista saadaan rakentumaan oppilaalle kokonaisuuksia.

### 4.2 Hyvän laboratoriotyön tavoitteet

Laborioryöskentelyllä haetaan sellaisia oppimiselämyksiä, joilla rakennetaan syvällisempää ymmärrystä ja aiemmin ehkä irtonaisten tietojen yhdistämistä kokonaisuuksiksi.

Oppilastyön tavoitteita Eurooppalaisen Labwork in Science Education -projektin mukaan ovat (Helaakoski 2008):

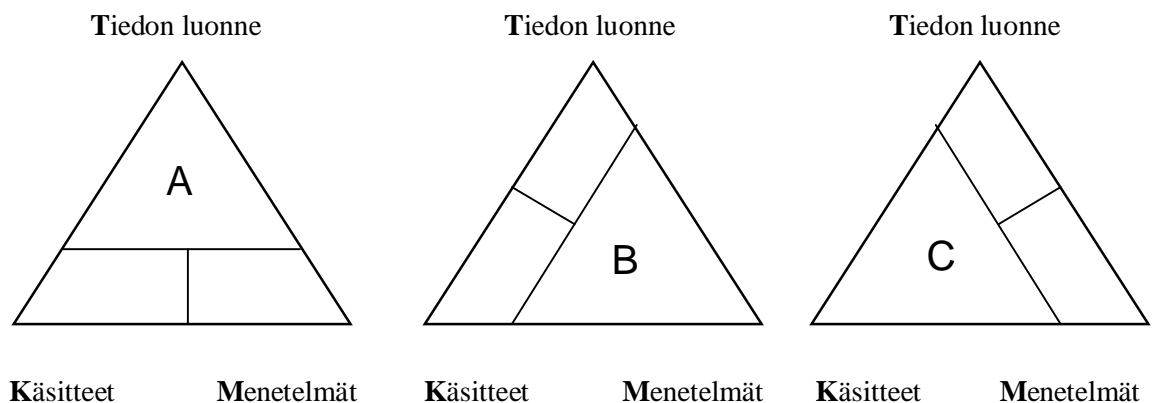
- teorian ja käytännön yhdistäminen
- kokeellisten taitojen oppiminen
- tieteellisen ajattelun tapoihin tutustuminen
- motivaatio, persoonallinen kasvu ja sosiaaliset taidot sekä
- oppilaiden arviointi.

American Association of Physics Teachers (AAPT), joka toimii yliopistoissa, on asettanut tavoitteet seuraavasti (Helaakoski 2008):

- tutkimusprosessien oppiminen (kokeiden tekeminen ja suunnittelu, hypoteesien tekeminen jne.)
- kokeelliset ja analyyttiset taidot (eri laitteiden ja tietokoneen käyttäminen sekä datan käsittelyn eri tavat)
- käsitteellinen oppiminen (tutkimuksissa todettujen käsitteellisten vaikeuksien huomioiminen)
- -fysikaalisen tiedon perusteiden ymmärtäminen (teorian ja käytännön monimutkaisen yhteyden ymmärtäminen)
- yhteistoiminnallisen oppimisen taitojen kehittäminen (ryhmätyöskentelyn ja ongelmaratkaisun taidot).

Helaakosken (2008) mukaan oppilastyön vaatimukset täytyy kartoittaa huolellisesti. Teorian ja käytännön viitekehuksesta voidaan erottaa kolme eri aluetta, joihin opiskelija perehtyy, ja jotka opiskelijan tulisi omaksua: tiedon luonteen oppiminen, menetelmätiedon oppiminen ja käsitteiden oppiminen (Helaakoski 2008). Kaikkia näitä tulisi yhdistää laboratoriotyössä ja sen raportoinnissa, jotta mikään osa-alue ei olisi toisia dominoiva. Tällöin teorian ja käytännön yhdistämisessä tapahtuu todellista syvällistä oppimista.

Edellä mainitut kolme osa-alueita voidaan hahmottaa laboratoriotyön kolmion (TKM) avulla (Kuvio 3), jossa työhön varattu aika (= pinta-alan suuruus) joudutaan jakamaan eri tavoitteille (Helaakoski 2008)



Kuvio 3. Eri tavoitteiden laboratoriotyökolmiot, jossa pinta-ala kuvaa oppimiseen käytettyä aikaa (Helaakoski 2008)

Kuvion 3 kolmiossa A painottuu T-kulma eli tiedon luonne. Oppimisen tavoitteena on se, miten tieteellinen tieto muodostuu. Keinoja ovat työn itsenäinen suunnittelu, luotettavuuden arviointi ja raportointi. Nämä tavoitteet totutuvat avoimilla töillä, joissa oppilas voi itse avoimuuden tasosta riippuen laatia tavoitteen, tutkimusvälineet, työohjeen ja / tai raportin. Tällöin aiheet tulisi olla helppoja ja menetelmät eli mittaukset helposti toteutettavia. (Helaakoski 2008)

Menetelmätiedon (Kuvio 3, kolmio B) oppimisen tavoitteena on laitteiden käytön oppiminen ja datan käsittely, kuten laskutekniikka, kuvaajanpiirto, suoransovitus ja sen tulkinta. Perinteiset “kädestä pitäen”-ohjaukset sopivat tämän tavoitteen saavuttamiseen. Tällöin ei tule tavoitella samassa työssä käsitteiden ja tiedon luonteen oppimista. (Helaakoski 2008)

Käsitteiden oppimisen (Kuvio 3, kolmio C) tavoitteena on oppia lisää tiedon käsitteistä, tutustua tarkemmin johonkin ilmiöön ja sen sisältämään teoriaan. Pyritään virhekäsitteiden kohtaamiseen ja puuttuvien representaatiolinkkien muodostamiseen, mikä vaatii huolellisesti laadittuja tehtäviä ja hyvää vuorovaikutusta opettajan kanssa. Työssä ei tällöin tavoitella tiedon luonteen eikä menetelmien oppimista. (Helaakoski 2008)

Laboratoriotyöt voidaan suunnitella niin, että kaikkia näitä osa-alueita tulee sopivasti mukaan työhön, joko erillisinä harjoitteina tai suurempina kokonaisuuksina toteutettuna. Oppimisen kannalta on tärkeää, ettei kaikkia painoteta kerralla yhtä paljoa, vaan yksi tavoitteista on hallitseva ja muut ovat sivuroolissa (Helaakoski 2008).

Helaakoski (2008) on tutkinut opiskelijoiden näkemyksiä hyvästä laboratoriotyöstä fysiikan laboratoriossa. Opiskelijoiden mielestä tärkeitä asioita ovat:

- Työohjeen yleinen selkeys ja tehtävän motivointi: työohjeet on ymmärrettäviä ja työn kokonaismerkityksen ymmärtäminen.
- Ohjauksen sopiva laajuus: työn eri vaiheita (teoria, mittaukset, datankäsittely) ohjeistetaan sopivasti.
- Kiinnostavuus ja monipuolisuus: aihe ja mittaukset kiinnostavia, mittauksissa ja laskuissa ei ole puuduttavaa toistoa, keskitytään sopivassa määrin mittauksiin, laskuihin ja tulosten pohdintaan.
- Opettavuus ja hyödyllisyys: työ selkeyttää ja täydentää kurssia sekä opettaa laitteiden ja datan käsittelyä.

- Sopiva kuormittavuus ja kokonaistyömäärä: teorian, mittausten ja laskujen sopiva vaikeustaso, eikä ole kiirettä mittausvuorolla.
- Käytännön sujuvuus: työssä tarvittavat välineet ovat saatavilla, ovat toimivia ja hyviä käsitellä. Työn tulokset olisivat onnistuneita sekä työn ohjaus olisi taidokasta empaattista.

### ***4.3 Konstruktivisen oppimiskäsityksen soveltaminen***

Konstruktivismi johtuu tiedon rakentamisen periaatteesta, jossa sitä ei oteta vain passiivisesti vastaan, vaan ihmisen todellisuus rakentuu hänen mieleensä. Konstruktivistisessa oppimisteoriassa painotetaan opiskelijan omaa aktiivista roolia tiedon ja käsitysten rakentajana. Tämän näkemyksen mukaan oppiminen on tiedon käsittelyprosessi, jossa valitaan ja tulkitaan saatua informaatiota aiemmin omaksuttujen tietojen perusteella. Uutta tietoa liitetään vanhaan. (Kauppila 2007, 37)

Konstruktivisen oppimisteorian peruskäsite on ymmärtäminen, joka oppimistilanteessa liittyy uuden tiedon vastaanottamiseen (Kauppila 2007, 37). Tieto voidaan katsoa olevan myös sosiokulttuurinen, sillä usein sen rakentaminen on sosiaalinen tapahtuma, yhteis- tai ryhmätyö (Pihkala 2005, 10).

Kauppilan (2007) mukaan oppimisprosessissa opiskelija rakentaa omien kokemusten ja aiemman oppimisen kautta tietoa, valikoi ja arvioi sitä, tulkitsee informaatiota, lopuksi jäsentää sekä liittyy informaatiota aiempiin tietoihinsa ja näkemyksiin.

*Oppiminen on tiedon prosessointia, tiedon strategista jäsentämistä ja tietorakenteiden muokkaamista sekä muistiedustuksen luomista ongelmien ratkaisua varten. (Kauppila 2007, 40)*

Parhaimmillaan laboratoriotyöskentelyssä ja raportoinnissa tulisi tapahtua uuden itse mitatun ja tulkitun tiedon liittymistä aiemmin opittuun teorian tietoon. Opiskelija kirjoittaessaan raporttia pohtii saamiaan tuloksia ja miten ne sopivat tunnettuun teoriaan. Kun työ mittauksineen on tehty huolella, tulokset vahvistat aiempia käsityksiä. Ristiriitatilanteissa opiskelija pohtii teorian paikkaansa pitävyyttä ja omia mittaustuloksia teorian valoissa, arvioi virheitä ja lopulta tulee johonkin loppupäätelmään.

Tiedon rakentamisen prosesseja ovat tiedon etsintä, arviointi, täsmentäminen ja erittely. Faktatietojen lisäksi rakentamisprosessissa on huomioitava erilaisia aineksia, kuten oletuksia, näkökulmia sekä asioiden ja ilmiöiden välisiä yhteyksiä, jotka liittyvät tavoitteisiin ja tarpeisiin. Tiedon vähyys voi haitata kokonaisuuksien rakentamista niistä. (Pihkala 2005, 11)

Konstruktivistiseen teoriaan liittyy näkemys oppijasta aktiivisena ja tavoitteellisena toimijana, joka pyrkii etsimään uutta tietoa ja aikaansaamaan tuloksia, jolloin oppijan oma toiminta on edellytys oppimiselle (Kauppila 2007, 38).

Laboratoriotyöraporttia kirjoittaessaan, varsinkin tulosten tulkintaa, opiskelija havaitsee omien mittausten onnistuneen ja tulosten olevan vertailukelpoinen teorian kanssa. Teoria ja käytäntö yhdistyvät opiskelijan mielessä. Kauppilan (2007, 43) mukaan mielenkiintoinen prosessointi, asioiden hallinta ja tunne onnistumisesta motivoi opiskelijaa, mikä on tärkeää oppimisessa.

Konstrukttiivinen oppimisnäkömyksen mukaan kokonaisuuksista lähtevä asioiden hahmottaminen on olennaista, vaikka yksityiskohtaisia tietoja edelleen tarvitaankin. Tiedon liittyminen käytäntöön auttaa oppimisessa. (Kauppila 2007, 44)

Kauppila (2007, 45) esittää joitain konstruktivistisia ideoita, joita voidaan soveltaa laboratoriotyöhön ja sen raportointiin:

- *Otetaan aiemmat tiedot huomioon:* opiskelijan on syytä ennen laboratorionkurssia olla suorittanut mahdollisen teoriaopintojakson, jonka pohjalta uutta tietoa voidaan rakentaa.
- *Oppiminen on tiedon rakentamista:* opittu tieto voi jäädä hataralle ilman teoriaosaamista.
- *Korostetaan tiedon soveltamista:* tämä on hyvin tärkeää laboratoriotutkimuksissa, jos opiskelijalle annetaan joku ongelma ratkaistavaksi
- *Tuetaan opiskelijan tiedon ja kokemuksen rakentamista:* ohjataan laboratoriotöitä niin, että herätetään opiskelijan ajattelua, sekä tuetaan aiemmin opitun tiedon soveltamista ja käsittelemistä
- *Sosiaalisen vuorovaikutuksen korostaminen:* vuorovaikutus opettajan ja opiskelijan sekä ryhmän välillä
- *Arvioidaan oppimistulosta kokonaisvaltaisesti:* arvioidaan suoriutumista laboratoriotöistä ja raportoinnista, mutta huomioidaan oppiminen kokonaisvaltaisemmin

- *Tuetaan muutosta reflektoinnin avulla:* pyritään selvittämään todellinen oppiminen esim. oppimispäiväkirjan avulla, keskustellaan raportista ja osoitetaan puutteet ja niiden merkitys, pyritään luomaan hyvä ilmapiiri kokonaisvaltaiselle oppimiselle, ei pelkästään tulosten raportoinnille tai työn suorittamiselle. Palaute opiskelijan tekemästä raportista on oppimisen kannalta myös tärkeää.

#### ***4.4 Tieteellinen ja kriittinen ajattelu***

Laboratoriotyö ja sen raportointi kehittää tieteellistä ajattelua. Kriittisyys liittyy myös tieteelliseen ajatteluun ja Pihkalan (2005, 10) mukaan aktiivisuus ja kriittisyys ovat passiivisuutta ja kaiken hyväksymistä parempia. Opinnoissa ja tutkimuksessa taito rakentaa tietoa eräs tärkeistä taidoista. On osattava eritellä, arvioida ja soveltaa tietoa, jolloin tärkein taito on ajattelu. (Pihkala 2005, 32)

Tiellä menestykseen on kyky ajatella ja luoda uutta soveltamalla noussut tärkeämmäksi taidoksi kuin pelkkä faktatietojen muistaminen ja kirjatieto. Vaikka analyysiä ja soveltamista voi seurata ymmärrystä, vaatii tietojen ja käsitteiden välisten yhteyksien ymmärtäminen ponnisteluja. Menestystä ei synny pelkästään konkreettisilla arkitiedoilla, vaan tieteellisen ajattelun taidot on syytä omaksua. (Pihkala 2005, 36)

Tieteellisen ajattelun taustalla on informaation prosessointi. Ihminen vastaanottaa tietoa ympäröivästä maailmasta ja prosessoi sitä usein huomaamattaan, muokaten, tulkiten ja antaen sille merkityksiä. Lisäksi tarvitaa kokemuksia, teorioita, ja käsitteitä informaation käsittelyyn. Tämä on myös kognitiivinen prosessi. (Pihkala 2005, 39)

Ajattelun kriittisyys ei tarkoita sen negatiivisuutta, vaan paremminkin informaation, kuten tutkimustulosten tai teorioiden arviointia. Tietenkin siihen sisältyy tiedon arviointi sen paikkaansapitävyyden ja merkityksen kannalta, sekä kyseenalaistaminen. Kriittisellä ajattelulla pyritään määrätietoisesti ja syvällisesti objektiivisuuteen ja perustelluihin väitelmiin tai näkemyksiin. Kriittinen ajattelu on kurinalaista ja analysoivaa, jossa voidaan etsiä heikkouksia tai epäloogisuuksia (Pihkala 2005, 42)

Tieteellinen ja kriittinen ajattelu laboratoriotyön raportoinnissa on siis edellytys oppimiselle, sillä niiden avulla opiskelija jäsentee ja arvioi informaatiota eli teoriaa ja tutkimustuloksia (Pihkala 2005, 43). Opiskelija pohtii ja reflektoi omaa näkemystään asiasta ja liittää yhteen uutta ja vanhaa.



## **5. Laboriortöiden raportointi ammattikorkeakouluissa ja yliopistoissa**

Laboriortöitä tehdään eri oppilaitoksissa maassamme esim. ammattikorkeakouluissa ja yliopistoissa. Näistä tehdään usein kirjalliset laboriortyöraportit. Kehittämishanketta varten etsittiin sähköisessä muodossa olevia laboriortyöraporttiohjeistuksia. Samoin selvitettiin, onko ohjeistuksia myös suomen kielen lisäksi esim. englanniksi, ja millaiset ovat käytännöt oppilaitoksien sisällä.

Raportointiohjeet löydettiin mm. Jyväskylän yliopiston fysiikan laitokselta (2010a, 2010b, 2011), Lappeenrannan teknillisen yliopiston teknisen tiedekunnan ympäristötekniikan koulutusohjelmalta (LUT 2007) ja Paperitekniikan laboriortolta (Turku & Pulkkinen 2008), Aalto yliopiston kurssilta johdatus energiatekniikkaan (AALTO 2010) sekä Teknisen korkeakoulun nykyisen Aalto yliopiston puunjalostustekniikan tutkinto-ohjelmalta (AALTO 2008). Lisäksi tutustuttiin Mikkelin ammattikorkeakoulun yleisen raportointiohjeistukseen (Mamk 2008), Haaga-Helia ammattikorkeakoulun ohjeistukseen harjoitustöiden laatimisesta (HHamk 2007) ja Savonia ammattikorkeakoulun raportointiohjeeseen (Suhonen & Tenkama 2010).

### ***5.1 Ohjeistus***

Osa ohjeistuksista oli yleisiä eikä kovin yksityiskohtaisia. Tällainen on mm. Aalto yliopiston kurssin johdatus energiatekniikkaan ohjeistus (AALTO 2010), joka on kaksi sivuinen. Se sisältää olennaiset asiat, mitä kirjallisessa raportissa halutaan. Esimerkiksi esityksen rakenne on määrätty, samoin kuin mitä osioissa, kuten johdannossa, tulisi kertoa. Raportin formaatti löytyy kurssin verkkosivuilta.

Toiset ohjeistuksista ovat hyvin perusteellisia ja yksityiskohtaisia sekä sisältävät malleja osioista. Tällainen on Aalto yliopiston puunjalostustekniikan tutkinto-ohjelman laboriortyöraportin ohjeistus (AALTO 2008). Se sisältää 25 sivua ja kymmenen liitesivua. Siinä on käsitelty mm. harjoitustöiden yleisiä tavoitteita, tiedonhakua, raportin kieliasua, jäsentelyä, ulkoasua, lähdeviitteitä ja harjoitustöiden arvosteluperusteita.

Toinen perusteellinen ohjeistus (13 sivu ja neljä liitesivua) Lappeenrannan teknillisen yliopiston ympäristötekniikan koulutusohjelmalta (LUT 2007). Siinä annetaan ohjeet energia- ja ympäristötekniikan opintojaksojen harjoitustöiden kirjoittamista ja ulkoasua varten. Sen ulkoasuohjeet on tehty diplomityöohjeita ja SFS-standardeja noudattaen. Ohjeistuksessa on käsitelty mm. kirjallisuustyön rakennetta, lähdeviittauksia ja kirjallisuustyön ulkoasua.

Mikkelin ammattikorkeakoulun tehtävien, mukaan lukien laboratoriotyöraportit, raportointiohjeistus on koottu yhteen opinnäytteiden ohjeistuksen kanssa (Mamk 2008). Ohjeistus sisältää opiskelutehtävien ja opinnäytteiden ulkoasun sanalliset ohjeet sekä lähdeviitteiden ja lähdeluettelon ohjeet.

Savonia ammattikorkeakoulun raportointiohjeet (Suhonen & Tenkama 2010) koskevat kaikkia oppilaitoksessa tehtäviä raportteja. Ohjeistuksen pituus on liitteineen 81 sivua. Ohjeistus on perusteellinen ja sisältää asiaa mm. asiakirjoittamisesta, raportin rakenteesta, raportin ulkoasusta ja lähteiden merkitsemisestä sekä lähdeluettelosta.

Haaga-Helia ammattikorkeakoulun ohjeistus (HHamk 2007) kertoo, miten voi laatia johdonmukaisen raportin ja miten se asetetellaan. Ohjeistus on raportille, joka on tutkimusraportti tai muu selonteko, jonka vähimmäispituus on yleensä kuusi sivua. Ohjeistus sisältää työn rakennetta, sisältöä ja ulkoasua koskevia ohjeita raportin eri osioista. Ohjeistuksen pituus on 24 sivua.

## ***5.2 Raportoinnin kieli***

Laboratoriotyöraportit kirjoitetaan yleensä suomeksi tai ruotsiksi. Ulkomaalaiset opiskelijat käyttävät englantia. Haaga-Helia ammattikorkeakoulun sivuilta löytyy niiden raportointiohjeistus suomeksi, ruotsiksi ja englanniksi (HHamk 2007).

Jyväskylän yliopiston fysiikan laitoksen sivuilla oli selvät englanninkieliset ohjeet laboratorioraportista (JyU 2011). Se sisälsi myös yksityiskohtaisia esimerkkejä.

### ***5.3 Käytännöt raportoinnissa***

Oppilaitoksen sisällä eri koulutusohjelmissa on myös erilaisia käytäntöjä siitä, miten laboratoriotyöt ohjeistetaan. Osassa oppilaitoksista raportointiohjeet ovat yhtenäiset. Opinnäytetyöt ja lyhyet raportit voidaan tehdä saman ohjeistuksen avulla koko oppilaitoksessa. Näin tehdään mm. Mikkelin ammattikorkeakoulussa (Mamk 2008) ja Savonia ammattikorkeakoulussa (Suhonen & Tenkama 2010).

Haaga-Helia ammattikorkeakoulussa on erilliset ohjeistukset opinnäytetöille, raporteille ja muutaman sivun pituisille harjoitustöille (HHamk 2007). Ohjeet koskevat koko ammattikorkeakoulua.

Ehkä kuitenkin valtaosassa oppilaitoksia laboratoriotyöraporttiohjeet ovat tutkinto-ohjelman sisäisiä tai kurssikohtaisia. Näistä edelliseen kuuluu Aalto yliopiston puunjalostustekniikan tutkinto-ohjelman laboratoriotyöraportin ohjeistus (AALTO 2008) sekä Lappeenrannan teknillisen yliopiston ympäristötekniikan koulutusohjelman ohjeistus (LUT 2007) ja jälkimmäiseen Aalto yliopiston kurssin johdatus energiatekniikkaan ohjeistus (AALTO 2010).

## 6. Käytännöt laboratoriotöiden raportoinnissa Saimaan ammattikorkeakoulun tekniikan yksikössä

Saimaan ammattikorkeakoulun tekniikan yksikön opettajilta tiedusteltiin kyselylomakkeen avulla heidän käytäntöjään laboratoriotöiden raportoinnissa sekä raportoinnin onnistumista. Siinä kysyttiin heiltä myös asioita, joita ohjeissa pitäisi olla.

Kyselylomake lähetettiin sähköisesti kuudelle laboratoriotöitä opettavalle opettajalle. Neljä heistä työskentelee kemian ja paperitekniikan laboratoriossa, yksi fysiikan laboratoriossa ja yksi sähkötekniikan laboratoriossa.

Saimaan ammattikorkeakoulun Imatran yksikössä kemian, fysiikan ja sähkötekniikan kurssien laboratoriotyöt poikkeavat paljon toisistaan. Jokainen opettaja haluaa niiltä myös vähän eri asioita. Vastauksia saatiin viisi, joista kolme on kemian- ja paperitekniikan opettajilta, yksi fysiikan opettajalta ja yksi sähkötekniikan opettajalta.

Kyselystä saatiin paljon hyödyllistä asiaa ohjeiden tekemistä varten. Seuraavassa on koottu tulokset vastauksista. Vastausten järjestystä on sekoitettu kysymysten kohdalla. Lopuksi kyselyn tuloksista tehtiin yhteenveto.

### 6.1 Kyselyn tulokset kemian, fysiikan ja sähkötekniikan opettajilta

Alle on koottu opettajilta saadut vastaukset yhteen kysymyskohtaisesti.

1. Tekevätkö opiskelijat kaikista harjoitus- ja laboratoriotöistään raportin? Mikä on käytäntö omissa opintojaksoissasi, koetko raportoinnin tarpeelliseksi?

- Kaikista laboratorion harjoitustöistä tehdään raportti (4 vastausta).
- Ryhmä tai vuorotellen ryhmän jäsen tekee raportin. Raportointi muodot ovat suullinen raportointi, kirjallinen henkilökohtainen raportointi tai ryhmäkohtainen raportointi (1 vastaus).
- Tuloksia pitää jollain tapaa tarkastella ja raportti on hyvä, koska se opettaa myös työssä tarvittavia raportointitaitoja (1 vastaus).
- Raportointi on tärkeä osa oppimista (1 vastaus).
- Koen raportoinnin tarpeelliseksi (2 vastausta).

2. Miten raportin tekeminen opiskelijoilta on onnistunut? Tarvitsevatko he niiden tekemiseen kysyä apua sinulta? Vastauksessa voi käsitellä erikseen suomalaisia ja ulkomaalaisia opiskelijoita.

- Aiemmin raportit olivat hyviä. Nyt taso on romahtanut, eivätkä opiskelijat pyydä apua.
- Raportit ovat nykyään aika kirjavan tasoisia ja jotain yleistä ohjetta siihen ehkä kaivattaisiin.
- Opiskelijat saavat lisäohjausta, jos haluavat tai tarvitsevat. Vieraskieliset ryhmät ovat tarvinneet enemmän lisäohjausta.
- Kirjallinen ilmaisu tuottaa useimmille tekniikan opiskelijoille tuskaa. Välillä varsinkin teorian suhteen heillä on kysymyksiä. Autan mielelläni, jos havaitsen että asiaa on mietitty, mutta ei tiedetä miten päästä eteenpäin.
- Raportoinnissa tarvitaan ohjausta: laskelmien periaatteet käydään yhdessä läpi. Muutamia opiskelijoita joudun vielä erikseen opastamaan lähinnä laskelmiin liittyen. Raportteja joudutaan monissa tapauksissa korjailemaan ja parantelemaan ennen kuin ne hyväksytään.

3. Onko sinulla käytössäsi jokin yleismalli tai ohje raportin tekemiseksi? Millainen käyttämäsi raportin yleismalli tai ohje on ja onko se ollut välttämätön?

- Olen laatinut opiskelijoille sekä suomeksi että englanniksi lyhyet ohjeet tieteellisen raportin laatimisesta ja laajempaan viitteenä on opinnäytetyöohje.
- Raporttina käytetään opinnäytetyön raportointiohjetta. Se valmentaa samalla opinnäytetyön kirjalliseen raportointiin.
- Olen laatinut kirjallisen ohjeen raportin laatimisesta. En jaa edellisinä vuosina tehtyjä raportteja malleiksi, koska tavoitteena on oppia laatimaan itse käyttökelpoinen raportti kokeellisesta työstä.
- Olen näyttänyt aiemmin tehtyjä raportteja.
- Ei ole. Kurssilla kerron, mitä osioita raportti voi sisältää ja millä tavoin tulokset yms. on hyvä esittää.

4. Mitä puutteita olet havainnut palautetuissa raporteissa, joihin haluaisit opiskelijoiden kiinnittävän paremmin huomiota.

- Raportit ovat suppeita, ja asiat on ilmaistu hyvin lyhyesti. Työhön liittyvä teoria on tunnettu huonosti. Jonkin verran on kopiointia toisilta.
- Työn taustaa on usein käsitelty hyvin suppeasti, vaikka ohjeena on, että kirjallisuuden avulla valotetaan kyseisen työn tausta teoriaa. Tulokset on usein esitetty sekavasti, ja havainnollisuutta ei ole harkittu (kuvat, kaaviot, taulukkoesitykset ja valokuvat). Suomen kielen sujuvuus on puutteellista. Alkuperäiset mittaustulokset on joskus epäselvästi esitetty.
- Ei ole selkeää rakennetta, ja tulokset ovat pelkästään taulukkomuodossa.
- Raporteissa mennään liian suoraan itse mittauksiin, eikä taustoja selvitetä. Kokeisiin liittyvät asiat esitetään puutteellisina. Sama koskee tuloksia ja niiden tarkastelua. Usein johtopäätökset puuttuvat kokonaan.

- Rakenteen ja matemaattisten yhtälöiden numeroinnin merkitystä ei ole ymmärretty. Lähdeviittaukset ja lähteet puuttuvat. Kuvien ja taulukoiden käsittely ei ole ohjeenmukaista.

#### 5. Millainen on mielestäsi ollut palautettujen raporttien taso?

- Keskimäärin heikko, mutta poikkeuksia löytyy aina erinomaisiin saakka.
- Keskimäärin raportit ovat niukkoja. Niiden taso vaihtelee paljon opiskelijakohtaisesti.
- Eräät vuosikurssit ovat huonoja raportoimaan. Aiemmin raportit olivat hyviä.
- Ne ovat vaihdelleet todella hyvistä täysin surkeisiin.
- Taso on ollut hyvin vaihteleva ja huonontunut vuosien mittaan.

#### 6. Millä tavalla raporttien tekeminen on toiminut opettamillasi opintojaksoilla opetuksellisesti? Tukeeko raportin tekeminen mielestäsi oppimista?

- Ei nykyisellään, kun opiskelijat arpoivat tekijän ryhmästään.
- Tukee oppimista; 1) antaa oppijalle välitöntä palautetta omista vahvuuksista ja heikkouksista ko. ilmiön tiedoissa ja tiedonkäsittelyssä, 2) näyttää tiedon jäsentämisen merkityksen, 3) opettaa lähteiden käyttöä ja 4) opettaja näkee millä tasolla syväoppiminen on.
- Raportti tukee oppimista, koska usein opiskelijalle valkenee vasta raportointivaiheessa, miksi jotain asiaa on mitattu. Samoin se syventää teorian oppimista.
- Raportointi pakottaa miettimään mitä tuli tehtyä, mitä tapahtui ja miksi. Moni tekniikan opiskelija tekee mielellään ”käsillään” töitä, mutta dokumentaation ja päätelmien tekeminen on vaikeaa. Työelämässä useimpien insinöörien työ on usein raporttien tai dokumentaation tekoa. Tähän oppilaitos voi valmentaa omalta osaltaan. Raportointi tukee ehdottomasti oppimista.
- Raportit toimivat hyvin oppimisen ja sen arvioinnin välineinä. Raportointi tukee hyvin opetusta laboratoriotöissä. Se on työelämässä normaali tapa esittää kokeellisen työn tuloksia ja käyttää niitä perusteluina eri asioihin.

#### 7. Mitä asioita haluaisit nyt laadittaviin prosessitekniikan raportointiohjeisiin pistettävän?

- Pitää korostaa, että kaikilla tieteellisillä raporteilla on sama rakenne; tilaajan vaatimukset sitten määräävät eri osioiden käsittelyn laajuuden. Ohjeita tehtäessä huomioitaisiin, että meillä on hyvä opinnäytetyöohje, jossa esim. kuvien, taulukoiden ja lähteiden käsittely on selostettu seikkaperäisesti malliesimerkein. Raportin muodollisista asioista esim. etusivu, fonttikoko pitää olla lyhyt yhteenveto; opinnäytetyöohjeen selostuksia opiskelijat eivät syystä tai toisesta näytä lukevan. Ohjeissa on myös hyvä muistaa, että raporttia ei laadita alaotsikkojen järjestyksessä. Esimerkiksi fysiikan opiskelija käsittelee ensin mittaustulokset ja kirjoittaa sitten teoriaosaan käyttämänsä teorian.
- Selkeä teknisen raportoinnin rakenne (Johdanto, materiaalit ja metodit, tulokset, johtopäätökset, jatkotoimenpide-ehdotukset) voitaisiin sopia yhdenmukaiseksi

eri opintojaksoihin. Siihen kuuluisi myös lähdeluettelo ja aina viittaukset lähteisiin.

- Raportissa tulee olla rakenne: johdanto, teoria, tulosten käsittely mieluummin käyriä ja johtopäätökset, eli opinnäytetyöhöön mukaisesti.
- Ohjeet osioista, joita raportin tulee pitää sisällään, ehkä joitain esimerkkejä asioiden ja tulosten esittämistavoista erilaisissa tilanteissa.

## ***6.2 Kyselyn yhteenveto***

Opettajat pitävät laboratoriotyöstä tehtävän raportin tekemistä tärkeänä. Laboratoriotöistä tehdään raportit, jotka ovat usein kirjallisia. Opettajat kertoivat, että laboratoriotyöraportin tekeminen on monille opiskelijoille vaikeaa. Opettajat joutuvat neuvomaan opiskelijoita raporttien teossa.

Osa opettajista on laatinut ohjeen laboratoriotöiden raportin laatimisesta. Opinnäytetyön raportointiohjetta (Saimaa amk, 2009) käytetään myös mallina. Yleispätevästä laboratoriotyöraporttiohjeistuksesta voisi olla apua ainakin osalle opettajista. Sitä myös toivottiin.

Puutteita palautetuissa raporteissa on mm. että asiat on esitetty suppeasti. Työn taustat, mittaukset, tulokset, johtopäätökset voidaan esittää puutteellisesti. Raporteissa ei ole aina pyydettyä rakenteellisuutta ja tulokset on esitetty huonosti. Kuvien, taulukoiden, yhtälöiden, lähdeviittausten ja lähteiden esittämisen tapaa on korostettava ohjeistuksessa.

Opettajat ovat pääosin olleet tyytymättömiä palautettujen laboratoriotyöraporttien tasoon. Osan mielestä ne ovat huonontuneet viime vuosina.

Opettajat kokevat raporttien tekemisen tukevan oppimista, mutta nykytilanteessa on parannettavaa. Se opettaa mm. tulosten tarkastelua ja raportin kirjoittamisen taitoja, mutta myös teorian ymmärtämistä. Työelämässä opiskelijat tulevat tarvitsemaan raporttien tekotaitoja.

Opettajat haluaisivat, että prosessitekniikan laboratoriotöiden raportointiohjeita tehtäessä huomioitaisiin oppilaitoksen opinnäytetyöhöön, jossa on selostettu esim.

kuvien, taulukoiden ja lähteiden käsittely. Opettajat toivovat, että selkeä eri opintojaksoihin sopiva teknis-tieteellisen raportin rakenne on esitettävä ohjeistuksessa. Toiveena oli myös, että ohjeessakin korostettaisiin kaikilla näillä raporteilla olevan saman rakenteen. Lisäksi toiveena oli ohjeistuksen sisältävän tietoa raportin muodollisista asioista, kuten etusivusta ja fonttikoosta.



## 7 Yhteenveto

Tässä kehittämishankkeessa kuvattiin pedagogisia asioita, jotka liittyvät laboratoriotyöhön ja sen raportointiin. Opiskelijat ovat laboratoriotyötä tehdessä usein ensimmäistä kertaa tekemisissä mitattavan asian ja mittalaitteiden kanssa. Heille on tärkeää, että he oppivat miten laboratoriotyön asiat liittyvät olemassa oleviin teorioihin. Samoin he oppivat kokeellisia taitoja. Laboratoriotyöraporttia tehdessä he tutustuvat tieteellisen ajattelun tapoihin. Motivaatio oppiaineeseen ja asioihin kasvaa. Näiden lisäksi opiskelijat kasvavat persoonina ja sosiaalisesti. (Helaakoski 2008.)

Laboratoriotyöraportointi perehdyttää opiskelijat tieteelliseen kirjoittamiseen. Tieteellisessä kirjoittamisessa on mm. rakenteellisuus ja viittauskäytäntö muiden töihin ovat asioita, jotka erottavat sen esim. kaunokirjallisuudesta. Siinä sanotaan olennaiset asiat selvästi ja tiivistetysti ja kuitenkin perustellen. Insinööriopiskelijat voivat tarvita raportointitaitoja myös tulevaisuuden työtehtävissään.

Kehittämishankkeessa tehtiin laboratoriotyöohjeistus Saimaan ammattikorkeakoulun tekniikan yksikköön opiskelijoita ja opettajia varten. Ohjeistusta laadittaessa kemian, fysiikan ja sähkötekniikan opettajilta kyseltiin laboratoriotöihin liittyviä asioita sekä heidän toiveita ohjeistusta varten. Opettajaopiskelijat toivovat tämän kehittämishankkeen ja tehdyn laboratorio-ohjeistuksen auttavan siihen, että laboratoriotöiden raportointi sisäistyy paremmin opiskelijoille ja he tekevät parempia laboratoriotyöraportteja. Samoin toiveena on, että kemian, fysiikan ja sähkötekniikan opettajat saisivat ohjaamistaan laboratoriotöistään ja heidän oppilaistaan enemmän iloa.

## Lähteet

- AALTO 2008. Harjoitustyöselostuksen laatimisohje. [online] [viitattu 16.2.2011].  
[https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/puu-23.3020/materiaali/harjoitustyöselostuksen\\_laatimisohje\\_.pdf](https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/puu-23.3020/materiaali/harjoitustyöselostuksen_laatimisohje_.pdf)
- AALTO 2010. Raportointiohje. [online] [viitattu 16.2.2011].  
[https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/ene-58.3010/materiaali/Ene-58\\_3010\\_raportointiohje.pdf](https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/ene-58.3010/materiaali/Ene-58_3010_raportointiohje.pdf)
- Comrie, Andrew. C. 1999. Scientific Report Writing. University of Arizona. [online] [viitattu 3.3.2011]. <http://geog.arizona.edu/~comrie/geog230/report.htm>
- Day, Robert. A. 1998. How to write & publish a scientific paper. 5<sup>th</sup> Edition. United Kingdom: Cambridge University Press.
- Dolphin, Warren. D. 1997. Writing Lab Reports and Scientific Papers. Iowa State University. [online] [viitattu 3.3.2011].  
<http://www.mhhe.com/biosci/genbio/maderinquiry/writing.html>
- HHamk 2007. Raporttien ohje ja mallitiedosto. [online] [viitattu 16.2.2011].  
[http://myy.haaga-helia.fi/~laatu/opn/Opinnaytetyo\\_index.htm](http://myy.haaga-helia.fi/~laatu/opn/Opinnaytetyo_index.htm)
- Hirsjärvi, Sirkka., Remes, Pirkko., Liikanen, Pirkko. & Sajavaara, Paula. 1993. Tutkimus ja sen raportointi. 4.-5. painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Hirsjärvi, Sirkka., Remes, Pirkko. & Sajavaara, Paula. 2004. Tutki ja kirjoita. 10., osin uudistettu painos. Helsinki: Tammi.
- Hosiaislouma, Yrjö. 2003. Kirjallisuuden sanakirja. Helsinki: WSOY.
- JyU 2010a. Työselostuksen laatiminen. [online] [viitattu 8.9.2010].  
<https://www.jyu.fi/fysiikka/opiskelu/tyoosasto/tyoselostus.html>
- JyU 2010b. Laboratoriotöiden arvostelu ja pisteytys. [online] [viitattu 7.10.2010].  
[https://www.jyu.fi/fysiikka/opiskelu/tyoosasto/toiden\\_pisteytys.html](https://www.jyu.fi/fysiikka/opiskelu/tyoosasto/toiden_pisteytys.html)
- JyU 2011. Writing a lab report. [online] [viitattu 9.3.2011].  
<https://www.jyu.fi/fysiikka/en/studies/studentlab/report.html>
- Kangasharju, Helena. & Majapuro, Marketta. 1994. Tutkimusraportin kirjoittaminen. Helsinki: Helsingin kauppakorkeakoulun julkaisuja D-194.
- Kauppila, Reijo A. 2007. Ihmisen tapa oppia. Juva: WS Bookwell
- Korhonen, Ari. 2004. Fysiikan laboraatiot, lukuvuosi 2004-2005. Ohjemoniste. OAMK Tekniikan yksikkö. [online] [viitattu 7.4.2011].  
<http://www.oamk.fi/~jjauhiai/opetus/fysiikka/lab/fyslab04tte.pdf>

- LUT 2007. Raportointiohjeet. [online] [viitattu 16.2.2011].  
[http://www.lut.fi/fi/technology/lutenergy/energy/studies/student/Documents/raportointiohjeet\\_www.pdf](http://www.lut.fi/fi/technology/lutenergy/energy/studies/student/Documents/raportointiohjeet_www.pdf)
- Mamk 2008. Raportointiohje. Tehtävien ja opinnäytteiden ulkoasu ja lähdeviitetekniikka. [online] [viitattu 16.2.2011].  
[http://student.mikkeli.mamk.fi/general/Uploads\\_files/Raportointiohje.pdf](http://student.mikkeli.mamk.fi/general/Uploads_files/Raportointiohje.pdf)
- Mäkinen, Olli. 2005. Tieteellisen kirjoittamisen ABC. Helsinki: Tammi.
- Nykänen, Olli. 2002. Toimivaa tekstiä. Helsinki: Painotalo Miktor.
- Pihkala, Juhani. 2005. Tutkielma tietoa rakentamalla. Vammala: Vammalan kirjapaino
- Saimaan amk 2009. Saimaan ammattikorkeakoulun opinnäyteraporttien kirjoitusohje. [online] [viitattu 3.3.2011]. [http://www.saimia.fi/kirjasto/fi-FI/files/docs/pdf/opinnaytettyraportin\\_kirjoitusohje.pdf](http://www.saimia.fi/kirjasto/fi-FI/files/docs/pdf/opinnaytettyraportin_kirjoitusohje.pdf)
- Soininen, Marjaana. 1995. Tieteellisen tutkimuksen perusteet. Turku: Pallosalama Oy.
- Suhonen, Pirjo & Tenkama Pirkko. 2010. Raportointiohjeet. Savonia ammattikorkeakoulu. [online] [viitattu 9.3.2011]. [http://webd.savonia-amk.fi/projektit/moodlepublic/liku/04\\_ont/RAPORTOINTIOHJEET%202010.pdf](http://webd.savonia-amk.fi/projektit/moodlepublic/liku/04_ont/RAPORTOINTIOHJEET%202010.pdf)
- Swales, John. & Feak, Christine. 2004. Academic writing for graduate students, essential tasks and skills. 2<sup>nd</sup> Edition. The United States of America: The University of Michigan Press.
- Tirronen, Kerttu. 1987. Teknisen kirjoituksen laatiminen. Jyväskylä: Gummerus Oy
- Turku, Kati & Pulkkinen Mika. 2008. Raportointiohje – paperitekniikan laboratoriotyöt. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

Saimaan ammattikorkeakoulu  
Tekniikka Imatra  
Prosessitekniikka

Mika Pulkkinen  
Pekka Juusola  
Markku Tuunila

## **OHJEISTUS LABORATORIOTYÖN RAPORTOINTIIN**

## Sisältö

1. JOHDANTO.....	3
2. LABORATORIOTYÖN RAPORTOINNIN TARKOITUS.....	3
2.1 Raportoinnin kohde.....	3
2.2 Oppiminen raportoinnin kautta.....	3
3. LABORATORIOTYÖN RAPORTIN RAKENNE .....	4
3.1 Kansi .....	4
3.2 Sisällysluettelo.....	4
3.3 Johdanto .....	5
3.3 Teoriaosa .....	5
3.4 Tutkimusmenetelmät.....	6
3.5 Tulokset ja niiden tarkastelu.....	6
3.6 Yhteenveto (Johtopäätökset) .....	7
3.7 Lähdeluettelo .....	8
3.8 Liitteet.....	8
4. TUTKIMUSEETTISET ASIAT .....	8
4.1 Tutkijan etiikka ja plagiointi.....	8
4.2 Lähdekritiikki.....	9
5. VIIMEISTELY .....	9
5.1 Raportin kieli ja tyyli .....	9
5.2 Aika- ja persoonamuodot.....	10
5.3 Tekstin ulkoasu ja muotoilu.....	10
5.4 Kuviot ja taulukot.....	11
5.5 Yhtälöt.....	14
5.6 Lähdeviitteet ja lähdeluettelo.....	14
6. YHTEENVETO .....	18
LÄHTEET .....	18

## LIITTEET

- Liite 1 Mittauspöytäkirjaesimerkki
- Liite 2 Esimerkki virhetarkastelusta

## **1. JOHDANTO**

Tämä ohje on tarkoitettu Saimaan ammattikorkeakoulun tekniikan yksikön opiskelijoille yleisesti eri koulutusohjelmien laboratorioiden raportointiin. Raportointiohje täydentää Saimaan ammattikorkeakoulun opinnäytetyöohjetta, jota on käytetty pääasiallisena lähteenä tässä ohjeistuksessa.

Raportointi on tärkeä osa laboratoriotyöskentelyä ja opintojen suoritusta. Se kertoo toisaalta opettajalle, mitä opiskelija on laboratoriossa tehnyt ja mitä hän on siitä oppinut. Toisaalta taas opiskelija joutuu raportoidessaan pohtimaan asioita ja rakentamaan tietämystään, jolloin raportti on oppisen väline. Tämän takia opiskelijan tulisi raportointi tehdä tunnollisesti.

Laboratoriotyöt voivat olla eritasoisia laitteisiin ja menetelmiin tutustumisesta aina itsenäiseen tutkimukseen tai opinnäytetyöhön. Insinööritieteisiin ja insinöörin perustaitoihin kuuluu standardeihin perustuvan raportoinnin hallitseminen.

Tässä ohjeistuksessa käsitellään raportin rakennetta ja sen viimeistelyä. Laboratoriotyön raportointiin liittyy tutkimusetiikka, jota myös tässä ohjeessa käsitellään.

## **2. LABORATORIOTYÖN RAPORTOINNIN TARKOITUS**

### **2.1 Raportoinnin kohde**

Raportoinnin kohde on ensisijaisesti työtä ohjaava opettaja. Kuitenkin raportoinnissa tulisi ottaa huomioon myös muut lukijat. Raportti tulisikin kirjoittaa niin, että vastaavan pohjakoulutuksen saanut tutkija tai opiskelija ymmärtää raportin tutkimusmentelmät ja pystyisi tarvittaessa sen perusteella toistamaan opiskelijan tekemän tutkimuksen. Opiskelijan tuleekin ajatella, että raporttia kirjoitetaan vertaiselleen opiskelijalle. Tällöin ei kuvauksissa tai pohdinnoissa tule oikoa, vaan kirjoittaa loogisesti ja selkeästi, niin ettei tulkinnan varaa jää.

### **2.2 Oppiminen raportoinnin kautta**

Laboratoriotyöllä on kaksi tärkeää tarkoitusta. Ensiksi opettaja käyttää raporttia oppimisen arvioinnin välineenä. Toiseksi opiskelija perehtyessään työhön liittyvään teoriaan ja oman tutkimuksen tuloksia pohtiessaan näkee teorian ja käytännön välisiä yhteyksiä, ymmärtää opittua asiaa syvemmin ja oppii asiakokonaisuuksia. Opiskelija

oppii laatimaan omasta työstään selkeitä ja tarkoituksen mukaisia kirjallisia raportteja, jotka noudattavat yleisesti sovellettuja teknisen raportin käytäntöjä.

### **3. LABORATORIOTYÖN RAPORTIN RAKENNE**

Laboratoriotyön raportoinnin rakenteessa sovelletaan yleistä tieteellisen tekstin rakennetta, sekä Saimaan ammattikorkeakoulun ohjeistusta opinnäytetyön kirjoittamiseen. Laboratoriotyöraportin rakenne on hieman yksinkertaisempi kuin opinnäytetyössä.

Laboratoriotyöraportin osat ovat:

- Kansilehti
- Sisällysluettelo
- (tarvittaessa työssä esiintyvien termien, käsitteiden tai merkkien luettelo)
- Johdanto
- Teoriaosa
- Tutkimusmenetelmät
- Tulokset ja niiden tarkastelu
- Yhteenveto tai päätelmät
- Lähdeluettelo
- Mahdolliset liitteet.

#### **3.1 Kansi**

Kansilehden tiedot kirjoitetaan rivivälillä 1.

Kansilehden *ylälaitaan* kirjoitetaan ensimmäiselle riville Saimaan ammattikorkeakoulu, toiselle riville Tekniikka ja sen yksikkö, kolmannelle riville koulutusohjelma ja neljännelle riville opintojakson nimi.

Näiden tietojen alapuolelle, *sivun keskivaiheille*, vasempaan reunaan, tulee kirjoittajan tai kirjoittajien nimet (Arial 12) ja sen alle, kahden rivin siirron päähän, keskelle sivua, vasempaan reunaan, työn nimi VERSAALILLA (Arial 18 + lihavointi). Työn nimen tulisi olla hyvin työtä kuvaava, muttei monimutkainen.

*Alareunaan* vasempaan laitaan tulee laittaa palautuksen päivämäärä.

*Tämän raportin kansilehti toimii malliesimerkinä.*

#### **3.2 Sisällysluettelo**

Otsikko on SISÄLTÖ tai SISÄLLYS ja se kirjoitetaan kokonaan suurin kirjaimin ja lihavoituna sivun ensimmäiselle riville vasemman marginaalin jälkeen. Sivunumeroa ei sisällysluettelosivulle tule.

Kirjasintyyppi sisällysluettelossa on ARIAL 12. Pääotsikkotason otsikot kirjoitetaan VERSAALILLA ja alaotsikot alkukirjainta lukuun ottamatta pienin kirjaimin – siis aivan samoin kuin ylä- ja alaotsikot tekstisivuillakin. Sisällysluettelon otsikoita ei kuitenkaan lihavoida.

Sisällysluettelo kirjoitetaan rivivälillä 1.

Kuviossa 3.1. on esitetty esimerkki laboratorioraportin sisällysluettelosta.

SISÄLLYS	
1 JOHDANTO.....	2
2 HIENOPAPERIT .....	2
2.1 Päällystämättömät painopaperit .....	2
2.2 Päällystetyt painopaperit .....	3
2.3 Kirjekuoripaperit .....	3
3 HIENOAINEEN VAIKUTUKSET PAPERIN OMINAISUUKSIIN .....	4
4 HIENOAINEEN VAIKUTUKSET PAPERINVALMISTUSPROSESIIN .....	4
5 TUTKIMUSTYÖN SUORITUS .....	5
5.1 Massojen käsittely ja hienoaineen poisto .....	5
5.2 Arkkien valmistus .....	6
5.3 Arkkitestaukset .....	6
6 TYÖN TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU .....	7
6.1 Jauhatusajan vaikutus kuitupituuteen .....	7
6.2 Arkkien yleiset-, pinta- ja optiset ominaisuudet .....	9
6.3 Arkkien lujuusominaisuudet .....	11
7 YHTEENVETO .....	13
LÄHTEET.....	14
LIITTEET	
Liite 1 Mittauspöytäkirjat	

Kuvio 3.1. Esimerkki sisällysluettelosta

### 3.3 Johdanto

Johdanto on perusteluosa: siinä selvitetään opinnäytetyön tausta ja tarkoitus eli herätetään lukijan kiinnostus. Johdannossa myös todetaan tehdyt rajaukset.

Johdanon voidaan kuvitella vastaavan kysymykseen: *miksi tämä tutkimus tehtiin?*

Johdannossa esitellään, miten työ tehdään tai mitä tutkimusmenetelmiä ja -laitteistoja käytetään ja miten tuloksia käsitellään. Johdannossa voi ennakoida myös tuloksia yleisesti ilman menemistä yksityiskohtiin. Johdanto ei ole tiivistelmä!

### 3.3 Teoriaosa

Teoriaosassa raportin kirjoittajan tulee käsitellä olennainen teoria liittyen työhön ja tutkimukseen, niin että lukija ymmärtää tutkimusmenetelmät ja tulokset, sekä niiden



tulkinnan. Tämän osion tuleekin vastata kysymykseen: *mitä kirjallisuudessa kerrotaan tästä aiheesta?* Teoriaosaa ei nimetä *teoriaosaksi*, vaan asiat jäsennellään sopivien sisältöä kuvaavien otsikoiden alle.

Tätä osaa varten opiskelijan on siis tehtävä kirjallisuushakuja ja tutustuttava aiheesta aiemmin kirjoitettuun ja julkaistuun tietoon. Lähteiden hakemisesta kerrotaan luvussa 4.2 *Lähdekritiikki*. Teoriaosassa käytettyjen lähteiden pohjalta kirjoitettu teksti on merkittävä lähdeviittauksin. Lähteiden merkinnässä on kaksi tapaa: numeroviittaus ja Harvardin järjestelmä, joista jälkimmäistä käytetään Saimaan ammattikorkeakoulun opinnäytetyöohjeistuksessa. Lähdeviittauksista on kerrottu tarkemmin luvussa 5.6.1 *Lähteisiin viittaaminen*.

### 3.4 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusmenetelmät –osio jaotellaan sopivien pää- ja alaotsikoiden alle. Otsikointiin tulee kiinnittää huomiota siten, että otsikko todella vastaa luvun sisältöä. Ei siis käytetä pelkästään yllä esitettyjä yleisiä otsikoita vaan niitä tarkennetaan tarpeen mukaan.

Tutkimusmenetelmäosuuden aluksi voidaan kerrata työn tavoitteet peilaten siihen miten tutkimus aiotaan toteuttaa. Tässä osassa käydään läpi loogisesti (usein kronologisesti) tutkimuslaitteistojen ja –menetelmien käyttö, sekä kaikki muu laboratoriotoiminnan kannalta välttämättömät asiat, kuten mahdolliset käytetyt materiaalit.

Työmenetelmistä kerrotaan sillä tarkkuudella, että ne ovat toistettavissa. Kuitenkin, jos käytetään jonkin standardin mukaista menetelmää, riittää maininta standardista. Poikkeukset on kuitenkin mainittava. Esimerkiksi:

*”Koivusellun jauhatus tehtiin Valley-hollanterilla standardin SCAN-C 25:7 mukaisesti.”*

*”Arkkimuotilla valmistettiin koivusellusta arkkeja, joiden standardista poikkeava tavoiteneliömassa oli 80 g/m<sup>2</sup>.”*

On muistettava, että tässä osiossa ei esitellä vielä tuloksia!

### 3.5 Tulokset ja niiden tarkastelu

Tässä osiossa esitetään laboratoriotyön tulokset loogiseksi kokonaisuudeksi jäsennettynä ja otsikoituina. Tulosten looginen esittäminen ei ole välttämättä työn kronologinen eteneminen.

Tulokset esitetään sopivasti taulukoituina ja tarvittaessa graafisesti eli kuvioina. Tuloksista yleensä esitetään keskiarvo ja virhearvio tai hajonta, mutta ei yksittäisiä mittausravvoja. Kaikki mittausravvot sisältävä *mittauspöytäkirja* tulee aina laittaa raportin liitteeksi. Tuloksien esittämisessä taulukoituina tulee huomioida mm. ilmoitustarkkuus, jolla arvot esitetään. Taulukon muotoiluun tulee kiinnittää huomiota, tästä esimerkki kappaleessa 5.4 *Kuviot ja taulukot*.

Taulukoihin ja kuvioihin tulee viitata tekstissä ennen niiden esittämistä. Esimerkiksi:

*”Taulukossa 4.1 on esitetty koivusellun SR-luvun muutos jauhatuksen edetessä.”*

Taulukon esittämisen jälkeen on tuloksia kommentoitava tekstissä, kuitenkin ei tarvitse käsitellä kaikkia tulosarvoja yksittäin, vaan on haettava muutoksia ja trendejä. Myös virheellisiä arvoja ja syitä niihin on syytä kommentoida.

*”Taulukosta 4.1 nähdään, että koivusellun SR-luku kasvaa jauhatuksen edetessä epälineaarisesti, aluksi hitaasti ja sitten nopeammin. Voidaan huomata, että 10 minuutin kohdalla saatu arvo on virheellinen, koska..”*

Tulosten tarkastelussa tulee käyttää selkeitä ja yksikertaisia lauserakenteita, mutta pelkkiä töksähtäviä päälauseita tulee välttää.

Tulosten tarkastelussa pitää nojata teoriaan, havainnoida omien tulosten merkitystä aiemmin hyväksytyyn tiedon valossa. Tukevatko omat tulokset teorian tietoa vai ovatko ne ristiriidassa? Tarkastelussa tulee pohtia syitä, jos tulokset poikkeavat aiemmasta tiedosta. Toki niitä sopii myös kyseenalaistaa.

*”Koivusellun SR-luku kasvaa teorian mukaisesti..”*

Tulosten tarkasteluun liittyy myös virhetarkastelu, sillä mittautulokset sisältävät aina jonkin verran virheitä. Niitä voivat aiheuttaa itse mittalaitteet, mutta usein virheet ovat lukuvirheitä. Mittauksien hyvä suunnittelu sekä riittävä määrä mittauspisteitä ja rinnakkaismittauksia keskiarvoa käyttäen parantavat tarkkuutta. Selkeästi virheellinen mittaustulos voidaan poistaa ennen keskiarvon laskemista. Esimerkki virhetarkastelusta löytyy liitteestä 2.

### 3.6 Yhteenveto (Johtopäätökset)

Yhteenvedossa kerrataan lyhyesti mitä tehty työ pitää sisällään ja kootaan yhteen merkittävimmät tulokset tiivistetysti sekä miten ne sopivat työn tavoitteisiin. Lisäksi voidaan pohtia tulosten merkitystä, mahdollisia virheitä ja voisiko jotain tehdä toisin.

### 3.7 Lähdeluettelo

Lähdeluetteloon merkitään kaikki teoriaosaan käytetyt lähteet tekijän sukunimen mukaan aakkostettuna (Harvardin järjestelmä). Lähteiden tiedoista tulee löytyä mm. tekijä- ja julkaisutiedot. Tarkemmin lähteiden merkitsemisestä ja lähdeluettelosta löytyy luvusta 5.6.2 *Lähdeluettelo*.

### 3.8 Liitteet

Tärkein liitteisiin tuleva liite on mittauspöytäkirja tai -kirjat. Tutkimusta tehdessä on ehdottoman tärkeää kirjata kaikki mittaustulokset ja nämä taulukoidaan siististi mittauspöytäkirjaksi. Taulukot nimetään ja numeroidaan juoksevasti alkaen numerosta 1 (Liite 1, taulukko 1). Tekstissä voidaan viitata liitteen numeroon ja kuvaan/taulukoon, kuten edellä on tehty. Sivujen numerointi ei jatku liitteisiin.

Tulokset –osiossa ilmoitetaan usein vain keskiarvot, joten on erittäin tärkeää, että raportti sisältää kaikki yksittäisetkin mittauservot, jotta tulosten oikeellisuus voidaan tarkastaa. Liitteissä voidaan esittää lisäksi mm. mittalaitteiden tulosteita ja esimerkkilaskuja sekä muuta sellaista materiaalia, joka on lukijalla oltava mahdollista tarkistaa.

## 4. TUTKIMUSEETTISET ASIAT

Tieteellistä raporttia tehdessä on oltava rehellinen ja huolellinen. Omia mittaustuloksia ei saa muuttaa toisiksi esimerkiksi teorianmukaisen tulkinnan saavuttamiseksi. Huonosti onnistunut koe tulee tehdä uudelleen, jos tulokset ovat epäilyttäviä. Niitä ei saa mennä muuttamaan paremmiksi ilman perusteita.

Laskennassa ja tulosten esittämisessä ei saa tehdä vilppiä eli muita ei saa harhauttaa. Tuloksista ja johtopäätöksistä on kerrottava totuudenmukaisesti, myös omat virheet on kerrottava.

### 4.1 Tutkijan etiikka ja plagiointi

Kun viitataan ulkopuoliseen lähteeseen, on lähteestä saadut tiedot kerrottava oikein. Laboratoriotyöraporteissa noudatetaan samoja tutkimuseettisiä ohjeita kuin muissakin tieteellisissä teksteissä, esim. opinnäytetoissa. Lötjönen, Mirola ja Savolainen ovat tehneet eettiset ohjeet Saimaan ammattikorkeakoululle. Ohjeet löytyvät Tampereen ammatillisen opettajakorkeakoulun kehityshankkeen liitteestä ”Tutkimuksen ja koulutuksen etiikka ammattikorkeakouluissa” ja ammattikorkeakoulun Intranetistä.

Hyvän tieteellisen käytännön loukkaukset ovat mm. piittaamattomuus ja vilppi. Piittaamattomuus hyvästä tieteellisestä käytännöstä ilmenee törkeinä laiminlyönteinä ja holtittomuutena erityisesti tutkimuksen suorittamisessa. Vilppi tieteellisessä toiminnassa merkitsee väärrien tietojen ja tulosten esittämistä. Vilppi voi olla sepittämistä, vääristelyä, luvaton lainaamista (= plagiointi) tai anastamista.

Saimaan ammattikorkeakoulu on sitoutunut noudattamaan hyvää tieteellistä käytäntöä. Lisäksi ammattikorkeakoulussa voidaan puuttua vilppiin tai plagiointiin myös kurinpidollisin toimin.

## **4.2 Lähdekritiikki**

Kun teoriaosaan etsitään aiheeseen sopivia lähteitä, on muistettava kiinnittää huomiota lähteiden laatuun. Oppikirjat ja alan tieteelliset julkaisut ovat pääasiassa aina turvallisia lähteitä, sillä ne ovat yleensä läpäisseet jonkinlaisen tieteellisen arvioinnin. Internet-lähteisiin on aina syytä suhtautua varauksella. Usein niiden tekijää ei ilmoiteta, eikä asioiden tieteellistä totuutta ole arvioitu. Toisaalta kirjojen tiedot voivat olla vanhentuneita, jolloin uusin tieto on usein saatavana verkosta.

Jos raportin kirjoittajan mielestä verkkolähdemateriaali soveltuu teoriaksi, on silti syytä terveeseen kritiikkiin materiaalia käytettäessä, esimerkiksi lieventämällä totuusarvoa:

*”.. väittää, että sillä olisi vaikutusta..”*

Jos verkkolähde itse ilmoittaa lähteekseen yleisesti tunnettuja tai tieteellisesti arvostettuja lähteitä, niin tämän lähteen käyttö lienee hyväksyttävää.

Lähteiden käytössä tulee olla sopivan kriittinen, ei ainakaan sinisilmäisesti uskoa kaikkea sitä mitä löytyy.

## **5. VIIMEISTELY**

### **5.1 Raportin kieli ja tyyli**

Raportin tulee olla kielellisesti korrektia ja hyvää suomea. Oikeinkirjoitukseen tulee kiinnittää huomiota. Lauserakenteiden tulee olla selkeitä, turhan monimutkaisuutta tulee välttää, jotta lukijan ymmärrys ei hämärry.

*”Tilavuuden mittaaminen suoritettiin käyttäen..” -> ”Tilavuus mitattiin..”*

Puhekielimäisyyttä tai slangia tulee välttää raportoinnissa. Oman alan käsitteistöä voi käyttää sopivin selityksin. Jos raportti sisältää paljon lyhenteitä tai symboleja, voi sen alkuun sisällysluettelon jälkeen tehdä erillisen lyhene- ja käsiteluettelon.

Vinkkejä kirjoittamiseen:

- käytä virkkeitä luettelomaisuuden sijaan
- vältä useita numeroarvoja tai lyhenteitä samassa lauseessa, älä aloita virkettä numeroilla tai lyhenteillä
- selvitä lyhenteiden merkitys kun ne ensimmäisen kerran esiintyvät
- kiinnitä huomioita yhdyssanoihin, pilkkusääntöihin ja sijamuotoihin, käytä automaattista tarkastusta tai oikolukijaa
- kirjoita lauseita, joista löytyvät kaikki lauseenjäsenet; älä pelkkää sivulausetta, älä unohda verbiä.

## 5.2 Aika- ja persoonamuodot

Johdanto kirjoitetaan pääsääntöisesti preesensissä:

*”Opinnäytetyön tavoitteena on ..”.*

Teoriaa selostetaan yleensä passiivin preesensissä:

*”Betonin oikeat kovettumisolosuhteet voidaan turvata suojaamalla lattialaatta jälkihoitoaineella, jolloin betonipinnan päälle ruiskutettavat nestemäiset aineet muodostavat betonin pinnalle kosteuden haihtumista estävän tai hidastavan kalvon (Uusitalo ym. 2000, 150–152).”*

Aikaisempia tutkimuksia selostettaessa voidaan käyttää perfektiiä tai imperfektiiä:

Virtanen (2005) on havainnut, että  
Virtasen tutkimus (2005) osoitti, että  
Virtanen on tutkimuksessaan (2005) todennut, että

Oman työn vaiheet kirjoitetaan imperfektissä ja passiivissa:

*”Arkeista määritettiin neliömassa..”*

Tieteellisessä tekstissä ei haluta korostaa tekijän persoonaa, joten tekstissä käytetty persoonamuoto on aina passiivi.

## 5.3 Tekstin ulkoasu ja muotoilu

Tämä ohjeistus toimii esimerkkinä raportin ulkoasusta ja muotoilusta. Raporttia viimeistellessä tulee ottaa tämä luvun asiat huomioon. Lisäksi on kiinnittävä huomiota seuraaviin seikkoihin: otsikoiden ja tekstien välit ja otsikoiden paikka (ei yksinäistä otsikkoa sivun alareunaan).

Teksti tulee muotoilla ja viimeistellä käyttäen esimerkiksi molempien reunojen tasausta ja tavutusta. Ennen raportin palauttamista on syytä tarkistaa, että tekstin ja otsikoiden muotoilu pysyy samana koko työn osalta.

### **5.3.1 Marginaalit ja otsikot**

Marginaalit ovat läpi koko työn:

- 4 cm vasemmalla
- 2 cm oikealla
- 2,5 cm ylhäällä ja alhaalla.

Otsikot alkavat marginaalista. Pääotsikon alapuolelle tulee jättää 2 tyhjää riviä ja väliotsikoiden alle 1. Alaotsikoiden ylä ja alapuolelle tulee jättää tyhjät rivit. Pääotsikot kirjoitetaan isoin kirjaimin (versaali). Alaotsikoita tulee käyttää vain, jos niitä on vähintään 2. Otsikon numeron perään ei tule pistettä.

### **5.3.2 Fontti ja riviväli**

Laboratoriotyössä käytetyn fontin tulee olla selkeä ja luettava, esimerkiksi Arial 12, poikkeuksena kokoon ovat otsikot (Arial 14) ja työn nimi (Arial 18)

Kirjoituksessa voi käyttää tehostekeinoja, kuten kursiivia tai lihavoitua, mutta niiden käytössä tulee muistaa maltti, jottei niiden teho häviä. Joskus tehosteet voivat korvata kolmannen tai neljännen asteen otsikoinnin.

Riviväli tekstissä on yleensä 1,5. Luetteloissa sekä kuva- ja taulukkoteksteissä voi käyttää riviväliä 1. Sitä käytetään myös sisällys- ja lähdeluettelossa.

### **5.3.3 Sivunumerointi**

Sivunumero tulee *alatunnisteeseen sivun keskelle* (joko pelkkä numero tai viivat sen ympärillä). Sivut lasketaan kansilehdestä lukien, mutta sivunumero merkitään näkyviin vasta ensimmäisellä tekstisivulla, joka yleensä on johdantosivu (ei sisällysluettelosivulla). Sivunumerointi ei jatku liitteisiin.

## **5.4 Kuviot ja taulukot**

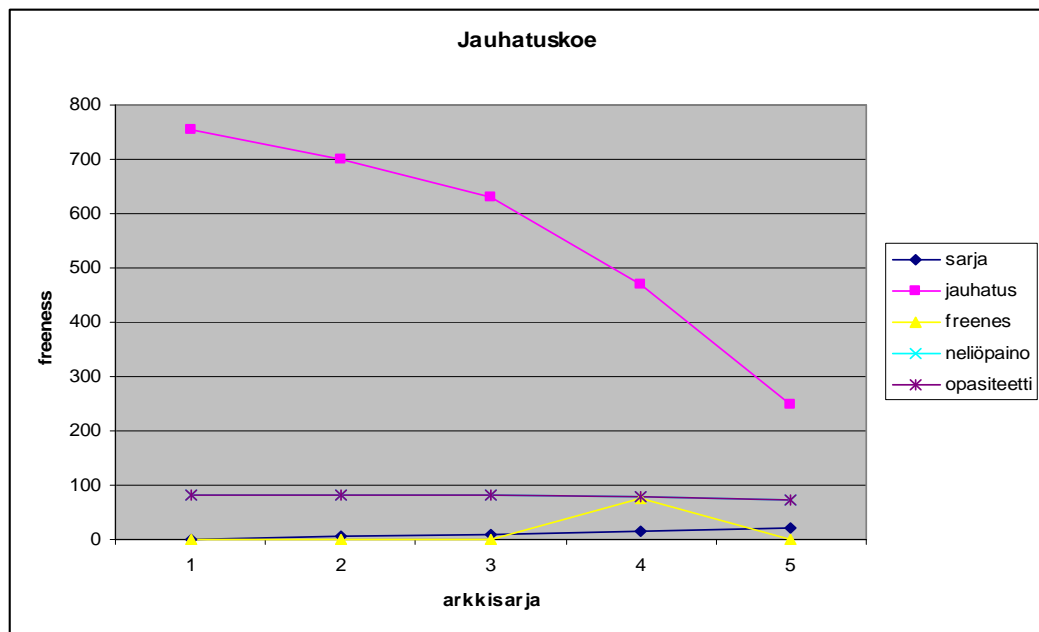
Kuviohin ja taulukohin tulee viitata aina tekstissä ennen niiden esittämistä: *"Kuviossa 4.1 esitetään.."*. Tämän takia kuviota tai taulukkoa ei voi laittaa heti otsikon alle. Kuvion tai taulukon esittämisen jälkeen sitä tulee tulkita. Kuviot ja taulukot numeroidaan juoksevasti koko työn osalta tai lukukohtaisin numeroin: esimerkiksi tämän luvun kuviot on numeroitu ohjeen mukaan. Kuviosta tulee huomata myös *lähdeviittauksen merkintätapa, kuvatekstin perässä*.

Kuviot ja taulukot nimetään niin, että *kuvateksti tulee kuvan alle ja taulukkoteksti taulukon ylle*. Kuvio tai taulukko otsikkoteksteineen tulee olla ymmärrettävissä ilman ympärillä olevan tekstin tukea. Koesarjojen numeroita tai symboleja ei voi jättää selvitettyväksi vain muualla raportissa, ne tulee selvittää kuvassa tai taulukossa tai niiden otsikkotekstissä. Esimerkiksi:

*Kuvio 1 Koivusellun jauhatusajan vaikutus suotautumiskykyyn ja arkkimuotilla valmistettujen arkkien ominaisuuksiin (Turku & Pulkkinen 2008)*

#### 5.4.1 Kuviot

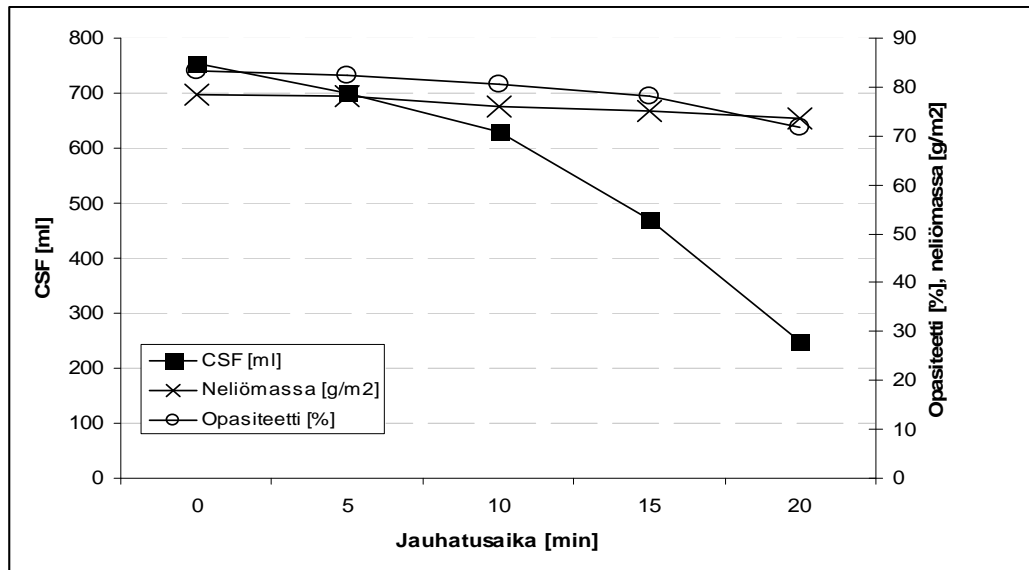
Kuvioissa 5.1 nähdään malliesimerkki muotoilemattomasta kuvioista.



Kuvio 5.1 Jauhatus

Kuviosta 5.1 nähdään, että kuvion harmaa tausta häiritsee tulkittavuutta, värilliset viivat eivät erotu tarpeeksi. Mustavalkotulostuksessa kuvion tulkinta voi olla hankalaa. Myös selitteet ovat epämääräiset. Kuvateksti on vaillinainen.

Kuviossa 5.2 on esitetty esimerkki hyvin tehdystä ja viimeistellystä kuvioista ja lähdeviittauksesta.



Kuvio 5.2 Koivusellun jauhatusajan vaikutus suotautumiskykyyn ja arkkimuotilla valmistettujen arkkien ominaisuuksiin (Turku & Pulkkinen 2008)

Kuviossa 5.2 on muotoiltu tausta selkeämmäksi ja viivojen värit ja symbolit on muokattu tulostukseenkin sopiviksi. Akseleiden arvojen ilmoittamiseen tulee kiinnittää huomioita. Kuviossa akselit lähtevät nolllasta, mutta tarpeen vaatiessa niitä voi skaalata. Kuviolle ei anneta mitään otsikkoa, vaan se kerrotaan kuvatekstissä.

#### 5.4.2 Taulukot

Taulukossa 5.1 nähdään esimerkki huonosta taulukosta

Taulukko 5.1 Koivusellulla tehdyt arkit

Arkkisarja	Jauhatusaika a	freeness	Neliömassa	Opasiteetti
1	0	755	78.342	83,22
2	5	700	77.861	82,52
3	10	630	75.892	80,53
4	15	470	75,20	78,06
5	20	250	73.5	71,70

Taulukossa 5.1 ei ole otettu viimeistelyä huomioon, sanat katkeilevat ja ilmoitustarkkuus on väärä. Lukujen taulukoinnissa tulee muistaa mahdollisten standardien mukainen ilmoitustarkkuus.

Taulukko 5.2 on esimerkki hyvästä ja viimeistellystä taulukosta lähdeviitettä unohtamatta.



Taulukko 5.2. Koivusellun jauhatusaajan vaikutus suotautumiskykyyn ja arkkimuotilla valmistettujen arkkien ominaisuuksiin (Turku & Pulkkinen 2008)

Jauhatusaika [min]	CSF [ml]	Neliömassa [g/m <sup>2</sup> ]	Opasiteetti [%]
0	755	78,5	83,2
5	700	78,0	82,5
10	630	76,0	80,5
15	470	75,0	78,0
20	250	73,5	71,7

Lukujen ja tekstin muotoiluun tulee kiinnittää huomioita, etteivät sanat katkeile. Taulukon sarakkeiden leveyttä pitää säätää tarvittaessa. Ilmoitustarkkus on oikein.

Kuvio tai taulukko teksteineen muodostaa kokonaisuuden, jonka lukijan tulee ymmärtää sellaisenaan, ilman ympäröivän tekstin tukea tai raportista irroitettuna. Taulukkoa ei saa jakaa kahdelle sivulle, tarvittaessa on tehtävä erilliset taulukot.

Kuvioiden ja taulukoiden ulkoasuun, viimeistelyyn ja selkeyteen, sekä yksiselitteisyyteen tulee kiinnittää huomiota. Lisäksi tulee muistaa värien käytössä niiden erottuvuus mustavalkotulostuksessa.

## 5.5 Yhtälöt

Yhtälöt numeroidaan lukukohtaisesti tai juoksevasti läpi työn, mutta sanaa *yhtälö* ei käytetä vaan yhtälön kohdalle sen oikealle puolelle merkitään sulkuihin numero, esimerkiksi: (4.1) tai (4), ja yhtälö keskitetään:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (4.1)$$

Yhtälön alle tulee laittaa selittävä osa, jos suureet eivät ole yleisesti tunnettuja. On huomioitava SI-järjestelmän mukainen merkintätapa.

## 5.6 Lähdeviitteet ja lähdeluettelo

Laborioryöraportin teoriaosaa varten opiskelija hakee aiheeseen sopivaa materiaalia eri lähteistä ja käyttää niitä kirjoituksensa lähteenä. Kun tietoa etsitään eri lähteistä, kuten kirjoista, artikkeleista tai Internetistä, tulee aina merkitä muistiin lähteen tiedot: kuka, milloin, mitä, missä ja sivunumerot.

Lähdeviittausten ja lähdeluettelon tarkoitus on antaa käytetyistä lähteistä riittävästi tietoa. Niiden avulla lukija saa halutessaan lisätietoja viitatuista asioista katsomalla

alkuperäistä lähdettä. Alkuperäiset ja uudet lähteet ovat suositeltavia, jos niitä on saatavilla. Kun lähteeseen viitataan, lähdeaineiston *asiasisältö tulee selostaa omassa työssä omin sanoin*. Mikäli lähteestä otetaan suoria lainauksia, sitaatteja, lainattu teksti sijoitetaan lainausmerkkien (" ") väliin.

Saimaan ammattikorkeakoulun tekniikan yksikön laboratoriotyöraporteissa noudatetaan lähdeviittauksissa ja lähdeluetteloinnissa samaa menettelyä kuin Saimaan ammattikorkeakoulun opinnäyteraporttien kirjoittamisohjeessa. Laboratoriotyöraporteissa tulee löytyä viittaukset käytettyihin lähteisiin.

### 5.6.1. Viittaaminen lähteisiin

Lähteet merkitään tekstiin ns. Harvardin järjestelmällä eli nimi-vuosijärjestelmällä (painovuosi). Alla olevista asioista on kerrottu Saimaan ammattikorkeakoulun opinnäyteraporttien kirjoittamisohjeessa.

Esimerkkejä viittauksen merkitsemisestä on seuraavassa:

- Yksi tekijä (Virtanen 2007).
- Kaksi tekijää (Lahtinen & Virtanen 2007).
- Useampia tekijöitä, ensimmäinen kerta (Lahtinen, Kukkonen & Virtanen 2007).
- Useampia tekijöitä, muu kuin ensimmäinen kerta (Lahtinen ym. 2007).
- Lähdettä on referoitu tietyltä sivulta (Virtanen 2007, 24).
- Lähdettä on referoitu tietyiltä sivuilta (Virtanen 2007, 24–26).
- Saman kirjoittajan samana vuonna ilmestyneet kirjoitukset erotetaan pienin kirjaimin (Virtanen 2007a, 2007b).
- Jos teksti sisältää asiaa useista lähteistä, lähteet merkitään samojen sulkujen sisään julkaisuvuoden mukaisessa järjestyksessä vanhimmasta uusimpaan ja ne erotetaan toisistaan puolipisteellä (Lahtinen 2005; Järvinen 2006; Virtanen 2007).
- Jos lähteessä ei ole merkitty varsinaista tekijää, tekstissä viitataan tähän teoksen nimellä ja vuosiluvulla (Komiteanmietintö 1993/96).
- Internetiin viitataan sivun tekijän nimellä tai sivun nimellä tai organisaation nimellä (Saimaan ammattikorkeakoulu). Tarkka osoite käy ilmi vasta lähdeluettelosta.

Tekstistä pitää aina käydä ilmi, mikä on kirjoittajan omaa tekstiä ja mikä muilta saatua. Viittaustapoja ovat suora lainaus (teksti lainausmerkkien sisällä), lähteen tekstin tiivistäminen tai lähteen tekstin omin sanoin sanominen. Viittauksesta on nähtävä, missä määrin kirjoitettu teksti perustuu lähteisiin. Jos kappaleen asiasisältö on kokonaisuudessaan lainattua, merkitään lähdeviite sulkuihin kappaleen loppuun, kappaleen lopettavan virkkeen loppupisteen jälkeen, ja lähdeviite päättyy omaan pisteeseensä – kuten seuraava näiden kahden virkkeen jälkeinen esimerkkiviite Virtasesta. (Virtanen 2007.) Mikäli viittaus koskee yhtä virkettä, lähdeviittaus sijoitetaan

virkkeen sisään eli juuri ennen virkkeen lopettaavaa pistettä – kuten tämä yhden virkkeen esimerkkiviite (Virtanen 2007). Myös kuvat tai taulukot merkitään, mikä ne ovat lähteestä.

Lisää yksityiskohtia lähdeviittaus käytännöistä löytyy Saimaan ammattikorkeakoulun opinnäyteraporttien kirjoittamisohjeesta, joka löytyy ammattikorkeakoulun kirjaston verkkosivuilta

### **5.6.2. Lähdeluettelo**

Lähdeluettelon otsikko on LÄHTEET. Siihen merkitään vain sellaiset teokset, joita kirjoittaja on käyttänyt työssään ja joihin hän on viitannut.

Lähdeluettelo kirjoitetaan rivivälillä 1.

Laboratoriotyöraportin lähdeluetteloon ei kuulu työn laboratoriutyöohje. Muu painettu ja sähköinen materiaali, joista on lainattu tietoa kuuluvat siihen. Lähdeluetteloon lähteet merkitään aakkosjärjestyksessä kirjoittajan sukunimen mukaan – tai ellei kirjoittajaa ole mainittu, teoksen mukaan. Painettu ja sähköinen materiaali merkitään lähdeluetteloon seuraavasti:

#### *Painettu kirja*

Tekijän sukunimi, Etunimen alkukirjain tai –kirjaimet. Julkaisun painovuosi. Julkaisun nimi. Painos (ellei 1:nen). Kustannuspaikka: Kustantaja.

#### *Kokoomateoksessa oleva artikkeli*

Tekijän sukunimi, Etunimen alkukirjain tai –kirjaimet. Julkaisun painovuosi. Artikkelin nimi. Kokoomateoksen toimittaja(t) (toim.). Kokoomateoksen nimi. Kustannuspaikka: Kustantaja, sivunumerot.

#### *Lehtiartikkeli*

Tekijän sukunimi, Etunimen alkukirjain tai –kirjaimet. Julkaisuvuosi. Kirjoituksen nimi. Julkaisun nimi Vuosikerta eli volyymi, sivunumerot.

#### *Julkaisusarjat*

Tekijän sukunimi, Etunimen alkukirjain tai –kirjaimet. Julkaisun nimi. Julkaisusarja. Kustannuspaikka.

*Internet-lähteet*

Tekijä tai organisaatio. URL-osoite. ”Luettu” ja päivämäärä. Tämä merkintä tarkoittaa, että lähdemateriaali on saatavissa kyseisessä osoitteessa ainakin mainittuna päivänä. Jos www-sivulle ei löydy tekijää vaan ainoastaan sivujen otsikko tai sivujen ylläpidosta vastaava organisaatio, ne voidaan merkitä tekijäksi.

Kuvio 5.3 on esimerkki lähdeluettelosta, jossa on esitetty joitain erilaisia lähteitä. Lisää esimerkkejä löytyy opinnäytetyöohjeesta.

**LÄHTEET**

Hämäläinen, K. & Kaartinen-Koutaniemi, M. (toim.) 2002. Benchmarking korkeakoulujen kehittämisvälineenä. Korkeakoulujen arviointineuvoston julkaisu 13:2002. [http://www.kka.fi/pdf/julkaisut/KKA\\_1302.pdf](http://www.kka.fi/pdf/julkaisut/KKA_1302.pdf) (Luettu 30.3.2009)

Kangasharju, K. & Majapuro, M. 2005. Tutkimusraportin kirjoittaminen. Uudistettu painos. Helsinki: Helsingin kaupunkorkeakoulu

Kuusipalo, J., Savolainen, A., Laiho E. & Penttinen, T. 2008. Extrusion coating and products. Kuusipalo, J. (toim). Papermaking Science and Technology vol 12 – Paper and paperboard converting. Jyväskylä: Paperi ja puu Oy.

Lindell, T. 2006. Stora Enso Saimaa Services Toiminnanohjausjärjestelmä. Etelä-Karjalan ammattikorkeakoulu. Tietotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Loijas, M. 2010. Factors Affecting the Axial Force in Low-Consistency Refining. Tampereen ammattikorkeakoulu. Paperitekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2010061812379> (Luettu 30.3.2011)

Luomi, S., Päälystysmenetelmät. 1991. INSKO. Julkaisu Päälystystekniikan seminaari, 48 s. Helsinki

Mascheroni, E. Capretti, G. Marengo, M. Iametti, S., Mora, Piergiovanni, L., & Bonomi, F. 2010. Modification of Cellulose-based Packaging Materials for Enzyme Immobilization. Packaging technology and Science. 23: 47–57

Metso Paper Oy. Paper machine forming sections. Esite. <http://www.metso.com/MP/marketing/Vault2MP.nsf/BYWID/WID-041013-2256E-4CA77?openDocument> (Luettu 30.3.2011)

Prowledge Oy. KnowPap 10.0, Paperitekniikan ja automaation oppimisympäristö. Saimaan ammattikorkeakoulun sisäisessä käytössä, vaatii salasanan. (Luettu.28.3.2011)

Kuvio 5.3. Esimerkki lähdeluettelosta

## 6. YHTEENVETO

Tässä ohjeistuksessa käytettiin pääasiallisena muotoilulähteenä Saimaan ammattikorkeakoulun ohjetta opinnäytetyön kirjoittamiseen. Lisäksi kiinnitettiin huomioita tieteellisen raportin tarkempaan rakenteeseen.

Tätä ohjetta voi käyttää opinnäytetyöohjeen tukena tai jatkeena, mutta laboratorioraportin kirjoittamiseen ohje antaa kattavan tiedon.

Toivotaan, että tällä ohjeella raportointi ja raportin tarkastelu sujuvat helpommin.

## LÄHTEET

Julkaisutyöryhmä. 2009. Saimaan ammattikorkeakoulun opinnäytetyön kirjoitusohje. [http://www.saimia.fi/kirjasto/fi-FI/files/docs/pdf/opinnaytetyoraportin\\_kirjoitusohje.pdf](http://www.saimia.fi/kirjasto/fi-FI/files/docs/pdf/opinnaytetyoraportin_kirjoitusohje.pdf) (Luettu 29.3.2011)

Karppinen, A., Kylänpää, E. & Äikäs-Inha, L. 2008. Raportointiopas. Tampereen ammattikorkeakoulu

Teknillinen korkeakoulu. 2008. Harjoitustyöselosteen laatimisoheje. [https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/puu-23.3020/materiaali/harjoitustyoselostuksen\\_laatimisoheje\\_.pdf](https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/puu-23.3020/materiaali/harjoitustyoselostuksen_laatimisoheje_.pdf). (Luettu 16.2.2011).

Turku, K. & Pulkkinen, M. 2008. Raportointioheje – Paperitekniikan laboratoriotyöt. Lappeenrannan teknillinen yliopisto

## Mittauspöytäkirjaesimerkki

Taulukko 1. Mittauspöytäkirjaesimerkki

Taulukko II. Paperin paksuusmittaus, neliömassan, tiheyden ja bulkin määrittäminen							
16.11.2010					1 / (1)	<b>Ryhmä:</b>	
Kemiantekniikan osasto							
Paperitekniiikan laboratorio							
BJ60A0800 Kuitu- ja paperitekniiikan laboratoriotyöt							
MITTAUSPÖYTÄKIRJA 2							
<b>Laboratoriotöiden aiheet:</b> Paperin paksuusmittaus, neliömassan, tiheyden ja bulkin määrittäminen							
<b>Mittauksen kohde:</b>		Kalanteroimaton hienopaperi: jauhatus 0 min, 10 min, 20 min sekä 20 min ja fraktioitu					
<b>Mittaustyönkulku:</b>							
Edellisenä päivänä tehdyt ja yön aikana kuivuneet arkit leikataan neliöiksi, jonka pinta-ala 0,2 m <sup>2</sup>							
Kuuden (6) arkin yhteispaksuus mitataan viidestä (5) kohtaa							
<b>Laskut:</b>							
Neliömassa = kuuden arkin massa/ kuuden arkin ala [g]		W= g/(6*0,02) m <sup>2</sup>					
Tiheys = neliömassa/paksuudella [ρ= (kg/m <sup>3</sup> )		ρ= (g/m <sup>2</sup> / μm)*1000					
Bulkki = tiheyden käänteisluku [cm <sup>3</sup> /g]		B= 1/tiheys *10000					
Mittaukset: Kalanteroimaton paperi							
näyte	HP0 min	näyte	HP10 min	näyte	HP20 min	näyte	HP20 min F
1	754	1	619	1	551	1	552
2	738	2	624	2	547	2	541
3	715	3	621	3	551	3	545
4	740	4	632	4	548	4	553
5	743	5	625	5	546	5	563
Yhteensä [μm]	3690	Yhteensä [μm]	3 121	Yhteensä [μm]	2743	Yhteensä [μm]	2754
Keskiarvo [μm]	738	Keskiarvo [μm]	624	Keskiarvo [μm]	549	Keskiarvo [μm]	551
Arkin keskim. paksuus [μm]	123	Arkin keskim. paksuus [μm]	104	Arkin keskim. paksuus [μm]	91	Arkin keskim. paksuus [μm]	92
6 arkin massa [g]	8,6680	6 arkin massa [g]	8,5118	6 arkin massa [g]	8,1824	6 arkin massa [g]	7,9655
Tulokset							
Neliömassa[g/m <sup>2</sup> ]	72,2	Neliömassa[g/m <sup>2</sup> ]	70,9	Neliömassa[g/m <sup>2</sup> ]	68,2	Neliömassa[g/m <sup>2</sup> ]	66,4
Tiheys [kg/m <sup>3</sup> ]	587	Tiheys [kg/m <sup>3</sup> ]	682	Tiheys [kg/m <sup>3</sup> ]	746	Tiheys [kg/m <sup>3</sup> ]	723
Bulkki [[cm <sup>3</sup> /g]	1,70	Bulkki [[cm <sup>3</sup> /g]	1,47	Bulkki [[cm <sup>3</sup> /g]	1,34	Bulkki [[cm <sup>3</sup> /g]	1,38

Ohje virhetarkastelusta

1(4)

SAIMAAN AMMATTIKORKEAKOULU  
Fysiikan laboratoriotyöt

MITTAUSTULOSTEN KÄSITTELYSTÄ JA VIRHEENARVIOINNISTA

Mittaustuloksien virheet

Mittaustuloksissa esiintyvät virheet ryhmitellään tavallisesti seuraavasti:

- karkeat virheet,
- systemaattiset virheet,
- satunnaiset virheet.

Karkeat virheet johtuvat asteikon väärin tulkitsemisesta, ovat hetkellisten häiriöiden aiheuttamia, ovat laskuvirheitä. Ne voidaan usein havaita ja korjata tai jättää laskuista pois.

Systemaattisesta virheestä puhutaan silloin, kun virhe pyrkii vaikuttamaan aina samaan suuntaan. Se voi johtua mittalaitteen kalibroinnista, mitta-asteikon virheellisyydestä, mittalaitteen laadusta, jne. Mittaaja voi lukea asteikkoa väärin tai vinosti, jolloin syntyy parallaksivirhe.

Satunnaiseksi sanotaan virhettä silloin, kun se ei pyri vaikuttamaan samaan suuntaan, vaan tulokset vaihtelevat tietyissä rajoissa, mutta eivät estä oikean arvon löytämistä. Tuloksia käsitellään silloin tilastomatematiikan keinoin.

Tulosten käsittelyn tarkoitus

Vaikka mitattavasta suureesta etukäteen tiedettäisiinkin, että sillä on tietty "oikea arvo", ei mittauksissa yleensä saada tätä oikeata arvoa. Mittaustulos on aina likiarvo.

Esimerkiksi pituuden mittaustulos voidaan ilmaista:

$$l = (75,3 \pm 0,5) \text{ mm.}$$

Merkintä tarkoittaa, että pituuden  $l$  mittaustuloksen epätarkkuudeksi on arvioitu  $\Delta l = 0,5 \text{ mm}$ .

Mittaustuloksen tarkkuuteen vaikuttaa mm.

- mittausten menetelmän epätarkkuus,
- mittalaitteiden epätarkkuus,
- mittaaja itse,
- mitattavan suureen luonne.

Näistä seikoista lähtien pyritään löytämään erilaisin tulostenkäsittelymenetelmin todennäköisin (paras) arvo etsitylle suurelle.

Mittaustulosten käsittelyn tarkoituksena on siis määrittää kaikista havaintoarvoista lähtien yksikäsitteinen lopputulos ja selvittää tuloksen luotettavuus.

Mittausvirheet

*Absoluuttinen virhe* määritellään

$$\Delta x = |x_i - x_o|$$

jossa  $x_i$  = mittaustulos

$x_o$  = "oikea arvo"

*Suhteellinen virhe* määritellään

$$\frac{\Delta x}{x_o} \approx \frac{\Delta x}{x_i} \quad \text{tai} \quad 100 \frac{\Delta x}{x_i} \%$$

Käytännössä  $x_o$  joudutaan korvaamaan mittaustuloksella tai sen todennäköisimmällä arvolla (keskiarvolla).

Virheenarviointi

Mitattujen suureiden virhearvio tehdään työn yhteydessä ja ne merkitään havaintoarvoihin. Mittaustarkkuutta arvioitaessa otetaan huomioon edellä luetellut seikat mittausten menetelmästä, mittalaitteista ja mittaajasta. Mittalaitteiden tarkkuusluokka on usein ilmoitettu mittalaitteen mukana, lukematarkkuus on katsottava asteikosta. Mittaustuloksen tarkkuudelle pyritään arvioimaan realistinen arvo. Kyseessä on virheen yläraja.

Yleensä suure, jota haetaan, lasketaan jonkin kaavan avulla. Sen laskemiseksi on silloin jouduttu tekemään usean suureen mittauksia. Ne vaikuttavat kaikki lopputulokseen omalla tarkkuudellaan. Tuloksen tarkkuus voidaan monissa tapauksissa laskea valmiiden virhekaavojen avulla. Ne ovat yleensä kokonaisdifferentiaalilla johdettuja. Tietenkin aina on mahdollista laskea suureen arvo uudelleen arvioimalla mittaustulosten vaikutus "yläkanttiin" ja "aläkanttiin".



$$f = a + b \Rightarrow |\Delta f| = |\Delta a| + |\Delta b|$$

$$f = a - b \Rightarrow |\Delta f| = |\Delta a| + |\Delta b|$$

$$f = a \cdot b \Rightarrow \left| \frac{\Delta f}{f} \right| = \left| \frac{\Delta a}{a} \right| + \left| \frac{\Delta b}{b} \right|$$

$$f = \frac{a}{b} \Rightarrow \left| \frac{\Delta f}{f} \right| = \left| \frac{\Delta a}{a} \right| + \left| \frac{\Delta b}{b} \right|$$

$$f = a^n \Rightarrow \left| \frac{\Delta f}{f} \right| = \left| n \cdot \frac{\Delta a}{a} \right|$$

### Tuloksen pyöristäminen

Laskettu absoluuttinen virhe pyöristetään yleensä *yhden merkitsevän numeron tarkkuuteen*. Jos kuitenkin ainoaksi merkitseväksi numeroksi jäisi ykkönen (ja sen perässä pieni numero), otetaan mukaan kaksi merkitsevää numeroa. Kun on kyseessä virheen ylärajan arviointi, tehdään pyöristäminen yleensä ylöspäin.

Pyöristetty virhe määrää myös lopputuloksen pyöristyksen. Lopputulos pyöristetään virhettä vastaavaan tarkkuuteen. Suureen viimeinen merkitsevä numero on silloin samassa asemassa desimaalipilkkuun nähden kuin virheen usein ainoa merkitsevä numero. Eli suureen arvossa ja virheen arvossa on yhtä monta desimaalia. Jos virheen arvo on satojen tarkkuudella, on myös suureen arvo satojen tarkkuudella.

Esim.	EI	$k = (32,5371 \pm 0,734) \text{ N/m}$
	VAAN	$k = \square(32,5 \pm 0,8) \text{ N/m}$
	EI	$E = (198\,537 \pm 17\,560) \text{ N/mm}^2$
	VAAN	$E = (200\,000 \pm 20\,000) \text{ N/mm}^2$
	EI	$\alpha = (23,51 \pm 0,59) \square 10^{-6} \text{ 1/K}$
	VAAN	$\alpha = (23,5 \pm 0,6) \square 10^{-6} \text{ 1/K}$

### Esimerkki Min-Max menetelmästä

Joskus virhekaavan laskeminen on hyvinkin työlästä. Tällöin voidaan käyttää ns. Min-Max menetelmää (arvioimalla mittaustulosten vaikutusta laskettavan suureen arvoon ylä- ja alakanttiin). Seuraavalla yhtälöllä ratkaistaan suureen  $w$  arvoa:

$$w = \frac{t_2 - t}{t - t_1} \cdot m_2 - m_1$$

Mittaustulokset ovat seuraavanlaiset:

$$t_2 = 40,5 \pm 0,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_1 = 13,4 \pm 0,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t = 27,6 \pm 0,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$m_2 = 230,8 \pm 0,1 \text{ g}$$

$$m_1 = 179,8 \pm 0,1 \text{ g}$$

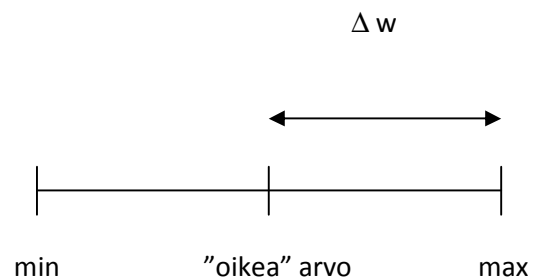
Lasketaan w:n arvo mittaustulosten perusteella, saadaan

$$w = \frac{40,5 - 27,6}{27,6 - 13,4} \cdot 230,8 - 179,8 \approx 29,97$$

Lasketaan seuraavaksi suurin ja pienin mahdollinen w:n arvo mittaustulosten absoluuttisten virheiden perusteella:

$$w_{\max} = \frac{40,6 - 27,5}{27,5 - 13,5} \cdot 230,9 - 179,7 \approx 36,36$$

$$w_{\min} = \frac{40,4 - 27,7}{27,7 - 13,3} \cdot 230,7 - 179,9 \approx 23,56$$



w:n arvo on siis varmasti välillä 23,56 – 36,36. Absoluuttinen virhe on puolet tämän välin pituudesta.

$$\Delta w = \frac{w_{\max} - w_{\min}}{2} \approx 6,4$$

w:n arvoksi voidaan nyt ilmoittaa  $30 \pm 7 \text{ g}$  (tai  $30 \pm 6 \text{ g}$ )