

Hallinto-osaston julkaisuja 2002/3

# TEKNIIKAN ALAN VÄITÖSKIRJAOPAS

MAURI AIRILA - MARTTI PEKKANEN

TEKNILLINEN KORKEAKOULU  
Opintoasiat

ISBN 951-22-5822-6  
ISSN 1456-601X

Painopaikka:  
Edita Prima Oy  
Helsinki 2002

## ESIPUHE

Tämän oppaan tarkoituksena on auttaa jatko-opiskelijaa kirjoittamaan hyvä väitöskirja. Opas ei pyri olemaan valmiita reseptejä tarjoava keittokirja vaan virikekirja, joka kannustaa omaan pohdintaan.

Yliopiston vanha ja yksinkertainen perusidea toimii edelleen: kun oppiminen yhdistyy tieteelliseen tutkimustyöhön, opiskelijalla on mahdollisuus saavuttaa syvä ymmärrys alansa ilmiöistä. Henkilöllä, joka ymmärtää ilmiöitä, on muuttuvassa maailmassa paremmat selviytymisen lähtökohdat kuin sillä, joka pelkää osaa asioita. Erityisesti jatko-opinnoissa yliopiston perusidea ja opiskelun tavoite on syytä pitää kirkkaana mielessä.

Jatko-opintojen pääsisältönä on tieteellinen tutkimustyö ja tutkimuksen raportointi väitöskirjana. Tutkimaan opitaan vain itse tutkimalla ja raportoimaan vain itse kirjoittamalla. Siitä huolimatta tutkimustradition tarjoamaa antia ei pidä väheksyä. Sukupolvien kokemus on hionut monet käyttöesineet äärimmäisen tarkoituksenmukaisiksi ja kauniiksi. Samalla tavoin tieteellisen tutkimustyön toimintatavat ja raportointityyli ovat karaistuneet tehokkaan taloudelliseksi tiedeyhteisön kriittisen arvioinnin seurauksena.

Hyvään väitöskirjaan tarvitaan hyvää tieteellistä tutkimusta. Tutkimus on osattava raportoida hyvin. Koko jatko-opiskeluprojekti on kyettävä hoitamaan mallikkaasti, jotta välttyttäisiin tahattomilta viiveiltä ja monilta pettymyksiltä.

Osa I liittyy jatko-opintojen käytäntöön ja opastaa opiskeluprojektin hallintaan ja väitöskirjan kirjoittamiseen liittyvissä kysymyksissä.

Tieteellistä tutkimusta on hankala tehdä ilman käsitystä tieteen tunnuksista ja ominaispiirteistä. Väitöskirja on helpompi kirjoittaa, jos on selvillä väitöskirjojen tieteellisyyden arvioinnista. Oppaan osassa II näitä asioita on pohdittu siinä laajuudessa kuin uskomme jokaisen väitöskirjaan tähtäävän tarvitsevan.

Olemme kirjoittaneet tekstin yhdessä. Mauri Airila on keskittynyt osaan I ja Martti Pekkanen osaan II.

Professori Ilkka Niiniluoto on lukenut osan II ja tehnyt siihen lukuisia arvokkaita huomautuksia, mistä lausumme hänelle lämpimät kiitokset. Professorit Toivo Katila, Pekka Pirilä ja Ari Sihvola ovat kommentoineet käsikirjoitusta ja ehdottaneet siihen parannuksia, mistä olemme heille kiitollisia.

Espoossa 29. tammikuuta 2002

Tekijät



# SISÄLLYS

## OSA I

1. TEKNIIKAN JATKO-OPINNOT	9
1.1 Tarkoitus	9
1.2 Edellytykset	10
1.3 Liitynnät tutkimusohjelmiin	11
1.4 Opiskeluympäristö	11
1.5 Aikataulu	12
1.6 Lisensiaatintutkimus vai väitöskirja	12
1.7 Monografia vai yhdistelmäväitöskirja	13
1.8 Käytännön toimenpiteet	15
2. TUTKIMUSTYÖ PROJEKTINA	16
2.1 Tutkimusongelman täsmentäminen	16
2.2 Tutkimuksen toteutus	18
2.3 Tulosten hankinta ja arviointi	19
2.4 Raportointi	20
2.5 Hyvä tieteellinen käytäntö	21
3. VÄITÖSKIRJAN KIRJOITTAMINEN	24
3.1 Jäsentely	24
3.2 Johdanto	24
3.3 Kirjallisuuskatsaus	25
3.4 Tutkimuksen suorittaminen	25
3.5 Tulokset	26
3.6 Tulosten arviointi	26
3.7 Johtopäätökset ja suositukset	26
3.8 Tiivistelmä ja yhteenveto	27
3.9 Muut osiot	27
3.10 Hyvän väitöskirjan tunnusmerkkejä	27

## OSA II

1. JOHDANTO	32
1.1 Väitöskirja ja tiede	32
1.2 Tiede, tieto, totuus, kieli ja todellisuus	32
1.3 Lähtökohta	33
2. TODELLISUUS	34
2.1 Realismi	34
2.2 Todellinen	35
2.3 Todellinen ja fyysinen	35
3. TOTUUS	36
3.1 Totuuden korrespondenssiteoria	36
3.2 Muut totuuden teorit	37
3.3 Totuudenkaltaisuus	38
4. KIELI	39
4.1 Semantiikka	39
4.2 Totuus	40

4.3 Matematiikka	41
5. TIETO	43
6. TUTKIMUS	44
7. TIEDE	45
7.1 Tieteen määrittely	45
7.2 Tieteen tunnusmerkit	46
7.3 Tieteellinen tutkimus	47
7.4 Tieteellinen tieto	48
7.5 Sumea tiede	49
8. TIETEEN TUNNUSMERKIT	51
8.1 Objektiivisuus	51
8.2 Edistyvyys	52
8.3 Julkisuus	52
8.4 Kriittisyys	53
8.5 Autonomisuus	55
8.6 Totuudenkaltaisuus	56
8.7 Lainomaisuus	57
8.8 Informatiivisuus	57
8.9 Yleisyys	58
9. VÄITÖSKIRJAN TIETEELLISYYDEN ARVIOINTI	59
9.1 Tiedon tieteellisyys	59
9.2 Tutkimuksen tieteellisyys	60
9.3 Tieteellisyyden arviointi	60
9.4 Vertailu	61
9.5 Tutkimuksen kriittisyys ja autonomisuus	61
9.6 Tiedon totuudenkaltaisuus ja yleisyys	62

## **LIITTEET**

LIITE 1: SÄÄDÖKSIÄ

LIITE 2: VÄITÖSKIRJAN LAATIJAN MUISTILISTA

LIITE 3: LÄHDEVIITTEIDEN LAATIMINEN

## **VIITTEET**

**Tekniikan alan väitöskirjaopas  
OSA I**





# 1. TEKNIIKAN JATKO-OPINNOT

## 1.1 Tarkoitus

Tekniikan yliopiston jatko-opinnot ovat tieteellistä jatkokoulutusta. Tekniikan tohtorin tutkintoon tähtäävissä opinnoissa “opiskelijan tulee perehtyä syvällisesti omaan tutkimusalaansa ja kyetä itsenäisesti luomaan uutta tieteellistä tietoa” (Asetus teknillistieteellisistä tutkinnoista 215/1995, 9 §). Vastaavasti “opinnoissaan tekniikan lisensiaatin tutkintoa varten opiskelijan tulee osoittaa oman tutkimusalanensa hyvää tuntemusta sekä kykyä itsenäiseen ja kriittiseen tieteelliseen ajatteluun”.

Toteutukseltaan jatkokoulutus on selkeästi tutkijankoulutusta, jossa oppiminen yhdistyy omaan tutkimustyöhön yliopiston perusidean mukaisesti. Tämä vanha koulutusidea näyttää edelleen johtavan asioiden syvälliseen ymmärtämiseen paremmin kuin mikään muu oppimisen menetelmä. Siksi myös teollisuuden, konsulttiyritysten, valtionhallinnon ja opetussektorin työtehtävissä tutkijankoulutuksesta ja tutkimuskokemuksesta on selvää etua silloinkin, kun tehtävät eivät suoranaisesti suuntaudu tutkimukseen.

Jatkotutkintoja syntyy nykyisin niin paljon, että yhä useampi lisensiaatti ja tohtori hakeutuu elinkeinoelämän palvelukseen. Yliopistojen ja tutkimuslaitosten mahdollisuudet rekrytoida tohtoreita ovatkin rajalliset. Toisaalta teollisuudessa ja muussa elinkeinoelämässä on enenevässä määrin erinomaisia työtehtäviä tekniikan lisensiaateille ja tohtoreille. Tulevaisuuden kuva onkin, että useimmat jatkotutkinnon suorittaneet työskentelevät elinkeinoelämän palveluksessa. Teollisuuden ja tutkimuksen hyvä vuorovaikutus edellyttää, että molemmilla osapuolilla on käytettävissään tutkimuksen asiantuntijoita.

Varsinaiseksi ammattitutkijaksi aikovan on tarkoituksenmukaista suorittaa jatkotutkintonsa nuorena ja ripeästi. Väitöskirjasta ei ole syytä tehdä omaa tieteellistä päätyötään tai elämäntehtävää. Pikemminkin väitöskirja tulee nähdä tiedeyhteisön ajokorttina, joka osoittaa tutkijan pystyvän itsenäiseen tieteelliseen työhön. Nuorena väitellyt tutkija pääsee parhaassa luovassa iässä käsiksi varsinaisiin tutkijan töihin. Tohtorinopintoja nopeuttamaan ja niiden laatua nostamaan yliopistoihin on perustettu Opetusministeriön rahoittamia tutkijakouluja. Tutkijakouluun kannattaa hakeutua etenkin, jos aikoo tutkijanuralle väitöskirjan jälkeen.

Yritysten kansainvälistyessä myös haasteet lisääntyvät. Avainteknologioidensa osalta yritykset haluavat olla kehityksen eturintamassa. Tällöin voi olla tarpeen tuottaa omaa tutkimustietoa liiketoiminnan ydinalueilta. Tieteellinen jatkokoulutus valmentaa toimintaan tekniikan etulinjassa. Työssä tulee vastaan tilanteita, joissa on oltava kykyä tieteelliseen ajatteluun ja valmiutta yhteistyöhön yliopistojen ja tutkimuslaitosten kanssa. Kun itsellä on tutkijan tausta, ymmärtää tieteellisen tutkimuksen kulttuurin ja pelisäännöt paremmin kuin perustutkintopohjalta.

Varsinaisia tohtorinvakansseja Suomessa on vähän. Työpaikkailmoituksissa etsitään harvoin lisensiaattia tai tohtoria. Jatkotutkinnon suorittaneen kannattaakin etsiä mielenkiintoisia tehtäviä, joissa edellytetään esimerkiksi

diplomi-insinöörin tutkintoa. Hakupapereissa ja haastattelutilanteessa jatkotutkinnon voi tuoda esille lisäarvona. Kun on valittu uuteen tehtävään, joutuu tietysti omalla toiminnallaan osoittamaan, että jatkotutkinnolla on katetta. Teollisuus ei niinkään arvosta titteleitä vaan vankkaa osaamista. Kansainvälisen toiminnan vilkastuminen tosin lisää muodollisten tutkintojen merkitystä. Monissa maissa on tapana ottaa mukaan teknisiin kauppaneuvotteluihin myös tohtoreita ikäänkuin antamaan painoa tekniselle argumentoinnille.

## 1.2 Edellytykset

Suomessa on varsin helppo aloittaa jatko-opinnot, koska yliopistojen tutkintosäännöt eivät aseta tiukkoja pääsyvaatimuksia. Teknillistieteellisen ylemmän korkeakoulututkinnon suorittanut voi hakea alansa jatko-opintoihin. Esitietojen puutteita ja perustutkinnon huonoja arvosanoja voi osaston harkinnan mukaan korvata lisäsuorituksilla, jos jatko-opintojen muut edellytykset näyttävät olevan kunnossa. Jatko-opiskelijoiksi ilmoittautuneita on ymmärrettävästi paljon suhteessa lisensiaatin tai tohtorin tutkintoihin. Moni innolla aloittanut väsy nopeasti ja jää käytännössä vain kirjoilla olevaksi jatko-opiskelijaksi ilman säännöllisiä opintosuorituksia.

Teknillisessä korkeakoulussa väitöskirjojen laatuun halutaan kiinnittää erityistä huomiota. Siksi ei ole itsestään selvää, että jokainen jatko-opintonsa aloittanut kykenee suorittamaan tohtorin tutkinnon. "Jatko-opiskelukykyä" voisi havainnollistaa tulona, jonka tekijöitä ovat teoreettinen lahjakkuus, pitkäjännitteisyys, työkapasiteetti ja venymiskyky. Menestys jatko-opinnoissa siis edellyttää, ettei mikään tekijä ole lähellä nollaa!

Opiskelijan tulisi aluksi arvioida kriittisesti mahdollisuutensa selvittää jatkotutkinnosta. Opintoja valvova professori voi toimia keskustelukumppanina. Hukkatyön ja ennen kaikkea oman turhautumisen välttämiseksi kannattaa olla realistinen mahdollisuuksiinsa nähden. Toisaalta, hyvin harkitun aloituspäätöksen jälkeen ei pidä empiä vaan lähteä siitä, että tämä projekti hoidetaan. On monia esimerkkejä siitä, että perusopintonsa verkkaisesti suorittanut diplomi-insinööri on yllättäen löytänyt uuden vaihteen ja osoittautunut tehokkaaksi tutkijaksi ja aktiiviseksi jatko-opiskelijaksi.

Jatko-opinnot osuvat elämänkaaren hankalaan vaiheeseen. Tulojen pitäisi riittää asunnon hankintaan ja kohtuulliseen elintasoon, työuralla ovat menossa näytön vuodet, perhe voi olla perusteilla ja lapset pieniä. On hyvä kysyä itseltään miksi-kysymyksiä ja etsiä aitoa motivaatiota jatko-opintoihin. Jos motivaatio riittää, monet käytännön vaikeudet voi voittaa tai kiertää.

Opintojen rahoittaminen on jatko-opintojen visainen käytännön ongelma. Tutkimustyön kiivaimpina aikoina on oltava mahdollisuus tehdä tutkimusta lähes täysitoimisesti. Teollisuudessa, tutkimuslaitoksen tai yliopiston projektitutkijana tai opetustehtävissä aikaa ja energiaa jatko-opinnoille jää vähän. Suomen Akatemian virassa, apurahalla tai tutkijakoulussa tutkimukselle rauhoitettua aikaa on riittävästi, mutta vastaavasti palkka on melko vaatimaton tekniikan alan palkaksi.

Erityisesti teollisuudessa työskentelevien jatko-opiskelijoiden kannattaa valita tutkimusaiheensa niin, että myös työnantaja näkee tutkimuksesta hyötyä ja on valmis joustoihin jatko-opintojen tehokkaaksi läpiviemiseksi. Teollisuusaiheissa salassapitokysymykset tosin saattavat nousta ongelmaksi. Tieteelle on tunnusomaista julkisuus. Opinnäytteet ovat lain mukaan julkisia. Näin ollen väitöskirjassa - tieteellisessä opinnäytteessä - ei voi esittää asioita, jotka halutaan pitää luottamuksellisina. Tutkimustulosten luottamuksellisuuteen liittyvät kysymykset on syytä selvittää nimenomaan tutkimushanketta valmisteltaessa samalla, kun muistakin tutkimustyön asioista sovitaan.

Jatko-opiskelijoille tarkoitetuista stipendeistä ja apurahoista saa tietoa mm. Opetusministeriön (<http://www.minedu.fi>), Suomen Kulttuurirahaston (<http://www.skr.fi>), Suomen Akatemian (<http://www.aka.fi>), Sitran (<http://www.sitra.fi/>), Turun yliopiston (<http://www.uku.fi/wwwdata/apurahat>) sekä EU:n tutkimuksen (<http://www.cordis.lu/en/home.html>) www-sivuilta.

Kari Vaijärven Apuraha-avaimessa on kattava apurahakalenteri (Vaijärvi 1997).

### **1.3 Liitynnät tutkimusohjelmiin**

On merkittävä etu, jos väitöskirjan aiheen löytää isommasta tutkimuskokonaisuudesta. Yleensä iso kokonaisuus edustaa valmiiksi mietittyä tutkimusongelmaa, josta voidaan johtaa suoraviivaisesti ja viivytyksettä sopiva tavoite yhdelle väitöskirjalle.

Kansalliset tai EU:n tutkimusohjelmat sisältävät paljon muutakin tutkimusta ja selvitystä kuin tieteellistä tutkimusta. Haasteellisista ohjelmista löytyy kuitenkin osioita, joista on mahdollista muokata hyviä väitöskirjan teemoja. Esimerkiksi Tekesin teknologiaohjelmissa suoranaisesti kannustetaan tutkijoita tekemään väitöskirjoja, koska näiden avulla maahan synnytetään syvällistä ja pysyvää osaamista.

Kansalliset teknologiaohjelmat tarjoavat erityisesti teollisuuden jatko-opiskelijoille hyvän tutkimusfoorumin, jossa omat intressit, työnantajan mielenkiinto ja hyvä tutkimusympäristö voivat kohdata.

### **1.4 Opiskeluympäristö**

Jatko-opiskelijan tutkijankoulutus on tehokkainta, jos hän toimii kokemukseltaan erilaisista tutkijoista koostuvassa ryhmässä. Kokemustenvaihto ja ongelmatilanteiden käsittely onnistuu tällöin jopa päivittäin. Yksinäistä puurtamista oman tutkimusaiheen kimpussa kannattaa välttää. Väitöskirjan valvojaan ja erityisesti ohjaajaan on tarpeen pitää säännöllistä yhteyttä, jotta varmistetaan koko prosessin ajan yhteinen näkemys työn päälinjoista ja painotuksista. Varsinkin teollisuudessa jatko-opintojaan harjoittavien kontaktipinta tutkimukseen voi olla kapea. Tällöin on etua, jos jatko-opintoihin kuuluu suunnitellusti muutaman kuukauden jaksoja täysitoimista tutkimusta yliopistoympäristössä. Minimitasona voisi pitää sitä,

että teollisuuden jatko-opiskelija osallistuu säännöllisesti yliopistonsa tutkijaseminaareihin.

## 1.5 Aikataulu

Jatko-opintoja joutuu viemään eteenpäin ajanpuutteen ja taloudellisen niukkuuden aiheuttamissa paineissa, mistä syystä opintojen venyminen ja keskeytyminen on tavallista.

Jatko-opiskelu kannattaa toteuttaa projekteina, joilla on suunnitelmat, aikataulut ja budjetit. Elinikäinen oppiminen sinänsä on prosessi, joka on pilkottava tavoitteiltaan, ajankäytöltään ja resursseiltaan rajoitetuiksi hankkeiksi. Licensiaatin tai tohtorin tutkintoon tähtäävä jatko-opiskelu ja tutkijankoulutus on prosessin yksi projekti, jonka järkevä maksimipituus lienee 3-4 vuotta. Kymmenvuotuisissa “opiskeluprojekteissa” ei oikeastaan ole mitään, mikä täyttää projektin tunnusmerkit. Päinvastoin, opintoasioiden jatkuva keskeneräisyys vie uskomattomasti energiaa muilta elämänalueilta. Jos tohtorin tutkinto neljässä vuodessa tuntuu liian haasteelliselta urakalta, voi harkita tavoitteeksi licensiaatin tutkintoa kolmessa vuodessa. Sen jälkeen väitöskirjaa varten on syytä rakentaa uusi parin, kolmen vuoden projekti. Licensiaatintutkimuksen aihe ja käsittelytapa kannattaa kuitenkin jo alunperin valita väitöskirjaa lopputavoitteena pitäen.

Suosittelavaa on hoitaa opinnot yhtenä tai kahtena enintään kolmen, neljän vuoden projektina. Jos tämä ei tunnu mahdolliselta edes suunnitteluvaiheessa, kannattaa jatko-opinnot unohtaa tai siirtää aloittamispäätös tuonemmaksi eikä jättää hitaasti soljuvia opintoja syömään energiaa muilta aktiviteeteilta.

## 1.6 Licensiaatintutkimus vai väitöskirja

Asetuksen mukaan “väitöskirjan tulee sisältää uutta tieteellistä tietoa”. Hyväksyttävä väitöskirja on siten selkeästi tieteellinen julkaisu. Väitöskirjassa esitettävän tieteellisen tiedon tulee perustua tieteelliseen tutkimukseen ja raportointi tulee tehdä hyvää tieteellistä käytäntöä noudattaen. Muodoltaan väitöskirja voi olla monografia tai yhdistelmäjulkaisu.

Asetus ei edellytä, että myös licensiaatintutkimuksen tulee sisältää uutta tieteellistä tietoa. Maininta “opiskelijan tulee osoittaa [...] kykyä itsenäiseen ja kriittiseen tieteelliseen ajatteluun” on yleensä tulkittu niin, että licensiaatintutkimus voi olla väitöskirjan kaltainen tieteellinen julkaisu tai kriittisesti laadittu kirjallisuusselvitys.

Diplomityön ei tarvitse olla tieteellinen julkaisu. Sen tulee kuitenkin osoittaa tekijänsä kypsyttä työskentelyssä jollakin teknistieteellisellä tehtävälueella.

Käytännössä eri opinnäytemuotojen välinen raja on häilyvä: hyvässä diplomityössä voi olla tieteellisempi ote kuin keskinkertaisessa licensiaatintutkimuksessa; parhaissa licensiaatintutkimuksissa on enemmän tieteellistä arvoa kuin rima hipoen hyväksytyissä väitöskirjoissa. Käytännönläheisillä aloilla voi olla vaikea tunnistaa välittömästi sellaisia ilmiöitä, jotka tarjoavat tieteellisesti haasteellisen tutkimusaiheen

väitöskirjalle. Aloittamista lisensiaatintutkimuksella kannattaa harkita. Väitöskirjalla voi jatkaa sitten, kun alan ilmiöihin on päässyt paremmin käsiksi.

Lisensiaatin ja tohtorin tutkinnon teoreettiset opinnot ovat samat ja ne kannattaa aloittaa heti, kun päätös jatko-opinnoista on kypsynyt. Samaten ”julkaisuputki” on syytä avata heti, koska kirjoittaminen selkiyttää omaa ajatusmaailmaa ja antaa muille mahdollisuuden konkreettiseen palautteeseen ja kritiikkiin. Julkaisujen tieteellisen tason ollessa riittävä niitä voi tarjota hyvätasoisiin tieteellisiin sarjoihin, mikä mahdollistaa lisensiaatintutkimuksen tai väitöskirjan etenemisen joko suoraan erillisjulkaisuina tai monografian vankkana pohjamateriaalina.

Ajankäytöllisesti ja henkisenä ponnisteluna väitöskirja on vaativampi kuin lisensiaatintutkimus. Vaikka sopivan tutkimusaiheen saisi tutkimusryhmästä valmiiksi pureskeltuna, uuden tieteellisen tiedon synnyttäminen edellyttää syvällistä paneutumista asiaan. Ei ole realistista odottaa, että suotuisissakaan olosuhteissa väitöskirjan saisi esitarkastusvaiheeseen alle kahdessa vuodessa tutkimuksen aloittamisesta. Lisensiaatintutkimuksen ahkera jatko-opiskelija sen sijaan pystyy hyvin tekemään tässä ajassa.

Ennen opinnäytetyön varsinaista käynnistämistä on hyvä tehdä itselleen selväksi - jatko-opintojen valvojan kanssa keskustellen - onko tutkimusaiheen, käytettävissä olevan ajan ja oman kapasiteetin kannalta mielekkäämpää tavoitella väitöskirjaa vai asettaa tähtäin lisensiaatintutkimuksen kohdalle.

## 1.7 Monografia vai yhdistelmäväitöskirja

Väitöskirja voi olla yksittäisjulkaisu eli monografia tai yhdistelmäjulkaisu (“nippuväitöskirja”). Päätös väitöskirjan muodosta on syytä tehdä opintojen varhaisessa vaiheessa.

Monografia on ollut joillakin aloilla perinteinen väitöskirjan muoto. Sen etuna on riippumattomuus tieteellisten lehtien kustantajien aikatauluista. Mittavan yksittäisjulkaisun tekijä myös osoittaa selkeästi kykenevänsä pitkäjännitteisiin haastaviin hankkeisiin. Monografia ei toisaalta tarjoa kirjoittajalleen välitavoitteita, jatkuvaa laadunvarmistusta eikä hyvää tieteellistä julkaisuutta. Nopeasti muuttuvilla aloilla monografian sisältö voi vanhentua tai menettää arvoaan, kun muut julkaisevat samankaltaisia tuloksia. Erillisjulkaisujen arviointi perustuu julkaisuhetken tilanteeseen ja siksi erillisjulkaisun tieteellinen arvo ei välttämättä alene ajan myötä.

Monografiaväitöskirjaa suunnittelevalle tohtoriopiskelijalle voi usein suosittelua lisensiaatintutkimuksen tekemistä välitulosteena. Tämä toimintatapa kypsyttää tutkimusaluetta tutkijan mielessä, antaa tilaisuuden harjoitella tieteellistä kirjoittamista, tarjoaa mahdollisuuden tieteellisen palautteen saamiseen sekä tuottaa meriittiä ainakin rahoittajien suuntaan. Suunnitelmallisesti hoidettuna lisensiaatintutkimus ei pidennä tohtoriksi opiskelun aikaa vaan voi jopa lyhentää sitä. Kokemuksen mukaan monografiaväitöskirjat, joita edeltää samaa tutkimusongelmaa käsittelevä lisensiaatintutkimus, ovat laadukkaampia kuin suoraan kirjoitetut väitöskirjat.

Yhdistelmäväitöskirjat ovat yleistyneet viime vuosina ja muodostavat monilla teknisten tieteiden aloilla jo vallitsevan käytännön. Väitöskirja koostuu tieteellisistä julkaisuista tai julkaistavaksi hyväksytyistä käsikirjoituksista sekä niistä laaditusta yhteenvedosta, jossa esitetään tutkimuksen tavoitteet, menetelmät ja tulokset. Julkaisujen tulee käsitellä samaa tutkimusteemaa ja julkaisuilla tulee kokonaisuutena arvostellen olla väitöskirjalta vaadittava tieteellinen arvo.

Yhdistelmäväitöskirjan erillisjulkaisujen lukumäärää tai julkaisujen sivumääriä ei ole varsinaisesti kiintiöity, koska ratkaisevaa on julkaisujen sisältö. Käytännössä tavanomaiseen yhdistelmäväitöskirjaan kuuluu 4-8 erillisjulkaisua niiden tieteellisen annin ja tekijän oman osuuden mukaan. Julkaisuforumina suositaan tutkimusalan tunnustettua "referoitua julkaisusarjaa" tai hyvin merkittävän konferenssin esitelmäkoostetta (proceedings). Julkaisusarjan nauttimalla arvostuksella ei sinänsä ole mitään tekemistä väitöskirjan tieteellisen tason kanssa, mutta käytännössä hyvän julkaisusarjan käyttämä vertaisarviointi (peer review) toimii julkaisujen kohtuullisena laadunvalvontana. Väitöskirjan erillisjulkaisuihin voi sisältyä yhteisjulkaisuja, jos väittelijällä on niissä itsenäinen osuus.

Tutkimusongelmien laajentuessa ja edellyttäessä monitieteellistä osaamista yhdistelmäväitöskirja on osoittautunut hyväksi tavaksi raportoida tutkimustulokset opinnäytteenä. Tutkimusryhmään kuuluva tohtoriopiskelija voi osallistua useisiin peräkkäisiin ja jopa rinnakkaisiin samaa tutkimusongelmaa käsitteleviin projekteihin. Hän tuo tutkimusryhmään oman erikoisosaamisensa ja osallistuu tulosten raportointiin. Mikäli tohtoriopiskelijan tuottama kontribuutio on merkittävä, hän voi edistää väitöskirjahankettaan konkreettisten välitavoitteiden kautta. Kustantajien vaatimien asiantuntijalausuntojen takia aikaa saattaa kulua enemmän kuin monografian tekemiseen mutta vastapainona henkinen kuormitus on kevyempää väitöskirjan edistyessä mitattavina ja tiukan seulan jo kertaalleen läpäisseinä osina.

Yhdistelmäväitöskirjojen laatiminen isossa tutkimusryhmässä edellyttää ryhmän jäseniltä keskinäistä solidaarisuutta, avoimuutta ja hyvää moraalialia. On syytä sopia jo kunkin tutkimusprojektin käynnistysvaiheessa selkeät pelisäännöt tulevien julkaisujen sisällyttämisestä tutkijoiden mahdollisiin väitöskirjoihin. Nippuväitöskirjan yhteenvedossa tulee selvittää väittelijän itsenäinen osuus yhteisjulkaisuissa, mikäli asia ei ilmene suoraan niistä. Erityisesti, jos kaksi tutkijaa aikoo sisällyttää saman julkaisun omiin väitöskirjoihinsa, on syytä hyvin selkeästi eritellä tutkijoiden osuudet ja ansiot julkaisun tuottamisessa.

Myös yhdistelmäväitöskirjan laatiminen edellyttää hyvää ennakkosuunnittelua ja sitoutumista jo tutkimustaipaleen alussa tietyn ongelman tai kysymyksen pitkäjänteiseen tutkimiseen. Yhdistelmäväitöskirjan mahdollisuus nimittäin joskus juolahtaa tutkijan mieleen vasta siinä vaiheessa, kun hyvä määrä laadukkaita julkaisuja jo on olemassa. Ilman ennakkosuunnittelua on vaarana, että tutkimuskohteiden heterogeenisuuden takia julkaisujen kokoaminen väitöskirjaksi on väkinäistä.

Jos julkaisut ovat heterogeenisiä tai ne ovat pitkältä ajalta, kannattaa harkita monografian laatimista julkaisujen pohjalta.

Nippuväitöskirjan tekijä saa erillisjulkaisuja laatiessaan erinomaista tieteellisen ilmaisutaidon koulutusta. Useimmiten koulutus onkin varsinaista “lukkarinkoulua”, koska arvovaltaisten tieteellisten julkaisujen arvioitsijoiksi seuloutuu kokeneita mutta joskus hyvin kärsimättömiä asiantuntijoita.

Teknillisen korkeakoulun tutkintosääntö antaa mahdollisuuden tehdä myös lisensiaatintutkimuksen yhdistelmäjulkaisuna. Lisensiaatintutkimus voi tällöin koostua vaikkapa osasta väitöskirjaan aiotuista erillisjulkaisuista sekä niitä yhdistävästä tiivistelmästä.

## **1.8 Käytännön toimenpiteet**

Jatko-opintojen käynnistämisestä, opintosuunnitelman laatimisesta, opiskelun muodollisuuksista ja opinnäytteiden tarkastustoimenpiteistä on olemassa laboratoriokohtaisia oppaita. Opintojaan suunnittelevan on syytä jo aikaisessa vaiheessa keskustella opintojensa mahdollisen valvojan eli pääaineen professorin kanssa, jolloin moni käytännön yksityiskohta selviää.

## 2. TUTKIMUSTYÖ PROJEKTINA

Tutkimustarve kehittyy yleensä ratkaisemattomasta ongelmasta tai näköpiirissä olevasta uudesta mahdollisuudesta.

Ongelman tai mahdollisuuden havaitseminen johtaa uuden tiedon tarpeeseen. Ennen ryhtymistä uuden tiedon hankintaan on syytä selvittää, mitä asiasta ennestään tiedetään. Tutkimusaiheen kehitystilanteen huolellisen kartoittamisen tulee kuulua jokaisen tutkimusprojektin alkuun. Kehitystilanneselvitys – väitöskirjan kysymyksessä ollessa kirjallisuusselvitys julkaistusta aineistosta - tuottaa joskus riittävästi tietoa ongelman ratkaisemiseksi tai mahdollisuuden realisoimiseksi eikä varsinaista tutkimustyötä tarvita lainkaan. Tiedonsiirtoprojektilla tai kirjallisuustutkimuksella selvittää silloin, kun julkinen tieto on olemassa jossakin. Tietämättömyys siitä, mitä jollakin alalla jo tiedetään, ilmeisesti vain kasvaa globaalien tutkimusvolyymin jatkuvasti paisuessa.

Huolelliseen ja monipuoliseen kehitystilanteen kartoittamiseen kannattaa investoida, koska suotuisassa tapauksessa haluttu tieto saadaan käyttöön oleellisesti nopeammin ja halvemmalla kuin oman tutkimustyön kautta. Elektroniset tiedonhakupöytäkirjat kuten kirjastojen tietopalvelut ja yleiset tietoverkot (kaikille avoin Internet tai rajatulle tutkijajoukolle tarkoitetut Intranetit) helpottavat ja nopeuttavat olemassaolevaan tietoon tutustumista. Asiantuntijoiden haastattelu on kuitenkin ylivoimainen menetelmä päästä oikeille jäljille siinä vaiheessa, kun aihepiiriin on perehtynyt riittävästi kyetäkseen esittämään oikeita kysymyksiä.

Tunnistetun tiedontarpeen ja kehitystilanneselvityksen tuottaman tunnetun tiedon välillä voi kuitenkin olla tietokuilu. Tästä voi johtaa tutkimusongelman, jonka ratkaisuksi tai osaratkaisuksi tarvitaan tutkimushanke.

### 2.1 Tutkimusongelman täsmentäminen

Tutkimusongelman ytimen löytäminen ja täsmentäminen on tieteellisen tutkimusprojektin kivijalka.

Tieteelliset tutkimusmenetelmät ovat työkaluja, joilla tutkimusongelmaan pyritään työstämään toimiva ratkaisu. Jotta työkaluja voitaisiin käyttää tehokkaasti, ongelma on pystyttävä täsmentämään ja siitä on osattava rajata tutkimuksen luonteeseen soveltuva tutkimustavoite. Tavoitteen on luonnollisesti oltava erilainen viisivuotiselle kymmenen tutkijan ohjelmalle kuin yhden tutkijan väitöskirjalle.

Tutkimusongelman selkiyttäminen kannattaa aloittaa määrittelemällä ongelma muutamalla virkkeellä. Jos tutkimustyön lähtökohtana on näköpiirissä oleva uusi mahdollisuus, tästä voi myös johtaa tutkimusongelman: mahdollisuuden toteutumista rajoittaa jokin asia ja tämä rajoite puetaan ongelman muotoon.

Tutkimusongelman selkiyttämisen kanssa rinnan on mietittävä, miten ongelmaan voitaisiin tarttua tieteellisyyden tunnusmerkit täyttävällä tutkimuksella.



Valmiin tuntuinen ongelmanmäärittely kannattaa testata asiantuntijoilla. Heitä tapaa mm. tieteellisissä konferensseissa, joiden avoimessa ja keskustelualttiissa ilmapiirissä noviisikin uskaltaa ottaa oman tutkimuksensa puheeksi pitemmälle ehtineen tutkijan kanssa. Tärkeätä on vakuuttua siitä, että tutkimusongelma on “oikea”: tieteellisin ja teknologisin kriteerein ajankohtainen, riittävän haasteellinen väitöskirjan vaatimuksia ajatellen, sopivasti rajattu sekä tieteellisyyden kriteerit täyttävälle tutkimukselle sovelias.

Teollisuuden mielipiteitä tutkimusongelmasta kannattaa myös kuunnella. Joskus on ilmennyt, että tutkimusala sinänsä on oikea mutta tutkimusongelma ei ole kiteytynyt. Yritysten kiinnostuksen herääminen tutkimusprojektia kohtaan tuottaa yleensä sivustatukea tutkimustyölle: rahoitusjärjestelyt helpottuvat, tutkimuksesta aidosti kiinnostuneilta teollisuuden ihmisiltä saa hyvää “sparrausta” tutkimuksen aikana ja tuleva tohtori voi hankkia arvokkaita kontakteja tulevaa työuraansa ajatellen.

Akateemisesti suuntautuneet tutkijat saattavat vieroksua teollisuusprojekteja. Myös käytännöllisissä teollisuushankkeissa voi olla tutkimusongelmia, jotka ovat yleisiä ja näin myös tieteellisesti mielenkiintoisia. Jos teollisuuden omat skenaariot ja visiot ovat kunnossa, myös teknologian kehittämiseksi on olemassa tilaus. Pitkän aikavälin tutkimusintresseistä on hyvät mahdollisuudet johtaa haasteellisia aiheita väitöskirjoille. Esimerkkinä voi mainita paperikoneiden kehittämisen. Trendinä on ajonopeuksien merkittävä nostaminen, koska tuottavuuden lisääminen muilla keinoin on hankalampaa. Suuremmat nopeudet aiheuttavat ongelmia paperikoneen eri osiin. Näistä ongelmista on työstetty monta hyvää väitöskirjaprojektia, joiden tuottamalla tiedolla on alalla yleistä merkitystä.

Kun tutkimusongelman ydin on löytenyt, siitä voi johtaa tutkimuksen tavoitteen.

Tavoitteenasetanta tarkoittaa riman nostamista sopivan haasteelliselle tasolle. Kun on kysymys väitöskirjaan tähtäävästä projektista, tavoitteen on oltava hyvin realistinen: mikä on mahdollista yhden tutkijan hankkeelle 3-4 vuoden täysipäiväisen työskentelyn aikana. Realismia tarvitaan myös, kun arvioidaan omat edellytykset tutkijana. Harva on seppä syntyessään. On tavanomaista, että jatko-opiskelija joutuu täydentämään tietojaan vaikkapa tilastomatematiikassa, tietotekniikassa tai paperitekniikassa. Tutkinnon sivuaineet on tarkoituksenmukaista valita siten, että opittava uusi asia tukee tutkimustyön etenemistä. Mutta jos perusasioiden kuten matematiikan tai fysiikan taitopohja tuntuu heikolta, tuskin on mielekästä ryhtyä tutkimaan vaikeaa sääteoreettista ongelmaa. Mieluummin kannattaa katsoa, voiko tutkimusongelmasta muotoilla vähemmän matematiikkaa edellyttävän tavoitteen väitöskirjalleen.

Korkeushypyssä käytetään vain yhtä rimaa, joka asetetaan kilpailun loppuvaiheessa haasteelliselle korkeudelle. Tavoitteeseen tähtääminen helpottuu, jos on yksi selvä ja konkreettinen tavoite. Monissa väitöskirjoissa on lueteltu kolme, neljä tavoitetta ilman selvästi muotoiltua ja konkreettista yleistavoitetta. Huolellisesti mietitystä tutkimusongelman ytimeistä on

mahdollista johtaa yksi ydintavoite, jonka saavuttamiseen koko väitöskirja tähtää.

Ydintavoite on asetettava sellaiseksi, että onnistuessaan tutkimus tuottaa riittävästi tieteellistä tietoa väitöskirjan aineksiksi. Asetus teknillistieteellisistä tutkinnoista 10§ tosin määrittelee kontribuution minimivaatimuksen varsin väljästi: “väitöskirjan tulee sisältää uutta tieteellistä tietoa”. Esitarkastajat ja viimeistään vastaväittäjät kuitenkin tarkastavat, että kontribuutio on hyvän väitöskirjatradition mukaan “riittävä”.

Väitöskirjaa laativan tutkijan on mahdollista tarttua myös mittaviin tutkimusongelmiin, jos hän on sopivan tutkimusryhmän jäsen. Jotta väitöskirjan punainen lanka säilyisi, on käytännössä pakko tarkastella valittua tutkimusongelmaa jostakin rajatusta näkökulmasta käsin. Koko tutkimusryhmä siis ratkaisee isoa tutkimusongelmaa mutta väitöskirjan laatija erikoistuu ongelman osa-alueeseen.

## 2.2 Tutkimuksen toteutus

Tutkimuksen toteutuksen suunnittelu keskittyy sopivien tutkimusmenetelmien valintaan ja niiden käytön suunnitteluun.

Tutkimusmenetelmät ovat työkaluja, joilla tutkimusongelmaa työstetään. Esimerkiksi konetekniikassa käytetään useimpia yleisiä tutkimusmenetelmiä, joista on johdettu alakohtaisia erikoismenetelmiä tai pienimuotoisempia työkaluja. Näiden joustavalla yhteiskäytöllä tutkimusongelmaan pyritään löytämään tutkimustavoitteen mukainen ratkaisu. Seuraavassa on esimerkkejä menetelmäryhmistä.

### **Mallintaminen**

Mallintaminen (mallittaminen) tarkoittaa sitä, että todellinen ilmiö pelkistetään fyysiseksi tai käsitteelliseksi malliksi (“pienoismalli” ja “matemaattinen malli”).

### **Laskennalliset menetelmät**

Laskennallinen tekniikka perustuu tietokoneiden laskenta- ja esityskapasiteetin hyväksikäyttöön. Laskennallisten menetelmien käyttö edellyttää, että ilmiöstä tai systeemistä on olemassa matemaattinen malli. Laskennallisten menetelmien käytölle on myös monia sovellusalakohtaisia nimiä kuten tekninen laskenta, simulointi ja virtuaaliprototypointi.

### **Kokeelliset menetelmät**

Laboratorio-olosuhteisiin pyritään järjestämään hyvin kontrolloidut ja toistettavissa olevat koejärjestelyt jonkin rajatun ilmiön tai muun tutkimuskohteen käyttäytymisen selvittämiseksi. Luotettavien koetulosten aikaansaamiseksi käytetään määriteltyjä materiaaleja ja standardoituja analyysimenetelmiä.

Mikäli kokeet on tehtävä kenttäolosuhteissa, pyritään laboratorio-olosuhteita ja siellä vallitsevia tutkimuskäytäntöjä soveltamaan niin paljon kuin mahdollista.

Käytännön opastusta löytyy mm. Doebelinin teoksesta (1990).

### **Casetutkimus**

Ihmisten ja organisaatioiden käyttäytymistä koskevissa tutkimuksissa paneudutaan syvällisesti valittuihin tutkimustapauksiin. Aineistoa kootaan esimerkiksi haastattelututkimuksella tai toiminnan havainnoinnilla. Tutkimustulosten perusteella syntyy yleensä hypoteesi kohteen käyttäytymisestä. Hypoteesin konfirmointiin tarvitaan jatkotutkimus, joka myös voi olla casetyyppinen.

Casetutkimuksen metodiikasta löytyy tietoa mm. Yinin teoksesta (1989).

### **Tilastolliset menetelmät**

Tilastolliset menetelmät liittyvät tulosten käsittelyyn tai koko tutkimus voi rakentua ilmiöiden tilastollisen käsittelyn idealle. Useimmissa tekniikan ilmiöissä ja rakenteissa (materiaalien ominaisuudet, valmistusmenetelmien kuten hitsauksen suoritusarvot, käyttövarmuusasiat) on vaihtelua, johon on tehokasta pureutua tilastollisesti.

Tutkimusmenetelmät ja koejärjestelyt on raportoitava niin tarkasti ja yksityiskohtaisesti, että tutkimuksen toistettavuuden vaatimus täyttyy: toisen tutkijan on periaatteessa pystyttävä tekemään samat tutkimukset uudestaan ja vahvistamaan sitä kautta tulokset.

Tutkimuksen arvo riippuu suuresti tulosten luotettavuudesta sekä aivan erityisesti siitä, että luotettavuutta ja tarkkuutta pystytään arvioimaan. Tutkimusta suunniteltaessa on mietittävä luotettavuuskysymyksiä. Jos koejärjestelyistä aiheutuu systemaattisia virheitä, voi korjaaminen jälkikäteen olla vaikeaa tai jopa mahdotonta. Ellei luotettavuuteen vaikuttavia tekijöitä ole seurattu mittauksia tehtäessä, voi tulosten tieteellinen arvo jäädä hyvin vähäiseksi.

## **2.3 Tulosten hankinta ja arviointi**

Tutkimuksen tuloksia (tietoa) syntyy tavallisesti pitkän ajan kuluessa. Tulosten suunnitelmalliseen ja huolelliseen dokumentointiin kannattaa panostaa, koska vasta raportoinnissa ilmeneviä dokumentointipuutteita on työlästä ja vaikeaa paikata uusintakokeilla tai uusilla simuloinneilla.

Tulosten keräämisvaiheessa on syytä miettiä myös tulosten esitysmuoto. Hyvään tieteelliseen käytäntöön kuuluu, että raportissa tulokset esitellään omana kokonaisuutenaan tiiviisti sopivasti grafiikkaa ja taulukoita hyväksi käyttäen. Suunniteltu esitysmuoto saattaa vaikuttaa myös tulosten kokoamisen tapaan ja voi antaa impulsseja joidenkin lisäparametrien mukaanottamiseen tulosliuskoihin.

Kaikkea tulosdataa ei ole tarpeen sisällyttää raportin tekstiosaan. Liitteisiin voi koota laajemman tulosaineiston, joka helpottaa tutkimuksen luotettavuuden arviointia ja luo edellytykset toistettavuudelle. Yleensä tutkimuksen suorittajan arkistoon jää vielä yksityiskohtaisempaa tulostietoa, jolla ei ole tarkoituksenmukaista kuormittaa tutkimusraporttia.

Tulosten kriittinen arviointi on tieteellisen tutkimuksen avainasioita. Tutkija itse on ensimmäinen arvioija ja luonnollisesti huomio on aluksi kiinnitettävä virhemahdollisuuksiin itse tutkimuksessa: mitä systemaattisia virheitä ja mitä satunnaisvirheitä tuloksiin saattaisi sisältyä.

Tärkeä osa arviointia on tulosten vertaaminen aikaisempaan tutkimukseen. Jos saadut tulokset poikkeavat siitä, mitä aikaisemmin on löydetty, erojen syyt on analysoitava. Ero aikaisempiin tuloksiin nähden antaa mahdollisuuden myös kontribuutioon eli jos uusi tutkimus osoittautuu perustellusti paremmin tehdyksi kuin entinen, on syntynyt uutta tietoa.

Tulosten arviointiin kuuluu myös johtopäätösten tekeminen. Johtopäätösten logiikan täytyy olla kunnossa: niiden tulee olla ilman spekulatioita tuloksista johdettuja. On pyrittävä yksikäsitteisiin ja selkeisiin ilmaisuihin.

Periaatteessa tulosten kokoamisen voi lopettaa, kun tavoitteeksi asetettu uusi tieto on löytynyt. Joskus tutkimus synnyttää mielenkiintoisia sivujuonteita. Väitöskirjan tekijän ei välttämättä pidä heittäytyä niihin mukaan täydellä tarmollaan. Tutkijan kypsyttä osoittaa, että hän osaa katkaista tutkimusprojektinsa tavoitteeseen päästyään eikä lähde rönsyttämään tutkimusta uusien mielenkiintoisten haasteiden mukaan. Jatkotutkimusten kannalta toki voi olla tarkoituksenmukaista hankkia alustavia tuloksia, jos niitä saa kätevästi samoilla tutkimuslaitteilla ja pienellä lisäresurssoinnilla varsinaisen tutkimuksen ohessa. Useinhan on niin, että todelliset tieteelliset oivallukset syntyvät alkujaan vähäpätöisen näköisistä sivujuonteista!

## 2.4 Raportointi

Julkisuus on tieteellisen tutkimuksen oleellinen osa. Tieteeseen kuuluu, että tutkimustulokset asetetaan tiedeyhteisön kriittisen arvioinnin kohteeksi.

Julkisuusvaatimuksesta seuraa, että tutkimuksesta on tiedotettava riittävän laajalti. Tämä periaate edellyttää hyvää julkaisukanavan valintaa.

Monografiaväitöskirjoille ei valitettavasti ole julkaisusarjaa, joka leviäisi erityisen laajalle. Teknisessä korkeakoulussa Acta Polytechnica Scandinavica –sarja on varsin suosittu, mutta senkään jakelu ei ole kovin kattava. Laboratorioiden ja laitosten, jopa yliopistojen omien julkaisusarjojen tunnettuus on varsin vähäinen. Toki monilla erikoisalueilla todellisten asiantuntijoiden joukko on pieni ja heille julkaisut voidaan postittaa henkilökohtaisestikin. Periaatteelliselta kannalta katsottuna etusijalle tulisi kuitenkin asettaa tunnetut ja hyvämaineiset sarjat suuremmista julkaisukustannuksista ja pitemmistä toimitusajoista huolimatta.

Elektroninen julkaiseminen parantaa väitöskirjojen saatavuutta ja lisää potentiaalisten tieteellisten keskustelijoiden määrää.

Tekniikan väitöskirjojen suosituskielet on englanti, jota ymmärretään niin Euroopassa, Amerikassa kuin Aasiassakin. Tieteellisessä mielessä muut kielet ovat paikalliskieliä ja siksi ne soveltuvat huonosti tieteellisten tulosten laajaan julkaisemiseen.

Tieteellinen raportointitraditio suosii tehokasta ja taloudellista kielenkäyttöä, mikä merkitsee vakiintunutta perusrakennetta, yleistä asiallisuutta, yksikäsitteisyyttä sekä tiivistä esitysmuotoa. Tieteellisesti

mielenkiintoisimmat asiat kuten tutkimusongelma, tutkimuksen tavoite, alan kehitystilanne, tutkimusmenetelmät ja tutkimusjärjestelyt, tulokset, tulosten merkitys ja kontribuutio sekä johtopäätökset löytyvät tekstistä lukijan suuremmin ponnistelematta. Kukin asia esitetään vain kerran tarkoituksenmukaisessa kohdassa.

Käytännön vihjeitä tutkimustulosten raportointiin on mm. julkaisuissa Tirronen et al. (1998) ja Kauranen et al. (1993).

## 2.5 Hyvä tieteellinen käytäntö

Monille aloille on kehittynyt ammattikulttuuri, jonka sisäistäneet työntekijät osaavat toimia oikein myös yksityiskohtaisten ohjeiden puuttuessa. Puhutaan esimerkiksi hyvästä konepajakäytännöstä. Siihen kuuluu yhteinen käsitys hyväksyttävästä laatuasosta ja tiettyjen asioiden itseäänselvyys kuten jäysteiden poistaminen akseleista ja laakereiden voitelu asennuksen yhteydessä, vaikka näitä toimenpiteitä ei ole piirustuksissa erikseen mainittu.

Myös tieteentekoon on vakiintunut hyvä tieteellinen käytäntö. Opetusministeriön asettaman tutkimuseettisen neuvottelukunnan tutkimuseettiset ohjeet kuvaavat *hyvää tieteellistä käytäntöä ja hyvän tieteellisen käytännön loukkauksia* (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2002, luonnos):

### Hyvä tieteellinen käytäntö

Yksi tieteellisen tutkimuksen luotettavuuden ja sen tulosten uskottavuuden edellytys on, että tutkimus on suoritettu hyvän tieteellisen käytännön (good scientific practice) edellyttämällä tavalla. Hyvään tieteelliseen käytäntöön kuuluu, että tutkijat ja tieteelliset asiantuntijat

1. noudattavat tieteessä hyväksytyjä ja eettisesti kestäviä tiedonhankinta- ja tutkimusmenetelmiä ja heidän tutkimustuloksensa täyttävät tieteelliselle tiedolle asetetut vaatimukset;
2. noudattavat tiedeyhteisön tunnustamia toimintatapoja, se on, rehellisyyttä, yleistä huolellisuutta ja tarkkuutta tutkimustyössä ja tulosten esittämisessä;
3. ottavat muiden tutkijoiden työn ja saavutukset asianmukaisella tavalla huomioon;
4. esittävät omat ja muiden tutkijoiden tulokset oikeassa valossa;
5. toimivat vilpittömästi ja rehellisesti toisia tutkijoita kohtaan näiden työtä kunnioittaen; sekä
6. kunnioittavat tieteen avoimuuden ja kontrolloitavuuden periaatteita.

Hyvän tieteellisen käytännön mukaista on edelleen, että

7. tutkimus on suunniteltu, toteutettu ja raportoitu laadukkaasti;
8. tutkimusryhmän jäsenten asema, oikeudet, vastuut ja velvollisuudet sekä tutkimustulosten omistajuutta ja aineistojen säilyttämistä koskevat kysymykset on määritelty ja kirjattu kaikkien hyväksymällä tavalla ennen tutkimuksen aloittamista tai tutkijan rekrytoimista ryhmään;
9. rahoituslähteet ja tutkimuksen suorittamisen kannalta relevantit muut mahdolliset sidonnaisuudet ilmoitetaan tutkimukseen osallistuville ja raportoidaan tutkimuksen tuloksia julkaistaessa; sekä
10. noudatetaan hyvää hallintokäytäntöä ja henkilöstöhallintoa.

Eri tieteenaloilla on lisäksi niille tyypillisiä hyvään tieteelliseen käytäntöön liittyviä erityispiirteitä. Yliopistollisten perus- ja jatko-opintojen tulee perehdyttää opiskelijat hyvään tieteelliseen käytäntöön ja tutkimuseettikkaan. Ne tulee liittää osaksi kaikkien tieteenalojen tutkijakoulutusta niin, että tutkijakoulutettavat ovat perillä oman alansa hyvän tieteellisen käytännön erityiskysymyksistä. Tällaista koulutusta on annettava myös ammattikorkeakouluissa. Myös tieteellisillä seuroilla ja tutkimuslaitoksilla on vastuu hyvän tieteellisen käytännön ylläpitämisestä ja edistämisestä. Tieteellisten julkaisujen vertaisarviointijärjestelmä palvelee sekin hyvän tieteellisen käytännön noudattamista.

**Vastuu** hyvän tieteellisen käytännön noudattamisesta kuuluu koko tiedeyhteisölle niin, että siitä vastaa ensisijaisesti jokainen tutkija ja tutkimusryhmän jäsen itse, mutta myös jokainen tutkimusryhmä kollektiivisesti, tutkimusyksikön johtaja ja tutkimusta harjoittavien laitosten ja yliopistojen johto. Hyvän tieteellisen käytännön vaaliminen tarkoittaa myös, että tutkijoista ei esitetä perättömiä ilmiantoja ja että epäilyn esittäjällä on esittää epäilynsä tueksi perusteita.

### **Hyvän tieteellisen käytännön loukkaukset**

Hyvän tieteellisen käytännön loukkaukset ovat tuomittavia ja vaikuttavat erittäin haitallisesti tutkimuksen laatuun ja tiedeyhteisön toimintaan. Ne on seuraavassa jaoteltu kahteen kategoriaan, jotka ovat **piittaamattomuus hyvästä tieteellisestä käytännöstä** ja **vilppi tieteellisessä toiminnassa**.

Piittaamattomuus ja vilppi voivat ilmetä sekä itse tutkimuksen teossa että tutkimustulosten ja johtopäätösten esittämisessä. Sen lisäksi että piittaamattomuus hyvästä tieteellisestä käytännöstä ja vilppi tieteellisessä toiminnassa loukkaavat tieteen integriteettiä, niihin syyllistyvä voi syyllistyä myös lainvastaiseen tekoon. Aidot tieteelliset tulkinta- ja arviointierimielisyydet sitä vastoin ovat osa tieteellistä keskustelua eivätkä loukkaa hyvää tieteellistä käytäntöä.

**Piittaamattomuus hyvästä tieteellisestä käytännöstä** ilmenee törkeinä laiminlyönteinä (gross negligence) ja holtittomuutena erityisesti tutkimuksen suorittamisessa. Esimerkkeinä muunlaisesta piittaamattomuudesta hyvän tieteellisen käytännön noudattamisessa voidaan mainita muiden tutkijoiden osuuden vähättely julkaisuissa ja puutteellinen viittaaminen aikaisempiin tutkimustuloksiin, tutkimustulosten tai käytettyjen menetelmien huolimaton ja siten harhaanjohtava raportointi, tulosten puutteellinen kirjaaminen ja säilyttäminen, samojen tulosten julkaiseminen useita kertoja näennäisesti uusina ja yleisön johtaminen harhaan oman tutkimustyön suhteen.

**Vilppi tieteellisessä toiminnassa** merkitsee tiedeyhteisön ja usein myös päätöksentekijöiden harhauttamista. Se on väärin tietojen tai tulosten esittämistä tiedeyhteisölle tai niiden levittämistä esimerkiksi julkaisussa, tieteellisessä kokouksessa pidettävässä esitelmässä, julkaistavaksi tarkoitettussa käsikirjoituksessa tai rahoitushakemuksessa. Vilpin ilmenemismuotoja on seuraavassa luonnehdittu jaotteleamalla se sepittämiseen, vääristelyyn, luvattomaan lainaamiseen ja anastamiseen.

**Sepittämistä** (fabrication) on keksittyjen havaintojen esittäminen tiedeyhteisölle. Sepitettyjä havaintoja ei ole tehty tutkimusraportissa kuvatulla

tavalla tai menetelmillä. Sepittämistä on myös tekaistujen tulosten esittäminen tutkimusraportissa.

**Vääristely.** Havaintojen vääristelyllä (misrepresentation, falsification) tarkoitetaan alkuperäisten havaintojen tarkoituksellista muokkaamista tai esittämistä niin, että havaintoihin perustuva tulos vääristyy. Tulosten vääristelyllä tarkoitetaan tieteellisesti perusteetonta tutkimustulosten muuttamista tai valikointia. Vääristelyä on myös johtopäätösten kannalta olennaisten tulosten tai tietojen esittämättä jättäminen.

**Luvatonta lainaamista** (plagiarism) on jonkun toisen julkituoman tutkimussuunnitelman, käsikirjoituksen, artikkelin tai muun tekstin tai sen osan esittäminen omanaan.

**Anastamisella** (misappropriation) tarkoitetaan tutkijalle luottamuksellisesti esitetyn alkuperäisen tutkimusidean, -suunnitelman tai -havaintojen oikeudetonta esittämistä tai käyttämistä omissa nimissä.

Toisen tutkijan työn tahallinen turmeleminen, viivyttäminen tai vaikeuttaminen on luonnollisesti tuomittavaa ja voi kuulua myös rikosoikeudellisen sääntelyn piiriin. Hyvää tieteellistä käytäntöä loukkaavat tutkijat syyllistyvät usein myös yleisön harhauttamiseen esittämällä julkisuudessa harhaanjohtavia tai vääristeleviä tietoja tutkimuksestaan, sen tuloksista, tulosten tieteellisestä merkityksestä tai niiden sovellettavuudesta. Vaikka tällainen toiminta on tieteen ja tiedeyhteisön kannalta haitallista ja tuomittavaa, alla olevaa menettelyä ei sovelleta sen selvittämiseen. Menettelyohjeet on laadittu tieteen sisäisen integriteetin ja laadun varmistamiseksi ja ylläpitämiseksi Yliopistoilla ja tiedeyhteisöllä kokonaisuutena on kuitenkin vastuu ehkäistä toimintaa, joka haittaa tutkimustoimintaa tai harhauttaa yleisöä, ja niiden on puututtava todettuihin tapauksiin sopivaksi katsomallaan tavalla.

Myös tutkimuksen arvioitsijat saattavat syyllistyä hyvän tieteellisen käytännön loukkauksiin pettämällä heihin kohdistuvan luottamuksen tai odotuksen objektiivisuudesta. Kansainvälisten yhteishankkeiden arviointiraadin jäsenet eivät esimerkiksi saa omia itselleen tutkimusideoita arvioitavista hanke-ehdotuksista. Tieteellisen lehden arvioitsija (referee) tai väitöskirjan käsikirjoituksen esitarkastaja ei saa tyrmätä julkaisuaihiota yksistään sillä perusteella, että siinä on kritisoitu hänen tutkimuksiaan.

Tutkimuseettiselle neuvottelukunnalle on asetuksella annettu tehtäväksi edistää tutkimuseettiä koskevaa keskustelua ja tiedotustoimintaa Suomessa sekä toimia aloitteentekijänä tutkimuseettikan edistämiseksi. Neuvottelukunta on laatinut menettelyohjeet hyvän tieteellisen käytännön loukkausten ja tieteellisessä tutkimuksessa ilmenevän vilpin ehkäisemiseksi, käsittelemiseksi ja tutkimiseksi. Voimassa olevat menettelyohjeet ovat nähtävissä verkossa osoitteessa:

[http://www.minedu.fi/opm/asiantuntijat/tutkimuseettinen\\_neuvottelukunta/julkaisut/tnk\\_menettelyohjeet98.html](http://www.minedu.fi/opm/asiantuntijat/tutkimuseettinen_neuvottelukunta/julkaisut/tnk_menettelyohjeet98.html).

### 3. VÄITÖSKIRJAN KIRJOITTAMINEN

Väitöskirja on pyrittävä jäsentämään ja kirjoittamaan niin, että lukijan on yhtäältä mahdollista muodostaa helposti kokonaiskuva väitöskirjan tieteellisestä arvosta ja toisaalta löytää riittävästi detaljitietoa voidakseen kriittisesti arvioida tehtyä työtä myös yksityiskohdissaan.

Liitteenä 2 on väitöskirjaprojektin käynnistämiseen ja monografiaväitöskirjan raportointiin liittyvä tiivis muistilista. Arvostelukykyään voi kehittää sillä, että hankkii käyttöönsä hyviä oman alansa väitöskirjoja ja arvioi niitä muistilistan mukaisesti.

Yhdistelmäväitöskirjan erillisten julkaisujen kirjoittamiseen ja julkaisuprosessiin liittyvää käytännön tietoa on esitetty Dayn klassisessa teoksessa (Day 1998). Yhteenvedon kirjoittamisessa liitteen 2 muistilista on varsin käyttökelpoinen.

#### 3.1 Jäsentely

Väitöskirjan tarkoituksena on kertoa asiallisesti, johdonmukaisesti, tiiviisti ja riittävän täydellisesti tutkimusprojektin toteutus, saavutetut tulokset ja niiden merkitys.

Useimpiin kokeellisen tutkimuksen julkaisuihin voi soveltaa ns. IMRAD-jäsentelyä (Day 1998):

- Introduction = mitä ongelmaa tutkitaan ja miksi
- Methods = miten ongelmaa tutkitaan
- Results = mitä tuloksia saatiin aikaan
- Discussion = mikä tulosten merkitys on ja mitä johtopäätöksiä niistä voi tehdä

IMRAD-logiikka soveltuu sellaisenaan lyhyiden tieteellisten raporttien kuten yhdistelmäväitöskirjan erillisten julkaisujen ja usein myös niistä laaditun tiivistelmän jäsentelyksi. Monografiaväitöskirjan joutuu tavallisesti jakamaan luvuiksi hienojakoisemmin, jotta tutkimuskokonaisuus jäsenyisi lukijalle riittävän selkeästi. Jokaisesta väitöskirjasta pitää kuitenkin löytyä helposti ja yksikäsitteisesti vastaukset yllä mainittuihin kysymyksiin.

#### 3.2 Johdanto

Johdantoluvussa (Introduction) kerrotaan lukijalle lyhyesti tutkimuksen taustasta ja syistä, jotka johtivat tutkimuksen käynnistämiseen. Tutkimusongelma kuvataan yksikäsitteisesti muutamalla virkkeellä erityisesti ongelman ydintä valottaen. Tutkimusongelmasta johdettu väitöskirjatutkimuksen tavoite esitetään lyhyesti ja konkreettisesti. Jos väitöskirjalla on myös muita tavoitteita, nämä mainitaan päätavoitetta kuitenkaan hämärtämättä. Joskus näkee myös tutkimusmenetelmät mainittavan lyhyesti jo tässä yhteydessä. Tutkimuksen rajaukset on myös hyvä mainita. Monien väitöskirjojen johdannossa on ajateltu lukijaa tiivistämällä johdantoon julkaisun tieteellinen anti (kontribuutio).



Johdantoluvun rakenne voi noudatella seuraavaa jaottelua. Suluissa on näille asioille käytettyjä englanninkielisiä termejä, jotka eivät ole kaikilta osin vakiintuneet.

- Tausta (Background; Motivation)
- Tutkimusongelma (Research problem)
- Tutkimuksen tavoite (Aim of the research; Objective)
- Tutkimusmenetelmät (Research methods)
- Rajaukset (Scope of the research)
- Tieteellinen anti (Contribution; Original features)

### 3.3 Kirjallisuuskatsaus

Kirjallisuuskatsaus (review) – tutkimuksessa yleisemmin kehitystilannekatsaus (state of the art) - sijoitetaan yleensä väitöskirjan alkupuolelle. Jos katsaus on lyhyt, sen voi sijoittaa johdantoon. Monografiaväitöskirjoissa katsaus on useimmiten omana lukunaan. Katsauksessa selvitetään alan vallitseva kehitystilanne julkaisujen avulla. Oma perehtyneisyyttänsä alan taustatietoon väitöskirjan tekijä voi täydentää julkaisemattomalla aineistolla kuten haastatteluilla, mutta nämä eivät kuulu väitöskirjan aineistoon. Kirjallisuuden tuoreuteen ja relevanssiin tulee kiinnittää erityistä huomiota: etusijalla ovat tieteelliset alkuperäisjulkaisut (primäärijulkaisut) eli ne, joissa uudet tulokset ensimmäisen kerran esitellään tiedeyhteisölle. Hyvään tieteelliseen tapaan kuuluu, että ansio aikaisemmista tuloksista annetaan niiden alkuperäisille esittäjille. Valmiita yhteenvetokirjoituksia (review papers) tulisi tässä yhteydessä välttää, koska kirjoittajan tulee itse muodostaa näkemyksensä alan kehitystilanteesta nimenomaan tutkimusongelman kannalta asiaa katsoen. On hyvä tapa tiivistää kunkin käsitellyn julkaisun oleellinen anti muutamaan virkkeeseen ja esittää oma kommentti tästä annista. Oppikirjoista luettavaa asiaa kehitystilanteeseen niinkuin ei muuallekaan väitöskirjaan pidä sisällyttää, koska oppikirjatieto oletetaan yleisesti tunnetuksi.

Vaikka kirjallisuuskatsaus on sijoitettu tutkimusongelman määrittelyn jälkeen, tutkimusongelman määrittelyssä ja väitöskirjan tavoitteen asettelussa kuitenkin tukeudutaan kirjallisuuskatsaukseen tietokuilua haettaessa.

### 3.4 Tutkimuksen suorittaminen

Tutkimusmenetelmät ja -järjestelyt sekä tarvittaessa tutkimuksen käytännön suoritus – erityisesti kokeet - kuvataan niin yksityiskohtaisesti, että tutkimuksen toistettavuuden vaatimus täytetään. Tässä yhteydessä käytetään runsaasti piirroksia ja valokuvia, joiden informatiivisuuteen on syytä kiinnittää erityistä huomiota. Valokuvat, jotka tekijälle ovat itsestään selviä, eivät välttämättä aukea lukijalle ilman yksityiskohtaisia selostuksia.

Tämän jakson jakaminen väitöskirjan luvuiksi riippuu tutkimuksen luonteesta: mikä on matemaattisen mallinnuksen osuus, onko simuloiteja, onko kokeellista osuutta.

### 3.5 Tulokset

Tulokset (Results) esitetään tiiviisti mutta havainnollisesti taulukoita ja graafisia esityksiä hyväksi käyttäen. Kaikkia oivallusta edistäviä keinoja kannattaa käyttää hyväksi varoen kuitenkin harhaanjohtamista. Tässä yhteydessä tuloksia ei vielä suuremmin kommentoida eikä selitellä.

Tekstiä ei pidä kuormittaa ylenmääräisellä detaljitiedolla, koska lukija kadottaa raportin juonen. Yksityiskohtaisten tulostietojen paikka on liitteissä.

### 3.6 Tulosten arviointi

Tulosten arviointi (Discussion) on väitöskirjan keskeistä asiaa. Arviointi tulee kohdistaa sekä itse tuloksiin, lähinnä niiden luotettavuuteen ja pätevyysalueeseen, että niiden suhteeseen aikaisempaan tutkimustietoon. Mahdollisille eroille pyritään löytämään selityksiä. Tulosten arvo koostuu niiden uutuudesta (alkuperäisyydestä), totuudenkaltaisuudesta ja yleisyydestä. Kokemuksen mukaan keskimääräisessä väitöskirjassa pohditaan tuloksia, niiden merkitystä ja vaikutusmahdollisuuksia aivan liian vähän. Tutkijalla on myös oikeus ja velvollisuus esittää perusteltuja mielipiteitä tutkimustensa pohjalta.

### 3.7 Johtopäätökset ja suositukset

Johtopäätöksiä pitää uskaltaa tehdä, mutta johtopäätösten on oltava vain koetuloksista johdettuja ja loogisesti oikeita. Tutkijan itsensä pitää myös esittää käsityksensä tutkimuksen kontribuutiosta ja selvästi "väittää" jotakin uutta. On kohtuutonta olettaa, että lukija voisi lyhyessä ajassa poimia tutkimuksen annin ja verrata sitä aikaisempaan tunnettuun tietoon. Lukijan tehtävänä on puntaroida oman julkaisutuntemuksensa perusteella, onko uudeksi väitetty asia todella aikaisemmin julkaisematonta ja jos on, onko sen merkitys väitetyn suuruisen. On huomattava, että uusiksi väitetyjä tuloksia on pidettävä uusina, kunnes aikaisempiin julkaisuihin vedoten toisin osoitetaan. Väitöskirjaa tai sen käsikirjoitusta ei saa hylätä opponentin tai esitarkastajan perustelemattomalla väitteellä: "ei sisällä uutta tietoa". Näyttövelvollisuus on tämän väitteen esittäjällä eikä väitöskirjan kirjoittajalla.

Jos johtopäätöksiä on vain vähän, ne voi sijoittaa tulosten arvioinnin yhteyteen selvästi erottavana asiana. Monografioissa johtopäätöksille tavallisesti varataan erillinen luku. Johtopäätöksistä voi muotoilla usein myös suosituksia esim. koneiden rakenteen muuttamiseksi perinteisestä poikkeavaksi.

Tutkimusongelmasta saattaa jäädä käsittelemättä mielenkiintoisia näkökulmia, joita tutkija on kuitenkin joutunut ainakin pinnallisesti pohtimaan. Nämä pohdinnot voivat toimia jatkotutkimusten aihioina, mistä syystä ne kannattaa kirjata raporttiin, luontevimmin johtopäätösten tai suositusten yhteyteen.

### 3.8 Tiivistelmä ja yhteenveto

Tiivistelmä ja yhteenveto ovat tarkoitettut antamaan pikakuvausten väitöskirjan keskeisestä sisällöstä. Tiivistelmä (Abstract) sijoitetaan raportin alkuun mutta yhteenveto useimmiten loppuun viimeiseksi varsinaiseksi luvuksi.

Tiivistelmä on tarkoitettu myös kirjastoille ja yleensä tietopalveluun, mistä syystä pituus on rajattava 250 - 300 sanan tuntumaan. Tiivistelmästä on kuitenkin käytävä ilmi kaikki IMRAD-jaottelun pääasiat.

Yhteenveto (Summary; Conclusion) on luonteeltaan laajennettu tiivistelmä (Extended abstract), joka kertoo väitöskirjan keskeisen sisällön. Yhteenvedossa ei tietenkään saa olla sellaista asiaa, jota ei ole itse tekstissä. Joskus yhteenveto laaditaan erheellisesti johtopäätösten muotoon. Aiheen mukaan yhteenvedon sopiva pituus on 1-3 liuskaa.

### 3.9 Muut osiot

Jos väitöskirjassa on paljon matemaattisia symboleja, lyhenteitä tai avainsanoja, ne voi koota raportin alkuun tai loppuun omaksi jaksokseen (Symbols; Nomenclature; Notation; Symbols and abbreviations). Symboliluettelosta huolimatta kaikki käytetyt symbolit ja lyhenteet on hyvä selittää niiden esiintyessä tekstissä ensimmäisen kerran.

Viiteluettelo eli lähdeluettelo (References) laaditaan julkaisusarjan omien ohjeiden mukaan tai käyttämällä niiden puutteessa ISO 690 –standardin suomalaista vastinetta SFS 5342 (1992). Viiteluettelon laadinnassa voi olla apua liitteestä 3.

Liitteet laaditaan vapaamuotoisesti selkeys säilyttäen. Kukin liite muokataan omaksi kokonaisuudekseen sivu-, lauseke- ja kuvanumerointeinen. Kuvatekstien tulee luonnollisesti olla niin yksityiskohtaisia, että liitteeseen voi tutustua itsenäisesti ilman varsinaisen tekstin apua.

### 3.10 Hyvän väitöskirjan tunnusmerkkejä

Hyvä väitöskirja perustuu hyvän tieteellisen käytännön mukaiseen tutkimustyöhön, jonka siis tulee olla julkista ja autonomista sekä mahdollisimman kriittistä. Väitöskirjassa esitettävän tiedon tulee aina olla julkista ja uutta. Mitä paremmasta väitöskirjasta on kysymys, sitä suurempi on siinä esitetyn tiedon totuudenkaltaisuus ja yleisyys.

Väitöskirjan raportointiotteen tulee olla tieteellinen: "hyvää ruokaa tyylikkäästi tarjoiltuna".

Tekniikan väitöskirjalle ei tietenkään ole pahitteeksi, vaikka saavutettuja tieteellisiä tuloksia voisi hyödyntää teollisuudessa välittömästi tai muutaman vuoden sisällä. On mahdollista, että hyvin yleisistä ja siten tieteellisesti arvokkaista tuloksista osaa voi käyttää välittömästi hyödyksi jollakin rajatulla tekniikan alalla.

*Hyvä väitöskirja on mallikkaasti hoidetun jatko-opiskeluprojektin onnistunut loppuraportti eikä suinkaan kattava kuvaus tekijänsä elämäntyöstä tutkimuksen parissa!*



**Tekniikan alan väitöskirjaopas  
OSA II**



## 1. JOHDANTO

Tämän tekstin tarkoituksena on esittää analyysi, jonka lopputuloksena saadaan tieteen määritelmä ja tähän perustuvat kriteerit väitöskirjojen tieteellisyyden arvioimiselle.

Luvut 2 - 6 esittävät tarkastelut, joiden perusteella voidaan löytää tieteen sekä tieteellisen tiedon että tieteellisen tutkimuksen tunnusmerkit. Luvussa 8 esitetään näiden tunnusmerkkien tarkastelut.

Luvussa 7 esitetään tieteen - erityisesti tieteellisen tiedon ja tieteellisen tutkimuksen - määritelmät ja luvussa 9 näihin perustuvat kriteerit väitöskirjojen tieteellisyyden arvioimiselle.

### 1.1 Väitöskirja ja tiede

Väitöskirjan tarkastelu on mielekästä aloittaa tarkastelemalla väitöskirjan kannalta relevantteja säädöksiä. Tällaisia ovat Yliopistolaki ja tekniikan alan väitöskirjan kannalta Asetus teknistieteellisistä tutkinnoista (liite 1).

Oleellinen väitöskirjan laatua määräävä attribuutti kaikissa säädöksissä on “*tieteellinen*”:

Yliopistolain mukaan:

- yliopistojen tulee edistää vapaata tutkimusta sekä *tieteellistä* ja taiteellista sivistystä;
- yliopistoissa voidaan suorittaa *tieteellisiä*, taiteellisia ja ammatillisia jatkotutkintoja.

Asetuksen *teknistieteellisistä* tutkinnoista mukaan:

- *tieteellisen* jatkokoulutuksen pohjana on *teknistieteellinen* ylempi korkeakoulututkinto tai muu vastaavantasoinen tutkinto;
- väitöskirjan tulee sisältää uutta *tieteellistä* tietoa.

Käytettyä termiä “tieteellinen” ei määritellä tai selitetä näissä säädöksistä - tai missään muussakaan säädöksessä - vaan käytetty termi “tieteellinen” otetaan ikään kuin annettuna. Näin väitöskirjan olemus jää joko epäselväksi tai riippumaan käytetylle termille “tieteellinen” annetusta määritelmästä tai tulkinnasta.

Osoittautuu siis, että väitöskirjan tekeminen välttämättä edellyttää tieteen määrittelyä. Tämä määrittely voi olla joko *implisiittinen* tai *eksplisiittinen*.

Jos tyydytään tieteen ja tieteellisyyden *implisiittiseen* määrittelyyn, väitöskirjan arvioinnin kriteerit jäävät pääosin kunkin arvioitsijan itsensä - enemmän tai vähemmän perustellusti - määriteltäviksi ja päätettäviksi. Tämä voi olla käytännön ongelma väitöskirjojen arvioinnissa.

On siis suotavaa, että tieteen määrittely on *eksplisiittinen*. Tästä seuraa, että tieteen ja tieteellisyyden pohtimisen tulee olla oleellinen osa jokaista väitöskirjatyötä - vaikka ei jokaista väitöskirjaa. Näin myös tekniikan yliopistoissa.

### 1.2 Tiede, tieto, totuus, kieli ja todellisuus

*Tiede on tietoa* ja tutkimusta, joka on tiedon hankintaa.



Klassisen tiedon käsitteen mukaan *tieto on hyvinperusteltu tosi uskomus*. Näin tiede liittyy tiedon kautta totuuteen.

Totuuden korrespondenssiteorian mukaan *totuus on kielen ja todellisuuden välinen suhde*. Totuuden pohdinta edellyttää siis kielen ja todellisuuden sekä näiden välisen suhteen pohdintaa. Näin tiede liittyy tiedon ja totuuden kautta kieleen ja todellisuuteen.

Tästä seuraa, että seuraava tarkastelu alkaa todellisuuden tarkastelulla ja jatkuu totuuden, kielen ja tiedon tarkastelulla. Tämän jälkeen tarkastellaan tutkimusta. Näiden alustavien tarkastelujen jälkeen siirrytään tieteen tarkasteluun, jossa on nyt mahdollista antaa tieteen eksplisiittinen määritelmä. Tämä tieteen eksplisiittinen määritelmä lopulta antaa kriteerit väitöskirjojen tieteellisyyden arvioimiselle.

### 1.3 Lähtökohta

Tässä esitettävät pohdiskelut ovat usein tekniikan ja luonnon tutkijoille vieraita. Tämä ei ole yllättävää, kun tarkastelee niitä loputtomia pohdintoja, joita filosofit näistä kysymyksistä esittävät. Jokainen tekniikan ja luonnon tutkija - erityisesti väitöskirjantekijä - joutuu kuitenkin ottamaan kantaa näihin kysymyksiin omassa työssään. On parempi, että kannanotto on *eksplisiittinen* - vaikkakin yksinkertaistettu - kuin että kannanotto on *implisiittinen*.

Seuraava esitys perustuu pitkälti Ilkka Niiniluodon kirjoituksiin, erityisesti kirjoihin Niiniluoto, I., *Johdatus tieteenfilosofiaan*, Otava, 1980 ja Niiniluoto, I., *Critical Scientific Realism*, Oxford University Press, 1999.

Jotta tekstin laajuus pysyisi kohtuullisena, on mahdotonta kuvata kaikkia - tai edes useimpia - asiaan liittyviä käsityskantoja. On siis valittava joku lähtökohta.

Tässä lähtökohdaksi on valittu *kriittinen tieteellinen realismi*, joka hyväksyy seuraavat teesit (Niiniluoto 1999, s. 10):

1. Ainakin osa todellisuudesta on ontologisesti ihmismielestä riippumaton.
2. Totuus on semanttinen suhde kielen ja todellisuuden välillä
3. Totuus on liitettävissä kaikkiin tieteen kielellisiin tuloksiin - myös olemassaololauseisiin
4. Totuus (liittyneinä muihin tiedollisiin utiliteetteihin) on tieteen oleellinen päämäärä
5. Totuutta on mahdollista lähestyä ja totuudenkaltaisuutta voi mielekkäästi arvioida
6. Tieteen menestyksen paras selitys on tieteellisen tiedon totuudenkaltaisuuden kasvu

## 2. TODELLISUUS

Yleisimmin käytetty totuuden määritelmä, so. totuuden määritelmä *totuuden korrespondenssiteorian* mukaan, perustuu kielen ja todellisuuden suhteeseen. Tästä seuraa, että tieteen, tiedon ja totuuden tarkastelu perustuu johonkin kuvaan todellisuudesta.

Todellisuuden ja olemassaolon olemusta pohtiva filosofian osa on *metafysiikka*. Olemassaolon olemusta pohtiva metafysiikan osa on *ontologia*. Näin seuraava pohdinta kuuluu ontologian alaan.

### 2.1 Realismi

*Realismi* on filosofiassa - ja muutenkin - paljon käytetty termi ja termillä 'realismi' voidaan tarkoittaa hyvin montaa asiaa. Näin termillä 'realismi' on monta vastakohtaa.

*Ontologinen realismi* tarkoittaa sitä, että (Niiniluoto 1999, s. 26 ja Pihlström 1997, s. 31).

*On olemassa ihmismielestä riippumaton todellisuus* (1)

Tässä mielessä realismin vastakohta on idealismi, jonka mukaan koko todellisuus on ihmismielestä jotenkin riippuvainen.

Ontologiselle realismille perustuu Charles Peircen vuonna 1877 artikkelissaan *The Fixation of Belief* kuvaamatieteellinen menetelmä. Peircen mukaan uskomusten muodostamisen tieteellinen menetelmä on sellainen, että (Peirce 1934):

[...] our beliefs may be determined by nothing human, but by some external permanency - by something upon which our thinking has no effect. [...] Our external permanency would not be external, in our sense, if it was restricted in its influence to one individual. It must be something which affects, or might affect, every man.

Tieteen tehtävä on ihmismielestä riippumattoman todellisuuden kuvaaminen. Ilman minimo oletusta, jonka mukaan ihmismielestä riippumattomat tekijät vaikuttavat tieteelliseen tietoon, "ei voida edes puhua 'tieteestä'" (Niiniluoto 1980, s. 85).

On huomattava, että ontologinen realismi ei väitä mitään muuta kuin, että todella on olemassa ihmismielestä riippumaton todellisuus. Se ei esimerkiksi väitä, että *koko todellisuus* on ihmismielestä riippumaton, mikä on itsestään selvää, kun tarkastelee vaikka omia ajatuksiaan tai kaikkia ihmisen - ja siten ihmismielen - luomia esineitä.

Näin ontologinen realismi ei ole myöskään ristiriidassa minkään uskonnollisen maailmankuvan kanssa, joka sallii ainakin osan todellisuudesta olevan ihmismielestä riippumaton, sillä ontologinen *realismi ei kiellä* minkään olemassaoloa.

Ontologinen realismi ei väitä mitään spesifiä todellisuudesta (Pihlström 1997, s. 33). Se väittää vain ja ainoastaan, että *ainakin osa todellisuudesta on ihmismielestä riippumaton*.

## 2.2 Todellinen

Ontologian avainsanoja ovat ‘olemassaoleva’ ja ‘todellinen’ ja ‘reaalinen’. Pidämme todellisena ja reaalisenä sitä, mikä on todella olemassa. Näin *termit ‘olemassaoleva’, ‘todellinen’ ja ‘reaalinen’ ovat synonyymejä, eikä niitä voi käyttää toistensa määrittelyssä.*

Tämä kehä on mahdollista rikkoa edellä esitetyn käsitteen ‘ihmismielestä riippumaton’ avulla: Charles Peirce määrittelee käsitteen ‘todellinen’ seuraavasti (Niiniluoto 1990, s. 31):

*Todellista on se, minkä ominaisuudet ovat riippumattomia siitä, (2)  
mitä kukaan ajattelee niiden olevan.*

Tästä seuraa, että yksisarvinen tai joulupukki *eivät ole todellisia*, sillä näiden ominaisuudet - esimerkiksi yksisarvisen turkin väri tai joulupukin ikä - riippuvat siitä mitä kukin mahtaa niistä ajatella.

Toisaalta kenen tahansa ajatukset yksisarvisesta ja joulupukista *ovat todellisia*, sillä minkä tahansa jo ajatellun ajatuksen ominaisuudet - eli ajatussisältö - ei riipu siitä mitä kukaan ajattelee tämän ajatussisällön olevan.

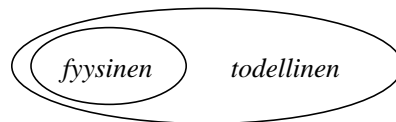
## 2.3 Todellinen ja fyysinen

Todellisia, so. reaalisia ja olemassaolevia, ovat:

1. *fyysinen todellisuus* eli fyysinen aika-avaruus objekteineen (kivi, elektroni, fotonit, auto, kirves, tehdas, lelu, sello, aivot, kirjoitus paperilla, jne.) sekä fyysisen aika-avaruuden asiantilat ja tapahtumat (kivi on jäällä, jää murtuu kiven alla, auto liikkuu nopeudella  $u$ , auto törmää seinään, tehdas toimii, tehdas räjähtää, aivot toimivat, aivot kuolevat, jne.)
2. *ihmisyksilön ajattelu* (ajatus kivistä, autosta, tehtaasta, joulupukista, ajatuksesta, kulttuurista, kirjoituksen sisällöstä, jne.);
3. *ihmisyhteisön kulttuuri* (numerot, matematiikka, propositiot, tieto, tiede, novellit, sinfoniat, taide, kirjoituksen sisältö, jne.).

Karl Popper, joka on tämän luokittelun esittänyt, kutsuu näitä todellisuuden osia nimillä *maailma 1* (fyysinen todellisuus), *maailma 2* (ajattelu) ja *maailma 3* (kulttuuri) (Popper 1979, s. 106, Niiniluoto 1980, s. 128 ja Niiniluoto 1990, s. 14-42).

Osoittautuu siis, että ‘todellinen’ on laajempi käsite kuin ‘fyysinen’:



Kuva 1.: Todellinen ja fyysinen

### 3. TOTUUS

Totuus on keskeinen käsite tieteessä.

Usein kuulee sanottavan, että tieteen päämäärä on “*totuus ja vain totuus*”. Totuuden, kielen ja tiedon tarkastelut osoittavat kuitenkin, että tämä ei voi olla tieteen päämäärä, sillä se on liian rajoittava. Onhan suuri - ellei suurin - osa nykyisestä tieteellisestä tiedoksi hyväksytystä tiedosta tarkkaanottaen epätotta. Tieteen päämääräksi on siis hyväksyttävä *approksimatiivinen totuus* tai *totuudenkaltaisuus* - tarkemmin informatiivinen totuudenkaltaisuus. Seuraavassa tarkastellaan ensin totuutta ja sitten totuudenkaltaisuutta.

Yleisimmät totuusteorioiden ovat (Niiniluoto 1980, s. 108-115):

- totuuden *korrespondenssiteoria*
- totuuden *konsensusiteoria*
- totuuden *koherenssiteoria*
- totuuden *pragmatistinen* teoria

#### 3.1 Totuuden korrespondenssiteoria

Totuuden korrespondenssiteorian mukaan *totuus on kielen ja todellisuuden välinen suhde*. Aristoteleen mukaan (Niiniluoto 1980, s. 108):

Sanoa siitä mikä on että se ei ole, tai siitä mikä ei ole että se on, on epätotta, kun taas sanoa siitä mikä on että se on, tai siitä mikä ei ole että se ei ole, on totta.

Lause on siis tosi kun se vastaa todellisuutta eli se ilmaisee tosiasian. Totuuden korrespondenssiteoria on näin yhtäpitävä intuitiiviseen totuuden käsitteen kanssa.

Totuuden korrespondenssiteoria kuitenkin ylittää intuitiivisen totuuden. Alfred Tarski esitti totuuden korrespondenssiteorian formalisoinnin 1933 (Niiniluoto 1999, s. 51). Tarskin mukaan totuuden semanttinen totuusmääritelmä, eli totuus korrespondenssiteorian mukaan, on

$$x \text{ on tosi jos ja vain jos } p \quad (3)$$

jossa  $x$  on lauseen nimi. Jos lauseen nimi on samaa kieltä, jota on käytetty ilmaisemaan  $p$ , saadaan

$$'p' \text{ on tosi jos ja vain jos } p \quad (4)$$

esimerkiksi

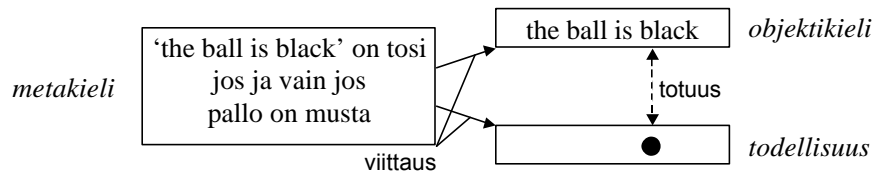
$$'pallo on musta' \text{ on tosi jos ja vain jos } \text{pallo on musta} \quad (5)$$

jossa kielenä on suomi.

Tarskin teoria mahdollistaa kielen, so. objektikielen, totuuden tarkastelemisen toisen kielen, so. metakielen avulla. Esimerkiksi, jos objektikieli on englanti ja metakieli on suomi:

$$'the ball is black' \text{ on tosi jos ja vain jos } \text{pallo on musta} \quad (6)$$

Tämä on esitettävissä kuvana seuraavasti



Kuva 2.

On kuitenkin luonnollisempaa ajatella, että *lauseen merkitys on totta tai epätotta* kuin että itse lause on totta tai epätotta. Näin tulisi kuvassa kohdassa 'objektikieli' olla pikemmin 'objektikielen ilmaisema merkitys'.

Näin totuuden korrespondenssiteorian mukaan

*Totuus on kielen merkityksen ja todellisuuden vastaavuus*<sup>1</sup> (7)

Koska tässä on kyseessä kielen *merkitys*, antaa totuuden korrespondenssiteoria totuuden *semanttisen* määritelmän.

### 3.2 Muut totuuden teoriat

Totuuden *korrespondenssiteorian* mukaan siis totta on lause, joka vastaa todellisuutta eli ilmaisee tosiasian. Analogisesti ilmaistuna muut kolme yleisintä totuuden teoriaa ovat:

- Totuuden *konsensusteorian* mukaan totta on lause, josta vallitsee *yksimielisyys* äärettömän pitkän ja rajoituksista vapaan tutkimuksen jälkeen.
- Totuuden *koherenssiteorian* mukaan totta on lause, joka on *yhteensopiva* muiden lauseiden muodostaman systeemin kanssa.
- Totuuden *pragmatistisen* teorian mukaan totta on lause, joka *toimii käytännössä*.

Näyttäisi siltä, että näissä kolmessa totuuden teoriassa *totuuden määritelmä* sekoitetaan *totuuden ominaisuuksiin*.

On ilmeistä - jos on olemassa ihmismielestä riippumaton todellisuus - että äärettömän pitkä ja rajoituksista vapaa tutkimus lopulta saavuttaa yksimielisyyden tietyn lauseen totuudesta tai epätotuudesta. Mutta yksimielisyys ei liene hyvä totuuden määritelmä, vaan pikemmin seurausta siitä, että tämä tietty lause joko vastaa tai ei-vastaa todellisuutta.

Edelleen on ilmeistä - jos on olemassa ihmismielestä riippumaton todellisuus - että tietyt lauseet, jotka vastaavat todellisuutta, ovat yhteensopivia toistensa kanssa. Mutta yhteensopivuus ei liene hyvä totuuden määritelmä, vaan pikemmin seurausta siitä, että on olemassa ihmismielestä riippumaton - koherentti - todellisuus, jota nämä tietyt lauseet vastaavat.

Lopulta on ilmeistä - jos on olemassa ihmismielestä riippumaton todellisuus - että tietyt lauseet, jotka vastaavat todellisuutta, myös johtavat menestykselliseen toimintaan käytännössä. Mutta toimivuus käytännössä ei liene hyvä totuuden määritelmä, vaan pikemmin seurausta siitä, että todet lauseet vastaavat kuvaamaansa todellisuutta.

<sup>1</sup> eli korrespondenssi

### 3.3 Totuudenkaltaisuus

Edellä on ajateltu, että jokaiseen lauseeseen - tai lauseen ilmaisemaan merkitykseen - voidaan liittää attribuutti tosi tai epätosi.

Tämä lähestymistapa johtaa vaikeuksiin, kun tarkastellaan esimerkiksi seuraavia lauseita:

*Ympyrän kehän suhde sen halkaisijaan on 3.14* (8)

*Maa kiertää Aurinkoa ympyräradalla* (9)

Jos nämä lauseet (so. näiden lauseiden ilmaisemat merkitykset) on jaettava tosiin ja epätosiin, on sanottava, että kumpikin lause on *epätosi*. Tämä on tietysti outoa ja antaa oudon kuvan tieteen nykyisestä tasosta. Tosiasia kuitenkin on se, että suuri osa - luultavasti valtaosa - nykyisestä tieteelliseksi tiedoksi hyväksytyistä tiedoista on tarkkaanottaen epätotta.

Ratkaisu tähän ongelmaan on totuuden käsitteen heikompi muunnelma: *totuudenkaltaisuus*. Edellä olevat lauseet ovat epätosia, mutta enemmän tai vähemmän totuudenkaltaisia.

Käsitteelle 'totuudenkaltaisuus' on määritelmä (Niiniluoto 1999, s. 64-78), mutta tässä sanaa 'totuudenkaltaisuus' käytetään viittaamaan tarkemmin määrittelemättömään käsitteeseen 'approksimatiivisesti tosi', joka oletetaan intuitiivisesti ymmärretyksi.

## 4. KIELI

Kieltä pidetään usein ihmisen tärkeimpänä lajityypillisenä ominaisuutena. Näin kielen tutkimuksella ja kielen eri funktioiden ymmärtämisellä on ilmeinen *itseisarvo* ihmisen kannalta. Osoittautuu lisäksi, että kielen ja sen eri funktioiden analyysi ja ymmärtäminen on mitä suurimmassa määrin *hyödyllistä* - erityisesti tieteessä.

Kielen tutkimus on tapana jakaa kolmeen lohkoon (Niiniluoto 1980, s. 90):

- *syntaksi*: Kielen merkkien ja ilmausten tutkimista *kielen sisällä*.
- *pragmatiikka*: Kielen tutkimista huomioiden kielen käyttäjät ja kielen *käyttötilanteet*.
- *semantiikka*: Kielen *merkityksen* tutkimusta.<sup>2</sup>

### 4.1 Semantiikka

Semantiikka tutkii *kielen merkitystä* eli *kielen suhdetta siihen todellisuuteen*, jota se esittää tai johon se viittaa.

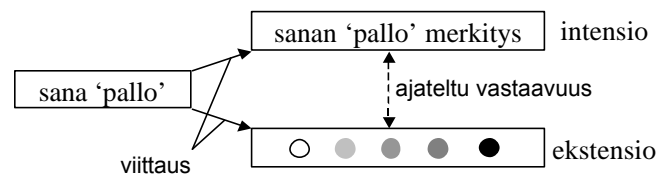
Semantiikassa ymmärretään tavalla tai toisella kielen viittaavan kahdenlaisiin objekteihin, joita kutsutaan tässä *intensioksi* ja *ekstensioksi* (Niiniluoto 1980, s. 120, myös Raatikainen 1997).

Intension ja ekstension luonteesta on esitetty lukuisia ajatuksia. Tämän tarkastelun kannalta on riittävä seuraava yksinkertaistettu luonnehdinta, joka pätee erityisesti fyysisen todellisuuden (maailman 1) tarkastelussa:

*Intensio on merkitys* (10)

*Ekstensio on todellisuuden yksilö, joukko, suhde, asiantila tai tapahtuma, jonka ajatellaan vastaavan intensiota.* (11)

Tarkastellaan esimerkiksi sanan 'pallo' viittausta intensioon ja ekstensioon:



Kuva 3.

Sanan 'pallo' tapauksessa sanan ekstensio on fyysisen todellisuuden oliojoukko. Sanan 'pallo' intensio on se merkitys, jonka käyttäjä ja kuulija ja koko kieliyhteisö sanalle antaa. Pallon tapauksessa intension ja ekstension suhde on lähes ongelmaton, jolloin intension ja ekstension erottaminen on käytännössä tarpeetonta.

Intension ja ekstension eksplisiittinen erottaminen on kuitenkin ratkaisu moneen ongelmaan. Esimerkkeinä voidaan ajatella vaikka keskusteluja, joissa esiintyy termi 'postmodernismi', 'demokratia', 'tiede', 'massa', 'aine', 'voima', 'lämpötila' tai 'termodynamiikan ensimmäinen pääsääntö'.

<sup>2</sup> Arkikielessä semantiikka tarkoittaa juuri päinvastaista: "Tuo on semantiikkaa" tarkoittaa erityisesti väittelyssä sitä, että vastaväittäjän argumentti on *vailla merkitystä*.

Näyttää ilmeiseltä ja otetaan tässä tarkemmin perustelematta, että *kielen intensio on ihmisyhteisön kulttuurin (maailman 3) olio*.<sup>3</sup>

Tässä tarkastelussa ajatellaan, että *kielen ekstensio on fyysisen todellisuuden (maailman 1) olio*. Tämä rajausta perustuu siihen, että tässä on kyseessä tekniikan alan väitöskirjaopas, ja siihen, että tekniikka on osa fyysisistä todellisuutta (maailmaa 1).<sup>4</sup>

Intensiot ovat joko *käsitteitä* tai *propositioita*. Käsitteitä ovat yksilökäsite (käsite 'Bill Gates'), joukkokäsite (käsite 'ihminen') ja suhdekäsite (käsite 'suurempi kuin'). Propositiot ovat lauseiden ilmaisemia väitteitä eli väitelauseiden merkityksiä (propositio 'Aurinko kiertää Maata').

Jos kielen ilmauksia, jotka viittaavat käsitteisiin kutsutaan *termeiksi*, ja ilmauksia, jotka viittaavat propositioihin kutsutaan *lauseiksi* saadaan:

<i>kielellinen ilmaus</i>	<i>intensio</i>	<i>ekstensio</i>
yksilötermi 'Bill Gates'	yksilökäsite käsite 'Bill Gates'	yksilö Bill Gates
joukkotermi <sup>5</sup> 'ihminen'	joukkokäsite käsite 'ihminen'	joukko ihminen
suhdetermi 'suurempi kuin'	suhdekäsite käsite 'suurempi kuin'	suhde suurempi kuin
lause 'Maa on litteä' 'Eilen satoi'	propositio propositio 'Maa on litteä' propositio 'Eilen satoi'	asiantila/tapahtuma <sup>6</sup> Maa ei ole litteä. Eilen ei satanut.

Taulukossa on käytetty sitä yleistä merkintätapaa, jonka mukaan tarkasteltavana oleva kielen ilmaus (termi tai lause) merkitään lainausmerkkien (tässä puolilainausmerkkien) sisään. Näin voidaan lause 'Aurinko kiertää Maata' helposti erottaa muusta tekstistä.

Jos tarkoitetaan termin tai lauseen ilmaisemaa käsitettä tai propositioita, kirjoitetaan siis "lauseen 'Aurinko kiertää maata' ilmaisema propositio" tai lyhyesti "propositio 'Aurinko kiertää Maata'".

## 4.2 Totuus

Edellä oleva antaa hyvät välineet väitelauseiden - eli väitelauseiden merkityksien eli propositioiden - totuuden tarkasteluun.<sup>7</sup> Tämä on erityisen

<sup>3</sup> Tämä tarkoittaa, että kun kirjoittaja käyttää jotain termiä, tämän termin intension eli merkityksen tulee olla "yleisesti tunnettu" tarkoitettujen lukijakunnan ihmisyhteisön kulttuurissa (maailmassa 3).

Koska käsitykset vaihtelevat siitä, mitkä termien "yleisesti tunnetut" intensiot eli merkitykset ovat, on väärinkäsitysten välttämiseksi mielekästä määrittellä (tai kuvata) ongelmalliseksi tiedettyjen tai arvattujen termien merkitykset.

<sup>4</sup> Kieltä - myös tieteen kieltä - voidaan käyttää viittaamaan myös maailmoihin 2 ja 3. Näitä viittauksia - ja näiden viittausten erityisongelmia - ei tarkastella tässä.

<sup>5</sup> Vertaa Niiniluoto (1980, s. 120), jossa joukko- ja suhdekäsitteisiin viittaavia kielen ilmauksia kutsutaan yksi- ja kaksipaikkaisiksi predikaateiksi. Tämä käytäntö näyttää olevan vakiintunut ainakin logiikassa, esim. termissä 'predikaattilogiikka'.

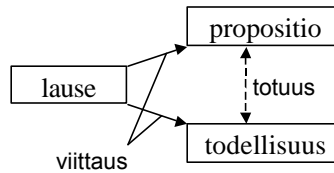
<sup>6</sup> Vertaa Niiniluoto, (1980, s. 120), jossa lauseen ekstensio on totuusarvo. Tämän esityksen tarkoituksena on yksinkertaisessa muodossa esittää kielen ja todellisuuden suhde, joka tulee näin helpommin esille.

<sup>7</sup> Loogikot ja filosofit eivät puhu käsitteiden totuudesta. Näyttäisi siltä, että käsitteitä koskevat pohdinnat ovat epäselvissä propositioiden totuutta koskevinä pohdintoina



tärkeää tieteessä, jonka metodeihin kuuluu hankitun tiedon julkaiseminen ja tiedon julkinen kritiikki.

Totuuden korrespondenssiteorian mukaan *totuus on kielen merkityksen ja todellisuuden vastaavuus*. Tästä seuraa, että lauseen ja proposition suhde totuuteen on seuraava:



Kuva 4.

Tämän mukaan lause on tosi<sup>8</sup>, jos lause viittaa proposition, joka vastaa todellisuutta.

Epätosi on lause:

$$\textit{Aurinko kiertää Maata} \quad (12)$$

Tosi on lause:

$$\textit{Maa kiertää Aurinkoa} \quad (13)$$

Tarkkaanottaen epätosi - mutta totuudenkaltainen - on lause:

$$\textit{Maa kiertää Aurinkoa ympyräradalla} \quad (9)$$

Edelliseen verrattuna enemmän totuudenkaltainen - vaikka ilmeisesti edelleen tarkkaanottaen epätosi - on lause:

$$\textit{Maa kiertää Aurinkoa ellipsiradalla} \quad (14)$$

### 4.3 Matematiikka

Lauseen ja lauseen ilmaisevan proposition erottaminen johtaa siihen, että yksi ja sama propositio voidaan esittää usealla kielellä. Esimerkiksi

$$\textit{Kaksi kertaa kaksi on neljä} \quad (15)$$

$$\textit{Two times two is four} \quad (16)$$

$$2 \cdot 2 = 4 \quad (17)$$

$$\text{II} \times \text{II} = \text{IV} \quad (18)$$

Ensimmäinen lause on suomen kieltä, toinen lause on englannin kieltä, kolmas lause on “standardia” matematiikan kieltä ja neljäs lause on “epästandardia” matematiikan kieltä. Kaikki neljä lausetta ilmaisevat yhden ja saman proposition.

On huomattava, että henkilölle - tai oliolle - joka ei “osaa” suomea, englantia, “standardi” matematiikkaa tai “epästandardi” matematiikkaa, nämä lauseet ovat *vailla merkitystä*, so. ne ovat vain mustetta paperilla tai tummempia kohtia näytön valkealla taustalla. Mutta henkilö, joka “osaa” näitä

<sup>8</sup> Jos sanotaan, että “lause on tosi” tarkoitetaan siis, että “propositio, johon lause viittaa, on tosi”.

kieliä, “ymmärtää”, että kaikki neljä lausetta “tarkoittavat” samaa, so. kaikki neljä lausetta ilmaisevat yhden ja saman proposition.

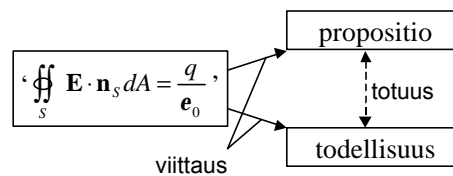
Vaikka esimerkki on yksinkertainen, se osoittaa, että *matematiikka on kieli* - tosin hyvin erikoinen kieli - muiden kielten joukossa.

Tarkastellaan seuraavaa lausetta matematiikan kielellä:

$$\oiint_S \mathbf{E} \cdot \mathbf{n}_s dA = \frac{q}{\epsilon_0} \quad (19)$$

Tämä on Gaussin laki (Alonso ja Finn 1983, s. 54).

Gaussin lain totuus riippuu fyysisen todellisuuden tarkasteluista. Totuuden korrespondenssiteorian mukaan *totuus on kielen merkityksen ja todellisuuden vastaavuus*. Tämän mukaan lause (19) on totta, jos lause (19) viittaa proposition, joka vastaa todellisuutta:



Kuva 5.

On huomattava, että lauseen (19) ilmaiseva totuus ei riipu siitä, että lause (19) on ilmaistu matematiikan kielellä.

Tästä seuraa, että Gaussin laki on ilmaistavissa sekä matematiikan kielellä että *periaatteessa* millä tahansa luonnollisella kielellä - esimerkiksi suomen tai englannin kielellä. On kuitenkin ilmeistä, että Gaussin lain ilmaisu suomen kielellä tulisi olemaan erittäin pitkä, jos ilmaisun halutaan olevan yhtä eksakti kuin ilmaisu matematiikan kielellä.

Lisäksi on ymmärryksen kannalta *tärkeää*, että matemaattiset yhtälöt, joiden ajatellaan sanovan jotain fyysisestä todellisuudesta, lausutaan jollain luonnollisella kielellä (Feynman 1992, s. 55):

But the physicist has meaning to all his phrases. That is a very important thing that a lot of people who come to physics by way of mathematics do not appreciate. Physics is not mathematics, and mathematics is not physics. One helps the other. But in physics you have to have an understanding of the connection of words with the real world. It is necessary at the end to translate what you have figured out into English, into the world, [...] Only in this way you can find out whether the consequences are true.

## 5. TIETO

Klassinen tiedon määritelmä on (Niiniluoto 1980, s. 138):

$$\begin{aligned} X \text{ tietää, että } p \text{ jos ja vain jos} & \quad (20) \\ a) X \text{ uskoo (on vakuuttunut) että } p & \\ b) X:\text{llä on päteviä perusteita väittää että } p & \\ c) p \text{ on tosi} & \end{aligned}$$

eli lyhyesti *tieto on hyvinperusteltu tosi uskomus.*

Tämän tarkastelun - so. väitöskirjojen - kannalta klassisen tiedon määritelmän ongelmat ovat se, että tiedon ajatellaan vaatimuksen a) mukaan olevan *uskomus*, ja se, että tiedon on vaatimuksen c) mukaan oltava *tosi*.

Määritelmä, että tieto on uskomus, on ongelmallinen siksi, että se sitoo tiedon jonkun henkilön uskomiseen. Jotta irtaudutaan yksilöistä ja näiden uskomuksista, ajatellaan tässä yksinkertaisesti, että tieto on väitelauseen merkitys eli *propositio*.

Kuten aikaisemmin on todettu, suuri osa - luultavasti valtaosa - nykyisestä tieteelliseksi tiedoksi hyväksytystä tiedosta on tarkkaanottaen epätotta. Näin tiedoksi kutsutulta ei käytännössä vaadita totuutta vaan ainoastaan totuudenkaltaisuutta. Näin klassisen tiedon määritelmässä vaatimus c) tulee olla *p on totuudenkaltainen*.

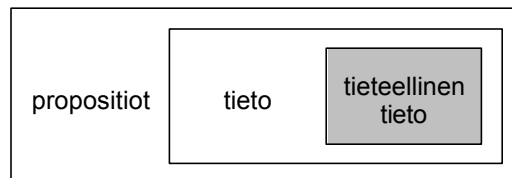
Näin saadaan

$$\begin{aligned} p \text{ on tietoa, jos ja vain jos} & \quad (21) \\ a) p \text{ on propositio} & \\ b) p \text{ on perusteltu} & \\ c) p \text{ on totuudenkaltainen} & \end{aligned}$$

eli lyhyesti *tieto on perusteltu totuudenkaltainen propositio.*

Tieteen tarkastelu osoittaa, että tiede on tietoa ja tutkimusta. Osoittautuu myös, että kaikki tieto ei ole tieteellistä tietoa.

Oleellinen tulos analysistä on siis:



Kuva 6.

eli

$$\textit{Kaikki propositiot eivät ole tietoa} \quad (22)$$

ja

$$\textit{Kaikki tieto ei ole tieteellistä tietoa} \quad (23)$$

## 6. TUTKIMUS

Tutkimus toimintana on tiedon tavoittelua.

Kaikki tiedon tavoittelu ei kuitenkaan ole tutkimusta tämän termin normaalisti käytetyn merkityksen mukaan. Ensimmäisen rajauksen mukaan *tutkimus on järkiperaistä ja järjestelmällistä tiedon tavoittelua*.

Tämäkään ei vielä rajaa sitä, mitä yleensä tutkimukseksi kutsutaan, kaikesta muusta tiedon tavoittelusta. Esimerkiksi (teollisuus)vakoilu on tyypillisesti järjestelmällistä tiedon tavoittelua, mutta vakoilua ei yleisesti pidetä tutkimuksena. Tiedon tavoittelun tulee siis noudattaa tiettyä metodologia ollakseen tutkimusta. Lisäksi osa järjestelmällisestä tiedon tavoittelusta on pikemmin selvitystyön tai tiedon keruun kaltaista, ja siten näyttäisi kuuluvan sen ulkopuolella, mitä yleensä tutkimukseksi kutsutaan.<sup>9</sup>

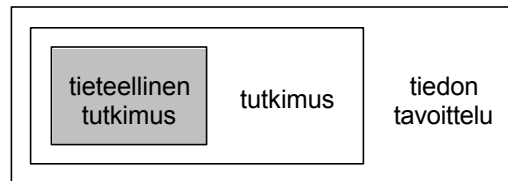
Koska tarkemmat rajaukset ovat ongelmallisia, tyydytään tässä kuitenkin tähän termin 'tutkimus' määritelmään:

*Tutkimus on järkiperaistä ja järjestelmällistä tiedon tavoittelua* (24)

Tämä termin 'tutkimus' määritelmä on siis liian väljä ja sulkee sisäänsä toimintaa, jota normaalisti ei kutsuta tutkimukseksi.

Tieteen tarkastelu osoittaa, että tiede on tietoa ja tutkimusta. Osoittautuu myös, että kaikki tutkimus ei ole tieteellistä tutkimusta.

Oleellinen tulos analyysistä on siis:



Kuva 7.

eli

*Kaikki tiedon tavoittelu ei ole tutkimusta* (25)

ja

*Kaikki tutkimus ei ole tieteellistä tutkimusta* (26)

<sup>9</sup> Tästä esimerkki on puhelinluettelotien hankinta.

## 7. TIEDE

Tiede on haaste. Jo tieteen määrittelemineen on niin vaikeaa, että Ilkka Niiniluoto aloittaa kaksiosaisen tieteenfilosofian oppikirjansa todeten, että “tieteenfilosofian oppikirjaa ei voi aloittaa tieteen määritelmällä” ja lopettaa sen toivomukseen, että kirjan lukeneet “ymmärtävät, miksi tieteenfilosofian oppikirjaa ei voi myöskään lopettaa tieteen määritelmällä.” Asenne on mahdollinen tieteenfilosofille, mutta mahdoton tiedemiehelle tai tiedehallintomiehelle, joka päivittäin joutuu arvioimaan oman toimintansa suhdetta tieteseen ja siten - joko implisiittisesti tai eksplisiittisesti - määrittelemään tieteen.

Erityisen tärkeää tieteen eksplisiittinen määrittelemineen ja tieteen olemuksen ymmärtäminen on tutkimusaloilla, joihin kohdistuu tutkimuksen ulkopuolisia odotuksia ja toiveita - erityisesti tutkimuksen “hyödystä”. Tyypillinen tällainen alue on tekniikka.

### 7.1 Tieteen määrittely

Tieteen määrittely eli tieteen erottaminen ei-tieteestä on vaikea tehtävä.

Tieteen erottamista ei-tieteestä kutsutaan tieteen demarkaatio-ongelmaksi. Tieteen määrittely eli tieteen demarkaatio-ongelma on yksi tieteenfilosofian oleellisia tehtäviä.

Vaikeudesta huolimatta tieteen määrittely on oleellista, sillä tieteen määrittely mahdollistaa myös “hyvän tieteen” tai korkealaatuisen tieteen tai hyvin tieteellisen toiminnan erottamisen “huonosta tieteestä” tai huonolaatuisesta tieteestä tai vain vähän tieteellisestä toiminnasta. Niiniluoto (1984, s. 19-32) tieteen määritelmän merkityksestä:

[...] on mahdollista, että demarkaatio-ongelman ratkaisulla on välillisesti merkitystä myös laatuarvioiden kannalta: esimerkiksi mitä selvemmin jokin tutkimus täyttää tieteellisyyden kriteerit, sitä parempaa tiedettä sen voidaan katsoa edustavan.

Demarkaatio-ongelma on vaikea ongelma kahdesta syystä: Sanaa ‘tiede’ käytetään viittaamaan useisiin objekteihin ja käsitteen ‘tiede’ määritelmät ovat tyypillisesti kehämääritelmiä, Niiniluoto (1984, s. 21-22):

Demarkaatio-ongelman ratkaisemista vaikeuttaa osaltaan se, että kovin monia erityyppisiä asioita voidaan kutsua “tieteellisiksi”: mm. miehiä ja naisia, ryhmiä ja laitoksia, käsitteitä ja lauseita, ajattelua ja päätelmiä, perusteluja ja kokeita, artikkeleita ja teoksia, teorioita ja maailmankatsomuksia.

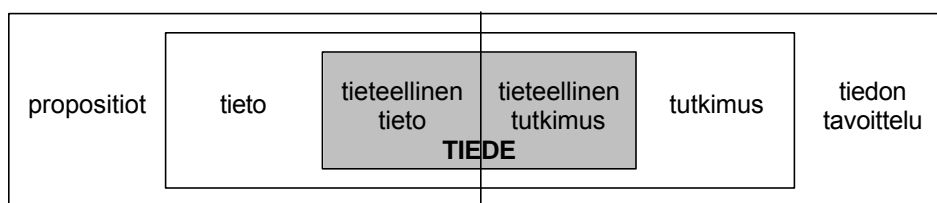
Termi ‘tiede’ voi näin ollen viitata ainakin tiedeinstituutioon (tutkijat, tutkimusorganisaatio), tutkimusprosessiin, tieteelliseen menetelmään ja tieteelliseen tietoon. Näiden neljän elementin määrittely-yritykset kulkevat tavallisesti kehässä. Tiede instituutiona on se osa yhteiskuntajärjestelmästä, joka tuottaa tieteellistä tietoa ylläpitämällä tutkimusta. Tutkimus on uuden tieteellisen tiedon järjestelmällistä ja institutionalisoitunutta tavoittelua, jossa sovelletaan tieteellisiä tutkimusmenetelmiä. Tutkimusmenetelmät ovat tiedeyhteisön hyväksymiä tapoja tieteellisen tiedon hankkimiseksi. Tieteellinen tieto koostuu hyväksytyistä menetelmistä käyttämällä saavutetuista tutkimustuloksista.

Nämä lauseet - vaikka ne epäilemättä osapuilleen pitävätkin paikkansa - eivät sellaisenaan sano sen enempää kuin esimerkiksi ilmeinen kehämääritelmä “tukeminen on tukijan toimintaa tuettavan hyväksi”. Jos tiedettä pyritään vakavassa mielessä määrittelemään, ainakin yksi noista neljästä elementistä täytyy määritellä muista riippumatta.

Tämä kehä on kuitenkin rikottavissa ja tieteelle on löydettävissä määritelmä. Tieteen määritelmän löytämiseksi jätetään tässä tarkastelun ulkopuolelle tieteellinen instituutio sekä tieteellinen menetelmä, jolloin sana ‘tiede’ viittaa *tietoon* ja *tutkimukseen*.

Näin kaikki mikä ei ole tietoa tai tutkimusta (esim. taide, urheilu, elinkeinoelämä, politiikka, rakkaus, ...) kuuluu yksikäsitteisesti tieteen ulkopuolelle ei-tieteeseen. Tämä jako tieteeseen ja ei-tieteeseen ei sisällä arvovarausta, vaan kummallakin osalla on oma tärkeä tehtävänsä ihmisen kannalta.

Tieteen ulkopuolelle ei-tieteeseen kuuluu siis kaikki, mikä ei ole tietoa tai tutkimusta. Tieteen kannalta on oleellista, että edellisen lisäksi tieteen ulkopuolelle ei-tieteeseen kuuluu myös osa tiedosta ja osa tutkimuksesta. Yhdistämällä kuvat 6 ja 7 saadaan:



Kuva 8.: Tiede

eli

*Kaikki tieto ja kaikki tutkimus ei ole tiedettä.* (27)

Seuraavassa pyritään löytämään tunnusmerkkejä ja määritelmä, jolla tiede - tieteellinen tieto ja tieteellinen tutkimus - erotetaan muusta tiedosta ja muusta tutkimuksesta

## 7.2 Tieteen tunnusmerkit

Tieteen luonnehtimisen hyvä lähtökohta on Charles Peircen vuonna 1877 artikkelissaan *The Fixation of Belief* kuvaama uskomusten muodostamisen *tieteellinen menetelmä*<sup>10</sup> (Peirce 1934):

[...] our beliefs may be determined by nothing human, but by some external permanency - by something upon which our thinking has no effect. [...] Our external permanency would not be external, in our sense, if it was restricted in its influence to one individual. It must be something which affects, or might affect, every man.

Näin Peircen mukaan tieteellisen menetelmän tärkein tunnusmerkki ja kriteeri on ihmismielestä riippumattomuus eli *objektiivisuus*. Ilman

<sup>10</sup> Peirce kuvaa neljä menetelmää: itsepäisyyden menetelmän, apriiorisen menetelmän, auktoriteetin menetelmän ja tieteellisen menetelmän.

minimioletusta, jonka mukaan objektiiviset tekijät vaikuttavat tieteelliseen tietoon, "ei voida edes puhua 'tieteestä'" (Niiniluoto 1980, s. 85).

Edelleen Peirceen mukaan:

There are Real things, whose characters are entirely independent of our opinions about them; those Reals affect our senses according to regular laws, and, though our sensations are as different as are our relations to the objects, yet, by taking advantage of the laws of perception, we can ascertain by reasoning how things really and truly are; and any man, if he has sufficient experience and he reasons enough about it, will be led to the one True conclusion.

Jos on olemassa - kuten Peirce olettaa - ihmismielestä riippumaton todellisuus, on mielekästä olettaa Peirceen tavoin, että "riittävän" tutkimuksen tuottama tieto vähitellen lähenee "yhtä Totta johtopäätöstä". Näin Peirceen mukaan tieteellisen menetelmän toinen tärkeä tunnusmerkki on *edistyvyys*.

Jotta Peirceen tieteenihanteet objektiivisuus ja edistyvyys voisivat toteutua, tulee sekä tieteellinen tieto että tietoon johtanut tutkimusmetodi saattaa alttiiksi julkiselle keskustelulle ja kritiikille. Näin kaiken tieteen - sekä tieteellisen tiedon että tieteellisen tutkimuksen - tulee olla *julkista*.

Tieteen tunnusmerkit ovat siis objektiivisuus, edistyvyys ja julkisuus. Nämä tunnusmerkit luonnehtivat tiedettä ja ovat siten tieteellisen tiedon ja tieteellisen tutkimuksen määritelmien perusta.

### 7.3 Tieteellinen tutkimus

Peirceen mukaan tiede on objektiivista ja edistyvää eli "riittävän" tutkimuksen tuottama tieto vähitellen lähenee "yhtä Totta johtopäätöstä" ihmisestä riippumattomasta todellisuudesta. Tästä seuraa, että tieteellisen tutkimuksen tulee olla riippumaton sekä tutkijan omista mielipiteistä ja ennakkokäsityksistä että tiedeyhteisön ulkopuolisista mielipiteistä eli että tieteellisen tutkimuksen tulee olla sekä *kriittistä* että *autonomista*.

Kriittisyys tarkoittaa siis sitä, että tieteellisen tutkimuksen tulee olla riippumaton tutkijan omista mielipiteistä ja ennakkokäsityksistä eli että tieteellinen tutkimus ei voi perustua uskoon, ilmestykseen tai auktoriteetin ilmoitukseen, vaan vain ja ainoastaan tutkijan ja tutkimuskohteen aitoon vuorovaikutukseen.

Autonomisuus tarkoittaa siis sitä, että tieteellisen tutkimuksen tulee olla riippumaton tiedeyhteisön ulkopuolisista mielipiteistä eli että tieteelliseen tutkimukseen ei saa vaikuttaa tulosten taloudellinen, poliittinen, uskonnollinen tai moraalinen toivottavuus tai epätoivottavuus. Näin tieteen tulosten arviointi on vain ja ainoastaan tiedeyhteisön oma asia

Koska tutkimukseen aina enemmän tai vähemmän vaikuttavat sekä ympäristön mielipiteet että tutkijan omat mielipiteet ja ennakkokäsitykset, tulee tutkimus saattaa alttiiksi julkiselle keskustelulle ja kritiikille. Näin tieteellisen tutkimuksen tulee olla *julkista*.

Näin saadaan:

*Tieteellinen tutkimus on julkista, kriittistä ja autonomista tutkimusta.* (28)

## 7.4 Tieteellinen tieto

Peircen mukaan tiede on objektiivista ja edistyvää eli ”riittävän” tutkimuksen tuottama tieto vähitellen lähenee ”yhtä Totta johtopäätöstä” ihmisestä riippumattomasta todellisuudesta. Tämä tarkoittaa, että tieteellisen tiedon - yhtenä kokonaisuutena tarkasteltuna - totuudenkaltaisuus kasvaa. Tästä seuraa vaatimus tieteellisen tiedon *totuudenkaltaisuudesta*.

Tiedon totuudenkaltaisuus tarkoittaa sitä, että vaikka tieto (esimerkiksi ‘ $p = 3.14$ ’ tai ‘Maa kiertää Aurinkoa ympyräradalla’) on tarkkaan ottaen epätotta, voi tieto olla approksimatiivisesti totta. Tiedon totuudenkaltaisuus kasvaa sekä uuden tiedon hankinnan että vanhan tiedon epätarkkuuksien ja virheiden poistamisen kautta.

Jos on olemassa ihmismielestä riippumaton todellisuus ja todellisia olioita, jotka vaikuttavat aistehimme säännöllisten lakien mukaan, niin tosi tieto näistä olioista heijastaa näitä säännöllisiä lakeja. Tästä seuraa vaatimus tieteellisen tiedon *lainomaisuudesta* (esim. Fetzer 1986, s. 22).

‘Laki’ tieteenfilosofiassa viittaa lainomaisen yleistyksen käsitteeseen, jonka vastakohtana on satunnainen yleistys. Esimerkiksi lause ‘Kupari johtaa sähköä’ on lainomainen yleistys, koska se ilmaisee fysikaalisen välttämättömyyden ja koska sillä on kontrafaktuaalista voimaa, mutta lause ‘Sähköjohdot ovat kuparia’ on satunnainen yleistys, koska sähköjohdoissa on mahdollista käyttää muitakin johteita.

Tieteen päämäärä on mahdollista ymmärtää usealla eri tavalla. Ilkka Niiniluodon puolustaman ja hyvin perusteleman käsityksen mukaan tieteen päämäärä on todellisuutta koskeva tosi (tai totuudenkaltainen) informaatio (Niiniluoto 1989, s. 40):

Popperin tieteenfilosofian perusoivalluksena onkin ollut se, että totuus ja informaation sisältö ovat vastakkaisiin suuntiin vetäviä tieteen tavoitteita. Totuuden vaatimus olisi helppoa toteuttaa triviaalisti ehdottamalla [...] epäinformatiivisia ja todennäköisiä teorioita. Rohkeus informatiivisten hypoteesien esittämisessä merkitsee epätodennäköisyyttä, riskiä totuuden suhteen. [...] Pelkkä totuus tai pelkkä informaation sisältö ei näin ollen riitä tieteen tavoitteeksi: päämääräksi on asetettava informatiivinen totuus.

Tästä seuraa vaatimus tieteellisen tiedon *informatiivisuudesta*.

Tiedon informatiivisuus, so. informaation sisältö, on suoraan verrannollinen siihen miten paljon todellisuutta koskevia vaihtoehtoja tieto sulkee pois (Niiniluoto 1983, s. 83). Totuuden (tai totuudenkaltaisuuden) ja informaation sisällön käsitteet ovat toisistaan riippumattomat. Esimerkiksi epätosi väite ‘Aurinko kiertää Maata’ on informatiivisempi kuin tosi väite ‘Aina sataa tai ei sada’.

Koska lainomaisuus ja informatiivisuus ovat käsitteellisesti hankalia ja koska nämä käsitteet eivät ole yleisessä käytössä tieteenfilosofian ulkopuolella, yhdistetään tässä nämä käsitteet käsitteessä *yleisyys*.

Koska tutkimukseen ja siten myös saatavaan tietoon aina enemmän tai vähemmän vaikuttavat sekä ympäristön mielipiteet että tutkijan omat mielipiteet ja ennakkokäsitykset, tulee sekä uusi tieteellinen tieto että tietoon



johtanut tutkimus saattaa alttiiksi julkiselle keskustelulle ja kritiikille. Näin tieteellisen tiedon tulee olla *julkista*.

Edellä on esitetty, että *tieto on perusteltu totuudenkaltainen propositio*. Näin myös tieteelliselle tiedolle tulee asettaa vaatimus perusteluista. Luonnollisinta on vaatia, että tieteellisen tiedon tulee olla *tieteellisellä tutkimuksella perusteltua*.

Näin saadaan:

*Tieteellinen tieto on tieteellisellä tutkimuksella perusteltua,  
julkista, totuudenkaltaista ja yleistä tietoa.* (29)

## 7.5 Sumea tiede

Edellisen mukaan tieteen yleiset tunnusmerkit ovat *objektiivisuus, edistyyvyys* ja *julkisuus*, tieteellisen tutkimuksen erityiset tunnusmerkit ovat *julkisuus, kriittisyys* ja *autonomisuus* ja tieteellisen tiedon erityiset tunnusmerkit ovat *julkisuus, totuudenkaltaisuus* ja *yleisyys*.

Tieteen tunnusmerkeistä vain julkisuus on aidosti laadullinen käsite eli on mahdollista yksikäsitteisesti arvioida, onko tieto tai tutkimus *julkista* vai *ei-julkista*.

Tieteen tunnusmerkeistä kriittisyys, autonomisuus, totuudenkaltaisuus ja yleisyys ovat määrällisiä käsitteitä. Näin ei ole mahdollista - periaatteessakaan - yksikäsitteisesti arvioida esimerkiksi, onko tutkimus kriittistä vai ei-kriittistä, sillä kaikki tutkimus on aina *enemmän tai vähemmän kriittistä* tai yksikäsitteisesti arvioida esimerkiksi, onko tieto yleistä vai ei-yleistä, sillä kaikki tieto on aina *enemmän tai vähemmän yleistä*.

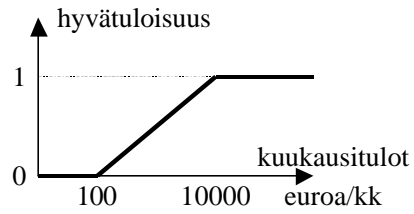
Koska esitetyt tieteen tunnusmerkit (julkisuutta lukuun ottamatta) eivät ole tieteen *laadullisia kriteerejä*, on mahdotonta luokitella kaikki tieto ja kaikki tutkimus yksikäsitteisesti joko tieteelliseksi tai ei-tieteelliseksi. Näin tieto ja tutkimus voi olla vain enemmän tai vähemmän tieteellistä sen mukaan miten hyvin tieto ja tutkimus täyttää tieteen *määrälliset kriteerit*.

Näin saadaan:

*Tiede on sumea käsite* (30)

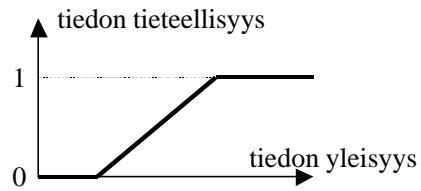
Sumeus on joukkoihin liittyvä käsite, joka tarkoittaa sitä, että ei ole yksikäsitteistä, että olio joko kuuluu tai ei kuulu joukkoon, vaan olion kuuluminen joukkoon kuvataan jostain olion ominaisuudestaan riippuvalla jäsenyysasteella. Sumeuden käsitteeseen kuuluu lisäksi se mahdollisuus, että olio, joka tarpeeksi huonosti täyttää joukkoon kuulumisen määrälliset kriteerit, saa *jäsenyysasteen nolla* ja että olio, joka tarpeeksi hyvin täyttää joukkoon kuulumisen määrälliset kriteerit, saa *jäsenyysasteen yksi*.

Tyypillinen sumea käsite on hyvätulaisuus. Suomen oloissa henkilö, jonka kuukausitulo alittaa 100 euroa lienee yksikäsitteisesti ei-hyvätuloinen ja henkilö, jonka kuukausitulo ylittää 10 000 euroa lienee yksikäsitteisesti hyvätuloinen, mutta tällä välillä asia ei ole yksikäsitteinen. Näin saadaan:



Kuva 9.

Tiede on siis sumea käsite tunnusmerkkien kriittisyys, autonomisuus, totuudenkaltaisuus ja yleisyys suhteen. Esimerkiksi, jos ajatellaan, että tiedon tieteellisyys on riippuvainen vain tiedon yleisyydestä, saadaan kuva:



Kuva 10.

## 8. TIETEEN TUNNUSMERKIT

Edellisen mukaan *objektiivisuus*, *edistyvyys* ja *julkisuus* ovat tieteen yleiset tunnusmerkit.

Tieteellisen tutkimuksen erityiset tunnusmerkit ovat *julkisuus*, *kriittisyys* ja *autonomisuus*. Tieteellisen tiedot erityiset tunnusmerkit ovat *julkisuus* ja *totuudenkaltaisuus* sekä *lainomaisuus* ja *informatiivisuus* eli *yleisyys*

### 8.1 Objektiivisuus

Termin 'objektiivisuus' tässä käytetyn merkityksen määrittelee käsite 'ihmismielestä riippumattomuus':

*Objektiivista on se, minkä ominaisuudet ovat riippumattomia siitä, (31)  
mitä kukaan ajattelee niiden olevan.*

Nähdään siis, että tässä käytetyssä mielessä termit '*objektiivinen*' ja '*todellinen*' ovat synonyymejä.

Kun vaaditaan, että tieteen tulee olla objektiivista, vaaditaan, että tieteellisen tiedon kohteen tulee olla objektiivinen. Jos tiedon kohde on objektiivinen, kohteesta on saatavissa - periaatteessa - tietoa, joka on ihmismielestä riippumatonta, so. objektiivista.<sup>11</sup>

Tarkastellaan seuraavia kahta lausetta

*Maa kiertää Aurinkoa ympyräradalla* (9)

*Yksisarvisella on neljä jalkaa ja yksi sarvi* (32)

Näyttäisi olevan mahdollista ajatella, että kumpikin lause (so. kummankin lauseen ilmaiseva proposition) on tietoa. Onhan yleinen käsitys se, että Aurinko *on* aurinkokunnan keskus ja että yksisarvinen *on* hevosenkaltainen olento, jolla *on* yksi sarvi.

Näillä kahdella lauseella ja niiden tiedolla on kuitenkin perustavaa laatua oleva ero. Tämä ero on lauseiden kohteen objektiivisuus. Tämä tulee esiin, jos lauseet ilmaistaan seuraavasti:

*On olemassa Maa ja Aurinko ja Maa kiertää Aurinkoa ympyräradalla* (9')

*On olemassa yksisarvinen ja yksisarvisella on neljä jalkaa ja yksi sarvi* (32')

On ilmeistä, että ensimmäisen lauseen kohde - Maa ja Aurinko - on objektiivinen kun taas toisen lauseen kohde - yksisarvinen - ei ole objektiivinen. Näin Maan ominaisuuksista (esim. kiertoradan ominaisuuksista) vallitsevat erimielisyydet voidaan aina - periaatteessa - ratkaista hankkimalla *ihmismielestä riippumatonta tietoa*. Sitävastoin yksisarvisen ominaisuuksista

---

<sup>11</sup> Objektiivisuuden vaatimus kohdistuu itse asiassa kaikkeen tietoon tiedon totuusvaatimuksen kautta, sillä totuuden korrespondenssiteorian mukaan totuus on kielen merkityksen ja *todellisuuden* vastaavuus.

(esim. karvan väristä) vallitsevat erimielisyydet jäävät lopullisesti selvittämättä, sillä ne ovat *ihmismielestä riippuvia*.<sup>12</sup>

Koska tässä käytetyssä mielessä termit '*objektiivinen*' ja '*todellinen*' ovat *synonyymejä*, ilmaus "objektiivinen todellisuus" sisältää tautologian ja sen väärinymmärryksen mahdollisuuden, että olisi olemassa "ei-objektiivinen todellisuus" tai "subjektiivinen todellisuus"<sup>13</sup>. Ilmausta "objektiivinen todellisuus" tulee siis välttää ja käyttää mieluummin vain termiä '*todellisuus*'.

Tässä käytetyn totuuden *korrespondenssiteorian* mukaan *totuus on kielen merkityksen ja todellisuuden vastaavuus*. Jos siis kielen ilmaisu vastaa todellisuutta, kielen ilmaisu on totta ja tämä totuus on riippumaton siitä, mitä kukaan asiasta ajattelee, so. objektiivista. Tästä seuraa, että ilmaus "objektiivinen totuus" sisältää sen väärinymmärryksen mahdollisuuden, että olisi olemassa "ei-objektiivinen totuus" tai "subjektiivinen totuus". Ilmausta "objektiivinen totuus" tulee siis välttää ja käyttää mieluummin vain termiä '*totuus*'.

## 8.2 Edistyvyys

Edistyvyyden käsite on tieteessä keskeinen.

Edistyvyyttä on jopa ehdotettu käytettäväksi tieteen ja ei-tieteen demarkaatiokriteerinä, sillä poiketen muista inhimillisen kulttuurin alueista tiede ei ainoastaan muutu vaan myös edistyy. Tieteen edistyvyyden määrittely ei kuitenkaan ole yksinkertaista, katso Niiniluoto (1983, s. 215-226) ja Niiniluoto (1999, s. 198-204).

Lyhyesti voidaan sanoa, että tiede edistyy siten, että *tieteellisen tiedon totuudenkaltaisuus kasvaa* (Niiniluoto 1999, s. 201), eli siten, että *tieteellinen tieto lähestyy totuutta virheiden ja puutteiden eliminoinnin kautta* (Niiniluoto 1983, s. 219). Tästä nähdään, että tiedon edistyvyys on yhteydessä sekä tiedon totuudenkaltaisuuteen että tiedon informatiivisuuteen.

Oleellista on, että edistyvyys liittyy tieteelliseen tietoon kokonaisuutena. Ei liene mielekäästä tarkastella yhden proposition - vaikka kuinkakin tieteellisen - edistyvyyttä. Yhden proposition edistyvyyden tarkastelu lienee aina palautettavissa tämän proposition totuudenkaltaisuuden ja informatiivisuuden tarkasteluun. Näin menetellään myös tässä, ja siksi tässä ei tarkastella edistyvyyttä tämän enempää.

## 8.3 Julkisuus

Termillä '*julkinen*' on kaksi eri merkitystä, jotka tietoon sovellettuna ovat:

---

<sup>12</sup> Lisäksi yksisarvistä koskeva lause on epätosi, sillä lauseen ensimmäinen väite on epätosi. Tämän epätotuuden osoitti Bertrand Russell analysoimalla analogisen lauseen '*Ranskan nykyinen kuningas on kalju*' muodossa '*On olemassa olio, joka on nyt Ranskan kuningas ja joka on kalju*'.

<sup>13</sup> Ilmaisua "subjektiivinen todellisuus" käytetään joskus viittaamaan maailmaan 2, koska ajatukset, tunteet ym. kuuluvat aina yhdelle subjektille.

1. Julkinen on tieto, joka on *yleisesti tiedetty*.
2. Julkinen on tieto, jonka *tietämiseen jokaisella on oikeus*.<sup>14</sup>

Merkityksen ‘yleisesti tiedetty’ mukaan julkisuus on määrällinen käsite ja tämän merkityksen mukaan on mielekästä väittää esimerkiksi, että Suomen perustuslain 12§ ei ole julkinen so. yleisesti tiedetty.

Tässä käytetään merkitystä 2, joten määritellään siis:

*Julkinen on tieto, jonka olemassaolon ja sisällön tietämiseen jokaisella on oikeus* (33)

ja

*Julkinen on tutkimus, jonka olemassaolon ja metodin tietämiseen jokaisella on oikeus* (34)

Tästä seuraa, että julkisuus on *laadullinen* (eikä määrällinen) käsite, sillä määritelmän mukaan *jokaisella on oikeus tietämiseen*. Tässä käytetyn määritelmän vastakohta on *ei-julkinen*:

*Ei-julkinen on tieto, jonka olemassaolon ja sisällön tietämiseen yhdelläkin ei ole oikeutta* (35)

ja

*Ei-julkinen on tutkimus, jonka olemassaolon ja metodin tietämiseen yhdelläkin ei ole oikeutta* (36)

On ilmeistä, että tieto ja tutkimus, joka on ei-julkinen voi tulla julkiseksi, mutta ei päinvastoin. Tämä on oleellista tieteen kannalta. On siis mahdollista tehdä ei-julkista ja siten ei-tieteellistä tutkimusta ja hankkia ei-julkista ja siten ei-tieteellistä tietoa, joka tutkimus ja tieto voidaan julkistaa ja joka tutkimus ja tieto näin voi tulla julkiseksi ja tieteelliseksi.

## 8.4 Kriittisyys

Tutkimus toimintana on tiedon tavoittelua. Kriittisyys liittyy siihen tapaan, jolla tieto on tullut tiedetyksi.

Termi ‘kriittisyys’ määritellään tässä seuraavasti:

*Tutkimus on kriittistä,* (37)  
*jos se perustuu tutkijan ja tutkimuskohteen aitoon vuorovaikutukseen.*

Kriittisyys tarkoittaa sitä, että tieteellisen tutkimuksen tulee olla riippumaton tutkijan omista mielipiteistä ja ennakkokäsityksistä eli että tieteellinen tutkimus ei voi perustua uskoon, ilmestykseen tai auktoriteetin ilmoitukseen, vaan vain ja ainoastaan tutkijan ja tutkimuskohteen aitoon vuorovaikutukseen. Tämän “aidon vuorovaikutuksen” muodot ovat tiedon hankinnan kohteesta riippuen hyvin moninaiset.

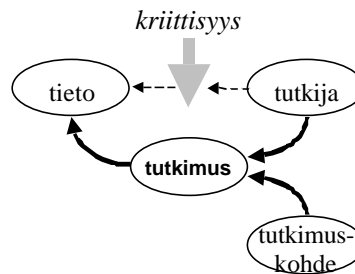
---

<sup>14</sup> Suomen Perustuslaki 12§ 2 mom:

Viranomaisen hallussa olevat asiakirjat ja muut tallenteet ovat julkisia, jollei niiden julkisuutta ole välttämättömien syiden vuoksi lailla erikseen rajoitettu.

Jokaisella on oikeus saada tieto julkisesta asiakirjasta ja tallenteesta.

Kriittisyys siis sulkee pois tutkijan suoran vaikutuksen tutkimuksen tuloksiin muuten kuin *aidossa* vuorovaikutuksessa tutkimuksen kohteen kanssa:



Kuva 11.

Kokeellisen tutkimuksen kriittisyys liittyy läheisesti havainnon teoriapitoisuuteen ja hypoteettis-deduktiiviseen menetelmään.

Että kaikki havainnointi on teoriapitoista tarkoittaa, että paljas havainnointi ei ole mahdollista, Popper (1989, s. 46):

The belief that science proceeds from observation to theory is still so widely and firmly held that my denial of it is often met with incredulity. I have even been suspected of being insincere - of denying what nobody in his senses can doubt.

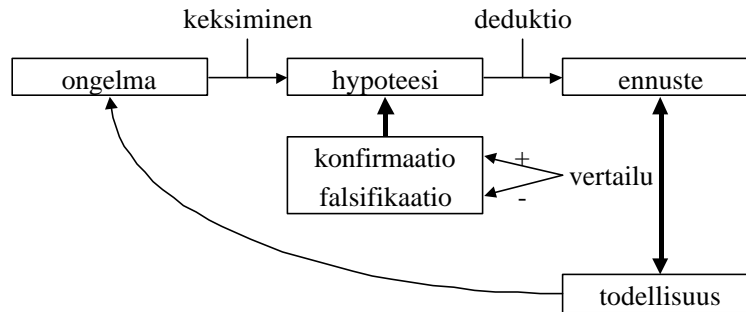
Twenty-five years ago I tried to bring home this point to a group of physics students in Vienna by beginning a lecture with the following instructions: 'Take a pencil and paper; carefully observe, and write down what you have observed!' They asked, of course, *what* I wanted them to observe. Clearly the instruction, 'Observe!' is absurd. Observation is always selective. It needs a chosen point, a definite task, an interest, a point of view, a problem. And its description presupposes a description language, with property words; it presupposes similarity and classification, which in their turn presuppose interest, point of view, and problem.

Paljas havainnointi ei siis ole mahdollista. Havainnointi edellyttää *ongelmaa*, joka sanoo mitä havainnoidaan, ja *kieltä*, jolla havainnot ilmaistaan sekä *koejärjestelyä* halutun ongelman tutkimiseksi. Niin ongelma kuin kieli että koejärjestelykin edellyttävät jonkinlaista teoriaa tai hypoteesia - tai ovat itse jonkinlainen *teoria tai hypoteesi*.

Jokainen koejärjestely heijastaa jotain *teoriaa tutkittavasta ilmiöstä*: Vaatii teoriaa päättää *mitä mitataan ja miten mitataan* eli mitkä ovat tutkittavaan ongelmaan vaikuttavia *relevantteja ilmiöitä*. Ovatko näitä vain systeemin massa, paine ja lämpötila vai vaikuttavatko myös materiaali (Tuleeko laite rakentaa muovista?), vaikuttaako asento (Tuleeko laite rakentaa pysty/vaakatasoon?), vaikuttaako värinä (Tuleeko laite eristää?), vaikuttaako sähkömagneettinen säteily (Tuleeko laite sulkea Faradayn häkkiin? Tuleeko koe suorittaa pimeässä?), vaikuttaako gravitaatio (Tuleeko koe suorittaa avaruudessa?), vaikuttaako Maan pyöriminen akselinsa ympäri, vaikuttaako Maan liike Auringon ympäri, vaikuttaako Jupiterin asento, vaikuttaako viikonpäivä, vaikuttaako tutkijan sukkiensa väri, ... .

Näihin kysymyksiin vastaaminen edellyttää teoriaa. Ja koska kokeita ohjaava teoria voi olla virheellinen, voivat myös koetulokset olla virheellisiä - ei ainoastaan epätarkkoja - vaan fundamentaalisti virheellisiä!

Hypoteettis-deduktiivinen menetelmä on seuraava (Niiniluoto 1983, s. 125):



Kuva 12.

Hypoteettis-deduktiivisen menetelmän vahvuus on hypoteesien keksimisen ja testaamisen erottaminen, joka mahdollistaa tieteen edistymisen mielekkään tarkastelun. Koska hypoteettis-deduktiiviseen menetelmään kuuluu oleellisena osana hypoteesien hylkääminen - hypoteesien falsifointi ja falsifioitavuus on suorastaan tieteen määritelmä Popperin mukaan - on luonnollista, että menetelmän tulee sisältää uusien ja korvaavien hypoteesien luonti falsifioitujen ja hylättyjen hypoteesien tilalle.

Edellä osoitettiin, että *kokeet välttämättä edellyttävät teoriaa tai hypoteesia*. Hypoteesi voi olla joko *implisiittinen* tai *eksplisiittinen*.

Implisiittisen hypoteesin ongelma on se, että se nimensä mukaisesti implisiittisesti olettaa kaiken annettuna. Jos saadut havainnot ovat jotenkin periaatteessa ongelmallisia, implisiittinen hypoteesi ei anna tukea havaintojen tulkitsemiseen.

On siis vähintään suositeltavaa eksplikoida hypoteesi. Tämä on sitä tärkeämpää mitä uudempaa ja yleisempää - so. mitä tieteellisempää - tietoa haetaan.

## 8.5 Autonomisuus

Autonomisuus on tutkimuksen attribuutti, joka tulee esiin tyypillisesti vain tieteellisen tutkimuksen yhteydessä, mutta on sovellettavissa kaikkeen tutkimukseen.

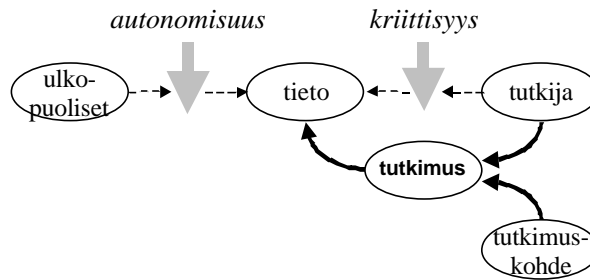
Termi 'autonomisuus' määritellään tässä seuraavasti:

*Tutkimus on autonomista, jos tutkimukseen tai tutkimuksen tuloksiin (38) eivät vaikuta tutkimuksen ulkopuoliset tekijät.*

Autonomisuus tarkoittaa sitä, että tieteellisen tutkimuksen tulee olla riippumaton tiedeyhteisön ulkopuolisista mielipiteistä eli että tieteelliseen tutkimukseen ei saa vaikuttaa tulosten taloudellinen, poliittinen, uskonnollinen tai moraalinen toivottavuus tai epätoivottavuus. Näin tieteen tulosten arviointi on vain ja ainoastaan tiedeyhteisön oma asia

Autonomisuus on rinnakkainen kriittisyydelle. Kun kriittisyys sulkee pois tutkijan vaikutuksen tutkimuksen tuloksiin (muuten kuin aidossa

vuorovaikutuksessa tutkimuksen kohteen kanssa) autonomisuus sulkee pois tutkimuksen ulkopuolisten tekijöiden vaikutuksen tutkimuksen tuloksiin:



Kuva 13.

Ulkopuoliset voivat vaikuttaa tutkimuksen tuloksiin esimerkiksi kieltämällä saavuttamasta jotain tulosta, määräämällä jonkun tietyn tuloksen saavutettavaksi tai estämällä tuloksen julkaisemisen.

Tässä on ajateltu, että tutkimuksen autonomiaa ei rajoita se, että *tutkimuskohde* on ulkopuolelta määrätty. Oleellista on, että ulkopuoliset eivät vaikuta *tutkimuksen tuloksiin*.

Valtaosa tutkimuksesta on sellaista, jonka tutkimuskohde on ulkopuolelta määrätty tai jonka tutkimuskohteen valintaa ovat vaikuttaneet ulkopuoliset tekijät - tyypillisesti raha. Tässä ei ole sinänsä mitään ongelmaa eikä kyseessä siten ole autonomian rajoitus. Tutkimus (ja tiede) on yhteiskunnan toimintaa, josta yhteiskunta odottaa jotain ainakin pitkällä tähtäimellä. On siis luonnollista, että yhteiskunta - mm. rahalla - ohjaa tutkimusta (ja tiedettä) alueille, joita se pitää relevantteina.

Tästä esimerkkinä on se tutkimuksen (ja tieteen) ohjaus, jota yhteiskunta on harjoittanut antaessaan yhdelle Espoon Otaniemessä toimivalle yliopistolle nimen *Teknillinen korkeakoulu*. Jo tämä nimenanto - ilman mitään muuta määräystä tai ohjausta - on määräys tutkia (ja harjoittaa tiedettä) alueella 'tekniikka'. Tämä sulkee valtavan osan todellisuutta *Teknillisen korkeakoulun* tutkimuksen (ja harjoittaman tieteen) ulkopuolelle.<sup>15</sup>

## 8.6 Totuudenkaltaisuus

Koska totuus osoittautuu liian ahtaaksi tiedon vaatimukseksi, on tässä tiedolta vaadittu vain totuudenkaltaisuutta. Käsitteelle totuudenkaltaisuus on määritelmä (Niiniluoto 1999, s. 64-78), mutta tässä termiä 'totuudenkaltaisuus' käytetään viittaamaan tarkemmin määrittelemättömään käsitteeseen 'approksimatiivisesti tosi', joka oletetaan intuitiivisesti ymmärretyksi.

Nyt voidaan määritellä totuudenkaltaisuus eli totuudenkaltainen tieto:

$$\text{totuudenkaltainen tieto} = \text{approksimatiivisesti tosi tieto} \quad (39)$$

On huomattava, että tieteellisen tiedon vaatimukseen ei kuulu siis totuuden vaatimus - vaan "vain" totuudenkaltaisuuden vaatimus.

<sup>15</sup> Tässä käsitellään siis *tutkimuksen* (tai *tieteen*) autonomiaa eikä *yliopistojen* autonomiaa.



## 8.7 Lainomaisuus

Lainomaisuus on tiedon attribuutti, joka tulee esiin vain tieteellisen tiedon yhteydessä.

Tieto - so. lause tai sen ilmaisema propositio - voi olla singulaarista tai universaalista muotoa. Singulaarista muotoa on lause

$$x \text{ on upseeri ja mies} \quad (40)$$

eli lause

$$\exists x(U(x) \& M(x)) \quad (40')$$

Universaalista muotoa on lause

$$\text{Kaikki upseerit ovat miehiä} \quad (41)$$

eli lause

$$\forall x(U(x) \rightarrow M(x)) \quad (41')$$

Vaikka tieteelliseen tietoon luetaan paljon singulaarista muotoa olevaa tietoa - esimerkiksi historiassa - perinteisen käsityksen mukaan luonnontieteellinen (ja teknistieteellinen) tieto on universaalista muotoa eli yleisen implikaatiolauseen muotoa (Niiniluoto 1980, s. 200).

Lauseisiin, jotka ovat yleisen implikaatiolauseen muotoa, liittyy kysymys lauseen *lainomaisuudesta*: Onko lause *satunnainen yleistys* vai *lainomainen yleistys*. Lainomaisia yleistyksiä - tai ainakin informatiivisimpia niistä - kutsutaan *laeiksi* (Niiniluoto 1980, s. 202):

Lain käsite on yksi tieteenfilosofian keskeisimmistä ja hankalimmista käsitteistä: erottelu lainomaisten ja satunnaisten yleistysten välillä liittyy olennaisella tavalla mm. selitysvoiman, ennustusvoiman ja konfirmoitavuuden käsitteisiin.

Jotta lause - so. lauseen ilmaisema propositio - voisi olla laki siltä vaaditaan ainakin että:

1. Lauseella tulee olla selitysvoimaa.
2. Lauseella tulee olla ennustusvoimaa.
3. Lauseella tulee olla kontrafaktuaalista voimaa.<sup>16</sup>
4. Lause tulee olla testattavissa (falsifioitavissa tai konfirmoitavissa).

## 8.8 Informatiivisuus

Informaatio on käsite, johon liittyy paljon epätasällistä käyttöä ja sekaannuksia. Tämä johtunee siitä, että on ajateltavissa, että on monenkaltaista informaatioita: fysikaalista, syntaktista, pragmaattista ja semanttista. (Niiniluoto 1989, s. 43-8).

Tässä termi 'informaatio' tarkoittaa samaa kuin termi '*semanttinen informaatio*' eli informaatio liittyy lauseiden ilmaisemien propositioiden merkityksiin.

Tässä ymmärretään, että (Niiniluoto 1983, s. 83):

---

<sup>16</sup> Lauseen tulee sanoa jotain tilanteista, jotka ovat mahdollisia, mutta eivät todellisia: Lauseella 'Vesi kiehuu lämpötilassa 100 °C' on kontrafaktuaalista voimaa, sillä se sanoo, että jos nostaisiin (vaikka en nosta) tämän vesilasin sisällön lämpötilaan 100 °C, vesi kiehuisi (Niiniluoto 1980, s. 203).

*Lauseen informaation sisältö on suoraan verrannollinen siihen, (42)  
miten paljon todellisuutta koskevia vaihtoehtoja lause sulkee pois.*

Tarkastellaan esimerkiksi kahta lausetta, jotka molemmat viittaavat asianteorioihin fyysisessä todellisuudessa ja ovat totta, eli ovat tietoa:

*Aina sataa tai ei sada* (43)

*Energia on häviämätöntä* (44)

Koska ensimmäinen lause ei sulje pois yhtään todellisuutta koskevaa vaihtoehtoa, lauseen informaation sisältö on nolla eli lause on täysin epäinformatiivinen.

Koska toinen lause sulkee pois paljon todellisuutta koskevia vaihtoehtoja - kaikki ne vaihtoehdot joissa energiaa häviää - lauseen informaation sisältö on hyvin suuri eli lause on hyvin informatiivinen.

On huomattava, että lauseen informaation sisältö on riippumaton lauseen totuusarvosta. Tarkastellaan lauseita:

*Aina sataa tai ei sada* (43)

*Aurinko kiertää Maata* (12)

Lauseista ensimmäinen on tosi, mutta sen informatiivisuus on nolla. Lauseista toinen on epätosi, mutta sen informatiivisuus on suuri, sillä se sulkee pois kaikki muut mahdollisuudet aurinkokunnan rakenteelle.

## 8.9 Yleisyys

Koska lainomaisuus ja informatiivisuus ovat käsitteellisesti hankalia ja koska nämä käsitteet eivät ole yleisessä käytössä tieteenfilosofian ulkopuolella, seuraavassa käytetään termiä 'yleisyys' viittaamaan tietoon, joka on sekä lainomainen että informatiivinen. Saadaan siis:

*yleinen tieto = lainomainen ja informatiivinen tieto* (45)

Yleisyys tarkoittaa siis sitä, että tieto on sekä lainomaista ja informatiivista eli että tiedolla on sekä selitysvoimaa että ennustusvoimaa ja että tieto sulkee pois paljon todellisuutta koskevia vaihtoehtoja. Saadaan siis:

*Yleinen tieto on yleisesti pätevää tietoa* (46)

## 9. VÄITÖSKIRJAN TIETEELLISYYDEN ARVIOINTI

Edellä esitetyt tarkastelut antavat mahdollisuuden väitöskirjan tieteellisyuden eksplisiittiseen arviointiin. Tässä esitettävä tieteellisyuden arviointi on luonnollisesti sovellettavissa mihin tahansa muuhunkin tutkimuksen.

Väitöskirjan tieteellisyuden arviointi perustuu Asetuksen teknillistieteellisistä tutkinnoista vaatimukseen (liite 1):

*Väitöskirjan tulee sisältää uutta tieteellistä tietoa.* (47)

sekä edellä annettuihin tieteellisen tiedon ja tieteellisen tutkimuksen määritelmiin:

*Tieteellinen tieto on tieteellisellä tutkimuksella perusteltua, julkista, totuudenkaltaista ja yleistä tietoa.* (29)

ja

*Tieteellinen tutkimus on julkista, kriittistä ja autonomista tutkimusta.* (28)

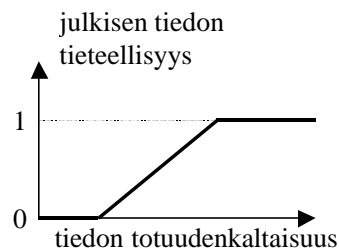
Tästä seuraa, että väitöskirjojen tieteellisyuden arviointi tulee perustaa seuraaviin kriteereihin:

1. tiedon uutuus
2. tiedon julkisuus
3. tiedon totuudenkaltaisuus
4. tiedon yleisyys
5. tutkimuksen julkisuus
6. tutkimuksen kriittisyys
7. tutkimuksen autonomisuus

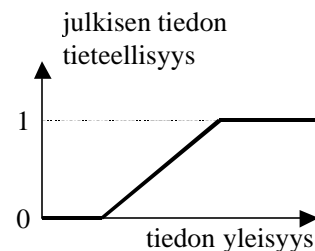
### 9.1 Tiedon tieteellisyys

Koska *tieteellinen tieto on tieteellisellä tutkimuksella perusteltua, julkista, totuudenkaltaista ja yleistä tietoa*, jossa kriteerit ovat määrällisiä (julkisuutta lukuunottamatta), tieto on sitä tieteellisempää, mitä tieteellisemmällä tutkimuksella se on perusteltu, mitä totuudenkaltaisempaa se on ja mitä yleisempää se on.

Näin *julkisen tiedon tieteellisyys* on sumea käsite ja *julkisen tiedon tieteellisyuden aste* riippuu sekä tiedon totuudenkaltaisuudesta että tiedon yleisyydestä seuraavasti:



Kuva 14.a

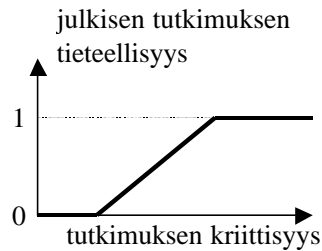


Kuva 14.b

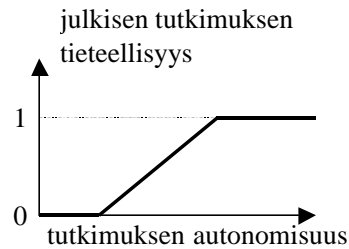
## 9.2 Tutkimuksen tieteellisyys

Koska *tieteellinen tutkimus on julkista, kriittistä ja autonomista tutkimusta*, jossa kriteerit ovat määrällisiä (julkisuutta lukuunottamatta), tutkimus on sitä tieteellisempää, mitä kriittisempää se on ja mitä autonomisempaa se on.

Näin *julkisen tutkimuksen tieteellisyys* on sumea käsite ja *julkisen tutkimuksen tieteellisyyden aste* riippuu sekä tutkimuksen kriittisyydestä että tutkimuksen autonomisuudesta seuraavasti:



Kuva 15.a



Kuva 15.b

## 9.3 Tieteellisyyden arviointi

Edellä esitetyn mukaan väitöskirjan tieteellisyyden arvioimiseksi saadaan viisi kysymystä:

1. *Onko tuloksena tietoa vai välineitä?*
2. *Onko tieto uutta?*
3. *Onko tieto ja tutkimus julkista?*
4. *Kuinka totuudenkaltaista ja yleistä tieto on?*
5. *Kuinka kriittistä ja autonomista tutkimus on?*

Ensimmäinen kysymys erottaa tutkimuksen, jonka tulos on tietoa ja joka siten *voi olla tieteellistä*, kehittämistyöstä, jonka tulos on väline (so. aine, tuote, tuotantoprosessi, menetelmä tai järjestelmä) ja joka siten *ei voi olla tieteellistä*.<sup>17</sup> Kehittämistyöhön voi kuitenkin kuulua osia, jotka ovat tutkimusta, jolloin näiden osien tieteellisyys on arvioitavissa.

Toinen kysymys liittyy oleellisesti väitöskirjojen arviointiin. Jos *tieto ei ole uutta*, tieto ei ole väitöskirjan kannalta arvokasta - riippumatta tiedon tieteellisyydestä. Tieteen julkisuusperiaatteen mukaan väitöskirjan kannalta *uusi on tieto, joka on ennen julkaisematon*.

Kolmas kysymys liittyy oleellisesti tieteellisyyden arviointiin. Jos *tieto tai tutkimus ei ole julkista*, tieto tai tutkimus on yksikäsitteisesti ei-tieteellistä. Väitöskirjojen kannalta julkisuusvaatimus tarkoittaa sitä, että sen lisäksi, että itse väitöskirja on julkinen, väitöskirjassa saa viitata vain julkiseen tietoon ja tutkimukseen ja perusteluna käyttää vain julkista tietoa ja tutkimusta.

<sup>17</sup> Tässä on ajateltu, että tiede on tietoa ja tutkimusta ja siten vain tieto ja tutkimus voi olla tieteellistä.

Tutkimuksen ja kehitystyön määritelmistä katso esimerkiksi Tilastokeskus (2002)

Neljäs kysymys mahdollistaa julkisen tiedon tieteellisyyden arvioinnin. Tieto on sitä tieteellisempää, mitä totuudenkaltaisempaa se on ja mitä yleisempää se on.

Viides kysymys mahdollistaa julkisen tutkimuksen tieteellisyyden arvioinnin. Tutkimus on sitä tieteellisempää, mitä kriittisempää se on ja mitä autonomisempaa se on.

#### 9.4 Vertailu

Väitöskirjan tieteellisyyden arviointi perustuu edellä olevan mukaan tutkimuksen kriittisyyden ja autonomisuuden sekä tiedon totuudenkaltaisuuden ja yleisyyden arviointiin.

Koska attribuutit kriittisyys, autonomisuus, totuudenkaltaisuus ja yleisyys ovat *määrällisiä kriteerejä*, tutkimuksen kriittisyyden ja autonomisuuden sekä tiedon totuudenkaltaisuuden ja yleisyyden arviointi voi tapahtua vain vertaamalla arvioitavan tutkimuksen kriittisyyttä ja autonomisuutta jonkun muun tutkimuksen kriittisyyteen ja autonomisuuteen sekä arvioimalla tiedon totuudenkaltaisuutta ja yleisyyttä jonkin muun tiedon totuudenkaltaisuuteen ja yleisyyteen.

Koska tutkimusalojen väliset erot - niin menetelmissä kuin saatavassa tiedossa - ovat suuret, tulee tutkimuksen tieteellisyyden arviointi perustua vain *vertailuun saman tutkimusalan sisällä*.

#### 9.5 Tutkimuksen kriittisyys ja autonomisuus

Mikään tutkimus ei voi koskaan olla täysin kriittistä ja autonomista, sillä kaikkeen tutkimukseen aina enemmän tai vähemmän vaikuttavat sekä ympäristön mielipiteet että tutkijan omat mielipiteet ja ennakkokäsitykset.

Tutkimus on sitä autonomisempaa, mitä vähemmän tutkijan ympäristön mielipiteet vaikuttavat tutkimuksen ja sen tuloksiin. Täydellinen autonomia on saavuttamaton ideaali, johon tulee kuitenkin pyrkiä.

Koska autonomisuuden asteen arviointi on erinomaisen vaikeaa, ei sitä käsitellä tässä. Tämä ei tarkoita, että autonomisuus ei olisi tärkeää, vaan päinvastoin tutkimuksen autonomia on totuuden tavoittelun välttämätön - mutta ei riittävä - edellytys.

Tutkimus on sitä kriittisempää, mitä vähemmän tutkijan omat mielipiteet ja ennakkokäsitykset vaikuttavat tutkimuksen ja sen tuloksiin.

Yksi keino tutkimuksen kriittisyyden lisäämiseksi on *hypoteesien* luonti, eksplikointi ja testaus. Jos verrataan kahta tutkimusta, joiden kummankin tavoite on sama ja jotka molemmat edellyttävät koetoimintaa, on selkeästi kriittisempi se tutkimus, joka eksplikoi hypoteesinsa, jonka pohjalta kokeet tullaan suorittamaan. Vähemmän kriittinen on se tutkimus, jossa kokeet suoritetaan ilman eksplikoitua hypoteesia, sillä tässä tapauksessa - jossa hypoteesi ei ohjaa kokeiden suoritusta - koetuloksiin voi *helpommin* vaikuttaa tutkijan oma mielipide ja ennakkokäsitys kokeiden tuloksesta tai joku ennalta arvaamaton ja myöhemmin vaikeasti poisluettava ilmiö.

## 9.6 Tiedon totuudenkaltaisuus ja yleisyys

Tekniikan yliopistoissa tyypillinen tutkimus on jonkun ilmiön *mallitusta*. Tässä ajatellaan, että malli  $y_i = f(a_i, x_i)$  on kuvaus  $f$  riippumattomista muuttujista  $x_i$  riippuviin muuttujiin  $y_i$ . Malli sisältää tyypillisesti joukon parametrejä  $a_i$ .

Edellisen mukaan totuudenkaltaisuus ja yleisyys ovat tiedon määrällisiä tunnusmerkkejä. Näin tiedon totuudenkaltaisuus on sitä suurempi *mitä paremmin tieto vastaa todellisuutta* ja tiedon yleisyys on sitä suurempi *mitä suurempi tiedon soveltamisala tai pätevyysala on*.

Ilmiön mallituksessa on tyypillisesti kaksi eri mahdollisuutta:

1. Käytetään olemassaolevaa kuvausta  $f_{OLD}$  ja määritetään kuvauksen parametreille uudet tarkemmat arvot  $a_{OLD,i}$ .
2. Kehitetään ilmiölle uusi tarkempi kuvaus  $f_{NEW}$  (ja sen parametrit  $a_{NEW,i}$ ).

On ilmeistä, että kummassakin mallitustapauksessa tiedon totuudenkaltaisuus kasvaa. Jos totuudenkaltaisuuteen liitetään vain ajatus tiedon vastaavuudesta todellisuuden kanssa, ei ole ilmeistä kumpi mallitustapaus tuottaa tieteellisempää tietoa. Näin tieteellisyyden arvioinnissa on käytettävä tiedon yleisyyden kriteeriä.

On ilmeistä, että tapauksessa 2 saatava tieto (uusi kuvaus  $f_{NEW}$ ) edustaa laajemmin sovellettavaa ja siten yleisempää tietoa kuin tapauksessa 1 saatava tieto (vanhan kuvauksen uudet parametrit  $a_{OLD,i}$ ). Uusia kuvauksia kehitettäessä pyritään lisäksi tyypillisesti aikaisempia kuvauksia laajemmin päteviin kuvauksiin. Näin on ilmeistä, että tutkimus tapauksessa 2 on tieteellisempää kuin tutkimus tapauksessa 1.

Kuvauksen yleisyys riippuu myös kuvauksen kohteena olevan ilmiön yleisyydestä. Tästä seuraa, että tieto on sitä yleisempää - ja siten sitä tieteellisempää - mitä yleisemmän ilmiön kuvaukseen tieto soveltuu. Tämä tarkoittaa, että tiettyjen teknisten laitteiden tai välineiden mallitukseen soveltuva tietoa tieteellisempää on luonnon tai tekniikan perusilmiöiden mallitukseen soveltuva tieto.



## LIITE 1: SÄÄDÖKSIÄ

### Yliopistolaki (645/1997)

#### 4 §

##### Tehtävät

*Yliopistojen tehtävänä on edistää vapaata tutkimusta sekä tieteellistä ja taiteellista sivistystä, antaa tutkimukseen perustuvaa ylintä opetusta sekä kasvattaa nuorisoa palvelemaan isänmaata ja ihmiskuntaa.*

*Yliopistojen tulee järjestää toimintansa siten, että tutkimuksessa, koulutuksessa ja opetuksessa saavutetaan korkea kansainvälinen taso eettisiä periaatteita ja hyvää tieteellistä käytäntöä noudattaen.*

#### 7 §

##### Tutkinnot ja muu koulutus

*Yliopistoissa voidaan suorittaa alempia ja ylempiä korkeakoulututkintoja sekä tieteellisiä, taiteellisia ja ammatillisia jatkotutkintoja. Yliopistot voivat järjestää myös täydennyskoulutusta ja avointa yliopisto-opetusta.*

### Asetus teknillistieteellisistä tutkinnoista (215/1995)

#### 9 §

##### Jatkokoulutuksen tavoitteet

*Tieteellisen jatkokoulutuksen pohjana on teknillistieteellinen ylempi korkeakoulututkinto tai muu vastaavantasoinen tutkinto.*

*Opinnoissaan tekniikan lisensiaatin tutkintoa varten opiskelijan tulee osoittaa oman tutkimusalansa hyvää tuntemusta sekä kykyä itsenäiseen ja kriittiseen tieteelliseen ajatteluun.*

*Opinnoissaan tekniikan tohtorin tutkintoa varten opiskelijan tulee perehtyä syvällisesti omaan tutkimusalaansa ja kyetä itsenäisesti luomaan uutta tieteellistä tietoa.*

#### 10 §

##### Tohtorin tutkinto

*Tekniikan tohtorin tutkinnon suorittamiseksi tieteelliseen jatkokoulutukseen otetun opiskelijan tulee:*

- 1) suorittaa tieteellisen jatkokoulutuksen opinnot; sekä*
- 2) laatia väitöskirja ja puolustaa sitä julkisesti.*

*Väitöskirjan tulee sisältää uutta tieteellistä tietoa.*

*Väitöskirjaksi voidaan hyväksyä joko yksittäinen tutkimus tai useita tieteellisiä julkaisuja tai julkaistaviksi hyväksytyjä käsikirjoituksia ja niistä laadittu yhteenveto, jossa esitetään tutkimuksen tavoitteet, menetelmät ja tulokset, tai muu vastaavat tieteelliset kriteerit täyttävä työ. Julkaisuihin voi kuulua yhteisjulkaisuja, jos väittelijällä on niissä itsenäinen osuus.*





## LIITE 2: VÄITÖSKIRJAN LAATIJAN MUISTILISTA

Pohdi väitöskirjaprosessisi eri vaiheiden avaintehtäviä seuraavan muistilistan avulla.

### 1. Ennen tutkimuksen aloittamista: täsmennä tavoite

- Kuvaa tutkimusongelma tai -mahdollisuus muutamalla virkkeellä
- Mieti, soveltuuko ongelma näin kuvattuna tieteellisen tutkimuksen kohteeksi
- Harkitse, riittääkö tietosi, kokemuksesi ja kapasiteettisi tutkimusongelman käsittelyyn
- Testaa asiantuntijoilla, onko tutkimusongelma todellinen, ajankohtainen ja relevantti
- Rajaa ongelman ytimeksi tutkimuskohde, jonka arvioit sopivaksi yhdelle väitöskirjalle
- Jos joudut allekirjoittamaan salassapitosopimuksia, varmista, etteivät ne estä julkaisemasta väitöskirjaan aikomiasi tuloksia
- Selvitä pääpiirteissään, mitä tutkimuskohteesta on julkaistu
- Mieti, mitä uutta tietoa väitöskirjatutkimuksesi onnistuessaan voisi tuottaa
- Täsmennä väitöskirjallasi yksi konkreettinen päätavoite
- Älä aloita varsinaista tutkimustyötä ennen kuin tutkimusongelman ydin on kirkastunut sinulle

### 2. Tutkimuksen aikana: arvioi tutkimustasi jatkuvasti

- Ovatko käyttämäsi tutkimusmenetelmät julkisia
- Onko tutkimuksellesi tunnusomaista objektiivisuus, autonomisuus ja kriittisyys
- Oletko noudattanut hyvää tieteellistä käytäntöä
- Oletko huolehtinut tulosten luotettavuutta ja tarkkuutta varmistavan tai mittaavan tiedon keräämisestä
- Onko kirjallisuusselvityksesi niin kattava, että voit pitää tuloksiasi uusina (= aikaisemmin julkaisemattomina)
- Arvioi tulostesi totuudenkaltaisuutta ja yleisyyttä
- Onko sinulla oikeus julkaista tulokset
- Testaa väitöskirjan erillisjulkaisuilla tai konferenssiesitelmillä, mitä mieltä alan asiantuntijat ovat tieteellisistä tuloksistasi
- Arvioi jatkuvasti tutkimuksesi kontribuutiota ja sen riittävyyttä väitöskirjalle

### 3. Kirjoittamisvaiheessa: tuota jäntevää ja tiivistä tieteellistä tekstiä

- Jäsennä monografiaväitöskirja tai yhdistelmäväitöskirjan tiivistelmä soveltuvien osin IMRAD-logiikan mukaisesti (Introduction = mitä ongelmaa tutkit; Methods = miten tutkit; Results = mitä löysit; Discussion = mitä löytösi merkitsevät)
- Laadi aluksi IMRAD-logiikan mukainen 250-300 sanan tiivistelmä
- Kerro tutkimuksen rajaukset
- Kirjaa tutkimusongelman ydin lyhyesti ja selkeästi
- Esitä tutkimuksen päätavoite mahdollisimman konkreettisesti
- Esitä tutkimuksen kontribuutio selvästi ainakin tiivistelmässä ja yhteenvedossa

- Esittele tutkimusmenetelmät ja arvioi niiden tapauskohtainen luotettavuus
- Analysoi tutkimusalan kehitystilanne monipuolisesti mieluiten uusimmista primäärijulkaisuista, selosta kunkin julkaisun paras anti lyhyesti sekä esitä tiiviisti oma analyysisi alan kehitystilanteesta
- Tarkista teoreettisen osuuden (perusteoria, mallit, simuloinnit,...) päätelmät ja arvioi virhelähteet
- Kuvaa käytetyt tutkimusmenetelmät, simulointi- ja koejärjestelyt sekä kokeiden suoritus niin, että tutkimus on toistettavissa
- Esitä tulokset omana kokonaisuutenaan tiiviisti, havainnollisesti, tarkasti ja suuremmin kommentoimatta
- Arvioi tuloksia perusteellisesti ja kriittisesti, vertaa niitä aikaisempiin tutkimustuloksiin, pohdi eroja ja etsi kontribuutiosi. Varmista, että esittämäsi johtopäätökset ovat tuloksista johdettuja ja selkeitä
- Laadi tutkimuksen keskeisestä sisällöstä muutaman sivun yhteenveto esim. IMRAD-logiikan mukaisesti
- Tarkista lähdeviittaukset ja laadi bibliografisten ohjeiden mukainen viiteluettelo. Suosi ajankohtaisia primäärilähteitä.
- Selosta tarvittaessa merkinnät ja symbolit
- Muokkaa graafiset esitykset ja taulukot informatiivisiksi ja havainnollisiksi
- Tarkista, että väitöskirjasi nimi vastaa sisältöä ja on naseva (“tehokas ja taloudellinen”)
- Laadi käsikirjoitus englannin kielellä ja tarkistuta kieliasu
- Väitöskirjaan tulee sisällyttää vain tutkimuksen kannalta relevanttia asiaa. Älä toista väitöskirjassa oppikirja-asiaa. Käytä viitteitä, kun haluat tarjota lisätietoa.
- Valmiin näköisestä käsikirjoituksesta löytyy tavallisesti paljon karsittavaa. Vältä sellaisia valokuvia, piirroksia ja liitteitä, joiden informaatioarvo on vähäinen suhteessa tilankäyttöön.

## LIITE 3: LÄHDEVIITTEIDEN LAATIMINEN

### 1. Yleistä

Lähdeviitteillä on kaksi tarkoitusta: viite on osoite lisätietoon ja viite erottaa oman tuotoksen lainasta.

Viittaamalla lähteeseen, josta lisätietoa on saatavilla, voidaan tekstiä lyhentää ja tiivistää. Viittauksen tarkoituksena on auttaa lukijaa, joka haluaa tutustua aiheeseen tarkemmin. Jokaiseen asiaan, jota tekstissä ei käsitellä tyhjentävästi ja jota ei voida pitää tarkoitettuna lukijakunnan yleistietoon kuuluvana, tulee siis liittää viite.

Tieteellisessä tekstissä on oleellista tietää, mikä on kirjoittajan osuus ja mikä on aikaisemmin julkaistua. Tämän kirjoittaja ilmaisee viitteillä. Jokaiseen asiaan, joka ei ole kirjoittajan omaa hengentuotetta ja jota ei voida pitää tarkoitettuna lukijakunnan yleistietoon kuuluvana, tulee siis liittää viite. Viitteillä annetaan kunnia sille, jolle kunnia kuuluu: julkaisun kirjoittaja ilmoittaa tieteenteon reiluusperiaatteen mukaisesti, mistä hän on saanut julkaisuunsa muut kuin itse tuottamansa merkittävät ajatukset, tutkimustulokset ja kuvamateriaalin. Tieteellisessä tekstissä tulee erityisesti pyrkiä viittaamaan tulosten alkuperäislähteeseen.

### 2. Standardit ja muut ohjeet

Lähdeviitteiden laadinnassa voi käyttää vuonna 1992 vahvistettua suomalaista SFS 5342 -standardia "Kirjallisuusviitteiden laatiminen", joka perustuu ISO 690 -standardiin vuodelta 1987. Standardin ohjeet ovat joiltakin osin tulkinnanvaraisia ja sallivat vapauksia viitteiden laadinnalle. Pilkuntarkkaa sääntöjen noudattamista tärkeämpää onkin varmistaa, että *viitteet palvelevat lukijaa*.

Tieteellisissä sarjajulkaisuissa, lehdissä ja konferenssiesitelmien koosteissa on tavallisesti omat viittaussääntönsä, jotka ohittavat standardien määräykset.

### 3. Tekstiviite ja täydellinen lähdeviite

Viittaus käytettyyn lähteeseen on yleensä kaksiosainen: tekstiviite ja täydellinen lähdeviite.

Tekstiviite on tekstiin sijoitettu viittaus muualla julkaisussa olevaan täydelliseen lähdeviitteeseen.

Täydellinen lähdeviite on viittaus käytettyyn lähteeseen. Yleensä lähdeviitteet kootaan viiteluetteloksi tekstin loppuun (= julkaisun tai sen osan loppuun). Jos koko tekstissä on vain muutama lähde, on myös mahdollista viitata tekstistä suoraan käytettyyn lähteeseen.

SFS 5342 -standardissa ja tässä kirjassa on esimerkkejä tekstiviitteistä ja täydellisistä lähdeviitteistä.

#### 4. Tekstiviite

Tekstissä oleva viite sisältää mahdollisimman lyhyesti tiedot, joiden avulla viitteen voi yhdistää viiteluettelon täydelliseen lähdeviitteeseen.

Tekstiviite sijoitetaan tavallisimmin kaarisuluissa tekstikohtaan, joka liittyy lähteeseen. Luvun tai kappaleen otsikkoa ei pidä kuormittaa tekstiviitteellä.

Jos lähde liittyy vain yhteen virkkeeseen, viite sijoitetaan ennen virkkeen lopettavaa pistettä (Peirce 1934). Jos lähde liittyy useampaan virkkeeseen, esimerkiksi koko kappaleeseen, viite sijoitetaan viimeisen virkkeen jälkeen omaksi virkkeeksi. (Peirce 1934.)

Tekstiviitettä voi täydentää sivunumerolla, mikä onkin huomaavaista lukijaa kohtaan.

SFS 5342 -standardin mukaan tekstiviitteissä voidaan käyttää nimi-vuosijärjestelmää, numeroviitejärjestelmää tai alaviitejärjestelmää.

**Nimi-vuosijärjestelmässä** ("Harvardin järjestelmässä") tekstiviite on tekijän nimi tai kahden tekijän nimet tai ensimmäisen tekijän nimi ja "et al." (= et alii) sekä julkaisuvuosi.

Näin asian esittävät sekä Adams (1989, s. 54-55) että Boyd ja Callen (1997) sekä Davids et al. (1995), mutta muutkin tulkinnat (Einstein 1900) ovat mahdollisia.

**Numeroviitejärjestelmässä** tekstiviite on numero. Viitettä voi täydentää sivunumerolla. Viitteet numeroidaan juoksevasti esiintymisjärjestyksessä tai laajan viiteluettelon tapauksessa viitteiden aakkosjärjestyksessä.

Näin asian esittävät sekä Adams (1989, s. 54-55) että Boyd ja Callen (1997) sekä Davids et al. (1995), mutta muutkin tulkinnat (Einstein 1900) ovat mahdollisia.

**Alaviitejärjestelmässä** numeroviitettä täydentää sivun alareunaan tai luvun loppuun sijoitettu alaviite, jossa esiintyy vähintään tekijän nimi, julkaisun nimi ja usein sivunumero(t). Alaviitteet numeroidaan samoin kuin tekstiviitteet. Myös alaviitejärjestelmää käytettäessä on esitettävä täydellinen viiteluettelo tekstin lopussa. Alaviitejärjestelmässä tekstiviitteenä käytetään usein yläindeksiä.

Näin asian esittävät sekä Adams<sup>18</sup> että Boyd ja Callen<sup>19</sup> sekä Davids et al.<sup>20</sup>, mutta muutkin tulkinnat<sup>21</sup> ovat mahdollisia.

Lukijan kannalta helpoin on nimi-vuosijärjestelmä, koska usein viitteen voi tunnistaa jo tekstiviitteestä ilman viiteluettelon selaamista. Lisäksi nimi-vuosijärjestelmä on kätevä, koska ei tarvita numeroiden ja julkaisujen välistä kirjanpitoa. Nimi-vuosijärjestelmän etu on myös se, ettei se ole yhtä herkkä painovirheille kuin numeroviitejärjestelmä.

---

<sup>18</sup> Adams, Introduction to Physics, 1989, s. 54-55

<sup>19</sup> Boyd ja Callen, Advanced Physics, 1997

<sup>20</sup> Davids et al., Physics, 1995

<sup>21</sup> Einstein, Basic Physics, 1900

Numeroviitejärjestelmän käyttö on perusteltua vain tilankäyttösyistä. Alaviitejärjestelmä ei tuo merkittävää lisäarvoa nimi-vuosijärjestelmään nähden mutta viitteet ovat työläämpiä laatia ja päivittää.

## 5. Täydellinen lähdeviite

Täydellinen lähdeviite on linkki tekstiviitteen ja itse lähteen välillä. Täydellisen lähdeviitteen on annettava lukijalle riittävät ja täsmälliset tiedot lähteen paikallistamiseen. Koska lähteet voivat olla muutakin kuin kirjoja (esimerkiksi www-sivuja, haastatteluita ja esitelmiä), *tulee viitteet laatia luovasti lukijaa palvellen*.

Seuraavassa esitetään standardia SFS 5324 mukaellen täydellinen lähdeviite erillisteokseen, erillisteoksen lukuun, sarjajulkaisun artikkeliin sekä www-sivuuksiin. Esimerkkejä viittauksista muun tyyppisiin julkaisuihin on SFS 5342 -standardissa. Standardin mukaan pakolliset kohdat on alleviivattu. Nykyisin tieto kustantajasta on kustannuspaikkaa tärkeämpi julkaisun jäljitettävyyttä ajatellen.

Ellei sekaannuksen mahdollisuutta ole, tekijän sukunimen lisäksi riittää yhden tai kahden etunimen alkukirjain. Tekijännimien kursivointi, alleviivaus tai muunlainen korostaminen on sallittua, jos se helpottaa hahmottamista.

Julkaisun nimessä tyylikeinona esiintyviä isoja alkukirjaimia ei käytetä viittauksissa. PAINOS, sivumäärä ja viitteen kommentit merkitään julkaisun alkuperäiskielellä.

Jos julkaisussa on enemmän kuin kaksi tekijää, tilan säästämiseksi voi merkitä vain ensimmäisen tekijän ja korvata seuraavat merkinnällä "et al."

Välimerkeistä standardi ei anna selvää ohjetta ja käyttö on horjuvaa. Allaolevissa esimerkeissä on piste varattu lyhenteen merkiksi ja viitteen eri tiedot erotettu pilkulla.

### Viite erillisteokseen

Erillisteos eli monografia on yksi- tai moniosainen julkaisu, joka muodostaa kokonaisuuden.

Standardin mukainen viitteen koostumus: Tekijä - Nimi - Muut tekijät - Painos - Kustannuspaikka - Kustantaja - Julkaisuaika - Sivumäärä - (Sarjamerkintö) - Huomautukset - Standardinumero.

Craig, J.J., Introduction to robotics: mechanics and control, 2nd ed., Addison-Wesley Publishing Company, 1989, 450 p. (Addison-Wesley series in electrical and computer engineering: control engineering), ISBN 0-201-09528-9

### **Viite erillisteoksen lukuun**

Standardin mukainen viitteen koostumus: Tekijä - Nimi - Isäntäjulkaisun tekijä(t) - Isäntäjulkaisun nimi - Painos - Kustannuspaikka - Kustantaja - Julkaisu-aika - Sijainti isäntäjulkaisussa – (Sarjamerkintö).

Truesdell, C.A., Toupin, R., The classical field theories, in S. Flügge, ed., Encyclopedia of Physics, Vol III/1, Springer-Verlag, 1960

### **Viite sarjajulkaisun artikkeliin**

Standardin mukainen viitteen koostumus: Tekijä - Nimi - Muut tekijät - Isäntäjulkaisun nimi - Vuosi - Sijainti isäntäjulkaisussa - Standardinumero.

Gibbons, M., Science's new social contract with society, Nature, 1999, Vol 402, 2 Dec., suppl.

### **Viite www-sivuun**

Julkaisuja on entistä enemmän saatavissa elektronisessa muodossa. Internet-julkaisuihin viittaamisesta on valmisteilla ISO-standardi (useita luonnoksia on ollut jo arvioitavana, mm. ISO 690-2:1997). Standardeja odoteltaessa Internet-julkaisusta on syytä merkitä lähdeluetteloon tavanomaisten julkaisutietojen ohella ainakin URL-osoite ja päivämäärä, jolloin www-sivu on luettu. Hyvä tapa on ottaa itselleen kopio julkaisusta siltä varalta, että dokumentti häviää verkosta.

Greenhill, A, ed., Electronic references & scholarly citations of internet sources, <http://www.spaceless.com/WWWVL/>, 16.1.2002

## **6. Viiteluettelo**

Viiteluettelossa viitteet luetellaan aakkosjärjestyksessä, numerojärjestyksessä tai aakkos-numerojärjestyksessä.

Aakkosjärjestyksestä käytettäessä viitteet aakkostetaan tekijöiden sukunimen, yhteisönimen tai julkaisunimen mukaan. Saman tekijän teokset ovat aikajärjestyksessä. Tekstissä käytetään nimi-vuosijärjestelmää.

Numerojärjestyksestä käytettäessä viitteet esiintyvät ja numeroidaan siinä järjestyksessä, kuin ne esiintyvät tekstissä. Tekstissä käytetään numeroviitejärjestelmää.

Aakkos-numerojärjestyksestä käytettäessä viitteet aakkostetaan tekijöiden nimien tai niiden puuttuessa teosten nimien mukaan ja numeroidaan sen jälkeen juoksevasti. Tekstissä käytetään numeroviitejärjestelmää.

## VIITTEET

- Day, R.A., How to write and publish a scientific paper, 5th ed., Cambridge University Press, 1998, 275 p., ISBN 1-57356-164-9
- Doebelin, E.O., Measurement systems application and design, 4th ed., McGraw-Hill Publishing Company, 1990, 960 p., ISBN 0-07-100697-4
- Fetzer, J.H., Philosophy of science, Paragon House, 1986
- Feynman, R.P., The character of physical Law, Penquin Books, 1992
- Kauranen, I., Ropponen, P., Aaltonen, M., Tutkimusraportin kirjoittamisen opas, Teknillinen korkeakoulu, Opintotoimisto, 1993, 113 s., ISBN 951-22-1831-3
- Niiniluoto, I., Critical scientific realism, Oxford University Press, 1999
- Niiniluoto, I., Infomaatio, tieto ja yhteiskunta, Valtion painatuskeskus, Helsinki, 1989
- Niiniluoto, I., Johdatus tieteenfilosofiaan, Otava, 1980
- Niiniluoto, I., Tiede filosofia ja maailmakatsomus, Otava, Helsinki, 1984
- Niiniluoto, I., Tieteellinen päättely ja selittäminen, Otava, 1983
- Peirce, C.S., The fixation of belief, in Hartshorne, C., Weiss, P., eds., Collected papers of Charles Sanders Peirce, Harvard University Press, 1934, p. 223-247
- Pihlström, S., Tutkiiko tiede todellisuutta?, Helsingin yliopisto, Filosofian laitos, 1997
- Popper, K., Conjectures and refutations, 5th ed., Routledge & Kegan Paul, 1989
- Popper, K., Objective knowledge, 2nd ed., Oxford University Press, 1979
- Raatikainen, P, toim., Ajattelu kieli merkitys, Gaudeamus, 1997
- SFS 5342, Kirjallisuusviitteiden laatiminen, Suomen Standardisoimisliitto, 1992, 20 s.
- Tilastokeskus, Keskeiset käsitteet ja määritelmät, [http://www.tilastokeskus.fi/tk/yr/ttt\\_ksis.html](http://www.tilastokeskus.fi/tk/yr/ttt_ksis.html), 10.1.2002
- Tirronen, K., Rautanen, T., Ukskoski, L., Tutkijan julkaisuopas, Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus, 1998, 96 s., ISBN 951-38-4611-3
- Tutkimuseettinen neuvottelukunta, Tutkimuseettiset ohjeet, luonnos, [http://www.minedu.fi/opm/asiantuntijat/tutkimuseettinen\\_neuvottelukunta/ajankohdista/tutkimuseettisetohjeet\\_luonnos.pdf](http://www.minedu.fi/opm/asiantuntijat/tutkimuseettinen_neuvottelukunta/ajankohdista/tutkimuseettisetohjeet_luonnos.pdf), 10.1.2002
- Yin, R.K. Case study research design and methods, 2nd printing, revised edition, Sage Publications Inc., 1989, 165 p., ISBN 0-8039-3470-X
- Vaijärvi, K., Apuraha-avain, Cultura Oy, 1997, 224 s., ISBN 952-951-36-6