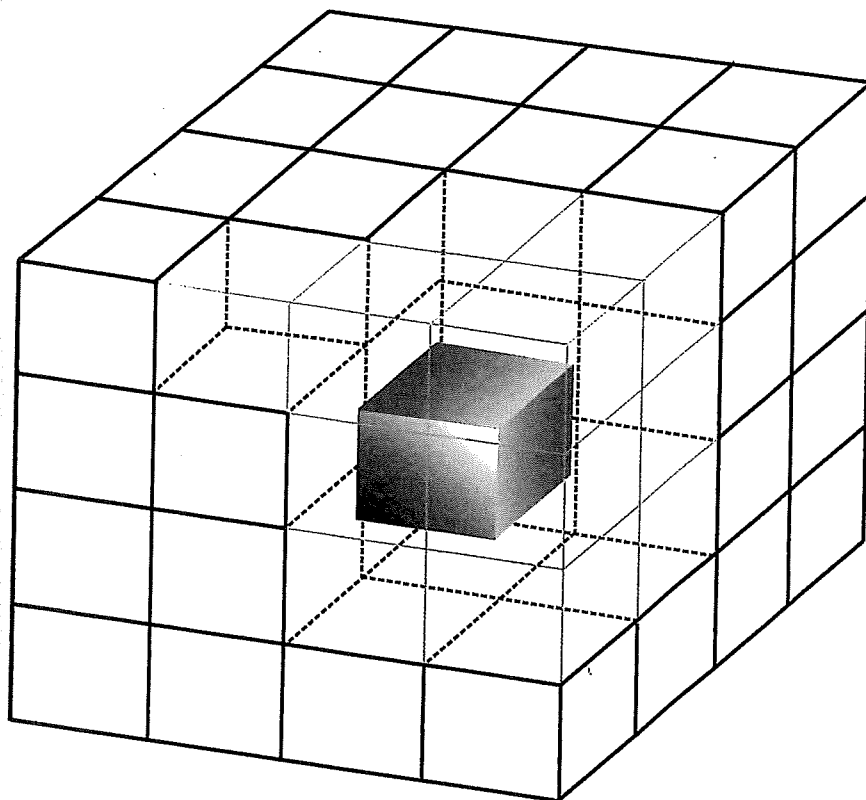


Harri Eskelinen  
Sami Karsikas

# TUTKIMUSMETODIIKAN PERUSTEET



Tekniikan  
alan oppikirja

**Harri Eskelinen**

**Sami Karsikas**

*Tukimusmetodiikan  
perusteet*

**1. painos (2014)**

## **YHTEYSTIEDOT**

### **Tilaukset ja tiedustelut**

Amk-Kustannus Oy Tammertekniikka, Tampere

Puh. (050) 585 4930

Fax (03) 2530 306

Sähköposti [tilaukset@tammertekniikka.fi](mailto:tilaukset@tammertekniikka.fi)

[www.tammertekniikka.fi](http://www.tammertekniikka.fi)

Kansikuva: Amk-Kustannus Oy

Kustantaja: Tammertekniikka

1. painos, 2014

ISBN 978-952-5491-79-1

Hansaprint Oy

Direct Vantaa, 2014

© Harri Eskelinen, Sami Karsikas ja  
Amk-Kustannus Oy Tammertekniikka

## **KOPIOINTIEHDOT**

Tämä teos on oppikirja. Teos on suojattu tekijänoikeuslailla (404/61). Teoksen valokopioiminen on kielletty ellei valokopiointiin ole hankittu lupaa. Tarkista onko oppilaitoksellanne voimassaoleva valokopiointilupa. Lisätietoja luvista ja niiden sisällöstä antaa Kopiosto ry ([www.kopiosto.fi](http://www.kopiosto.fi)).

Teoksen tai sen osan digitaalinen kopioiminen tai muuntelu on ehdottomasti kielletty.

# TUTKIMUSMETODIIKAN PERUSTEET

## Tekniikan alan oppikirja

Avainsanat: Tutkimusmetodiikka, kvantitatiivinen tutkimus, kvalitatiivinen tutkimus, insinööritieteet

### TIIVISTELMÄ

Tässä kirjassa esitettävät tieteellisen tutkimuksen kulmakivet ovat tutkimuksen viitekehys, tutkimusmenetelmä, hypoteesit, rajaukset, tutkimusongelma ja tutkimuskysymykset sekä tutkijan etiikka. Tutkimuksen viitekehysten tunnistaminen on tärkeää, koska se ohjaa tutkimuksen metodista toteutusta ja tutkimuksen kulmakivet sijoittuvat viitekehysten rajaamalle alueelle. Tässä kirjassa painopiste on kvantitatiivisten tutkimusmenetelmien käsittelyssä rajatuissa tekniikan alan sovelluskohteissa. Tekniikan alan tutkijalla on käytettävissään useita eri menetelmiä, joiden valinta on perusteltava. On suositeltavaa välttää koulukuntariitoja ja vertailla eri tutkimusmenetelmiä tutkimusongelman ratkaisemiseksi. Tutkimustyössä tulee usein vastaan tilanteita, jossa tutkijan on kehitettävä analysointitapa uuden ilmiön tutkimiseksi. Eräs tapa suorittaa kehitetyn analysointitavan arviointi, on soveltaa Sinkin kriteerejä. Tutkijan on hyvä muistaa poikkitekninen näkökulma, jonka vuoksi eri tieteenalojen tutkimusmetodiikkoja joudutaan yhdistelemään ja soveltamaan. Tässä kirjassa esitelty tapa tutkimussuunnitelman ja tutkimusraportin laatimisesta noudattelee Suomen Akatemian mallin mukaista lähestymistapaa. Tekniikan alan raportoinnissa IMRAD-rakenne on osoittautunut erityisen toimivaksi. Huolellinen tiedonhaku luo perustan tieteelliselle tutkimukselle. Tämän takia kirjassa käsitellään tietokantapohjaisia tunnuslukuja, joiden perusteella tutkija voi arvioida sopivia julkaisufoorumeja omalle tutkimukselleen ja arvioida löytämiensä viitteiden painoarvoa. Tämän kirjan kantava ajatus on tukea sekä yritysmaailmassa tarvittavaa tutkimuksellista työtä että akateemisen maailman perinteistä hyvää tieteellistä käytäntöä. Olisi ihanteellista, jos tutkimustyössä voitaisiin hyödyntää näitä molempia.

## ALKUSANAT

Tämä kirja ei käsittele kaikkia tutkimusmetodiikan aihepiirejä, vaan keskittään esittämään keskeisiä näkökulmia tekniikan alan tutkimuksesta. Esimerkiksi tieteen filosofian asioita käsitellään hyvin niukasti. Kirja on hyvin käytännönläheinen, ja eri aihepiirejä on pyritty havainnollistamaan mm. erilaisilla kaavioilla, kuvilla sekä konkreettisilla esimerkeillä. Lisäksi omassa pääluvussa käsitellään tekniikan alan tutkinto-opiskelijoiden esittämiä tutkimusmetodiikkaa koskevia kysymyksiä.

Tässä kirjassa halutaan korostaa erityisesti tutkimuksen luotettavuus-, herkkyy- ja jakaumatarkasteluja. Käsiteltäessä tutkimusraportin ja tutkimussuunnitelman laadintaa sovelletaan Suomen Akatemian mallin mukaista lähestymistapaa. Kirjassa yksi tärkeä pohdittava aihe on myös, miten voidaan yhdistää yritysmaailmassa tehtävän käytännön tutkimuksen ja tiedeyhteisön tekemän tieteellisen tutkimuksen hyvät käytänteet toimivaksi kokonaisuudeksi. Kirjassa nostetaan esille tieteellisen tutkimuksen eri raportointi- ja viestintätavat antamalla näkökulmia raportoinnista erityisorganisaatioille, yritysmaailman edustajille, tietokantoja varten, www-sivustoille, lehdistölle ja muille tiedotusvälineille. Kirjassa otetaan kantaa myös paljon puhuttuun tieteen tulosten tunnetuksi tekemiseen. Lukijan raportointityön helpottamiseksi kirjaan on koottu keskeisimmät tutkimusmetodiikan termit englanniksi. Tiedonhakua koskevan pääluvun tavoitteena on antaa keinoja varmistua tiedonhaun kattavuudesta ja luotettavuudesta. Luotettavan tiedonhaun tueksi esitetään tunnuslukuja, joita voidaan käyttää löydettyjen lähteiden painoarvojen vertailuun. Kirjan kirjoittaja on koonnut keräämänsä kokemuksen perusteella listan suomalaisen tieteellisen tutkimuksen epäkohdista, jotka on tunnistettu myös suomalaista tutkimusta koskevassa kansainvälisessä vertaisarvioinnissa. Tarkasteltavina kohteina kirjassa ovat esimerkiksi FEM-mallinnukseen, optimointimenetelmien kuvaamiseen, triangulaatioon ja poikkitekniiseen näkökulmaan liittyvät metodiset valinnat. Laadullisesta analyysistä esitetään Milesin ja Hubermanin menetelmä sovellusesimerkin avulla ja opastetaan hiljaisen tiedon käyttämisessä tutkimustyön lähdeaineistona. Tutkimustulosten analysointivaihtoehtoja esiteltäessä käsitellään mm. jakaumamallinnuksen sovelluksia koneenosien luotettavuusteknisessä suunnittelussa, luotettavuusteknisiä malleja sekä Weibull-jakauman käyttöä. Kirjan lopussa pohditaan suomalaisessa teollisuudessa usein vastaantulevaa ”ongelmaa”, jossa tuotesuunnitteluprojektin sisältä tai viitekehuksesta yritetään löytää aineksia tieteelliselle tutkimustyölle. Kirjan liitteenä ovat tutkimussuunnitelman- ja raportin jäsennellyt rungot suomeksi ja englanniksi.

Kirjan tavoitteena on, että lukija voisi oppia kirjan avulla ainakin seuraavat asiat:

- Miten suunnitellaan ja toteutetaan tutkimustyö tiedeyhteisössä vakiintuneita ja tiedeyhteisön hyväksymiä tutkimuksen toteuttamista ja tutkimustulosten raportointia koskevia käytäntöjä noudattaen
- Miten vertaillaan, valitaan ja käytetään tutkimuksessa eri teollisuuden aloilla ja yrityksissä vakiintuneita, kunkin alan tai yrityksen hyväksi havaitsemia toimintatapoja tutkimuksen käytännön läpivienissä
- Miten laaditaan tiedeyhteisön hyväksymän mallin mukainen tutkimussuunnitelma ja -raportti.

Kirjan avulla lukija voi perehtyä mm. seuraaviin asioihin:

- Tieteellisyyden kriteerit
- Tieteellinen tutkimustyö tekniikan aloilla
- Laadullisen ja määrällisen analyysin perusteet
- Numeeristen tulosten esittäminen ja analysointi
- Kirjallisuustutkimuksen ja haastattelujen suorittaminen
- Organisaation "hiljaisen tiedon" käyttäminen
- Tutkimussuunnitelman rakenne
- Tutkimusraportin rakenne ja kirjoittaminen
- IMRAD- rakenteen käyttäminen raportoinnissa.

Edellä mainittujen asioiden lisäksi lukija voi tehostaa oppimisprosessiaan vastaamalla kirjan liitteenä olevan työkirjan kysymyksiin.

# **SISÄLLYSLUETTELO**

**TIIVISTELMÄ 1**

**LYHENNELUETTELO 7**

**MUUTTUJALUETTELO 7**

**1 JOHDANTO 9**

**2 EROT AKATEEMISEN JA YRTITYSMAAILMAN  
TUTKIMUKSESSA 13**

**3 TIETEELLISEN TUTKIMUKSEN KULMAKIVET 15**

**4 TÄRKEIMMÄT TEKNISTEN TIETEIDEN TUTKIMUSMETODIT 27**

- 4.1 Keskiarvoluvut 30
- 4.2 Muuttujien keskinäinen korrelointi 31
- 4.3 Regressioanalyysi 35
- 4.4 Jakaumatarkastelut 37
- 4.5 Monimuuttujamenetelmät 47
- 4.6 Varianssianalyysi 48
- 4.7 Faktorianalyysi 50
- 4.8 Stokastiset prosessit ja mallit 55
- 4.9 Systeemiteoria ja systeemiajattelu 56
- 4.10 FEM-mallinnus 59
- 4.11 Optimointimenetelmien kuvaamisesta 61
- 4.12 Tutkimuksessa kehitetyn mittarin tai analysointitavan arviointi 63
- 4.13 Triangulaatio 70
- 4.14 Standardien hyödyntäminen metodiikan kuvauksessa 71
- 4.15 Poikkitekniikan näkökulman vaikutus valittavaan metodiikkaan 73
- 4.16 Näkemyksiä kvalitatiivisesta tutkimuksesta 76
  - 4.16.1 Haastattelututkimusten toteuttamiseen liittyviä näkökohtia 84
- 4.17 Delfoi-menetelmä 87
- 4.18 Hiljaisen tiedon käsittelystä 87
- 4.19 Näkemyksiä kirjallisuustutkimuksen hyödyntämisestä 89

**5 TUTKIMUSSUUNNITELMAN LAADINTA 91**

- 5.1 Tutkimussuunnitelman merkitys 91
- 5.2 Tutkimussuunnitelman runko 91

**6 TUTKIMUSRAPORTIN LAADINTA 96**

- 6.1 Tutkimusraportin rakenne 97
- 6.2 Tutkimustulosten esittäminen ja havainnollistaminen 100

<b>7 JAKAUMATARKASTELU JA TODENNÄKÖISYYDET TIETEELLISEN TUTKIMUKSEN TUKENA</b>	106
7.1 Jakaumamallinnuksen sovellukset koneenosien luotettavuusteknisessä suunnittelussa	109
7.2 Weibull-jakauman ominaisuudet ja edut	113
7.3 Luotettavuustekniset mallit	115
7.4 Normaali-jakauman ja Weibull-jakauman leikkausalue	120
<b>8 VIRHETARKASTELUN PERIAATTEET</b>	123
8.1 Virhetarkastelun lähtökohdat	123
8.2 Validiteetti ja reliabiliteetti	127
8.2.1 Cronbachin alfa	129
8.2.2 Cohenin tai Fleissin kappa -kertoimet	130
8.3 Operationalisointi	130
8.4 Otoskoon merkityksestä	131
<b>9 HERKKYYSANALYYSIN PERUSTEET</b>	133
9.1 Herkkyyshanalyysin lähtökohdat	133
9.2 Laadullisen analyysin herkkyysharkastelu	135
<b>10 TIETEELLISEN TUTKIMUKSEN TULOSTEN ESITTÄMINEN ERI KOHDERYHMILLE</b>	137
10.1 Näkökulmia puheviestintään	137
10.2 Näkökulmia kirjoitusviestintään	139
10.3 Näkökulmia verkkoviestintään	140
10.4 Mitä on argumentointi?	141
10.5 Näkökulmia tieteen tulosten tunnetuksi tekemisestä	141
<b>11 TIETEEN KIELI ON ENGLANTI</b>	143
<b>12 TIEDONHAKU JA LÄHTEET</b>	152
12.1 Tiedonhaun tarkastuslista	152
12.2 Lyhyesti tietokannoista	154
12.3 Lyhyesti viitteiden hallintaohjelmista	158
12.4 Julkaisujen arvioinnin tunnusluvut	158
<b>13 SUOMALAISEN TIETEELLISEN TUTKIMUKSEN "HEIKOT LENKIT"</b>	165
13.1 Tuotesuunnittelu vs. tieteellinen tutkimus	168
<b>14 FAQ</b>	172
14.1 Tyypillisiä kysymyksiä metodiikasta	172
14.2 Tyypillisiä kysymyksiä tutkimuksen dokumentoinnista	173
14.3 Näkökulmia konferenssi-esityksen toteutuksesta	174
14.4 Kysymyksiä tutkimustyön kulmakivistä	175
14.5 Palautekyselyistä poimittuja näkökulmia	176



<b>15 YHTEENVETO</b>	178
15.1 Tutkimustyön tarkastuslista	182
<b>TUTKIMUSMETODIIKAN TYÖKIRJA</b>	187
<b>LÄHDELUETTELO</b>	205
<b>LIITTEET</b>	206
<b>TYÖKIRJAN TEHTÄVIEN RATKAISUT</b>	223

## LYHENNELUETTELO

ANOVA	Analysis of Variance (Varianssianalyysi)
CAD	Computer Aided Design (Tietokoneavusteinen suunnittelu)
FAQ	Frequently Asked Questions (Usein esitetyt kysymykset)
FEM	Finite Element Method (Elementtimenetelmä)
IMRAD	Tieteellisen raportin jäsentelytapa (I=Introduction, M=Methods, R=Results, A=Analysis, D=Discussion)
PDM	Product Data Management (Tuotetiedon hallinta)
MAG	Hitsausprosessi (Metal Active Gas)
MANOVA	Multivariate Analysis of Variance (Monen muuttujan varianssianalyysi)
MIG	Hitsausprosessi (Metal Inert Gas)
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
SPSS	Statistical Package for Social Sciences
SWOT	Strengths-Weaknesses-Opportunities-Threads-analyysi
SNIP	Source Normalized Impact per Paper
IF-arvo	Impact Factor
Jl-indeksi	Journal Immediacy Index
AI-indeksi	Aggregate Immediacy Index
H-indeksi	H-Index
EF-arvo	Eigenfactor
AI-arvo	Article Influence
SJR	Journal Rank Indicator

## MUUTTUJALUETTELO

$\alpha$	Luotettavuustaso
$\beta$	Weibull-funktion kaltevuusparametri
$\gamma$	Weibull-funktion skaalausparametri
$\eta$	Weibull-funktion katkaisuparametri
$\bar{x}$	Aritmeettinen keskiarvo
$C_2, C_3$	Materiaali- ja kuormitustapakohtaisia kulumiskertoimia
d	Keskipoikkeama
$\text{Eta}^2$	Faktorianalyysin selitysaste
$h_{\min}$	Voitelukalvon minimi paksuus
$K_f$	Materiaali- ja kuormitustapakohtainen kulumiskerroin
$\bar{k}_g$	Geometrinen keskiarvo

$L_{nim}$	Nimellinen kestoikä
$L_{min}$	Minimi kestoikä
$m_j$	Yksittäinen havainto
$M_i$	Faktorianalyysin muuttuja
$n$	Havaintojen lukumäärä
$p$	Todennäköisyys
$p_{vaurio}$	Vauriotodennäköisyys
$P_{max}$	Maksimi pintapaine
p-arvo	Varianssianalyysin tilastollisen merkitsevyyden tunnusluku
$r$	Korrelaatiokerroin
$r^2$	Korrelaation selitysaste
Ra	Pinnankarheuden keskipoikkeama
t	Aika
t-testi	Varianssianalyysin tilastollisen merkitsevyyden testi
V	Pois kuluvan ainemäärän tilavuus
F	Normaalivoima
s	Liikepituus kulumiskohdassa
S	Kosketusjännitys
R	Kuormituskertojen lukumäärä
f(t)	Ajasta riippuva funktio
A, C	Normaalin ja Weibull-funktion leikkausalan todennäköisyyden määrittämisen sovituskerroimet

# 1 JOHDANTO

Tämän kirjan keskeinen lähtökohta on ollut yhdistää eri teollisuusalojen ja yritysten vakiintuneita, kunkin alan hyväksymiä tutkimuskäytäntöjä tutkimuksen tekemisestä ja tutkimustulosten raportoinnista, tutkimuslaitosten ja yliopistojen vakiintuneisiin, tiedeyhteisön hyväksymiin käytäntöihin. Tässä kirjassa halutaan osoittaa ja nostaa esille, että kummastakin näkökulmasta on paljon hyödyllistä asiaa otettavaksi käyttöön, eikä missään nimessä pyritä vastakkainasetteluun, eikä osoittamaan epäkohtia jommastakummasta näkökulmasta tarkasteltuna. Tämä kirja pyrkii erityisesti kokoamaan tietoa tekniikan alojen tieteellistä tutkimusta varten. Metodologiset valmiudet, joita tässä kirjassa kuvataan, on kuvattu pelkistetyksi ja koko ajan ajatellen tyyppillisiä tekniikan alojen tutkimuskohteita. Tärkeänä osana tässä kirjassa ovat kannanotot, jotka koskevat tutkimuksesta ja sen tuloksista harjoitettavaa viestintää. Sekä kirjoitusviestintä, että puheviestintä ovat avainasemassa, kun tutkimuksen uutuusarvosta, kansankielellä sanottuna tutkimuksen arvosta ja hyödystä, viestitään tiedeyhteisölle kaupallisen yrityksen sisällä tai muulle yleisölle. Puheviestinnässä korostuu erityisesti se, että aika jona viestintä on tehtävä, on rajallinen, ja kohderyhmä saattaa olla tieteellisen konferenssin yleisö, yritysmaailman edustajat, yrityksen asiakkaat tai tavalliset kuulijat. Tämän vuoksi metodologiset valmiudet eivät saa muodostaa "salatiedettä" tai akateemista näkökulmaa, jota muut kuin tiedemiehet eivät ymmärtäisi. Tässä kirjassa halutaan myös korostaa, että tieteen kieli on englanti. Kun tutkimuksesta raportoidaan, tietyt englanninkieliset sanat, termit ja sanonnat ovat vakiintuneet tiedeyhteisölle, ja niitä on silloin syytä käyttää. Vastaavalla tavalla suomenkielisessä raportoinnissa ja viestinnässä on termejä, jotka ovat vakiintuneet tai vakiintumassa. Tämän vuoksi kirjan kieli on suomi, jotta mahdollisimman moni lukija pääsisi lähtökohdistaan riippumatta sisälle, mitä tutkimusmetodiikka tarkoittaa, ja minkälaisia asioita tekniikan alan tutkimuksessa on syytä ottaa huomioon. Tämän kirjan johtavana ajatuksena on löytää yhteinen tiedeyhteisön hyväksymä lähestymistapa ja osoittaa sovelluskohteilla ja esimerkeillä, kuinka oppiminen tapahtuu toinen toisiltamme niin, että kukin tuo mukanaan yritysmaailmasta hyväksi havaittuja käytänteitä tai toisaalta akateemisesta maailmasta, tutkimuslaitoksista ja yliopistoista hyväksi havaittuja käytänteitä. Tarkoitus on, että tämän kirjan avulla syntyvät metodinen teoriapohja ja toisaalta perusvalmiudet, joita voi soveltaa sellaiseen esiintymiseen ja julkaisemiseen, jotka koskevat tieteellistä tutkimusta. Tämän lisäksi pyritään antamaan yksityiskohtaisia valmiuksia tieteellisen tutkimuksen tutkimussuunnitelman ja tutkimusraportin laatimiseen niin, että ne täyttävät myös kansainväliset mittapuun vaatimukset. Pyrittäessä esittämään kaksi avaintermiä, jotka tämä kirja haluaa yhdistää, voidaan puhua yritysmaailmasta lähtöisin olevasta tutkimuksellisesta työotteesta ja tiedeyhteisöstä lähtöisin olevasta hyvästä tieteellisestä käytännöstä. Jos tämän kirjan luettuaan lukijalla on ajatus, että nämä kaksi näkökulmaa, tutkimuksellinen työote ja hyvä tieteellinen käytäntö ovat yhdistettävissä, kirja on saavuttanut tarkoituksen-

sa. Lähtökohdaksi tästä näkökulmasta voitaisiin ottaa perinteinen tapa ryhmitellä tieteellisyyden kriteerit kolmeen ryhmään: tieteen yleiset tunnusmerkit, tutkimuksen erityiset tutkimusmerkit ja tieteellisen tiedon erityiset tunnusmerkit. Kun tarkastellaan tieteen yleisiä tunnusmerkkejä, useimmiten esille nostetaan kolme asiaa: objektiivisuus, julkisuus ja edistyvyys. Jos katsotaan tutkimuksen erityisiä tunnusmerkkejä, näihin lisätään yleensä kriittisyys, julkisuus ja autonomisuus. Jos näitä kahta ryhmää tarkastellaan yritysmaailman näkökulmasta, ongelmaksi saattaa muodostua kummassakin ryhmässä esille tuleva julkisuusvaatimus. Yritysmaailmassa on monesti joko asiakkaan tarpeista tai yrityksen omista tarpeista lähteviä syitä, jotka estävät tieteellisen tutkimuksen. Saattaa olla, että asiakas tai yrityksen omistaja ohjaa tutkimusta tai suuntaa sitä tiedeyhteisölle vieraalla tavalla, jolloin tutkimuksen autonomisuus kärsii. Toisaalta yritysmaailma pyrkii jatkuvasti edistävyyteen, ja voitaisiin ajatella, että positiivista julkisuutta saavutetaan, jos esimerkiksi tutkimus tuottaa ihmisen terveyteen tai energian kulutukseen liittyviä tieteellisiä tuloksia. Myös kaupalliset yritykset haluavat julkistaa tällaisia tuloksia. Tiedeyhteisön näkökulmasta on ongelmallista, jos yrityksen liikevoiton tavoittelu näyttelee edes pientä osaa tiedeyhteisön tekemien tutkimustulosten julkistamisessa tai toivottuun tutkimustulokseen pääsemisessä. Ongelma voi aiheutua siitä, että rahoittaessaan tutkimusta yritys voi "olettaa", että sillä on mahdollisuus tai jopa oikeus linjata tutkimuksen suorittamista tai raportointia. Tämän kaltainen tutkimuksen autonomisuuden ja objektiivisuuden loukkaaminen ei saa olla seurausta alati kasvavasta tiedeyhteisöjen saamasta yritysrahoituksesta. Kun puhutaan tieteellisen tiedon erityisistä tunnusmerkeistä, useimmiten nostetaan esille neljä näkökulmaa: puhutaan tieteellisen tiedon totuudenkaltaisuudesta, tiedon julkisuudesta, sen informatiivisuudesta eli yleisyydestä ja lainomaisuudesta. Tällä tavoin tuotettu tieto voidaan ryhmitellä tieteelliseen tietoon ja muuhun tietoon. Näiden pohjalta voidaan koota tieteellisyyden kriteerit, joita tämän kirjan käsittelyssä pyritään aika ajoin korostamaan: Oikean näkökulman korostamiseksi tieteellisen kriteereissä ensimmäisenä on objektiivisuus. Objektiivisuus lähtee siitä, että tutkija pyrkii tarkastelemaan ongelmaansa ilman ulkopuolista vaikuttajaa niistä lähtökohdista, jotka tutkijan itsensä mielestä ovat korrekkeja. Tutkija ei anna kenenkään muun tai minkään tahon vaikuttaa siihen, miten hän omiin tuloksiinsa loppujen lopuksi suhtautuu. On loogista, että objektiivisuuden jatkeena onkin toisena tieteellisyyden kriteerinä kriittisyys. Hyvä tutkimus ottaa aina kantaa siihen, missä määrin tuloksia voi soveltaa, missä määrin niissä on ollut virhelähteitä, ja missä mahdollisesti ovat tutkimuksen mahdolliset heikot kohdat. Tieteellisyyden kriteereissä avainasemassa on julkisuus. Tämän vuoksi monet tutkimukset, joissa saadaan hienoja tuloksia varsin tarkoilla metodeilla ja hienoilla analyyseillä jäävät tieteellisyyden ulkopuolelle, jos niiden tuloksia ja taustoja ja laskentamalleja ei voida julkaista. Tutkimusmetodii-kan näkökulmasta keskeistä on myös se, että tutkimus voitaisiin tehdyn raportoinnin pohjalta toistaa. Toistettavuus on keskeisimpiä vaatimuksia, joita tieteelliselle tutkimuksella asetetaan. Tekniikan alojen tutkimuksessa toistettavuuden varmistaminen hyvällä raportoinnilla ja asianmukaisilla mit-

taus- ja analysointimenetelmiä noudattamalla on suhteellisen helppoa toteuttaa. Tieteellisessä tutkimuksessa on kuitenkin paljon sellaisia alueita esimerkiksi filosofian puolella, jossa koetilanteet ja koejärjestelyt ovat ainutkertaisia ja tutkimuksen toistettavuudesta voidaan puhua ehkä enemmänkin teoria-asteella. Kuitenkin pyrkimys siihen, että tutkimus kuvataan alusta loppuun niin tarkasti, että toinen tutkija pystyy jäljittämään mitä on tehty, miten on tehty ja miksi on tehty, on tavoitteellista. Tieteelliselle tutkimukselle on ominaista, että se pyrkii itsensä korjaavuuteen, eli samaa aihetta näytetään tutkittavan yhä uudelleen ja uudelleen eri näkökulmista yhä tarkemmin ja tarkemmin. Tästä esimerkkinä on viimeaikaiset hiukkasmekaniikan tutkimustulokset, jossa taas löydettiin uusi partikkeli avaruudesta leijailemasta.

Tässä kirjassa käsitellään erilaisia tutkimusaineistojen analysointitapoja. Määrällinen analysointi on luonnollisesti avainosassa, kun puhutaan tekniikan tutkimuksesta. Tästä aihepiiristä käsitellään mm. jakaumatarkasteluja, virhetarkasteluja, herkkyysanalyysia, korrelaatio- ja riippuvuustarkasteluja, pyritään antamaan kokonaiskuva niistä määrällisen analyysin vaiheista, joita tyypillisesti tekniikan alan tutkimuksiin liittyy. Laadullisen analyysin osalta tässä kirjassa tyydytään lyhyesti kuvaamaan muutaman keskeisen lähestymistavan määritelmä, mutta tarkemmin otetaan esille kaksi sellaista menetelmää, joita tekniikan tutkimuksessa monesti tarvitaan: Delfoi-menetelmä ja Milesin ja Hubermanin menetelmä. Haastattelujen yhteydessä Delfoi-menetelmä on tullut tunnetuksi mm. sellaisissa tapauksissa, jossa asiakkaalta kysytään mielipiteitä tuotteesta tai pyritään kuvaamaan tuotteelle asetettuja vaatimuksia tuotekehitysvaiheessa. Toisaalta erilaisten haastattelujen ja kirjallisten aineistojen tutkimiseksi ja analysoimiseksi on tärkeää tuntea ainakin yksi laadullisen analyysin menetelmä, joka soveltuu tämän tyyppisen aineiston purkamiseen. Tässä kirjassa käsitellään yhtä yli viidestäkymmenestä mahdollisesta lähestymistavasta ja esitellään Milesin ja Hubermanin esittämä tapa laadullisen analyysin toteuttamiseen. Tässä kirjassa puhutaan tutkimusmetodien yhteydessä myös triangulaatiosta, jolla halutaan korostaa sitä tosiseikkaa, että hyvässä tieteellisessä tutkimuksessa samaan tutkimusongelmaan ja siitä johdettuihin tutkimuskysymyksiin pyritään hakemaan luotettavaa vastausta useilla eri tavoilla, tai mitattuja analysoituja tai koottuja tuloksia pyritään verifioimaan useilla eri tavoilla. Triangulaatio pyrkii korostamaan sitä, että toisistaan riippumattomia lähteitä olisi kolme. Ne voivat olla esimerkiksi mitattuja aineistoja, toteutettuja haastatteluja ja kirjallisuustutkimusta. Triangulaatiosta on useita erityyppisiä sovelluksia ja sen suuren arvon vuoksi tässä kirjassa perehdytään triangulaation toteuttamiseen ja siitä saatuihin hyötyihin. On ilmiselvää, että, kun aineiston analysointimenetelmiä, tutkimusmetodeja ja metodiikan sisällä olevia yksityiskohtia on sadoittain, ei yhdessä kirjassa voida opettaa perusteellisesti niiden kaikkien käyttöä, eikä edes kuvata lyhyesti, mitä nämä kaikki menetelmät pitävät sisällään. Tämä ei myöskään ole tämän kirjan tarkoitus, vaan kirjan tarkoitus on nostaa esille ne peruskulmakivet, joita tarvitaan

tekniikan alojen tutkimuksen toteuttamiseen siten, että tiedeyhteisön asettamat minimivaatimukset tieteellisyydelle voidaan saavuttaa.

## 2 EROT AKATEEMISEN JA YRTITYSMAAILMAN TUTKIMUKSESSA

Tässä pääluvussa nostetaan esille sekä yritysmaailmassa tehtävän käytännön tutkimuksen että tiedeyhteisön tekemän tieteellisen tutkimuksen hyvät käytänteet. Luvun tavoite on yhdistää nämä hyvät käytänteet toimivaksi kokonaisuudeksi sekä vahvistaa niiden merkitystä osana tutkimuksellista työtettä ja tieteellistä tutkimuskäytäntöä. Lähtökohtana ovat johdannossa kuvatut tieteellisyyden kriteerit, vaikka varsinaiseen tieteen filosofiaan ei tässä kirjassa tarkoituksellisesti kajota.

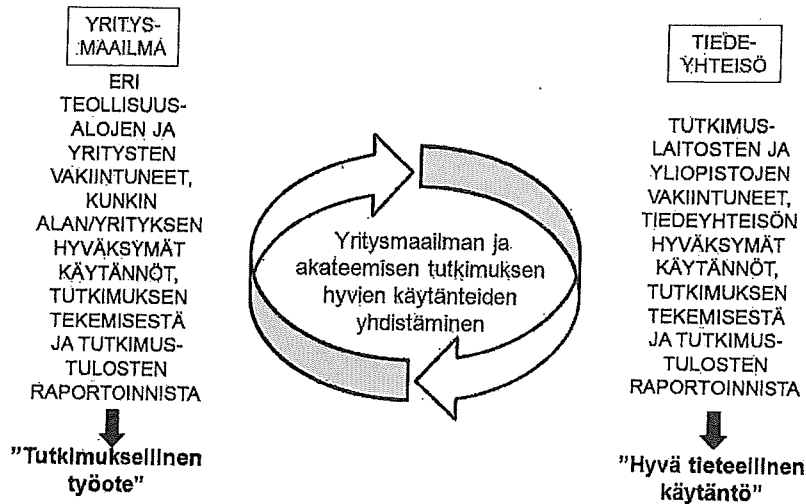
Kuvassa 1 on esitetty tämän kirjan kantava ajatus tukea sekä yritysmaailmassa tarvittavaa tutkimuksellista työtettä että akateemisen maailman perinteistä kumpuavaa hyvää tieteellistä käytäntöä. Taulukkoon 1 on koottu hyviä tutkimustyöhön liittyviä käytänteitä sekä yritysmaailmasta että tiedeyhteisöstä. Toivottavasti tämän kirjan lukija voisi pitää tämän näkökulman kirkkaana mielessä kirjan tulevia lukuja lukiessaan.

Taulukossa 1 on esitetty tutkimusmetodiikan näkökulmasta sekä yritysmaailman että tiedeyhteisön toimintatavoista kootut hyvät käytänteet. Olisi ihan teellistä, jos tutkimustyössä voitaisiin hyödyntää näitä molempia, eikä niin, että yritysmaailman ja tiedeyhteisön näkökulmat nähtäisiin toisilleen kilpaillevina tai vastakkaisina.

Tiedeyhteisö käyttää tieteellisyyden arvioimiseksi seuraavia peruskysymyksiä:

- Onko tuloksena tietoa?
- Onko tuotettu tieto uutta?
- Onko tieto (ja tutkimus) julkista?
- Onko tuotettu tieto totuudenkaltaista?
- Onko tutkimus kriittistä ja autonomista?





**Kuva 1.** Yrity maailman ja akateemisen tutkimuksen hyvien käytänteiden yhdistäminen.

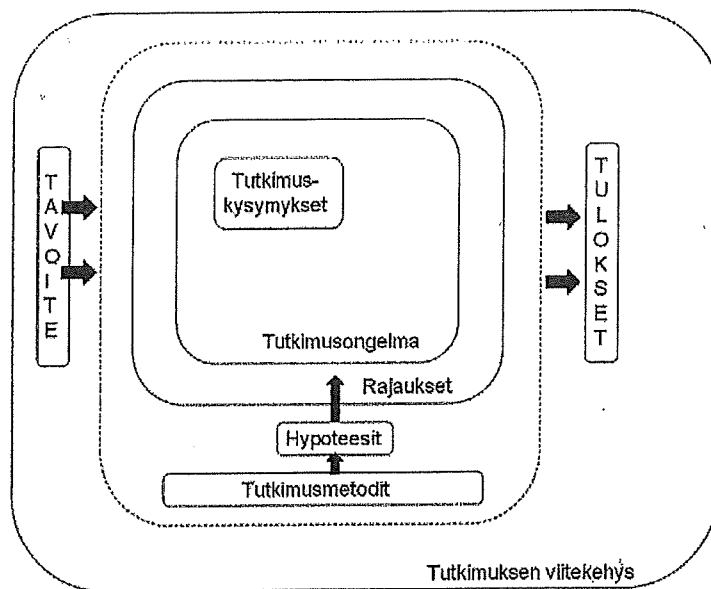
**Taulukko 1.** Yhdistettävät hyvät käytänteet.

Yrity maailman hyvät käytänteet	Tiedeyhteisön hyvät käytänteet
<ul style="list-style-type: none"> <li>- tutkimustulosten kaupallistettavuus korkealla tasolla</li> <li>- dokumentointi keskittyy kaikkeen oleellisimpiin hyödynnettävissä oleviin tuloksiin</li> <li>- tutkimukset ovat pääsääntöisesti asiakaslähtöisiä</li> <li>- monesti yrityksiin syntyy vakioituja tai jopa standardoituja mittauskäytäntöjä</li> <li>- globaali yritysprofiili tarjoaa luontevan mahdollisuuden tallentaa tutkimuksia todellisessa verkostoituneessa ympäristössä</li> <li>- yritysmaailmassa on käytävissä runsaasti "hiljaista tietoa" eri organisaatioilta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- tutkimus voidaan toteuttaa riippumattomasti ja objektiivisesti</li> <li>- tunnustettujen tutkimusmenetelmien käyttö lisää tutkimusten luotettavuutta</li> <li>- tiedeyhteisö pystyy helposti hyödyntämään tieteellistä vertaisarviointia tutkimuksen eri vaiheissa</li> <li>- tutkimustuloksilla on tieteellisen tiedon uutuusarvon lisäksi myös sovellettavuus- ja hyödynnettävyyssnäkökulma</li> <li>- tiedeyhteisöllä on käytävissä useita vaihtoehtoisia tutkimus- ja analysointimenetelmiä sekä asiantuntemusnäiden sovellettavuudesta</li> </ul>

### 3 TIETEELLISEN TUTKIMUKSEN KULMAKIVET

Tämän pääluvun keskeisin tavoite on kuvata hierarkkinen tutkimuksen rakenne, jonka kulmakiviä ovat suurimmasta pienimpään tarkasteltuina tutkimuksen viitekehys, tutkimusongelma rajauksineen ja tutkimuskysymykset. Tässä pääluvussa halutaan korostaa, miten keskeistä on osata valita sellainen tutkimusmetodi, että tutkimusongelma voidaan ratkaista ja tutkimuskysymyksiin voidaan vastata tiedeyhteisön tunnustamalla tavalla. Pääluvussa käsitellään hypoteesien muodostamista käytännön sovellusesimerkien avulla.

Kuvassa 2 esitetään perinteinen malli tieteellisen tutkimuksen kohdentumisesta tutkimuskysymyksiksi ja hypoteeseiksi tutkimuksen viitekeh്യksen sisällä.



**Kuva 2.** Tieteellisen tutkimuksen kulmakivet. Huomaa kuvaan rakennettu hierarkia.

Tutkimusongelman ytimen löytäminen ja täsmentäminen on tieteellisen tutkimusprojektin kivijalka. Tieteelliset tutkimusmenetelmät ovat työkaluja, joilla tutkimusongelmaan pyritään työstämään toimiva ratkaisu. Tutkimusongelman selkiyttämisen kanssa rinnan on mietittävä, miten ongelmaan voitaisiin tarttua tieteellisyyden tunnusmerkit täyttävällä tutkimuksella. Huomattavaa on kuitenkin että tutkimusongelma ja -kysymys ovat eri asioita. Kokeellisen tutkimuksen yksi keskeinen kulmakiivi on hyvin muotoiltu ja testattavissa oleva hypoteesi.

Kun keskustellaan tekniikan alan tutkimusmetodiikasta, tieteenfilosofisia suuntauksia ei tarvitse pohtia liian syvällisesti. Tutkimustyön kulmakivet ovat edellä kuvatulla tavalla tutkimusongelman ja tutkimuskysymysten formuloinnissa ja tutkimusmenetelmien valinnassa siten, että tutkimusongelma voidaan ratkaista ja tutkimuskysymyksiin pystytään vastaamaan luotetavasti. Haluttaessa tekniikan alan tutkimuksista on yleensä tunnistettavissa *positivismin* ja *realismin* tunnusmerkitöjä, sillä tutkimuksessa pyritään objektiivisuuteen ja pääsääntöisesti hypoteeseja testaavaan tutkimukseen. Jossain määrin tutkimus voi sisältää *pragmatism*in piirteitä, sillä on vaikea nähdä tilannetta, jossa tutkimuskysymys ja -tavoite eivät ainakin jossakin määrin määrittäisi valittuja tutkimusmenetelmiä ja lähestymistapoja. Toisaalta tekniikan alan tutkimuksissa käytetään monissa tutkimuksissa "vakioituja" menetelmiä, jolloin pragmatismin merkitys on vähäisempi. Sen sijaan *interpretivismiä*, jossa tutkija olisi itse keskeinen osa tutkimusprosessia, esiintyy tekniikan alan tutkimuksissa verrattain vähän.

Tekniikan alan tieteelliselle tutkimukselle, kuten muullekin tieteelliselle tutkimukselle, on tyypillistä, että aineisto kerätään systemaattisesti, aineistoa analysoidaan systemaattisesti ja että tulokset raportoidaan systemaattisesti.

Tieteellisen tutkimuksen kulmakivistä puhuttaessa on ensiksi tunnistettava kvalitatiivinen (laadullinen) ja kvantitatiivinen (määrällinen) tutkimus. Ero on helpoiten osoitettavissa tarkastelemalla tutkimuskysymysten muotoilua taulukon 2 mukaisesti. Tekniikan alan tutkimuksia varten on edullista huomata, että tutkimustyössä tarvitaan sekä kvalitatiivista että kvantitatiivista kysymyksen asettelua. Tämän takia tekniikan alan tutkimuksessa on tunnettava kummankin kysymystyyppin käsittelyyn sopivia analysointitapoja.

Tekniikan alan tutkimukset ovat yleensä luonteeltaan *deduktiivisia* tutkimuksia. Niissä pyritään siis testaamaan teoriaa asetettujen hypoteesien avulla käyttäen pääasiassa kvantitatiivista aineistoa. Tutkimuksissa pyritään tyypillisesti selittämään eri tekijöiden välisiä kausaalisuhteita käyttämällä vakioituneita metodeja ja analysointitapoja. Tutkimuksen tavoitteena on myös tulosten yleistäminen. Tutkijan rooli on objektiivinen. Toinen lähestymistapa tieteellisessä tutkimuksessa on *induktiivinen*, joka pyrkii selvittämään eri asioiden konteksteja ja luonnetta hyödyntämällä paljon kvalitatiivista aineistoa ja varsin joustavasti erilaisia metodeja ja analysointitapoja. Tutkijan rooli on monesti subjektiivinen eikä hypoteesien testausta käytetä. Tämän kirjan kirjoittajan mielipiteen mukaan tekniikan alan tutkimusraporteissa tai -suunnitelmissa ei kannata käyttää palstatilaa deduktiivisuuden tai tieteenfilosofian näkökulmien erittelyyn, vaan keskittyä suoraan perinteiseen systemaattiseen tapaan kuvata asetetut hypoteesit ja niiden todentaminen.

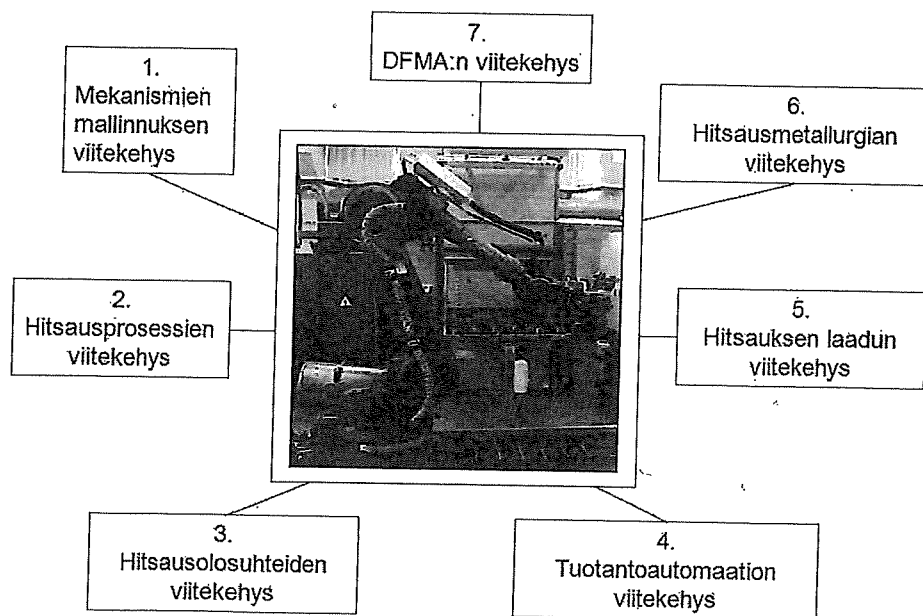
**Taulukko 2.** Tutkimuskysymysten muotoilu kvalitatiivisessa ja kvantitatiivisessa tutkimuksessa.

Tutkimuskysymyksen aihepiiri (esimerkki)	Kvalitatiivinen kysymyksen asettelu	Kvantitatiivinen kysymyksen asettelu
Uuden tuotantoprosessin käyttöönoton tehokkuuden tutkiminen	Mitä haasteita ja etuja liittyy uuden tuotantoprosessin käyttöönottoon 1. vuoden aikana?	Kuinka monta %:a uuden tuotantoprosessin käyttöönotto alentaa tuotteen x valmistuskustannuksia 1. vuoden aikana?
Nettimarkkinoinnin merkitys uuden tuotteen myynnin edistämiseksi	Minkälaisia motiiveja ihmisillä on liittyä uuden tuotteen markkinointia tukeviin some-yhteisöihin?	Kuinka paljon nettimarkkinointi lisää uuden tuotteen x myyntiä kk:n aikana?
Kahden muuttujan X (tuotteen tekninen suorituskyky) ja Y (tuotteen valmistuskustannukset) välinen yhteys	Miksi X vaikuttaa Y:hyn?	Miten X vaikuttaa Y:hyn?

Viitekehysten tunnistaminen ja asettaminen on syytä tehdä huolellisesti, jotta myöhemmin tiedetään millainen metodinen ratkaisu on toimiva tutkimusongelmaa lähestyttäessä. Tarkastellaan sovellusesimerkkinä kuvan 3 mukaista tapausta, jossa tutkimus käsittelee robottihitsausta. Tutkimuksen viitekehys voidaan asettaa useilla eri tavoilla.

Hitsin ominaisuudet ja tehtävän liitoksen luotettavuus riippuvat käytettävän robotin mekaanisista ominaisuuksista ja robotin mekanismin liikeradoista. Viitekehys voisi siten rajoittua robottimekanismin mallinnukseen ja tutkimiseen. Perinteisesti hitsausprosessit (MIG, MAG, laser, plasma jne.) voisivat olla toinen perusteltu viitekehys, jolloin tarkastelunäkökulma voisi sisältää esimerkiksi robottisovelluksen sopivuuden nimenomaan kyseiseen hitsausprosessiin, tutkittavien hitsausprosessin sopivuuden hitsattavalle materiaalille ja näiden yhteisvaikutuksen tehtävän hitsin luotettavuudelle. Hitsausprosessien viitekehystä lähellä voisi olla kolmas viitekehysten vaihtoehto, jossa korostetaan robottimekanismin käyttömahdollisuuksia esimerkiksi terveydelle haitallisissa hitsauskohteissa, vedenalaisessa hitsauksessa tai asennusolosuhteissa pyrkien samalla luotettavaan hitsausliitokseen. Klassinen viitekehys olisi kytkeä luotettavan hitsausliitoksen robotisointiratkaisu automaatiosovellusten tutkimiseen tuotantoautomaation näkökulmasta. Käsittelemässämme tapauksessa olisi mahdollista valita viitekehys myös

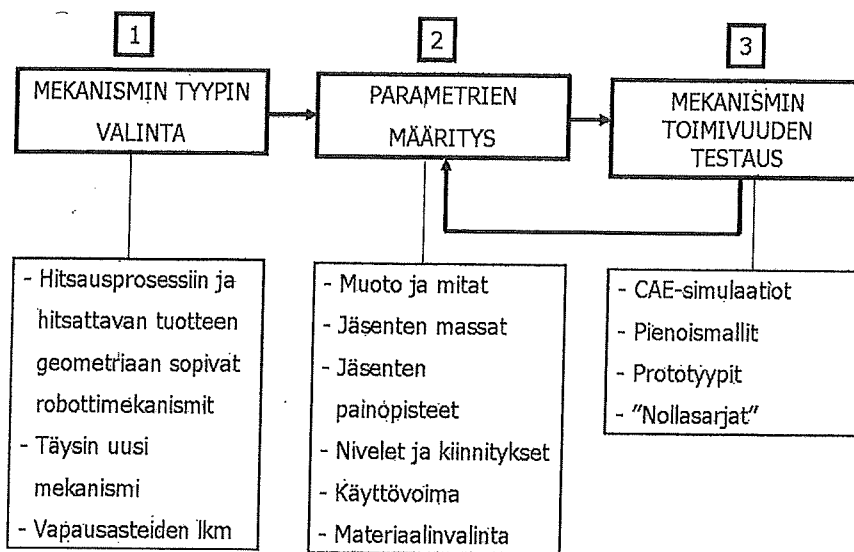
hitsausmetallurgian tai hitsauksen laadun näkökulmista. Näissä tapauksissa tehtäisiin metallurgisia ja aineenkoetuskokeita, joilla selvitetäisiin esimerkiksi perusaineessa tapahtuvia ominaisuuksien muutoksia ja hitsausvirheiden määrää ja tyyppiä robottihitsaussovelluksessa. Viitekehys voitaisiin myös asettaa tuotteen ja tuotesuunnittelun näkökulmasta käsittelemällä aihetta valmistusystävällisen suunnittelun (DFMA = Design for Manufacturing and Assembly) analysointikeinojen avulla. Tällöin haettaisiin esimerkiksi ratkaisuja, joissa robottihitsaukselle erityisen edullinen tuotegeometria ja hitsausliitosten sijoittelu tuottaisi samalla myös luotettavia liitoksia. Epäilemättä tässä kuvatut viitekehukset ovat osittain päällekkäisiä ja toisaalta viitekehysten voisi asettaa monella muullakin tavalla. Viitekehystenä voisi olla hitsausliitoksen luotettavuus, jolloin edellisistä viitekehysten aihepiireistä osa sopisi mukaan valittuun näkökulmaan ja lisättäväksi tulisi vielä matemaattinen ja todennäköisyysperusteinen analyysi. Oleellista onkin huomata, että viitekehysten asettamisen jälkeen tutkimusongelma, tutkimuskysymykset, käytettävät metodit ja analysointityökalut vaihtuvat.



**Kuva 3.** Robottihitsaukseen liittyvän tutkimuksen mahdollisia eri viitekehkyksiä.

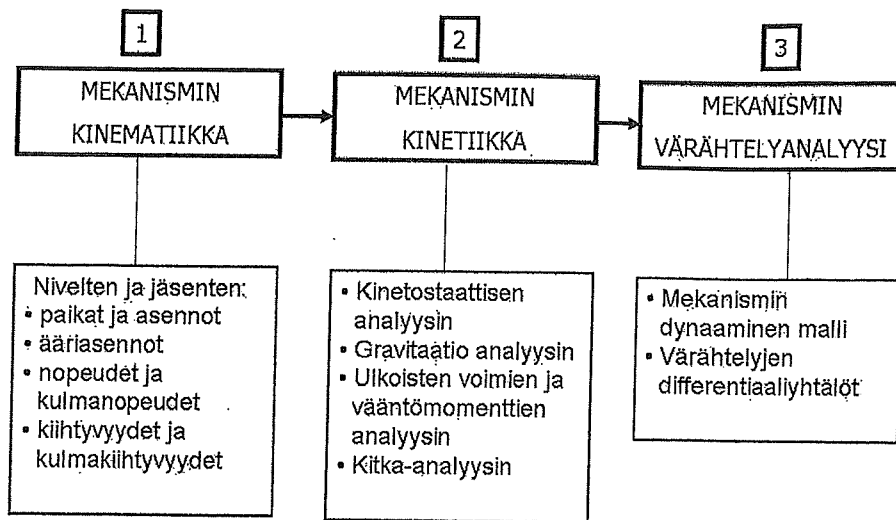
Jatketaan esimerkin tarkastelua hieman syvemmälle kahden viitekehysten osalta. Jos viitekehys asetetaan mekanismien mallinnukseen, tutkimuksessa käytettävät analysointivaiheet voisivat olla alla esitettyjen kuvien 4 ja 5 jäsentelyjen mukaiset sisältäen hitsausrobottimekanismin synteessin (täysin uusi mekanismi) ja/tai analyysin (olemassa oleva tai suunniteltu uusi mekanismi).

Valmistettavan hitsatun liitoksen luotettavuutta tarkastellaan nyt hitsausrobotin mekanismin toiminnan asettamista rajoitteista ja mahdollisuuksista lähtien. Robotin liikeratojen ääriarvot, liikkeiden tarkkuus ääriarvojen lähellä, robotin mekaanisten osien jäykkyys ja värähtelyt, robottimekanismin liikkeiden ohjelmointitarkkuus jne. ovat tekijöitä, jotka voivat vaikuttaa hitsauksen lopputulokseen. Näistä voidaan muodostaa erilaisia matemaattisia, optimointi-, riippuvuussuhde- ja/tai simulointimalleja. Tehtävä tutkimus tarjoaa useita mahdollisuuksia tuottaa uutta tieteellistä tietoa ja luonnollisesti myös helposti sovellettavia tutkimuksen käytännönläheisiä tuloksia sekä yleistettävissä olevia tuloksia.

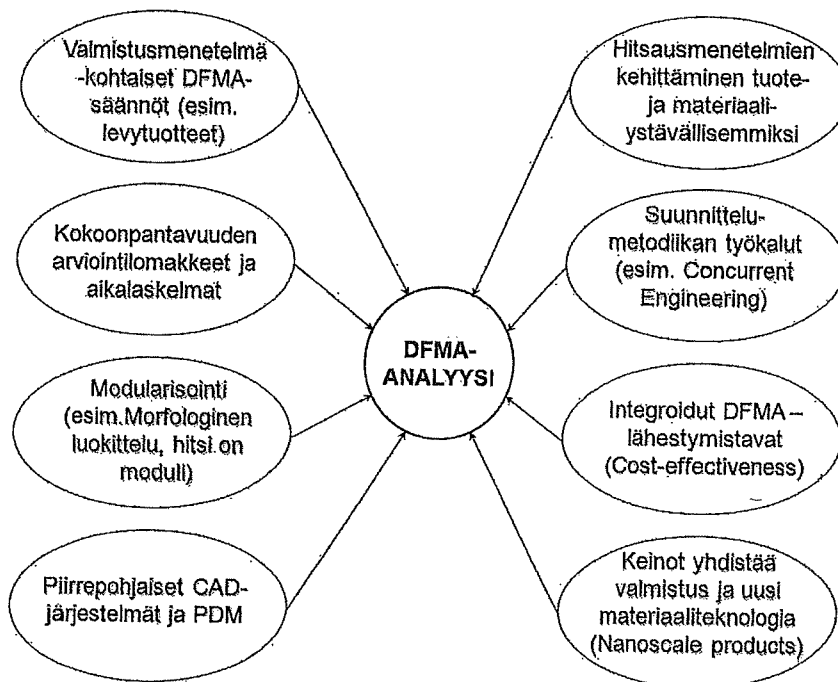


**Kuva 4.** Mekanismien mallinnuksen viitekehikseen kytkeytyvät hitsausrobotitutkimuksen mekanismisynteesin päävaiheet.

Jos viitekehikseksi olisi asetettu DFMA, käytössä olisivat olleet kuvan 6 mukaiset DFMA-analysointityökalut sekä kuvan 7 mukaiset tuotteen hitsattavuuden analysointiin sopivat näkökulmat.



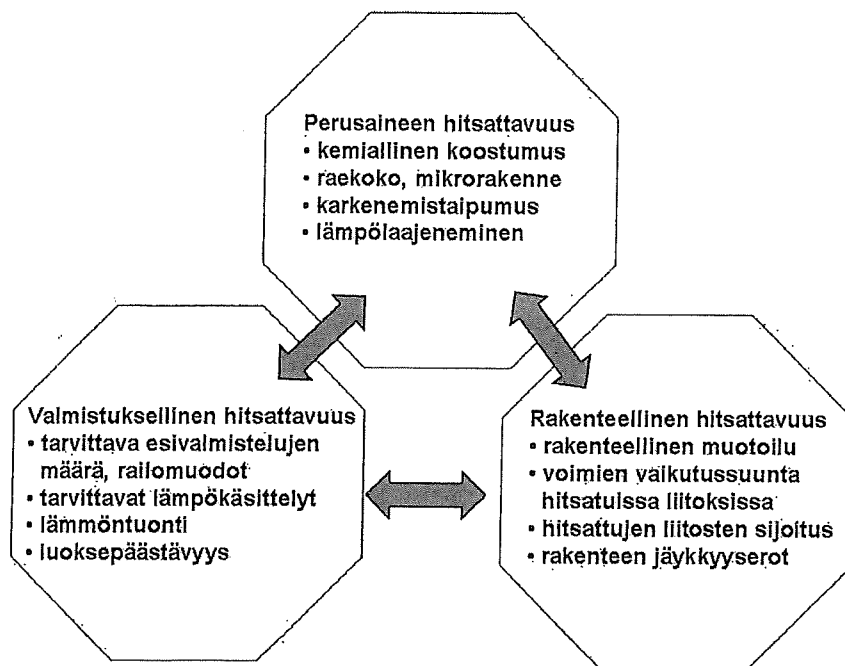
**Kuva 5.** Mekanismien mallinnuksen viitekehukseen kytkeytyvät hitsausrobotitutkimuksen mekanisminalyysin päävaiheet.



**Kuva 6.** DFMA:n viitekehukseen kytkeytyvät hitsausrobotitutkimuksen analysointityökalut.

DFMA-viitekehyyksessä tutkimuksen toteutus ja tutkimusmetodiikan muotoilu on asetettu haasteellisempaan mekanismissynteesiin ja -analyysiin perustuvaan viitekehukseen verrattuna. Suoraa matemaattista lähestymistä-

paa ei ole, vaan metodiikka voisi koostua useista erilaisista tunnetuista DFMA-työkaluista. Hieman sovelluskohteesta riippuen eri työkalut voisivat muodostaa triangulatiivisen lähestymistavan. Varsinainen tieteellinen uusi tieto voisi olla tuotettavissa kenties DFMA-metodiikan kehittämisestä ja sen testaamisesta robottihitsaukseen paremmin soveltuvaksi. Toisaalta käytännönläheinen ja yleistettävissä oleva tieto on helposti tunnistettavissa sopivia DFMA-työkaluja käytettäessä.



**Kuva 7.** Tuotteen hitsattavuuden analysointiin sopivat näkökulmat.

Jos DFMA:n viitekehyksestä alkanut tutkimus ulotetaan kuvan 7 perusteella hitsattavuuden kolmikantaiseen lähestymistapaan, tutkimusalueen laajentuminen myös hitsausmetallurgiaan vaikuttaa ilmeiseltä. Tämä tietysti helpottaa uuden tieteellisen tiedon löytämisen mahdollisuutta.

Edellä kuvattu tarkastelu osoittaa, että viitekehyksen asettaminen ja huolellinen määritys sekä ohjaa että antaa oikeutuksen tiettyjen tunnettujen analysointitapojen käytölle tai soveltamiselle. Lisäksi mahdollisten eri viitekehysten osittainen limittäisyys on ilmeistä ja tyypillistä tieteelliselle tutkimukselle.

Kokemus on myös osoittanut, että aloittelevalle tutkijalle hypoteesin asettaminen voi olla haasteellista. Teknisessä tieteessä hypoteesilla tarkoitetaan tutkijan tekemään odotettavissa olevaa tutkimustulosta koskevaa oletusta, joka on testattavissa jollakin tiedeyhteisön hyväksymällä tavalla. Oletuksen ei välttämättä tarvitse olla oikea, sillä tavoitehan on "vain" testata,



onko asetettu oletus oikea vai väärä. Usein testattava hypoteesi muuttuikin moneen kertaan tutkimuksen aikana. Tarkastellaan seuraavassa muutamaa esimerkkiä:

#### **Esimerkki 1.**

*"Muuttamalla nostopuomin nivelrakenne ja käyttämällä uusia materiaaleja saadaan kevyt ja vähän osia vaativa rakenne, jolloin valmistusvaiheiden määrä vähenee ja kustannukset laskevat."*

#### **Esimerkki 2.**

*"Tutkimuksen päähypoteesina on, ettei kaukolämpöverkko toimi toivotulla tavalla."*

Edellä olevista kahdesta esimerkistä (esimerkit 1 ja 2) puuttuu konkretia ja objektiivinen ote. Lisäksi hypoteesit ovat liian ympäröityjä.

#### **Esimerkki 3.**

*"The researcher believes that automation of ties machine end can significantly relieve operator's duty time and improve productivity."*

Edellä olevassa esimerkissä (esimerkki 3) asetettu hypoteesi on liian itseltään selvä. Myös englannin kielessä on toivomisen varaa.

#### **Esimerkki 4.**

*"Tutkimuksessa saadaan nykyiseen ongelmaan parannus kehittämällä nykyaikainen, täysin automatisoitu sahatavarapakettikuljetin, joka automaattisesti hälyttää trukinkuljettajan, kun tarvittava määrä paketteja on linjastolla."*

Edellä olevassa esimerkissä (esimerkki 4) hypoteesi on liian epätarkka. Esimerkissä ei vastata mm. seuraaviin kysymyksiin:

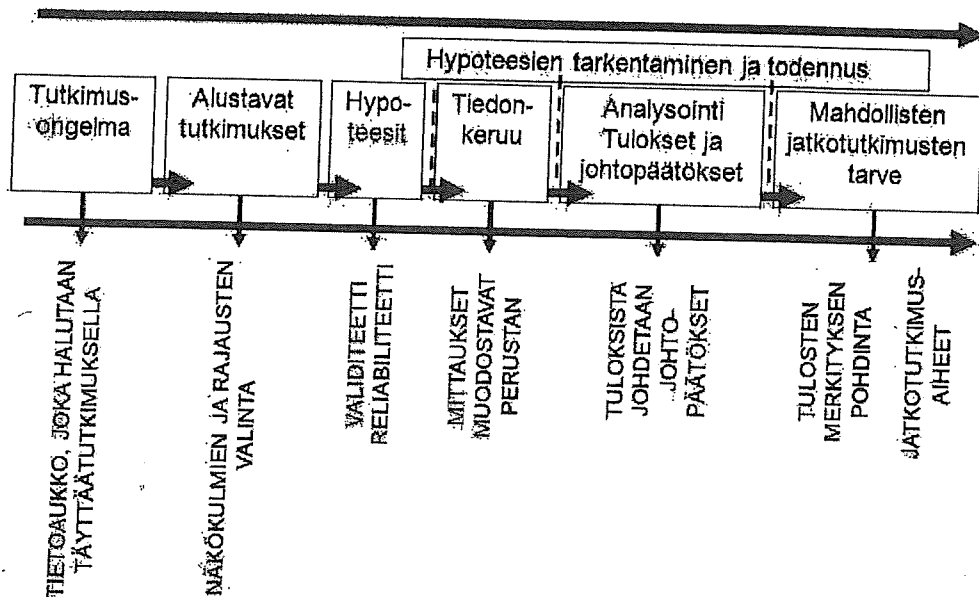
- Millainen parannus, kuinka suuri parannus, parannusten %-osuus, miten parannusta arvioidaan?
- Paljonko on "tarvittava määrä" paketteja?
- Mikä on tässä "nykyaikainen"?

#### **Esimerkki 5.**

Seuraava hypoteesiksi tarkoitettu lause ei itse asiassa ole hypoteesi lainkaan.

*"Tutkimuksella selvitetään kiinteistöautomaation tämänhetkinen kunto ja sen mahdollisten virhetilojen vaikutus kiinteistöjen käyttökustannuksiin."*

Monesti tieteellinen tutkimustyö noudattaa tekniikan aloilla aikajanalla toteutuvaa vaiheittaista etenemismallia, joka on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8. Tieteellisen tutkimustyön vaiheittainen etenemismalli.

### Lyhyesti tutkijan etiikasta

Puhuttaessa tutkimuksen ja tutkijan työn etiikasta esille nousee lukuisia periaatteita, joiden loukkauksia tiedeyhteisö joutuu nykyisin käsittelemään yhä toistuvammin. Monet valelääkärikohut ovat tuoneet tutkijoiden huulille kysymyksen valetutkijoista: joskus julmaksi väitetty tiedeyhteisö alkaa pohdita toisen tutkijan pätevyyttä lähinnä kateuden tai katkeruuden näkökulmasta, mutta tällöin ei ole kyse tutkijan kiistanalaisesta pätevyydestä. Olkoonkin, että kateus ja katkeruus tuskin lisäävät positiivisuutta tutkimusympäristössä, niin varsinaisesti vain ne tapaukset, joissa käytetään tekaistuja tutkimintoja tai titteleitä oman tutkimuksen arvon lisäämiseksi, ovat tapauksia, jotka kuuluvat tutkimuksen etiikan piiriin. Toinen kiihtyvällä vauhdilla etenevä ongelma tai suoranainen rikos on toisen tutkijan tulosten kopiointi ilman asianmukaisia viitteitä ja lupaa tai omien tutkimustulosten häikäilemätön vääristely.

Hieman hankalammaksi tilanne menee tapauksissa, joissa tutkija ajattelemattomuuttaan tulee kirjoittaneeksi puolittuuksia. Tyypillisin tapaus lienee vuosikausia kestäneen kirjallisuustutkimuksen jälkeen tehty toteamus, ettei samaa aihetta olisi koskaan tutkittu muualla. On varmempaa kuvata täsmällisesti, miten tiedonhaku on tehty, ja mitä lähteitä on käyty läpi, ja tyytyä hieman vaatimattomammin kertomaan, ettei noissa lähteissä ollut saman-

kaltaista tutkimusta. Jos suoraan valehdellaan, ettei tutkimusta ole aiemmin tehty, tai tuhotaan jo olemassa olevaa aineistoa, silloin kyse on vakavasta rikkomuksesta.

Haastattelut ja kyselytutkimukset tai ylipäätään tutkimukset, joissa kohteena on ihmisiä, aiheuttavat ongelman vastaajien vapaaehtoisuudesta, luvasta käyttää vastaajien tietoja tai kommentteja tutkimuksessa tai tulosten yhteydessä, luottamuksellisuuden varmistamisesta jne.

Tutkimuksen tulokset voivat joskus olla joko tutkijalle itselleen tai tutkimuksen tilaajalle epämiellyttäviä tai ei-toivottuja. Tällöin tutkijalta kysytään rohkeutta esittää myös tällaiset tulokset objektiivisesti ja taitoa olla kaunistelematta tuloksia analysoinnin, tulkintojen ja/tai johtopäätösten teon yhteydessä. Kuvaan 9 on koottu eräitä tutkimuksen etiikkaan liittyviä näkökulmia.

Tässä kirjassa halutaan korostaa, että yksi tieteellisen tutkimuksen kulmakivistä on myös hyvä tutkijan etiikka. Tieteellisessä tutkimuksessa tutkijan etiikka joutuu koetukselle ainakin kahden keskeisen kysymyksen kohdalla:

- Mikä on yleisesti tunnettua tietoa ja mikä on lainattua?
- Mikä on tutkijan vastuu tuottamastaan tutkimustuloksesta?



**Kuva 9.** Eräitä tutkimuksen etiikkaan liittyviä näkökulmia.

Ensimmäinen kysymys koskee ensisijaisesti lähdeviittausten tekemistä. Hyvä tutkija ei pelkää esittää tutkimustuloksissa tai johtopäätöksissä sen paremmin omaa mielipidettään kuin avoimesti viitata lähteeseen, jos sellaista on tutkimuksessa käytetty. Aivan oma lukunsa on tietenkin tutkimus-

tulosten manipulointi, väärentämien tai suoranainen varastaminen, joista mitään ei tiedeyhteisössä voida hyväksyä missään mittakaavassa. Ongelmallisempaa on kokeneen tutkijan näkemys "yleisesti tunnetusta tiedosta". Tutkijan kokemuksensa kautta sama tieto muovautuu hänen "omaksi tiedokseen", ja toisinaan rajanveto lähteestä poimitun ja yleisesti tunnetuksi katsotun tiedon välillä hämärtyy. Tämän kirjan kirjoittaja suosittelee arvon antamista alkuperäiselle tutkijalle ja kirjoittajalle eli mieluummin tekemään muutaman ylimääräisen lähdeviittauksen kuin uskottelemaan lukijalle tai itselleen tiedon olevan joko omaa näkemystä tai yleisesti tunnettua. Lisäksi tieteellisessä tutkimustyössä pyritään muutenkin objektiiviseen ja tiivistettyyn ilmaisuun, jolloin yleisesti tunnettavaa tietoa sisällytetään tutkimusraportteihin ja -suunnitelmiin vain minimimäärä. Totta kai netistä helposti saatava aineisto houkuttaa kokenuttakin tutkijaa tekemään kiireessä copy-paste-ratkaisuja esimerkiksi aikaa vievien kuvien tai kaavioiden kohdalla lähdeviitasta mainitsematta. Ehkä on myös paikallaan miettiä asiaa toisin päin: jos itse vie nettiin muille avoimesti saatavilla olevaa tutkimustietoa, olisiko hellävarainen copyright-huomautus sivustolla paikallaan ja mahdollisesti myös alkuperäislähteen maininta, ellei tuotettu sivusto ole suoraan ja vain nettikäyttöä varten?

Myös sellainen vaihtoehto tulisi muistaa, joissa tutkija rehellisesti ilmaisee vain muokanneensa toisen tutkijan laatimaa kaavaa, yhtälöä, periaatekuvaa tms. kirjaamalla viitteeseen esimerkiksi sanat "adapted from [x], further developed from [x], originally based on [x]". Tällainen viittaus ei tee tutkimuksesta yhtään vähempiarvoista, päinvastoin se osoittaa tutkijan sitoneen työnsä aikaisempaa tiedeyhteisössä hyväksytyyn malliin. Epäselvissä tapauksissa on aina korrektaa kysyä alkuperäiseltä materiaalin tuottajalta, voiko materiaalia käyttää. Yleensä tiedeyhteisössä suhtaudutaan asiallisiin ja perusteltuihin pyyntöihin suopeasti. Tutkijan tulisi muistaa lähteen käyttöä koskevat ohjeet sekä tutkimussuunnitelmassa, että -raportissa ja tutkimuksesta pidettävissä esitelmissä sekä nettiviestinnässä.

Toinen kysymys liittyy oleellisesti tutkijan vapauteen. Tutkijan tulisi kysyä itseltään, onko oikein tutkia valittua aihetta ja millaisia tutkimusmenetelmiä on oikein käyttää?

Monet tutkimukset tuottavat arkaluontoisia tuloksia ja kysymykseksi muodostuu, mikä on tutkijan vastuu siitä, mihin tuotettuja tutkimustuloksia käytetään?

Tietenkin silloin, kun tutkimusaihe on suoraan kohdistettu ihmisten tutkimiseen, edellisten kysymysten kohdalla on oltava valppaana. Yhtäläillä tekniikan alan tutkimuksessa tulee vastaan tilanteita, jolloin tutkija valinnoillaan vaikuttaa mielipiteisiin, ottaa tuloksillaan kantaa kehitystrendeihin jne. Tutkimukseen ja tutkimustuloksiin sisältyy monesti ylimääräisiä latauksia, joita tutkija ei ehkä tule ajatelleeksi ennen tutkimuksen aloittamista. Tekniikan alan tutkimus voi esimerkiksi painottaa ympäristöystävällisyyttä tai kestävän

kehityksen näkökulmia eri tavoin tai tuotesuunnittelu ergonomisia asioita eri tavoin. On huomattava myös, että pelkästään tutkimuksen tekeminen on jo signaali ympäristölle, vaikkei tutkimus olisikaan tuottanut vielä tuloksia yleisön tai tiedeyhteisön arvioitaviksi.

Tutkijan etiikka tulee eteen myös aivan konkreettisissa tutkimuksen toteutusvaiheissa. Haastateltavien tai kyselyyn osallistuvien henkilöiden anonymiteetti ja aineisto luottamuksellisuus pitää todellakin voida varmistaa, jos siitä on tutkittaville mainittu. Toisaalta vaikka mainintaa ei olisi, hyvä tieteellinen käytäntö ei anna lupaa julkaista arkaluonteisia asioita ilman asianmukaisia lupamenettelyjä.

Tutkimuksen toteutuksen aikana on monia vaiheita, jossa tutkijalla on kiu-sallinen mahdollisuus vaikuttaa tutkimuksen tuloksiin. Jopa kysymysten asettelulla tai tulosten esittämistavalla voidaan "ohjata" tuloksia haluttuun suuntaan. Hyvä tieteellinen käytäntö ei tietenkään hyväksy tällaista tarkoitushakuisuutta sen paremmin tutkimusta tehtäessä, tuloksia analysoitaessa kuin tuloksia esitettäessä.

**Tutkimusmetodiikan  
työkirja**

## **ESIPUHE**

Työkirjan tehtävien tarkoitus on kerrata tämän kirjan keskeiset aihepiirit.

Osaan tehtävistä on parempi vastata omin sanoin välttäen suoraa tekstin kopiointia. Jotkut tehtävät tosin voidaan ratkaista suoraan hakemalla oikea luettelo tai termi kirjan sisällöstä.

Tämän työkirjan tehtävät on jaettu viiteen päälukuun:

- I Tutkimustyön ja raportoinnin peruslähtökohdat
- II Kvantitatiiviset menetelmät
- III Haastattelututkimukset
- IV Tutkimusmetodologiaan liittyvät termit ja
- V Tutkimusraportin rakenne ja sisältö.

## I Tutkimustyön ja raportoinnin peruslähtökohdat

1. Millä peruskysymyksillä tiedeyhteisö arvioi tutkimuksen tieteellisyyttä?

---

---

---

---

---

2. Keitä varten ja miksi tiedeyhteisö laatii tutkimussuunnitelman?

---

---

---

---

---

3. Mitä tarkoitetaan tieteellisessä tutkimuksessa hypoteesilla?

---

---

---

---

---

---

4. Mikä ero on tutkimuksen viitekehyksellä, tutkimusongelmalla ja tutkimuskysymyksellä?

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

**62.** Mitä valmiuksia tieteen tulosten tunnetuksi tekeminen edellyttää tutkijalta?

---

---

---

---

---

Harri Eskelinen Sami Karsikas

## Tutkimusmetodiikan perusteet

**Tutkimusmetodiikan perusteet** käsittelee erityisesti tekniikan alan metodiikan erityispiirteitä. Kirja on esimerkkien avulla käytännönläheinen ja asioita on kuvattu mahdollisimman selkeästi. Asioiden havainnollistamiseen on käytetty erilaisia kaaviokuvia, kuvia sekä konkreettisia esimerkkejä erityisesti konetekniikan alalta.

Kirjassa käsitellään tutkimusraportin ja tutkimussuunnitelman laadintaa, yritysmaailmassa ja tiedeyhteisössä tehtävien tutkimusten hyvien käytänteiden yhdistämistä, tieteellisen tutkimuksen eri raportointi- ja viestintätapoja, tiedonhakuja, erilaisia tutkimusmetodeja, jakaumatarkastelua, virhetarkastelun periaatteita sekä herkkyysanalyysin perusteita.

Lisäksi kirjaan on koottu keskeisimpiä tutkimustyöhön liittyviä englanninkielisiä termejä. Kirja sisältää myös tutkimussuunnitelman ja tutkimusraportin rungot suomeksi ja englanniksi sekä konferenssi-esitelmän PowerPoint-pohjan. Kirjan loppuun on liitetty tutkimusmetodiikan työkirja, jonka avulla voi itsenäisesti harjoituttaa omaa oppimistaan.

**Tutkimusmetodiikan perusteet** soveltuu erinomaisesti yliopistojen ja ammattikorkeakoulujen tekniikan alan opiskelijoille sekä alalla jo työskenteleville ammattilaisille tutkimustyön käsikirjaksi.



Tammertekniikka  
2014

[www.tammertekniikka.fi](http://www.tammertekniikka.fi)

**Tammertekniikka**