

## Essee teknillisen mekaniikan tutkimuksen eettisistä kysymyksistä ja haasteista

Tero Frondelius<sup>1</sup>, Antti Mäntylä ja Joonas Vaara

**Tiivistelmä.** Artikkelin on koostettu kolmesta kurssin 920002J, Tieteellinen tutkimus ja etiikka, kevään 19.03.–10.04.2018 esseestä, jotka käsittelevät tutkimuksen eettisiä kysymyksiä ja haasteita. Teknillisen mekaniikan alalla tieteen etiikasta keskustellaan aivan liian vähän, ja tämän artikkelin tarkoituksena on toimia keskustelun avaajana toivottavasti samalla tuoden myös uusia näkökulmia aiheeseen. Osa näistä eettisistä asioista on Suomessa syntyneelle, eläneelle ja suomalaisen arvomaailman omaavalle henkilölle itsestäänselvyksiä.

*Avainsanat:* teknillinen mekaniikka, tutkimuksen etiikka, laske niin että se kestää

*Vastaanotettu 15.10.2019. Hyväksytty 15.1.2019. Julkaistu verkossa 16.8.2019.*

### Johdanto

Teknillinen mekaniikka käsittelee rakenteiden lujuusominaisuuksia ja pyrkii tieteenalana vastaamaan esimerkiksi kysymyksiin kestävästä rakenteesta, kuinka kauan ja millä todennäköisyydellä. Alalla tehtävä tutkimus on laaja-alaista matematiikan, fysiikan ja kemian teorian hyödyntämistä sekä mittaustulosten tulkintaa ja menetelmien kehittämistä. Alkuaikamme pohtia näitä eettisiä kysymyksiä ajattelimme ensin, ettei kysymys ole kovinkaan relevantti faktapohjaisessa insinööritieteessä, kuten teknillisessä mekaniikassa. Hieman pidemmälle viedyn pohdinnan jälkeen päädyimme itse asiassa päinvastaiseen tulokseen: eettisesti oikein tekeminen on jopa tärkeämpää insinööritieteenaloilla kuin monella muulla alalla [1–3]. Kun kyse on tutkimuksesta, voi olla usein vaikeaa arvioida tieteellisten saavutusten seurauksia. Tuskin Einsteinkaan tiesi, että hänen teoriansa massan ja energian relaatiosta johtavat atomipommin keksimiseen.

Etiikan tutkimus on kehittänyt menetelmän lähestyä eettistä kysymystä systemaattisesti kolmelta eri tarkastelusuunnalta: seuraus-, sääntö- ja hyve-eettiseltä näkökannalta [4]. Seurauseettisesti ajatellaan seurauksia eli punnitaan hyötyjä ja haittoja asianomaisille. Sääntöeettisesti kysymystä peilataan yhteisön sääntöihin, joko kirjoitettuihin tai kirjoittamattomiin. Hyve-eettisesti ajatellaan mikä on hyveellistä ja ihailtavaa toimintaa ja siinä keskeistä on myös ihmisen moraalisen luonteen (character) kehittäminen [5]. Kaikki nämä normit perustuvat arvoihimme ja moraaliimme – ne ovat voimakkaasti yhteiskun-

<sup>1</sup>Vastuullinen kirjoittaja. [tero.frondelius@oulu.fi](mailto:tero.frondelius@oulu.fi)

nan ja ympäristömme sanelemia. Kaikella tällä pyritään kuitenkin siihen, että tutkijat voisivat nukkua yönsä hyvin.

Tyypillisesti teknillisen mekaniikan eettiset kysymykset voidaan karkeasti jakaa kahteen kategoriaan: poliittisiin ja egoistisiin. Poliittiset eettiset haasteet juontuvat esimerkiksi tutkimuksen ja tulostavotteiden yhteensovittamisesta tai rahoituksen jatkumisen varmistamisesta. Tällainen voi johtaa esimerkiksi analyysimenetelmien tahalliseen väärinkäyttöön, tutkimustulosten vääristelyyn, heikkojen signaalien kuuntelematta jättämiseen sekä mittareiden vääristelyyn. Egoistiset haasteet juontuvat enemmän arvovaltakysymyksistä, ja niihin liittyy oman ymmärtämättömyytensä huomiotta jättäminen, omaa hypoteesia tukevien lähteiden liiallinen käyttö, plagiointi, uuden tiedon vinoutunut peilaaminen omaan tutkimushistoriaan sekä populismi.

Monet tutkimuksen eettiset kysymykset liittyvät myös toimintaan teollisuusyrityksen sisällä. Eri osastojen välillä tapahtuva kommunikaatio ja tulosten jakaminen ovat avainasemassa tuotekehityksessä. Esimerkkinä mainittakoon perinteinen vitsi ”Laske niin että se kestää!”, mikä johtaisi sellaiseen tilanteeseen, että lujuuslaskija joutuu epäeettisesti vääristelemään tuloksia aikataulu- tai tulospaineiden alla. Projektipohjainen työskentelyympäristö tuo myös mukanaan omat haasteensa. Usein on kiire, täytyy perustella tutkimuksen rahantarve, asiakkaille voi joutua näyttämään tuloksia, mutta kilpailijoille ei saa jakaa tietoa. Usein herää myös kysymys, onko projektia alunperinkään aikataulutettu oikein, ja onko tekijän edes mahdollista noudattaa annettuja ohjeita ja pysyä silti annetussa aikataulussa. Onko kaikkien yritysten arvoissa eettisyys mukana? Onko kaikille toimijoille tärkeää, että toimimme eettisesti oikein? Tarvitaanko valvontaa lisää, vai toimivatko kaikki ihmiset eettisesti oikein? Meneekö ahneus etiikan edelle?

Eettisiä haasteita on lukuisia, esimerkiksi epäeettisten ilmiöiden mahdollisten seurausten vaarallisuus, kustannukset, vaikutukset yrityksen maineeseen sekä asiakkaiden luottamukseen. Odottamattomat fretting- ja väsymisvauriot ovat johtaneet esimerkiksi matkustajalentokoneiden moottoreiden räjähtämiseen [6]. Tyypiesimerkkinä insinöörien etiikasta puhuttaessa yleensä käytetään Challenger-avaruussukkulan tarinaa. Se tuhoutui vuonna 1986 vain 73 sekuntia laukaisunsa jälkeen, koska yksi tiivisterengas petti. Havainnot ja tiivisteiden luotettavuudesta lämpötilan funktiona oli tehty 23 aikaisemmalla lennolla. Ulkolämpötila onnettomuuspäivänä oli 31 Fahrenheit-astetta, ja nykyisillä analyysimenetelmillä vaurioitumistodennäköisyyden onnettomuuspäivänä on arvioitu olleen noin 99%. Edellisenä iltana käyty keskustelu on jäänyt talteen, ja insinöörit kyllä varoittelivat laukaisun vaarallisuudesta, mutta varoituksista huolimatta johto teki ratkaisun laukaista, mistä seurasi katastrofi. [7, 8]

*”Jos humanisti on epäeettinen, hän aiheuttaa useimmiten harmia vain itselleen ja lähipiirilleen. Jos insinöörin etiikka pettää, siitä voi olla vakavat seuraukset. Insinöörit suunnittelevat koneita ja tuotteita, ja niiden pitää olla turvallisia.”*  
– Paul Lillrank, tuotantotalouden professori Aalto yliopisto [9]

Suomalaisesta yliopistosta voi valmistua diplomi-insinööriksi käymättä yhtään ainutta etiikan kurssia. Tulisiko eettisiä arvoja siis korostaa opetuksessa [10], vai riittääkö suomalainen arvopohja? Toisaalta vuonna 2012 Oulun yliopistosta melkein valmistuttiin taikavarvulla tohtoriksi [11]. Paavo Huttusen väitöskirja *Spontaanit käsienvälikkeet VHF-alueen heikon sähkömagneettisen säteilyn kenttägradien-teissa*, kuva 1, lopulta hylättiin 19.12.2012. Vaikka huuhaa pääsikin pitkälle, lopulta prosessi toimi, ja epätieteellinen työ hylättiin. Kannustamme lukemaan Tikkasen artikkelin [11] aiheesta. Tämä herättääkin

kysymyksen: mikä on yliopisto-opettajan vastuu siitä, millä valmiuksilla opiskelija valmistuttuaan lähetetään työelämään?



Kuva 1. Taikavarvulla melkein tohtoriksi. Oulun yliopiston väitöskirja, joka on hylätty vasta väitöstilaisuuden jälkeen.

Entä yliopiston vastuu erityisesti siitä, miten huolehditaan osaavien ihmisten koulutuksesta? Näin teollisuusnäkökulmasta yliopistouudistuksen myötä rahoituskriteerien vaikutukset myös näkyvät. Esimerkiksi tutkinnon keston rajoittaminen neljään vuoteen ja erityisesti 55 opintopisteen rajan käyttäminen yliopiston rahoituksen mittarina on johtanut selkeään laadun heikkenemiseen täältä teollisuudesta katsottuna. Suurin osa opiskelijoista läpäisee kurssin ensimmäisellä kerralla huolimatta siitä, mikä heidän osaamisensa on. [12] Entäs mikä on opiskelijan vastuu, kun hän tärppejä tentteihin lukiessaan pyrkii laiminlyömään opiskelijan velvollisuudet ja läpäisemään kurssit niiden sisältöjä oppimatta? Kirjoittajat ovat kesäharjoittelijoita ja vastavalmistuneita työntekijöitä perehdyttäessään huomanneet tällaisen ulkoopettelemisen petollisuuden. Heillä saattaa olla kaikista oleellisista kursseista paras mahdollinen arvosana, muttei minkäänlaista kykyä soveltaa ”oppimaansa” tietoa työelämässä.

Mikäli epäeettiset asenteet pääsevät pesiytymään tutkimukseen, ennen pitkää ne ujutautuvat myös opetukseen ja ainekset epidemiaan ovat olemassa. Jos laskentaohjeisiin mennään tekemään virhe aikataulupainostuksen takia, se voi pahimmillaan johtaa ongelmaepidemiaan, kuten Suomessa on koettu joidenkin maneesihallien ja ostoskeskusten kattojen sortuessa. Lujuuslaskentaohjeet, standardit (esimerkiksi Eurokoodi) ja tässä tapauksessa valvova viranomaisena, tai yleisemmin *auktoriteetti*, ovat luoneet ns. ”False positive trust” -ilmiön, jossa lujuuslaskentaa suorittava taho on luottanut, että rakennusvalvontaa suorittava taho on ollut perillä menetelmistä ja olisi kyllä huomauttanut, jos laskelmissa olisi jotain väärin tai virheellisesti analysoitu. Viimeaikoina palstatilaa ovat

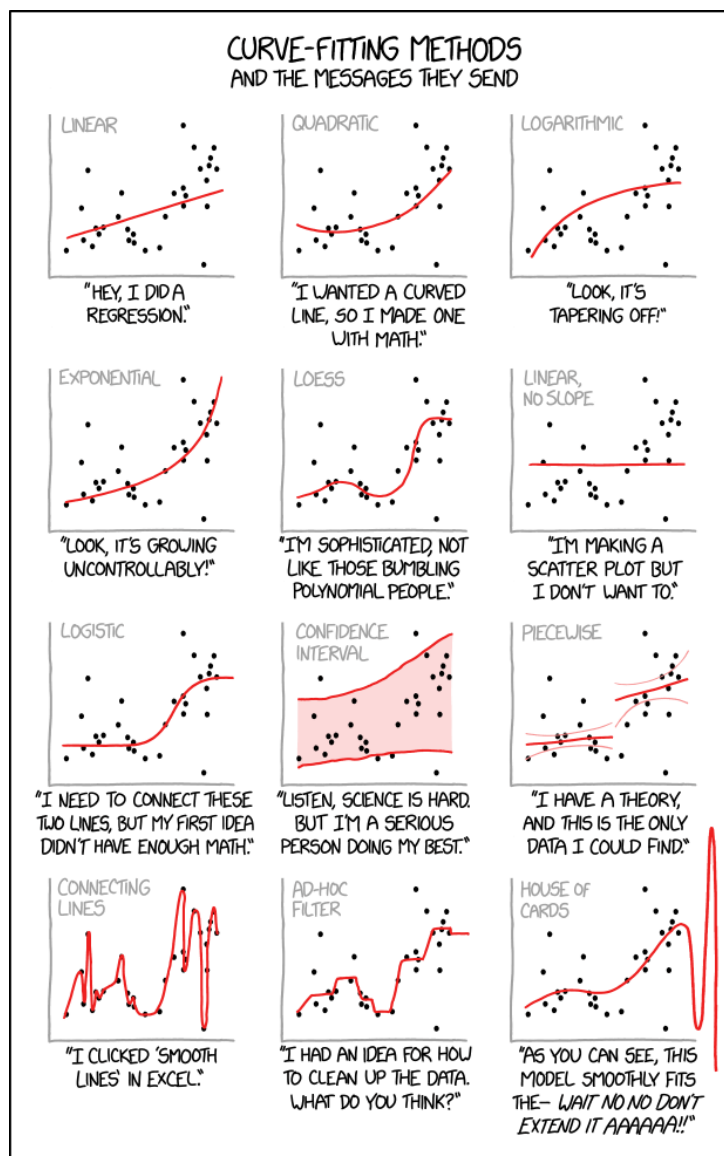
saaneet Volkswagenin päästöhuijaus [13], Kobe steelin mittaustulosten vääristely [14] sekä Nokian rengasskandaali [15]. Kirjoitushetkellä epäillään myös BMW:n syyllistyneen vilpilliseen toimintaan [16].

## Eettiset haasteet ja niiden enneltaehkäisy teknillisen mekaniikan tutkimuksessa

Seuraavaksi pohdimme muiden tutkijoiden toimintatapoja ja niissä havaittuja mahdollisia eettisiä ongelmia. Yksi tällainen toimintatapa on ns. "cherry picking" eli suomeksi rusinoiden poimiminen pullasta. Teknillisen mekaniikan tapauksessamme, samoin kuin muissakin tieteissä, tarkoittaa, että tutkija poimii vain omaa maailmankuvaansa ja näkemyksiään tukevia lähteitä ja muuta todistusainestoa ja jättää huomioimatta kokonaan vastapuolen hypoteesit, argumentit ja jopa faktat. Tässä mielestämme ohjaajan (professorin tai esimiehen) rooli korostuu, ja noteeraamalla muiden tulokset ja näkemykset julkaisuun voidaan saada relevanttia tieteellistä keskustelua. Ohjaajan täytyy olla riittävästi perillä aiheesta, jotta hän pystyy huomaamaan, jos tutkija yrittää jättää joitakin oleellisia tutkimustuloksia huomioimatta. Toinen kyseenalainen toimintatapa, joka koskee lähes samalla tavalla kaikkia tieteenaloja, on datan puhdistaminen eli ääriarvojen siivoaminen pois jollakin tekosyyllä, jotta jäljelle jäävä data tukee paremmin omaa hypoteesia, jolloin esimerkiksi käyrän sovitus onnistuu paremmin. Samaan kategoriaan kuuluu myös tuloskuvaajien skaalojen venyttäminen, tai lukijan ohjaaminen ehdotetun mallin piirtämisellä, jotta olematonkin ilmiö saataisiin näyttämään merkittävältä. Katso loistavasti tehty esimerkki ilmastonlämpenemisestä [17]. Mallilla ohjaamisesta on tehty osuva karikatyyri [18], joka on esitetty kuvassa 2. Tässäkin vastuu on ohjaajalla. Herääkin kysymys, onko ohjaajalla riittävästi aikaa perehtyä tutkijan tutkimukseen ja menetelmiin havaitakseen mahdolliset väärinkäytökset.

Seuraava mahdollinen eettinen ongelma ovat kaikenlaiset tulostavoitteet, jotka johtavat lokaaliin mittarioptimointiin. Esimerkkinä mainittakoon yliopistoyksiköiden keskinäinen kilpailu ja vertailu tutkimuspapereiden määrän perusteella. Onko määrää haettaessa mahdollista, että laatu kärsii? Onko tutkijalle tai tutkimusryhmän vetäjälle tärkeämpää tehdä tieteellisesti korkealaatuisia, hyvin pohdittuja ja helposti luettavia tieteellisiä julkaisuja vai vain julkaista määrällisesti paljon? Onko eettisesti oikein, jos joku viittaa omiin julkaisuihinsa kohtuuttoman monta kertaa esimerkiksi niputtamalla kaikki julkaisut yhteen pitkään listaan [artikkeli 1–artikkeli 20]? Entä jos samoja julkaisuja käsitelläänkin ryhmissä aihepiireittäin: esimerkiksi fretting- ja väsymisartikkeleita [artikkeli 1–artikkeli 13, artikkeli 19, artikkeli 20] sekä moottoridynamiikkaan [artikkeli 14–artikkeli 16] tai ohjelmointiin [artikkeli 17, artikkeli 18] liittyviä artikkeleita ruoditaan ryhmittäin erikseen? Kuinka monta viittausta (omiin julkaisuihin) on liikaa? Onko omien töiden markkinoiminen sallittua? Eikö omiin töihin viittaaminen ole parasta mahdollista markkinointia? Tai vanhaa sanontaa mukaillen "kuka sen kissan hännän nostaa jollei kissa itse"? Kirjoittajien mielestä omiin töihin pitää viittata, kunhan lähteet ovat relevantteja. Selvennykseksi mainittakoon, että edellisiä viittauksia käytettiin tarkoituksella huonona esimerkkinä.

Asiantuntijuus luo auktoriteettia, ja siihen liittyy myös vastuu. Asiantuntijaan luotetaan, mutta saavutettua luottamusasemaa voi toki käyttää myös epäeettisesti hyväkseen yhteisössä oman edun tavoittelussa. Tosin koemme sen olevan lyhytnäköistä maassa, jossa suurin osa alan toimijoista tuntee toisensa. Teknisesti laskentatuloksia on yleensä suhteellisen helppo vääristellä käyttämällä asiantuntija-asemaa hyväkseen esimerkiksi kasvattamalla elementtien kokoa, jolloin jännitykset pienenevät ja varmuuskertoimet vastaavasti kasvavat. Tämä voisikin näin ollen tarjota houkuttelevan ulospääsyn aikataulupaineista



Kuva 2. Karikatyyri mallin sovittamisesta dataan. [18]

epäeettisin keinoin.

Tilastomatematisessa ajattelussa – ja tieteessä ylipäätänsä – tulisi pyrkiä suhtautumaan skeptisesti kaikkeen, mikä haastaa status quo:n eli nollahypoteesin. Eettisiin kysymyksiin voidaan törmätä, mikäli tutkimukselle on asetettu ennako-odotuksia, ja vaikka mittaukset osoittaisivatkin, että tutkittavalla ilmiöllä ei ole kovin merkittävää roolia. Tähän voi valmistautua ymmärtämällä, että myös ilmiön poissulkeminen ajaa tiedeyhteisöä eteenpäin, vaikka toisenlainen tulos voisikin olla alalla eräänlainen tieteellinen läpimurto, minkä tiedostaminen voi ajaa lyhytnäköiseen kunnian tavoitteluun. Tämän eliminoimiseksi pyritään tekemään perusteltua tutkimusta, joka systemaattisesti ja monialaisesti sulkee pois väärän tulkinnan mahdollisuuden. Omia ideoita on pystyttävä kritisoimaan ja kyseenalaistamaan olivatpa ne kuinka rakkaita ja suurella vaivalla hankittuja tahansa. Kun on osoittanut tiedostavansa jonkin asian rajoitukset tai heikkoudet, on helpompi vastata kritiikkiin tai peilata tuloksiaan toisten tutkijoiden esittämiin tutkimustuloksiin.

Yksi klassinen eettisen ajattelun teemoista ovat riippuvuussuhteet, joista hyvänä esimerkkinä mainittakoon tupakkayhtiöiden teettämät tutkimukset tupakoinnin vaarallisuudesta. Tyypillisesti riippuvuussuhteet muodostuvat rahallisesta eli materiaalisesta riippuvuudesta, mutta ne voivat muodostua myös henkisestä riippuvuudesta. Uskaltaako esimerkiksi nuori tutkija olla eri mieltä professorinsa kanssa? Teknillisen mekaniikan tutkimus on melko lähellä perustutkimusta, jonka kaupallistaminen yleensä nähdään pidempänä prosessina, ja tämä voi näkyä alan rahoituksessa – ja ajaa esimerkiksi tulosten merkityksen liioitteluun tai olemattomien *strategisten* asiayhteyksien lisäämiseen tutkimusajatusta myytessä. Myös rahoituksen löytäminen kattaviin mittauksiin voi olla haastavaa. Tämä on saattanut johtaa siihen, että fysikaalisen kausaliteetin eli sen, mikä näkyy mikroskoopin alla, on alallamme ajateltu olevan vahvempi evidenssi kuin tilastomatematisen päättelyn. Tutkimustulosten kaupallistaminen on toinen eettinen teema. Tutkimuksessa lisääntynyt ymmärrys selittävistä mekanismeista tuottaa paremman ymmärryksen koneen tai rakenteen toiminnasta sekä mahdollistaa uudenlaista ajattelua, toimintatapoja tai jopa tuotteita. Yrityksissä pidetään tärkeänä keksintöilmoitusten tekemistä, ja yritykset mittaavatkin tarkasti tutkimus- ja kehitysorganisaatioidensa patenttien määrää.

Jotta tutkimuksen eettinen pohdinta olisi kattavaa, tulisi myös miettiä, kuinka tutkimustuloksia käytetään. Meidän tutkimustulostemme sovelluskohteena ovat suuret, pääasiassa matkustajalajajojojen ja voimalaitosten polttomoottorit, joten myös eettisistä ilmiöistä johtuvat mahdollisesti ihmishengille vaaralliset seuraukset on huomioitava. Perustuuhan raskaiden ja korkeasti kuormitettujen pyörivien osien mitoitus osittain juuri tutkimustemme tuloksiin. Tähän teemaan liittyvät myös kaikki koneidemme kanssa kosketuksiin joutuvat ihmiset, jolloin on podittava, minkälaisia seurauksia tutkimustuloksilla voi olla, ja ketä ne koskettavat jne? Todellisten komponenttien simulointi herättää huomattavasti enemmän kiinnostusta ja luottamusta kuin akateeminen testilaitteiden simulointi. Oikean elämän esimerkit teollisuudesta lisäävät esitettävien tutkimustulosten uskottavuutta ja kiinnostavuutta. On myös mietittävä hyvin tarkkaan miten tuloksia esittää, kenelle tulokset päätyvät, mitä voi julkaista, ja mitä vaikutuksia tuloksilla on. Usein erääksi ongelmaksi kuitenkin muodostuu julkaisujen tekeminen todellisista tapauksista. Asiakkaan dataa ei voi julkaista ilman lupaa, mutta omassa laboratorioissa tehtyjä mittauksia kyllä jossain määrin. Täytyy kuitenkin olla hyvin varovainen ja keskustella laajasti yrityksen sisällä siitä, onko data soveliaista julkaista. Tässä asiassa helpottaa, jos tutkimusryhmä koostuu pääasissa yrityksen omista asiantuntijoista, joilla on näkemystä eri asioiden arkaluonteisuudesta. Yksi tärkeimmistä seikoista tutkimuksessa on rehellisyys itselle ja muille. Tulosten esittäminen liaksi omaa tai jonkun muun etua ajatellen

olisi hyvin lyhytkatseista, ja siitä seuraisi mahdollisesti paljon ongelmia pidemmällä aikavälillä. On myös hyvin tärkeää tutustua toisten tekemään tutkimukseen perusteellisesti ennen kuin alkaa sitä kommentoida tai varsinkaan kritisoida. Positiivinen ilmaisutapa on negatiivista hyödyllisempi tällaisissa yhteyksissä.

Alalla tehtävät mittaukset ja niihin vaadittava kalusto ovat yleensä kalliita, ja tästä syystä mittaustulokset ovat usein yritysten rahoittamina salassapidettäviä ja käytettävissä vain niiden omiin tarkoituksiinsa. Koko ihmiskunnan kannalta ei tietenkään ole kovin eettistä, että tietoa pantataan ja sillä pyritään hankkimaan kilpailuetua. Salassapidettyyttä lukuunottamatta ainetta ja fysiikkaa tutkiessa aineistojen keruussa on hyvin harvoin muita eettisiä ongelmia, jotka voisivat esimerkiksi vaatia aineiston hävittämisen suunnittelua. Julkaistaessa näkee toisinaan myös jäljitettävyyden tahallista katkaisemista, jolloin tulokset näennäisesti julkaistaan, mutta ne eivät ole toisten täysin hyödynnettävissä. Tämä seikka ei toki ole niin tärkeä, mikäli julkaisussa keskitytään todistamaan jokin ilmiö eikä absoluuttisia arvoja. Valaisemme edellistä kohtaa esimerkin avulla: Julkaisussa, jonka tavoitteena on mittauksin osoittaa, että materiaalin väsymisraja on yli 500 MPa, tuskin voidaan normeerata SN-käyrän jännitys-akselia. Mikäli tavoitteena taas on osoittaa, että pintakäsitelty materiaali on väsymiskestävyydeltään 20% parempi kuin käsittelemätön, normeeraus voidaan hyväksyä.

Mittauksiin liittyy aina satunnaisuutta, jolloin tilastomatematiikkaanalyysi on luonnollinen työkalu. Tilastomatematiikan käytössä, kuten muissakin analyysimenetelmissä, on kuitenkin omat sudenkuoppansa. Aukoton todistus voidaan tehdä ainoastaan matemaattisille teoreemoille, joten kaikilla muilla tieteenaloilla joudutaan elämään ja tekemään johtopäätöksiä jonkinasteisessa epävarmuudessa. Tulokset pyritään analysoimaan tyypillisesti valmiita kirjastoituja ratkaisuja käyttäen, mutta suuri osa analyysityökaluista myös ohjelmoidaan itse. Tämä asettaa suuren vastuun tutkijalle siitä, että hän on ymmärtänyt implementoimansa analyysimenetelmän ja myöskin ohjelmoinut sen oikein. Kun puhutaan rakenteiden lujuuslaskennasta, tulee huomioda, että menetelmiä käytetään hyvin laajasti myös muualla esim. rakennusten, koneiden ja kulkuneuvojen mitoituksessa, jolloin virheelliset laskennat voivat johtaa erittäin vakaviin vaurioihin ja jopa ihmishenkien menetykseen.

Eräs varteenotettava seikka tuloksia esitettäessä on selkeä spekulointi ja varsinaisten tulosten erottelu. Turha spekulointi on suositeltavaa jättää kokonaan pois julkaisusta. Tällä tavoin pyritään minimoimaan väärinymmärrysten määrä ja mahdolliset väärät tulokset. Myöskään perusteettoman varmuuden lietsominen ei ole eettistä, vaan tarpeen tullen täytyy pystyä myöntämään, että asian todentaminen vaatii lisää tutkimusta. Yleensä pyritään menettelemään siten, että menetelmien epätarkkuuden tai tiedon puuttumisen takia ollaan jonkin asian suhteen jopa ylivarovaisia katastrofien välttämiseksi. Kun sitten saadaan tarkempia malleja ilmiöiden ennustamiseksi, uskalletaan varmuusrajoja alkaa pienentämään, mikä mahdollisesti johtaa alimitoitukseen, jos menetelmän luotettavuutta ei tunneta. On parempi kertoa rehellisesti menetelmän heikkouksista jossakin tilanteessa kuin peitellä asioita. Tämä on äärimmäisen tärkeää muistaa myös yrityksen sisäisessä kommunikaatiossa, jotta vältetään vaarallisilta ja kalliilta kenttävaurioilta.

Viimeisenä aiheena haluamme nostaa esiin plagioinnin. Määritelmän mukaan jopa itseään voi plagioida, mutta toisaalta on täysin insinöörin järjen vastaista keksiä pyörää uudelleen. Plagiointi on luonnollisesti tuomittavaa, jos väittää jotain tekstiä omakseen eikä anna asiaan kuuluville tahoille tunnustusta heidän työstään. Mutta onko suora tekstin lainaaminen sitten pahasta? Kannattaako pyörää keksiä uudelleen? Eli jos joku on jo täydellisen kuvaavasti onnistunut muotoilemaan jonkin asian, eikö olisi järkevää käyttää



tuota hyvin muotoiltua tekstiä sellaisenaan, ja nostaa alkuperäistä kirjoittajaa asiaankuuluvasti esille? Toisaalta voidaan kysyä, sisäistääkö tutkija asian, jos hän vain leikkaa ja liimaa tekstin sellaisenaan, eikä prosessoi sitä itse? Eli onko tutkimuksen laatumielessä kuitenkin hyvä, että suoria lainauksia vältetään, ja teksti kirjoitetaan uudelleen, koska silloin tutkija on joutunut prosessoimaan tekstin itse ja sisäistää asian huomattavasti paremmin kuin vain nopeasti kopiaamalla? Kirjoittajien mielestä lainaamisessa ei ole mitään pahaa, kunhan lähdeviittaukset ovat kunnossa, ja lainattu teksti on selvästi merkitty lainatuksi. Teknisen mekaniikan tutkimus on tyypillisesti melko kallista ja aikaavievää ja perustuu paljolti tutkijan hankkimaan ymmärrykseen ja taitoihin. Näistä syistä esimerkiksi yhteiskirjoittajuudessa ei käytännössä tarvitse pelätä jonkun varastavan ideasi ja julkaisevan sen yksinään. Tämä mahdollistaa myös vapaamman keskustelun ja ajatustenvaihdon alan toimijoiden välillä.

## Johtopäätökset

Käyttämällä maalaisjärkeä pääsee hyvin pitkälle. Suomalainen arvopohja antaa hyvän ponnahduslautan eettiselle toiminnalle. Me elämme maailman vähiten korruptoituneessa maassa ja haluamme tehdä asiat eettisesti oikein, kunhan vain seuraamme omia arvojamme. Ehkä tärkein tapa asian varmistamiseksi on ottaa tutkimuksen eettiset kysymykset aika ajoin puheeksi. Tämän artikkelin tarkoitus on avata keskustelua aiheesta teknillisen mekaniikan osalta. Toivomme, että Rakenteiden Mekaniikka lehden lukijat tulevat rohkeasti mukaan tähän avoimeen keskusteluun teknillisen mekaniikan eettisyydestä. Samalla tavalla toivomme, että lukijat avaavat eettisen keskustelun kahvipöydissä ympäri maan ja toivottavasti tämän artikkelin innoittamina alkavat pohtimaan omia arvojaan ja tieteen etiikkaa teknillisessä mekaniikassa. Edellä mainittuja eettisiä teemoja voisi ainakin huomioida työyhteisössä kommunikoidessa, vaikka siellä monen asian suhteen toimitaankin vapaammin kuin esimerkiksi tieteellisiä julkaisuja laadittaessa. Rehellisyys sekä yritysten sisällä että tiedeyhteisöissä on ehkä tärkein asia, ja siitä on pidettävä kiinni riippumatta houkutuksista tai ulkopuolisesta paineesta.

## Kiitokset

Kirjoittajat haluavat kiittää kurssin 920002J Tieteellinen tutkimus ja etiikka, kevät 19.03.–10.04.2018, tehtävän kaksi nimettömiä vertausarvioijia, joiden ansiosta artikkelista tuli huomattavasti parempi. Lisäksi haluamme kiittää Rakenteiden Mekaniikka -lehden kahta nimetöntä vertaisarvioijaa, joiden ansiosta artikkelin laatu nuosi entisestään.

## Viitteet

- [1] Charles Byrns Fleddermann. *Engineering ethics*, volume 4. Prentice Hall Upper Saddle River, NJ, 1999.
- [2] Joseph R Herkert. Future directions in engineering ethics research: Microethics, macroethics and the role of professional societies. *Science and engineering ethics*, 7(3):403–414, 2001. URL: <https://doi.org/10.1007/s11948-001-0062-2>.
- [3] Charles E Harris. The good engineer: Giving virtue its due in engineering ethics. *Science and Engineering Ethics*, 14(2):153, 2008. URL: <https://doi.org/10.1007/s11948-008-9068-3>.



- [4] Juhani Pietarinen. Etiikka, 2015. Haettu: 10.10.2018. URL: <http://filosofia.fi/node/6985>.
- [5] Rosalind Hursthouse and Glen Pettigrove. "Virtue Ethics", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Winter 2018 Edition)*. Metaphysics Research Lab, Center for the Study of Language and Information, Stanford University, Stanford, CA 94305, 2018. URL: <https://plato.stanford.edu/archives/win2018/entries/ethics-virtue/>.
- [6] JJ Duga, WH Fisher, RW Buxbaum, AR Rosenfield, AR Buhr, EJ Honton, and SC McMillan. Fracture costs united-states 119 billion dollars a year, says study by battelle nbs. *International Journal of Fracture*, 23(3):R81–R83, 1983.
- [7] Randy Y. Hirokawa, Dennis S. Gouran, and Amy E. Martz. Understanding the sources of faulty group decision making: A lesson from the challenger disaster. *Small Group Behavior*, 19(4):411–433, 1988. URL: <https://doi.org/10.1177/104649648801900401>, arXiv:<https://doi.org/10.1177/104649648801900401>, doi:10.1177/104649648801900401.
- [8] William T Lynch and Ronald Kline. Engineering practice and engineering ethics. *Science, technology, & human values*, 25(2):195–225, 2000.
- [9] Raili Leino. Insinöörin etiikka ei saa pettää. *Tekniikka & Talous*, Toukokuun 12. 2016. URL: <https://www.tekniikkatalous.fi/ttpaiva/insinöörin-etiikka-ei-saa-pettaa-6549915>.
- [10] Louis L Bucciarelli. Ethics and engineering education. *European Journal of Engineering Education*, 33(2):141–149, 2008.
- [11] Kari A. Tikkanen. Taikavarvulla tohtoriksi? *Skeptikko*, pages 4–7, 2012. URL: <https://skeptis.blob.core.windows.net/skeptisweb/2012-2-skeptikko.pdf>.
- [12] Kalevi Rantanen. Kun laskutaito rapistuu, rakennukset sortuvat – ”Satumainen onni, koska henkilövahingot ovat olleet vähäisiä”. Haettu 15.01.2019. URL: [https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/rakennus/kun-laskutaito-rapistuu-rakennukset-sortuvat-satumainen-onni-koska\\_henkilovahingot-ovat-olleet-vahaisia-6742751](https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/rakennus/kun-laskutaito-rapistuu-rakennukset-sortuvat-satumainen-onni-koska_henkilovahingot-ovat-olleet-vahaisia-6742751).
- [13] Wikipedia. Volkswagen emissions scandal. Haettu 15.01.2019. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Volkswagen\\_emissions\\_scandal](https://en.wikipedia.org/wiki/Volkswagen_emissions_scandal).
- [14] Reuters. Kobe steel, toyota hit with u.s. lawsuit over vehicle metal quality, March 2018. Haettu 15.01.2019. URL: [https://www.reuters.com/article/us-kobe-steel-scandal-lawsuit/kobe-steel-toyota-hit-with-u-s-lawsuit-over-vehicle-metal-quality\\_idUSKCN1GI20I](https://www.reuters.com/article/us-kobe-steel-scandal-lawsuit/kobe-steel-toyota-hit-with-u-s-lawsuit-over-vehicle-metal-quality_idUSKCN1GI20I).
- [15] Iltalehti. Autot nokian renkaiden huijaus kuohuttaa maailmallakin - ”skandaali”, February 2016. Haettu 15.01.2019. URL: [https://www.iltalehti.fi/autot/2016022621179491\\_au.shtml](https://www.iltalehti.fi/autot/2016022621179491_au.shtml).

- [16] Auto Express. BMW HQ raided in diesel emissions cheating probe, September 2018. Haettu 15.01.2019. URL: <https://www.autoexpress.co.uk/car-news/100219/bmw-hq-raided-in-diesel-emissions-cheating-probe>.
- [17] Sceptical Science. Broken hockey stick, 2018. Haettu 10.10.2018. URL: <https://www.skepticalscience.com/broken-hockey-stick.htm>.
- [18] XKCD. A webcomic of romance, sarcasm, math, and language. curve-fitting., 2018. Haettu 10.10.2018. URL: <https://xkcd.com/2048/>.

Tero Frondelius  
Oulun yliopisto  
Pentti Kaiteran katu 1  
90014 Oulun yliopisto  
s-posti: [etunimi.sukunimi@oulu.fi](mailto:etunimi.sukunimi@oulu.fi)

Tero Frondelius, Antti Mäntylä, Joonas Vaara  
Wärtsilä  
Järvikatu 2-4  
65100 Vaasa  
s-posti: [etunimi.sukunimi@wartsila.com](mailto:etunimi.sukunimi@wartsila.com)