

## **Putkiaivoja vai teknistä ajattelua?**

**Tekninen ajattelu ja sen kehittyminen  
perusopintojen aikana**

Eero Antila

Opinnäytetyö

Syyskuu 2020

Tekniikan ala

Insinööri (AMK), sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Antila, Eero	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Syyskuu 2020
	Sivumäärä 37	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: kyllä
Työn nimi <b>Putkiaivoja vai teknistä ajattelua?</b> Tekninen ajattelu ja sen kehittyminen perusopintojen aikana		
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Olli Väänänen, Veli-Matti Häkkinen		
Toimeksiantaja(t) Jyväskylän ammattikorkeakoulu, JAMK		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Teknisten laitteiden toiminnan ymmärtämisessä pitää pystyä ajattelemaan teknisesti. Esimerkiksi tulee kyetä kääntämään sanallisesti annettu laitteen toiminnan kuvaus koneen ohjausjärjestelmän ymmärtämään muotoon. Ohjauskomentojen lisäksi pitää ymmärtää koneen muutkin teknisten ominaisuudet ja rajoitteet. Nämä toimenpiteet vaativat tietyn tyyppistä ajattelutapaa, teknistä ajattelua.</p> <p>Jyväskylän ammattikorkeakoululla oli halu selvittää, mitä tekninen ajattelu on ja miten se kehittyy. Tavoitteena oli saada selville opiskelijoiden osaamisen muutoksen määrä sekä laatu ja sitä kautta pyrkiä ymmärtämään teknisen ajattelun kehittymiseen johtavia syitä.</p> <p>Tutkimuksen kohderyhmänä käytettiin vuosien 2018 sekä 2019 syksyllä aloittaneita sähkö- ja automaatiotekniikan monimuoto-opiskelijaryhmiä, joiden opintosuunnitelmaan sisältyivät sekä digitaalitekniikan perusteet että automaatiotekniikan perusteet. Opiskelijoiden osaamisen lähtötaso vaihteli suuresti. Osalle opiskelijoista digitaaliteknika oli hyvin tuttua ja käytänteet lähes itsestäänselvyksiä johtuen aikaisemmista opinnoista ja työkokemuksesta. Toisille sähkö- ja automaatioteknisen alan asiat olivat täysin vieraita.</p> <p>Tutkimuksessa käytettiin sekä laadullisia että määrällisiä tutkimusmenetelmiä. Aineisto kerättiin kahdella lomakekyselyllä. Tutkimusta tuettiin aikaisempien tutkimusten sekä asiantuntijoiden ajatuksilla teknisen ajattelutavan tuomista eduista, haitoista sekä niiden opetusmenetelmistä.</p> <p>Tutkimuksessa asetettu hypoteesi siitä, että teknisesti kokemattomampien opiskelijoiden käsitys omasta osaamisesta kehittyi enemmän, kuin kokeneempien opiskelijoiden, osoittautui paikkansa pitäväksi. Tämän ohella ilmeni, että teknistä ajattelutapaa ei sinänsä opeteta, vaan ajattelutapa kehittyy sivujuonteena erilaisten työkalujen käytön opetteluun liittyvän ongelmaratkaisun yhteydessä.</p> <p>Keskeisenä johtopäätöksenä voidaan todeta, että tekninen ajattelu sisältää ainakin teknisen rationalismin sekä ongelmanratkaisukyvyyn. Nämä kehittyvät kokemuksen myötä ja niiden käyttäminen hyödyksi vaatii laajaa teknisten välineiden tuntemusta.</p>		
Avainsanat ( <a href="#">asiasanat</a> ) Digitaalitekniikka, automaatio, tekninen koulutus, ajattelu		
Muut tiedot		

Author(s) Antila, Eero	Type of publication Bachelor's thesis	Date September 2020 Language of publication: Finnish
	Number of pages 37	Permission for web publication: granted
Title of publication <b>One-track minds or technical thinking?</b> Technical Thinking and its development during basic studies		
Degree programme Bachelor of Science, Electricity and Automation Technology		
Supervisor(s) Olli Väänänen, Veli-Matti Häkkinen		
Assigned by Jyväskylä University of Applied Sciences		
Abstract  <p>To properly understand technical applications, you must be able to think technically. For example, you must be able to listen to a spoken functional description and convert it into means of controlling a machine. Addition to that you must understand applications other technical properties and limitations. This requires certain kind of thinking, technical thinking.</p> <p>Jyväskylä University of applied sciences had an interest of examining what technical thinking is and how it evolves. The goal was to discover the change in level and quality of technical competence in students during basic studies in means of understanding reasons of development.</p> <p>Target group in this study was students who begun their multimodal studies in the year 2018 and 2019 in field of electricity and automation technology. These student's course of study included basic studies of digital technology and automation. Level of competence in field of technology varied widely between individuals. Some had never been in touch with technology in engineering sense, some were working with technology daily.</p> <p>Quantitative and qualitative research methods were used in this study. Material was collected with two surveys and analyzing earlier research studies and articles about technical thinking teaching it.</p> <p>The hypothesis of less experienced students' impression of their own development was greater than more experienced students' during basic studies, was proven to be correct in this study. Addition to that was discovered that way of technical thinking is not being taught indeed, but it is assumed to be developing by technical problem-solving during teaching necessary technical tools.</p> <p>Key conclusion is that technical thinking consists at least of technical rationalism and problem-solving ability. Technical thinking evolves over time with experience. Using it for advantage requires wide range of technical knowledge and skills.</p>		
Keywords/tags ( <a href="#">subjects</a> ) Digital, automation, technology, thinking, education		
Miscellaneous		

## Sisältö

<b>1 Johdanto .....</b>	<b>3</b>
1.1 Tutkimuksen päämäärä ja tutkimuskysymykset .....	4
1.2 Keskeisten käsitteiden pohdinta ja määrittely.....	5
1.3 Näkökulma, viitekehys, ja rajaukset.....	6
1.4 Tutkimusraportin rakenne.....	8
1.5 Lähteet ja lähdekritiikki .....	8
1.5.1 Aikaisempi tutkimus .....	9
<b>2 Tutkimusmenetelmät .....</b>	<b>10</b>
2.1 Aineiston keruu .....	11
2.2 Induktiivinen sisällönanalyysi.....	12
2.3 Hypoteettis-deduktiivinen tutkimus .....	13
2.4 Tulosten esittäminen ja tulkinta.....	13
<b>3 Tekninen ajattelu – itsestäänselvä epäselvyys.....</b>	<b>14</b>
3.1 Ihmisen ajattelu: teknistä- vai luovaa ajattelua.....	14
3.2 Ongelmanratkaisu ja sen opettaminen.....	15
3.3 Ohjaus ja säätö ihmisen tai koneen toteuttamana.....	16
3.3.1 Ajatuksia ihmisen ”ohjaus- ja säätömekaniikasta”.....	16
3.3.2 Ajatuksia koneen ”ajattelusta” .....	18
3.4 Tekninen suunnittelu.....	19
3.5 Johtopäätös: teknisen ajattelun malli .....	19
3.5.1 Tekninen rationaalisuus.....	20
3.5.2 Tekninen ongelmanratkaisu .....	20
<b>4 Opiskelijoiden teknisen ajattelun kehittyminen .....</b>	<b>21</b>
4.1 Digitaal- ja automaatioteknisen ajattelun muutos .....	21
4.1.1 Teknisten yksityiskohtien osaamista mittaavat kysymykset.....	22

	2
4.1.2 Laajempia teknisiä kokonaisuuksia mittaavat kysymykset .....	23
4.2 Tutkimustulokset .....	25
4.2.1 Osaamisen kehittymisen trendit lähtötasoittain .....	25
4.2.2 Eri osa-alueiden kehitys lähtötasoittain .....	26
4.2.3 Osaamisen kehittymisen korrelointi kurssien arvosanojen kanssa .....	27
<b>5 Yhdistelmä, johtopäätökset ja pohdinta .....</b>	<b>28</b>
5.1 Tekninen ajattelu ja sen ilmentyminen kyselytutkimuksessa .....	28
5.1.1 Teknisen ajattelun kehittymisessä esille nousseet asiat .....	29
5.2 Hypoteesin testaamisen tulos ja johtopäätökset .....	30
5.3 Tutkimustulosten käyttö opetuksen kehittämiseen .....	30
5.4 Luotettavuustarkastelu .....	31
5.4.1 Validiteetti ja reliabiliteetti .....	32
5.4.2 Triangulaatio .....	32
5.5 Jatkotutkimusaiheita .....	33
<b>Lähteet .....</b>	<b>35</b>
<b>Liitteet</b>	
Liite 1. Ensimmäisessä kyselyssä käytetty kyselylomake .....	36
<b>Kuvaluettelo</b>	
Kuva 1. Tutkimuksen viitekehys .....	7
Kuva 2. Kehitys tasoryhmittäin teknisten yksityiskohtien osalta .....	22
Kuva 3. Kehitys tasoryhmittäin laajempia teknisiä kokonaisuuksien osalta .....	24
Kuva 4. Osaamisen kokonaiskehitys tasoryhmittäin .....	25
Kuva 5. Eri osa-alueiden kehityksen erot tasoryhmittäin .....	26
Kuva 6. Arvosanojen keskiarvot tasoryhmittäin .....	27

# Putkiaivoja vai teknistä ajattelua?

*Tekninen ajattelu ja sen kehittyminen perusopintojen aikana*

*“The real question is not whether machines think but whether men do.”*

B. F. Skinner, 1969

## 1 Johdanto

Ajatteleeko kone? Siinä merkityksessä, miten asia yleensä ymmärretään, niin ei varmastikaan ajattele. Ihminen ajattelee ja kone toistaa ihmisen sille etukäteen luomia algoritmeja ja komentoja ennalta määritetyllä tavalla. Ihmiselle yksinkertainen tehtävä voi sisältää muun muassa useita välivaiheita ja käsitteiden määrittelyjä, joita ei välttämättä tule edes ajatelleeksi toimintoa suorittaessaan. Suorituksen nopeudella, monimutkaisuudella ja toistojen määrällä ja laadulla on kuitenkin olemassa inhimilliset rajoitteet. Kone taas voi tehdä monimutkaisia suoritteita käsittämättömän nopeassa tahdissa ja pitkiä aikoja ilman ainuttakaan virhettä. Kuitenkin yksinkertaisenkin suorituksen tekemiseen tarvitaan suuri määrä erilaisia ohjeita, koodeja, rajoitteita ja muita tekijöitä ennen kuin kone saadaan tekemään haluttua suoritetta. Kone on parhaimmillaankin enintään yhtä ”viisas” kuin sen luoneet ihmiset.

Otetaan esimerkiksi tarkasteluun paperipallon heittäminen noin kahden metrin päässä olevaan roskakoriin. Tehtävä ihmiselle on hyvin arkipäiväinen suorite, jonka jokainen tämänkin tutkimusraportin lukija on varmastikin elämässään tehnyt useita kertoja. Suurin osa meistä suoriutuu tehtävästä ensiyrittämällä asiaa sen enempää suunnittelematta tai harjoittelematta, vaikka paperipallon koko ja muoto vaihtelisivatkin. Mikäli suoritusten määrä kasvaa isoksi, alkaa inhimillisen virheenkin mahdollisuus kasvaa ja jossain vaiheessa jonkin heitetyistä paperipalloista menee ohi maalistaan. Tämä virhe saattaa tosin käydä myös ensimmäisillä suorituksilla, jonka jälkeen heittotarkkuus paranee ja ohiheittoja tulee huomattavasti vähemmän. Pelkästään tämän yllä esitetyn kuvauksen perusteella ihminen pystyy toteuttamaan tehtävän ja suoriutumaan siitä melko hyvin. Koneelle taas asia ei olekaan niin yksinkertainen, vaikka koneen rakenteelliset ominaisuudet rajataankin tämän tarkastelun ulkopuo-

lelle. Koneen ohjaukselle pitää määritellä ainakin mitä tarkoittaa roskakori, paperipallo ja heittäminen. Heittoliikkeessä pitää tietää heittokulma, -nopeus ja haluttu tulokulma, jotta paperipallo menee roskakorin aukosta sisälle. Tämän jälkeen tulee kyetä mittaamaan roskakorin suunta ja etäisyys heittopisteestä. Tiedossa tulee olla myös paperipallon paino ja lento-ominaisuudet sekä mahdolliset häiriöt olosuhteissa. Lisäksi mahdollisen ohiheiton sattuessa pitää saada havainto siitä, mihin paperipallo meni ja tehdä tarvittavat korjaukset heittoliikkeeseen. Mikäli koneen halutaan vielä kykenevän oppimaan virheheitoistaan, vaatii ohjauksen toteuttaminen melkoisen rivimäärän koodia toimiakseen. Kuitenkin kun ohjaus saadaan kohdalleen, niin koneen onnistuneiden suoritusten tekoprosentti on melko korkea ja se pystyy heittelemään paperipalloja roskakoriin sellaisella tahdilla yötä päivää, että ihminen jää tässä vertailussa auttamatta toiseksi.

Yllä olevan esimerkin ei ole tarkoitus olla täydellinen esimerkki paperipallon heittämiseen tarkoitettun koneen rakentamisesta ja huomioon otettavista muuttujista, vaan ennemminkin herätellä ajatuksia siitä, miten ihmiset pystyvät toteuttamaan siinänsä aika monimutkaisen tehtävän hyvin yksinkertaisesti. Mikäli sama yksinkertainen tehtävä pitää antaa koneelle tehtäväksi pitää asiaa tarkastella hyvin eri tavalla. Ensinnäkin riittääkö se, että juuri näissä vallitsevissa olosuhteissa saadaan paperipallot tuohon paikallaan olevaan koriin vai pitääkö sama kyetä toistamaan missä tahansa olosuhteissa. Tämänkin pohdinnan tekeminen vaatii tietyn tyyppistä ajattelutapaa, teknistä ajattelua. Mitä tämä ajattelutapa tarkoittaa, miten se ilmenee ja miten se kehittyy, sitä tarkastellaan tässä tutkimuksessa.

## 1.1 Tutkimuksen päämäärä ja tutkimuskysymykset

Tällä tutkimuksella selvitetään teknistä ajattelua ja sen kehittymistä. Käsitteen sisältöä avataan kirjallisuuslähteiden avulla ja ajattelutavan kehittymisen määrää ja laajuutta tutkitaan Jyväskylän ammattikorkeakoulussa opiskelevien sähkö- ja automaatiotekniikan monimuoto-opiskelijoiden perusopintojaksojen aikana tehtävällä tutkimuksella. Tutkimus perustuu opiskelijoiden omaan näkemykseen omasta osaamisestaan digitaali- ja automaatiotekniikassa ja niiden korrelaatioon opintomenestyksen kanssa.

Monimuoto-opiskelijoiden kokemus tekniikan alasta on hyvin vaihtelevaa. Tekniseesti kokeneimmilla opiskelijoilla voidaan olettaa teknisen perusosaamisen olevan jo vähintään kohtuullisella tasolla. Kokemattomammilla opiskelijoilla ei välttämättä ole mitään perusosaamista tekniikan alalta. Jos ajatellaan perusopintojaksoa terminä ja sen perustella päätellään, mitkä ovat perusopintojakson opetustavoitteet, voidaan nopealla päättelyllä tulla siihen tulokseen, että ne henkilöt, jotka ovat saaneet teknisen koulutuksen ja/tai ovat työskennelleet automaatiotekniikan parissa, tuntevat osaamisensa kehittyvän perusopintojaksojen aikana vähemmän kuin ne, joiden lähtökohdat automaatiotekniikan alalla on vaatimattomammat. Tämä päätelmä osaamisen kehittymisen erosta on hypoteesi, jota testataan tässä tutkimuksessa hypoteettis-deduktiivisella menetelmällä. Tämän lisäksi kerätyn aineiston avulla sekä kirjallisuuslähteitä analysoimalla etsitään syitä edellä mainittuun ilmiöön sekä pyritään selvittämään, miten tekninen osaaminen ja tekninen ajattelu eroavat toisistaan.

Tutkimuksen pääkysymys on ”Miten eri taustan omaavien monimuoto-opiskelijoiden tekninen ajattelu kehittyy perusopintojaksojen aikana ja miksi?”

Apukysymyksiä tutkimuksessa ovat:

1. Mitä on tekninen ajattelu?
2. Miten tekninen ajattelu ja sen kehittyminen ilmenee?
3. Miten kehittyminen korreloi saatujen arvosanojen kanssa?

Tutkimuksen tavoitteena on asetetun hypoteesin testaaminen, saada selville teknisen ajattelun luonne ja teknisen ajattelun kehittymiseen vaikuttavia asioita ja pyrkiä näiden avulla aikaansaamaan perusteltuja näkemyksiä ja tausta-aineistoa koulutuksen kehittämisestä vastaavalle ja koulutusta toteuttavalle henkilöstölle.

## 1.2 Keskeisten käsitteiden pohdinta ja määrittely

Mitä on tekniikka? Tekniikkaa voidaan pitää tekemiseen liittyvänä käsitteenä. Sana *tietotaito (know-how)* on esiintynyt suomenkin kielessä jo pitkään ja tekniikka-sanan historiallinen lähde, kreikan kielen sana *tekhnē* tarkoittaaakin juuri taitoa. Tekniikan usein ymmärretään käsittävän juuri ihmisen toimintaa, sen välineitä ja keinoja tai niiden tuottamista, luonnon mahdollisuuksien hyödyntämistä ja muuta tekotaitoa. Päämääränä tekniikalla nähdään ympäristön hallinta, muokkaaminen tai siihen sopeutu-



minen. Tekniselle toiminnalle luonteenomaista on pyrkiä tehokkuuteen niin materiaalin, ajankäytön kuin energiankulutuksen osalta. Myös oleellisena osana tekniikkaa pidetään tekniikan verkostoitumista. Toinen toistaan teknisemmät järjestelmät verkostoituvat enenevässä määrin tietoliikenteen, energian saatavuuden, huollon ja muun muun osa-alueen kautta toisiinsa. Tekniikkaa itsessään voidaan myös pitää ajattelumallina tai ajattelutapana. (Heikkerö, 2009, ss. 44-49)

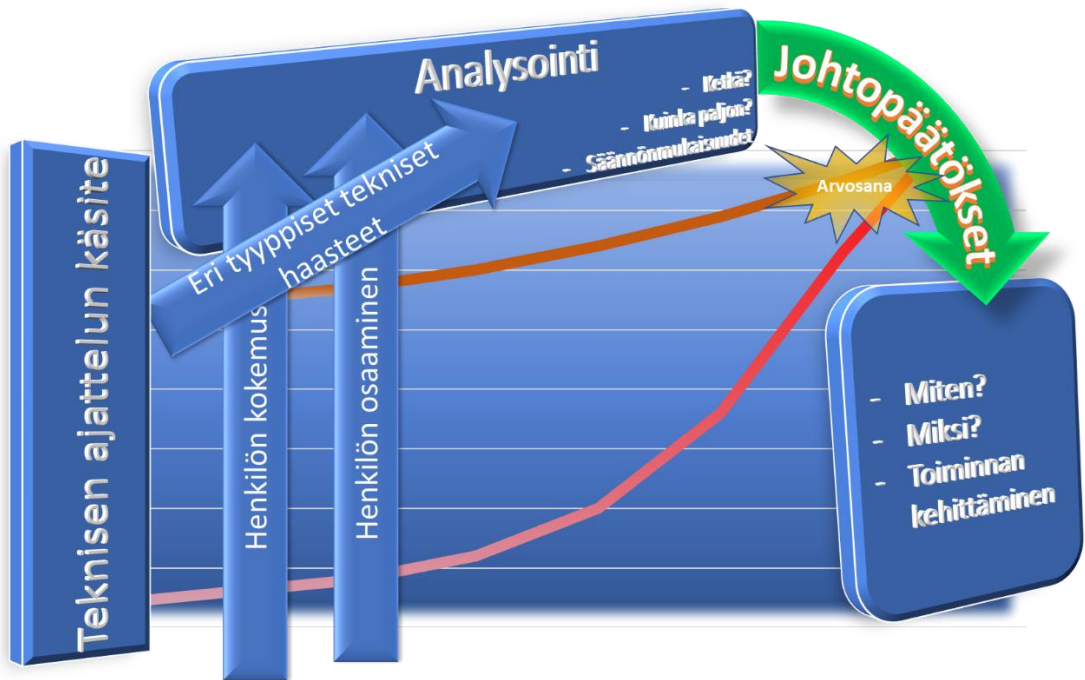
**Tekninen ajattelu** tai tekninen ajattelutapa on tämän tutkimuksen keskeinen teoreettinen käsite. Tätä käsitettä ei kuitenkaan ole tutkimuksen alussa tarkasti määritelty vaan sen olemus kehittyy tutkimuksen edetessä.

**Tekninen rationaalisuus** on käsite, jolla tarkoitetaan pyrkimystä tehokkuuteen materiaalin, ajankäytön, energian ja muiden resurssien kulutuksessa (Heikkerö, 2009, s. 45).

### 1.3 Näkökulma, viitekehys, ja rajaukset

Tutkimus toteutetaan tekniikan opetuksen näkökulmasta. Tällä tarkoitetaan sitä, että aineisto kerätään opiskelijoiden kokemasta ajattelutavan ja osaamisen kehittymisestä ja sitä analysoidaan teorian, opetussuunnitelmien ja aikaisemmissa tutkimuksissa saatujen havaintojen perusteella. Kerättyä aineistoa verrataan myös opintomestyytykseen digitaali- ja automaatiotekniikan perusteet -opintojaksoilla. Tutkimustulokset esitetään graafisina kuvaajina, joista käy ilmi kehittymisen suunta ja suhteellinen määrä. Viimeisessä luvussa, kehitysehdotuksien osalta pyritään tuomaan esille kuitenkin opintojaksojen tuottajan näkökulmasta merkityksellisiä johtopäätöksiä.

Tutkimuksen viitekehyksessä on esitetty opiskelijoiden taustasta johtuvat osaamis- ja ajattelutapaerot, niiden oletettu kaventuminen ja kokonaisosaamistason nousu. Tästä kaikesta poimitaan tutkimuksen kannalta oleellimmat asiat, joiden perusteella pyritään luomaan perusteluita mahdolliselle käytänteiden kehittämiseksi.



Kuva 1. Tutkimuksen viitekehys

Tutkimuksessa ei tarkastella minkään yksittäisen koneen tai laitteen toimintaa, vaan yritetään ymmärtää yleisesti teknisen välineen tai menetelmän mukanaan tuomia ongelmanratkaisua vaativia seikkoja. Myöskään tekniikan alaa ei rajata ainoastaan digitaal- ja automaatiotekniikkaan, vaikka tarkastelu ajoittuukin näiden aiheiden perusopintojaksoille (Automaatiotekniikan perusteet, opintojakson kuvaus, 2015; Digitaalitekniikka, opintojakson kuvaus, 2018). Ajattelutapaa ja tutkimuksen johtopäätöksiä voidaan soveltuvin osin käyttää myös muilla tekniikan aloilla.

Tämä tutkimus on luonteeltaan yhdistelmä laadullista ja määrällistä tutkimusta. Tutkimuksen alussa asetettiin hypoteesi, jonka paikkansa pitävyyttä tutkimuksella testataan hypoteettis-deduktiivisella menetelmällä. Tutkimuksen kohde, opiskelijoiden oma käsitys osaamisestaan, on luonteeltaan hyvin subjektiivinen ja täten määrällisesti haastava mitata. Tässä tutkimuksessa opiskelijoiden mielipiteet on kvantifioitu eli muunnettu määrälliseen muotoon. Tarkasteluasteikko ei ole absoluuttinen, eli vastaukset eivät sinänsä ole vertailukelpoisia muiden vastaajien vastausten tai muiden tutkimusten kanssa. Vastauksia onkin tässä tutkimuksessa verrattu ainoastaan saman vastaajan kahtena eri ajankohtana annettuun vastaukseen trendien esiin saa-

miseksi. Tästä syystä tutkimuksen kvantitatiivisen osuuden varsinainen vertailukelpoinen tutkimustulos on osaamisen kehittymistä kuvaava trendiviiva, sen suunta ja muoto.

#### 1.4 Tutkimusraportin rakenne

Tutkimuksen raportti rakentuu viidestä luvusta. Johdanto ja tutkimusmenetelmäluokujen jälkeen kolmannessa luvussa tarkastellaan teknistä ajattelua käsitteenä kirjallisuuslähteiden avulla. Luvussa selvitetään tämän tutkimuksen tarkoitukseen sopivassa laajuudessa, mitä on tekninen ajattelu, mihin sitä tarvitaan, miten se ilmenee ja kehittyy. Teknisestä ajattelusta ei ole olemassa varsinaista teoriaa, joten tätä tutkimusta varten kolmannessa luvussa luodaan teknisen ajattelun malli, jota käytetään tarkastelun perustana tutkimuksen myöhemmässä vaiheessa.

Neljännessä luvussa esitellään kyselytutkimuksen tulokset sekä niiden korrelaatio saatujen arvosanojen kanssa. Aineiston on määrällisessä muodossa ja sen analyysi on esitetty graafisilla kuvaajilla oleellisten asioiden esiintuomiseksi. Näiden aineistojen analysoinnin perusteella pyritään tuomaan esille teknisen ajattelun kehittymiseen eroavaisuudet sekä pohditaan niihin johtaneita syitä.

Viides luku on johtopäätösten esittely -luku. Johtopäätöksissä tehdään yhteenvetoja aikaisempien lukujen tuloksista ja pyritään tuottamaan aineistoa, jota voi joko suoraan käyttää opintojen kehittämiseen tai käyttää pohja-aineistona tulevassa tutkimuksessa tai opetuksen kehittämisessä tai sen suunnittelussa. Johtopäätöksiä vastataan tutkimuskysymyksiin, todetaan asetetun hypoteesin testaamisen tulos sekä käsitellään muita tutkimuksessa esiin nousseita aiheen kannalta merkityksellisiä asioita.

#### 1.5 Lähteet ja lähdekritiikki

Tässä tutkimuksessa kirjallisena lähdeaineistona on käytetty pääasiassa korkeakouluopintoihin tarkoitettua tekniikan perusolemusta tarkastelevaa kirjallisuutta. Erilaisten ajattelutapojen syvälinen teoreettinen tarkastelu vaatisi psykologian ja pedagogiikan alan lähteisiin tutustumista ja niihin perehtymistä. Tämä ei kuitenkaan ole tämän tutkimuksen tavoitteiden kannalta oleellista eikä soveltuvaa opinnäytetyön laajuuden

rajoissa. Tästä syystä oleellisen tiedon saavuttamiseksi kirjallisen lähdeaineiston ja käsiteltävän teorian määrä on rajoitettu tutkimuksen kannalta käsittämään ainoastaan suoraan tekniikkaa ja sen olemusta käsitteleviin lähteisiin.

Tutkimuksen kannalta merkittävin lähdeaineisto on vuosina 2018 sekä 2019 Jyväskylän ammattikorkeakoulussa aloittaneen sähkö- ja automaatiotekniikan monimuoto-opiskelijaryhmälle teetetty kysely. Kysely on toteutettu lomakekyselynä digitaalitekniikan perusteet ja automaatiotekniikan perusteet opintojaksojen alkaessa sekä uudestaan opintojaksojen päättyessä. Tutkimusta varten käyttöön on saatu kohderyhmänä olleiden opiskelijoiden arvosanat kyseisistä opintojaksoista. Kyselyn otanta (n) on 36, eli vastaukset molempiin kyselykierrokseen asetetussa aikarajassa saatiin 36 henkilöltä.

Kyselyn tuottama aineisto on anonymisoitu ja tutkijan hallussa. Aineiston keruulle on Jyväskylän ammattikorkeakoulu myöntänyt tutkimusluvan ja kohdehenkilöiltä on saatu lupa heidän kurssiarvosanojensa käyttämiseen tutkimuksessa. Analysointia varten aineisto on anonymisoitu eikä henkilötietoja sisältävää aineistoa ole enää käytävissä.

Tämän tutkimuksen laajuuden ja vaatimusten kannalta lähteitä on riittävästi ja ne on valittu tutkimuksen konkreettisia tavoitteita silmällä pitäen tarkoituksenmukaisesti. Tutkimuksessa keskeisintä oli saada tuotua esille opiskelijoiden oma tuntemus osaamisestaan ja analysoida sitä. Tästä syystä aineiston käyttö painottuu vahvasti juuri tehtyihin kyselyihin.

### 1.5.1 Aikaisempi tutkimus

Teknisestä ajattelusta ei löytynyt aikaisempaa tutkimusta. Tekniikasta ja sen käsitteistä kyllä löytyy tutkimusta ja teoriaa paljonkin lähtien muinaisista filosofeista, jotka pohtivat tekemisen olemusta. Tämän tyyppisten filosofisten pohdintojen hyödynnettävyys kuitenkin tässä melko konkreettisessa tutkimuksessa on vähäinen ja tästä syystä tämän tyyppisten lähteiden analysointi on rajattu pois.

Vastaavantyyppiseen käsitteen pohtimiseen on päädytty Jyväskylän ammattikorkeakoululle vuonna 2008 tehdyssä opinnäytetyössä ”Pedagogisen ajattelun kehitty-

nen ammatillisen opettajankoulutuksen aikana”. Tutkimuksessa pureudutaan olemassa olevan teorian avulla käsitteeseen ja avataan sitä tutkimuksessa tarvittavalla tarkkuudella. Pedagogisesta ajattelusta on olemassa lähdemateriaalia ja aikaisempaa tutkimusta melko paljon. (Jelonen, 2008) Kyseisen tutkimuksen aihealue, pedagogiikka, on kuitenkin tämän tutkimuksen aihealueessa niin poikkeava, että tutkimuksen hyödynnettävyys tässä tapauksessa on vähäinen.

Olli Vertanen on tehnyt kehittämishankeraportin ”SIINÄ ON SPEKSIT – MIKSET JO KOODAA? Ajatuksia ohjelmoinnin oppimisesta ja opettamisesta” Jyväskylän ammattikorkeakoululle, jossa käsitellään ohjelmoinnin opettamiseen liittyvää problematiikkaa (Vertanen, 2010). Aihe ei sinänsä vastaa tämän tutkimuksen tavoitteisiin sen käsiteltäessä ainoastaan tietokoneohjelmointia. Kuitenkin raportin kolmannessa luvussa ”Ohjelmointitaito” käsitellään reaali maailmassa esiintyvän ongelman kirjoittamista koneen ymmärtämään muotoon käsiteltäväksi (Vertanen, 2010, ss. 18-23). Raportissa on tuotu hyvin esiin teknisen ongelmanratkaisun rakenne, jossa varsinainen ongelma on ensin ratkaistava ihmisen ajatusmaailmassa ja vasta tämän jälkeen kirjoitettava valitulla ohjelmointikielellä koneen ymmärtämään muotoon.

## 2 Tutkimusmenetelmät

Tämän tutkimus eteni poiketen hieman tavanomaisesta tutkimuksen etenemisjärjestyksestä. Tavanomainen tutkimuksen etenemisjärjestys on aiheen valinta, metodin pohdinta, kirjallisuuteen tutustuminen, aineiston keruu, analysointi ja kirjoittaminen (Hirsjärvi Sirkka, Remes Pirkko, Sajavaara Paula, 2009, s. 14). Tämän tutkimuksen aineiston keruu, joka toteutettiin pitkähköllä aikavälillä koko opintojen keston nähden, pakotti siihen, että aineiston keruu oli aloitettava heti aiheen valinnan ja hyväksyttämisen jälkeen. Lisäksi aineiston määrälliseen analysointiin käytettävät työkalut suureksi osaksi luotiin kyselyaineiston luomisen yhteydessä, joten myös aineiston analysointi tuli tehtyä varhaisessa vaiheessa. Myöhemmin aloittaneelle opiskelijaryhmälle tehty kysely sinänsä enää vahvisti aineistoa kasvattamalla otantaa.

Tutkimuksen edetessä havaitsin, että olin osittain tiedostamattani asettanut hypoteesin, joka lopulta päätyikin tämän tutkimuksen hypoteesiksi. Samaan aikaan toteusin kirjalliseen aineistoon perehtyessä, että teknisestä ajattelusta ei ole olemassa oikein kattavaa teoriaa, vaikka sen ilmentymiä käsitellään monessakin teoksessa. Tästä

syystä en voinut ainoastaan tyytyä testaamaan asetettua hypoteesia määrällisillä keinoilla, vaan piti laadullisesti tarkastella ensin mitä tutkimuksen keskeisellä käsitteellä, tekninen ajattelu, oikein tarkoitetaan.

Tästä tutkimuksesta muodostui lopulta luonteeltaan määrällinen eli kvantitatiivinen tutkimus, joka sisältää myös laadullisen tutkimuksen osuuden sekä piirteitä (Hirsjärvi ym, 2009, ss.139-140, 160-164). Tutkimuksessa on kirjallista aineistoa analysoitu laadullisen sisällönanalysoinnin keinoin, jotta on saatu muodostettua käsitys siitä, mitä tutkimuksen keskiössä olevalla teknisellä ajattelulla tarkoitetaan. Tämän jälkeen asetettua hypoteesia on testattu analysoimalla tilastollisesti kerättyä aineistoa. Tutkimuksen määrällisestä luonteesta huolimatta määrällisesti kuvattavia johtopäätöksiä ei ole järkevää esittää, sillä niistä keskeisimmät ovat juuri ilmiötä kuvailevia, joiden pätevyys on määrällisesti aikaisemmin tutkimuksessa todennettu.

## 2.1 Aineiston keruu

Tutkimuksessa kirjallisuuslähteinä on käytetty pääasiassa korkeakouluopiskelijoille suunnattuja tekniikkaa käsitteleviä perusteoksia, opinnäytetyö- ja tutkimusmenetelmäkirjallisuutta sekä muita asiantuntijoiden kirjoitelmia. Kirjallisuuden induktiivisella sisällönanalyysillä on haettu näkemyksiä siitä, miten tekninen tässä tutkimuksessa ymmärretään.

Kirjallisuuslähteiden lisäksi aineistoa on kerätty opiskelijoille teetetyllä kyselyllä. Kysely suoritettiin vuosina 2018 sekä 2019 aloittaneilla sähkö- ja automaatiotekniikan monimuoto-opiskelijaryhmälle digitaali- ja automaatiotekniikan perusopintojaksojen alkaessa ja uudestaan näiden opintojaksojen päättyessä. Kyselyssä kysytään opiskelijan omaa tuntemusta osaamisestaan esimerkkitehtävissä, joiden ratkaisemiseen vaaditaan teknistä ajattelua. Tehtäviä ei tarvitse kyselyssä ratkaista eikä tuloksia kerätä oikein oikeista vastauksista saatujen pisteiden perusteella vaan kysymys on nimenomaan opiskelijan tuntemuksesta siitä, miten hyvin hän omasta mielestään kysytyn asian osaisi ratkaista.

Tehtävissä esiintyy kahden tyyppisiä kysymyksiä: yksittäisen teknisen osa-alueen osaamista mittaavia kysymyksiä ja laajempien kokonaisuuksien osaamista mittaavia

kysymyksiä. Kyselylomakkeessa on käytetty sovellettua NASA Task Load Index -mittaria (NASA-TLX). Mittari on käytännöllinen työkalu subjektiivisen arvion mittaamiseen koehenkilön omasta tuntemuksesta. Mittari on tarkoitettu ensisijaisesti työn tai suorituksen kuormittavuuden mittaamiseen, mutta sen käyttöä voidaan soveltaa muihinkin tutkimuskohteisiin. (NASA-TLX, <https://humansystems.arc.nasa.gov/groups/TLX/>, viitattu 3.7.2018) Tämän tutkimuksen tarkoitukseen mittaria on sovellettu kysymysten asettelun lisäksi jättämällä asteikko pois vastausriviltä mahdollisimman pienen vastaajan oman subjektiivisen tuntemuksen ohjaamisen vuoksi. Ensimmäisessä kyselyssä käytetty kyselylomake on liitteenä 1. Toisessa kyselyssä käytetty kyselylomake on kysymyksiltään täysin yhtenevä ensimmäisen kanssa.

Opiskelijan tuntemuksen omasta osaamisestaan lisäksi verrokkiaineistona tutkimuksessa on käytetty kyseisten opiskelijoiden perusopintojaksojen arvosanoja.

## 2.2 Induktiivinen sisällönanalyysi

Induktiivinen sisällönanalyysi pyrkii nostamaan esille lähteissä olevia oleellisia seikkoja. Tavoitteena ei ole tarkasteltavan asian tarkka mittaaminen vaan uusien ajatusten luominen ja ilmiöiden kuvailu sekä niiden selittäminen. (Hirsjärvi ym, 2009, ss. 160 - 162)

Tässä tutkimuksessa tekniikan olemusta teoreettisesti käsittelevistä kirjallisuuslähteistä sekä asiantuntijoiden kirjoittamista artikkeleista on etsitty asioita, jotka kuvaavat teknistä ajattelua sillä tavalla kuin se on tässä tutkimuksessa tarkoituksenmukaista ymmärtää. Näiden perusteella on rakennettu teknisen ajattelun malli, jonka kehitystä tutkimuksessa tarkastellaan.

Kirjallisen aineiston analysointi on lähimpänä teoriasidonnaista sisällönanalyysia, sillä varsinaista teoriaa, johon analysoinnissa tukeutua, ei ole käytettävissä. Toisaalta myöskään kaikkeen aineistosta löytyvään pohdintaan aiheesta ei ole suhtauduttu täysin avoimesti vaan tutkimuksessa käsiteltävän mallin luomiseen johtaneet lähteistä ilmenneet asiat on valittu tutkimuksen käyttöön tutkijan subjektiivisen näkemyksen siitä, mikä on tarkoituksenmukaista, perusteella. Lähteen kirjoittajan esittämän havainnon tai ajatuksen tulkitaan soveltuvan laajasti tämän tutkimuksen

tarkastelun kohteena olevaan toimintaan ja niitä tarkastellaan muiden lähteiden kautta. (Kananen, 2012, s. 116)

### 2.3 Hypoteettis-deduktiivinen tutkimus

Tyypillisesti hypoteettis-deduktiivisessa tutkimuksessa on valittuna teoria, josta on muodostettu hypoteesi, jonka paikkansa pitävyyttä testataan tutkimuksella (Hirsjärvi ym, 2009, ss. 143-144). Tässä tutkimuksessa teknisestä ajattelusta luotu malli ei varsinaisesti ole tekniikan tai teknisen ajattelun teoria, mutta tähän tutkimukseen sellaisenaan soveltuvaa teoriaa ei löytynyt eikä kattavaa tekniikan teoriaa liene olemassa (Arthur, 2009, s. 11). Luotu malli kuitenkin toimii tämän tutkimuksen tarkoituksessa ja sitä pystytään testaamaan hypoteettis-deduktiivisella menetelmällä.

### 2.4 Tulosten esittäminen ja tulkinta

Tässä tutkimuksessa tuloksia esitellään sekä määrällisin keinoin sekä kuvailevasti laadullisin keinoin. Laadullisen sisällönanalyysin tuottama tutkimustulos – teknisen ajattelun malli – esitetään ilmiönä, jonka olemusta kuvaillaan sanallisesti. Malli ei ole absoluuttinen ja jäykkä, vaan sen voidaan katsoa sisältävän ominaisuuksia, joita ei välttämättä ole määrittelyssä esiin nostettu.

Kyselytutkimuksen tulokset on esitetty numeraalisina arvoina graafisen kuvaajan avulla (Kananen, 2012, ss. 145-147). Tuloksista käy ilmi nimenomaan opiskelijan kehittymisen määrä, ei absoluuttinen arvio omasta osaamisestaan. Tästä syystä tuloksetkaan eivät ole absoluuttisia arvoja, vaan esitetyistä graafeista on tarkoitus nähdä trendejä vastaajaryhmien kehittymisen suhteen.

Johtopäätöksissä yhdistetään laadullisilla keinoilla aikaan saatu malli, jonka ilmentymiä on etsitty määrällisellä keinoilla esitetyistä tutkimustuloksista. Johtopäätökset ovat pohdinnan perusteella esiin nousseita ajatuksia ja ne esitetään yleistäen ja kuvailevasti. Tarkoitus on hypoteesin testaamisen lisäksi luoda uusia ajatuksia teknisestä ajattelusta, sen merkityksestä ja kehittymisestä.



### 3 Tekninen ajattelu – itsestäänselvä epäselvyys

Tekninen ajattelu on käsite, jota ei ole määritelty tarkasti. Sanapari itsessään on kuitenkin sen verran kuvaileva, että sen helposti ymmärretään käsittävän tiettyjä asioita. Tässä luvussa tarkastellaan joidenkin lähteiden kautta, mitä tällä käsitteellä on tarkoitettu ja miten se tässä tutkimuksessa ymmärretään.

Tarkastelu alkaa siitä, miten ihminen ajattelee, miten eri ajattelutavat eroavat toisistaan ja miten nämä asiat vaikuttavat tähän tutkimukseen. Tarkastelun syvällisyys on pidetty tutkimuksen tavoitteiden kannalta riittävällä tasolla. Luvussa on tarkoitettu tuoda esille ihmisen havaintojensa ja ajattelunsa perusteella tuottaman ohjauksen sekä koneen rajoitetun havainnointikyvyn ja ennalta määritetyn ohjausalgoritmin perusteella tuottaman ohjauksen eroavaisuuksia ja syitä niihin. Lopussa on esitetty tähän tutkimukseen luotu teknisen ajattelun malli, jonka kehittymistä tarkastellaan.

W. Brian Arthur on teoksessaan ”THE NATURE OF TECHNOLOGY. What It Is and How It Evolves” 2009, käsitellyt laajasti teknologiaa, sen luonnetta ja kehittymistä. Erityisesti tekniikan ratkaisuja, syntyä ja teknologian syvenemistä käsittelevistä luvuista on luettavissa tekniseen ajatteluun soveltuvia periaatteita. (Arthur, 2009, ss. 84-135) Pohdinta on kuitenkin sen verran laaja, että siitä on valittu käyttöön ainoastaan tämän tutkimuksen kannalta keskeisimmät asiat.

#### 3.1 Ihmisen ajattelu: teknistä- vai luovaa ajattelua

Ajattelu voidaan jakaa ainakin kahteen tapaan; tekniseen ja luovaan. Luovalle ajattelulle tyypillistä on asetettujen rajojen ja sääntöjen haastaminen tai rikkominen. Monesti luova ajattelu alkaa asetettujen rajojen ajettua ongelmanratkaisun pattitilanteeseen tai tarkoituksettomasti tehdystä rajojen rikkomisesta eli virheestä. Luovaa ajattelutapaa voidaan pitää monissa tapauksissa erinomaisena piirteenä ja siihen on monin paikoin edullista jopa pyrkiä. Luova ajattelu tuottaa kuitenkin monesti paljon tulosta, joka ei ole suoraan päämäärän saavuttamiseksi hyödynnettävissä, ja on siksi hidasta. (Yli-Viikari, 2013) Lisäksi luovassa ajattelutavassa on heikkoutena se, että se ei välttämättä noudata teknisen rationalismin periaatteita tai ota huomioon esimerkiksi monesti teknisen ongelman ratkaisussa olevia laitteiston, toimintaympäristön

tai muita asettamia faktisia rajoitteita. Esimerkiksi vesipumpulle on tarpeetonta ruveta innovoimaan pumppumoottorin muuttuvaan kierrosnopeuteen perustuvaa pinnan korkeuden säätöä, jos käytettävissä on vain uimurikytkin, kontaktori ja kaksi painonappia.

Usein tekninen ajattelu pyrkii esimerkiksi toiminnan tehostamiseen, ylimääräisten muuttujien poistamiseen, poikkeamien eliminoimiseen, käytettävissä olevan tiedon bi-polaroimiseen; asia joko on näin tai se ei ole. Tiedon arvottamisen tarvetta halutaan välttää. Teknisessä ajattelutavassa monesti turvaudutaan samoihin hyviksi havaittuihin ratkaisuihin päämäärään pääsemiseksi. (Yli-Viikari, 2013) Tämä on havaittavissa niin oppilaitosten opetuksessa kuin työelämässäkin. Esimerkiksi tiettyyn PLC laitetoimittajan laitteisiin perehtynyt tekijä monesti lähtee uutta ongelmaa ratkaistessaan valitsemaan tutun laitetoimittajan valikoimasta sopivinta ratkaisua edes katso-matta, mitä muut laitetoimittajat tarjoavat. Tämä monesti lienee ”teknisesti ratio-naalista”, sillä vaikka hinnan ja ominaisuuksien valossa saattaisi olla perusteltua valita käyttöön toisen toimittajan laite, tulee edullisemmaksi tehdä ohjelma tutussa ympäristössä riittäväillä ominaisuuksilla uuden opettelun ja tarpeettoman monipuolisiin ominaisuuksiin pyrkimisen sijaan. Myös teknisten alojen opettajien opetusmenetelmissä näkyy selvästi opettajan aikaisemman työhistorian mukanaan tuoma kokemus tietyistä laitteistoista ja mielellään opetuksessa paneudutaan niihin. Se on opettajan ajankäytön kannalta tehokkaampaa, mutta samalla saattaa vähentää luovaa ajatte-lua.

### 3.2 Ongelmanratkaisu ja sen opettaminen

Ongelmien ratkaisu on teknisellä alalla keskeinen asia (Arthur, 2009, s. 87). Kuitenkin esimerkiksi ohjelmoinnin opetuksessa monesti tekninen ongelmanratkaisu sisältyy vain sivujuonteena ohjelmointikielen opetusohjelmaan.

Algoritmien ymmärtämistä ja algoritmisen ajattelun osaamista korostetaan osana ongelmanratkaisua (Vertanen, 2010, s. 20). Tämän voidaankin katsoa olevan juuri tek-nistä ajattelua, joka tässä tapauksessa kohdentuu ohjelmointiin. Myös digitaalitekniikan perusteiden opettamisessa opetussuunnitelman mukaan tavoitettavat osaamiset ovat enimmäkseen ajattelutavan kehittämiseen pyrkiviä. Tavoitteiden asettelussa on käytetty termejä ”*Tekninen analyysi, tieto ja ymmärrys*”. Näiden ajattelutapojen

opettamiseen käytettävät työkalut ovat kuitenkin paljon konkreettisempia tekniseen osaamiseen liittyviä asioita kuten lukujärjestelmämuunnoksia ja porttipiirien toimintoja. (Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Digitaalitekniikka -opintojakson kuvaus, 2018) Tämä havainto tukee aikaisemmin esitettyä havaintoa siitä, että varsinainen tekninen ongelmanratkaisun opettaminen tulee enemmän tai vähemmän sivujuonteena ”työkalujen” käytön opettamisen mukana siitakin huolimatta, että ymmärrys ja ajattelutapa olisikin haluttua opintojakson tuottamaa osaamista.

Ohjelmointiprojekti usein aloitetaan valitsemalla paradigma eli ohjelmointityyli, joka monesti samalla pakottaa valitsemaan käytettävän ohjelmointikielen (Vertanen, 2010, ss. 20-21). Tällöin on jo luotu ongelmanratkaisulle teknisiä rajoitteita eikä luova ajattelutapa enää ole kaikessa laajuudessaan mahdollista. Toki varmasti voidaan käyttää luovia keinoja ohjelmointikielen valinnasta huolimatta. Automaatiotekniikan perusteissa yhtenä keskeisenä osaamistavoitteena onkin juuri ymmärrys tekniikan rajoitteista ja täten kyky valita tarkoituksenmukaiset laitteet ja menetelmät käyttöön (Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Automaatiotekniikan perusteet -opintojakson kuvaus, 2015).

### 3.3 Ohjaus ja säätö ihmisen tai koneen toteuttamana

#### 3.3.1 Ajatuksia ihmisen ”ohjaus- ja säätömekaniikasta”

Ihmisen toimintaan vaikuttaa monet seikat varsinaisen ydinasian lisäksi. Jokainen meistä on varmaan joskus havahtunut autolla ajaessaan ajavansa liian lujaa, vaikka tarkoitus oli käyttää kaasupoljinta annetun nopeusrajoituksen, tien kunnon ja keliolosuhteiden perusteella päätetyn sopivan ajonopeuden ylläpitämiseksi. Tämä saattaa johtua auringonpaisteesta, kuunneltavasta musiikista tai vaikka siitä, että ajat autoa vihaisena. Lisäksi saatat huomaamattasi nostaa jalan kaasupolkimelta kokonaan hetkeksi antaen vauhdin hidastua tarpeettomasti vain venytelläksesi nilkkaa. Kaikki nämä seikat perustuvat aistiärsykkeiden vastaanottamiseen, joista ihminen tekee aivoillaan havainnon. Nämä yhdessä sekoittuvat sisäisiin tuntemuksiin, jotka yhdessä kokemusten, muistikuvien ja monen muun aivoissa olevan asian yhteisvaikutuksella vaikuttaa toimielimen käyttämiseen. (Lappalainen, 2015, ss. 127-129) Ihmisen säätö-

ja ohjausprosessi on hyvin monimutkainen. Koneelle asiat näyttäytyvät yksinkertaisina. Asia joko on tai ei ole. Suuretta mitattaessa sillä voi olla jokin arvo, mutta lopulta laitetta ohjataan raja-arvon ylittyessä päälle ja pois tai jotain toimilaitetta säädetään mitatun arvon suhteessa matemaattisen kaavan mukaisesti.

Ihminen on itsesäätyvä toimija. Tällä tarkoitetaan sitä, että ihminen pystyy yhdistämään säätötekniisiä, matemaattisia ja ei-tekniisiä asioita siten, että tarvittaessa kykenee löytämään uusia tapoja ohjata ja säätää toimiaan ja vastaanottaa havaintoja toimien vaikutuksesta ympäristössä (Heinonkoski, Asp, Hyppönen, 2008, s. 66). Sitä, miten ihminen tämän tekee, ei ole tarpeellista tarkastella tässä tutkimuksessa tarkemmin. Riittää, että ymmärretään, että tämä toiminnan muuttaminen ei perustu ainoastaan ennalta syötettyihin parametreihin ja asetuksiin vaan useiden havaintoihin ympäristöstä, olosuhteista ja aivojen kyvystä itsenäisesti määrittää korjatut ohjaukset useille toimielimille.

Yhdysvaltalaisen matemaatikko Norbert Wienerin perustama tieteenala Kybernetiikka tutkii itseohjautuvia systeemejä. Itseohjautuvuuden perusmekanismi on takaisinkytketty säätö, joka on hyvin tuttu ohjaustapa tekniikassa. Kehittyneellä kyberneettisellä systeemillä, kuten ihmisellä, ei ole ongelmaa toteuttaa esimerkiksi johdantoluvussa kuvattua esimerkkiä paperipallon heittämisestä roskakoriin, sillä ihminen pystyy säätämään useita yhtäaikaista muuttujia tekemiensä havaintojen (takaisinkytkentöjen) perusteella. Käytännön automatiikassa kuitenkin ei yleensä ole tarvetta tai mahdollisuutta tämän tasoisen säätö- ja ohjausjärjestelmän käyttämiseen, vaan haluttu lopputulos pitää aikaansaada mahdollisimman yksinkertaisesti teknisen rationaalisuuden nimissä. (Heinonkoski ym, 2008, ss. 66-67) Tästä syystä ohjaukseen tarvittavia mitattavia suureita kannattaa valita vain välttämättömät ja toimilaitteita mahdollisimman vähän ja mahdollisimman yksinkertaisilla säädöillä. Mikäli toteutettavaksi halutussa tehtävässä on paljon ennalta arvaamattomia muuttujia tai tehtävä vaatii luovuutta tai kykyä soveltaa uusia asioita, on usein järkevämpi vaihtoehto ohjauksen toteuttamiseen asettaa ihminen hoitamaan tehtävää. Tosin tällöinkin monesti automaation avustamana.

### 3.3.2 Ajatuksia koneen ”ajattelusta”

*”Informaation ja tiedon ylenpalttisen lisääntymisen seurauksena ei vielä ole tietämyksen eikä sen jalostuneemman muodon, viisauden, vastaava kasvu.”* (Liekki Lehtisalo, Helsingin Sanomat, 27.8.1999)

Yllä olevalla lainauksella on tarkoitus herättää ajatus siitä, että ainoastaan käytettävissä olevan tiedon määrä ei ole ratkaisu tämänkään tutkimuksen viitekehyksessä. On tiedettävä, mikä tieto on tavoitteen kannalta oleellista ja valittava sen mukaisesti soveltuvat työkalut tehtävään.

Säätötekniikka on oleellinen osa koneen ”ajattelua”. Säätötekniikassa tietoisesti hyödynnetään syy- ja seuraussuhdetta. Tarkoituksena tällä menetelmällä on tarkkailla toimenpiteen vaikutusta kohteessa ja tehdä korjauksia toimenpiteeseen havainnon perusteella. (Heinonkoski ym, 2008, ss. 64-65) Koneellisesti tällainen on suhteellisen helppo toteuttaa, kun on selvää, mitä suuretta halutaan säätää. Usein jokaiselle suurelle tulee olla oma havainto- ja toimilaite, joten teknisen rationalismin periaatteen mukaisesti tulee tarkkaan miettiä välttämättömät säädettävät suureet. Kaikkea ei ole järkevää kyetä säätämään, ainoastaan oleellista.

Laskeminen on yksi niistä keskeisimmistä osa-alueista, joissa kone päihittää ihmisen sekä nopeudessa että tarkkuudessa. Kone ei kykene arvioimaan esimerkiksi etäisyyttä, vaan se joutuu laskemaan etäisyyden jonkin mittauksen perusteella. Laskutoimitus voi olla monimutkainenkin ja silti se tulee suoritettua nopeasti ja aina oikein. (Heinonkoski ym, 2008, ss. 49-51) Vaikeaa koneelle on esimerkkinä käytetyssä paperipallon heittämisessä tunnistaa maali ja määrittää sieltä mitattavat kohteet, varsinkin vaihtelevissa toimintaympäristöissä.

Tekniset laitteet pystyvät muistamaan suuriakin määriä tietoa täysin oikein suhteellisen pitkiä aikoja. Jokainen meistä ymmärtää, että ihminen ei tällaiseen kykene. Yksittäistä suoritettavaa tehtävää tarkastellen muistamisen kesto ei koneelle ole rajoite, sillä tavanomaisetkin muistilaitteet säilyttävät tietonsa jopa vuosia (Tieteen kuvalehti, <https://tieku.fi/teknologia/tietokoneet/digiaineisto-uhkaa-hajota-kasiin>, viitattu 8.3.2020).

### 3.4 Tekninen suunnittelu

Teknistä suunnitelmaa tehdessään suunnittelijalla on tarve saada jokin tekninen ratkaisu aikaan sekä käytettävissä olevat työkalut, joista valitaan soveltuvat. Suunnittelijan tulee mielessään ymmärtää teknisen ratkaisun toteuttamisen kokonaisuus ja yhdistellä sopivat osakokonaisuudet tavoitteen saavuttamiseksi. (Arthur, 2009, s. 94) Suunnittelu voi olla joko kokonaan uuden teknisen periaatteen keksimistä, aikaisempien teknisten ratkaisujen yhdistelemistä tai jotain näiden kahden välistä. (Arthur, 2009, ss. 106 - 111)

Kokonaisuutta suunniteltaessa pitää koneen tai laitteen ohjausteknisen suunnittelun lisäksi ottaa huomioon muun muassa käytettävyyks eli ergonomia sekä ihmisen ja automatiikan välinen tehtävänjako. Kone sinänsä ei tee inhimillisiä virheitä, mutta niiden ohjaukseen on suunnitteluvaiheessa jäädä ominaisuus, joka toimii sopivien olosuhteiden vallitessa ei toivotulla tavalla ja täten saattaa aiheuttaa jopa vaaratilanteita. (Heinonkoski ym, 2008, ss. 41-43) Näiden huomioon ottaminen kokonaisjärjestelmää suunniteltaessa vaatii tarkkuutta, huolellisuutta ja pitkäjänteistä testaamista. Suunnittelun lähtökohtana tulee olla automaatiojärjestelmän toiminta ihmisen ehdoilla turvallisesti (Heinonkoski ym, 2008, s. 21).

Tämän tutkimuksen kannalta teknisen ajattelutavan kehittymistä voidaan tarkastella riittävän laajasti myös suppeammalla tehtävällä, kuin kokonaisen automaatiojärjestelmän suunnittelulla. Järjestelmän luomisen onnistuneen lopputulos edellyttää teknisen ajattelutavan lisäksi myös innovatiivisuutta ja joustavuutta (Heinonkoski ym, 2008, s. 43). Tekninen ajattelu on kuitenkin ensiarvoisen tärkeää, jotta laite ylipäänsä saadaan toimimaan halutulla tavalla. Laitteella, joka on hyvin helppo käyttää ja miellyttävä, mutta tekee vääriä asioita, on hyvin pieni käyttöarvo.

### 3.5 Johtopäätös: teknisen ajattelun malli

Tässä luvussa vertailtiin ihmisen ja koneen välisiä eroja ”ajattelutavassa”. Toimittaessa teknisellä alalla on kyettävä tunnistamaan ne asiat, jotka koneen tarvitsee havaita ja prosessoida. Yksi ihminen voi havaita useita asioita ja tehdä useita erilaisia suoritteita lähes yhdenaikaisesti, mutta lähtökohtaisesti yksi koneen toimilaitte mittaa yhden tyyppistä suuretta ja toimilaitte tekee yhtä suoritetta.

Tekninen ajattelu voidaan käsittää sisältävän ainakin teknisen rationaalisuuden sekä teknisen ongelmanratkaisukyvyyn. Käsitettä voitaisiin tarkastella huomattavasti syvällisemminkin, mutta se ei ole tarkoituksenmukaista tämän tutkimuksen viitekehyksessä. Tekniikka tähtää asioiden tekemiseen luonnontieteitä soveltamalla ja täten johtopäätöksenä pyritään esittämään niitä ajattelutapoja, jotka edesauttavat tekemisen onnistumista.

### 3.5.1 Tekninen rationaalisuus

Ensimmäinen ratkaistava asia lienee onko rationaalisempaa toteuttaa ohjaus ihmisen tekemänä vai koneellisesti. Luovia ratkaisuja vaativaa työtä tekevää ihmistä on vaikea korvata koneellisesti. Kuitenkin on monia perusteita valita kone työn tekijäksi. Näitä voi olla esimerkiksi työn yksitoikkoisuus, vaarallisuus, pitkäkestoisuus sekä vaadittu nopeus ja tarkkuus.

Teknisen rationaalisuuden periaatteen mukaisesti laitteen ohjauksen tulee olla tarkoituksenmukainen eikä se voi tällöin havainnoida kaikkia mahdollisia muuttujia. Tällöin vaaditaan laitteen suunnittelijalta ja tekijältä ajattelutapaa, jolla voidaan tunnistaa laitteen toiminnan kannalta ne suureet, joita on ehdottomasti mitattava, joita olisi hyvä mitata ja joita ei tarvitse mitata. Näiden perusteella voidaan mitoittaa ja suunnitella laitteen tarvitsema ohjausjärjestelmä oikein vastaamaan varsinaisen toiminnan lisäksi tarpeellisiin häiriö- ja muihin odottamattomiin tilanteisiin.

### 3.5.2 Tekninen ongelmanratkaisu

Kaikki tekniseen ongelmanratkaisuun tähtäävä lähtee siitä, että on jokin lopputulos, johon tulee päästä. Ongelman tavoitteen pääsemiseksi muodostaa käytettävissä oleva keinovalikoima ja niiden yhdisteleminen siten, että lopputuloksena päästään tavoitteeseen. Usein ratkaisua lähdetään hakemaan tutuista jo olemassa olevista työkaluista ja niiden yhdistelemisestä. Joskus ongelmanratkaisu vaatii täysin uuden periaatteen luomisen.

Tekninen ajattelu vaatii laitteiden ja menetelmien tuntemusta ja kokemusta niistä. Ongelmaan on usein useita ratkaisuja. Jotkut ovat monimutkaisia ja hienostuneita, toiset taas suoraviivaisia ja yksinkertaisia. Ratkaisu on usein heijaste tekijänsä ominaisuuksista, keinovalikoiman tuntemuksesta ja kokemuksesta.

## 4 Opiskelijoiden teknisen ajattelun kehittyminen

Tutkimuksen alussa asetettiin hypoteesi, joka perusajatus on se, että tekniikan alalla kokemattomamman opiskelijan tekninen ajattelu kehittyy kokenutta tekniikan alan työskentelijää enemmän perusopintojaksojen aikana. Tässä luvussa testataan tuon hypoteesin paikkansapitävyys ja tarkastellaan muita aineiston analysoinnin perusteella esille nousseita seikkoja.

Tutkimuksessa teetetyllä kyselyllä saadun vastausaineiston analysoinnissa kysymykset on jaettu kahteen luokkaan, joista toinen käsittää laajempia käsitteellisiä kokonaisuuksia ja toinen teknisiä yksityiskohtia. Tämän jaottelun avulla on saatu esiin eroja opiskelijoiden osaamisen kehittyminen erityyppisillä osa-alueilla.

Yli-Viikari artikkelissaan esittää, että teknisen ajattelutavan mukaisesti opinnoissa opetellaan ulkoa ne asiat, joita kokeessa kysytään, ja tällöin saadaan suorituksesta hyvä arvosana (Yli-Viikari, 2013). Tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan teknistä ajattelua käsitetä asioiden ulkoa opetteluna eikä kohderyhmän arvosanoja tarkasteltaessa automaattisesti korkeita arvosanoja pidetä teknisen ajattelun ilmentymänä.

### 4.1 Digitaali- ja automaatioteknisen ajattelun muutos

Tutkimuksessa vastaajat jaettiin kuuteen (0–5) tasoryhmään henkilön ilmoittaman kokemustaan mukaisesti. Tason 0 henkilöt eivät ole saaneet sähkö- tai automaatiotekniikan koulutusta lainkaan eivätkä työskentele alalla, kun taas tason 5 henkilöt työskentelevät kyselyhetkellä päätoimisesti alalla. Vastaajien ryhmittelykriteerit ovat nähtävissä kyselylomakkeessa, joka on liitteenä 1.

Tässä luvussa esitetyissä kuvaajissa esitetty asteikko on suhteellinen arvoalueella 0–100. Asteikko kuvaa vastaajan omaa tuntemustaan osaamisestaan ja sen muutosta. Mikäli vastaaja on tuntenut, että hänen osaamisensa ei ole kehittynyt opintojakson aikana lainkaan, on hän arvioinut osaamisensa lopputason täysin samaksi kuin lähtötason. Tällöin henkilön osaamisen muutos olisi nolla (0). Vastaavasti, mikäli vastaaja on lähtötilanteessa tuntenut, että ei osaa kysyttyä asiaa ollenkaan ja loppukyselyssä tuntee hallitsevansa kysytyn kysymyksen täydellisesti, on vastaukseksi tällöin annettu sata (100). Todelliset vastaukset ovat kuitenkin pääsääntöisesti näiden raja-arvojen



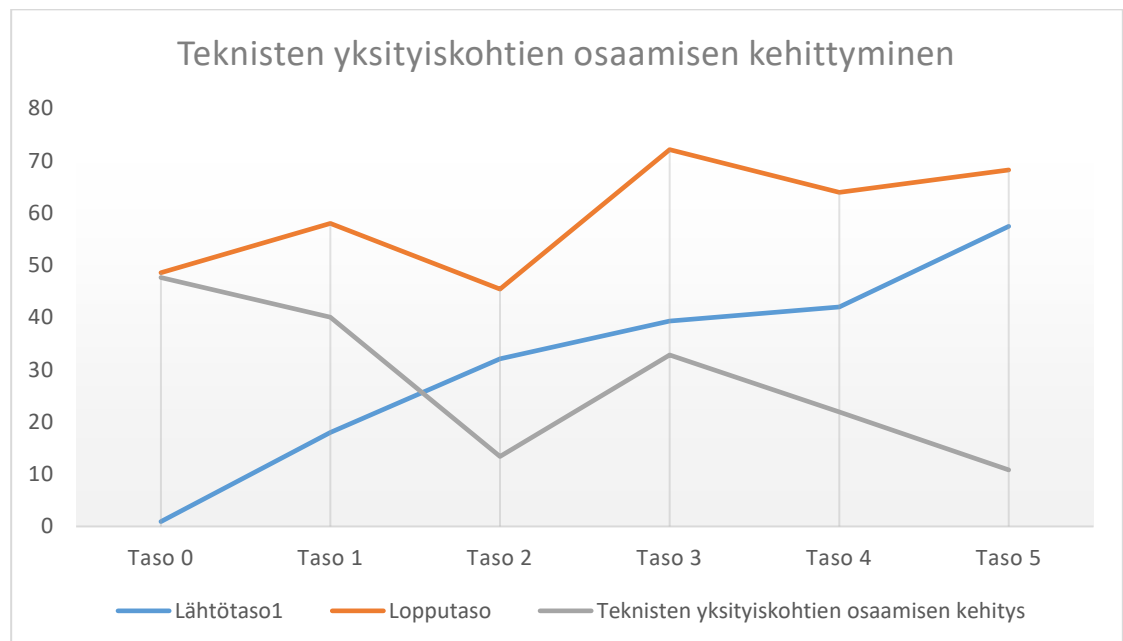
väliltä. Lisäksi yhteen kuvaajassa esitettyyn arvopisteeseen vaikuttaa useamman kuin yhden kysymyksen vastaukset.

Henkilöiden vastauksia ei ole verrattu toisten henkilöiden vastausten kanssa. Aineiston analysointi on tapahtunut siten, että yksittäisen henkilön vastausta on verrattu saman henkilön toisena ajankohtana samaan kysymykseen annettuun vastaukseen. Tällä tavalla on saatu esille kyseisen henkilön kokemus oman osaamisen ja ajattelun kehittymisestä. Tässä luvussa tarkastellaan numeerisen analyysin perusteella esiin nousseita merkityksellisiä yksityiskohtia sekä trendejä, joiden avulla pyritään vastaamaan varsinaisiin tutkimuskysymyksiin sekä testaamaan asetettu hypoteesi.

#### 4.1.1 Teknisten yksityiskohtien osaamista mittaavat kysymykset

Annetut vastaukset on jaoteltu kysymyksen laajuuden perusteella kahteen ryhmään; tekniset yksityiskohdat ja laajemmat tekniset kokonaisuudet. Tarkasteltaessa teknisiä yksityiskohtia ja niiden osaamista käsitteleviä kysymyksiä on havaittavissa eroja eri tasoryhmissä.

Alla on esitetty kuvaaja osaamisen kehittymisestä tasoryhmittäin.



Kuva 2. Kehitys tasoryhmittäin teknisten yksityiskohtien osalta

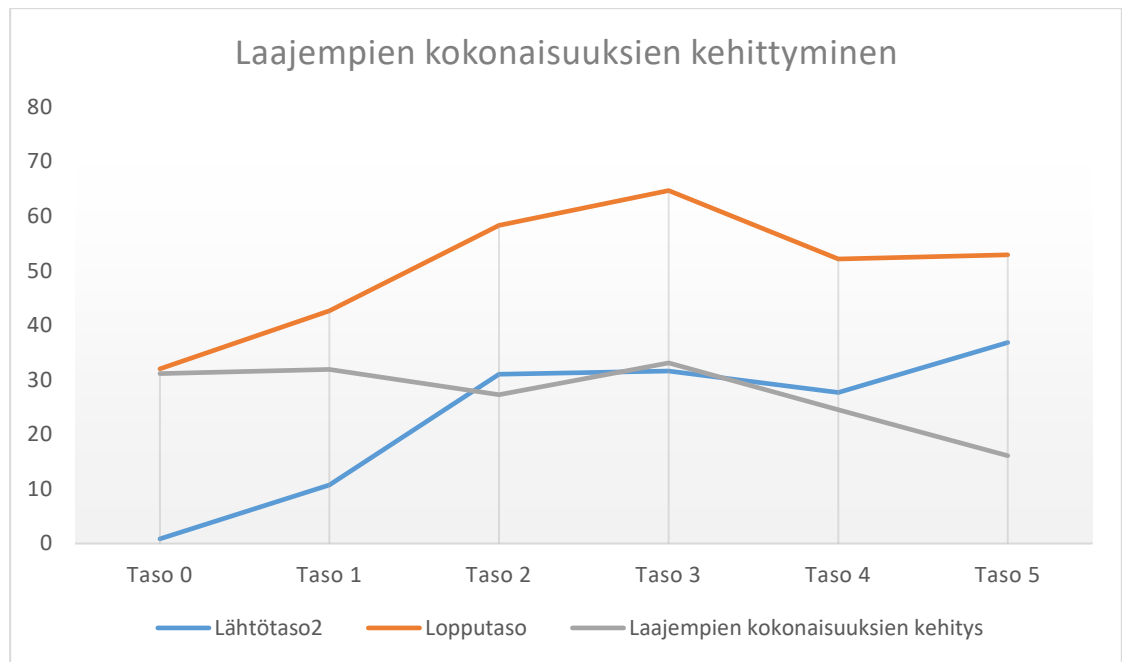
Kuvaajasta käy ilmi, että kehitystä on tapahtunut jokaisessa tasoryhmässä. Osaamisen lopputason kuvaaja (oranssi viiva) ei käyttyädy aivan lineaarisesti, sillä kaksi taso-

ryhmää (2 ja 4) ovat arvioineet osaamisensa alhaisemmaksi kuin näitä alemmat lähtötasoryhmät. Kuitenkaan tarkoitus tutkimuksessa ei ole vertailla eri henkilöiden vastauksia keskenään vaan yhden henkilön osaamisen muutosta, joten tällä yksityiskohdalla ei ole merkitystä tutkimuksen tulosten ja johtopäätösten kannalta. Merkityksellinen on kaaviosta havaittavissa oleva tutkimustulos, jonka mukaan pääsääntöisesti tapahtunut kehitys on sitä alhaisempaa mitä korkeampi lähtötaso on ollut (harmaa viiva). Tähänkin pienen poikkeaman tekee tason 2 kehitys. Nämä poikkeamat ovat selitettävissä tasoryhmän 2 suhteessa pienellä otannalla, jolloin yksittäisen henkilön yksittäisen vastauksen merkitys korostuu. Tasojen 0 ja 5 kehityksen ero on noin 37 mittayksikköä.

Kaavion tulkinnasta keskeisimpänä asiana voidaan sanoa, että ne, joiden teknisten alojen kokemus oli opintojaksoille tultaessa pienempi, ovat oppineet enemmän teknisistä yksityiskohdista, kuin ne, jotka olivat kurssille tultaessa teknisellä alalla kokeneempia.

#### 4.1.2 Laajempia teknisiä kokonaisuuksia mittaavat kysymykset

Tarkasteltaessa laajempia teknisiä kokonaisuuksia mittaavia kysymyksiä on havaittavissa, että osaamistasoa ilmaisevat kuvaajat ovat pääsääntöisesti saman suuntaisia kuin edellisessä yksityiskohtien osaamista osoittavassa kuvaajassa. Alla olevasta kuvaajasta käy ilmi selkeästi edellistä kuvaajaa pienempi ero tasoryhmien 0 ja 5 kehityksessä, joka on tässä tapauksessa noin 15 mittayksikköä.



Kuva 3. Kehitys tasoryhmittäin laajempia teknisiä kokonaisuuksien osalta

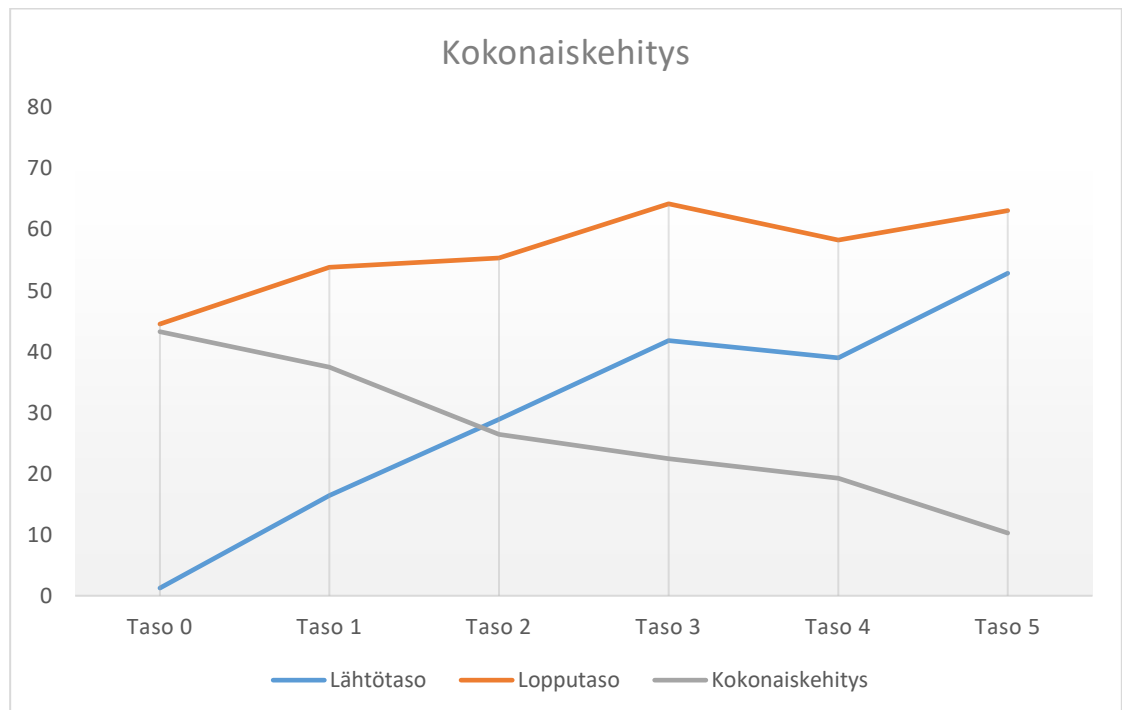
Tässäkin kuvaajassa on havaittavissa, että korkeamman tasoryhmän henkilöt ovat osittain arvioineet oman osaamisensa alhaisemmaksi kuin alhaisemman tasoryhmän henkilöt. Nämä pienet poikkeamat johtuvat yksittäisen henkilön subjektiivisesta näkemyksestä kysyttäessä kokemuksesta teknisellä alalla sekä tuntemusta omasta osaamisesta. On mahdollista, että nämä poikkeamat tasoittuisivat suuremmalla otannalla.

Verrattaessa kuvaa 3 kuvaan 2, havaitaan, että osaamisen kehittyminen ei kokonaisuuksia tarkasteltaessa ole enää niin selkeää, kuin yksityiskohtien osaamista tarkasteltaessa. Tämä on ymmärrettävää, sillä mikäli voit vastata kysymykseen ”Osaatko tämän?” kyllä tai ei, niin muutos täysin kokemattomalla muuttuu helposti nollasta saatan opetuksen edetessä. Mikäli kysytään laajempaa kysymystä esimerkiksi ”Miten hyvin tunnet järjestelmän?”, on helpompi antaa itselleen huonompi arvosana. Kuitenkin tässäkin kuvaajassa (harmaa viiva) on nähtävissä trendi, jossa kehitys on alhaisempaa korkeammissa tasoryhmissä.

## 4.2 Tutkimustulokset

### 4.2.1 Osaamisen kehittymisen trendit lähtötasoittain

Yllä olevia kuvaajia tulkittaessa nähdään, että tuntemus oman osaamisen kehittymisestä on vähäisempi, mikäli kokemukseen perustuva lähtötaso on korkeampi sekä teknisiä yksityiskohtia tarkasteltaessa että laajempia kokonaisuuksia tarkasteltaessa. Alla olevassa kuvaajassa on esitetty samat tulokset huomioon ottaen kaikki tutkimuksessa esitetyt kysymykset.



Kuva 4. Osaamisen kokonaiskehitys tasoryhmittäin

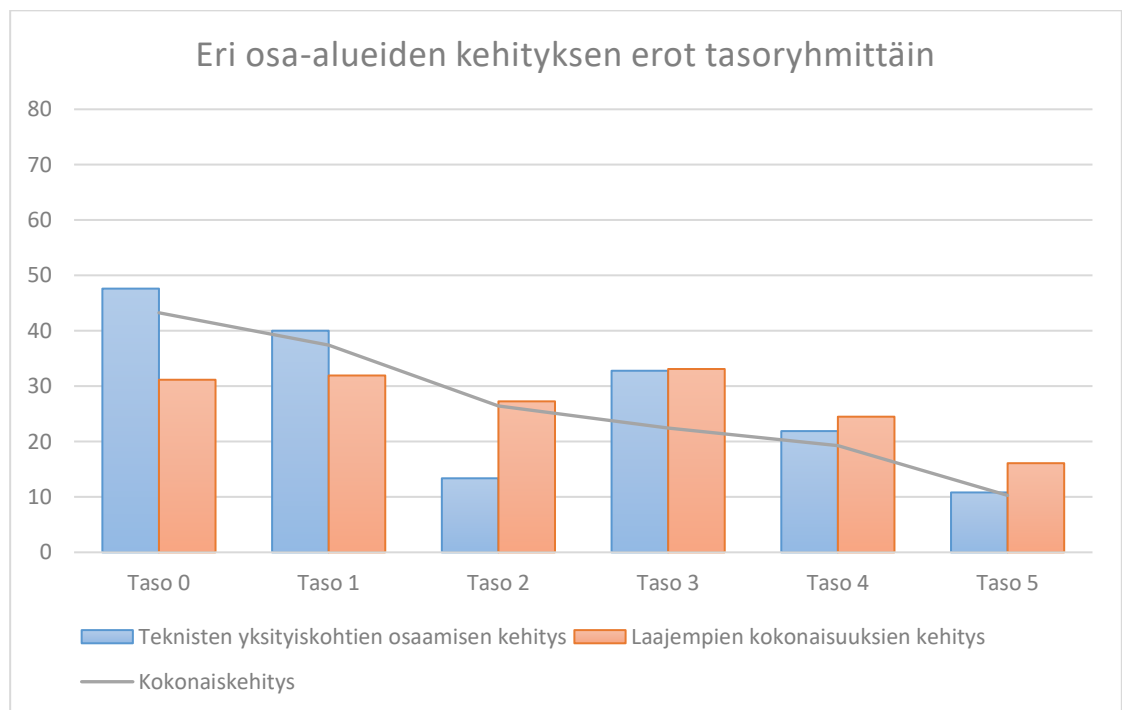
Kun tarkasteluun otetaan koko kysymyssarjan tulokset, niin trendit näkyvät selkeästi ja osaamisen muutosta kuvaava harmaa viiva on jatkuvasti laskeva. Pienet epäloogisuudet tarkasteltaessa ainoastaan osan kysymyksistä vastauksia, eivät ole enää nähtävissä kokonaistulosta tarkasteltaessa.

Kun tarkasteluun otetaan tässä tutkimuksessa käytössä olleen aineiston täysi otanta, eli kaikkien kysymysten tuottamat vastaukset (Kuva 4), on kehitystä tasoryhmittäin kuvaava harmaa viiva selkeästi laskeva koko matkalta. Tästä kuvaajasta voidaan päätellä, että osaamisen kehittyminen on ollut sitä voimakkaampaa mitä alhaisempi lähtötaso on ollut ja sitä vähäisempää, mitä korkeampi lähtötaso on ollut opistojaksojen alussa. Aineiston osatarkastelujen kuvaajien osoittamat viivat eivät kaikilta osin ole

jatkuvasti laskevia, mutta aikaisempaan kokemukseen kääntäen verrannolliset trendit osaamisen kehittämisessä ovat selkeästi nähtävissä niistäkin.

#### 4.2.2 Eri osa-alueiden kehitys lähtötasoin

Edellisen havainnon lisäksi kyselyn tuloksia tarkasteltaessa nousi esiin eräs tämän tutkimuksen kannalta merkittävä seikka. Alla olevassa kuvaajassa (Kuva 6) on esitetty pylväsdiaagrammina eri tasoryhmien osaamisen kehitys. Kuvaajassa on eroteltu teknisten yksityiskohtien osaaminen (sinen pylväs) ja laajemmat kokonaisuudet (oranssi pylväs).



Kuva 5. Eri osa-alueiden kehityksen erot tasoryhmittäin

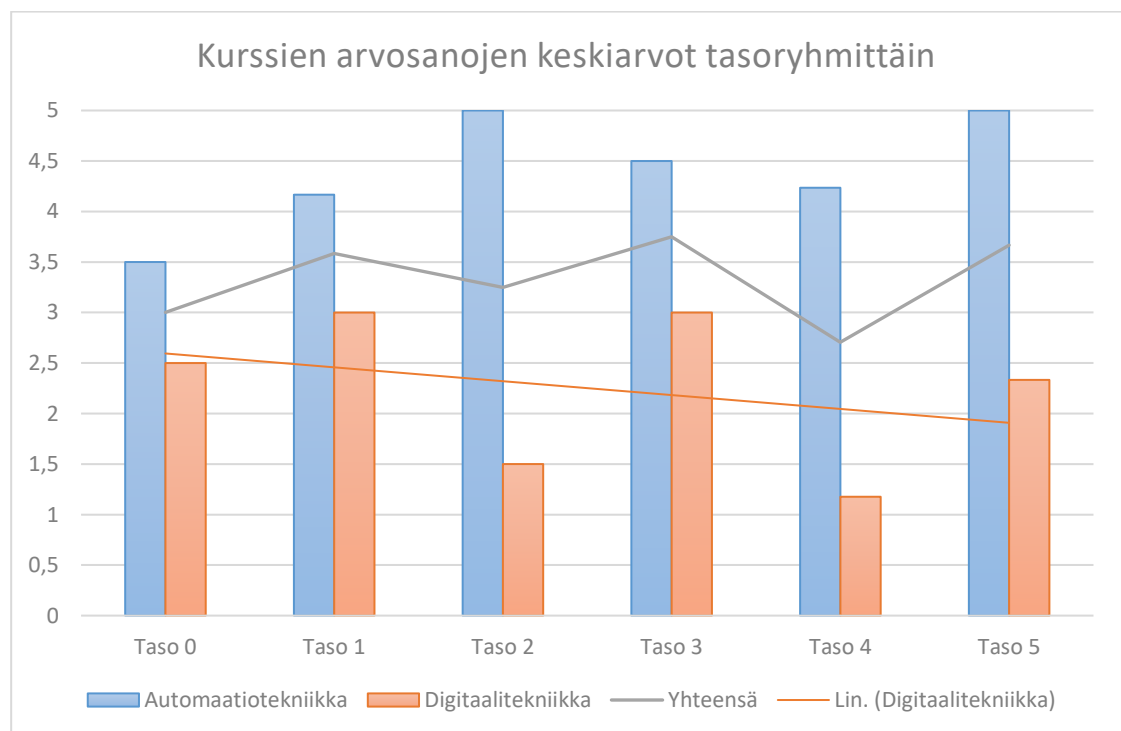
Kuvaajasta on nähtävissä, että tasoryhmän 0 osaaminen on kehittynyt selkeästi enemmän teknisten yksityiskohtien osaamisen osalta kuin laajempien kokonaisuuksien osalta (ero on noin 16 mittayksikköä). Sama ilmiö toistuu myös tasoryhmällä 1, mutta ei aivan niin voimakkaasti (ero on noin 8 mittayksikköä). Tämä osa-alueiden kehittymisen suhde kääntyy päinvastaiseksi tasoryhmiin 0 ja 1 nähden tasoryhmissä 2–5.

Tästä havainnosta voidaan päätellä, että kokemattomimmat opiskelijat tuntevat oppineensa yksityiskohtia paremmin kuin laajoja kokonaisuuksia. Kokeneemmat opiskelijat taas tuntevat oppineensa laajempia kokonaisuuksia enemmän kuin yksityiskohtia.

#### 4.2.3 Osaamisen kehittymisen korrelointi kurssien arvosanojen kanssa

Totta puhuen odotin arvosanojen korreloivan jollakin tavalla joko osaamisen kehittymisen tai tasoryhmien kanssa, mutta nähtävästi olin väärässä, mikä on sinänsä oleellinen tutkimustulos sekin. Kuitenkaan tutkimuksessa ei varsinaista hypoteesia tämän suhteen asetettu, joten ilmiön tarkastelu sen tarkemmin ei ole tarpeellista.

Alla on esitetty kuvaajalla kohderyhmän saavuttamat arvosanat tarkasteltavista opin-  
tojaksoista.



Kuva 6. Arvosanojen keskiarvot tasoryhmittäin

Kaaviosta on pääteltävissä, että digitaalitekniikka on osoittautunut selkeästi haastavammaksi kurssiksi kuin automaatiotekniikka. Yksi säännönmukaisuus on kuitenkin tästäkin havaittavissa; Tasoryhmän 0 keskiarvo digitaalitekniikan arvosanoissa on suhteellisen korkea. Tämä taas korreloi selvästi teknisten yksityiskohtien osaamisen kehittymisen kuvaajan kanssa. Muissa tasoryhmissä ei ole näin selvästi vastaavaa

korrelaatiota havaittavissa, mutta kuvioon lisätty digitaalitekniikan arvosanojen trendiviivan suunta korreloi vastaavalla tavalla teknisten yksityiskohtien osaamisen kehittymisen trendiviivan kanssa.

Arvosanojen tarkastelun luotettavuutta heikentää se, että otannan tekohetkellä ei kaikki tutkimukseen osallistuneet olleet vielä syystä tai toisesta saaneet arvosanaa kurssista. Suppeamman otannan tasoryhmissä, kuten esimerkiksi tasoryhmässä 2, tämä saattaa aiheuttaa merkittävän muutoksen tarkasteltavaan keskiarvoon.

## **5 Yhdistelmä, johtopäätökset ja pohdinta**

Tällä tutkimuksella on saatu tuotua esiin hyviä havaintoja opiskelijoiden osaamisen sekä teknisen ajattelun lähtötasojen erot ja niiden myötä erot kehittämisessä perusopintojaksojen aikana. Tutkimuskysymyksiin on saatu vastaukset, asetetun hypoteesin paikkansapitävyys on saatu testattua sekä esiin on noussut useita asioita, joiden käsittelyn tuotoksen syntyneitä johtopäätöksiä on syytä ainakin tarkastella opetuksen kehittämisen näkökulmasta.

### **5.1 Tekninen ajattelu ja sen ilmentyminen kyselytutkimuksessa**

Tekniselle ajattelulle ei ole yhtä yksiselitteistä käsitettä olemassa. Tässä tutkimuksessa se on käsitetty sisältävän teknisen rationalismin ja teknisen ongelmanratkaisukyvyyn. Muissa yhteyksissä asia on saatettu ymmärtää toisella tavalla. Kuitenkin monesti asian ymmärretään tähtäävän jonkinlaisen monesti koneellisen tekemisen ymmärtämiseen.

Tässä tutkimuksessa tehdyn aineiston kaksiosaisen analysoinnin tuloksena saatiin esille selkeä ero teknisten yksityiskohtien osaamisen sekä laajempien kokonaisuuksien osaamisen välille. Näistä jälkimmäinen osa-alue ilmentää enemmän teknistä ajattelua. Teknisten yksityiskohtien osaaminen lisää käytettävissä olevien työkalujen määrää, kun taas laajempien kokonaisuuksien ymmärtäminen ilmentää kykyä yhdistellä opittuja työkaluja sekä kykyä tekniseen ongelmanratkaisuun.

Edellä mainitusta huolimatta opiskelijoiden saamat arvosanat kurssista eivät kovin vahvasti korreloineet osaamisen tason tai kokemuksen kanssa. Kuitenkin selvästi on

havaittavissa, että opiskelija saattoi saada kurssista aivan yhtä hyvän tai huonon arvosanan riippumatta taustastaan tai tuntemuksestaan osaamisen tai ajattelu kehitymisestä. Lopputuloksena kuitenkin on, että tasoerot kaventuivat osaamisen osalta ja teknisen ajattelun osalta vielä enemmän perusopintojaksojen aikana.

### 5.1.1 Teknisen ajattelun kehittämisessä esille nousseet asiat

Luvussa 4.2.2 kuvan 5 esittämiä kuvaajia tulkittaessa nousi esiin, että kokemattomimmat opiskelijat tuntevat oppineensa yksityiskohtia paremmin kuin laajoja kokonaisuuksia. Kokeneemmat opiskelijat taas tuntevat oppineensa laajempia kokonaisuuksia enemmän kuin yksityiskohtia. Tästä voisi päätellä, että teknistä taustaa omaamattomilla opiskelijoilla opiskelu helposti menee siihen, että pyritään ulkoa oppimaan kurssilla esiin nostettavat asiat, jotta kurssista saadaan hyväksytty arvosana. Tällöin kokemattomimmat opiskelijat keskittyvät enemmän ”teknisen työkalupakkinsa” laajentamiseen. Tämä ajatus korreloisi myös kuvassa 6 esitetyn arvosanaverailun osoittamaan tasoryhmän 0 suhteelliseen korkeaan keskiarvoon digitaalitekniikan kurssilla. Digitaalitekniikan kurssi on suureksi osaksi pieniä yksityiskohtia ja niiden osaamista. Taustaltaan kokeneempi opiskelija voi helposti ajatella esimerkiksi digitaalitekniikassa ykkösten ja nollien luonteen tarkastelun olevan tarpeetonta varsinaisen työn tekemisen kannalta ja pyrkiä ennemminkin laajentamaan osaamistaan laajempien kokonaisuuksien hallinnan osalla.

Tätä yllä mainittua voidaan pitää yhtenä teknisen ajattelun ilmentymänä. Teknistä osaamista kyllä voi olla asioiden ulkoa opettelu, mutta niiden soveltaminen oikeaan työtehtävään vaatii vähintään jonkinlaista kokemusta ja näkemystä siitä, mikä on oleellista. Yli-Viikarin (2013) ajatusta siitä, että tekninen ajattelu on ainoastaan asioiden ulkoa opettelu ja mekaanista toistamista, en allekirjoita sellaisenaan. On kuitenkin myös totta, että teknisen rationaalisuuden nimissä monesti tekniikan alalla asiat tehdään intuitiivisesti ja niin kuin aikaisempi kokemus on hyväksi osoittanut. Tekninen ajattelu näyttäisi tämän tutkimuksen valossa kehittyvät kokemuksen myötä, mikä sinänsä vaikuttaa loogiselta ajatukselta.

Tämän pohdinnan perusteella ajattelutavan jakaminen ainoastaan tekniseen ja luovaan ajatteluun on vajavaista. Pitäisikö ennemminkin puhua esimerkiksi mekaani-



sesta ajattelusta ja teknisestä luovuudesta? Joka tapauksessa on selvää, että tekniikan alalla menestyksekkäs työskentely tarvitsee sekä suoraviivaista teknistä (mekaanista) ajattelua, teknisten työkalujen käytön osaamista ja luovuutta.

## 5.2 Hypoteesin testaamisen tulos ja johtopäätökset

Tutkimuksen alussa asetettiin hypoteesi siitä, että niiden osaaminen ja tekninen ajattelu kehittyvät perusopintojaksojen aikana enemmän, joilla ei ole niin vahvaa teknistä taustaa ennen opintoja. Tämän tutkimuksen tulosten perusteella voidaan sanoa, että asetettu hypoteesi pitää paikkansa. Tämä ilmenee luvussa 4 esitetyistä kaavioista, joissa tarkastelutavasta riippumatta kehityksen määrä oli kääntäen verrannollinen kokemuksen perusteella tehtyyn tasoryhmäjaotteluun.

Tämä tutkimustulos ei sinänsä ole kovinkaan yllättävää. Kuitenkin merkittävää on se, että teknisen osaamisen ja ajattelun eri osa-alueilla kehitys käyttäytyi eri tavalla. Lisäksi havaintona voidaan vielä todeta, että kurseista saadut arvosanat eivät suoraan korreloi opiskelijan kokeman kehittymisen kanssa.

## 5.3 Tutkimustulosten käyttö opetuksen kehittämiseen

Tämän tutkimuksen tuloksien käyttöä opetusta kehitettäessä on syytä harkita. Tutkimuksen hypoteesin osoittamisella paikkansa pitäväksi ei välttämättä ole suurta merkitystä opetuksen kehittämisen kannalta, mutta muuten tutkimuksessa nousi varmasti useita käyttökelpoisia ajatuksia esiin. Ainakin se seikka, että perusopinnoissa kokemattomampien opiskelijoiden osaaminen kehittyi suhteessa enemmän, kun kokeneempien, osoittaa sen, että perusteopintojaksot todella keskittyvät perusteisiin. Mikäli näillä opintojaksoilla opetettaisiin pidemmälle vietyä tekniikan ja työvälineiden soveltamista, voisin ajatella, että tulos olisi päinvastainen. Tämän ajatuksen perustelen sillä, että mielestäni kokeneempikin opiskelija voi kokea oppivansa paljon uutta, mikäli opetus on riittävän haastavaa, mutta ilman perusopintoja haastavammille kurseille lähtevä opiskelija ei pysty omaksumaan samoja asioita.

On hyvä ymmärtää, että erilaiset taustat omaavat opiskelijat oppivat samasta opetuksesta erityyppisiä asioita. Uskoakseni oppilaitokset myös saavat työnantajakentältä palautetta siitä, minkä tyyppistä osaamista valmistuvilta opiskelijoilta halutaan.

Varmastikin yksittäinen lähialueella toimiva suuri teknisten alojen insinöörejä työllistävä työnantaja haluaisi opetuksen käyttävän samoja laitteita, mitä kyseinen laitos pääasiallisesti käyttää. Kuitenkin on oppilaitoksen harkittava, mitä laitteita opetuksessa käytetään ja mitä niiden käytöllä halutaan opettaa. Onko tarkoituksenmukaista ainoastaan opettaa kyseisen laitteen käyttö vai esimerkiksi ohjaus- tai säätötekniinen periaate?

Jos ajatellaan teknisen ajattelutavan opettamista ilman teknisiä työkaluja, lienee vaihtoehtona harjoitella matemaattisia tai loogisia ongelmanratkaisutehtäviä. Siinänsä varmaan ajattelua kehittävää harjoittelua tämäkin, mutta varsinaiseen tekemiseen tähtäävä oppiminen tällöin jää pois. Onko tällöin enää kyse edes tekniikan opettamisesta vai ennemminkin filosofiasta? Tästä syystä teknisten yksityiskohtien ja työkalujen opettelu on välttämätöntä. Haluttuun lopputulokseen päästäneen parhaiten harjoittelemalla teknistä ongelmanratkaisukykyä käyttäen kyseiselle alalle ominaisia työkaluja laajasti. Lisäksi voisi olla eduksi verrata opiskelijoiden aikaan saamia ratkaisuja lähialueen teollisuudessa oikeasti käytössä oleviin ratkaisuihin ja vertailla näiden etuja ja haittoja.

#### 5.4 Luotettavuustarkastelu

Luotettavuuden tarkastelu on sekä tutkijan itsensä, tutkimustyön arvioijan sekä tutkimusraportin lukijoiden jokaisen tehtävä itse. Tässä luvussa on lyhyesti kerrottu tutkijan itsensä näkemys siitä, miten luotettavuutta tässä tapauksessa voidaan arvioida. Kokonaisuuden tarkasteluun luotettavuuden osalta tietyn haasteen tuo se, että tutkimuksessa on selkeästi kaksi puolta; kvantitatiivinen ja kvalitatiivinen. Näiden osa-alueiden luotettavuuden tarkastelu on luonteeltaan hyvin erilaista. Laadullisen tutkimuksen ja sen tulosten arviointi on luonteeltaan subjektiivista ja sitä tehdessä arvioijan kokemus ja tausta ovat merkittävässä asemassa. Määrällistä tulosta arvioidessa voidaan tarvittaessa mittaus ja laskennat toteuttaa uudelleen, jolloin arvioinnin sijaan voidaan tarkastaa tulosten paikkansapitävyys.

#### 5.4.1 Validiteetti ja reliabiliteetti

Tutkimuksen luotettavuutta tarkasteltaessa tulee tarkastella validiteettia ja reliabiliteettia. Validiteetin tarkastelulla pohditaan, onko tutkimuksessa tarkasteltu päämäärään saavuttamisen kannalta oikeita asioita. Reliabiliteetilla taas tarkastellaan sitä, onko tutkimustulokset kuinka pysyviä ja onko tutkimus tarvittaessa toistettavissa samoin tuloksia. (Kananen, 2012, ss. 161-163)

Tässä tutkimuksessa mitattiin mielipiteen kvantifiointia käyttäen tutkimuskohteena olevan joukon käsitystä oman osaamisensa kehittymisestä. Varmasti kohderyhmää, otantaa tai kysymysten asettelua muuttamalla saataisiin erilaisia tuloksia. Uskoakseni kuitenkin vastaavien tutkimusten tuottamien tulosten trendit siitä, että vähäisemmän kokemuksen omaavat opiskelijat kehittyvät enemmän perusopintojaksojen aikana kuin kokeneemmat opiskelijat, olisivat saman suuntaiset ja hypoteesin voitaisiin todeta pitävän paikkansa myös muilla tutkimuksilla. Tässä suhteessa arvioisin tutkimuksen reliabiliteetin olevan hyvä.

Tutkimuksen alussa tarkastellaan käsitettä ”Tekninen ajattelu”. Koko käsite on siinänsä oleellinen tälle tutkimukselle jo otsikosta lähtien, mutta tutkimuksen laajuus ja syvyys opinnäytetyönä ei mahdollista kovin laajan käsitetutkimuksen tekemistä teoriapohjaksi. Tästä syystä teoriapohjaksi on valittu näkemyksiä, joissa pohditaan teknistä ajattelua ja verrataan sitä luovaan ajatteluun. Näiden ajatusten perusteella on luotu teknisen ajattelun malli tähän tutkimukseen sopivaksi. Kysymys siitä, pystytäänkö tällä käsitteen pohdinnalla vastaamaan kysymykseen ”Miten eri taustan omaavien monimuoto-opiskelijoiden tekninen ajattelu kehittyy perusopintojaksojen aikana ja miksi?”, jätettäkään lukijan harkinnan varaan.

#### 5.4.2 Triangulaatio

Tutkimuksen luotettavuutta lisäävään triangulaatioon eli monistrategisuuteen on pyritty yhdistämällä menetelmiä (Kananen, 2012, ss. 178-180). Tutkimuksessa on käytetty kirjallisuuslähteiden induktiivisen sisällönanalyysin lisäksi mielipiteen kvantifiointia ja tällä tavoin saadun aineiston määrällistä analysointia. Tutkimuksen tuottamista numeraalisista taulukoista ja niihin johtaneista syistä on tehty laadullisia melko

pitkällekin vietyjä johtopäätöksiä, joilla pyritään selittämään laadullisesti muodostetun mallin ja määrällisesti kerätyn havaintoaineiston suhteet.

Tutkimuksen kirjallinen aineisto on kuitenkin suppeahko. Toisaalta teknisen ajattelun käsitettä ei ole aikaisemmin määritelty. Lähteinä käytettiin eri kirjallisuustyyppisiä kuten oppilaitoksille suunnattuja oppikirjoja, opinnäytetöitä, lehtiartikkeleita ja tekniikan olemusta filosofisesti pohtivia teoksia. Lisäksi aihetta varten tutustuttiin useisiin lähteisiin, jotka kuitenkin sopivan aiheen laajuuden säilyttämiseksi jätettiin pois, sillä niiden tuoma lisäarvo tutkimukselle olisi ollut vain muutamia rivejä lisää lähdeluettelossa. Tällaisia kirjoja olivat muun muassa ohjelmoinnin opetusta käsittelevät teokset sekä ihmisen ajattelutapaa ja oppimista käsittelevät psykologiset teokset. Tutkimukseen valitun aineiston ja siitä tehdyn analysoinnin perusteella saatiin muodostettua soveltuva teknisen ajattelun malli, jota tässä tutkimuksessa tutkitaan. Tässä mielessä aineiston määrä on ollut riittävä ja laadultaan soveltuva.

## 5.5 Jatkotutkimusaiheita

Opintojaksot kehittyvät jatkuvasti ajan mittaan, henkilöstön vaihdosten yhteydessä, opetussuunnitelmien muuttuessa tai muista syistä. Mikäli tulevaisuudessa vastaavanlainen tutkimus toteutetaan, sen tuloksia olisi syytä verrata tämän tutkimuksen tuloksiin.

Teknisen ajatteluun liittyvien käsitteiden tarkasteluun keskittyvä syvälinen käsitetutkimus. Tutkimuksella voitaisiin määritellä tässäkin tutkimuksessa esille nousseita käsitteitä tarkemmin myöhempää tutkimustyötä varten.

Teknistä luovuutta käsittelevä tutkimus, jossa samaan projektiin (esim. AMK-opintoihin liittyvä automaatioprojektityö) annetaan vapaat kädet ja työkalut tehdä projekti. Tämän jälkeen vertaillaan eri tavoilla samaan lopputulosteen päässeiden projektiryhmien valitsemia menetelmiä, niiden toimivuutta ja syitä niiden valintaan. Tällaisella tutkimuksella päästäisiin mahdollisesti tarkastelemaan tekniselle ajattelulle ominaisen kokemuksen tuoman intuition vaikutuksen päätöksentekoon.

Mahdollisuutta tämän tutkimuksen johtopäätöksenä esitettyjen asioiden todentaminen myöhemmissä tutkimuksissa on syytä harkita. Ammattikorkeakoulun opetuksen tavoitteiden näkökulmasta voisi olla syytä tutkia, onko järkevämpää yrittää opettaa

teknistä ajattelua syventymällä tiettyyn laitevalmistajan kokonaisuuteen ja sen ominaisuuksiin monipuolisesti vai tutustua useampaan eri järjestelmään ja toteuttaa yhden tyyppisiä ominaisuuksia vaativia harjoituksia useilla eri järjestelmillä.

Teknisen rationalismin katsottiin tässä tutkimuksessa olevan osa teknistä ajattelua. Oppilaitosten laboratorioharjoituksissa ei välttämättä aina toteuteta rationalismin näkökulmasta tarkoituksenmukaisimmalla laitteistolla, vaan esimerkiksi logiikkaohjelmoinnin pienetkin harjoitustyöt toteutetaan usein melko järeillä laitteilla. Tutkimuksella olisi mahdollista selvittää, miten teknisen rationalismin otetaan huomioon ammattikorkeakouluopetuksessa ja olisiko tätä ajattelutapaa mahdollista/tarvetta opettaa enemmän.

## Lähteet

- Arthur, W. Brian. (2009). *Teknologian luonne – Mitä se on ja milainen on sen evoluutio* (K.Pietiläinen, Käänt.) Helsinki: Hakapaino 2010.
- Heikkerö, Topi. (2009). *Tekniikka ja etiikka - johdatus teoriaan ja käytäntöön*. Tekniikan akateemisten liitto TEK ry. Helsinki: Miktor Oy 2009
- Heinonkoski Risto, Asp Risto, Hyppönen Heikki. (2008). *Automaatio - helppoa elämää?* Vammalan Kirjapaino Oy 2008
- Hirsjärvi Sirkka, Remes Pirkko, Sajavaara Paula (2009). *Tutki ja kirjoita*. 15.p. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy 2009.
- Jelonen, Heidi. (2008). *Pedagogisen ajattelun kehittyminen ammatillisen opettajankoulutuksen aikana*. Jyväskylän ammattikorkeakoulu.
- Kananen, Jorma. (2012). *Kehittämistutkimus opinnäytetyönä : Kehittämistutkimuksen kirjottamisen käytännön opas*. Tampereen Yliopistopaino Oy - Juvenes Print.
- Lappalainen, Markku. (2015). *Miksi aivot sanovat ei? - Opi uusi tapa ajatella*. Juva: Bookwell Oy.
- National Aeronautic and Space Administration. *NASA-TLX: Task Load Index*. Noudettu osoitteesta <https://humansystems.arc.nasa.gov/groups/TLX/> (viitattu 3.7.2018)
- Tieteen kuvalehti*. (8. maaliskuu 2020). Noudettu osoitteesta <https://tieku.fi/teknologia/tietokoneet/digiaineisto-uhkaa-hajota-kasiin>
- Vertanen, Olli. (2010). *"SIINÄ ON SPEKSIT – MIKSET JO KOODAA?" Ajatuksia ohjelmoinnin oppimisesta ja opettamisesta*. Jyväskylän ammattikorkeakoulu.
- Yli-Viikari, Anja. (2013). Tekninen ajattelu hukuttaa innovaatiot. *Luonnonvarakeskuksen julkaisusarja Kanava 3/2013, sivut 46-48*.
- Jyväskylän ammattikorkeakoulu (2015). *Automaatiotekniikan perusteet, opintojakson kuvaus, päivätty (11.3.2015)*.
- Jyväskylän ammattikorkeakoulu (2018). *Digitaalitekniikka, opintojakson kuvaus, päivätty (10.12.2018)*.

## Eero Antilan opinnäytetyön 2020

## Liite 1. Ensimmäisessä kyselyssä käytetty kyselylomake

Digitaal- ja automaatioteknisen ajattelun kehittyminen  
Eero Antila, 2018

Sivu 1 / 2  
Kysely 1, elokuu 2018.

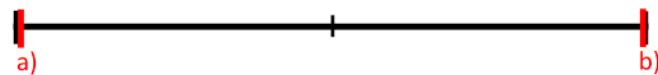
Nimi: \_\_\_\_\_ Opiskelijatunnus: \_\_\_\_\_

**Minkälainen on kokemuksesi tekniikan parissa työskentelystä (ympyröi oikea vaihtoehto):**

0. Ei minkäänlaista kokemusta.
1. En ole saanut koulutusta sähkötekniikan alalle, mutta olen harrastanut tai muuten ollut kiinnostunut sähköteknisistä laitteista.
2. Olen saanut sähkötekniikan peruskoulutuksen, mutta en ole tehnyt alan töitä koulutuksen jälkeen.
3. Olen sähkötekniikan peruskoulutuksen jälkeen tehnyt joitain digitaal- tai automaatiotekniikkaan liittyviä töitä, mutta en viimeiseen noin viiteen vuoteen.
4. Työskentelen sähkötekniikalla ja olen saanut alaan koulutuksen. Työhöni kuuluu jonkin verran digitaal- tai automaatiotekniikkaan liittyviä töitä.
5. Teen pääsääntöisesti digitaal- tai automaatiotekniikkaan liittyviä töitä.

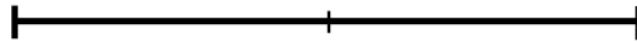
**Arvioi oma osaamisesi alla esitetystä aiheista käyttäen seuraavaa arvosteluasteikkoa (vedä pystyviiva haluamallasi kohdalle):**

Arvosteluasteikko, NASA-TLX (task load index):

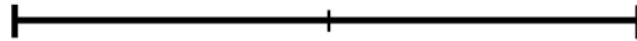


- a) "En ymmärrä asiaa tai en osaa kysytyä aihetta ollenkaan"  
"Siltä Väliä"
- b) "Osaan ratkaista kysymykset hyvin tai tunnen kysytyt asiat hyvin"

1. Miten hyvin ymmärrät desimaali- ja binäärilukujärjestelmien (dec, bin) erot ja toimintaperiaatteet sekä sen, miksi niitä käytetään?



2. Miten hyvin osaat muodostaa porttipiirikaavion alla kuvatuista tehtävänannoista?

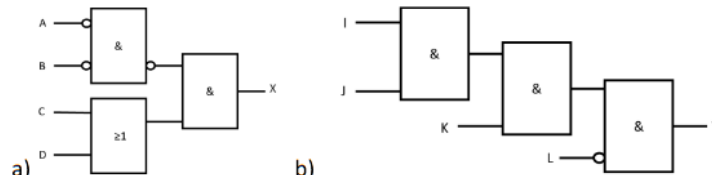
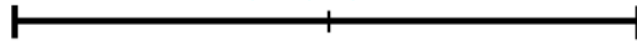


*"Kuljettimen moottori käy, mikäli syöttösuppilossa on tavaraa, käyttökytkin on "auto" -asennossa. Moottori käy myös, mikäli kytkin on "käsi" -asennossa. Häätä-seis piirin avautuessa moottorin pitää pysähtyä aina."*

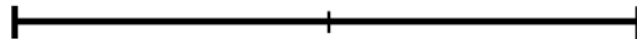
*"Pumppu käynnistyy, mikäli vedenpinta saavuttaa ylärajan. Pumppu sammuu, kun vedenpinta saavuttaa alarajan. Pumppu voi käydä myös pinnan ollessa alarajan alapuolella, mikäli painetaan ohituskytkintä."*

*Pumppu tarvitsee käymiseen käyntiluvan, joka annetaan hätä-seis -kytkimellä (NC)."*

3. Miten hyvin osaat sieventää alla annetut porttipiirikaaviot siten, että niissä käytetään mahdollisimman vähän porttipiirejä?



4. Miten hyvin osaat muodostaa yllä olevista porttipiireistä totuustaulukot?



5. Miten hyvin osaat muodostaa alla annetuista totuustaulukoista porttipiirikaavion?

I	J	K	Y
0	0	0	1
1	0	0	0
0	1	0	1
1	1	0	0
0	0	1	0
1	0	1	1
0	1	1	1
1	1	1	0

A	B	X
0	0	1
1	0	0
0	1	1
1	1	1

6. Miten hyvin ymmärrät, miten käyttäytyy ohjaus, joka on kuvattu alla annetuilla Boolean algebra -tyyppisillä kuvauksilla?

1.  $(A+B)(A+C) = X$                       2.  $(ABC)+\bar{B} = Y$                       3.  $B(A+C)+BD = Z$

7. Tehty logiikkaohjelma käyttää alla annettuja muistiosoitteita. Miten hyvin osaat sijoittaa ja ymmärrät alla annettujen muistiosoitteiden sijoittumisen annettuun muistiavaruustaulukkoon?

- M0, MW2, MD4, M1.0, M1.6

0	0	0	0	0	0	0	0	M0
0	0	0	0	0	0	0	0	M1
0	0	0	0	0	0	0	0	M2
0	0	0	0	0	0	0	0	M3
0	0	0	0	0	0	0	0	M4
0	0	0	0	0	0	0	0	M5
0	0	0	0	0	0	0	0	M6
0	0	0	0	0	0	0	0	M7

8. Miten hyvin ymmärrät, miksi edellisessä tehtävässä esitellyssä ohjelmassa SR-kiikkujen (vast.) muistipaikat eivät voi olla alla esitetyt ilman ohjauksen mahdollista häiriintymistä?

- M0.2, M2.4, M6.5, M7.7

9. Miten hyvin osaat tehdä yksinkertaisen logiikkaohjelman (esimerkiksi Siemens S7:lla), ajaa sitä logiikalla tai simulaattorilla ja tehdä muutoksia siihen käytön aikana?

**"Annan luvan digitaalitekniikan perusteet sekä automaatiotekniikan perusteet -opintojaksojeni arvosanojen käyttämiseen nimettömästi tässä tutkimuksessa."**

Jyväskylässä      \_\_. \_\_. 2018