# SÄHKÖTEKNIIKAN DIPLOMI-INSINÖÖRIN OSAAMISTARPEET V. 2030

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Sähkötekniikka

Diplomityö

2021

Jani Mäki-Mantila

Tarkastajat: professori Pertti Silventoinen

tutkijatohtori Johanna Naukkarinen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUT Energiajärjestelmät

Sähkötekniikka

Jani Mäki-Mantila

**Sähkötekniikan diplomi-insinöörin osaamistarpeet v. 2030**

Sähkötekniikan diplomityö

2021

102 sivua, 5 kuvaa, 18 taulukkoa ja 7 liitettä

Tarkastajat: professori Pertti Silventoinen, tutkijatohtori Johanna Naukkarinen

Avainsanat: sähkötekniikka, DI, osaamistarpeet, teemahaastattelu, Delfoi-menetelmä

Tutkimuksen tarkoituksena on kartoittaa sähkötekniikan diplomi-insinöörin osaamistarpeita vuoteen 2030. Sähkötekniikan ala on nyt suuressa murroksessa, jonka tärkeimpiä ajureita ovat ilmastonmuutos, uusiutuvan energian tuotanto ja digitalisaatio. Energiamuodoista sähkö on korvaamassa muita energiamuotoja muun muassa liikenteessä, lämmityksessä ja teollisuudessa. Hiilivapaa sähköntuotanto ja erityisesti tuulivoima ovat kasvussa. Arvioiden mukaan sähkön tarve Suomessa tulee kaksin- tai kolminkertaistumaan muista energiamuodoista sähköisiin energiamuotoihin siirtymisen takia. Sähkö on läsnä kaikkialla, ja sähkön käyttökohteet lisääntyvät. Alana sähkötekniikka kasvaa ja monipuolistuu ja samalla myös pirstaloituu. Osaamistarvekartoituksen tavoite on, että yliopisto pystyy koulutuksellaan vastaamaan muuttuvan maailman tarpeisiin.

Aluksi selvitetään insinöörikoulutuksen nykytilaa ja yliopiston asettamat nykyiset sähkötekniikan diplomi-insinöörin osaamistarpeet. Seuraavaksi selvitetään tulevaisuuden osaamistarpeita. Tulevaisuuden osaamistarpeiden kartoituksessa käytettäviä tutkimusmenetelmiä ovat aiempien tutkimuksien tuloksiin perehtyminen, teemahaastattelut ja Delfoi-kysely. Tarve on saada systemaattisesti esille yliopistoyhteisön ulkopuolisten toimijoiden kuten työelämän, yhdistysten ja julkisen sektorin näkemykset aiheesta.

Aiempia tutkimuksia läpikäydessä työelämätaidoista eniten tulivat esille ryhmätyötaidot, ongelmanratkaisutaidot, valmiudet oman osaamisen kehittämiseen ja oman opintoalan osaaminen. Arvostettuja taitoja olivat myös sosiaaliset taidot, analyyttisyys, kansainvälisyystaidot ja suullisen viestinnän taidot. Sähkötekniikkaan ja tekniikan kehitykseen liittyvistä aiheista aiemmissa tutkimuksissa nousi esille datan hyödyntämisen osaaminen, esineiden internet, tekoäly, sähköntuotanto, sähkön varastointi ja kiertotalous.

Tässä tutkimuksessa esille nousi eniten oman opintoalan osaaminen, joka on edelleen arvossaan ja sitä sähkötekniikan diplomi-insinööreiltä odotetaan eniten. Jo opittujen asioiden lisäksi oman osaamisen kehittäminen ja jatkuva oppiminen tulee yhä tärkeämmäksi. Jatkuvasti muuttuvassa maailmassa on osattava hakea tietoa ja sisäistää sitä.

Kommunikointitaidot nähtiin erittäin tärkeiksi. Nämä taidot pitävät sisällään eritoten suullista ja myös kirjallista kommunikointitaitoa. Insinöörin pitää pystyä kommunikoimaan osaamisalueestaan ja pystyä kommunikoinnin keinoin vaikuttamaan tiedoillaan ympäröivään yhteiskuntaan.

Kestävä kehitys tulisi olla sisäänrakennettuna kaiken läpäisevänä teemana insinööriopetuksessa. Koska lähes kaikki sähköinsinöörin tekemä työ tehdään asiakkaalle, on asiakastarpeita ymmärrettävä syvällisesti. Insinöörin olisi pystyttävä näkemään ja ennakoimaan asiakastarpeet asiakastakin paremmin. Sähköinsinöörillä pitää olla myös liiketoimintaosaamista. Investointien kannattavuuden arviointi teknistaloudellisesti tulee vastaan jokaiselle insinöörille. Sähköinsinöörin ammatissa on arkipäivää toimia kansainvälisissä monikulttuurisessa ympäristössä. Kansainvälisyystaidot ovat silloin tärkeitä.

Poikkitieteellisyys, opintojen valinnaisuus ristiin muilta tieteenaloilta, avartaa sähköinsinöörin ajatusmaailmaa. Valinnaisuuteen pitäisi pyrkiä ja vaihtoehtoja tulisi tuottaa opiskelijan saataville. Opiskelija tarvitsee tukea ja ohjausta opinnoissaan ja valinnoissaan. Opinto-oppaan hyvät kurssikuvaukset auttavat opiskelijaa hahmottamaan miksi tämä kurssi tulisi opiskella. Systeemiajattelu tuli vastaan monissa kommenteissa. Se, ettei ajatella vain omaa tonttiaan, vaan ajatellaan koko järjestelmää, on tärkeää. Vain tällä tavoin saavutetaan järjestelmän hyvä toiminta ja kokonaisoptimi.

Ohjelmointi- ja simulointitaidot tulevat esiin jokavaiheessa. On osattava hyödyntää tietotekniikan mahdollisuuksia kaikessa työssä. Luovuus, innovointi ja tuotekehitystaidot ovat tärkeitä ja niitä tulisi ehkä opettaa omilla kursseillaankin. Insinöörin työ on pääasiassa asiakkaan ongelmien ratkaisua ja insinöörillä tulisi olla hyviä työkaluja ongelmanratkaisuun.

Työelämätaidot ovat tärkeitä. Niitä ei tarvitse opettaa erikseen, vaan niiden opetuksen voi sisällyttää tavallisten sähkötekniikan kurssien yhteyteen. Kurssien opetus voidaan muotoilla sellaiseksi, että normaaliopetuksen yhteydessä ne opettavat myös työelämätaitoja.

ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT

School of Energy Systems

Electrical Engineering

Jani Mäki-Mantila

**Electrical engineer competences 2030**

Master's thesis

2021

102 pages, 5 figures, 18 tables and 7 appendices

Examiners: professor Pertti Silventoinen, post-doctoral researcher Johanna Naukkarinen

Keywords: electrical engineering, M.Sc., competences, Delphi-method

What competences electrical engineer needs on 2030. Electrical engineering faces big changes. Drivers for the change are climate change, renewable energy and digitalization. Electricity will replace other energy forms in traffic, industrial processes and in heating. Carbon neutral electricity generation and especially wind power increases. In Finland demand of electricity is estimated double or triple. Electricity will be everywhere. Field of electrical engineering will be more fragmented and more complicated. University education should face the changing world.

First task of this study is to describe current status of electrical engineering education and the current competences teached in LUT. Next task is to research future competences. Research methods are review to existing researches, theme interview of experts and Delphi-method. Idea is to gather opinion outside of university, from industry, organizations and public sector.

Study to existing researches pointed out general competences like team working skills, problem solving, developing own working life skills and know-how of own field. Also, important general competences were social skills, analytical thinking, international work environment and oral communication. Study to existing electrical engineering researches mentioned competences like data utilization, internet of things, artificial intelligence, electricity production and storage, and circular economy.

In this research most important competence came up was know-how of own field. Electrical engineer is still expected to know own field throatily. Also, importance of continuous learning is related this competence. In rapidly changing environment it is necessity to find, process and utilize new knowledge.

Communication skills are important. This includes especially oral but also written communication. Engineer needs skills to influence and communicate.

Sustainable development should be built-in theme in engineering education. Almost all electrical engineers work is done to customer. Therefore, customer needs must be understood. Engineer must be able to foresee customer need better than customer itself. Electrical engineer must understand economy. Every engineer will face investment calculations and techno-economical thinking. Engineer work is international, so language skills and international mindset is a must.

Cross-academic studies. Possibility of freely choose studies from other field of academic world will expand engineers often too narrow thinking. It is important to have wide range of optional studies. Student needs support when making these choices what to study. It is important to have good description of each course in study guides. System thinking is important to understand. It is important not to only understand your own field but also system as a whole. How your field is related to whole system. Only system thinking can lead to optimal solutions.

Programming and simulation skills are needed in every job. Engineer must be able utilize these skills. Creativity, innovativeness and product developing skills are important and should be taught in separate courses. Engineer work is mainly solving customers problems and engineer should have good problem-solving skills.

Teaching of general work competences should be included in engineering courses. Teaching of teamwork, problem-solving skills, communication skills and other working life competences can be built-in to electrical engineering courses.

KIITOKSET

Kiitoksen työn ohjaajille Johanna Naukkarinen ja Pertti Silventoinen työn ohjaamisesta ja monista hyödyllisistä palavereista. Kiitokset Katja Hynynen työn käytännön toteutuksen mahdollistamisesta. Kiitoksen kaikille tutkimusta varten haastatelluille ja tutkimukseen vastauksia ja hyviä kommentteja antaneille. Kiitokset LUT-yliopistolle hyvistä ja hyödyllisistä opinnoista ja tämän työn rahoittamisesta.

Jani Mäki-Mantila

Mantilassa 24.1.2022

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

Lyhenteet

| | |
|---|---|
| AI | Artificial Intelligence |
| AMR | Automatic Meter Reading |
| CDIO | Conceiving, Designing, Implementing, Operating |
| CRM | Customer Relationship Management |
| DI | Diplomi-insinööri |
| ERP | Enterprise Resource Planning |
| HR | Human Resources |
| ICT | Information and Communication Technology |
| IoT | Internet of Things |
| IPR | Intellectual Property |
| LUT | Lappeenranta University of Technology |
| PDM | Product Data Management |
| P2G2P | Power to Gas to Power |
| P2X | Power to X |
| STEK | Sähkötekniikan ja energiatehokkuuden edistämiskeskus |
| TEK | Tekniikan Akateemiset |
| VR | Virtual Reality |
| V2G | Vehicle to Grid |

**Sisällysluettelo**

Tiivistelmä

Abstract

Kiitokset

Symboli- ja lyhenneluettelo

1. Johdanto ... 11
   1.1. Sähkötekniikan opetus LUT-yliopistossa ... 13
2. Tutkimusmenetelmät ... 15
   2.1. Delfoi-menetelmä ... 16
   2.2. Tutkimusaineiston analyysi ... 19
3. Osaamistarpeita käsittelevät tutkimukset ... 21
   3.1. TEK vastavalmistuneiden kysely ... 21
   3.2. TEK koulutuspoliittinen ohjelma 2015 ... 23
   3.3. Teknologiateollisuuden Koulutus ja osaaminen -linjaus 2018 ... 24
   3.4. World Economic Forum - Future of Jobs Report 2020 ... 26
   3.5. Teknologiateollisuus Osaamispulssi 2021 ... 28
   3.6. TEK osaamisen kehittämisen kysely 2016 ... 30
   3.7. Tampereen Yliopiston Tyyli-hanke 2018 ... 31
   3.8. Sähkötekniikan DI ja Sitra megatrendit 2020 ... 32
   3.9. Sitra: Sähköistämisen rooli Suomen ilmastotavoitteiden saavuttamisessa 2021 34
   3.10. Tampereen yliopiston osaamistarvekysely 2019 ... 35
   3.11. Kirjallisuustutkimuksesta esiinnousseet eri tutkimusten osaamistarpeet ... 37
   3.12. Yhteenveto kirjallisuustutkimuksesta ... 43
4. Teemahaastattelut ... 45
   4.1. Haastattelukuvaukset ... 46
   4.2. Yhteenveto haastatteluista ... 54
5. Delfoi-kysely ... 58
   5.1. Käännekohdat sähkötekniikassa matkalla vuoteen 2030 ... 60
   5.2. Osaamistarpeet vuonna 2030 ... 62
   5.3. Mitä yliopistossa tulisi opettaa sähkötekniikan DI-opiskelijalle? ... 63
   5.4. Minkälainen on sähkötekniikan diplomi-insinöörin päivä vuonna 2030? ... 63
   5.5. Mitkä sähkötekniikan osa-alueet kukoistavat Suomessa vuonna 2030? ... 65
   5.6. LUT nykyisten osaamistarpeiden ajankohtaisuuden arviointi ... 66

5.7. Sähkötekniliset osaamistarpeet vuonna 2030 ... 70
5.8. Muut kuin sähkötekniliset osaamistarpeet vuonna 2030 ... 72
5.9. Muiden kuin sähkötekniikan aineiden opetuksen osuus ... 74
5.10. Väittämiä tulevaisuuden kehityksestä ... 75
5.11. TEK vastavalmistuneiden kyselyn mukaiset kysymykset ... 76
5.12. Vertailu TEK vastavalmistuneiden kyselyn ja tämän tutkimuksen välillä ... 81
6. Johtopäätökset ja pohdinta ... 85
6.1. Sähköinsinöörin tulevaisuuden osaamistarpeet ... 85
6.2. LUT sähkötekniikan koulutuksen ajantasaisuus ... 92
6.3. LUT sähkötekniikan opetuksen kehittämisajatuksia ... 94
7. Tutkimuksen reflektointi ... 98

## Liitteet

Liite 1. Haastattelut.

Liite 2. Vastaukset kysymykseen ”Mitä merkittäviä käännekohtia on sähkötekniikassa tapahtunut matkalla vuoteen 2030?” kokonaisuudessaan.

Liite 3. Vastaukset kysymykseen ”Minkälaisia osaamisia työpäivä vaatii vuonna 2030?” kokonaisuudessaan.

Liite 4. Vastaukset kysymykseen ”Mitä yliopistossa tulisi opettaa sähkötekniikan DI-opiskelijalle?” kokonaisuudessaan.

Liite 5. Vastaukset kysymykseen ”Mitkä sähkötekniikan osa-alueet kukoistavat Suomessa vuonna 2030?” kokonaisuudessaan.

Liite 6. Tutkimuksesta esiin nousseet yksittäiset osaamistarpeet esiintymisten määräjärjestyksessä.

Liite 7. Teemahaastatteluista esiin nousseet yksittäiset osaamistarpeet.

# 1. Johdanto

Vauhdilla muuttuva maailma muuttaa myös sitä, minkälaista osaamista sähkötekniikan diplomi-insinööri tarvitsee työtehtäviensä mallikkaaseen hoitamiseen. Jatkuvasti muuttuvassa työympäristössä tarvittavien geneeristen taitojen lisäksi työhön liittyvät sähkötekniset osaamisvaatimukset elävät ajassa. Vaikka LUTin sähkötekniikan DI-tutkinnon osaamistavoitteet päivitetään vuosittain, ei normaalien opetussuunnitelmakierrosten yhteydessä voi käytännön syistä tehdä kovinkaan suuria muutoksia. Suurempi uudistus on syytä tehdä kerralla, koordinoidusti ja riittävän kauaksi tulevaisuuteen katsoen. Tehtävän diplomityön tarkoituksena on kartoittaa soveltuvan tulevaisuudentutkimusmenetelmän avulla eri sidosryhmien näkemystä siihen, minkälaista osaamista sähkötekniikan diplomi-insinööri työssään tarvitsee 2030-luvulla. Erityinen tarve on saada systemaattisesti esille yliopistoyhteisön ulkopuolisten toimijoiden kuten yritykset, yhdistykset, julkinen sektori, näkemykset aiheesta.

Sähkötekniikan ala on nyt suuressa murroksessa. Murroksen tärkeimpiä ajureita ovat ilmastonmuutos, uusiutuvan energian tuotanto ja digitalisaatio. Energiamuodoista sähkö on korvaamassa muita energiamuotoja muun muassa liikenteessä, lämmityksessä ja teollisuudessa. Hiilivapaa sähköntuotanto ja erityisesti tuulivoima, mutta myös aurinkovoima ovat kasvussa. Suomen Ilmastopaneelin arvion mukaan sähkön tarve tulee kaksinkertaistumaan muista energiamuodoista sähköisiin energiamuotoihin siirtymisen takia.

Vaikka sähkötekniikka alana on erittäin mielenkiintoinen, on se opiskelemaan hakevien keskuudessa vähemmän suosittu. Sähkö on kuitenkin läsnä kaikkialla, ja sähkön käyttökohteet vain lisääntyvät, joten alana sähkötekniikka kasvaa ja monipuolistuu, mutta samalla myös pirstaloituu. Työelämässä tarvittavan osaamisen kouluttaminen tuleville diplomi-insinööreillä on siis yhä haastavampaa. Osaamistarpeet on syytä kartoittaa yhdessä työelämän, muiden yliopistojen, yhdistysten ja julkisen sektorin kanssa.

Sähkötekniikan koulutusohjelman osaamistavoitteet tarkastellaan vuosittain koulutusohjelmasta vastaavien henkilöiden toimesta. Sähkötekniikan alan ollessa nyt murroksessa on erityisen tärkeää suorittaa laajempi tutkimus, jossa määritellään sähköinsinöörin osaamistarpeet 10 vuoden päähän. Ulkopuolisia asiantuntijoita käyttäen pyritään muodostamaan paras mahdollinen ja laajakatseinen käsitys siitä mitä sähkötekniikassa on tapahtumassa

10 vuoden aikajänteellä. Tätä muodostettua tulevaisuuskäsitystä hyväksikäyttäen tieto saatetaan koulutusohjelman osaamistarpeiden muotoon. Näistä osaamistarpeista muodostetaan sitten aikanaan oppisisältöä yksittäisiin kursseihin.

Diplomi-insinöörin tutkinnon suunnittelu alkaa osaamistarpeista. Osaamistarpeet ovat sellaisia tavoitteita, joiden hallinta on työelämään siirtyvälle diplomi-insinöörille tärkeää. Osaamistarpeet pyritään pitämään ajan tasalla vuosittain tehtävillä opetussuunnitelmakierroksilla. Osaamistarpeiden perusteella määritellään yksittäiset kurssit ja niissä opetettavat asiat. Näistä yksittäisistä asioista muodostuu sitten kokonaisuus, joka on sähkötekniikan diplomi-insinöörin tutkinto ja siihen kuuluva osaaminen.

On nähty tarpeelliseksi tehdä laajempi katsaus sähkötekniikan opetuksen tavoitteisiin. Mihin suuntaan sähkötekniikka on menossa? Mitkä trendit nostavat päätään niin, että niiden osaaminen on hyödyllistä tai jopa pakollista 10 vuoden kuluttua? Kuinka opetukselle luodaan perusta niin että sähkötekniikan perusasiat ovat ensin hallussa ja sitten voidaan suuntautua ja erikoistua omaan suuntautumisvaihtoehtoon? Mitä edes ovat nämä suuntautumisvaihtoehdot? Voidaanko alunperin vahvasta sähkötekniikan perusasioiden ja fundamenttien opetuksesta tinkiä uusimpien trendien opetusta lisäten? Entä jos tulevaisuus arvioidaankin väärin ja 10 vuoden kuluttua opetetaan vääriä asioita? Kuinka nopeasti laiva kääntyy ja kuinka nopeasti sitä on ylipäätään tarpeen kääntää? Kuinka perusteellisesti opiskelijoiden on hallittava sähköteknisten perusasioiden käsinlaskentaa, vai voidaanko suoraan opettaa laskentaa tietokoneohjelmistoilla, joilla laskenta myöhemmin työelämässä tehdään? Menetetäänkö tässä tapauksessa ymmärrys perusasioita kohtaan? Mitä ovat tarvittavat työelämätaidot kotimaassa ja ulkomailla? Pystyykö insinööri kommunikoimaan ja myymään asiansa ymmärrettävästi niillekin, jotka eivät ole insinööritaustaisia? Pystyykö insinööri kommunikoimaan asiaansa edelleen, toimimaan kouluttajana tai opettajana tai muuna vaikuttajana? Entä toiminta kansainvälisellä tasolla. Onko kielitaito ja uskallus vieraan kielen käyttämiseen riittävä? Mikä on valmistuvan insinöörin arvopohja? Onko ilmaston lämpeneminen, resurssien niukkuus, kiertotalous ja energiatehokkuus otettu huomioon insinöörikoulutuksessa?

## 1.1. Sähkötekniikan opetus LUT-yliopistossa

Esitellään nykytilanteen mukaiset osaamistavoitteet sähkötekniikan laitoksella. Tavoitteet löytyvät opinto-oppaasta ja ne päivitetään vuosittain. Diplomi-insinöörin tutkinto on kaksivaiheinen, eli ensin suoritetaan tekniikan kandidaatin kolme vuotta kestävä tutkinto ja sitten diplomi-insinöörin kaksi vuotta kestävä tutkinto.

Lukuvuodelle 2021-2022 Sähkötekniikan kandidaatin tutkinnon suorittaneen henkilön osaamistavoitteet määritellään opinto-oppaassa seuraavasti:

- tuntee tekniikan matemaattis-luonnontieteelliset perusteet ja osaa soveltaa niitä ongelmanratkaisussa. (LUT 2021a.)
- osaa soveltaa keskeisiä fysiikan lakeja erilaisten fysikaalisten prosessien mallintamiseksi. Ymmärtää fysikaalisia ilmiöitä ja osaa ratkaista ilmiöihin liittyviä tehtäviä. Osaa kuvata yksinkertaisia dynaamisia järjestelmiä aikajatkuvilla differentiaaliyhtälöillä sekä simuloida niitä. Osaa käyttää digitaalisia ratkaisuympäristöjä menetelmien käytännön sovelluksissa. (LUT 2021a.)
- ymmärtää sähkötekniikan keskeisten perusyhtälöiden merkityksen ja osaa käyttää niitä ratkoessaan asiaan liittyviä tehtäviä. (LUT 2021a.)
- osaa nimetä ja kuvata yleisimmät sähkötekniikan ja elektroniikan sovellukset ja toimintaperiaatteet. Osaa selittää sähköverkkojen keskeiset toimintaperiaatteet. Ymmärtää takaisinkytkennän periaatteet järjestelmän säädössä. Osaa soveltaa säätötekniikan perusmenetelmiä fysikaalisiin ilmiöihin pohjautuvien laitteiden säätämiseksi. (LUT 2021a.)
- osaa kuvata keskeiset sähköntuotantojärjestelmät. Osaa selittää sähkömagneettisen ja sähkömekaanisen energianmuunnon keskeisimpien komponenttien toiminnan pohjautuen sähkötekniikan perusyhtälöihin. Osaa kuvata tyypillisten sähkömoottorien ja taajuudenmuuttajien toiminnan ja ohjauksen periaatteet. Ymmärtää, millainen osuus sähköllä on yhteiskuntien energiajärjestelmissä ja osaa esittää energiatehokkaita sähköteknisiä toteutuksia erilaisiin yhteiskunnan energiaratkaisuihin. (LUT 2021a.)
- tuntee sähköturvallisuuteen liittyvät ilmiöt ja säädökset sillä tasolla, että voi tarvittaessa hakea sähköpätevyyksiä S2 ja/tai S3. Osaa kuvata keskeiset sähköturvallisuuteen, asennuksiin ja sähkömagneettiseen yhteensopivuuteen liittyvät ohjeet ja määräykset ja toimii näiden mukaisesti. Osaa toimia sähkötapaturmatilanteessa. Osaa suorittaa keskeiset asennusten sähköturvallisuuteen liittyvät mittaukset. (LUT 2021a.)
- osaa käyttää turvallisesti ja luotettavasti tavallisimpia sähkövoimatekniikan, tehoelektroniikan ja elektroniikan mittausjärjestelmiä ja tehdä sähköisiin piireihin ja tehoelektroniikkaan liittyviä laskelmia ja mittauksia. Osaa suunnitella, toteuttaa ja dokumentoida mittauksia ja perustella teknisiä väittämiä mittausten avulla. (LUT 2021a.)

- tuntee itselleen parhaiten sopivat opiskelutavat ja osaa soveltaa niitä. Osaa viestiä kirjallisesti ja suullisesti, myös vieraalla kielellä. Osaa hakea tietoa ja suodattaa sitä. Osaa toimia tiimin jäsenenä projektimaisessa työympäristössä. Osaa laatia aikatauluja tavoitteiden saavuttamiseksi ja noudattaa niitä. Pystyy osallistumaan tieteelliseen keskusteluun. Osaa antaa ja käsitellä saamaansa vertaispalautetta. (LUT 2021a.)

Lukuvuodelle 2021-2022 Sähkötekniikan diplomi-insinöörin tutkinnon suorittaneen henkilön osaamistavoitteet määritellään opinto-oppaassa seuraavasti:

- Sähkötekniikan diplomi-insinööri kykenee itsenäiseen tieteelliseen työskentelyyn, tiedonhakuun ja analyyttiseen ongelmanratkaisuun. Hänellä on kyky toimia ryhmän jäsenenä, suunnitella, toteuttaa ja johtaa erilaisia hankkeita sekä kommunikoida niihin liittyen. Sähkötekniikasta valmistunut on tietoinen alansa eettisistä ulottuvuuksista sekä yhteiskunnallisista vaikutuksista, ja hän kykenee arvioimaan kriittisesti myös alansa tulevaisuutta. (LUT 2021b.)

- Sähkötekniikasta valmistuneella on kyky soveltaa sähkötekniikan keskeisiä teorioita käytännön sähköteknisiin ja elektronisiin laitteisiin. Hän pystyy soveltamaan tietojaan ja taitojaan alan tuotekehitykseen, tutkimukseen ja markkinointiin liittyvissä tehtävissä sekä näiden johtamisessa. Teknisten valmiuksien lisäksi opintojaan voi täydentää laajemmilla talouden opinnoilla. Yrityshenkiset opiskelijat voivat sisällyttää opintoihinsa esimerkiksi talouden opintoja oman yrityksen perustamiseksi. Kansainvälisestä toiminnasta ja kieliopinnoista kiinnostuneille yliopistomme tarjoaa laajan kielivalikoiman sekä erinomaiset mahdollisuudet lähteä opiskelijavaihtoon tai -harjoitteluun ulkomaille. Koulutus antaa valmiudet myös tieteelliseen jatkokoulutukseen ja itsenäiseen opiskeluun. (LUT 2021b.)

Sähkötekniikan maisterivaiheen syventymisopinnoissa on viisi alaa, joista opiskelija maisteriopintojensa alkuvaiheessa valitsee yhden:

- Aurinkotalous, jossa syventymisopintoina Solar Economy
- Sähköverkot ja -markkinat, jossa syventymisopintoina Sähköverkot ja -markkinat
- Säätötekniikka, jossa syventymisopinnoiksi valittavissa Control and Automation tai Control and Communication
- Sähkökäyttötekniikka, jossa syventymisopinnoiksi valittavissa Electromechanics, Power Electronic Design tai Electrical Drives
- Sovellettu elektroniikka, jossa syventymisopintoina Sovellettu Elektroniikka. (LUT 2021b.)

# 2. Tutkimusmenetelmät

Tämän tutkimuksen viitekehys on se, mitä sähkötekniikan diplomi-insinöörin osaamistarpeet olisivat ja mitä niistä muodostuva opetuksellinen kokonaisuus tulisi olla vuonna 2030. Tutkimus rajataan koskemaan Lappeenrannan teknillisen yliopiston sähkötekniikan koulutusohjelmaa ja sen osaamistavoitteita.

Tutkimusongelma voidaan määritellä siten, että voidaanko opetuksen sisältöä muuttamalla opetuksen hyödyllisyyttä työelämän näkökulmasta parantaa? Voidaanko opetuksen muutoksella valmistuvien diplomi-insinöörien työelämätaitoja parantaa? Voidaanko opetuksen muutoksen avulla sähkötekniikan alan haluttavuutta opiskelijoiden keskuudessa lisätä? Kuinka insinöörien opetus palvelee yritysmaailman ja kansakunnan kilpailukykyä. Kuinka sähköinsinööri osaa ottaa ilmastonmuutoksen huomioon toiminnassaan?

Tutkimusongelmasta johdettuja tutkimuskysymyksiä ovat:

- onko nykyinen opetus relevanttia?
- mitkä ovat sähkötekniikan trendit v. 2030 mennessä?
- mitkä ovat oleellisia sähkötekniikan perusteita ajasta riippumatta?
- mitä muita kuin sähkötekniikan taitoja tarvitaan työelämässä?
- kuinka opetusta tulee muuttaa vastaamaan tätä kehitystä vuoteen 2030?

Tutkimuksen tavoitteena on tarjota tietoa, kuinka muokata sähkötekniikan diplomi-insinöörin opintoja niin että ne vastaavat mahdollisimman hyvin vuoden 2030 tarpeita. Tavoite saavutetaan keräämällä tietoa sähkötekniikan alan johtavilta toimijoilta ja jalostamalla saatua tietoa tutkimuksellisin keinoin.

Tutkimus aloitetaan tutustutaan muihin aiheesta tehtyihin ajankohtaisiin osaamistarvetutkimuksiin. Pyritään löytämään alaa koskevat uusimmat ja laadukkaimmat tutkimukset. Valitaan mukaan tunnettuja tutkimuslaitoksia ja riittävän laajalla joukolla koeteltuja näkemyksiä. Tutkimuksiin perehdytään ja niistä pyritään seulomaan esiin usein toistuvia osaamistarpeita. Kirjallisuustutkimuksen avulla mietitään myös tutkimuksen seuraavaa vaihetta,

haastatteluja. Kirjallisuuden perusteella muodostetaan kuva siitä mitä aiheita haastatteluissa tulee käsitellä.

Tutkimus jatkuu selvittämällä haastattelujen avulla, mitkä ovat tulevaisuuden osaamistarpeita vuonna 2030. Asiantuntijoita haastatellaan vapaamuotoisesti, kuitenkin tiettyä teemaa seuraten, eli menetelmänä puhutaan teemahaastattelusta.

Teemahaastattelu kohdistetaan ennakolta päätettyihin teemoihin, mutta kysymyksillä aihepiirin sisällä ei ole tarkkaa muotoa tai esittämisjärjestystä. Riittää kun kysymys käsittelee teemaa. Kaikkien haastateltavien kanssa käydään samat teemat läpi. (Eskelinen, Karsikas 2014.)

Teemahaastattelujen pohjalta muodostetaan väitteitä tulevaisuudesta, joita sitten arvioidaan online-pohjaisella Delfoi-menetelmällä. Sitten tuloksia analysoidaan ja lopuksi käydään keskustelua tutkimuksen johtopäätöksistä, uutuusarvosta ja jatkotoimenpiteistä. Tutkimusta kulkua arvioidaan ja reflektoidaan koko tutkimuksen ajan.

## 2.1. Delfoi-menetelmä

Soveltuvan tutkimusmenetelmän valintaperusteena oli menetelmän yleisyys ja soveltuvuus tarkastelemaan nimenomaan opetuksen tulevaisuutta. Käytetyin menetelmä Suomessa tällä alalla on muun muassa Opetushallituksen valtakunnallisten opetussuunnitelmien sisällön arviointiin käyttämä Delfoi-menetelmä.

Delfoi-menetelmässä asiantuntijoiden paneeli, joka on tavallisesti muutaman kymmenen osanottajan suuruinen, muodostaa yhteisen näkemyksen käsiteltävästä asiasta. Menetelmä on soveltuva tulevaisuuden kehityksen arviointiin. (Kamppinen 2002, 205-207.)

Delfoi-menetelmässä aluksi valitaan asiantuntijat. Asiantuntevan ja laajasti asiaankuuluvia sidosryhmiä edustavan paneelin valinta on menetelmän tärkein vaihe. Ensimmäisellä kierroksella, joka usein toteutetaan haastatteluin, etsitään olennaisia kysymyksiä ja motivoidaan paneelia jatkotyöskentelyyn. Toisella kierroksella panelistit arvioivat tulevaisuusväitteitä ja perustelevat vastauksiaan erilaisin näkökohdin. Keskeinen piirre menetelmässä on

vastauksien antaminen ilman nimiä anonyymisti. (Kamppinen 2002, 205-207.)(Stubin et al. 2020.)

Delfoi-menetelmässä haastattelujen avulla kerätään ja muodostetaan erilaisia näkökulmia, olettamuksia ja väitteitä, jotka saatetaan sitten asiantuntijoiden pohdinnan ja argumentoinnin kohteeksi. Prosessissa pyritään seulomaan näkemykset joko jaetuiksi tai erimielisiksi yhteisönäkemyksiksi. Molemmat lopputulemat ovat yhtä arvokkaita. Erimielisiä voidaan olla paitsi argumenteista myös tavoitteista, vaihtoehtojen todennäköisyydestä ja haluttavuudesta. (Kamppinen 2002, 205-207.)

Delfoi on asiantuntijamenetelmä ja Delfoi-kelpoisen asiantuntijan hyviä piirteitä ovat:

- oman tiedonalansa hyvä hallinta
- kiinnostus myös eri tiedonaloista
- kyky nähdä yhteyksiä kansallisen ja kansainvälisen, nykyisen ja tulevan kehityksen välillä
- kyky tarkastella aihetta myös epätavanomaisesta näkökulmasta
- kiinnostus uuteen
- kyky keskustella ja vuorovaikuttaa, avoimuus vaihtoehtoisille näkemyksille
- ennakointikyky, mielikuvitus ja luovuus
- kyky nähdä malleja siellä, missä muut näkevät satunnaisuutta (Stubin et al. 2020.)

Moniäänisyyden varmistamiseksi paneeliin kannattaa valita asiantuntijoita myös tutkittavaa alaa sivuavilta aloilta. Asiantuntemus voi olla ansa, jos se toimii menneen tiedon kierrättäjänä. Silloin paneelin tuottamat ajatukset tulevaisuudesta peilaavat vain nykytilannetta ja tasapainon säilyttämistä, kun tulevaisuuteen suuntautuvan tutkimuksen tulisi pyrkiä tuomaan esiin erilaisia ja yllättäviäkin mielipiteitä. Mutta useimmiten alansa parhaat asiantuntijat ovat kuitenkin ymmärryksensä takia toisia edellä myös tulevaisuuden pohtimisessa. (Stubin et al. 2020.)

Delfoi-tutkimuksen onnistumiselle oikein koottu asiantuntijapaneeli on erittäin oleellista. Paneelin kokoonpanon laatimiseen on siksi syytä käyttää aikaa ja vaivaa. Paneelin kokoamisen päämääränä on saada aikaan kokoonpano, jossa on monipuolisesti tutkittavaan aihealueeseen liittyvää asiantuntemusta sekä panelisteja, jotka sekä osaavat että uskaltavat kertoa mielipiteensä. (Stubin et al. 2020.)

Delfoi-menetelmälle ominaista on anonyymisyys eli asiantuntijat esittävät ja perustelevat tulevaisuutta koskevia väitteitä tietämättä, keitä muita asiantuntijoita tutkimuksessa on mukana. Anonyymiydellä pyritään siihen, että asiantuntijat esittäisivät omia mielipiteitään ja käsityksiään tutkimuksen aihepiiristä. Vastaaja voi antaa ajatustensa juosta. Hänen ei myöskään tarvitse varoa kannanottoja, joita työnantaja ei ehkä julkisina hyväksyisi. Intressi- tai arvokonflikteissa asiat eivät henkilöidy samalla tavalla kuin personoidussa kommunikaatiossa. (Kuusi 2014.)

Tyypillinen Delfoi-tutkimus etenee seuraavasti:

1. tutkimusongelman rajaus ja tutkimuksen tavoitteiden määrittely
2. suunnittelevan tutkijaryhmän kokoaminen tutkimuksen toteuttamista varten
3. varsinaisen asiantuntijapaneelin kokoaminen ja valinta
4. asiantuntijoiden haastattelut aiheeseen tutustumiseksi
5. kysymysten ja väitteiden muodostaminen haastatteluiden pohjalta
6. kyselyn rakentaminen, testaaminen ja korjaus ensimmäistä kyselykierrosta varten
7. kyselykierros kirjallisena anonyymisti
8. kyselykierroksen vastausten analyysi
9. raportointi tutkimuksen tuloksista. (Kuusi 2014.)

Käyttöön valittiin eDelphi niminen ohjelmisto. Ohjelmistolla voidaan toteuttaa kyselyt ja vastaukset saadaan siitä ulos Excel-taulukkona. Varsinainen vastausten analysointi tehdään Excel-taulukossa.

Delfoi-asiantuntijametodin käyttöön suunniteltu eDelphi verkko-ohjelmisto sopii sekä kehittämis- että tutkimustyökaluksi. Ympäristössä on mahdollista suunnitella, toteuttaa, dokumentoida ja raportoida kyselyjä, selvityksiä, keskusteluja ja tutkimuksia. Ohjelmisto on suunniteltu erityisesti Delfoi-menetelmän laadulliseen käyttöön, jossa korostuu asiantuntijoiden sitouttaminen ja keskusteluttaminen keskenään niin, että Delfoi-prosessissa ei vain kerätä olemassa olevaa tietoa vaan muodostetaan myös uutta tietoa. (Edelphi 2021.)

## 2.2. Tutkimusaineiston analyysi

Tutkimuksen loppuvaiheessa, kun materiaalia on kertynyt teemahaastattelujen ja Delfoi-kyselyn muodossa aletaan materiaalia jäsentelemään ja etsimään ja erottelemaan siitä nousevia teemoja.

Koodausmenetelmässä tutkija merkitsee aineistoon tutkimuskysymysten kannalta olennaisia asioita ja pyrkii selkeyttämään aineiston sisältöä. Koodaamalla saadaan siis selvitettyä, mitä ja kuinka paljon tutkimusaiheeseen liittyvää aineistoa materiaalissa on. Näin saadaan monipuolinen luotaus aineistosta. Siitä on hyvä jatkaa varsinaiseen analyysiin, tiivistämiseen ja tulkintaan. Aineiston sisällön koodaamisella tarkoitetaan kokonaisuuden pienempiin osiin jakamista ja näiden osien tarkastelemista. Aineiston sisällöllisen jäsentämisen jälkeen tulisi tehdä synteesiä. Pienestä pitäisi saada aikaan suurempaa, aineistosta tulisi löytää jotain yleisempää trendiä kuin vain yksittäisiä vastauksia. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006.)

Aineiston analyysin tarkoituksena on aineiston tiivistäminen. Sen avulla saadaan ymmärrys ja tulkinta siitä, mitä olennaista lisää aineisto tuo tutkimuskysymyksiin vastaamiseen. Ei siis tule tyytyä pelkkään aineiston kuvaukseen. Analyysissa aineistoa tulisi pilkkoa, purkaa, koota, eheyttää, täydentää – hajottaa ja hallita. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006.)

Analyysilla tarkoitetaan aineiston lukemista huolellisesti, tekstimateriaalin järjestelyä, sisällön ja rakenteiden erittelyä, jäsentämistä ja pohtimista. Katsausta siihen mitä aineisto sisältää, mistä siinä kerrotaan, millä tavoin ja missä määrin. Analyysi voi olla myös luokittelemista esimerkiksi eri aiheiden ja teemojen perusteella. Ideana on siis saada kirjavasta ja toisinaan runsaasta tekstimassasta tolkkua – kiteyttää haastattelujen ja kyselyjen sisältöjä ja tarkastella tutkimusongelmien kannalta keskeisten seikkojen esiintymistä ja ilmentymistä aineistossa. Kyse on aineiston tarkastelemisesta huolellisesti, sen koettelemisesta vertaillen sen sisältöä. Analyysin avulla tutkija lisää aineiston informaatioarvoa, tiivistää aineistoa ja tulkitsee sitä sekä käy vuoropuhelua teorian, empirian ja oman ajattelunsa kanssa. Loppujen lopuksi tutkijalla tulisi olla kasassa jotain enemmän kuin vain aineistoa alkuperäismuodossaan. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006.)

Tutkimusaineistoa analysoitiin siten, että tämä koko tutkimus ja Delfoi-kyselyn aineisto on koottiin yhteen tiedostoon, josta sitten on poistettiin kaikki muu teksti paitsi maininnat osaamistarpeista. Näin koko aineistossa mainitut osaamistarpeet saatiin esiin. Samaa tarkoittavat osaamistarpeet ryhmiteltiin yhtenäisen nimen alle ja niiden määrä on laskettiin ja laitettiin suuruusjärjestykseen. Näin saatiin esiin nousemaan usein mainittuja osaamistarpeita ja toistuvia teemoja.

# 3. Osaamistarpeita käsittelevät tutkimukset

Opetuksen kehittämistä ja työelämän tulevaisuuden osaamisvaatimuksia tutkitaan paljon sekä Suomessa että kansainvälisesti. Suomessa merkittäviä osaamistarpeiden pohtijoita ovat TEK, Teknologiateollisuus ja Sitra. Yleisellä tasolla työelämän tulevaisuuden osaamistarpeita on kattavasti pohtinut esimerkiksi World Economic Forum. Osaamistarpeita oli pääosin käsitelty niin yleisten työelämätaitojen näkökulmasta kuin myös osittain sähköinsinöörin alakohtaisten osaamistarpeiden näkökulmasta.

## 3.1. TEK vastavalmistuneiden kysely

Tekniikan akateemiset TEK ja tekniikan alan yliopistot toteuttavat kyselyä vastavalmistuneille diplomi-insinööreille ja arkkitehdeille. Kyselyyn osallistuvat kaikki tekniikan alan koulutusta antavat yliopistot ja se tavoittaa lähes kaikki Suomessa valmistuvat diplomi-insinöörit ja arkkitehdit. Palautekysely tuottaa tietoa tekniikan yliopistokoulutuksen laadusta.

Palautekyselyssä kartoitetaan vastavalmistuneiden osaamista, opintojen sujuvuutta, työelämäkokemusta ja työllistymistilannetta sekä yleistä tyytyväisyyttä suoritettuun tutkintoon.

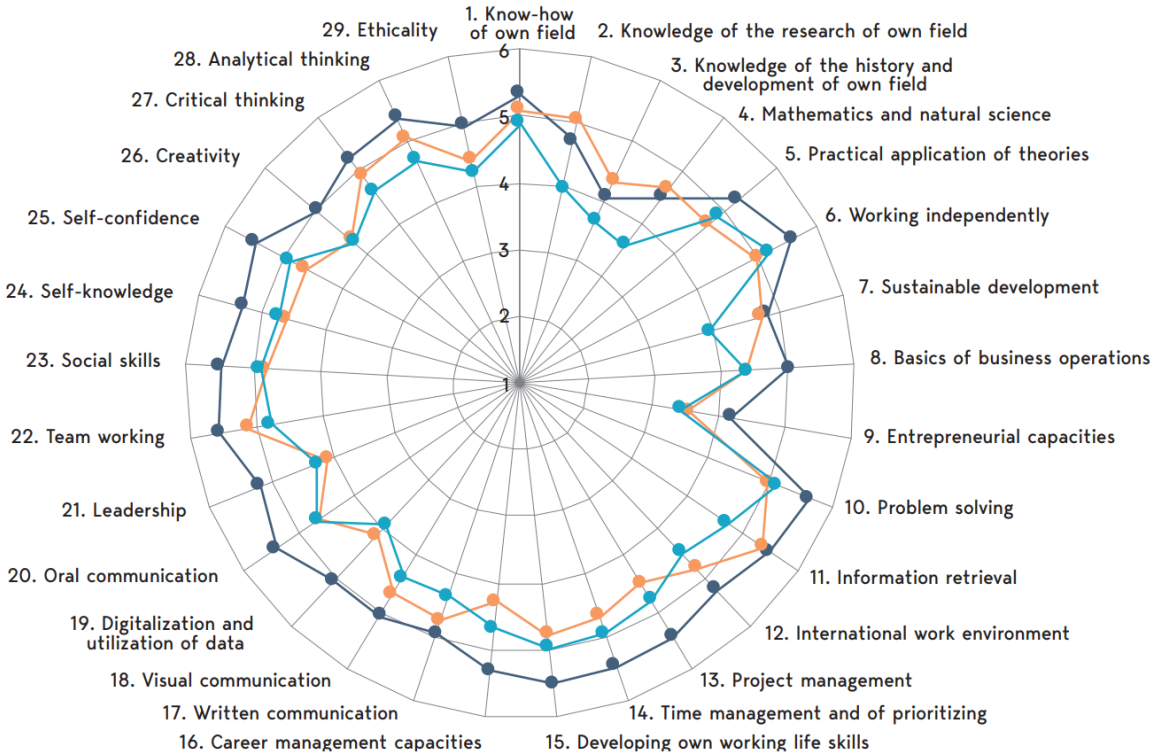
TEK Vastavalmistuneiden kyselyssä osaamisalueet on jaoteltu seuraaviin kuuteen pääkategoriaan, ja niiden allaoleviin osaamisiin.

1. Liiketoimintaosaaminen (Business & Management)
    - kestävä kehitys (Sustainable development)
    - liiketoiminnan perusteet (Basics of business operations)
    - yrittäjyysvalmiudet (Entrepreneurial capacities)
2. Asiantuntijuus (Expertise & Substance)
    - oman opintoalan osaaminen (Know-how of own field)
    - oman alan tutkimus (Knowledge of the research of own field)
    - oman alan kehityksen ja historian tuntemus (Knowledge of the history and development of own field)

- matematiikka ja luonnontieteet osaaminen (Mathematics and natural science)
- teorioiden soveltaminen käytäntöön (Practical application of theories)

3. Viestintä ja tiedon käsittely (Communication & Information processing)
    - kirjallisen viestinnän taidot (Written communication)
    - suullisen viestinnän taidot (Oral communication)
    - visuaalisen viestinnän taidot (Visual communication)
    - digitalisaatio ja datan hyödyntäminen (Digitalization and utilization of data)
4. Sosiaaliset taidot (Social skills)
    - johtamistaidot (Leadership skills)
    - ryhmätyötaidot (Team working skills)
    - sosiaaliset taidot (Social skills)
5. Työelämätaidot (Working Life Skills)
    - itsenäinen työskentely (Working independently)
    - ongelmanratkaisutaidot (Problem solving)
    - tiedonhakutaidot (Information retrieval)
    - kansainvälisyystaidot (International work environment)
    - projektinhallintataidot (Project management)
    - ajanhallinta ja tehtävien tärkeysjärjestyksen laittaminen (Time management and prioritizing tasks)
    - valmiudet oman osaamisen kehittämiseen (Developing own working life skills)
    - uravalmiudet (Career management capacities)
6. Analyyttiset taidot (Analytical skills)
    - itseluottamus (Self-confidence)
    - itsetuntemus (Self-knowledge)
    - luovuus (Creativity)
    - kriittisyys (Critical thinking)
    - analyyttisyys (Analytical thinking)
    - eettisyys (Ethicality)
    - omasta hyvinvoinnista huolehtiminen (Own well-being) (TEK 2020.)

Kuvassa 1 on TEK vastavalmistuneiden kyselyn mukaiset tulokset LUTista valmistuneiden keskuudessa.




Kuva 1. Työelämätaitojen tärkeys LUT vastavalmistuneiden opiskelijoiden mukaan vuonna 2019. Vastaajamäärä 436. Tummansininen kuvaa taidon tärkeyttä. Oranssi kuvaa taidon kehittymistä opiskeluissa ja sininen taidon kehittymistä työelämässä. (TEK 2020, julkaisulupa TEK. Piri, A)

## 3.2. TEK koulutuspoliittinen ohjelma 2015

TEK koulutuspoliittinen ohjelma käsittelee koko suomalaista koulutusjärjestelmää peruskoulusta lukion tai toisen asteen kautta korkeakouluun tai yliopistoon. Ohjelmassa on esitetty TEKin näkemyksen mukaista tahtotilaa vuonna 2015.

Muutamia mielenkiintoisia poimintoja TEK ohjelmasta yliopisto-opetuksen kannalta:

- työelämässä tarvittavien osaamistarpeiden nivominen perusopintojen kursseihin, eli ”kandidaatintutkinnossa on myös työelämässä tarvittavia perustaitoja.”
- opiskelijoiden itsetuntemuksen kehittäminen, eli ”tuetaan opiskelijan itsetuntemusta oppijana ja hänen reflektointitaitojaan. Tekniikan korkeakoulutuksen osaamistavoitteisiin sisältyy valmiudet eettisten näkökohtien arviointiin.”

- tohtoriohjelmiin suuntautuminen jo maisterivaiheessa, eli ”akateemisesta urasta kiinnostuneille on mahdollisuus jo maisterivaiheessa suunnata opintojaan siten, että ne suuntaavat tohtoriopintoihin heti valmistumisen jälkeen.”

- professorien pedagoginen osaaminen ja ajankäyttö opetukseen eli, ”jokaisella tekniikan yliopistoissa päätoimisesti opetustehtäviä hoitavalla on vähintään 30 opintopisteen yliopistopedagogiikan opinnot. Mikäli näitä opintoja ei ole suoritettu tehtävään valittaessa yliopisto tarjoaa mahdollisuuden tämän vaatimuksen täyttämiseen. Professoreiden apuna on osaavaa henkilöstöä, joka mahdollistaa ajan käytön pääsääntöisesti opetus- ja tutkimustehtäviin.”

- yrittäjyysvalmiuksien opettamista, eli ”yleisesti yrittäjyysvalmiuksia tukeva opetus on integroitu osaksi muuta opetusta. Sen lisäksi tarjolla on erillisiä yrittäjyyteen keskittyviä kursseja.”

- verkko-opetuksen kehittämistä, eli ”verkko-opetusta kehitetään aktiivisesti ja opetussisältöjä on tarjolla kansainvälisesti. Luomalla kiinnostavia verkko-opetusjaksoja yliopistot nostavat omaa tunnettavuuttaan. Hyödyntämällä muiden tuottamia verkkoaineistoja voi yliopisto hakea alan parasta osaamista sieltä, missä sitä on, eikä välttämättä alkaa tuottaa sitä itse.”

- opiskelijoiden harjoittelujaksoaja ulkomailla, eli ”tavoite on, että jokainen perustutkintoa suorittava opiskelija suorittaa vähintään kolmen kuukauden mittaisen opiskelu- tai harjoittelujakson ulkomailla. Jakso on rakennettu luontevaksi osaksi tutkintoa.”

- tohtorintutkintoja enemmän yrityksiin, eli ”yrityksissä suoritetaan merkittävä määrä tohtorintutkintoja ja tutkimusprojektien avulla viimeisin tieto siirtyy yliopistoista luontevasti osaksi yritysten toimintaa. Korkean teknologian tutkimus synnyttää ja vahvistaa yritystoimintaa.”

- yliopiston panostus jatkuvaan oppimiseen ja täydennyskoulutukseen, eli ”täydennyskoulutus on osa yliopistojen perustoimintaa. Perus-, jatko- ja täydennyskoulutuksen raja-aidat ovat hämärtyneet.” (TEK 2015.)

## 3.3. Teknologiateollisuuden Koulutus ja osaaminen -linjaus 2018

Teknologiateollisuus on vuonna 2018 tehnyt selvityksen missä käsitellään yhdeksää mahdollista menestystekijää Suomelle teknologisen teollisuuden näkökulmasta. Selvityksessä otetaan kantaa siihen mitä työelämän vaatimuksia tulevaisuudessa on ja kuinka ne voidaan koulutuksen keinoin saavuttaa.

Teknologiateollisuuden koulutus ja osaaminen -linjauksen mukaan yritykset odottavat työntekijöiltään seuraavia valmiuksia:

- asenne ja valmiudet toimia monikulttuurisessa yhteisössä, kansainvälinen osaaminen
- verkostoissa toimimisen taidot, tiimityötaidot
- kokonaisuuksien hahmottaminen, järjestelmätason osaaminen, konseptointitaidot
- asiakasnäkökulman ymmärtäminen
- ympäristöosaaminen, energiatehokkuus, elinkaariajattelu
- ICT (Information and Communication Technology) tehokas ja monipuolinen käyttö
- oman osaamisen tunnistaminen, arvon tuoton näkökulma omaan osaamiseen
- valmiudet ja motivaatio jatkuvaan oppimiseen
- kyky nähdä mahdollisuuksia (Teknologiateollisuus 2018.)

Teknologiateollisuuden tekemissä tekniikan yliopistojen edustajien haastatteluissa esille nousivat erityisesti seuraavat koulutuksen laadun tekijät:

- yleiset työelämävalmiudet
- systeemiajattelu ja perinteisten rajojen ylittäminen
- yrittäjyys, myös sisäinen yrittäjyys
- monialainen yhteistyö
- opiskelun kytkeminen tutkimukseen
- uudet pedagogiset ratkaisut
- opintojen ohjaus ja opintojen etenemisen sujuvoittaminen
- yritysyhteistyön vahvistaminen
- kansainväliset verkostot (Teknologiateollisuus 2018.)

Aalto-yliopistossa lahjakkaille ja motivoituneille tekniikan kandidaateille rakennetaan henkilökohtainen tohtorintutkintoon asti vievä opintopolku, joka tuo arvokasta kokemusta korkeakoulujärjestelmän kehittämiseen. Tämä avaa uusia mahdollisuuksia teknologiayritysten kanssa tehtävään yhteistyöhön ja tohtorien työllistymiselle yrityksiin. (Teknologiateollisuus 2018.)

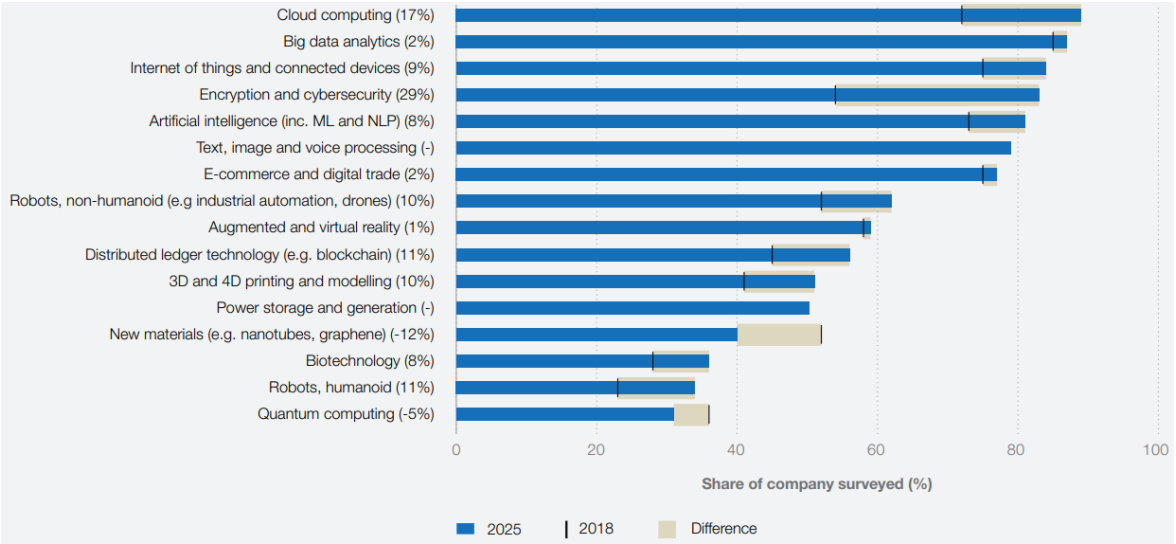
## 3.4. World Economic Forum - Future of Jobs Report 2020

Maailman talousfoorumi on 2020 julkaisut laajan tutkimuksin tulevaisuuden työstä. Tutkimuksen katse on vuodessa 2025, joten ennuste on tehty viiden vuoden aikajänteellä.

### Käyttöönotettavat teknologiat 2025

Kuvassa 2 pohditaan 2025 mennessä merkittävästi käyttöönotettavia teknologioita. Sähköinsinöörin kannalta merkittävimpiä näistä ovat:

- big data (sija 2)
- IoT (Internet of Things) (sija 3)
- tekoäly (sija 5)
- robotit ja teollisuusautomaatio (sija 8)
- sähkön varastointi ja tuotanto (sija 12) (WEF 2020.)




Kuva 2. Todennäköisesti käyttöönotettavat teknologiat vuoteen 2025 mennessä. (WEF 2020, julkaisulupa WEF. Russo, A.)

### Noususssa ja laskussa olevat työtehtävät 2025

Taulukossa 1 pohditaan vuoteen 2025 mennessä eniten noususssa tai laskussa olevia työtehtäviä. Laskijoiden listalla ei ole sähköinsinöörin kannalta merkittäviä ammatteja. Nousijoita sähköinsinöörin kannalta taas ovat:

- datan analysointi (sija 1)
- tekoäly ja koneoppiminen (sija 2)
- big data (sija 3)
- prosessiautomaatio (sija 5)
- IoT (sija 10)
- robotiikka (sija 14) (WEF 2020.)

Taulukko 1. 20 eniten noususssa tai laskussa olevaa työtehtävää. (WEF 2020, julkaisulupa WEF. Russo, A.)

| ↗ Increasing demand | | ↘ Decreasing demand | |
|---|---|---|---|
| 1 | Data Analysts and Scientists | 1 | Data Entry Clerks |
| 2 | AI and Machine Learning Specialists | 2 | Administrative and Executive Secretaries |
| 3 | Big Data Specialists | 3 | Accounting, Bookkeeping and Payroll Clerks |
| 4 | Digital Marketing and Strategy Specialists | 4 | Accountants and Auditors |
| 5 | Process Automation Specialists | 5 | Assembly and Factory Workers |
| 6 | Business Development Professionals | 6 | Business Services and Administration Managers |
| 7 | Digital Transformation Specialists | 7 | Client Information and Customer Service Workers |
| 8 | Information Security Analysts | 8 | General and Operations Managers |
| 9 | Software and Applications Developers | 9 | Mechanics and Machinery Repairers |
| 10 | Internet of Things Specialists | 10 | Material-Recording and Stock-Keeping Clerks |
| 11 | Project Managers | 11 | Financial Analysts |
| 12 | Business Services and Administration Managers | 12 | Postal Service Clerks |
| 13 | Database and Network Professionals | 13 | Sales Rep., Wholesale and Manuf., Tech. and Sci.Products |
| 14 | Robotics Engineers | 14 | Relationship Managers |
| 15 | Strategic Advisors | 15 | Bank Tellers and Related Clerks |
| 16 | Management and Organization Analysts | 16 | Door-To-Door Sales, News and Street Vendors |
| 17 | FinTech Engineers | 17 | Electronics and Telecoms Installers and Repairers |
| 18 | Mechanics and Machinery Repairers | 18 | Human Resources Specialists |
| 19 | Organizational Development Specialists | 19 | Training and Development Specialists |
| 20 | Risk Management Specialists | 20 | Construction Laborers |

### Nousussa olevat osaamiset 2025

Taulukossa 2 pohditaan vuoteen 2025 mennessä eniten nousussa olevaa viittätoista osaamista. Merkittäviä osaamistarpeita sähköinsinöörin kannalta ovat:

- analyyttinen ajattelu ja innovointi (sija 1)
- jatkuva oppiminen (sija 2)
- ongelmanratkaisu (sija 3)
- sosiaalinen vaikuttaminen (sija 6)
- teknologian hyödyntäminen (sijat 7 ja 8)
- käyttäjäkokemus (sija 12) (WEF 2020.)

Taulukko 2. 15 tärkeintä työtaitoa vuonna 2025. (WEF 2020, julkaisulupa WEF. Russo, A.)

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | Analytical thinking and innovation | 9 | Resilience, stress tolerance and flexibility |
| 2 | Active learning and learning strategies | 10 | Reasoning, problem-solving and ideation |
| 3 | Complex problem-solving | 11 | Emotional intelligence |
| 4 | Critical thinking and analysis | 12 | Troubleshooting and user experience |
| 5 | Creativity, originality and initiative | 13 | Service orientation |
| 6 | Leadership and social influence | 14 | Systems analysis and evaluation |
| 7 | Technology use, monitoring and control | 15 | Persuasion and negotiation |
| 8 | Technology design and programming | | |

## 3.5. Teknologiateollisuus Osaamispulssi 2021

Teknologiateollisuus on syksystä 2021 alkaen alkanut tekemään Osaamispulssia, jossa tekoälyn avulla useista lähteistä ja työpaikkailmoituksista etsitään ja analysoidaan osaamistarpeisiin liittyviä asiasanoja. Näitä asiasanoja arvotetaan asiantuntijapaneelin avulla. Syyskuussa 2021 Osaamispulssissa käsiteltiin myös elektroniikka- ja sähköteollisuutta ja sähkötekniikkaa.

### Elektroniikka- ja sähköteollisuus

Yritykset nostivat kärkeen tuotekehitys- ja innovaatiokyvykkyyden, joka nähdään keinona pysyä kiinni toimintaympäristön ja toimintakulttuurin muutoksessa – sen voi sanoa ratkaisevan tulevaisuuden menestyjät. Osaamisalueista nousivat toiminnan automatisointi, robotiikka ja IoT. Näihin liittyy tuotantoprosessien kehittämisen, sulautettujen järjestelmien, 5G:n ja datan hyödyntämisen osaamistarpeita. Kiertotaloudella ja kestävällä kehityksellä on kasvava merkitys. Ihmisten ja projektien johtamisen taidot korostuvat, sillä alan kehitys on nopeaa ja asiakaskeskeistä. (Teknologiateollisuus 2021.)

### Sähkötekniikka

Sähkötekniikassa nousivat esiin sähköisten järjestelmien suunnitteluun ja toteutukseen liittyvät osaamiset. Sähkötekniikan osaamisissa korostuvat järjestelmäsuunnittelun ja langattomien tekniikoiden osaamiset ja ympäristö- ja energiatekniikan osaamiset. Yrityksissä esiin nousivat elektroniikan ja tehoelektroniikan osaamistarpeet. Sähkötekniikan osaamiseen kytkeytyy läheisesti monia digitalisaatio-osaamisia: ohjelmistosuunnittelu, ohjelmistokehitys, tietotekniikan ja tietojärjestelmien osaaminen. (Teknologiateollisuus 2021.)

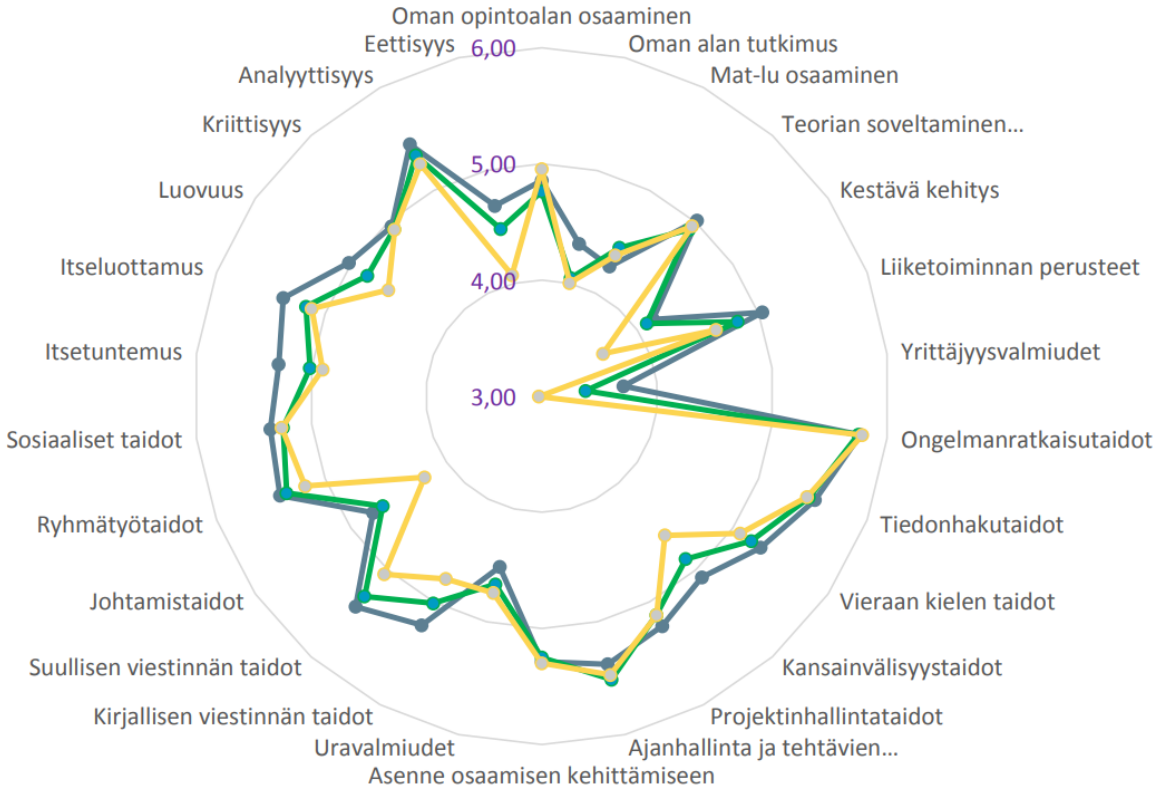
Kestävän kasvun teknisinä osaamistarpeina mainittiin sähköistyminen, sähkön tuotanto ja varastointi, akkutekniikat, vedyn tuotanto, elektrolyyserit, tehoelektroniikka, vedyn kuljetus ja varastointi, polttokennot ja P2X (Power to X). (Teknologiateollisuus 2021.)

## 3.6. TEK osaamisen kehittämisen kysely 2016

TEK (Tekniikan Akateemiset) suoritti vuonna 2016 valmistuneille ja jo pidempään työelämässä olleille jäsenilleen osaamisen kehittämisen kyselyn. Vastaajia oli 544 TEKin DI, arkkitehti tai FM jäsentä. Kuvassa 3 on tärkeimmät viisi osaamistarvetta työtehtävän kannalta eri työntekijäryhmillä, joita ovat johto, keskijohto ja asiantuntijat. Tärkein osaamistarve kaikilla ryhmillä on ongelmanratkaisutaito. Kuvassa 4 on eri ikäryhmien käsitys osaamistarpeiden tärkeydestä. Tärkeimmiksi nousevat:

- ongelmanratkaisutaito
- ryhmätyötaito
- suullisen viestinnän taito
- ajanhallinta
- analyyttisyys

Kuva 3. Tärkeimmät osaamistarpeet työtehtävän kannalta. (TEK 2016, julkaisulupa TEK. Bairoh, S.)




Kuva 4. Tietojen ja taitojen tärkeys oman työtehtävän kannalta. Harmaa vuonna 1963 syntyneet, Vihreä vuonna 1973 syntyneet, keltainen vuonna 1983 syntyneet. (TEK 2016, julkaisulupa TEK. Piri, A)

## 3.7. Tampereen Yliopiston Tyyli-hanke 2018

Tampereen Yliopiston Tyyli (Työelämäjaksoja ja työssäoppimista yliopisto-opintoihin)-hankkeessa yritysten edustajat kommentoivat TEKin listan (katso luku 3.1.) mukaisia osaamistarpeita. TEKin vakiintuneiden osaamistarpeiden listan ulkopuolelta oli myös mahdollista tuoda mukaan omia näkemyksiään.

Yritysten mielestä tärkeimpinä osaamistarpeina koettiin asenne omaan osaamisen kehittämiseen työelämässä, ongelmaratkaisutaidot ja ryhmätyötaidot. Asenteen oman osaamisen kehittämiseen kerrottiin olevan välttämätöntä, sillä usein työelämässä ratkaisevaa ei ole se, mitä jo osaa, vaan se, mitä on halukas oppimaan. Ryhmätyötaitoja arvostettiin, koska työtehtäviä harvoin tehdään yksin ja koska ongelmia ratkaistaan useimmiten ryhmässä eikä itsenäisesti. Vähiten tärkeinä pidettiin uravalmiuksia, kestävän kehityksen osaamista ja projektinhallintataitoja. Vastavalmistuneen ei oletettu tietävän työuransa suuntaa

tulevaisuudessa sitä oleellisempaa on henkilökohtaista kehittymistä eteenpäin vievä asenne. (Pajarre et al. 2018.)

TEKin listan ulkopuolelta yrityksissä nostettiin esiin nöyryys, muutokseen sopeutuminen ja kyky oppia uutta. Terveen itseluottamuksen merkitystä korostettiin myös, kuitenkaan ihmisten kunnioitusta unohtamatta. Vastavalmistuneiden nöyryyden ja hyvien käytöstapojen puutteet oli havaittu monessa yrityksessä, mikä saattaa tulevaisuudessa vaikuttaa yritysten suhtautumiseen vastavalmistuneihin ja jopa heikentää yliopistojen ja korkeakoulujen brändiarvoa yritysten näkökulmasta. Tällaiset puutteet herättänevät keskustelua korkeakouluyhteisössä. (Pajarre et al. 2018.)

Yritysten mukaan tulevaisuudessa korostuvia työelämän osaamistarpeita ovat ryhmätyötaidot sekä sosiaaliset taidot, asenne oman osaamisen kehittämiseen, kestävän kehityksen osaaminen, luovuus ja kansainvälisyystaidot. Ryhmätyötaitoja ja sosiaalisia taitoja tarvitaan tulevaisuudessa yhä enemmän eri toimialojen osaajien sekä eri kansalaisuuksien kanssa työskenneltäessä. Lisäksi luovuuden ja innovoinnin merkitykset todennäköisesti korostuvat tulevaisuuden liiketoiminnassa. (Pajarre et al. 2018.)

## 3.8. Sähkötekniikan DI ja Sitra megatrendit 2020

Sitra määrittelee tutkimuksessaan viisi keskeistä megatrendiä seuraavasti:

1) Ekologisella jälleenrakennuksella on kiire
2) Väestö ikääntyy ja monimuotoistuu
3) Verkostomainen valta voimistuu
4) Teknologia sulautuu kaikkeen
5) Talousjärjestelmä etsii suuntaansa (Sitra 2019.)

Sähkötekniikan DI:lle merkittävä megatrendi on numero 4, eli Teknologia sulautuu kaikkeen. Sen alatrendejä esitellään käsitellään alla.

### Teknologia muuttaa toimintatapoja

Teknologia kehittyy nopeasti ja se muuttaa toimintamalleja. Yhä useampi asia voidaan automatisoida. Tuotanto ja toiminta voidaan hajauttaa ja vuorovaikutus voi tapahtua etänä tai virtuaalisessa ympäristössä. Teknologian hyödyntäminen tulee edellyttämään ajatusmallien ja toimintatapojen muuttamista. (Sitra 2019.)

### Tekoälysovellukset läpäisevät yhteiskunnan

Itseajavat autot, koneille puhuminen, räätälöidyt suositukset ja muut tekoälyn sovellukset yleistyvät. Algoritmeille saavat enemmän päätäntävaltaa ja kysymykset läpinäkyvyydestä, vastuusta ja käytetyn tiedon vinoumista korostuvat. (Sitra 2019.)

### Digitalisaation seuraava aalto

Digitaalisen teknologian käyttö palveluissa ja ihmisten vuorovaikutuksessa lisääntyy. Tulevia kehityssuuntia lähitulevaisuudessa ovat virtuaali- ja lisätty todellisuus, ääni- ja eleohjaus, IoT, energiatehokkuus ja pidemmällä tähtäimellä lohkoketjujen päälle rakennetut palvelut ja kvanttitietokoneiden kehitys. (Sitra 2019.)

### Uusiutuva energia halpenee

Aurinko- ja tuulivoiman hinta putoaa ja akkuteknologia on kehittyy vauhdilla. Myös energiantuotanto hajautuu, kun yhä useampi tuottaa itse oman energiansa ja myy siitä ylimenevän osan. (Sitra 2019.)

### Teknologian ymmärtäminen korostuu

Useampi asia tapahtuu verkossa digitaalisesti. Tärkeäksi tulee teknologiataitojen osaaminen yksilön ja valtion tasolla. Tähän kuuluvat datan käyttöön, oikeuksiin ja hyödyntämiseen liittyvät asiat, ymmärrys algoritmien vaikutuksista käyttäytymiseen ja päätöksentekoon tai verkkorikollisuuteen varautumiseen liittyvät asiat. (Sitra 2019.)

Sähkötekniikan DI:lle merkittävä megatrendi on myös numero 5, eli Talousjärjestelmä etsii suuntaansa. Sen alatrendejä esitellään käsitellään alla.

### Jatkuva osaamisen kehittäminen korostuu

Muuttuva työelämä ja yhteiskunta vaatii jatkuvasti osaamisen kehittämistä. Uuden oppimisen, luovuuden, kokonaisuuksien hahmottamisen ja taitojen merkitys kasvaa. Osaamisen kehittämisen rakenteisiin ja käytäntöihin tulee muutoksia. (Sitra 2019.)

### Työn rakenteet muuttuvat

Alustatalous ja uudet organisaatiomallit muuttavat työnantajan ja työntekijän suhdetta. Työtä voidaan organisoida ja sen hyötyjä voidaan jakaa monin tavoin. Perinteinen jaottelu työttömiin, palkansaajiin ja yrittäjiin ei välttämättä tulevaisuudessa päde, jos eläkeläisfreelancereiden, projektiosaajien ja erilaisissa välitiloissa olevien määrä kasvaa. (Sitra 2019.)

### Kiertotalouden merkitys kasvaa

Kiertotaloudessa tuotanto ja käyttö suunnitellaan siten, että jätettä ei synny. Energia, materiaalit ja niiden arvo säilyvät kierrossa. Kiertotalous ei ole vain kierrätystä, vaan myös talouden muuttuvia toimintamalleja kuten jakamista, vuokraamista, korjaamista ja uudelleenkäyttöä, jonka mahdollistamisessa uusi teknologia on avainasemassa. (Sitra 2019.)

## 3.9. Sitra: Sähköistämisen rooli Suomen ilmastotavoitteiden saavuttamisessa 2021

Sitran tuore tutkimusraportti kertoo sähköistämisen roolista Suomen ilmastotavoitteiden saavuttamisessa. Raportin mukaan sähkönkulutus tulee kaksinkertaistumaan vuoteen 2050 ja silloin 75% sähköstä tuotetaan tuulivoimalla. Raportista vetytalous esitetään tärkeänä energianvarastointimenetelmänä tuulivoiman rinnalla. Sähkön kasvava rooli tulee vaatimaan maassamme noin 70 mrd. euron panostuksen sähköinfraan. (Sitra 2021.)

Raportti esittelee seuraavina askeleina sähkötekniikan kannalta:

- hyvät puitteet teollisuuden investoinneille ja riittävät kannustimet teollisuuden sähköistymiselle
- perusta puhtaan vedyn hyödyntämiselle
- tuulivoimarakentamisen sujuvoittaminen
- sähkönsiirron saatavuuden varmistaminen
- kulutusjouston edistäminen: rakennuksilta tulisi edellyttää valmiutta joustavaan energiankulutukseen ja kunnianhimoisempaa energiatehokkuutta
- toimitusvarmuuden takaaminen (Sitra 2021.)

## 3.10. Tampereen yliopiston osaamistarvekysely 2019

Tampereen yliopisto on selvittänyt yritysmaailmalle ja opetushenkilöstöllensä tehdyn kyselyn avulla osaamistarpeita. Pohjana olivat TEK Vastavalmistuneiden kyselyn osaamistarpeiden listaus (luku 3.1.), joihin perustuen kysely toteutettiin. (Pyrhönen et al 2019.)

Tampereen teknillisen yliopiston tekniikan opetushenkilöstöstä kyselyyn vastasi 69 henkilöä vuonna 2017. Asteikko oli välillä 6-18 pistettä.

Tekniikan alalla opetushenkilöstö *eniten* painotti:

- tiedonhakutaidot, 18p
- oman opintoalan osaaminen, 18p
- suullisen viestinnän taidot, 18p
- kirjallisen viestinnän taidot, 18p
- ongelmanratkaisutaidot, 17p
- valmiudet oman osaamisen kehittämiseen
- matematiikka ja luonnontieteet, 17p

Tekniikan alalla opetushenkilöstö *vähiten* painotti:

- johtamistaidot, 10p
- luovuus, 11p
- kestävä kehitys, 12p
- eettisyys, 12p
- teorioiden soveltaminen käytäntöön, 12p

Yritysmaailmasta haastateltiin saman tutkimuksen yhteydessä 24 teollista työnantajaa vuonna 2018.

*Tärkeimmät* osaamistarpeet yritysmaailman mielestä olivat:

- valmiudet oman osaamisen kehittämiseen
- ongelmanratkaisutaidot
- ryhmätyötaidot
- oman opintoalan osaaminen
- kirjallisen viestinnän taidot
- ajanhallinta ja tehtävien tärkeysjärjestyksen laittaminen

*Vähemmän tärkeät* osaamistarpeet yritysmaailman mielestä olivat:

- yrittäjyysvalmiudet
- johtamistaidot
- oman alan tutkimus
- kestävä kehitys
- uravalmiudet
- liiketoiminnan perusteet

Mitä osaamistarpeita vastavalmistuneista *eniten puuttui* yritysmaailman mielestä:

- ryhmätyötaidot
- sosiaaliset taidot
- ajanhallinta ja tehtävien tärkeysjärjestyksen laittaminen
- liiketoiminnan perusteet
- itseluottamus
- itsetuntemus

Mitä osaamistarpeita eniten *tarvitaan tulevaisuudessa* yritysmaailman mielestä:

- ryhmätyötaidot
- sosiaaliset taidot
- kestävä kehitys
- luovuus
- kansainvälisyystaidot
- ajanhallinta ja tehtävien tärkeysjärjestyksen laittaminen (Pyrhönen et al 2019.)

## 3.11. Kirjallisuustutkimuksesta esiinnousseet eri tutkimusten osaamistarpeet

Kun käydään vielä läpi vielä aiemmin tässä luvussa esitellyt tutkimukset kukin erikseen voidaan seuraavassa nostaa esiin niissä esiintyneet osaamistarpeet ja muut työelämän tarpeisiin ja koulutukseen liittyvät huomiot.

**TEKin vastavalmistuneiden kyselyssä** (otsikko 3.1.) 2019 LUTin vastavalmistuneiden keskuudessa esiin nousevat tärkeimpinä osaamisina seuraavat kymmenen osaamista:

- oman opintoalan osaaminen
- suullisen viestinnän taidot
- ryhmätyötaidot
- itsenäinen työskentely
- ongelmanratkaisutaidot
- tiedonhakutaidot
- projektinhallintataidot
- valmiudet oman osaamisen kehittämiseen
- itseluottamus
- analyyttisyys

**TEKin koulutuspoliittisessa ohjelmassa** (otsikko 3.2.) vuodelta 2015 nousi esiin:

- työelämässä tarvittavien osaamistarpeiden nivominen perusopintojen kursseihin
- tohtoriohjelmiin suuntautuminen jo maisterivaiheessa
- professorien pedagoginen osaaminen
- yrittäjyysvalmiuksien opettamista
- verkko-opetuksen kehittämistä
- opiskelijoiden harjoittelujaksoaja ulkomailla
- tohtorintutkintoja enemmän yrityksiin
- yliopiston panostus jatkuvaan oppimiseen ja täydennyskoulutukseen

**Teknologiateollisuuden koulutus ja osaaminen -linjaus 2018** (otsikko 3.3.) mukaan yritykset odottavat työntekijöiltään seuraavia valmiuksia:

- asenne ja valmiudet toimia monikulttuurisessa yhteisössä, kansainvälinen osaaminen
- verkostoissa toimimisen taidot, tiimityötaidot
- kokonaisuuksien hahmottaminen, järjestelmätason osaaminen, konseptointitaidot
- asiakasnäkökulman ymmärtäminen
- ympäristöosaaminen, energiatehokkuus, elinkaariajattelu
- ICT:n tehokas ja monipuolinen käyttö
- oman osaamisen tunnistaminen, arvon tuoton näkökulma omaan osaamiseen
- valmiudet ja motivaatio jatkuvaan oppimiseen
- kyky nähdä mahdollisuuksia

**Teknologiateollisuuden koulutus ja osaaminen -linjaus 2018** tekemissä tekniikan yliopistojen edustajien haastatteluissa esille nousivat erityisesti seuraavat koulutuksen laadun tekijät:

- yleiset työelämävalmiudet
- systeemiajattelu ja perinteisten rajojen ylittäminen
- yrittäjyys, myös sisäinen yrittäjyys
- monialainen yhteistyö
- opiskelun kytkeminen tutkimukseen
- uudet pedagogiset ratkaisut
- opintojen ohjaus ja opintojen etenemisen sujuvoittaminen
- yritysyhteistyön vahvistaminen
- kansainväliset verkostot

**World Economic Forum - Future of Jobs Report 2020** -raportissa (otsikko 3.4.) pohditaan vuoteen 2025 mennessä käyttöönotettavia teknologioita. Sähköinsinöörin kannalta merkittävimpiä näistä ovat:

- big data
- IoT
- tekoäly
- robotit ja teollisuusautomaatio
- sähkön tuotanto ja varastointi

World Economic Forum - Future of Jobs Report 2020 -raportissa pohditaan vuoteen 2025 mennessä eniten nousussa tai laskussa olevia työtehtäviä. Laskijoiden listalla ei ole sähköinsinöörin kannalta merkittäviä työtehtäviä. Nousevia työtehtäviä sähköinsinöörin kannalta taas ovat:

- datan analysointi
- tekoäly ja koneoppiminen
- big data
- prosessiautomaatio
- IoT
- robotiikka

World Economic Forum - Future of Jobs Report 2020 -raportissa pohditaan vuoteen 2025 mennessä eniten nousussa olevaa viittätoista osaamistarvetta. Merkittäviä osaamistarpeita sähköinsinöörin kannalta ovat:

- analyyttinen ajattelu ja innovointi
- jatkuva oppiminen
- ongelmanratkaisu
- sosiaalinen vaikuttaminen
- teknologian hyödyntäminen
- käyttäjäkokemus

**Teknologiateollisuus Osaamispulssi 2021** (otsikko 3.5.) mainitsee *Elektroniikka- ja sähköteollisuuden* tulevien vuosien osaamistarpeita:

- tuotekehitys- ja innovaatiokyvykkyys
- toiminnan automatisointi
- robotiikka
- IoT
- tuotantoprosessien kehittäminen
- sulautettujen järjestelmien osaaminen
- 5G
- datan hyödyntäminen
- kiertotalous ja kestävä kehitys
- projektien johtamisen taidot

Teknologiateollisuus Osaamispulssi 2021 mainitsee *Sähkötekniikan* tulevien vuosien osaamistarpeita:

- sähköisten järjestelmien suunnittelu ja toteutus
- järjestelmäsuunnittelu
- langattomien tekniikoiden osaaminen
- ympäristö- ja energiatekniikan osaaminen
- digitalisaatio-osaamisia: ohjelmistosuunnittelu, ohjelmistokehitys, tietotekniikan ja tietojärjestelmien osaaminen

Teknologiateollisuus Osaamispulssi 2021 mainitsee *Sähkötekniikassa kestävää kehitystä tukevina* teknisinä osaamistarpeina:

- sähkön tuotanto ja varastointi
- akkutekniikat
- vedyn tuotanto ja elektrolyyserit
- tehoelektroniikka
- vedyn kuljetus ja varastointi
- polttokennot
- P2X

**TEK osaamisen kehittämisen kyselyssä 2016** (otsikko 3.6.) tärkeimmiksi nousivat:

- ongelmanratkaisutaito
- ryhmätyötaito
- suullisen viestinnän taito
- ajanhallinta
- analyyttisyys

**Tampereen Yliopiston Tyyli-hanke 2018** hankkeessa (otsikko 3.7.) nousi esiin seuraavat osaamistarpeet:

- asenne omaan osaamisen kehittämineen
- ongelmaratkaisutaidot
- ryhmätyötaidot
- nöyryys
- muutokseen sopeutuminen
- kyky oppia uutta
- itseluottamuksen
- ryhmätyötaidot
- sosiaaliset taidot
- kestävän kehityksen osaaminen
- luovuus ja innovointi
- kansainvälisyystaidot

**Sitra megatrendit 2020**- julkaisu (otsikko 3.8.) kertoo sähkötekniikkaan liittyvistä mega-trendeistä johdettuja osaamistarpeita olevan:

- tuotannon automatisointi
- tuotannon ja toiminnan hajauttaminen globaalisti
- vuorovaikutus tapahtuu etänä virtuaalisessa ympäristössä
- teknologian hyödyntäminen edellyttää ajatusmallien ja toimintatapojen muuttamista
- tekoälysovellukset
- digitalisaatio
- virtuaali- ja lisätty todellisuus
- IoT
- energiatehokkuuden korostuminen
- lohkoketjujen päälle rakennetut palvelut myös sähkötekniikassa
- aurinko- ja tuulivoiman hinta laskee
- sähkön varastointiin liittyvä akkuteknologia
- energiantuotanto hajautuu
- jatkuva osaamisen kehittäminen
- luovuus
- kokonaisuuksien hahmottaminen
- kiertotalous

**Sitra: Sähköistämisen rooli Suomen ilmastotavoitteiden saavuttamisessa 2021** tutkimusraportti (otsikko 3.9.) kertoo seuraavina askeleina sähkötekniikan kannalta:

- hyvät puitteet teollisuuden investoinneille ja riittävät kannustimet teollisuuden sähköistymiselle
- perusta puhtaan vedyn hyödyntämiselle
- tuulivoimarakentamisen sujuvoittaminen
- sähkönsiirron saatavuuden varmistaminen
- kulutusjouston edistäminen: rakennuksilta tulisi edellyttää valmiutta joustavaan energiankulutukseen ja kunnianhimoisempaa energiatehokkuutta
- toimitusvarmuuden takaaminen

**Tampereen yliopiston osaamistarvekyselyssä 2019** (otsikko 3.10) tekniikan alalla opetushenkilöstö *eniten* painotti seuraavia osaamistarpeita:

- tiedonhakutaidot
- oman opintoalan osaaminen
- suullisen viestinnän taidot
- kirjallisen viestinnän taidot
- ongelmanratkaisutaidot
- valmiudet oman osaamisen kehittämiseen
- matematiikka ja luonnontieteet

Tekniikan alalla opetushenkilöstö *vähiten* painotti:

- johtamistaidot
- luovuus
- kestävä kehitys
- eettisyys
- teorioiden soveltaminen käytäntöön

*Tärkeimmät* osaamistarpeet yritysmaailman mielestä olivat:

- valmiudet oman osaamisen kehittämiseen
- ongelmanratkaisutaidot
- ryhmätyötaidot
- oman opintoalan osaaminen
- kirjallisen viestinnän taidot
- ajanhallinta ja tehtävien tärkeysjärjestyksen laittaminen

*Vähemmän tärkeät* osaamistarpeet yritysmaailman mielestä olivat:

- yrittäjyysvalmiudet
- johtamistaidot
- oman alan tutkimus
- kestävä kehitys
- uravalmiudet
- liiketoiminnan perusteet

Mitä osaamistarpeita vastavalmistuneista *eniten puuttui* yritysmaailman mielestä:

- ryhmätyötaidot
- sosiaaliset taidot
- ajanhallinta ja tehtävien tärkeysjärjestyksen laittaminen
- liiketoiminnan perusteet
- itseluottamus
- itsetuntemus

Mitä osaamistarpeita eniten *tarvitaan tulevaisuudessa* yritysmaailman mielestä:

- ryhmätyötaidot
- sosiaaliset taidot
- kestävä kehitys
- luovuus
- kansainvälisyystaidot
- ajanhallinta ja tehtävien tärkeysjärjestyksen laittaminen

Huomaa, että kestävä kehitys ja luovuus olivat vähiten arvostettuja TUT opetushenkilöstön keskuudessa, mutta niiden katsottiin olevan tärkeimpien joukossa tulevaisuudessa.

## 3.12. Yhteenveto kirjallisuustutkimuksesta

Yhdessä tutkimukset muodostavat kokolailla samankaltaisen konsensuksen siitä mitä yleisiä taitoja työelämässä tarvitaan tai tullaan tarvitsemaan. Tutkimuksen tulokset ovat keskenään hyvin samankaltaisia, joten niistä saadaan hyviä johtopäätöksiä. Yhteenvetona voidaan todeta, että kokonaisuudessaan seuraavat työelämätaidot tulivat eniten esille läpikäydyissä kirjallisuustutkimuksessa:

- ryhmätyötaidot
- ongelmanratkaisutaidot
- valmiudet oman osaamisen kehittämiseen
- ajanhallinta ja tehtävien tärkeysjärjestyksen laittaminen
- oman opintoalan osaaminen
- sosiaaliset taidot
- analyyttisyys
- itseluottamus
- kansainvälisyystaidot
- luovuus
- suullisen viestinnän taidot
- kestävä kehitys
- kirjallisen viestinnän taidot
- tiedonhakutaidot

Kirjallisuustutkimuksessa nämä (sähkö)tekniikkaan liittyvät aiheet saivat eniten mainintoja:

- datan hyödyntäminen
- robotiikka
- tekoäly
- tuotekehitys- ja innovaatiokyvykkyys, käyttäjäkokemus
- tuotantoprosessien kehittäminen
- kiertotalous ja kestävä kehitys
- sähköisten järjestelmien suunnittelu ja toteutus
- IoT, langattomien tekniikoiden osaaminen ja 5G
- sähkön tuotanto ja varastointi
- tuulivoima
- akkuteknologia
- vedyn tuotanto ja elektrolyyserit, kuljetus ja varastointi, polttokennot
- kulutusjoustot
- energiatehokkuuden korostuminen
- tehoelektroniikka
- P2X

# 4. Teemahaastattelut

Tutkimuksen haastatteluosa koostui kuudestatoista teemahaastattelusta. Haastatteluun pyydettiin akateemisen maailman, yritysmaailman ja yhteiskunnallisen näkemyksen omaavia henkilöitä. Osalla oli vähemmän sähkötekniikan taustaa ja osa on tehnyt sähkötekniikan parissa koko työuransa. Mukana oli sähkölaitosten johtajia, kantaverkkoyhtiön johtoa, yritysmaailman teknisiä asiantuntijoita ja yrittäjiä, yliopiston sähkötekniikan professoreita, TEK:in ja Teknologiateollisuuden ja STEK (Sähkötekniikan ja energiatehokkuuden edistämiskeskus) koulutusasiantuntijoita ja sähkötekniikkataustaisia kansanedustajia. Haastateltavien joukosta haettiin poikkitieteellistä näkemystä. Haastateltavia pyrittiin saamaan kritiikittömästi esittämään näkemyksiään tulevaisuuden osaamistarpeista.

Haastateltavien henkilöiden haluttiin edustavan mahdollisimman laaja-alaista näkemystä yhteiskunnasta, mutta olevan siltä hyvin selvillä sähkötekniikasta. Sähkötekniikan suhde ympärivään maailmaan on tärkeä hahmottaa. Haastateltavien valinnassa käytettiin viitteenomaisesti apuna taulukossa 3 olevaa asiantuntijamatriisia. Sen eri lokeroihin haluttiin saada laajasti asiantuntijoita.

Taulukko 3. Asiantuntijamatriiisi.

| **toimiala/asiantuntijuus** | ekonomia | teknologia | ekologia | sosiaalinen | poliittinen |
|---|---|---|---|---|---|
| yliopisto | | | | | |
| teollisuus | | | | | |
| yhteiskunta | | | | | |

Teemahaastattelun teemoja olivat:

- miten maailma, sähkötekniikka ja sähkön asema osana yhteiskuntaa muuttuvat vuoteen 2030
- mitkä ovat työelämän osaamistarpeet sähkötekniikan diplomi-insinöörillä vuonna 2030
- mitä ja kuinka tulisi yliopistossa sähkötekniikasta ja työelämästä opettaa vuonna 2030

Nähtiin tärkeäksi saada esiin eri katsantokannoista käsin näkemyksiä mihin suuntaan sähkötekniikka ja sen opetus voisivat olla menossa kymmenen vuoden aikajänteellä. Sähkötekniikan insinöörin osaamistarpeet eivät ole vain sähkötekniikkaan liittyviä, vaan myös siihen, että sähköinsinööri on osa työyhteisöä ja yhteiskuntaa ja toimii niiden osasena. Sähkötekniikan insinööri tarvitsee taitoja, joilla se liittää sähkötekniikan erillisen osaamisensa osaksi yhteiskuntaa. Eli sähkötekniikan alan tulevaisuuden osaamistarpeiden lisäksi haastatteluissa pyydettiin arvioimaan myös tarpeellisia työelämätaitoja.

Haastattelut suoritettiin puhelinhaastatteluina tai Teams-ohjelmiston avulla. Haastattelun kesto oli yleensä noin 1,5 tuntia. Haastatteluiden ilmapiiri yritettiin pitää vapaamuotoisena ja silla tapaa saada hyvä keskusteluyhteys haastateltavaan. Haastattelujen tuloksena saatiin hyviä näkemyksiä ja ideoita siihen, mitä olisivat osaamistarpeet tulevaisuudessa.

Liitteessä 7 on listaus teemahaastatteluissa esiintulleista osaamistarpeista sellaisenaan. Liitteenä olevassa kokonaisessa listauksessa saattaa löytyä heikkoja signaaleja, joten siihen tutustuminen voi olla mielenkiintoista.

## 4.1. Haastattelukuvaukset

Haastateltava 1 kuvasi kielitaidon, varsinkin suomenkielen taidon tärkeäksi osaksi kommunikointia. Ohjelmointitaito ja simulointiympäristöjen hallitseminen ja erilaisten työkalujen käyttötaito olisi tärkeää. Puolijohteiden fysiikan tunteminen auttaisi suunnittelussa ja kommunikoinnissa osavalmistajien kanssa. Omat ajatuksensa pitäisi pystyä kirjoittamaan auki. Kolme kulmakiveä haastateltavan mielestä olivat insinööriosaaminen, äidinkieli ja matematiikan ja fysiikan osaaminen.

Haastateltava 2 mielestä ehdottomasti pitää hallita sähköfysiikka johon sähkötekniikka perustuu. Sähkötekniikan opintojen rinnalla olisi hyvä olla sivuaine, joka ei olisi liian rajaava vaan enemmänkin poikkitieteellinen tyyliin ”open your mind”. Tarkoituksena olisi rikkoa rajoja ja kasvattaa opiskelijan omaa mielenkiintoa. Sähkön rooli yhteiskunnassa kasvaa ja aurinko- ja tuulivoima lisääntyy. Opiskelijan tulisi ymmärtää laajoja kokonaisuuksia. Opinnoissa ja osaamistarpeissa ei tarvitse kaikkea muuttaa vain muuttamisen ilosta.

Laboratoriosta kestää kuitenkin 20..30 vuotta ennen kuin keksintö on arkipäivää. Yrityskontaktit ja tutkimustyö yrityksiin on tärkeää ja tuo myös opetussisältöön uusia tuulia. Sähkönkulutus tulee kolminkertaistumaan ja vetytalous ja synteettiset polttoaineet tulevat. Yritystoiminnan taloutta ja sähkömarkkinoita pitäisi ymmärtää.

Haastateltava 3 painotti työelämän projektiluonteisuutta, jatkuvaa oppimista ja oman identiteetin löytämistä työelämässä. Omaa työtä tulisi osata johtaa etätyön yhä lisääntyessä. Työelämän projektit toteutetaan monen eri toimijan verkostoina, joten näissä alihankintaverkostoissa toimiminen on tärkeää. Yrityksen strategia tulisi osata johtaa käytännön operatiivisiksi toimiksi ja esimies- ja HR-taitoja tarvitaan myös. Sähkötekniikan puolelta esiin nousivat sähköverkon anturoinnin lisääntyminen, tietoliikenne ja kertyvän datan varastointi, datan hallinta ja datasta tehtävät päätelmät. Dataa voidaan käyttää hyväksi kunnossapidon ajoituksen määrittelyssä. Laitteiden älykkäämpi käyttäminen on datan avulla mahdollista. Tietoturva verkoissa on oltava hyvällä tasolla. Myös yrityksen talousasiat tulisi hallita niin että investointipäätöksiä osataan perustella talouden kautta.

Haastateltava 4 mielestä opintojen alussa olisi perehdyttävä hyvin matematiikkaan, fysiikkaan ja elektroniikan perusteisiin. Puolijohdemateriaalien fysiikan tuntemuksesta olisi apua, varsinkin kun puolijohteet ovat kehittyneet kovasti. Ohjelmistotyökaluilla on mahdollista suunnitella elektroniikan piirejä hyvinkin pitkälle ja siitä eteenpäin huippusuunnittelijan merkitys korostuu. Ohjelmoinnista pitäisi osata ainakin perusteet, jotka haastateltavan mukaan on hyvinkin helppo oppia. Opetuksessa pitäisi tehdä yhteistyötä teollisuuden kanssa entistä enemmän ja korostaa DI:n roolia ongelman ratkaisijana, ei niinkään tiedemiehenä. Tuotekehitysprojektit olisi hallittava hyvin, niin että päämääränä on asiakkaan ongelman ratkaisu, ei itse tuote niinkään. Tuotekehitystä olisi opetettava omana oppiaineenaan ja DI:n tulisi olla ylin ongelmanratkaisija. Asiakastarve on ymmärrettävä erittäin syvällisesti. Kokonaisuutta on myös ymmärrettävä ja pyrittävä koko toiminnan laatuun, ei niinkään vain kehitettävän tuotteen laatuun. Tässä Suomi on jälkijunassa ja sen takia suomalaisen teollisuuden resurssitehokkuus on matala myös Eurostat tilastojen mukaan esimerkiksi Ruotsiin tai Tanskaan verrattuna. Tuotteen laatu Suomessa on hyvä, mutta toiminnan laatu heikko. Laadusta vastaa aina firman ylin johto. Valittavilla professoreilla olisi hyvä olla teollisuuskokemusta ja tohtoritutkinnot olisi pääosin tehtävä suoraan teollisuuteen. Tällä hetkellä raha ehkä ohjaa liikaa tohtorintutkintoihin DI-tutkintojen kustannuksella. Yliopiston menestystä voisi mitata teollisuuden menestymisen, ei julkaisujen määrän perusteella ja tutkimuksella tulisi olla aina rajapinta teollisuuteen. Opiskelijoita tulisi opintojen aikana altistaa mahdollisimman laaja-

alaisesti eri oppiaineille. Näin opiskelijalle tulisi käsitys siitä mitä hän haluaa tehdä ja missä hän on hyvä. Keksintöjen patentoinnista olisi DI:llä hyvä olla käsitys, koska patenttitoimistojen kautta tehtynä patenttien laatu voi olla heikko.

Haastateltava 5 kertoo, että sähkötekniikassa olisi opetettava automaatiota, koneoppimista, tekoälyä ja koodaamista. Muuten sähkö-DI osaamiseen tulisi kuulua projektinjohtamista, johtamista yleensäkin, sekä itsensä johtamista. Yrittäjyydestä ja liiketoiminnasta tulisi olla käsitys. Myös DI:n roolia ongelman ratkaisijana painotettiin. Monikulttuurisessa työympäristössä toimiminen tulisi sujua luontevasti eri kielillä. Jatkuva oppiminen on yhä tärkeämpää ja keinoja siihen ja muutenkin uskallusta uuteen ja epämukavuusalueelle menemiseen ja poikkitieteellisyyteen ja moniosaamiseen tulisi olla. Oman hyvinvoinnin parantaminen ja stressin sietäminen, sekä armeliaisuus itselle auttaisivat selviytymään työelämässä. Kestävän kehityksen ja ympäristötietoisuuden taloudellinen, sosiaalinen ja teknillinen puoli olisi otettava huomioon.

Haastateltava 6 kertoi tuulivoimarakentamisen yhä jatkuvan ja 2030 valtaosa energiantuotannosta olisi tuulivoimaa ja ydinvoimaa. Sähkökoneiden inertiaa jää tällöin pois, kun isompi osa voimalaitoksista liittyy verkkoon konverttereiden välityksellä. Tämä asettaa säätötekniikan osaamiselle omat haasteensa. Myös teollisuuden sähkönkulutus tulee kasvamaan, kun teollisuus siirtyy muista energiamuodoista sähköön. Sähkömarkkinoita on hyvä ymmärtää, koska päästöjen vähentäminen ja tehotasapaino perustuvat rahalla ohjaukseen. Datan määrä sähköjärjestelmässä tulee olemaan valtava ja dataa tulisi osata käsitellä ja analysoida ja tehdä siitä järkeviä johtopäätöksiä. Dataälykkyys oli tälle hänen yrityksessään käytetty termi. Perusosaaminen sähkötekniikasta pitäisi olla ilman muuta hyvällä tasolla. Opiskelijoiden motivaatiota voisi lisätä tosielämän esimerkein, jotka vastaavat kysymykseen miksi juuri tätä aihetta opiskellaan. Osana DI:n työnkuvaa on myös haastateltavan yrityksessä nostettu esiin vaikuttaminen. Insinöörien pitää osata kertoa mitä he tekevät ja esitellä tekemisiään sekä antautua keskusteluun ja väittelyyn edustamastaan asiasta. Ainostaan firman toimitusjohtaja ei hoida yhteiskuntasuhteita, vaan jokainen työntekijä. Opiskelijoilla voisi hyvä olla mentori työelämästä, joka antaisi heille nopeamman alun urallaan. Kokous- ja neuvottelutaito osana vaikuttamista nähdään tärkeinä. Isossa kuvassa sähkön rooli tulisi ymmärtää osana energiajärjestelmää ja osana yhteiskuntaa.

Haastateltava 7 painottaa sähkön näkemistä osana isoa järjestelmää, johon kuuluu mm. liikenne, teollisuus, vetytalous. Systeemiajattelu on tässä tärkeää, että saavutettaisiin järjestelmän kokonaisoptimi. Opiskelun valinnanvapautta pitäisi olla enemmän, mutta sähkötekniikan kova ydin pitäisi kuitenkin säilyttää. Hyviä asiantuntijoita ja ongelmanratkaisijoita tarvitaan aina. Uhkana nähdään työvoimapula ja osaajien puute. Sähkötekniikka pitäisi saada houkuttelevammaksi opintoalaksi, varsinkin nyt kun siirtymä ympäristöystävälliseen suuntaan tulee isolta osin sähkötekniikan avulla. Työelämätasolla mainittiin, että työelämätaidot oppii kyllä työelämässä, mutta sähkötekniikan osaaminen tulisi olla hallussa töihin tullessa. Eri suuntautumisvaihtoehtojen valintaa voisi helpottaa, kun kerrottaisiin minkälaisiin työprofiileihin näitä opiskelemalla sijoitutaan. Myös kurssikuvaukset olisi hyvä olla tarkkoja, että opiskelijat osaisivat valita valinnaisista kursseista mieleisensä. Valinnanvapauden pitäisikin olla hyvin suurta ja pakollisia kursseja olisi vain muutamia. Osaaminen lisää aina mahdollisuuksia työelämässä. Vastuuta opiskelijoille olisi annettava enemmän omista opiskeluvalinnoistaan. Tällöin oma vastuu opiskeluista lisääntyy ja samalla opiskelijalla itsellään varmistuu käsitys siitä missä opiskelija itse on hyvä.

Haastateltava 8 kertoi kansainvälisissä tiimeissä tehtävästä työstä, joka tapahtuu usein virtuaaliympäristössä. Sosiaaliset kysyt ja kielitaito ovat silloin tärkeitä. Teollista tuotantoa tekevien yritysten tapa toimia olisi hyvä tuntea. Kuinka tuotteita hallitaan ja mitä merkitsevät mm. termit ERP (Enterprice Resource Planning), CRM (Customer Relationship Management), PDM (Product Data Management). Kuinka yrityksen tuotekehitys ja tuotanto toimii ja mikä on minun roolini siinä. Mikä osa prosessia minä olen. Kokonaiskäsitys sähköfysiikasta pitää olla, mutta varsinkin elektroniikkateollisuus ostaa piirinsä aikalailla valmiina. Ohjelmoinnista on hyvä hallita ainakin perusteet. Tietoa pitää pystyä hakemaan ja sisäistämään paksujakin ohjekirjoja lukemalla. Projektinhallintataidot pitäisi olla ja käsitys siitä mikä osa projektia minä olen. Pitäisi olla tehokas ja jämäkkä, akateeminen vartti jo käsitteenä opettaa lepsuuteen. Suomalainen insinööri kilpailee tänäpäivänä aina kansainvälisessä ympäristössä. Silloin on ymmärrettävä, että monissa muissa maissa tehokkuus on parempaa. Suomalainen insinööri kuitenkin pärjää globaalissa kilpailussa pienen palkkaansa ja oma-aloitteisuutensa ansiosta. Mutta varsinkin nuorilla tietty jämäkkyys usein puuttuu, joka vanhemmilta työntekijöiltä löytyy.

Haastateltava 9 jakoi sähkötekniikan DI:n osaamisen kolmen tasoon. Niistä ensimmäinen on ammatillinen taso. Siinä insinööri ei hallitse tai osaa kaikkea vaan on enemmänkin konsultin roolissa ja kaikki tieto on saatavilla olevaa ”big dataa” jota hyödyntämällä työ saadaan

tehtyä. Toinen taso on sosiaalinen taso. Sillä tarkoitetaan kuinka sähkö parantaa ihmisten elämän laatua. Se tuo valoa, lämpöä jne. Insinööri käsittää mikä on sähkön laajempi sosiaalinen merkitys ja kuinka parantaa ihmisten elämän laatua sähkön avulla. Ajattelu viedään siis pois sähköstä enemmän ihmisten elämän sisään ja sähköä ajatellaan silloin vain välineenä mahdollistamaan hyvä elämä. Kolmas DI:n osaamisen taso on yhteiskunnallisen vaikuttamisen taso. Insinöörin pitää osata ja pitää voida osallistua keskusteluun siellä missä tehdään päätöksiä, joissa sähkö on osallisena. Ei voi olla, että esimerkiksi isojen tuulipuistojen lupia myönnetään niin ettei luvituksesta ole päättämässä yhtään sähkötekniikan osaajaa. Sähköön liittyvä päätöksenteko ei voi olla sellaisten käsissä, jotka eivät tiedä sähkötekniikasta. Yhteiskunnallinen vaikuttaminen siis kuuluisi myös insinööreille, ei ainoastaan poliitikoille.

Haastateltava 10 kertoi opiskelussa olevan tärkeää rakentaa motivaatio jatkuvaan uuden oppimiseen. Opiskelu pitäisi jo alun perin muotoilla sellaiseksi, ettei siinä opeteta pysyviä totuuksia, vaan että tämä on tilanne tällä hetkellä ja mitä uutta on mahdollisesti tämän aineen suhteen tulossa, johon opiskelija mahdollisesti tulevaisuudessa saavat perehtyä. Opiskelutavan on siis motivoitava jatkuvaan oppimiseen. Toinen tärkeä ja muuallakin toistunut asia on asiakastarpeen näkeminen. Yleensä sähköinsinöörin asiakas on toinen yritys ja tässä korostuu kyky nähdä uusia mahdollisuuksia ja ymmärtää omaa liiketoimintaa vastaamassa toisen yrityksen tarpeisiin. Myös perinteiset asiat, kuten tiimityöskentely, johtaminen, verkostoituminen ja kansainvälisyys ovat edelleen voimassa vuonna 2030. Kestävyysajattelu nousee yhä tärkeämmäksi, ja insinöörin olisikin nähtävä omien ratkaisujensa ympäristövaikutus. Perinteinen insinööri on ratkaissut ongelmansa luonnonlakien reunaehtojen puitteissa. Jatkossa tämän lisäksi reunaehtoina korostuvat liiketoiminnan tarpeet, kuten esimerkiksi tietyssä budjetissa pysyminen ja kestävän kehityksen vaatimukset, kuten päästöjen vähentäminen. Systeemiajattelu ja T-mallinen osaaminen on tärkeää. Sähköinsinöörin työ liittyy aina osaksi jotakin järjestelmää. Sähkötekniikan, tietotekniikan ja konetekniikan raja-aidat kaatuvat. On ajateltava systeemitasolla. Tuotekehityksen osaaminen korostuu. Automaatio, robotiikka ja IoT valtaavat alaa. Kiertotalous tulee vastaan joka paikassa. Dataa kerääntyy kokoajan kasvava määrä ja sitä on osattava hallita ja hyödyntää. Datasta voi kehittää uutta liiketoimintaa. Laitteisiin tulee lisää älykkyyttä ja ohjelmointitaitoja vaaditaan lisää ja lisää. Elektroniikka, sulautetut järjestelmät, ohjelmointiosaaminen ja langattomien verkkojen osaaminen ovat merkittävä osa sähkötekniikkaa.

Haastateltava 11 kertoi opetuksen muuttumisesta työelämälähtöisemmäksi. Monialaisuus tulee entisestään korostumaan ja työtä tehdään heterogeenisissä tiimeissä. Älykäs sähköverkko tai itseasiassa älykäs sähkö nivoutuu enemmän tuotannon ja kulutuksen yhteispeliksi. Kyberturvallisuus liittyy myös sähköön ja automaatioon ja sitä tulisi opettaa.

Haastateltava 12 painotti kiertotalouden merkitystä DI-opinnoissa. Lineaarisesta taloudesta luopuminen on kuitenkin vääjäämätöntä, mutta silti ympäristöasiat sivuutetaan insinöörikoulutuksessa usein reunahuomautuksella. Kiertotalous tuo uusia liiketoimintamalleja joihin opiskelussa tulisi perehtyä. Myös tuotekehityksen opetuksessa tuotteen suunnittelu pitkäikäiseksi, korjattavaksi ja kierrätettäväksi on otettava huomioon. P2X valtaa alaa ja esimerkiksi kaukolämmön tuotannossa biomassan polttaminen tulee jäämään pois. Kaikki sähköistyy ja sähkö tuotetaan hiilineutraalisti, tämä on tie. Hiilineutraaliuteen siirtyminen tulee vastaamaan toisen maailmansodan kaltaista mobilisaatiota ja teollisuuden uudelleenjärjestelyä. Osaamistarpeet muuttuvat ja kasvavat ja osaajia tarvitaan lisää. Kuinka yliopistot ovat varautuneet sähköosaajien kysynnän kasvuun ja onko ala houkutteleva opiskelemaan pyrkiville. Opiskelijoiden valinnanvapaus pitäisi olla suuri ja opiskelujen ohjaus pitäisi olla hyvää. Kaikkien ei tarvitse osata kaikkea, vaan opiskelijoista aina jotkut valitsevat tietyt valinnaiset kurssit, joten koko opiskelijamassasta osaaminen on aina jollakin. Detaljitasolla käytännön työelämässä on huomioitu, että piirikaavioita pitäisi osata lukea, tiedonsiirto ja tietoverkko-osaamista tulisi olla ja asentajien kanssa tulisi osata kommunikoida. Vaasan yliopiston teekkaritakuujärjestelmä tyyppinen malli voisi olla myös hyvä koska se lisää työelämän ja yliopiston yhteistyötä. Opetus siirtyy kokoajan enemmän verkkoon, mutta tarve varsinkin nuorilla opiskelijoilla sosiaalisuuden kehittymineen vaatii läsnäoloa yliopistolla. Opetusta tulisi arvostaa enemmän ja hyvään opetukseen panostaa. Flipped classroom-tyyppisiä ratkaisuja voisi kokeilla opetuksen syventämiseksi.

Haastateltava 13 mielestä yliopiston tehtävä on kouluttaa perusinsinöörejä, joilla on laaja näkemys omasta alastaan ja hyvät työelämävalmiudet. Perustaidot on oltava hallussa ja tärkeää on se, että on halu kehittyä ja oppia uutta. Yliopiston ei tule lähteä opetuksessaan seuraamaan uusimpia trendejä. Kun opiskelijat vuosien päästä valmistuvat, voi trendi olla jo ohi. Perusvalmiudet tulee olla olemassa ja työelämävalmiudet hallussa. Loput oppii sitten työelämässä. Työelämä kuitenkin on jatkuvaa oppimista. Tärkeä oivallus oli se, kuinka työelämätaitoja opetetaan. Työelämätaitojen opetus tulee olla leivottuna sisään sähkötekniikan kursseihin. Kun kursseilla tehdään esimerkiksi ryhmätöitä yrityksiin niin silloin karttuvat myös monet työelämätaidot, kuten projektiosaaminen, ryhmätyötaidot, monikulttuurisuus,

johtamistaidot, asiakasnäkökulma ja oppimistaidot. Tällaisen työelämätaitojen opetukseen pitäisi kiinnittää erityistä huomiota kursseja suunnitellessa. Myös kurssikuvauksissa pitää kertoa opiskelijoille, että mitä työelämätaitoja tämä mahdollisesti hyvinkin pelkästään sähkötekniikan kurssilta vaikuttava kurssi sisältää. Näin opiskelija osaa sitten löytää kurssista myös työelämätaitojen kehittymisen puolen ja osaa kiinnittää huomiota niihin kurssin aikana ja osaa silloin jo ensimmäistäkin työpaikkaa hakiessa kertoa työelämätaidoistaan. Niinpä kurssikuvaukset pitäisivät olla hyvin kattavia, että opiskelijat osaisivat ensinnäkin valita oikean kurssin monista valinnaisista ja toiseksi osaisivat varautua ja tunnistaa opittavat asiat ja oppia ne siten paremmin. Haastateltava ideoi myös ketterää ”pikasuuntautumisvaihtoehtoa” jossa tarve tietylle osaamiselle tulisi yrityksestä ja jossa muutaman hengen opiskelijaryhmä koulutettaisiin yhteistyössä yrityksen kanssa juuri tämän yrityksen täsmätarpeeseen.

Haastateltava 14 käytti opetuksen isoimpina suuntaviivoina Word Economic Forum tulevaisuuden työ -raporttia, sekä YK:n 17 kohdan kestävän kehityksen tavoitteet -ohjelmaa. Tulevaisuudessa tullaan tarvitsemaan huima määrä energiaa, josta valtaosa on sähköä. Sähköä pitää pystyä tuottamaan kestävällä tavalla, siirtämään pienillä häviöillä, varastoimaan järkevästi ja käyttämään tehokkaasti. Työelämätaidot ja oman oppiaineen ulkopuolelta tarkastelu ja poikkitieteellisyys on tärkeää, mutta se ei saa tapahtua sähkötekniikan kovan ytimen kustannuksella. Muuten meillä ei ole ketään, jotka pystyisivät ratkomaan sähkötekniikan ongelmia. Kestävä kehitys tulee ymmärtää. Oppimismenetelmissä tulisi herättää opiskelijan uteliaisuutta. Se tapahtuu, kun opiskeluprojekteissa joutuu hakemaan tietoa ja soveltamaan teorioita. Opetusmenetelmiä ovat challenge-based learning, problem-based learning ja CDIO. Insinöörin on opittava kommunikoimaan työstään tai hän ei saa tahtoaan läpi. Kommunikoiva insinööri pystyy saamaan aikaan kaikkia tyydyttävän ehdotuksen, joka menee päätöksenteossa läpi.

Haastateltava 15 kertoo yliopisto-opetuksen olevan aika teoreettista ja hän olisi kaivannut enemmän taitoja toimia työmailla ja johtaa ja valvoa työmaiden edistymistä. Sähköverkoissa on kova korjausvelka ja sen alan ammattilaista on kova kysyntä. Sähköalan ammattilaisista tulee olemaan vielä kovempi kysyntä tulevaisuudessa ja ala olisi saatava houkuttelevammaksi. Uusiutuvaa energiaa ei voi sääriippuvuuden takia tulla määräänsä enempää, jos ei esimerkiksi vetytaloudesta löydetä ratkaisua. Suurjänniteosaajista on nyt pula, kun kantaverkkoa vahvistetaan uusia tuulipuistoja varten. Haastateltavan mielestä hyvä luennoitsija on aina hyvä luennoitsija. Luennoitsijoiden innostus on tarttuvaa. Luennointitaitoihin pitäisi kiinnittää huomiota. Työelämän ja yliopiston välillä pitäisi olla enemmän mentorointia. Se

auttaisi opiskelijoita tekemään valintoja oppiaineiden suhteen ja ymmärtämään mitä taitoja työelämässä tarvitaan ja missä niitä tarvitaan. Yrityksilläkin pitäisi tätä yliopistoyhteistyötä pohtia niin että yrityselämänkin suunnalta olisi valmiit mietityt kuviot yliopistoyhteistyöhön. Otetaanko sitten joihinkin yrityksen projekteihin mukaan opiskelijajäseniä, vai miten toimitaan. Vai suunnitteleeko yrityksen HR-osasto yhteistyökuvioita. Vaikuttaminen ja kommunikointitaidot ovat olleet tärkeitä haastateltavan työelämässä, kun pitää pystyä faktoihin perustuen keskustelemaan tunteitakin herättävistä sähköhankkeista.

Haastateltava 16 on taustaa sähkötekniikan yliopistomaailmasta jo 1970-luvulta. Silloin opiskelu oli tekniikan suhteen sellaista, että tekniikan kehitys on aina hyvästä, firmojen on ansaittava rahaa tekniikan avulla ja ympäristöseikat ovat toisarvoisia. Ympäristöherätys tuli silloin happosateiden ja ydinkilpavarustelun myötä. Nuoreen insinööriin vaikutti silloin myös se, että tekniikan kehitys aiheutti näitä ongelmia. Opiskelemaan insinööritieteitä oli hakeuduttu senvuoksi, että insinöörin vaikutusmahdollisuudet maailmaan ja ympäristöön hyvällä tapaa ovat suuremmat kuin muiden tieteenalojen. 1970-luvulla pari vuotta työssä olleiden insinöörien suurin ongelma oli kielitaidon puute. Nykyään näin ei enää ole, mutta kommunikaatio ja vaikuttamistaidot ovat se mihin tulisi nyt panostaa. Tunteet ovat myös realiteetteja ja ohjaavat päätöksentekoa. Insinööri sitävastoin yrittää perustella kaiken faktoilla. Mutta tunteisiin vetoaminen voi joskus toimia. Tunteiden muuttamiseen tarvitaan voimakas kokemus ja ahaa-elämys. Hyvä tuote esimerkiksi saa aikaan tällaisen. Hyvät tuotteet ovat myös hauskoja ja niillä on usein tarina. Miksei tätä tuotteen tarinaa kerrota eteenpäin asiakkaille. Mutta tuotteita tulee myös testata ja testata. Tällä tavoin hyvä käyttäjäkokemus saadaan aikaan. Muutama vuosi sitten on tullut mahdollisuus ainakin Tampereella opiskella ympäristötekniikkaa. Ympäristötekniikan opinnot keskittyvät ympäristöratkaisuihin ja siihen, kuinka näistä ratkaisuista saadaan liiketoimintaa. Kuinka sähkötekniikan ja ympäristötekniikan opiskelu voisi lomittua keskenään? Tekniikka tuo kehitysaskeleita ja niiden vaikutusta on vaikea ennakoida. Kun esimerkiksi Nokia kehitti kännykät, se mahdollisti ajan kuluessa älypuhelinten kehityksen, facebookit, valeuutiset ja vaaleihin vaikuttamisen. Tällaista kehitystä on vaikea arvioida etukäteen. Voisi olla hyvä ottaa insinööriopinnoissa tällaisia esimerkkitapauksia ja sitäkautta herättää ajattelua ja pohdintaa insinöörin etiikasta tai ylipäänsä siitä kuinka suuri vaikuttaja insinööri lopulta on. Käyttäjäkokemus tuotteissa merkitsee paljon. Tuotekehityksen kannalta olisi pidettävä käyttäjä keskiössä. Tuotekehityksen lähestymistapa tulisi olla humanistinen. Jos käyttäjä ei osaa käyttää laitetta hän ei ole tyhmä vaan vika on tuotekehityksessä. Olisiko käyttäytymistieteistä tässä apua? Tekniikkaa tulisi enemmän tarkastella yhteiskunnallisessa kontekstissa. Miten tekniikka muuttaa maailmaa

ja mitkä ovat insinöörin vaikutusmahdollisuudet. Sähkötekniikassa ja energia-alalla on käynnissä paradigman muutos. Kaukolämpö siirtyy pois polttamisesta ja kotitaloudet osallistuvat yhä enemmän sähköntuotantoon ja kulutuksen tasaamiseen. Sähköä opitaan varastoimaan vetyyn tai muulla keinoin. Insinöörin tehtävä tässä muutoksessa on olla mahdollistaja ja järjestelmien optimoija. Hinta tietysti ohjaa kaikkea niin kuin markkinataloudessa muutenkin. Vetytalous on tulossa, mutta sitä ovat lobanneet fossiiliset energiayhtiöt, joten on oltava tarkkana, että puhutaan nimenomaan vihreästä vedystä. Yhteenvetona haastateltava tiivisti puheensa neljään kohtaan - tuotesuunnitellun lähtökohtana on oltava ihminen ja käyttäytymistieteet voivat auttaa tässä, tekniikka muuttaa kulttuuria usein ennakoimattomastikin, kommunikaatio ja vaikuttaminen ovat insinöörille tärkeitä ja ympäristötietoisuuden pitää läpäistä koko koulutusala.

## 4.2. Yhteenveto haastatteluista

Haastatteluista kirjattiin ylös osaamistarpeet aina kun haastateltava sellaisen mainitsi. Mainitut osaamistarpeet sellaisenaan löytyvät siis liitteestä 7. Haastatteluissa toistuivat usein seuraavat allaolevat teemat.

**Perustavat insinööritaidot ja perussähköteknillinen osaaminen.** Näillä tarkoitetaan hyvää matematiikan ja fysiikan ja erityisesti sähköfysiikan osaamista. Kaikki haastateltavat kertoivat, että sähkötekniikan perusosaamisesta ei tule tinkiä.

**Insinöörin rooli yhteiskunnassa, työelämätaidot ja sosiaaliset taidot.** Näissä korostuivat yrityksen toiminnan ymmärtäminen ja johtaminen talouden kannalta, verkostoissa toimiminen, verkostojen johtaminen ja projektien hallinta. Vaikuttamisosaamista haettiin niin että insinööri pystyisi vaikuttamaan asiantuntijaroolissa yhteiskunnallisiin päätöksiin. On myös ymmärrettävä oman toimintansa vaikutus niin sosiaalisessa kuin ympäristönsuojelullisessa kontekstissa. Kommunikointitaidot mainittiin usein. On osattava kommunikoida omalla ja vieraalla kielellä.

**Sähköteknilliset taidot.** Sähköjärjestelmä on osattava nähdä koko energiajärjestelmää, johon kuuluu mm. liikenne, teollisuus, tuotanto, eli toisin sanoen systeemiajattelu energiajärjestelmien suhteen. Teollisuuden energiankulutus siirtyy muista energiamuodoista sähköön ja teollisuuden prosesseja on ymmärtäminen sähkönkäytön kannalta. Hajautettu tuotanto lisääntyy ja uusiutuvan energian asettamat vaatimukset sähköjärjestelmälle aurinkovoiman ja tuulivoiman vaihtelevan luonteen vuoksi on ymmärrettävä. Kysyntäjousto sähkömarkkinoilla lisääntyy ja energian varastointi tulee osaksi sähköjärjestelmää. Sähkömarkkinoiden ymmärtäminen on tärkeää.

**Muut kuin sähköteknilliset taidot.** Perusohjelmointitaito olisi oltava kaikilla insinööreillä. Tekoälyn käyttökohteet lisääntyvät ja olisi hyvä olla ymmärrys siitä mihin sitä voisi hyödyntää. Datan määrä kasvaa ja dataa hyödyntämällä voidaan tehdä parempia päätöksiä.

Tuotekehitys ja tuotekehitysprojektin hallinta ja johtaminen voisi olla oma oppiaineensa ja tehtyjä keksintöjä tulisi osata suojata itse niin että patenteista tulisi hyviä. Voisiko innovointia opettaa? Yrityksen koko toiminnan laatu tulisi nähdä kokonaisuutena, miltä toiminta ja tuotteet näyttävät asiakkaiden kannalta, ovatko asiakkaat tyytyväisiä.

Simulointiympäristöt, ohjelmisto-osaaminen ja yhä kehittyvät suunnittelutyökalut ja niiden mahdollisuuksien ymmärtäminen ja käyttäminen hyväksi mallinnuksessa ja simuloinnissa. Ohjelmistot ovat osa lähes kaikkea työn tekemistä.

Datan määrän valtava kasvu ja sen käyttäminen hyödyksi sähkömarkkinoilla tuuliennusteissa, sääennusteissa, vesiennusteissa, tuotannossa ja kulutuksessa ja myös verkon käytössä ja kunnossapidossa. Datan hyödyntämisen tuomat mahdollisuudet päätöksenteon tarkkuuden parantamisessa.

Kestävyysajattelu tulisi olla sisäänrakennettuna kaikkeen opetukseen niin että omien ratkaisujen vaikutukset osattaisiin nähdä kestävän kehityksen kannalta. Kiertotalouden ymmärtäminen kokonaisuudessaan ja hyvästien jättö lineaariselle taloudelle.

**Opiskelutaidot**. Esitettiin että jokaisella opiskelijalla olisi opiskelun tukena mentori työelämästä. Mentorointijärjestelmä on rakennettu ja sitä tuetaan työelämän ja yliopiston yhteistyöllä. Panostetaan myös jatkuvaan oppimiseen, ymmärretään että on myös vastuu omasta kehittymisestään opintojen jälkeen.

Kokonaisuuksia olisi opittava hahmottamaan, mitkä asiat ovat suuria ja mitkä pieniä eli asioiden kokoluokan hahmottaminen. On oltava kyky hankkia ja sisäistää tietoa lukemalla. Ongelmanratkaisukykyjen kehittämiseen olisi panostettava, eli kuinka ongelmanratkaisukykyä voidaan kehittää.

**Opetuksen kehittäminen.** Opetus tarkentuu kokoajan vuosittain kun professorit seuraavat tutkimusta ja yritysmaailmaa, joten ei ole tarpeen muuttaa kaikkea. Vuonna 2030 ei ole mitään uutta sähkötekniikassa, mitä nyt ei olisi edes laboratoriotasolla koska teknologioiden kehityskaari on pitkä, usein jopa 20..30 vuotta.

Työelämän ja yliopistojen yhteistyötä tulisi tiivistää, professoreiksi valittavilla tulisi olla teollisuuskokemusta ja opetushenkilöstön pedagogista osaamista tulisi parantaa. Opiskelijoita tulisi kannustaa tohtoriopintoihin yhteistyössä elinkeinoelämän kanssa.

Valinnaisuutta tulisi sisällyttää enemmän opintoihin, pakottaa opiskelijat jo opiskeluvaiheessa suunnittelemaan omaa tulevaisuuttaan ja ottamaan vastuuta opinnoistaan. Opiskelijalle tulisi käsitys missä minä olen hyvä ja mitä haluan tehdä. Eli olisi mahdollisuus altistaa itseään kaikelle uudelle ja opiskelijana valita niistä mieluisan suuntautumisalansa.

Valitaan alan paras luennoitsija kuhunkin aineeseen ja hänen kanssaan tuotetaan loistavat luentovideot videoammattilaisten avulla, korkeakoulujen yhteistyö videoiden teossa, levitys mahdollisesti julkisena ja edistyksellisten verkko-oppimisympäristöjen rakentaminen. Erilaisten opetusmenetelmien käyttöönotto, kuten project-based learning tai flipped classroom.

**Haastateltavien huomiot yleisellä tasolla**. Sähköenergian kulutuksen moninkertaistuminen, mikä takaa sähköosaajille töitä. Sähkötekniikkaa pitäisi markkinoida tulevaisuuden alana, ilmastonmuutoksen hillinnässä sähkötekniikka on pääroolissa ja myös teollisuuslaitoksissa tarvitaan enemmän sähköosaamista, kun prosessit sähköistyvät, sekä järjestelmä- että komponenttitasolla. 10 vuoden kuluttua on paljon tuulivoimaa ja ydinvoimaa. Sähkönsiirron ja -jakelun ja -tuotannon ja -kulutuksen systeemitason muutos tulee olemaan valtava. Ilmastonmuutoksen tärkein torjuntatyökalu on sähköistäminen.

Tuotekehityksessä maalin asettaminen ja innovatiivisuus ja kyky nähdä mahdollisuuksia tuotekehityksessä. Asiakasnäkökulman ymmärtäminen tuotekehityksessä.

Tulevaisuuden insinööri on enemmänkin konsultti tai ongelmanratkaisija, joka yhdistää tietoa, lähes kaikki tieto on jo käytettävissä. Teknologiassa on tulevaisuus ja sillä voi muuttaa maailmaa.

# 5. Delfoi-kysely

Kattava, asiantunteva ja osallistumishaluinen asiantuntijapaneeli on tärkein edellytys tutkimuksen onnistumiselle. Paneelin valintaan käytetään tarpeeksi resursseja ja paneelin jäsenien valinnassa käytetään apuna yliopiston asiantuntemusta. Paneelin sopiva koko on noin 20-50 panelistia. Kutsu nettipohjaiseen Delfoi-kyselyyn lähetetään teemahaastatteluvaiheeseen osallistuneiden lisäksi laajemmalle joukolle. Paneeliin kutsutut voivat suositella mukaan myös muita hyviksi katsomiaan asiantuntijoita.

Delfoi-kyselyä varten muodostetaan kysymyksiä ja väittämiä tulevaisuuden tilasta. Väittämiä muodostetaan suoritetuista teemahaastatteluista saadun materiaalin ja aiempien tutkimusten analysoinnin perusteella. Näitä väittämiä sitten Delfoi-kyselyssä arvioidaan kysymällä onko kyseisen taidon hallinta vuonna 2030 oleellista. Oleellisuuden lisäksi samasta väittämästä kysytään valinnaisuutta, eli kuinka monen opiskelijan olisi syytä hallita kyseinen taito.

Väittämien muodostaminen on Delfoi-menetelmän haastavimpia vaiheita. Väittämät tulee muodostaa pitäen mielessä se, että saatavista vastauksista pystyy tekemään johtopäätöksiä. Kyselyn tuottamaa tuomaa arvoa on siis mietittävä kyselyä rakentaessa. Väittämät pitää rakentaa siten että niihin saa selkeät vastaukset. Yhdessä kysymyksessä on kysyttävä vain yhtä asiaa. Väittämien on oltava mielenkiintoisia, että vastaajan into säilyy ja että vastaaja saadaan todella pohtimaan asiaa. Väittämien määrä on pidettävä rajallisena, että vastaaja ei väsähdä kesken kyselyn. Kuitenkin väittämiä on oltava riittävä määrä, että kyselystä saadaan riittävästi tietoa. Väittämät on hyvä muotoilla siten, että ne innoittavat pohtimaan asiaa ja mahdollisti esittämään vapaita kommentteja. Vapaat kommentit ovat usein kyselyn parasta antia. Ne tuovat mukaan uutta tietoa ja uusia mielipiteitä, mikä on juuri Delfoi-menetelmän yksi tavoite.

Kyselyn alkuun on laitettu neljä sanallista kysymystä, joissa vastaajat pääsevät vapaamuotoisesti kertomaan käsityksiään sähkötekniikan tulevaisuudesta eri katsantokannoilta. Vastaajilla on heti aluksi kyselyn avatessaan mielessään näkemyksiä käsiteltävästä aiheesta ja halu päästä purkamaan ne. Nämä kysymykset on sijoitettu heti kyselyn alkuun, jolloin vastaajien mieli ei ole vielä ohjautunut mihinkään suuntaan, kuten saattaisi kyselyn edetessä käydä. Vastauksia analysoidaan laadullisesti ja määrällisesti. Tätä tehtiin etsimällä saadusta vastausmateriaalista samaan asiaan viittaavat vastaukset. Samaa tarkoittavista vastauksista muodostettiin kustakin yksi ryhmä, jonka jälkeen laskettiin kunkin tämän ryhmän saamat viittaukset. Ryhmät laitettiin määräjärjestykseen eniten viittauksia saaneet ryhmät ensin. Tämän jälkeen palattiin panelistien antamiin alkuperäisiin kyselyvastauksiin, joista haettiin tarkempaa tietoa mitä osaamistarpeita eniten mainintoja saaneet ryhmät sisältävät. Näin ryhmitellyt vastaukset ovat nähtävissä taulukoissa neljästä seitsemään.

Toisessa, kvantitatiivisessa osiossa, vastataan ensin kysymyksiin LUTin nykyisin voimassa olevista luvussa 1.1. esitellyistä osaamistarpeista asteikolla 1..6. LUTin nykyisiä osaamistarpeita nähtiin tärkeäksi peilata vuotta 2030 vasten. Silloin pystytään arvioimaan mitkä nykyisistä osaamistarpeista kantavat vuoteen 2030 ja mitkä osaamistarpeet ovat jäämässä vanhoiksi.

Kolmannessa, myöskin kvantitatiivisessa osiossa, kysytään teemahaastettaluiden perusteella muodostettuja kysymyksiä sähköinsinöörien sähköteknillisistä ja muista kuin sähköteknillisistä osaamistarpeista vuonna 2030. Näihin kysymyksiin vastataan arvioimalla ensin kyseisen osaamisen tärkeyttä ja sitten sitä, kuinka monen opiskelijan tulisi kyseinen asia hallita, eli tavallaan kuinka valinnainen asian osaaminen tulisi olla. Näitä kumpaakin arvioidaan 1..6-asteikolla.

Neljännessä osiossa esitetään väitteitä, joista pitää arvioida toteutuvatko ne asteikolla -2..2. Nämä väitteet on pyritty muotoilemaan ajatuksia herättävästi, ja siten että ne pitävät yllä mielenkiintoa aiheeseen. Väitteet koskevat isompia kokonaisuuksia kuin yksittäistä osaamistarvetta. Niillä pyritään arvioimaan sähkötekniikan trendejä vuoteen 2030.

Kyselyn viimeisessä, eli viidennessä, vaiheessa otetaan kantaa työelämän osaamistarpeisiin monissa suomalaisissa tutkimuksissa vakiintuneen TEK Vastavalmistuneiden kyselyn luokituksen (luku 3.1.) mukaan. Kvantitatiivinen asteikko väitteiden tärkeydelle on 1..6. Tämä osio on osittain mukana myös siksi, että se muodostaa vertailutason tästä tutkimuksesta muihin tutkimuksiin.

Kyselyssä panelistit vastasivat ensimmäisen kierroksen kysymyksiin kahden viikon aikana. Tänä aikana ja tämän jälkeen vastauksia analysoitiin. Kutsut kyselyyn lähetettiin sähköpostitse saatekirjeen kera. Vastausajaksi oli kerrottu arviolta 30 minuuttia. Kysely oli auki kaksi viikkoa ja tuon kahden viikon aikana vielä vastaamattomille panelisteille lähetettiin sähköpostitse kaksi kehotusta vastata paneeliin. Kumpikin kehotus toi mukanaan muutaman lisävastaajan. Kysely aukiolo ajoittui koulujen syysloman ajankohtaan, joten se saattoi karsia muutaman vastaajan. Syysloma kestää kuitenkin vain viikon, joten vähintään toisen viikon kyselyn aukiolosta vastaajat olivat paikalla.

Kyselyyn vastattiin seuraavasti:

- 49 kutsuttiin mukaan
- 35 avasi kyselyn
- 23 aloitti vastaamisen
- 19 vastasi loppuun saakka

## 5.1. Käännekohdat sähkötekniikassa matkalla vuoteen 2030

Ensimmäinen omin sanoin vastattava kysymys kuului: ”Mitä merkittäviä käännekohtia on sähkötekniikassa tapahtunut matkalla vuoteen 2030?”. Taulukossa 4 ovat eniten viittauksia saaneet vastaukset suuruusjärjestyksessä. Kaikki annetut vastaukset on esitetty työn lopussa olevassa liitteessä 2.

Taulukko 4. Käännekohdat sähkötekniikassa matkalla vuoteen 2030.

| vas-taus-määrä | **kysymys: Mitä merkittäviä käännekohtia on sähkötekniikassa tapahtunut matkalla vuoteen 2030** |
|---|---|
| 7 | hajautettu sähköntuotanto ja sen hallinta<br><br>vastauksissa tarkoitettiin hajautetun tuotannon lisääntymistä ja sen entistä hajautetumpaa hallintaa. Pientuotanto on arkipäivää ja tuotantoa ja kuormaa ohjataan älykkäästi. Verkossa on energiayhteisöjä, pientuotannon osuus on merkittävää ja se on kaikille tuttua. |
| 7 | sähköinen liikenne, lataaminen ja sähköiset työkoneet<br><br>vastauksissa tarkoitettiin sähköautoilun asettamia vaatimuksia sähköverkolle. Mitä muutoksia kotilataukset, pikalataukset ja autojen lataamisen aiheuttamat kulutushuiput tuovat tullessaan. Sähkö nähdään osana liikennettä ja logistiikkaa. |
| 6 | suuntaajakytketyn tuotannon ja kulutuksen kasvu ja näiden vaatimukset sähköjärjestelmälle<br><br>vastauksissa tarkoitettiin sitä, että tuulivoiman myötä suuntaajakytketty tuotanto sähköverkossa lisääntyy ja verkon hitausmomentti sentakia pienenee. Synteettinen inertia on kuitenkin osa ratkaisua ja sen avulla myös loistehoa voidaan hallita. Kaikki tämä vaatii kuitenkin erilaista osaamista ja laskentaa. |
| 5 | vetytalous<br><br>vastauksissa tarkoitettiin vedyn tuotantoa tuulisähkön ja elekrolyysereiden avulla ja vedyn varastointia ja sähkön tuotantoa uudelleen vedyn avulla, eli P2G2P (Power to Gas to Power)-tekniikkaa. |
| 4 | akut osana sähköverkkoa<br><br>vastauksissa tarkoitettiin akkuteknologioiden kehittymistä siten että akuista tulee merkittävä väline sähkön varastoinnissa ja kuormituksen tasaamisessa. |
| 4 | sähkön varastointi<br><br>vastauksissa tarkoitettiin energiavarastojen lisääntymistä. Sähkön varastointi ei ole enää pienimuotoista toimintaa vaan teknologiat ovat kehittyneet ja sähkön varastointi on teknistaloudellisesti kannattavaa. |
| 4 | tietoverkot, automaatio, anturoinnit ja kunnonhallinta sähkönsiirrossa ja -jakelussa<br><br>vastauksissa tarkoitettiin sähköasema-automaation, muuntaja-automaation ja AMR (Automatic Meter Reading) hyödyntämistä. Tietoverkot ovat osa sähkönjakelua ja digitaalinen kunnonhallinta on yleistynyt. Sähköverkon kunnossapitoa optimoidaan anturitiedon avulla. |
| 4 | tuotanto- ja kysyntäjouston merkitys kasvaa<br><br>vastauksissa tarkoitettiin sitä, että sähkön tuotantorakenne on muuttunut ja kulutuksen pitää muuttua mukana. Sähkön hinta muodostuu yhä enemmän kulutushuippujen ja -notkojen mukaisesti. Kulutuksella tulee terve joustoon ja se on taloudellisesti järkevää. |

## 5.2. Osaamistarpeet vuonna 2030

Toinen omin sanoin vastattava kysymys kuului: ”Minkälaisia osaamisia työpäivä vaatii vuonna 2030?”. Taulukossa 5 ovat eniten viittauksia saaneet vastaukset suuruusjärjestyksessä. Kaikki annetut vastaukset on esitetty työn lopussa olevassa liitteessä 3.

Taulukko 5. Osaamistarpeet vuonna 2030.

| vastaus-määrä | **kysymys: Minkälaisia osaamisia työpäivä vaatii vuonna 2030?** |
|---|---|
| 15 | kommunikointitaidot<br><br>vastauksissa tarkoitettiin kykyä viestiä asioita ympäröivälle maailmalle, esimiehen viestintätaitoja, vaikutustaitoja, kielitaitoa, vuorovaikutustaitoja, yhteistyökykyä, raportointitaitoa, hyvää suomenkielen taitoa, suunnitelmien ja esitysten tekemistä ja johtamisosaamista |
| 10 | perussähkötekninen osaaminen<br><br>vastauksissa tarkoitettiin laaja-alaista matemaattista ja fysikaalista osaamista, sähkötekniikan perusteiden hyvää hallintaa ja syvää ymmärtämistä, sähkötekniikan rajojen tuntemista ja perusosaamisesta kumpuavaa innovaatioiden tekemistä |
| 9 | suunnittelu-, laskenta- ja simulointitaidot, suunnittelutyökalujen hallinta<br><br>vastauksissa tarkoitettiin mallinnus- ja simulointiosaamista, suunnitteluohjelmistojen käytön hallintaa, analyysitaitoja (laskenta, simulointi), elementtimenetelmän avulla tapahtuvaa laskentaa ja kykyä käyttää yhä parantuvia työkaluja |
| 6 | tietotekniikka- ja digitalisaatiotaidot<br><br>vastauksissa tarkoitettiin digitalisaation ja tietotekniikan hallintaa, digitaalisten työympäristöjen hyvää hallintaa ja kykyä kehittää taitoja entisestään |
| 5 | datan käsittely ja analyysitaidot<br><br>vastauksissa tarkoitettiin datan keräämistä, varastointia, analysointia ja hyödyntämistä |
| 4 | intohimo ja rohkeus rikkoa rajoja ja keksiä uutta ja parantaa omaa tekemistä<br><br>vastauksissa tarkoitettiin intohimoa omaa tekemistä kohtaan, kykyä ja rohkeutta rikkoa perinteitä ja olla innovatiivinen |
| 4 | kieli- ja kansainvälisyystaidot<br><br>vastauksissa tarkoitettiin kykyä työskennellä kansainvälisissä monikulttuurisissa verkostoissa ja kansainvälisessä liiketoiminnassa |
| 4 | sähkötekninen erikoisosaaminen<br><br>vastauksissa tarkoitettiin hyvää ja syvää osaamista ja asiantuntijuutta jollakin sähkön erikoisalueella, esimerkiksi vaikkapa sähkömagnetiikassa |

## 5.3. Mitä yliopistossa tulisi opettaa sähkötekniikan DI-opiskelijalle?

Kolmas omin sanoin vastattava kysymys kuului: ”Mitä yliopistossa tulisi opettaa sähkötekniikan DI-opiskelijalle?”. Taulukossa 6 ovat eniten viittauksia saaneet vastaukset suuruusjärjestyksessä. Kaikki annetut vastaukset on esitetty työn lopussa olevassa liitteessä 4.

Taulukko 6. Sähkötekniikan yliopisto-opetus vuonna 2030.

| vastausmäärä | **kysymys: Mitä yliopistossa tulisi opettaa sähkötekniikan DI-opiskelijalle?** |
|---|---|
| 9 | perussähkötekninen osaaminen<br><br>vastauksissa tarkoitettiin, että perussähköteknillinen osaaminen perusteineen, lakeineen ja teorioineen on ymmärrettävä ja hallittava hyvin |
| 4 | kommunikointitaidot<br><br>vastauksissa tarkoitettiin kieli- ja vuorovaikutustaitoja, tiimityötaitoja, ihmissuhdetaitoja, äidinkielen hyvää hallintaa |
| 4 | liiketoimintaosaaminen<br><br>vastauksissa tarkoitettiin talousosaamista, yritystoiminnan periaatteita, kannattavuuslaskelmia - yleensäkin talousosaamista estämään sitä, ettei insinööri tee taloudellisti huonoja ehdotuksia, vaan osaa ajatella asioita teknistaloudellisesti |
| 4 | ohjelmointitaidot<br><br>vastauksissa tarkoitettiin perusohjelmointiosaamista, simulointia, kyberturvallisuutta, tietoliikennetekniikkaa |
| 4 | suuntaajatekniikka<br><br>vastauksissa tarkoitettiin tehoelektroniikan ja suuntaajatekniikan osaamista |

## 5.4. Minkälainen on sähkötekniikan diplomi-insinöörin päivä vuonna 2030?

Neljäs omin sanoin vastattava kysymys kuului: ”Minkälainen on sähkötekniikan diplomi-insinöörin päivä vuonna 2030?”. Työpäivän kulkua sai kuvailla vapaamuotoisesti. Alla ovat vastaajien kirjoittamat ja tutkijan toimittamat kuvaukset työpäivän kulusta.

”Kolmannes sähkötekniikan DI:stä työskentelee enimmäkseen etätöissä kotoa käsin. Työssä korostuu erilaisten virtuaalisten välineiden käyttö ja ylläpito. Kolmannes on enimmäkseen perinteisillä työpaikoilla, joissa suunnittelu tehdään yhdessä tiimityönä. Loput

johtavat työryhmiä ja osallistuvat itse suunnitteluun asiantuntijaroolissa ja joutuvat työn vuoksi liikkumaan paljon.”

”Työaika on muuttunut nelipäiväiseksi ja on 8-10h päivässä.”

”Työ on datan käsittelyä ja analyysia, esiintymisiä ja vaikuttamista, ja monimutkaisten sähköteknisten ilmiöiden kansantajuistamista .”

”DI käyttää koneoppivia suunnittelujärjestelmiä, tarkastaa niiden aikaansaamia tuloksia, keskustelee asiakaan kanssa virtuaalimaailmassa meneillään olevista projekteista ja käyttää erilaisia simulaatiomenetelmiä.”

”Ei ole muutosta.”

”Enemmän asiakasrajapinnassa ideointia moniosaajien kanssa yhdessä. Osalle Pelle Pelottoman oivallustyötä.”

”Etätyötä, projektinhallintaa ja työnjohtoa.”

”Hankala kysymys. Vaihtelua on paljon. Erilaisia sisäisiä ja ulkoisia palavereja on paljon, etätilaisuuksia osa. Sisäistä ja ulkoista suunnittelua ja tiedonjakoa.”

”DI analysoi mittausten ja antureiden kautta saatua tieto optimoidakseen sähköverkon rakenteita ja kunnossapitoa. Tekoälyn avulla etsitään kuvamateriaalista vikakohteita. Kuvia on tullut itselentävistä droneista ja satelliiteista.”

”DI suunnittelee, osana moniteknistä ja monikulttuurista tiimiä ratkaisuja, joilla ratkotaan asiakasyritysten liiketoiminnan ongelmia.”

”DI työskentelee toisella mantereella tai kotitoimistolla ratkaisten yhteiskunnan sähköistämiseen liittyviä ongelmia. Työn keskiössä on asiakkaiden ja käyttäjien tarpeiden ymmärtäminen, työntekeminen kansainvälisessä tiimissä ja useamman työnantajan toimesta. ”

”Melko samanlainen kuin nykyään. Työtä tehdään toimistolla ja etänä. Hybrideityöskentely on arkea. Työkalut ovat kehittyneet, mutta eivät yksinkertaistuneet. Mahdollisuuksia esimerkiksi analysoida asioita on paljon enemmän. Iso osa ajasta menee tiedon käsittelyyn ja olennaisuuksien tunnistamiseen.”

”Moniulotteisten ja paljon dataa vaativien ongelmien ratkaisua, joista kuitenkin pitää osata viestiä ymmärrettävästi eri sidosryhmille. Ja pitää ymmärtää myös kokonaisuus, ei vain omaa osaamisaluetta. Työssä on paljon vuorovaikutusta erilaisin menetelmin työpäivän lomassa.”

”Osa insinööreistä on alansa huippuasiantuntijoita, osa johtaa ja vaikuttaa. Osa työskentelee kotimaassa, mutta monet vievät suomalaista osaamista maailmalle.”

”Suunnittelua, hallintoa ja vuorovaikutusta.”

”Sähkötekniikkaa, taloutta ja kestävyyden hallintaa. Työ tapahtuu työpaikalla ja etänä. Spesialistien rinnalla tarvitaan entistä enemmän kokonaisymmärrystä ja osaamista järjestelmätasolla. Yhdessä vuosikymmenessä kehitys etenee ripeästi muttei vallankumouksellisesti. Kaikki vuoden 2030 ratkaisut ovat tavalla tai toisella nähtävissä jo tänään. ”

”Todennäköisesti DI on osa ryhmästä, jonka tehtävät ovat selvästi jaettu ja dokumentointi on ohjelmallisesti toteutettu. Hänen työnsä vaatii luovuutta ja yhteyksiä asiakkaisiin.”

”Toivottavasti työpäivä on lyhyempi ja ymmärretään työstä palautumisen ja vapaa-ajan merkitystä sekä saadaan työtä tehostettua niin, että siirtyminen esimerkiksi 6h-päivään on mahdollista. Teknologia varmasti myös kehittyy ja koronan aikaan saama etätyöskentely jatkaa kasvuaan ja kehittyy töissä, joissa se on mahdollista. Itse työtehtävistä uskon, että ne ovat samantyyppisiä kuin nykyäänkin ja että esimerkiksi robotiikka ei pysty korvaavaan tehtävää asiantuntijatyötä. Asiakaspalvelu ja ihmisten kohtaaminen näyttelee mahdollisesti suurempaa roolia tulevaisuuden (palvelu)yhteiskunnassa myös insinöörien osalta.”

”Työaika on 6 tuntia, vaikka todellisuudessa työtä tehdään 8 ja 20 välillä. Osa ajasta seurataan sähkönsiirtokapasiteetin riittävyyttä ja ohjataan kulutusta pullonkaulojen ohi. Sähköautojen lataus aiheuttaa ongelmia.”

”Työn ja vapaa-ajan ero tullee hälvenemään. Tehdään töitä tehokkaasti sopivassa paikassa siten, että projektit etenevät, mutta aikaa jää myös muuhun.”

## 5.5. Mitkä sähkötekniikan osa-alueet kukoistavat Suomessa vuonna 2030?

Viides omin sanoin vastattava kysymys kuului: ”Mitkä sähkötekniikan osa-alueet kukoistavat Suomessa vuonna 2030?” Taulukossa 7 ovat eniten viittauksia saaneet vastaukset suuruusjärjestyksessä. Kaikki annetut vastaukset on esitetty työn lopussa olevassa liitteessä 5.

Taulukko 7. Suomalaisen sähköteollisuuden johtava alat vuonna 2030.

| vas-taus-määrä | **kysymys: Mitkä sähkötekniikan osa-alueet kukoistavat Suomessa vuonna 2030?** |
|---|---|
| 8 | sähköinen liikenne, lataaminen ja sähköiset työkoneet<br><br>vastauksissa tarkoitettiin liikenteen sähköistymistä, latausinfrastruktuuria, latausjärjestelmien ohjausta sähköverkon kannalta, sähköistä logistiikka ja sähköisiä työkoneita |
| 8 | sähköverkkotekniikka<br><br>vastauksissa tarkoitettiin sähkön siirto ja -jakeluverkkoja ja niiden optimaalista suunnittelua ja käyttöä |
| 7 | tehoelektroniikka<br><br>vastauksissa tarkoitettiin tehoelektroniikkaa ja suuntaajakäyttöjä aurinko- ja tuulivoimaan ja sähkökoneisiin |
| 6 | akkuteknologia<br><br>vastauksissa tarkoitettiin akkujen materiaalitekniikkaa, akkuihin liittyviä ohjauksia ja ohjelmistoja, energian varastointia lyhyt- ja pitkäaikaisesti. |
| 5 | puhdas sähköntuotanto<br><br>vastauksissa tarkoitettiin, että Suomessa ymmärretään hyvin uusiutuvaan energiaan liittyviä lainalaisuuksia ja uusiutuvaa energiaa on paljon käytössä vuonna 2030 |
| 4 | 6G ja verkkotekniikat<br><br>vastauksissa tarkoitettiin, että 6G ja laajemminkin radiotekniikat ovat merkittäviä |
| 4 | automaatiotekniikka<br><br>vastauksissa tarkoitettiin, että automaatiota tarvitaan joka osa-alueella ja siihen liittyy sähkö- ja automaatiotekniikan ristiinosaaminen ja teollisuusautomaatio |
| 4 | sähköjärjestelmän hallinnan automaatiomenetelmät<br><br>vastauksissa tarkoitettiin automaattista ja adaptiivista sähköjärjestelmän (tuotanto, varastointi, siirto, jakelu ja kulutus) säätöä ja hallintaa ja sähköjärjestelmän suojausta |

## 5.6. LUT nykyisten osaamistarpeiden ajankohtaisuuden arviointi

Kuudennessa kysymyksessä vastaajia pyydettiin arvioimaan nykyisten, LUTissa käytössä olevien, osaamistarpeiden ajankohtaisuutta. Tällähetkellä osaamistarpeita LUTissa arvioidaan vuosittain tehtävällä opetussuunnitelmakierroksella. Tämän kyselyn puitteissa nykyisten osaamistarpeiden ajankohtaisuus oli hyvä laittaa arvioinnin kohteeksi. Nykyiset osaamistarpeet ovat kuvatut LUT opinto-oppaassa (LUT 2021a ja LUT 2021b). Kysymyksiin

vastattiin asteikolla 1..6 ja vastaukset ovat taulukossa 8 lajiteltuna tärkeimmäksi katsottu ensin. Vastausten keskiarvo oli 4,8.

Taulukko 8. LUT nykyisten osaamistarpeiden ajanmukaisuuden arviointi. Tärkein ensin.

| **Nykyisten osaamistarpeiden ajantasaisuus v.2030** | tär-keys |
|---|---|
| kyky toimia ryhmän jäsenenä, suunnitella, toteuttaa ja johtaa erilaisia hankkeita sekä kommunikoida niihin liittyen | 5,7 |
| osaa toimia tiimin jäsenenä projektimaisessa työympäristössä | 5,7 |
| osaa hakea tietoa ja suodattaa sitä | 5,6 |
| osaa käyttää digitaalisia ratkaisuympäristöjä menetelmien käytännön sovelluksissa | 5,5 |
| osaa viestiä kirjallisesti ja suullisesti, myös vieraalla kielellä | 5,4 |
| ymmärtää sähkötekniikan keskeisten perusyhtälöiden merkityksen ja osaa käyttää niitä ratkoessaan asiaan liittyviä tehtäviä | 5,3 |
| osaa soveltaa keskeisiä fysiikan lakeja erilaisten fysikaalisten prosessien mallintamiseksi ja ymmärtää fysikaalisia ilmiöitä ja osaa ratkaista ilmiöihin liittyviä tehtäviä | 5,3 |
| pystyy itsenäiseen opiskeluun | 5,3 |
| ymmärtää, millainen osuus sähköllä on yhteiskuntien energiajärjestelmissä ja osaa esittää energiatehokkaita sähköteknisiä toteutuksia erilaisiin yhteiskunnan energiaratkaisuihin | 5,2 |
| pystyy soveltamaan tietojaan ja taitojaan alan tuotekehitykseen, tutkimukseen ja markkinointiin liittyvissä tehtävissä sekä näiden johtamisessa | 5,2 |
| osaa laatia aikatauluja tavoitteiden saavuttamiseksi ja noudattaa niitä | 5,2 |
| tuntee tekniikan matemaattis-luonnontieteelliset perusteet ja osaa soveltaa niitä ongelmanratkaisussa | 5,1 |
| osaa soveltaa säätötekniikan perusmenetelmiä fysikaalisiin ilmiöihin pohjautuvien laitteiden säätämiseksi ja ymmärtää takaisinkytkennän periaatteet järjestelmän säädössä | 5,0 |
| omaa kansainväliset valmiudet yliopiston tarjoaman laajan kielivalikoiman ja opiskelijavaihtomahdollisuuden kautta | 5,0 |
| on tietoinen alansa eettisistä ulottuvuuksista sekä yhteiskunnallisista vaikutuksista, ja kykenee arvioimaan kriittisesti myös alansa tulevaisuutta | 4,8 |
| osaa suunnitella, toteuttaa ja dokumentoida mittauksia ja perustella teknisiä väittämiä mittausten avulla | 4,8 |
| osaa selittää sähköverkkojen keskeiset toimintaperiaatteet | 4,7 |
| osaa kuvata tyypillisten sähkömoottorien ja taajuudenmuuttajien toiminnan ja ohjauksen periaatteet | 4,5 |
| ymmärtää taloustiedettä suoritettuaan vapaavalintaiset laajemmat talouden opinnot | 4,5 |
| kykenee itsenäiseen tieteelliseen työskentelyyn, tiedonhakuun ja analyyttiseen ongelmanratkaisuun | 4,4 |
| osaa toimia sähkötapaturmatilanteessa | 4,4 |
| osaa nimetä ja kuvata yleisimmät sähkötekniikan ja elektroniikan sovellukset ja toimintaperiaatteet | 4,4 |

| | |
|---|---|
| osaa käyttää turvallisesti ja luotettavasti tavallisimpia sähkövoimatekniikan, tehoelektroniikan ja elektroniikan mittausjärjestelmiä ja tehdä sähköisiin piireihin ja tehoelektroniikkaan liittyviä mittauksia | 4,4 |
| osaa kuvata keskeiset sähköntuotantojärjestelmät | 4,3 |
| osaa selittää sähkömagneettisen ja sähkömekaanisen energianmuunnon keskeisimpien komponenttien toiminnan pohjautuen sähkötekniikan perusyhtälöihin | 4,3 |
| osaa kuvata yksinkertaisia dynaamisia järjestelmiä aikajatkuvilla differentiaaliyhtälöillä sekä simuloida niitä | 4,3 |
| kykenee itsenäiseen yritystoimintaan | 4,2 |
| tuntee sähköturvallisuuteen liittyvät ilmiöt ja säädökset sillä tasolla, että voi tarvittaessa hakea sähköpätevyyksiä S2 tai S3 | 4,2 |
| osaa kuvata keskeiset sähköturvallisuuteen, asennuksiin ja sähkömagneettiseen yhteensopivuuteen liittyvät ohjeet ja määräykset ja toimii näiden mukaisesti | 4,1 |
| pystyy osallistumaan tieteelliseen keskusteluun ja osaa antaa ja käsitellä saamaansa vertaispalautetta | 4,0 |
| kykenee osallistumaan tieteelliseen jatkokoulutukseen | 4,0 |
| osaa suorittaa keskeiset asennusten sähköturvallisuuteen liittyvät mittaukset | 3,7 |

Nykyisiä osaamistarpeita kommentoitiin seuraavasti:

”Perusteet kuntoon. Tyypillisesti työelämä vie suuntaan, johon henkilö ei itse tiennyt haluavansa. Laaja ymmärrys fysiikan ja tekniikan perusteista auttaa ponnistamaan haluamaansa suuntaan työelämässä. Ilman ohmin lakia ja fysikaalisia perusteita jää hyppy tekemättä.”

”Diplomi-insinööri ei joudu Suomessa käytännön töihin, joten mittausten opettelu on aika turhaa. Kehittäminen on se ykköstyö. Aiheensa pitää tuntea, siltä pohjalta pystyy asiaa kehittämään.”

”Hyviä ajatuksia aiemmilla, jaan ne! Tärkeää ymmärtää perusteet, jotta voi kehittää itseään ja osaamistaan haluamaansa suuntaan teknisiltä osin. Tärkeää jatkossa varmasti tulee olemaan itsenäiseen ja itseohjautuvaan työskentelyyn kykeneminen, omien vahvuuksia ja heikkouksien ymmärrys sekä sosiaaliset taidot (tiimityö, sidosryhmät, asiakkaat). Koulutukseen sisällytettävä myös ajantasaisia ja todellisia mahdollisuuksia tutustua työelämään, ei mitään 80-luvun labroja ja oskilloskooppeja, jotka eivät vastaa nykypäivää miltään osin.”

”Osaaminen koostuu näistä osa-alueista. Ne tukevat toisiaan, eli esimerkiksi perusasioiden sisäistäminen auttaa sovelluspainotteisissa asioissa. ”

”Paljon tärkeitä aiheita. DI:n osaamispyramidi rakentuu äidinkielen, matematiikan, fysiikan ja sähkötekniikan kerroksille alhaalta ylöspäin lukien. Alimmassa kerroksessa on äidinkieli, koska se on keskeinen ajattelun väline. Sen avulla opitaan ymmärtämään matematiikkaa ja soveltamaan matematiikkaa ymmärtääkseen fysiikan kuvausta ja edelleen soveltaakseen tietoja sähkötekniikan teorian ymmärtämisessä. Vasta näiden päälle rakentuu muita,

ammattiin liittyviä erityistaitoja. Vaikka monet nk. ammattitaidot ovat tärkeitä, vankka pohjakoulutus valmistaa osaajaksi millä tahansa valitulla erikoisalueella.”

”Perusosaamisen on oltava vahvaa, mutta samalla on varmistettava soveltamisvalmiudet uuteen kontekstiin.”

”Riittävä teoreettinen pohja, jonka päälle voi rakentaa erilaisia uria.”

”Sähkötekniikan sisällä erikoistuminen johonkin tiettyyn alaan yhteistyössä yritysten kanssa antaisi paremmat valmiudet työelämään.”

”Talousosaamistakin tulisi olla mutta ei välttämättä mitään massiivisia teoriakursseja; ehkä enemmänkin asiaa voisi lähestyä yritystoiminnan kautta, esimerkiksi yrityksen perustaminen, toiminnan edellytykset, kirjanpidon perusteet ja käsitteet jne. Enemmän konkreettisia esimerkkejä ja labroja oikeilla laitteilla sekä laskenta- ja simulointiohjelmistojen käyttöä käsinlaskemisen sijaan. Hyvä olisi DI:n ymmärtää käytännön asioita; kojeistojen ja ohjauskeskusten rakenne, kaapelointi yms., kun näihinkin ympäristöihin valmistuneita menee tai joutuu.”

”Tarvitaan erilaisia sähköinsinöörejä. Kaikille riittävät sähkötekniikan perustaidot. Siitä eteenpäin osa syventää sähkötekniikan osaamistaan, osa opiskelee liiketoimintaosaamista. Jättäisin tähän vapausasteita ja luottaisin fiksujen opiskelijoiden omiin valintoihin. Tietotekniikka ja sähkötekniikka erottamattomat parit.”

”Tekniikan perustaidot pitäisi hallita. Talouden merkitys on korostetun tärkeä. Ei niinkään taloustieteiden teorian, vaan taloudellisten syy-yhteyksien. Kokonaisuuksien hallintaa ja johtamista pitäisi opettaa, koska organisaatioiden toiminta hajautuu ympäri palloa. Tiedon hallinta ja jakaminen on tärkeä. Tulevaisuudessa jaetaan niukkuutta, koska verkkojen kapasiteetti tulee rajoittamaan sähkön käyttöä - sekä sähkö-, että tietoverkkojen.”

”Tekniikan perusteet pitää ymmärtää hyvin, jotta saa vahvan pohjan eri suuntiin. Koulutuksessa tulee hyödyntää työelämässä käytettäviä työkaluja ja ohjelmistoja. Yhteistyötä yritysten kanssa tulisi olla entistä enemmän, jotta osaaminen kohdistuisi paremmin tarpeisiin. Tietomäärät kasvavat ja työkalut monipuolistuvat ja visualisointi paranee, mutta tämä ei tarkoita, että ne yksinkertaistuvat. Pitää opettaa etsimään olennaisuuksia valtavasta tieto- ja mahdollisuusmassasta.”

”Työelämässä yhteistyötaidot ja ihmisten johtaminen painottuu merkittävästi. Viestintätaidot kirjallisena ja suullisena ovat tärkeitä, koska niiden avulla vaikutetaan ja saavutetaan tavoitteet. Aikataulutus ja sen kautta saavutettavat tavoitteet ajallaan ovat keskeisiä vaatimuksia.”

”Virtuaalimaailman kautta kansainvälistymisen kynnys madaltuu ja moni työ tehdään kansainvälisessä projektiympäristössä. Vaikka tulevaisuuden DI käyttää korkean tason simulointi- ja mallinnustyökaluja, on tärkeää ymmärtää sähkötekniikan perusperiaatteet ja pystyä arvioimaan tulosten oikeellisuutta - sähkötekniikan perusasiat pitää osata. Hajautettu energian tuotanto ja kulutus tulee vaatimaan lisää sähköverkkojen tutkimusta ja suunnitteluosaamista.”

”Oman alan asiantuntemukseen koko osaaminen ja mahdollisuudet menestyä työssä pohjautuvat. Muut luetellut asiat ovat enemmän tai vähemmän alisteisia. Tosin, näitä on vaikea asettaa järjestykseen, sillä eri kulmista asiaa tarkastellen eri asioiden merkitys korostuu.”

”Ajat muuttuvat, mutta asiantuntijuuden on säilyttävä korkealla hierarkiassa!”

”Jokaisen insinöörin on ymmärrettävä, mistä raha tulee ja millä yrityksen viivan alle jää mahdollisimman suuri luku. Millaisilla asioilla on talouden kannalta merkitystä ja millaisilla ei.”

”Saa olla enemmänkin liiketoimintaosaamista opinnoissa, tässä tosin kysymysten asettelu ja liiketoiminnan luokittelu kolmeen valittuun lokeroon on melko omintakeisesti painotettu.”

”Liiketoiminnan perusteiden ja periaatteiden opettaminen tulee olla osana ydinkoulutusta.”

”Ei riitä, että tietää, on myös osattava. On osattava soveltaa teoreettisia tietoja käytäntöön.”

”Enemmän työelämään soveltuvaa käytäntöä kuin teoriaa opintoihin. Välttämättä kaikessa käytännössä ei tarvita mitään teoriaa -> enemmän taitojen oppimista opintoihin”

”Oman opintoalan osaaminen ja sen soveltaminen käytäntöön ovat mielestäni asiantuntijatehtäviin koulutetun henkilön tärkeimmät ominaisuudet.”

## 5.7. Sähköteknilliset osaamistarpeet vuonna 2030

Seitsemännessä kysymyksessä vastaajia pyydettiin arvioimaan sähköteknillisiä osaamistarpeita vuonna 2030. Kysymykset on muodostettu teemahaastatteluissa esille tulleiden osaamistarpeiden perusteella. Kysymyksiin vastattiin asteikolla 1..6 ja vastaukset ovat taulukossa 9 lajiteltuna tärkeimmäksi katsottu ensin. Tärkeyden keskiarvo oli 4,7 ja valinnaisuuden 3,8.

Taulukko 9. Sähköteknillisten osaamistarpeiden arviointi. Tärkein ensin.

| **Sähköteknilliset osaamistarpeet vuonna 2030** | tär-key s | valin-naisu us |
|---|---|---|
| teollisuuden energiankäytön sähköistyminen, teollisuuden sähköjärjestelmät ja teollisuuden prosessien ymmärtäminen sähkönkäytön kannalta | 5,3 | 4,4 |
| sähkönsiirtotekniikka ja sähkönjakelutekniikka | 5,3 | 4,1 |
| uusiutuvan energian asettamat vaatimukset sähköjärjestelmälle - tuotannon säävaihtelu, tehotasapaino, pyörivän hitausmomentin väheneminen | 5,3 | 4,0 |
| sähköenergian varastointitekniikat | 5,2 | 4,1 |
| kyberturvallisuus ja tietoturva sähkötekniikan ja sähköverkkojen kannalta | 5,1 | 4,1 |
| sähköinen voimansiirto, sähköiset ajoneuvot | 5,0 | 3,6 |
| sähkömarkkinat ja sähkömarkkinoiden ymmärrys tuotannon ja kulutuksen ohjauksen kannalta | 4,9 | 4,1 |
| akkuteknologiat, akkumateriaalit, sähkökemia | 4,9 | 3,9 |
| vetytalous, vedyn tuotanto elektrolyysillä, vedyn varastointi ja polttokennotekniikat | 4,9 | 3,8 |
| älykkäät sähköverkot, smart grids, laitteiden kommunikaatio sähköverkossa | 4,9 | 3,8 |
| ohjelmointitaidot, perusohjelmointiosaaminen, koodin lukutaito | 4,8 | 4,2 |
| P2X, Power to X ja synteettiset polttoaineet | 4,8 | 3,6 |
| tuulivoima | 4,8 | 3,8 |
| tekoäly ja koneoppiminen | 4,7 | 4,1 |
| tiedonsiirto, langattomat ja langalliset verkot | 4,7 | 3,8 |
| dataälykkyys, eli eri rajapinnoista tulevien datamassojen tehokas hallinta, analysointi ja hyödyntäminen | 4,6 | 4,4 |
| aurinkovoima, ja pienaurinkovoima hajautetussa tuotannossa | 4,6 | 3,6 |
| robotiikka ja automaatio | 4,6 | 3,5 |
| tasasähköverkot | 4,6 | 3,2 |
| elektroniikan suunnittelu ja suunnittelu- ja simulointiohjelmistojen osaaminen | 4,5 | 3,4 |
| esineiden internet, IoT | 4,4 | 4,0 |
| sähköpiirustusten ja piirikaavioiden suunnittelu, laatiminen ja lukeminen | 4,4 | 3,4 |
| puolijohteiden fysiikan ja toiminnan ymmärrys | 4,4 | 3,6 |
| sähköverkonrakentaja- ja rakennuttamisosaaminen, sähköverkkojen kunnossapito | 4,3 | 3,4 |
| lämpöpumpputekniikka ja sen energiansäästö kaukolämmössä ja suorassa lämmityksessä | 4,2 | 3,3 |
| rakennusten ja teollisuuden sähkösuunnittelu ja sähköasennukset | 4,2 | 2,9 |

Tulevaisuuden sähköteknillisiä osaamistarpeita kommentoitiin seuraavasti:

”Tuuli- ja aurinkovoiman rinnalla nähtäneen ydinvoiman renessanssi ja uusia voimalatyyppejä kuten pienet modulaariset ydinvoimalat (SMR). Myös näihin liittyy uusia osaamistarpeita sähkötekniikankin osaajille.”

”Kaupunkien sähkönjakelutekniikka. Kaupungistuminen etenee, jo nyt Suomessa 85 % väestöstä asuu kaupunkimaisilla alueilla ja palvelut ovat jo kaupungeissa.”

”Adaptiivinen säätö. Suuntaajatekniikka.”

”Ehkä kysymysten ryhmittely voisi olla toisenlainen; esimerkiksi talosähkö ja teollisuussähköistys ovat hyvin kaukana toisistaan. Samoin robotiikka ja (prosessi)automaatio. Rakennussähköistys lienee alue, jonne DI:tä ei kovin paljoa päädy mutta teollisuuspuolelle kyllä. Robotiikka kuuluu konepuolelle mutta sähkö-DI:tä on monesti automaatiohommissa esimerkiksi voimalaitosten suunnittelussa ja käytössä.”

”Suuntaajakytketty sähköntuotanto yleistyy valtavasti. Vaihtosähköjärjestelmän luonne muuttuu.”

”Suuntaajatekniikka: valtaosa sähkön tuotannosta ja suuri osa kulutuksestakin liittyy verkkoon jatkossa suuntaajien avulla.”

”Sähkötekniikka on tulevaisuudessa a) energiantuotannon osalta hajautettua ja siitä seuraa erilaisia siirtoon ja sähkön laatuun liittyviä haasteita b) elektroniikan osalta sulautettua, ei ainoastaan ohjelmistomielessä vaan myös rakennemielessä (3D-rakenteet, elektroniikka 3D-tulostuksen sisällä ja osana jne.). Yksi yllätysnäkökulma voisi olla sähkötekniikkaan liittyvä kiertotalous.”

”Sähkötekniikka, tietoliikenne- ja tietotekniikka yhdessä muodostavat toimivan sähköverkon. Ihmisten johtaminen ja yhteistyötaidot olisi syytä olla mukana.”

## 5.8. Muut kuin sähköteknilliset osaamistarpeet vuonna 2030

Kahdeksannessa kysymyksessä pyydettiin arvioimaan muita kuin sähköteknillisiä osaamistarpeita vuonna 2030. Kysymykset on muodostettu teemahaastatteluissa esille tulleiden osaamistarpeiden perusteella. Kysymyksiin vastattiin asteikolla 1..6 ja vastaukset ovat taulukossa 10 lajiteltuna tärkeimmäksi katsottu ensin. Tärkeyden keskiarvo oli 4,6 ja valinnaisuuden 4,1.

Taulukko 10. Muiden työelämän osaamistarpeiden arviointi. Tärkein ensin.

| **Insinöörin muut osaamiset vuonna 2030** | tär-keys | valin-naisuus |
|---|---|---|
| Systeemiajattelun sisäistäminen, pystyy hahmottamaan sähkön liittymisen muihin järjestelmiin mm. liikenne, teollisuus, tuotanto, sähkön varastointi, Ymmärtää sähkön osana yhteiskuntaa ja osaa pyrkiä systeemin kokonaisoptimiin, | 5,5 | 4,7 |
| strategisen ajattelun oppiminen ja ajatusten vieminen operatiiviseen toimintaan | 4,9 | 4,3 |
| verkostoitumiskyky, verkostojen johtaminen, osaa hakea parhaat yhteistyökumppanit, hankintojen johtaminen, alihankintaosaaminen ja alihankintaverkoston johtaminen | 4,9 | 3,8 |
| asiakasrajapinnassa toimimisen taito | 4,8 | 4,1 |
| tuotekehitysosaaminen, tuotekehitys oppiaineena ja asiakastarpeen syvä ymmärtäminen tuotteita kehitettäessä | 4,8 | 4,1 |
| kestävyysajattelu, kiertotalouden ymmärtäminen, omien ratkaisujen vaikutusten näkeminen ilmastonmuutoksessa, insinöörin roolin ymmärtäminen ilmastonmuutoksen torjunnassa | 4,6 | 4,7 |
| esimiestaidot, HR taidot, rekrytointitaidot | 4,6 | 3,7 |
| Vaikuttamistaidot, pystyy osallistumaan yhteiskunnalliseen keskusteluun omasta aihepiiristään, pystyy vaikuttamaan ja osallistumaan asiantuntijan roolissa yhteiskunnalliseen päätöksentekoon. | 4,5 | 4,0 |
| valmistavan teollisuuden toimintatapa ja tuotehallinta, kyky kehittää yrityksen toiminnan laatua ja tehokkuutta | 4,3 | 3,8 |
| sopimusoikeudellinen osaaminen, sisältäen IPR-oikeudet ja keksintöjen suojaamisen | 3,6 | 3,4 |

Tulevaisuuden muita kuin sähköteknillisiä osaamistarpeita kommentoitiin seuraavasti:

”Ajattelun taitoja ei taideta yleensä harjoitella erikseen. Ajattelu ponnistaa omasta äidinkielestä ja sen hallinta on ensiarvoisen tärkeää. Argumentointi ja vuorovaikutus ovat myös taitoja, joita voi ja pitää harjoitella.”

”Aloitteleva DI ei yleensä pääse tai joudu esimieheksi tai strategiapäälliköksi vaan yleensä näihin kasvetaan ajan myötä.”

”Ei kannata yrittää opettaa kaikkea kaikille - valinnaisuuksia opetuksessa, työelämä opettaa loput.”

”Moni asioista vaatii työelämän mukanaan tuomaa kokemusta, joten kaikkia ei voi opettaa.”

”Näitä kaikkia meiltä puuttuu.”

”Näitä monia oppii työssäkin, taas riittää pohjan luominen ja asian esille nostaminen.”

”Liiketoiminnan perusteet, tuotekehitys ja IPR.”

## 5.9. Muiden kuin sähkötekniikan aineiden opetuksen osuus

Yhdeksännessä kysymyksessä pyydettiin näkemystä siihen kuinka paljon sähkötekniikan diplomi-insinöörille pitäisi opettaa muutakin kuin sähkötekniikkaa. Keskiarvoksi saatiin, että aikaa muiden asioiden opiskeluun voi käyttää 36%. Asiaa kommentoitiin seuraavasti:

”Tässä olisi hyödyllistä tietää mikä osuus nykyisin käytetään muuhun kuin sähkötekniikkaan, ja mikä oikeastaan luetaan alan opintoihin ja mikä ei. Matematiikan kurssit eivät ole sähkötekniikkaa mutta opettavat elintärkeitä työkaluja sen kannalta. Olen taipuvainen ajattelemaan, että mahdollisimman moni uusista osaamistarpeista tulisi sisällyttää tutkintoihin integroimalla ne osaksi sähkötekniikan opintoja. Eli esim. kurssilla käsiteltävien case-esimerkkien, vierailuluennoitsijoiden ja harjoitustöiden kautta tulisi ymmärrystä projektinhallinnasta, poikkitieteellisestä yhteistyöstä, digitalisaation ratkaisuista sähkötekniikassa, kestävän kehityksen roolista jne. Omasta mielestäni nykyinen määrä muita kuin sähkötekniikan opintoja on melko hyvä, arvioin sen nyt 30 %:n.”

”Kannattaa fokusoitua hyvän sähkötekniikan DI:n pohjan luomiseen, eikä yrittää opettaa kaikkea mahdollista, mitä työelämä voi tarvita.”

”Noin 30 % on hyvä käyttää muuhun kuin suoraan tai välillisesti sähkötekniikkaan liittyen.”

”On opittava toimimaan ja ymmärtämään asioita oman alueen ulkopuolelta.”

”Teorian hallinta on kaiken perusta. Muuta voi hallita ja opiskella helposti jatkossakin.”

”Toisessa kommentissa mainitaan, että matematiikka ei ole sähkötekniikkaa. Perusopinnot ovat kyllä mielestäni sähkötekniikkaa, koska ilman niitä sähkötekniikkaa ei voi osata. Valitsin muuhun kuin sähkötekniikkaan prosentiksi 30% ja kuvittelen, että hyödyllisiä ammattiin liittyviä taitoja kannattaa kartuttaa, kun perusasiat ovat kunnolla hallussa ja silloin mukaan voi mahtua ymmärtämystä taloudesta, kieliopintoja, ohjelmointitaitoja yms.”

”Työelämässä ne asiat vasta kuitenkin oppii, sähkötekniikka on se tärkein perusta, jolta ponnistetaan.”

”Vähän riippuu mikä kaikki käsitetään sähkötekniikaksi. Simuloinnit ym. datapohjainen suunnittelu on olennainen osa sähkötekniikkaa, vaikka sitä ei ehkä sellaisenaan siksi mielletä (IT). Mutta sähköinsinöörillä pitää olla monitieteellinen kokonaiskäsitys (mekaniikka, IT, kemia, tuotanto, kauppa, ympäristö) asioista, joilla on sähkötekniikkaan välillinen vaikutus. Tästä näkökulmasta katsottuna LUTin portfolio on melko hyvä.”

## 5.10. Väittämiä tulevaisuuden kehityksestä

Kymmenennessä kysymyksessä esitettiin väittämiä. Väittämiin vastattiin asteikolla -2..2. Eli täysin todeksi katsottu väittämä sai arvon 2 ja täysin epämahdollinen väittämä sai arvon -2. Keskiarvo vastauksissa oli 0,4, joten väittämien totuudenmukaisuutta ajateltiin enemmän positiivisesti. Väittämät ovat totuudenmukaisimmaksi arvioitu ensin -järjestyksessä taulukossa 11.

Taulukko 11. Väittämiä nykyhetkestä ja tulevaisuudesta. Totuudenmukaisimmaksi arvioitu ensin.

| **Väittämiä – oletko samaa mieltä?** | totuudenmukaisuus |
|---|---|
| Insinöörin tärkein taito on ongelmanratkaisutaito. | 1,4 |
| Sähkötekniikan osaajista on pula vuonna 2030. Osaajien tarve on kasvanut ja alalla ei ole tarpeeksi opiskelijoita. | 1,4 |
| Vuonna 2030 opiskelu on muotoiltu sellaiseksi, ettei siinä opeteta pysyviä totuuksia, vaan että mikä on tilanne tällä hetkellä ja mitä uutta on mahdollisesti tämän aiheen suhteen tulossa johon opiskelija tulevaisuudessa, saa perehtyä. Opiskelutapa motivoi jatkuvaan oppimiseen. Yliopiston tehtävä on kouluttaa insinöörejä, joilla on laaja näkemys omasta alastaan ja hyvät työelämävalmiudet. Tärkeää on se, että on halu kehittyä ja oppia uutta. | 1,2 |
| Vuonna 2030 sähköenergian varastointi on järkevää isossa mittakaavassa. | 1,0 |
| Sähköinsinööri on mukana vuonna 2030 yhteiskunnallisessa päätöksenteossa asiantuntijajäsenenä, kun päätökset koskevat sähköä, kuten esimerkiksi tuulipuiston lupaprosessia tai uusia lakeja, jotka liittyvät sähköenergiaan. Sähköön liittyvä päätöksenteko on myös insinöörien käsissä, joilla on tietämys sähkötekniikasta. Yhteiskunnallinen vaikuttaminen kuuluu luontevasti insinööreille. | 0,9 |
| Tuuli- ja aurinkovoiman sääriippuvuuden takia kulutuksen kysyntäjousto tulee vaatimaan kaikilta sähkönkäyttäjiltä toimenpiteitä. Kaikki sähkönkuluttajat tulevat osallistumaan kuormanohjaukseen. | 0,9 |
| Vuonna 2030 opiskelu on työelämälähtöistä ja tehdään tiiviissä yhteistyössä yritysten kanssa. Yritysten ja yliopistojen yhteistyölle on vakiinnutettu toimivat yhteistyökäytännöt. Yliopiston ja yritysmaailman yhteistyön on syvempää, esimerkkejä, keissejä ja mentoreita tulee työelämästä. | 0,9 |
| Sähköautojen akuista tulee merkittävä sähkövarasto ja taajuussäätöreservi. V2G -teknologia otetaan käyttöön. | 0,7 |
| Kilpailu insinööriosaamisessa on kansainvälistä. Ulkomaalaiset ahkerat ja nälkäiset kolmansien maiden insinöörit ovat ottaneet suomalaisen insinöörin paikan ainakin rutiininomaisissa tehtävissä vuonna 2030. Suomalaisinsinöörien palkat ja arvostus ovat nousseet yleiseurooppalaiselle tasolle. | 0,6 |
| Lahjakkaille ja motivoituneille tekniikan opiskelijoille tulisi jo kandidaattivaiheessa rakentaa henkilökohtainen tohtorintutkintoon johtava opintopolku yhdessä yritysmaailman kanssa. | 0,6 |
| Ydinvoimaa rakennetaan lisää. | 0,5 |

| | |
|---|---|
| Insinöörin pitää pystyä selittämään mikä tahansa osaamisalueensa asia maallikolle. | 0,4 |
| Vuonna 2030 yliopistossa on ketteriä ”pikasuuntautumisvaihtoehtoja” joissa tarve tietylle osaamiselle tulee yrityksestä ja joissa muutaman hengen opiskelijaryhmä koulutettaisiin yhteistyössä yrityksen kanssa juuri tämän yrityksen täsmätarpeeseen. | 0,3 |
| Vuonna 2030 vetytalous on valtavirtaa. Vetyä tuotetaan, varastoidaan ja käytetään kannattavasti. | 0,3 |
| Hyvä tapa opettaa asiat on siten, että ensin opetetaan perusteet käsinlaskentana ja sitten vasta siirrytään käyttämään tietokoneohjelmistoja. Tähän kuluu iso määrä aikaa ja tarmoa mutta sillä rakennetaan perusteita tulevalle ja siksi ajankäyttö on perusteltua. | 0,2 |
| Tekoäly mullistaa maailman ja sen opetukseen ja hyödyntämiseen tulisi todella panostaa joka alalla. | 0,2 |
| Opiskelijoiden valinnanvapaus pitäisi olla mahdollisimman suurta. Opiskelija altistetaan mahdollisimman monille oppiaineille ja vaikutteille, joista hän voi sitten syventyä omalta tuntuvaansa alaan. Näin hän myös oppii ajattelemaan laaja-alaisemmin. Vuonna 2030 sähkötekniikan DI:n on tärkeämpää olla laaja moniosaaja, kuin sähkötekniikan yksityiskohtaisesti hallitseva. | 0,2 |
| Yliopiston tulee seurata opetuksessaan uusimpia trendejä ollakseen ajan hermolla silläkin riskillä, että kun opiskelijat vuosien päästä valmistuvat, voi trendi olla jo ohi. | -0,2 |
| Yliopiston sähkötekniikan opetuksessa myös valinnaisten aineiden tulisi olla sähkötekniikkaa. Näin saavutetaan laaja sähköosaaminen. Työelämätaidot ja liiketoimintataidot opitaan sitten myöhemmin työelämässä. | -0,3 |
| Vuonna 2030 suurin osa opetuksesta on etäopetusta. | -0,6 |
| Vuonna 2030 uusiutuva sähköenergia on lähes ilmaista. | -0,9 |
| Vastavalmistuneilta insinööreiltä puuttuu nöyryyttä ja hyviä käytöstapoja. | -1,4 |

## 5.11. TEK vastavalmistuneiden kyselyn mukaiset kysymykset

Seuraavaksi Delfoi-kyselyssä oli TEK Vastavalmistuneiden kyselyn (TEK 2020) mukaisten luokittelujen mukaiset kysymykset, joita kysyttiin myös TEKin käyttämällä asteikolla 1..6.

Taulukko 12. Liiketoimintaosaaminen osa-alueiden tärkeyden arviointia. Tärkein ensin.

| **Liiketoimintaosaaminen** | tär-key s |
|---|---|
| kestävän kehityksen periaatteiden ymmärtäminen | 4,1 |
| liiketoiminnan perusteiden hallitseminen | 4,1 |
| yrittäjyysvalmiudet | 3,4 |

Kommentteja liiketoimintaosaaminen -kysymykseen:

”Kestävän kehityksen periaatteiden ymmärtämistäkin tärkeämpää olisi, että opinnot suuntaisivat ajattelua kestävyyslähtöiseksi. Esimerkiksi kiertotalouden mukaisia tuotteita on vaikea oppia suunnittelemaan, jos on opinnoissaan omaksunut lineaarisen talouden ajattelumallit. Ajattelun rutinoituminen on ymmärretty DI-opinnoissa hyvin ja sen takia meillä on niin paljon laskuharkkoja ja muita harjoitustöitä. Nykyisellään se ajattelu kuitenkin rutinoidaan väärälle uralle.”

”Kaikkien pitää ymmärtää kestävä kehitys. Osalle liiketoiminta ja yrittäjyys tärkeitä - antaa opiskelijan valita.”

”Liiketoiminnan osalta tärkeä ymmärtää "mindset", joissa yrityksissä toimitaan - budjettirajoite, kilpailutilanne, asiakaslähtöisyys. Vastaavasti kestävän kehityksen vaateet osana niitä rajoja, joissa ongelmanratkaisua tehdään.”

Taulukko 13. Asiantuntijuuden osa-alueiden tärkeyden arviointia. Tärkein ensin.

| **Asiantuntijuus** | tär-keys |
|---|---|
| oman opintoalan osaaminen | 5,3 |
| teorioiden soveltaminen käytäntöön | 4,6 |
| matematiikan ja luonnontieteiden osaaminen | 4,4 |
| selvilläolo alan kehityksestä ja uusista trendeistä | 4,3 |
| tietämys oman alan tutkimuksesta | 3,8 |
| oman alan kehityksen ja historian tuntemus | 3,7 |

Kommentteja asiantuntijuus-kysymykseen:

”Kumma olisi, jos omaa opintoalaa ei pitäisi osata kunnolla. Veronmaksajain raha menisi silloin hukkaan.”

Taulukko 14. Viestintä ja tiedon käsittely osa-alueiden tärkeyden arviointia. Tärkein ensin.

| **Viestintä ja tiedon käsittely** | tär-keys |
|---|---|
| suullisen viestinnän taidot | 4,4 |
| digitalisaatio ja datan hyödyntäminen | 4,3 |
| kirjallisen viestinnän taidot | 4,2 |
| visuaalisen viestinnän taidot | 3,5 |

Kommentteja viestintä ja tiedon käsittely- kysymykseen:

”Kaikki viestintätaidot ovat tärkeitä, mutta edelleen suullinen viestintä on mielestäni tärkein. Suullisella viestinnällä oman ideansa joko saa kaupaksi tai ei. Kirjallisen viestinnän taidot ovat tekemisten dokumentoinnissa aivan keskeisiä.”

”Viestintää tarvitaan työelämässä monessa muodossa. Sitä harjoitellaan todelle vähän opinnoissa. Dataa pitää kanssa osata käsitellä edes vaikka vähän Excelillä.”

Taulukko 15. Sosiaaliset taidot osa-alueiden tärkeyden arviointia. Tärkein ensin.

| **Sosiaaliset taidot** | tär-keys |
|---|---|
| ryhmätyötaidot | 4,8 |
| sosiaaliset taidot | 4,4 |
| johtamistaidot | 3,6 |

Kommentteja sosiaaliset taidot -kysymykseen:

”Johtaminen on tärkeää, mutta kaikki eivät tule olemaan perinteisessä mielessä johtajia. Johtamista on esim. asiantuntijana kumppaneiden ohjaaminen projektissa.”

”Työelämä on muuttunut siten, että asiantuntijuus ja itsensä johtaminen vahvistuvat. Itse-ohjautuvuus ja matriisiorganisaatiot vahvistuvat. Alaiset valitsevat jo nykyään esimiehensä. Itsellä ei yhtään hallinnollista alaista, mutta 35-40 hengen matriisiorganisaatio vedettä-vänä.”

”Tärkeitä taitoja ovat, vaan jäävät jälkeen tärkeydessään kovasta ammatillisesta osaami-sesta.”

”Pääosa vaikkapa sähköteknisten laitteiden tuotekehityksestä tehdään tuotekehitystii-meissä, joten ryhmätyötaidot ovat varsin keskeisiä. On myös niin, että iso osa asiantunti-joista työurallaan edetessään pääsee tai joutuu johtotehtäviin.”

”Työelämässä hyvin harvoin ollaan yksin, vähintäänkin välillä pitää tehdä porukalla, etenkin jos halutaan saada jotain aikaan. Myös vähintään itseään tarvitsee johtaa.”

Taulukko 16. Työelämätaidot osa-alueiden tärkeyden arviointia. Tärkein ensin.

| **Työelämätaidot** | tär-keys |
|---|---|
| ongelmanratkaisutaidot | 5,1 |
| itsenäinen työskentely | 4,8 |
| valmiudet oman osaamisen kehittämiseen | 4,7 |
| tiedonhakutaidot | 4,4 |
| ajanhallinta ja tehtävien tärkeysjärjestyksen laittaminen | 4,3 |
| projektinhallintataidot | 4,0 |
| kansainvälisyystaidot | 3,8 |
| uravalmiudet | 3,5 |

Kommentteja työelämätaidot- kysymykseen:

”Insinööri on ongelmanratkaisija, joten ongelmanratkaisutaidot ovat yksi keskeisimmistä osaamisen kulmakivistä.”

”Oppiminen jatkuu läpi elämän ja siitä pitää osata itse pitää huolta. Samoin ajanhallinta ja projektitaidot ovat (työ)elämässä pakko hallita jollakin tasolla, jos meinaa pärjätä.”

Taulukko 17. Analyyttiset taidot osa-alueiden tärkeyden arviointia. Tärkein ensin.

| **Analyyttiset taidot** | tär-keys |
|---|---|
| itsetuntemus | 5,1 |
| analyyttisyys | 4,6 |
| eettisyys | 4,6 |
| itseluottamus | 4,3 |
| omasta hyvinvoinnista huolehtiminen | 4,3 |
| kriittisyys | 4,0 |
| luovuus | 3,7 |

Kommentteja analyyttiset taidot- kysymykseen:

”Ihmisen kyky toimia pohjautuu vahvasti omaan itsetuntemukseen. Sen päälle on hyvä rakentaa muita analyyttisiä taitoja ja omaa elämänhallintaa.”

”Tärkeitä taitoja ja käsitteitä, kuten myös palautteen käsittely , itsensä ja muiden motivointi, sinnikkyys ym., mutta onko tämä analyyttisyys-otsikon alla? Näistä muutamasta tuli mieleen, että psykologiaa voisi olla työelämän ja menestymisen näkökulmasta opinnoissa.”

Taulukkoon 18 on kerätty kaikki TEK työelämätaitojen arvostukset tässä kyselyssä. Keskiarvo on 4,3. Tästä taulukosta on ehkä helpoin hahmottaa mitkä ovat työelämätaidot ovat arvostetuimpia.

Taulukko 18. Delfoi-kyselyn tulokset TEK työelämätaitojen arvostuksista esitetty suuruusjärjestyksessä.

| **osaamistarve** | tärkeys |
|---|---|
| oman opintoalan osaaminen | 5,3 |
| ongelmanratkaisutaidot | 5,1 |
| itsetuntemus | 5,1 |
| ryhmätyötaidot | 4,8 |
| itsenäinen työskentely | 4,8 |
| valmiudet oman osaamisen kehittämiseen | 4,7 |
| teorioiden soveltaminen käytäntöön | 4,6 |
| analyyttisyys | 4,6 |
| eettisyys | 4,6 |
| matematiikan ja luonnontieteiden osaaminen | 4,4 |
| suullisen viestinnän taidot | 4,4 |
| sosiaaliset taidot | 4,4 |
| tiedonhakutaidot | 4,4 |
| selvilläolo alan kehityksestä ja uusista trendeistä | 4,3 |
| digitalisaatio ja datan hyödyntäminen | 4,3 |
| ajanhallinta ja tehtävien tärkeysjärjestyksen laittaminen | 4,3 |
| itseluottamus | 4,3 |
| omasta hyvinvoinnista huolehtiminen | 4,3 |
| kirjallisen viestinnän taidot | 4,2 |
| kestävän kehityksen periaatteiden ymmärtäminen | 4,1 |
| liiketoiminnan perusteiden hallitseminen | 4,1 |
| projektinhallintataidot | 4 |
| kriittisyys | 4 |
| tietämys oman alan tutkimuksesta | 3,8 |
| kansainvälisyystaidot | 3,8 |
| oman alan kehityksen ja historian tuntemus | 3,7 |
| luovuus | 3,7 |
| johtamistaidot | 3,6 |
| visuaalisen viestinnän taidot | 3,5 |
| uravalmiudet | 3,5 |
| yrittäjyysvalmiudet | 3,4 |

## 5.12. Vertailu TEK vastavalmistuneiden kyselyn ja tämän tutkimuksen välillä

Jos otetaan lähtökohdaksi, että

1. opiskelijat oppivat niitä asioita, joita yliopistossa opetetaan, ja
2. yliopisto opettaa asioita, joita pitää tärkeinä,

niin voidaan ajatella, että TEK Vastavalmistuneiden kyselyn vastaukset heijastavat yliopiston ajattelumaailmaa ja sitä, mikä käsitys osaamistarpeiden tärkeydestä on muodostunut vastavalmistuneille opintojensa kautta. Voidaan ajatella, että vastavalmistuneet edustavat yliopiston kantaa siitä, mitä osaamistarpeita nähdään yliopistossa opetussuunnitelmassa tärkeinä.

Vertailun mahdollistamiseksi nämä kaksi tutkimusta, TEK Vastavalmistuneiden kysely ja tämä tutkimus, on tehty yhteismitallisiksi laskemalla molempien kyselyiden vastausten keskiarvo, laskemalla keskiarvojen erotus, ja sen jälkeen tekemällä keskiarvot samoiksi vähentämällä isomman keskiarvon tutkimuksen yksittäisistä vastauskohdista keskiarvojen erotuksen verran kustakin. Näin skaalaten on kahden tutkimusten keskiarvot saatu samoiksi ja tutkimustulosten eroja toisistaan päästään näkemään. Näin saadaan esille kahden tutkimuksen suhteelliset erot. Menettely antaa mielenkiintoisen pohjan kvalitatiiviselle pohdiskelulle.

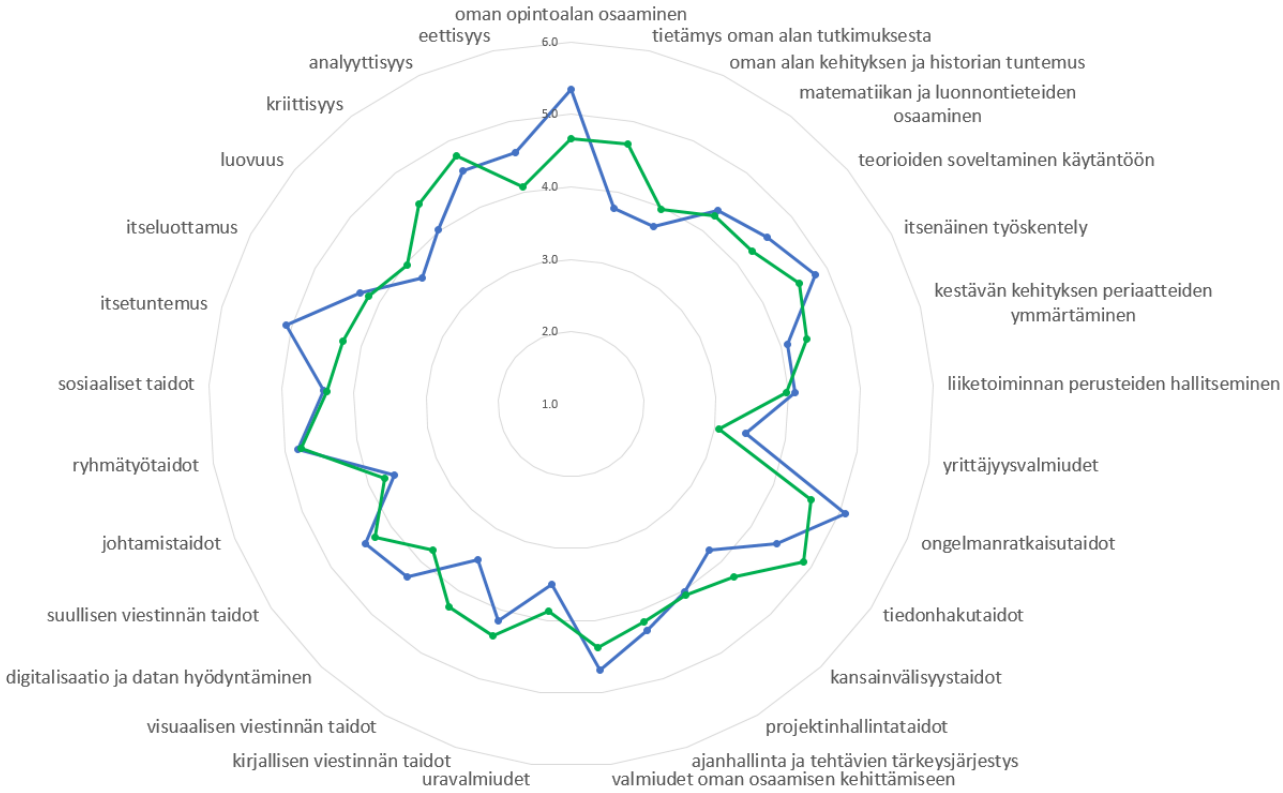
Kahden tutkimuksen eroavaisuuksia arvioitiin myös skaalaamalla tulokset yhteismitallisiksi 0..1 välillä käyttäen MIN-MAX-menetelmää, jolloin skaalaus tehdään kaavalla:

$$x_{\text{skaalattu}} = (x\text{-min}(x))/(\text{max}(x)\text{-min}(x)) \qquad (1)$$

jossa $x_{\text{skaalattu}}$ on välille 0..1 skaalattu luku, $x$ on alkuperäinen arvo, max($x$) on koko lukujoukon maksimiarvo ja min($x$) on koko lukujoukon minimiarvo. Voitiin todeta, että molemmilla menetelmillä saatiin samat tulokset osaamistarpeiden tärkeyden järjestyksen suhteen.

Tämä vertailu tutkimusten välillä kertoo osaamistarpeiden suhteellisesta arvostuksesta toisiinsa nähden. Se ei ota huomioon sitä kuinka korkealle osaamistarvetta on absoluuttisesti arvostettu. Vertailu kertoo siis arvostusten erilaisuudesta työelämän ja yliopiston välillä.

Kuvassa 6 on vertailtu TEK vastavalmistuneiden kyselyn (TEK 2020) ja tässä tutkimuksessa toteutetun Delfoi-kyselyn tuloksia.




Kuva 5. Kyselyjen tulokset skaalattuna samalle tasolle. Delfoi -kyselyn tulokset sinisellä ja TEK vastavalmistuneiden kyselyn tulokset vihreällä.

Kun vertaillaan vastavalmistuneille muodostunutta kuvaa osaamistarpeiden kehittymisestä LUTissa ja Delfoi-kyselyn tuloksia voidaan huomata että:

työelämä arvostaa yliopistoa enemmän (ero ≥0,4):

- itsetuntemus
- oman opintoalan osaaminen
- digitalisaatio ja datan hyödyntäminen
- ongelmanratkaisutaidot
- eettisyys
- yrittäjyysvalmiudet

samanlaista arvostusta nauttivat (ero <0,4):

- valmiudet oman osaamisen kehittämiseen
- teorioiden soveltaminen käytäntöön
- itsenäinen työskentely
- suullisen viestinnän taidot
- liiketoiminnan perusteiden hallitseminen
- ajanhallinta ja tehtävien tärkeysjärjestys
- itseluottamus
- matematiikan ja luonnontieteiden osaaminen
- sosiaaliset taidot
- ryhmätyötaidot
- projektinhallintataidot
- johtamistaidot
- kirjallisen viestinnän taidot
- analyyttisyys
- oman alan kehityksen ja historian tuntemus
- luovuus
- kestävän kehityksen periaatteiden ymmärtäminen

yliopisto arvostaa työelämää enemmän (ero ≥0,4):

- tietämys oman alan tutkimuksesta
- visuaalisen viestinnän taidot
- kansainvälisyystaidot
- tiedonhakutaidot
- kriittisyys
- uravalmiudet

Kun lasketaan yhteen sekä TEK vastavalmistuneiden kyselyn, että tämän tutkimuksen osaamistarpeiden saamat tärkeydet, ovat kymmenen TOP10 osaamistarvetta sekä yliopistomaailman, että työelämän mielestä:

1. oman opintoalan osaaminen
2. ongelmanratkaisutaidot
3. ryhmätyötaidot
4. itsenäinen työskentely
5. itsetuntemus
6. analyyttisyys
7. tiedonhakutaidot
8. valmiudet oman osaamisen kehittämiseen
9. teorioiden soveltaminen käytäntöön
10. sosiaaliset taidot

# 6. Johtopäätökset ja pohdinta

Johtopäätöksissä ja pohdinnassa esitellään tutkimuksen tuloksia ja arvioidaan kuinka tutkimus vastasi asetettuihin tavoitteisiin, mitä uutta ja kiinnostavaa siinä löydettiin ja tulkitaan mitä saadut tulokset merkitsevät.

## 6.1. Sähköinsinöörin tulevaisuuden osaamistarpeet

Tutkimuksen tässä kohdassa on nostetaan esiin lopputuloksia koko tutkimuksesta. Lukijalle tämä osio on ehkäpä tutkimuksen mielenkiintoisin osuus. Siinä on yritetty saada luettavaan muotoon tutkimuksessa pääosin vain listoina tai ranskalaisina viivoina ollutta tietoa.

Koko tutkimusaineistoa jalostamalla esille saatiin nousemaan usein esiintyviä osaamistarpeita. Kokonaisuudessaan listaus eri osaamistarpeiden esiintymismääristä on liitteessä 6. Liitteenä olevassa kokonaisessa listauksessa saattaa löytyä heikkoja signaaleja, joten siihen tutustuminen voi olla mielenkiintoista.

**Oman opintoalan osaaminen** on edelleen arvossaan ja sitä sähkötekniikan diplomi-insinööreiltä odotetaan eniten. Sähkötekniikan kova perusosaaminen on oltava hallussa. Sähkötekniikan perusteorioiden ja sähköfysiikan ympärille rakentuu koko sähkötekniikka. Insinööri on ennenkaikkea ongelmanratkaisija ja tähän pystyäkseen teoria ja sen soveltaminen on hallittava hyvin. Tässä tutkimuksessa perusosaamista painotettiin lähes kaikissa haastatteluissa ja kyselyissä se nousi esille vahvasti. Maxwell-yhtälöt, Laplace-muunnos ja kenttäteoria ovat siis edelleen voimassa, vaikka maailma ympärillä muuttuukin. Teknillinen osaaminen pitää sisällään myös matematiikan ja fysiikan osaamisen.

**Kommunikointi- ja vaikuttamistaidot** nähtiin erittäin tärkeiksi. Nämä taidot pitävät sisällään eritoten suullista ja myös kirjallista kommunikointitaitoa. Insinöörin pitää pystyä kommunikoimaan osaamisalueestaan. Vaikuttamistaidot ovat tärkeitä. Insinöörin pitäisi osata kertoa mitä hän työkseen tekee ja hänen pitää osata vaikuttaa ympäröivään yhteiskuntaan tietopanoksellaan. Sähköinsinöörin tulisi olla mukana yhteiskunnallisessa päätöksenteossa silloin kun päätetään sähköön liittyvistä asioista. Insinöörin työ on yhä enemmän

vaikuttamista ja vaikuttamiskyky muodostuu oman asian osaamisesta ja kyvystä kommunikoida tämä asia. Insinöörin pitää pystyä kommunikoinnin keinoin vaikuttamaan tiedoillaan ympäröivään yhteiskuntaan. Kommunikoiva insinööri pystyy saamaan aikaan kaikkia tyydyttävän ehdotuksen, joka menee päätöksenteossa läpi. Pitää pystyä faktoihin perustuen keskustelemaan tunteitakin herättävistä sähköhankkeista. Tunteet ovat myös realiteetteja ja ohjaavat päätöksentekoa. Insinööri sitävastoin yrittää perustella kaiken faktoilla. Mutta tunteisiin vetoaminen voi joskus toimia. Kommunikointitaidot koostuvat monista yksittäisistä taidoista. Näitä ovat mm. kirjallisen viestinnän taidot, suullisen viestinnän taidot, visuaalisen viestinnän taidot, esiintymistaidot ja neuvottelutaidot.

**Oman osaamisen kehittäminen ja jatkuva oppiminen.** Kyky hakea tietoa ja sisäistää sitä. Jatkuvasti muuttuvassa maailmassa on osattava hakea tietoa ja hahmottaa mikä on olennaista. On esimerkiksi pystyttävä omaksumaan monisatasivuisesta ohjekirjasta olennainen tieto jonkin laitteen käyttöönottamiseksi. Tiedonhakemisessa auttaa jo valmiiksi hyvä alan tuntemus, eli hyvä ymmärrys sähkötekniikasta on oltava, että pystyy hahmottamaan omat tietopuutteensa. Insinööriopetuksessa jatkuvan oman osaamisen kehittämiseen tulisi aktiivisesti opettaa ja kannustaa.

**Kansainvälisuustaidot**, sähköinsinöörin ammatissa on arkipäivää toimia kansainvälisissä monikulttuurisissa tiimeissä, jotka tekevät työtä virtuaaliympäristöissä. Mutta suomalainen insinööri myös kilpailee tänäpäivänä kansainvälisessä ympäristössä muiden maiden insinöörien kanssa. Hyvä kielitaito ehdoton vaatimus. Käytännössä tämä tarkoittaa englannin kieltä. Suuri osa tarvittavasta tiedosta on englanninkielistä. Omassa työssä dokumentoidaan usein englanniksi. Taito sopeuttaa itsensä eri kulttuurien väliin on työnteon sujuvuuden edellytys. Suomen sähköteknillisen teollisuuden tuotteista valtaosa menee vientiin, joten kansainvälisyystaidot ovat myös vientiteollisuuden menestyksen edellytys.

**Poikkitieteellisyys**, opintojen valinnaisuus ristiin muilta tieteenaloilla avartaa sähköinsinöörin ajatusmaailmaa. Valinnaisuuteen pitäisi pyrkiä ja vaihtoehtoja tulisi tuottaa opiskelijan saataville. Sähkö-, kone-, ja tietotekniikan raja-aidat hämärtyvät jokatapauksessa, mutta tekniikan opintojen rinnalla olisi hyvä olla sivuaine, joka ei olisi liian rajaava vaan enemmänkin poikkitieteellinen tyyliin ”open your mind”. Tarkoituksena olisi rikkoa rajoja ja kasvattaa opiskelijan omaa mielenkiintoa. Tämä myös auttaisi opiskelijaa ymmärtämään laajempia kokonaisuuksia. Opiskelijoita tulisi opintojen aikana altistaa mahdollisimman laaja-alaisesti

eri oppiaineille. Näin opiskelijalle tulisi käsitys siitä mitä hän haluaa tehdä ja missä hän on hyvä.

**Kestävä kehitys** tulee olla sisäänrakennettuna kaiken läpäisevänä teemana insinööriopetuksessa. Talous muuttuu lineaarisesta taloudesta kiertotaloudeksi, jossa materiaalit ja energiakin kiertävät uudelleen ja uudelleen. Energiatehokkuutta on pohdittava energiaketjun joka vaiheessa. Päästöttömyyteen tulee pyrkiä ja siinä sähkötekniikka on avainasemassa, kun muita energiamuotoja korvataan puhtaasti tuotetulla sähköllä. Kaikki sähköinsinöörit tulevat työtehtävissään kohtaamaan kestävät kehityksen vaatimukset. Teknologia muuttaa maailmaa ja se on tulevan insinöörin hyvä ymmärtää. Insinöörillä on ollut ja tulee olemaan suuret mahdollisuuden vaikuttaa tulevaisuuden tilaan.

**Tuotekehitys ja asiakastarpeiden syvä ymmärtäminen**. Lähes kaikki sähköinsinöörin tekemä työ tehdään asiakkaalle. Niinpä sähköinsinöörin olisi pystyttävä havaitsemaan asiakastarpeet asiakastakin paremmin, olla innovatiivinen ja nähdä mahdollisuuksia. Tuotekehitys tulisi olla oppiaineena ja siellä kehitettäisiin ongelmanratkaisutaitoja ja ajateltaisiin käyttäjän saamaa käyttäjäkokemusta. Tuotekehitykseen liittyen insinööreillä pitäisi olla peruskäsitys patentin tekemisestä ja teollisoikeuksista, jotta varmistuttaisiin patenttien hyvästä laadusta. Kokonaisuutta olisi myös ymmärrettävä ja pyrittävä koko toiminnan laatuun, ei niinkään vain kehitettävän tuotteen laatuun.

Hyvä tuote saa aikaan voimakkaan kokemuksen ja ahaa-elämyksen. Hyvät tuotteet ovat myös hauskoja ja niillä on usein tarina. Miksei tätä tuotteen tarinaa kerrota eteenpäin asiakkaille. Mutta tuotteita tulee myös testata ja testata. Tällä tavoin hyvä käyttäjäkokemus saadaan aikaan. Käyttäjäkokemus tuotteissa merkitsee paljon. Tuotekehityksen kannalta olisi pidettävä käyttäjä keskiössä. Tuotekehityksen lähestymistapa tulisi olla humanistinen. Jos käyttäjä ei osaa käyttää laitetta hän ei ole tyhmä vaan vika on tuotekehityksessä - tuotesuunnitellun lähtökohtana on oltava ihminen.

**Projektinhallinta**. Iso osa työtehtävistä on projekteja. Niihin liittyy mm. projektin johtaminen, ajanhallinta, ja alihankkijaverkoston johtaminen. Työelämän projektit toteutetaan monen eri toimijan verkostoina, joten näissä verkostoissa toimimisen hallitseminen on tärkeää. Verkostoitumiskyky, verkostojen johtaminen ja se että osaa hakea parhaat

yhteistyökumppanit on tärkeää. Asiakasrajapinnassa on osattava toimia ja saada asiakkaan ajatukset kuulluiksi projektin kuluessa.

**Systeemiajattelu** tuli vastaan monissa kommenteissa. Se, ettei ajatella vain omaa tonttiaan, vaan ajatellaan koko järjestelmää, on tärkeää. Maailma muuttuu ja sähkötekniikka sen mukana. Perinteisiesti sähköinsinöörit ovat olleet vastuussa sähköteknillisistä asioista. Systeemitason maailmassa sähköinsinööri lisäksi ymmärtää sähkön osana yhteiskuntaa ja maailmaa. Vain tällätavoin saavutetaan järjestelmän hyvä toiminta ja teknistaloudellinen kokonaisoptimi. Sähkö esimerkiksi pitäisi nähdä energiajärjestelmänä aina primäärienergiasta, esimerkiksi tuulesta tuulimyllyn kautta aina kuluttajan kulutuskojeeseen asti, tai jopa kuluttajan käyttäjäkokemukseen saakka. Eli siis tuulen matka energiana vaikkapa saunan sähkökiukaan löylyiksi saakka. Elinkaariajattelu pitää myös viedä systeemitasolle, jolloin mietitään koko systeemin ja teknologian elinkaarta. Systeemin yksittäinen komponentti pitäisi suunnitella niin että se on mahdollisimman pitkäikäinen eikä teknologialtaan vanhene, jos tämä vain on mahdollista. Haastatteluissa tuli esille useaan otteeseen se, että insinöörin tulisi olla enemmän moniosaaja, ajatella systeemitasolla ja tavoitella kokonaisoptimia. Pitäisi ymmärtää ja hahmottaa asioiden konteksti ja kokoluokka.

**Liiketoimintaosaaminen** tulee olla myös sähköinsinöörin hallussa. Yrityksen toimintaperiaatteen ymmärtäminen talouden kannalta, investointien kannattavuuden arviointi teknistaloudellisesti ja budjetin puitteissa ratkaisujen kehittäminen ovat tärkeitä taitoja. Takaisinmaksuaikaa ja investoinnin ajoitusta ja kannattavuutta on osattava arvioida. On osattava arvioida eri ratkaisujen ja omien päätöstensä vaikutukset yrityksen talouteen.

**Sähköjärjestelmän paradigman muutos.** Sähköjärjestelmässä on tapahtumassa systeemitason muutos ilmastotavoitteiden vuoksi. Tämä koskee sähkön tuotantoa, varastointia, siirtoa, jakelua ja kulutusta. Ilmastonmuutoksen torjunnassa tärkein työkalu on sähkö. Vihreä siirtymä toteutetaan uusiutuvalla energialla tuotetulla sähköllä ja polttoon perustuneet prosessit jäävät pois. Kaikki, joka on mahdollista sähköistää, sähköistetään päästöjen vähentämiseksi. Liikenne, lämmitys ja teollisuus sähköistyvät. Kaukolämpö siirtyy pois polttamisesta. Fossiilisista polttoaineista luopuminen asettaa haasteita huoltovarmuudelle, kun fossiilisten polttoaineiden merkittävä ominaisuus, varastoitavuus, menetetään. Hajautettu sähköntuotanto lisääntyy, kun kuluttajat tuottavat osan sähköstään itse pääosin aurinkopaneelein. Tämä asettaa haasteita jakeluverkolle, kun sähkö virtaakin joskus toiseen

suuntaan verkossa. Tuulivoiman määrä kasvaa ja myös merituulivoimaa rakennetaan. Sähköntuotannon säävaihtelut lisääntyvät.

Sähköä pitäisi sääriippuvuuden vuoksi pystyä varastoimaan kannattavasti. Akkuteknologiat kehittyvät ja vety ja synteettiset polttoaineet ovat yksi mahdollisuus. Polttokennotekniikalla tai muilla polttoprosesseilla tehdään tuotetusta ja varastoidusta polttoaineesta taas sähköä. Energiaa voidaan myös varastoida lämmöksi esimerkiksi kaukolämmön tai prosessiteollisuuden tarpeisiin.

Sähkön kulutus kasvaa, kun teollisuus ja liikenne sähköistyvät saavuttaakseen ympäristötavoitteensa. Teollisuus muuttaa prosessejaan enemmän sähköenergialla toimivaksi, sähkön osuus energiankantajana kasvaa ja tämä vaatii sähkötekniikan osaajia myös prosessiteollisuuteen.

Sähkönsiirron ja -jakelun on pysyttävä kasvaneen kulutuksen ja tuotannon säävaihteluiden takia ajantasalla ja sähköjärjestelmän pitää sopeutua pyörivien massojen vähenemisen takia pienentyneeseen inertiaan. Tämä asettaa haasteita sähköverkolle ja sähkön laadulle. Samaan aikaan mm. digitalisaatio, verkonhallinnan automaatio, datan kerääminen, kunnonvalvonta ja kyberturvallisuus ovat tuomassa lisää opittavaa sähköverkkotekniikkaan. Kaupunkien sähkönjakelutekniikka poikkeaa maaseudun sähkönjakelusta, ja sitä tulisi myös opiskella.

Sähkönsiirtotekniikka tulee kasvamaan ja kehittymään kun sähkönkulutus kasvaa. Uusia kantaverkon yhteyksiä rakennetaan yhdistämään kulutus ja tuotanto. Tehoa voi olla tarpeen siirtää suuriakin määriä, jos energiaintensiivinen teollisuus tai mahdolliset vedyntuotantolaitokset optimoidaan toimimaan silloin kun esimerkiksi tuulivoimaa on hyvin saatavilla.

Sähkömarkkinat ohjaavat tuotantoa, kulutusta ja päästöjä. Päästöjen vähentäminen ja tehotasapaino perustuvat rahalla ohjaukseen. Sähkömarkkinat muodostuvat tulevaisuudessa yhä tärkeämmäksi, kun vihreää siirtymää ja tuulituotannon tehotasapainoa ja sähkön varastointia ohjataan sitä kautta. Kuluttajien on varauduttava yhä enemmän oman kulutuksensa joustamiseen ja omien kuormiensa ohjattavuuteen, kun sähkön hinnan vaihtelut lisääntyvät. Jouston mahdollistaminen vaatii lisää älykkyyttä sähköverkkoihin, muutoksia kuluttajien tottumuksissa ja laitteistoissa ja energian käytön ennakointia.

Ydinvoima on tällähetkellä kysymysmerkki. EU:n kanta siihen selviää alkuvuonna 2022. Jos EU laskee ydinvoiman ympäristöystävälliseksi, tulee se Suomessa pysymään merkittävänä energianlähteenä ja mahdollisesti lisääntymään. Tässä tapauksessa vanhojen ydinvoimaloiden käyttöikää jatketaan, mutta sotkeeko politiikka kuudennen ydinvoimalan kuviot. Ja mikä tulee pienten modulaaristen ydinvoimaloiden rooli olemaan kaukolämmössä ja myös sähköntuotannossa.

Muutos sähköjärjestelmässä vaatii systeemitason ajattelua. Sähköä pitää pystyä tuottamaan kestävällä tavalla, siirtämään pienillä häviöillä, varastoimaan järkevästi ja käyttämään tehokkaasti. Energiatehokkuuden sisäistämisellä ja ymmärtämisellä koko energiaketjun läpi on suuri merkitys päästöjen hallitsemiseksi ja varantojen säästämiseksi.

Sähkötekniikan ala tulee elämään voimakasta kehityksen aikaa ilmastotavoitteiden vuoksi. Hallitusohjelmassa oleva hiilineutraalius vuoteen 2035 mennessä tulee aiheuttamaan sen, että sähkötekniikan osaajien tarve kasvaa. Sitran 2021 skenaariossa Suomen energiantarve tulee kaksinkertaistumaan vuoteen 2050 mennessä ja silloin 75% energiasta tuotetaan tuulivoimalla.

**Ohjelmointitaidot** kuuluvat myös sähköinsinöörille. Monessa sähköisessä laitteessa on jonkinlainen ohjelmisto ja tietoliikenneyhteys. Näiden käyttöönotossa pienestäkin ohjelmointiosaamisesta on hyötyä. Ohjelmoinnista pitäisi kaikkien osata ainakin perusteet.

**Dataälykkyys, tekoäly ja digitalisaatio**. Dataälykkyys on termi, jota käytetään datan keräämisestä, varastoinnista ja datan avulla tehtävistä päätelmistä. Tietomäärät kasvavat ja työkalut monipuolistuvat. Pitää osata etsiä olennaisuuksia valtavasta tieto- ja mahdollisuusmassasta. Tekoälyä käytetään usein hyödyksi datan käsittelyssä. Tekoälyn sovelluskohteet ovat laajat ja laajenevat edelleen ja sen perusteet olisi hyvä osata. Digitalisaatio tarkoittaa tietotekniikan yleistymistä kaikissa toiminnoissa, myös sähkötekniikassa. Kyberturvallisuus on otettava huomioon sähköteknisissä laitteissa, joissa on ohjelmistoja ja tietoliikenneyhteys. Erityisesti yhteiskunnan toiminnan kannalta kriittiset sähköverkot on suojattava hyvin.

**Suunnittelu-, laskenta- ja simulointityökalujen hallinta**. Lähes kaikki suunnittelu sähkötekniikan joka osa-alueella tehdään tietokonepohjaisten työkalujen avulla, joten niiden hallinta on ensiarvoisen tärkeää. Mallinnus- ja simulointiosaaminen säästää aikaa

tuotesuunnittelussa. Ohjelmistotyökaluilla on mahdollista suunnitella elektroniikan piirejä hyvinkin pitkälle ja siitä eteenpäin hyvän suunnittelijan merkitys korostuu. Järjestelmiä on osattava mallintaa ja simuloida ja tehdä näistä johtopäätöksiä. Mahdollisuudet ovat valtavat. Toimintaa voidaan simuloida alkaen pienistä elektroniikan piireistä aina valtakunnallisiin sähkönsiirtoverkkoihin. Vaikka tulevaisuuden DI käyttää korkean tason simulointi- ja mallinnustyökaluja, on tärkeää ymmärtää sähkötekniikan perusperiaatteet ja pystyä arvioimaan tulosten oikeellisuutta - sähkötekniikan perusasiat pitää osata.

**IoT** sai paljon mainintoja. Mitä se tulee olemaan ja mitkä ovat sen sovelluskohteet sähkötekniikassa. Tuleeko IoT kaikkiin laitteisiin ja oppivatko laitteet keskustelemaan keskenään, käsittelemään tietoa ja toimimaan jaetun tiedon perusteella. Tutkimuksessa esiintyneiden mainintojen määrän perusteella näyttäisi siltä, että ainakin peruskäsitys IoT-maailmasta tulisi opiskelijalla olla.

**Sähköinen liikenne, lataaminen ja sähköiset työkoneet** nousi tutkimuksessa korkealle sijalle. Ajoneuvoissa, mukaan lukien työkoneet, on tapahtumassa muutos sähköiseen suuntaan, joka vaatii sähköinsinööreiltä osaamista. Suomessa on työkonevalmistusta, joka tulee tarvitsemaan sähköinsinöörien osaamista, kun dieselistä siirrytään sähköön. Liikenteen latausinfran kehittäminen on vasta alussa ja kun mukaan tulee henkilöautojen sähköistymisen lisäksi mahdollisesti raskaan liikenteen sähköistyminen, on latausinfran rakentaminen seuraavien vuosien haaste. Sähköautojen lataus muodostaa kulutushuippuja, mutta autojen akut saattavat myös osallistua kulutushuippujen tasaamiseen.

**Automaatiotekniikka** mukaan lukien anturitekniikka, säätötekniikka ja ohjelmoitavat logiikat ovat edelleen tärkeitä sähköinsinöörille. Hyvistä automaatiotekniikan osaajista on aina pula.

**Elektroniikka** osa-alueista nousivat esille suuntaajat, tehoelektroniikka ja se että elektroniikka on ja tulee kaikkialle. Aiemmin mainittu suunnittelu- ja simulointiosaamisen tarve liittyy myös elektroniikan suunnitteluun. Puolijohteet kehittyvät ja fysikaaliset ilmiöt puolijohteissa olisi hyvä tuntea.

**Radiotekniikka** sai mainintoja koska langaton tiedonsiirto on läsnä kaikkialla sähköteknisissä laitteissa. 5G on valtavirtaa ja 6G on tulossa. IoT on tulossa laitteisiin ja sen

hyödyntäminen vaatii radio-osaamista. Onko radiotekniikan opetus sitten LUTin osaamisaluetta vai onko osaaminen Helsingissä, Tampereella tai Oulussa.

## 6.2. LUT sähkötekniikan koulutuksen ajantasaisuus

Delfoi-kyselyyn vastaajat arvottivat LUT nykyisiä osaamistarpeita. Tulokset ovat taulukoituna kappaleessa 5.6. Kuhunkin osaamistarvekohtaan vastattiin Delfoi-kyselyssä erikseen, joten vastaajien oli vaikea ajatella tätä kysymystä kokonaisuutena. Mutta kun vastaukset lajiteltiin myöhemmin tärkeysjärjestykseen, oli osaamistarpeiden järjestys hyvin samankaltainen kuin edellisessä kappaleessa 6.1. jossa käsitellään laajasti tämän kyselyn lopputuloksia. Nämä tulokset tukevat siis kappaleen 6.1. johtopäätöksiä.

Keskiarvon yläpuolelle nousivat seuraavat LUT nykyiset osaamistarpeet. Kyky toimia ryhmän jäsenenä, suunnitella, toteuttaa ja johtaa erilaisia hankkeita sekä kommunikoida niihin liittyen, osaa toimia tiimin jäsenenä projektimaisessa työympäristössä, osaa hakea tietoa ja suodattaa sitä, osaa käyttää digitaalisia ratkaisuympäristöjä menetelmien käytännön sovelluksissa, osaa viestiä kirjallisesti ja suullisesti, myös vieraalla kielellä, ymmärtää sähkötekniikan keskeisten perusyhtälöiden merkityksen ja osaa käyttää niitä ratkoessaan asiaan liittyviä tehtäviä, osaa soveltaa keskeisiä fysiikan lakeja erilaisten fysikaalisten prosessien mallintamiseksi ja ymmärtää fysikaalisia ilmiöitä ja osaa ratkaista ilmiöihin liittyviä tehtäviä, pystyy itsenäiseen opiskeluun, ymmärtää, millainen osuus sähköllä on yhteiskuntien energiajärjestelmissä ja osaa esittää energiatehokkaita sähköteknisiä toteutuksia erilaisiin yhteiskunnan energiaratkaisuihin, pystyy soveltamaan tietojaan ja taitojaan alan tuotekehitykseen, tutkimukseen ja markkinointiin liittyvissä tehtävissä sekä näiden johtamisessa, osaa laatia aikatauluja tavoitteiden saavuttamiseksi ja noudattaa niitä, tuntee tekniikan matemaattis-luonnontieteelliset perusteet ja osaa soveltaa niitä ongelmanratkaisussa, osaa soveltaa säätötekniikan perusmenetelmiä fysikaalisiin ilmiöihin pohjautuvien laitteiden säätämiseksi ja ymmärtää takaisinkytkennän periaatteet järjestelmän säädössä, omaa kansainväliset valmiudet yliopiston tarjoaman laajan kielivalikoiman ja opiskelijavaihtomahdollisuuden kautta, on tietoinen alansa eettisistä ulottuvuuksista sekä yhteiskunnallisista vaikutuksista, ja kykenee arvioimaan kriittisesti myös alansa tulevaisuutta ja osaa suunnitella, toteuttaa ja dokumentoida mittauksia ja perustella teknisiä väittämiä mittausten avulla ja osaa selittää sähköverkkojen keskeiset toimintaperiaatteet.

Huomioita keskiarvon yläpuolelle jääneistä osaamistarpeista ovat, että ne noudattavat koko tämän tutkimuksen linjaa ollen hyvin samanlaisia kappaleen 6.1. osaamistarpeiden kanssa.

Hieman keskiarvon alapuolelle tärkeydessään jäivät seuraavat LUT nykyiset osaamistarpeet. Osaa kuvata tyypillisten sähkömoottorien ja taajuudenmuuttajien toiminnan ja ohjauksen periaatteet, ymmärtää taloustiedettä suoritettuaan vapaavalintaiset laajemmat talouden opinnot, kykenee itsenäiseen tieteelliseen työskentelyyn, tiedonhakuun ja analyyttiseen ongelmanratkaisuun, osaa toimia sähkötapaturmatilanteessa, osaa nimetä ja kuvata yleisimmät sähkötekniikan ja elektroniikan sovellukset ja toimintaperiaatteet, osaa käyttää turvallisesti ja luotettavasti tavallisimpia sähkövoimatekniikan, tehoelektroniikan ja elektroniikan mittausjärjestelmiä ja tehdä sähköisiin piireihin ja tehoelektroniikkaan liittyviä mittauksia, osaa kuvata keskeiset sähköntuotantojärjestelmät, osaa selittää sähkömagneettisen ja sähkömekaanisen energianmuunnon keskeisimpien komponenttien toiminnan pohjautuen sähkötekniikan perusyhtälöihin ja osaa kuvata yksinkertaisia dynaamisia järjestelmiä aikajatkuvilla differentiaaliyhtälöillä sekä simuloida niitä.

Huomiona hieman keskiarvon alapuolelle jääneistä osaamistarpeista oli, että yksityiskohtaisesti kuvatut sähkötekniikan osaamiset kuten sähkömoottorien toiminnan kuvaamisen osaaminen ovat ehkä liian yksityiskohtaisia osaamistarpeita laajassa sähkötekniikan kentässä. Talousopinnoissa huomio oli, että taloutta pitäisi ymmärtää firman toiminnan kannalta, mutta laajoja taloustieteen opintoja ei nähty niin tärkeiksi.

Vähiten tärkeiksi jäivät seuraavat LUT nykyiset osaamistarpeet. Kykenee itsenäiseen yritystoimintaan, tuntee sähköturvallisuuteen liittyvät ilmiöt ja säädökset sillä tasolla, että voi tarvittaessa hakea sähköpätevyyksiä S2 tai S3, osaa kuvata keskeiset sähköturvallisuuteen, asennuksiin ja sähkömagneettiseen yhteensopivuuteen liittyvät ohjeet ja määräykset ja toimii näiden mukaisesti, pystyy osallistumaan tieteelliseen keskusteluun ja osaa antaa ja käsitellä saamaansa vertaispalautetta, kykenee osallistumaan tieteelliseen jatkokoulutukseen ja osaa suorittaa keskeiset asennusten sähköturvallisuuteen liittyvät mittaukset.

Huomioita olivat, että vähiten tärkeiksi arvioidut osaamistarpeet liittyvät sähköturvallisuuteen, asennuksiin ja mittauksiin. Tämä liittyy siihen, että diplomi-insinööri harvoin tekee

suorittavaa työtä. Myös tiedemaailmaan osallistumista ei nähty niin tärkeäksi pääosin yritysmaailmaan kuuluvien vastaajien joukossa, eikä samoin omaa yrittäjyyttä.

Kysymykseen annetuista vapaista kommenteista mielenkiintoisimpia olivat, että tärkein edellytys on ymmärtää sähkötekniikan perusteet ja niiden avulla on pystyy opiskelemaan lisää sähköstä. Taloutta pitäisi opiskella niin että ymmärtää yrityksen toimintaa käytännössä. Valinnaisuutta opiskelussa pitäisi olla tarjolla. Työelämässä käytettäviä ohjelmistoja tulisi käyttää myös opetuksessa ja työelämän kanssa voisi muutenkin olla enemmän yhteistyötä.

## 6.3. LUT sähkötekniikan opetuksen kehittämisajatuksia

**Yrityselämän ja yliopiston välistä yhteistyötä** kohtaan oli kiinnostusta kaikilla haastatelluilla yritysten ylimmän johdon henkilöillä. Opetuksen kehittäminen kiinnosti haastateltavia. Yritysten ylimmän johdon kiinnostus ei kuitenkaan välttämättä jalkaudu yrityksen organisaatiossa ja muodostu jatkuviksi käytännön toimiksi yritysten ja yliopiston välillä. Olisiko yliopistossa kehitettävä yhteistyölle käytännön muotoja ja ehdotettava näitä yritysten ylimmälle johdolle, koska yrityksillä ei välttämättä ole valmista suunnitelmaa ja valmista prosessia yliopistoyhteistyöhön. Yliopistoja ei siis tule aina moittia yhteistyökyvyn puutteesta. Yrityselämän jatkuva kiire aikaansaa sen, että ajatuksia ei uhrata yliopistoyhteistyölle. Myös yrityksissä pitäisi asia nostaa pöydälle ja luoda yrityksiin menettelytavat yliopistoyhteistyötä varten. Yrityksissä voisi olla opiskelijalla osoitettu mentori, joka antaisi vauhtia työelämään pääsyssä. Harjoitustöitä voisi tarjota enemmän yrityksiin. Sähkötekniikan sisällä erikoistuminen johonkin tiettyyn alaan yhteistyössä yritysten kanssa antaisi paremmat valmiudet työelämään.

Opetuksen kannalta yritysyhteistyö voisi tuoda yliopistoon tietoa käytännön työelämän osaamistarpeista, tuotekehityksessä olevista uusista teknologioista ja tietoa siitä mitä insinöörisosaamista yrityksissä tarvitaan. Opiskelijat voivat tehdä yrityksessä enemmän harjoitustöitä ja projektitöitä. Vierailevat innostavat ja asiantuntevat luennoitsijat yritysmaailmasta voisivat raikastaa opetusta ja lisätä opiskelijoiden motivaatiota.

Tulisiko yrityselämän edustajia ottaa mukaan myös opetussuunnitelmatyöryhmään? Vai välittyykö ryhmän nykyisille jäsenille yrityskontaktiensa avulla jo oleellinen tieto yritysmaailman tarpeista. Jokatapauksessa yliopiston ja yrityselämän jatkuvalla yhteistyöllä saadaan opetus tarkemmin osumaan maaliinsa.

**Työelämätaidot** ovat tärkeitä. Tärkeä oivallus oli se, kuinka työelämätaitoja opetetaan. Niitä ei tarvitse opettaa erikseen, vaan niiden opetuksen voi sisällyttää tavallisten sähkötekniikan kurssien yhteyteen. Kun kursseilla tehdään esimerkiksi ryhmätöitä niin siinä samalla oppii työelämätaitoja. Tärkeinä pidettyjä työelämätaitoja olivat ongelmanratkaisutaidot, ryhmätyötaidot, itsenäinen työskentely, oman osaamisen kehittäminen, teorioiden soveltaminen käytäntöön, suullisen viestinnän taidot, sosiaaliset taidot ja tiedonhakutaidot. Niitä kaikkia voi opettaa sähkötekniikan opetuksen yhteydessä. Työelämätaitojen opetukseen pitäisi kiinnittää huomiota kursseja suunnitellessa ja opiskelijoille kurssin yhteydessä voi kertoa mitä työelämätaitoja kurssilla harjaannutetaan, jolloin opiskelija pystyy sisäistämään tämän osan opetuksesta paremmin.

**Opinto-oppaan kurssikuvauksilla on iso merkitys**. Monen haastateltavan kanssa puhe kääntyi opiskelujen valinnaisuuteen. Opiskelijoita olisi altistettava eri vaikutteille ja oppiaineille. Silloin opiskelijat löytävät oman alansa ja silloin myöskin voidaan sähkötekniikkaa opettaa laaja-alaisesti niin että moniin tarpeisiin löytyy osaajia. Oman pääaineen ulkopuolelta voisi olla hyvä valita joku täysin eri sivuaine.

Jotta opiskelijat osaisivat valita valinnaiset kurssinsa mahdollisimman onnistuneesti, tulisi opinto-oppaan kurssikuvausten olla perusteellisia. Opittavien taitojen lisäksi voitaisiin avata kuinka nämä taidot liittyvät työelämään, kuinka teoria liittyy käytäntöön ja mihin työtehtäviin tämän aineen lukeneet sijoittuvat työelämässä.

Opinto-oppaan kurssikuvauksissa on hyvä kertoa opiskelijoille myös mitä työelämätaitoja tämä mahdollisesti pelkästään sähkötekniikan kurssilta vaikuttava kurssi sisältää. Näin opiskelija osaisi sitten löytää kurssista myös työelämätaitojen kehittymisen puolen ja osaisi kiinnittää huomiota niihin kurssin aikana ja ymmärtää myös oppivansa samalla niitä. Silloin opiskelija jo ensimmäistäkin työpaikkaa hakiessa voisi kertoa työelämätaidoistaan. Niinpä kurssikuvaukset pitäisivät olla hyvin kattavia, että opiskelijat osaisivat ensinnäkin valita

oikean kurssin monista valinnaisista ja toiseksi osaisivat varautua ja tunnistaa opittavat asiat ja oppia ne siten paremmin.

**Opetuksen kehittäminen.** Opintosuunnitelman kehittämisessä on oltava varovainen ja kaikkea ei ole tarpeen muuttaa vain muuttamisen ilosta. Sähkötekniikassa ei ole 2030 sellaista uutta mistä nyt ei olisi jo jotakin tietoa. Yliopiston ja työelämän yhteistyötä tulisi tiivistää ja opetushenkilöiden pedagogista osaamista kehittää. Opetushenkilöstöllä olisi hyvä olla kokemusta teollisuudesta. Edistyksellisiä verkko-oppimisympäristöjä tulee kehittää ja opiskelua voi höystää työelämän esimerkeillä. Valinnaisuutta voisi olla enemmän ja valintojen yhteydessä voisi esitellä mahdollisia työprofiileja mihin tämä valinta johtaa. Jokatapauksessa osaaminen luo aina enemmän uramahdollisuuksia. Kaikkien ei tarvitse osata kaikkea, vaan opiskelijoista aina jotkut valitsevat tietyt valinnaiset kurssit, joten koko opiskelijamassasta osaaminen on aina jollakin. Yliopiston ei tule lähteä opetuksessaan seuraamaan uusimpia trendejä. Kun opiskelijat vuosien päästä valmistuvat, voi trendi olla jo ohi. Työelämän ja yliopiston välillä pitäisi olla enemmän mentorointia. Se auttaisi opiskelijoita tekemään valintoja oppiaineiden suhteen ja ymmärtämään mitä taitoja työelämässä tarvitaan ja missä niitä tarvitaan. Yliopisto voisi saada yrityksistä myös uutta näkemystä opetukseen. Yrityksissäkin pitäisi tätä yliopistoyhteistyötä pohtia niin että yrityselämänkin suunnalta olisi mietitty kuviota yliopistoyhteistyöhön.

**Ongelmanratkaisutaito** on insinöörin tärkein taito monen haastatellun mielestä. Se edellyttää tietoa omasta alasta ja myös poikkitieteellisyyttä, Ongelmanratkaisukyvyt kehittyvät kokemuksen myötä, mutta myös metodiikkaa ongelmien ratkaisemiseksi tulisi opettaa.

**Opiskelutapa motivoi jatkuvaan oppimiseen.** Opiskelu on muotoiltu sellaiseksi, ettei siinä opeteta pysyviä totuuksia, vaan että mikä on tilanne tällä hetkellä ja mitä uutta on mahdollisesti tämän aiheen suhteen tulossa johon opiskelija tulevaisuudessa saa perehtyä. Yliopiston tehtävä on kouluttaa insinöörejä, joilla on laaja näkemys omasta alastaan ja hyvät työelämävalmiudet. Tärkeää on se, että on halu kehittyä ja oppia uutta.

**Tie tohtoriopintoihin.** Lahjakkaille ja motivoituneille tekniikan opiskelijoille tulisi jo kandidaattivaiheessa rakentaa henkilökohtainen tohtorintutkintoon johtava opintopolku yhdessä yritysmaailman kanssa. Tohtoriopintojen esilläolo jo kandidaattivaiheessa saisi opiskelijat

ainakin miettimään tohtoriopiskelumahdollisuuden olemassaoloa. Kun tohtoriopinnot tehtäisiin yrityksiin se lisäisi tohtorien työllistymistä ja samalla toisi suomalaiseen teollisuuteen syvällisempää tutkimusosaamista.

**Ohjelmistojen käyttö opetuksessa.** Työelämässä käytettäviä ohjelmistoja on paljon. Usein vastavalmistuneella on työtehtävissään paljon ohjelmistoja opeteltavanaan. Voisi pohtia tulisiko näitä ohjelmia opiskella jo koulussa. Maailma kuitenkin muuttuu, joten mitkä ovat niitä ohjelmistoja, joita kannattaisi opiskella. Vai onko edelleen niin että perusosia pitää osata ja ohjelmistot opiskellaan sitten työelämässä tehtävän mukaan.

**Luovuus, innovointi, tuotekehitys.** Kuinka luovuutta voi opettaa? Luovuus ja innovointi tuli kuitenkin esiin monessa kohtaa tätä tutkimusta. Tuotekehitys tulisi olla oma oppiaineensa niin että opiskelijalla olisi käsitys tuotekehitysprojektista. Tuotekehitystähän ei varsinaisesti opeteta omana oppiaineenaan, mutta palasia siitä sisältyy kaikkiin kursseihin. Hyvä käsitys tuotekehityksestä ja innovoinnista ja asiakaan ongelmien ratkaisemisesta voisi auttaa suomalaista teollisuutta. Jokaisella kurssilla voisi olla lopussa osio missä mietittäisiin sen kurssin aihealueen tulevaisuuden näkymiä. Mitä tulevaisuus on tuomassa tähän aiheeseen ja tähän kurssiin liittyen. Tämä voisi olla hyödyllistä pohdintaa ja opettaisi opiskelijat aina miettimään tulevaisuutta ja ennakoimaan sitä.

**Vaikuttamistaidot.** Tulisiko opiskelijoille opettaa vaikuttamistaitoja? Monissa kommenteissa tuli esiin, että insinöörin olisi osallistuttava enemmän yhteiskunnalliseen päätöksentekoon osaamisalueensa puitteissa. Insinöörin tulisi tuoda osaamisensa esimerkiksi erilaisten lupaprosessien päätöksentekoon ja vaikuttaa yhteiskuntaan oman alansa asiantuntijana. Vaikuttaminen ei kuulu vain politiikkaan ja poliitikoille, vaan pitäisi olla niin että paras tietämys kultakin alalta ohjaisi päätöksiä.

# 7. Tutkimuksen reflektointi

Tutkimuksen kulun arviointiin kuuluu reflektio. Reflektio eli heijastaminen tarkoittaa oman toiminnan kriittistä analysoimista. Kyse on sen tarkastelemisesta, mitä on tehty ja mitä puolestaan jäänyt tekemättä ja miksi näin. Reflektiota tulee tehdä koko ajan, eikä vain tutkimuksen päätteeksi. Tutkimuksessa arvioinnin tulisi kuulua tiukasti tutkimusprosessiin. Tutkimuksen lähtökohtien, etenemisen ja lopputuloksen arviointi on tieteellisessä tutkimuksessa aina tehtävä. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006.)

Tutkimuksen alussa esitettyjä tutkimuskysymyksiä olivat:

1. onko nykyinen opetus relevanttia?
2. mitkä ovat sähkötekniikan trendit v. 2030 mennessä?
3. mitkä ovat oleellisia sähkötekniikan perusteita ajasta riippumatta?
4. mitä muita kuin sähkötekniikan taitoja tarvitaan työelämässä?
5. kuinka opetusta tulee muuttaa vastaamaan tätä kehitystä vuoteen 2030?

Kuinka hyvin tutkimus vastaa näihin kysymyksiin? Kysymykseen yksi vastataan, kun LUTin nykyiset osaamistarpeet on arvioitu Delfoi-paneelin avulla ja laitettu tärkeysjärjestykseen kappaleessa 5.6. Kysymykseen kaksi vastataan  kappaleessa 6.1. joka käsittelee tämän tutkimuksen keskeisiä löytöjä. Kysymykseen kolme vastauksena on, että kaikkien vastaajien mukaan sähkötekniikan perusteet tulisivat olla jokaisen sähköinsinöörin opintojen kulmakivi. Kysymykseen 4 vastaukset saatiin luvussa 5.12. jossa esiteltiin kymmenen TOP10 osaamistarvetta sekä yliopistomaailman, että työelämän mielestä. Kysymys viisi on hankalin. Siinä vastuu jää pääosin yliopiston opetussuunnitelmasta vastaavalle taholle, jolle tämä tutkimus antaa tukea.

### Teemahaastattelujen reflektointi

Teemahaastattelut suoritettiin puhelimitse muistiinpanoja tehden. Ennen haastatteluja oli sähköpostitse lähetetty pyyntö osallistua haastatteluun. Tässä pyynnössä oli laaja kuvaus tutkimuksen tarkoituksista. Siksi haastateltavat olivat jo etukäteen voineet pohtia ajatuksiaan. Haastattelun jälkeen muistiinpanot kirjoitettiin puhtaaksi haastattelukuvauksiin. Varsinaista litterointia ei tehty. Haastattelun pääkohdat ja haastateltavan kerrontatapa välittyvät

haastattelukuvauksista. Haastatteluista kirjattiin ylös myös eri osaamistarpeisiin liittyvät maininnat. Mainintojen kirjaukset tehtiin haastattelujen yhteydessä. Mainittujen osaamistarpeiden määrä saatettiin näin laskea ja asettaa suuruusjärjestykseen. Haastatteluista saatiin hyvää materiaalia tutkimusta varten. Kun haastattelukuvauksia luettiin uudelleen läpi pohdinta-lukua tehdessä, tuli ajatuksena vastaan, että tätä tutkimuksessa haettiin ja tätä on ollut koko tutkimuksen toistuva teema. Haastattelukuvauksia lukiessa siis alkoi muodostua tunne, ettei niistä enää nouse uusia asioita pohdinta-lukuun, vaan pohdinta-luku alkaa olla valmis.

Laadullisen analyysin herkkyystarkastelussa tulee esiin termi saturaatio. Se tarkoittaa, että tutkimusaineistoin määrää kasvattamalla ei tule enää uutta tietoa. Tällöin pystytään aineiston määrään kerääminen rajoittamaan tähän saturaatiopisteeseen. Saturaatiopisteen asettaminen etukäteen on vaikeaa. Vasta kerätyn aineiston läpikäynti antaa viitteitä siitä mille tasolle saturaatioraja on järkevää asettaa. (Eskelinen, Karsikas 2014.)

Jokaisella haastateltavalla oli jokin asia, joka poikkesi muista haastateltavista ja jokainen haastattelu siis toi uutta ajatusta mukaan tutkimukseen. Kaikkien haastateltavien tausta oli jollakintapaa sähkötekniikassa. Jos taustana olisi ollut joku muu kuin sähkötekniikka, tulokset olisivat varmasti moninaisempia mutta eivät niin asiantuntevia.

Alkupään haastatteluiden puhtaaksikirjoitus viivästyi muutamalla päivällä. Haastetut kannattaa kirjoittaa puhtaaksi heti niiden jälkeen. Silloin tapahtuma on tuoreessa muistissa ja kaikki tulee kirjattua ylös. Loppupään haastattelujen kuvaukset kirjoitettuiin heti haastattelun jälkeen ja niistä tulikin pidempiä. Oli myös haastatteluja, joiden haastattelukuvaukset eivät ole kovin pitkiä. Silloin haastateltavalla ei ole ollut paljoa aiheeseen liittyvää kerrottavaa.

### Delfoi-kysymysten muodostamisen reflektointi

Kysymykset muodostettiin teemahaastattelujen ja kirjallisuustutkimuksen perusteella. Kysymysten muodostaminen on tutkimusten haastavimpia vaiheita. Mitä tulee kysyä, että saa vastauksen tutkimuskysymyksiin. Mikä asia on epäselvää, jota tulee kysyä. Mikä asia taas on selvää ja siksi ei ole tarpeen kysyä. Miten tulee kysyä, että kysymys itsessään ei ole johdatteleva. On kysyttävä vain yhtä asiaa yhdessä asteikkokysymyksessä, että kysymykseen pystyy vastaamaan. Kysymyksen on oltava helposti ymmärrettävä ja lyhyt varsinkin

laajassa kyselyssä, jossa vastaajan valtaa helposti kiireen tunne. Vastaaja on saatava pysymään mukana kyselyssä, kysely on pidettävä mielenkiintoisena. Miten ja millaisia asioita tulee kysyä, että vastauksista pystyy tekemään johtopäätöksiä. Kiintoisaa kyselyiden tuottamaa antia olivat vapaat kommentit. Kyselyt tulisikin pyrkiä rakentamaan siten että ne kirvoittavat kommentoimaan, koska kommentit ovat usein kyselyn parasta materiaalia.

Kysymyksiä pohdittiin yhdessä tutkimuksen ohjaajien kanssa ja myöhemmin elektroniikan laboratorion testiryhmän kanssa. Kysymykset olivat siis testattuja, jalostuneita ja suurelta osin helposti ymmärrettäviä. Sähköpostiin tulevien erilaisten kyselyjen määrä on tänä päivänä niin suuri että se aiheuttaa kyselyväsymystä ja karsii vastaajien määrää. Tähän kyselyyn kutsutuista mukaan saatiin prosentuaalisesti iso määrä vastaajia koska osa vastaajista oli mukana jo teemahaastatteluissa ja siten motivoituneita vastaamaan itse kyselyyn. Kyselyn vastausprosentti oli noin 40. Kyselyyn kutsutuista moni otti asian heti omakseen ja oli innokas haastatteluissa miettimään asiaa. Kyselyjä alkaa kuitenkin olla tänäpäivänä liikaa, kun kaupassakäynnin jälleenkin sähköpostiin saattaa tulla kauppaketjulta kysely. Tätä vasten ajatellen vastausprosenttia voidaan pitää kohtuullisena.

### Käytetyn ohjelmiston sopivuuden reflektointi

Tutkimuksessa suoritettu Delfoi-kysely tehtiin eDelphi-ohjelmistolla. Kysymyksiä testattiin LUTin sovelletun elektroniikan laboratorion henkilökunnan avulla. Paneeliin lähetettiin kutsu 19 testihenkilölle ja he testasivat paneelin kysymyksiä ja online-toimivuutta. Toimivuudessa tuli heti ensimmäisenä testipäivänä ongelma, jota piti ratkoa ohjelmiston kehittäjän kanssa. Tekninen tuki korjasi ongelman vuorokaudessa. Varsinaisen kyselyn ollessa auki käytössä ei havaittu ongelmia. Edelphi-ohjelman tulosten raportointi ja analysointi vaatii paljon käsityötä Excelissä. Edelphi-ohjelmisto on melko vaikeakäyttöinen ja visuaaliselta ilmeeltään vanhahtava. Jälkikäteen ajatellen helpompi vaihtoehto olisi ehkä ollut käyttää saatavilla olevaa Webropol-ohjelmistoa, joka on visuaalisempi ja jonka raportointi on helppokäyttöisempää.

### Delfoi kyselyn tulosten analysoinnin reflektointi

Tulokset siirrettiin Excel-ohjelmaan ja analysoitiin siinä. Tuloksia järjesteltiin samojen pääotsikoiden alle, laskettiin määriä ja lajiteltiin suuruusjärjestykseen. Joistakin tuloksista laskettiin keskiarvo, jos se auttoi hahmottamaan tuloksia tekemällä tuloksiin tavallaan

nollapisteen, jonka yläpuolella olevat asiat ovat vastaajien keskiarvolla positiivisia tai toivottavia tai tosia. Excel-analyysi oli varsin suoraviivaista, eikä siinä ollut isoja virheen tai väärän tulkinnan mahdollisuuksia.

### Tutkimuksen analyysin ja pohdinnan reflektointi

Tuloksia ei saa jättää pelkiksi numeroiksi tai kaavioiksi vaan niitä on selitettävä ja tulkittava. On pohdittava analyysin tuloksia ja tehtävä niistä omia perusteltuja johtopäätöksiä. Tämä onkin haastavinta tutkimuksessa. Miten tehdä johtopäätöksiä koko aineistosta. Mitkä asiat nostaa esille ja millä perustein. Tutkimusta luettiin läpi moneen kertaan, jolloin asiat alkoivat kerta kerran jälkeen hahmottua. Tutkimuksesta myös laskettiin maininnat eri osaamistarpeista ja eniten mainintoja saaneista osaamistarpeista muodostettiin pohdinnan lukuun 6.1. osaamistarpeiden pääkohtia sellaisista asioista, jotka ovat muutenkin laajoja ja merkittäviä. Näiden pääkohtien alle hahmottui tekstiä niihin kuuluvista osaamistarpeista tutkimusta uudelleen lukemalla.

Miten saada esiin lopputuloksia helposti luettavaan muotoon. Tässä tutkimuksessa numeeriset tulokset on esitetty taulukoina. Taulukoiden sisältö on lajiteltu tärkeysjärjestykseen. Tämä vaikutti luettavimmalta muodolta ja graafiset esitykset olisivat vain heikentäneet luettavuutta.

Onko tuloksilla uutuusarvoa kokeneiden sähkötekniikan professoreiden keskuudessa. Tämä on vaikeaa ja vaatii tutkijalta pohdintaa. Mikä on uutta ja mikä ei. Mitä ei enää kannata sanoa ja mitä kannattaisi sanoa. Kun ei ole opetusta ja professoreiden työtä paikanpäällä seuraamassa ja kun ei ole kaikilla kursseilla ollut mukana niin haastavaa on se, että mitä voi pitää uutena tuloksena ja mikä on jo kauan sitten läpikäyty asia. On kuitenkin uskallettava esittää tämän kyselyn haastatteluihin ja Delfoi-kyselyyn perustuvat tulokset. Silloin luotetaan siihen, että on tutkimus on saanut aikaan uutta tietoa ainakin joillekin sen lukijoille.

### Median vaikutus tutkimuksen tuloksiin

Mediassa nostetaan esille usein asioita, joista on helppo kirjoittaa kansantajuisesti, joista on paljon tietoa saatavilla. Mediat myös vaikuttavat toinen toisiinsa. Yhdessä mediassa esiin nostettu asia nousee esille usein myös muissa medioissa. Mediassa ei useinkaan arvioida tai osata arvioida kyseessä olevan ilmiön suuruutta ja vaikuttavuutta. Onko tämä asia

merkittävä vai vähäpätöinen. Niinpä vähäpätöisestä asiasta saatetaan kirjoittaa laajasti, ja merkittävä asia jäädä lähes huomiotta. Ihmiset nostavat puheenaiheensa paljolti mediasta. Se ei voi olla vaikuttamatta myös tämän tutkimuksen tuloksiin. Paljon mediassa esillä olleet asiat, kuten esimerkiksi vetytalous tai tuulivoima tai sähköautot voivat viedä huomiota asioilta joidenka merkittävyys taustalla on paljon suurempi. Pitäisikö tuloksia tasapainottaa jonkinlaisella ”julkisuuskertoimella”. Paljon mediassa esillä olevien asioiden kerroin olisi pienempi kuin yksi. Merkittävät mutta vähän esillä olleet asiat saisivat suuremman kertoimen kuin yksi.

Lähdeluettelo

Edelphi. 2021. [tietokoneohjelma]. [viitattu 15.7.2021]. Saatavissa: edelphi.org

Eskelinen, H.,Karsikas, S. 2014. Tutkimusmetodiikan perusteet. Tampere. AMK-Kustannus Oy. Tammertekniikka.

Kamppinen, M., Kuusi, O., Söderlund, S. Tulevaisuudentutkimus, perusteita ja sovelluksia. 2002. Suomalaisen kirjallisuuden seura. Helsinki. 928s.

Kuusi, O. Delfoi-menetelmä. 2014. [verkkoaineisto]. [viitattu 10.7.2021]. Saatavissa: metodix.fi/2014/05/19/kuusi-delfoi-metodi

LUT. 2021a. Opinto-opas sähkötekniikka kandidaatti 2021-2022. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. [verkkoaineisto]. [viitattu 13.10.2021]. Saatavissa: forms.lut.fi/Opinto-opas

LUT. 2021b. Opinto-opas sähkötekniikka maisteri 2021-2022. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. [verkkoaineisto]. [viitattu 13.10.2021]. Saatavissa: forms.lut.fi/Opinto-opas

Pajarre, E., Pyrhönen, V-P., Kuismanen, S., Nieminen, P. & Valtonen, L. 2018. Millaisia työelämätaitoja yritykset odottavat vastavalmistuneilta. What kind of working life skills companies expect the newly graduates to possess. Artikkeli esitetty Peda-forum-päivät 2018. Turku.

Pyrhönen, V-P., Niiranen, S., Pajarre, E. 2019. Engineering Graduates Development of Competences. Proceedings of SEFI 47th annual conference. SEFI.

Saaranen-Kauppinen, A., Puusniekka, A. 2006. KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto. [verkkoaineisto]. [viitattu 16.11.2021]. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. Saatavissa: fsd.tuni.fi/menetelmaopetus

SEFI. 2018. SEFI Position Paper on Diversity, Equality and Inclusiveness in Engineering Education. [verkkoaineisto]. [viitattu 26.8.2021]. Saatavissa: sefi.be/wp-content/uploads/2018/05/Diversity-2018-links.pdf

Sitra. 2019. Megatrendit 2020. Suomen itsenäisyyden juhlavuoden rahasto. [verkkoaineisto]. [viitattu 22.8.2021]. Saatavissa: media.sitra.fi/2019/12/15143428/megatrendit-2020.pdf

Sitra. 2021. Sähköistämisen rooli Suomen ilmastotavoitteiden saavuttamisessa. Suomen itsenäisyyden juhlavuoden rahasto. [verkkoaineisto]. [viitattu 14.10.2021]. Saatavissa: sitra.fi/julkaisut/sahkoistamisen-rooli-suomen-ilmastotavoitteiden-saavuttamisessa

Stubin, T., Tikkanen, J., Linturi, H. 2020. Delfoi-paneeli. [verkkoaineisto]. [viitattu 10.7.2021]. Saatavissa: metodix.fi/2020/10/16/4-delfoi-paneeli

TEK. 2015. Parasta Suomelle- TEKin koulutuspoliittinen ohjelma. Tekniikan akateemiset. [verkkoaineisto]. [viitattu 11.8.2021]. Saatavissa: tek.fi/fi/cmis/browser?id=workspace%3A//SpacesStore/2a01111f-3930-41b2-9826-a1cf88adfd36&filename=//TEKin_koulutuspoliittinen_ohjelma_2015.pdf

TEK. 2016. Osaamisen kehittämisen kysely. Bairoh, S esityskalvot. Teknologiateollisuus. Helsinki.

TEK. 2020. Vastavalmistuneiden palautekysely. Tekniikan akateemiset. [verkkoaineisto]. [viitattu 11.8.2021]. Saatavissa: tek.fi/fi/uutishuone/tutkimukset/tek-graduate-survey-vastavalmistuneiden-palautekysely

Teknologiateollisuus. 2018. Koulutus ja osaaminen linjaus. [verkkoaineisto]. [viitattu 14.8.2021]. Saatavissa: teknologiateolli-suus.fi/sites/default/files/file_attachments/teknologiateollisuus_koulutus_ja_osaaminen_linjaus_2018.pdf

Teknologiateollisuus. 2021. Osaamispulssi syyskuu 2021. [verkkoaineisto]. [viitattu 22.9.2021]. Saatavissa: osaamispulssi.fi/toimiala/elektroniikka-ja-sahkoteollisuus

WEF. 2020. Future of the Jobs Report 2025. World Economic Forum. [verkkoaineisto]. [viitattu 17.8.2021]. Saatavissa: www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2020.pdf

Liite 1. Haastattelut.

Anttalainen, Osmo. 2021. Teknologiajohtaja. Olfactomics. Haastattelu. 7.7.2021.

Apajalahti, Touko. 2021. Korkeakoulutusneuvonantaja. Teknologiateollisuus. Haastattelu. 25.8.2021.

Hassi, Satu. 2021. Kansanedustaja. Eduskunta. Haastattelu. 27.9.2021.

Jyrinsalo, Jussi. 2021. Varatoimitusjohtaja. Fingrid Oyj. Haastattelu. 16.8.2021.

Kekkonen, Timo. 2021. Toimitusjohtaja. STEK. Haastattelu. 6.9.2021.

Kortet, Milka. 2021. Johtava asiantuntija. Teknologiateollisuus. Haastattelu. 9.9.2021.

Michelsen, Karl-Erik. 2021. Professori. LUT. Haastattelu. 20.8.2021.

Nokela, Juhani. 2021. Yhdyskuntasuhdejohtaja. TEK. Haastattelu. 12.8.2021.

Pajunen, Arto. 2021. Toimitusjohtaja. Järvi-Suomen Energia Oy. Haastattelu. 9.7.2021.

Partanen, Jarmo. 2021. Professori. LUT. Haastattelu. 8.7.2021.

Rauma, Kimmo. 2021. Varatoimitusjohtaja. Danfoss Power Solutions. Haastattelu. 20.8.2021.

Ruusunen, Jukka. 2021. Toimitusjohtaja. Fingrid Oyj. Haastattelu. 18.8.2021.

Schrey, Katriina. 2021. Johtava asiantuntija. HRPlus Finland. Haastattelu. 17.9.2021.

Sepponen, Raimo. 2021. Professori. Aalto-yliopisto. Haastattelu. 9.7.2021.

Suontaus, Anniina. 2021. Projekti-insinööri, tuulivoima. YIT. Haastattelu. 23.9.2021.

Teini, Jussi-Pekka. 2021. Kestävän kehityksen insinööri. Teknologiateollisuus. Haastattelu. 9.9.2021.

Liite 2. Vastaukset kysymykseen ”Mitä merkittäviä käännekohtia on sähkötekniikassa tapahtunut matkalla vuoteen 2030?” kokonaisuudessaan.

| vastausmäärä | Mitä merkittäviä käännekohtia on sähkötekniikassa tapahtunut matkalla vuoteen 2030? |
|---|---|
| 7 | hajautettu sähköntuotanto ja sen hallinta |
| 7 | sähköinen liikenne, lataaminen ja sähköiset työkoneet |
| 6 | suuntaajakytketyn tuotannon ja kulutuksen kasvu ja niiden vaatimukset sähköjärjestelmälle |
| 5 | vetytalous |
| 4 | akut osana sähköverkkoa |
| 4 | sähkön varastointi |
| 4 | tietoverkot, automaatio, anturoinnit ja kunnonhallinta sähkönsiirrossa ja -jakelussa |
| 4 | tuotanto- ja kysyntäjouston merkitys kasvaa |
| 3 | AI |
| 3 | energiatehokkuus |
| 3 | kaiken sähköistyminen |
| 3 | polttokennotekniikka |
| 2 | digitalisaatio |
| 2 | elektroniikka tulee kaikkialle |
| 2 | ilmastonmuutos |
| 2 | suunnittelu ja simulointi |
| 2 | sähköntuotannon sääriippuvuus lisääntyy |
| 2 | tasasähköverkot |
| 2 | V2G |
| 1 | automaatio |
| 1 | IoT |
| 1 | langaton sähkönsiirto |
| 1 | lämpöpumput |
| 1 | merituulivoima |
| 1 | mikrogridit |
| 1 | pula sähkötekniikan osaajista |
| 1 | puolijohteet kehittyvät |

| | |
|---|---|
| 1 | radiotekniikka kehittyy |
| 1 | regulaatio lisääntyy |
| 1 | sektorikytkennät |
| 1 | SF6-kaasut kielletty |
| 1 | siirtojännitteen nosto |
| 1 | suurnopeustekniikka |
| 1 | sähkö halpenee |
| 1 | sähkökäyttöjen simulointi |
| 1 | sähkömarkkinoiden kehitys |
| 1 | sähkönkäytön lisääntyminen |
| 1 | sähkötekniikan yhteydet kone- ja tietotekniikkaan lisääntyvät |
| 1 | sähköverkon säätö olosuhteiden mukaan |
| 1 | säädetyt sähkökäytöt |
| 1 | tahtikoneet lisääntyvät |
| 1 | terveysteknologia |
| 1 | tietoturvariskit kasvavat |

Liite 3. Vastaukset kysymykseen ”Minkälaisia osaamisia työpäivä vaatii vuonna 2030?” kokonaisuudessaan.

| vastaus-<br>määrä | Minkälaisia osaamisia työpäivä vaatii vuonna 2030? |
|---|---|
| 15 | kommunikointitaidot |
| 10 | perussähkötekninen osaaminen |
| 9 | suunnittelu-, laskenta ja simulointitaidot, suunnittelutyökalujen hallinta |
| 6 | tietotekniikka- ja digitalisaatiotaidot |
| 5 | datan käsittely ja analyysitaidot |
| 4 | intohimo ja rohkeus rikkoa rajoja ja keksiä uutta ja parantaa omaa tekemistä |
| 4 | kieli- ja kansainvälisyystaidot |
| 4 | sähkötekninen erikoisosaaminen |
| 3 | asiakastarpeiden ymmärtäminen |
| 3 | jatkuva oppiminen ja kyky hakea tietoa |
| 3 | liiketoimintaosaaminen |
| 3 | ohjelmointitaidot |
| 2 | AI |
| 2 | energiajärjestelmien kokonaisymmärrystä |
| 2 | itsensä johtaminen |
| 2 | kestävä kehitys |
| 2 | poikkitieteellisyys |
| 2 | regulaation ymmärtäminen |
| 2 | suuntaajatekniikka |
| 2 | sähköverkot |
| 1 | ajanhallinta |
| 1 | akkuteknologia |
| 1 | automaatio |
| 1 | IPR |
| 1 | laatuajattelu |
| 1 | matematiikka |
| 1 | oman osaamisen tuotteistaminen |
| 1 | polttokennoteknologia |
| 1 | projektinhallintataidot |

| | |
|---|---|
| 1 | suurnopeusteknologia |
| 1 | sähköverkkojen 3D virtuaalimallien hallintaa |
| 1 | tietoturva |
| 1 | tiimityötaidot |

Liite 4. Vastaukset kysymykseen ”Mitä yliopistossa tulisi opettaa sähkötekniikan DI-opiskelijalle?” kokonaisuudessaan.

| vas-taus-määrä | Mitä yliopistossa tulisi opettaa sähkötekniikan DI-opiskelijalle? |
|---|---|
| 9 | perussähkötekninen osaaminen |
| 4 | kommunikointitaidot |
| 4 | liiketoimintaosaaminen |
| 4 | ohjelmointitaidot |
| 4 | suuntaajatekniikka |
| 3 | AI |
| 3 | energiajärjestelmien kokonaisymmärrystä |
| 3 | jatkuva oppiminen ja kyky hakea tietoa |
| 3 | matematiikka |
| 3 | suunnittelu-, laskenta ja simulointitaidot, suunnittelutyökalujen hallinta |
| 3 | sähkökoneet |
| 3 | tietotekniikka |
| 3 | tiimityötaidot |
| 2 | ajanhallinta |
| 2 | datan käsittely ja analyysitaidot |
| 2 | fysiikka |
| 2 | johtaminen |
| 2 | kestävä kehitys |
| 2 | poikkitieteellisyys |
| 2 | projektinhallinta |
| 2 | sähkömarkkinat |
| 2 | tietoturva |
| 1 | akkuteknologia |
| 1 | elektroniikka |
| 1 | eristeiden ja johteiden materiaalitekniikka |
| 1 | HR |
| 1 | HVDC |
| 1 | ihmisosaaminen |
| 1 | kaupunkisähkötekniikka |

| | |
|---|---|
| 1 | kemia |
| 1 | kieli- ja kansainvälisyystaidot |
| 1 | käytännön verkonrakennus |
| 1 | käytännön sähkötyöt |
| 1 | käytännön tilanteet |
| 1 | logistiikka |
| 1 | markkinointi |
| 1 | olennaisen hahmottaminen |
| 1 | polttokennoteknologia |
| 1 | suuntaajakytketyn tuotannon ja kulutuksen lisääntyminen ja niiden asettamat vaatimukset sähköjärjestelmälle |
| 1 | suurnopeusteknologia |
| 1 | sähköinen liikenne, lataaminen ja sähköiset työkoneet |
| 1 | sähkömagnetiikka |
| 1 | sähkötekninen erikoisosaaminen |
| 1 | sähköverkot |
| 1 | säätötekniikka |
| 1 | tiedon soveltaminen |
| 1 | tieteen filosofiaa ja tekniikan etiikkaa |
| 1 | tuotantotalous |
| 1 | työnjohto |
| 1 | uusia nousevia teknologioita |
| 1 | VR (Virtual Reality) sovellukset |

Liite 5. Vastaukset kysymykseen ”Mitkä sähkötekniikan osa-alueet kukoistavat Suomessa vuonna 2030?” kokonaisuudessaan.

| vas-taus-määrä | Mitkä sähkötekniikan osa-alueet kukoistavat Suomessa vuonna 2030? |
|---|---|
| 8 | sähköinen liikenne, lataaminen ja sähköiset työkoneet |
| 8 | sähköverkkotekniikka |
| 7 | tehoelektroniikka |
| 6 | akkuteknologia |
| 5 | puhdas sähkön tuotanto |
| 4 | 6G ja verkkotekniikat |
| 4 | automaatiotekniikka |
| 4 | sähköjärjestelmän hallinnan automaatiomenetelmät |
| 3 | energiatehokkuus |
| 3 | hajautettu energiantuotanto |
| 2 | Big Data |
| 2 | IoT |
| 2 | prosessien sähköistyminen |
| 2 | sulautetut järjestelmät |
| 2 | suurjännitetekniikka |
| 2 | sähkön varastointi |
| 2 | sähköntuotanto |
| 2 | tuotanto- ja kysyntäjouston hallinta |
| 2 | tuuli- ja aurinkovoima |
| 1 | AI |
| 1 | aiemmin polttoon perustuneiden ratkaisujen sähköistäminen |
| 1 | asiakasrajapinta-asiat, AMR, joustot, pientuotanto, lataus |
| 1 | aurinkosähkö |
| 1 | edistyneet ja puhtaat teollisuusprosessit |
| 1 | energiatekniikka |
| 1 | kaapeliteknologia kaikilla jännitetasoilla |
| 1 | kodin sähköistyminen |
| 1 | komponenttivalmistus |
| 1 | kunnossapito |

| | |
|---|---|
| 1 | langattomien latauspisteiden asennukset |
| 1 | lääketieteellinen sähkötekniikka |
| 1 | marine-puolen sovellukset |
| 1 | puettavan teknologian hybridi tuotteet, sähkön talteen otto ja hyödyntäminen |
| 1 | rakennusten sähköjärjestelmät |
| 1 | softapohjaiset ratkaisut järjestelmien hallinnassa |
| 1 | Suomella on maailman paras kantaverkko edelleen vuonna 2030 |
| 1 | suunnittelu |
| 1 | sähkökäytöt |
| 1 | sähkömarkkinat |
| 1 | sähköverkkojen suojaus |
| 1 | tasasähkö vaihtosähkön rinnalla |
| 1 | verkonrakennus |
| 1 | vetytalous |

Liite 6. Tutkimuksesta esiin nousseet yksittäiset osaamistarpeet esiintymisten määräjärjestyksessä.

| | |
|---|---|
| 24 | perussähkötekninen osaaminen |
| 23 | kommunikointitaidot |
| 19 | tekoälysovellukset |
| 18 | datan hallinta ja hyödyntäminen |
| 17 | jatkuva oppiminen ja kyky hakea tietoa ja sisäistää sitä |
| 16 | sähköinen liikenne, lataaminen ja sähköiset työkoneet |
| 15 | kestävä kehitys |
| 15 | suunnittelu- laskenta ja simulointityökalujen hallinta |
| 13 | asiakastarpeiden ymmärtäminen |
| 13 | ohjelmointitaidot |
| 13 | projektinhallintataidot |
| 13 | sähköverkkotekniikka |
| 13 | vetytalous |
| 12 | hajautettu sähköntuotanto ja sen hallinta |
| 12 | liiketoimintaosaamista |
| 11 | IoT |
| 11 | johtaminen |
| 10 | automaatiotekniikka |
| 10 | tehoelektroniikka |
| 9 | matematiikka |
| 9 | sähkötekniikan asiantuntijatason osaaminen |
| 9 | sähkötekniikan kova ydin |
| 9 | tuulivoima |
| 8 | akkuteknologia |
| 8 | aurinkovoima |
| 8 | ongelmanratkaisutaidot |
| 8 | sosiaaliset taidot |
| 8 | suuntaajakytketyn tuotannon ja kulutuksen kasvu ja niiden vaatimukset sähköjärjestelmälle |
| 8 | sähkön varastointi |
| 8 | tuotekehitys oppiaineena |
| 7 | energiatehokkuus |

| | |
|---|---|
| 7 | fysiikka |
| 7 | itsensä johtaminen |
| 7 | kiertotalous |
| 7 | suuntaajatekniikka |
| 7 | talousosaaminen |
| 6 | ajanhallinta |
| 6 | IPR |
| 6 | polttokennotekniikka |
| 6 | sähkömarkkinat |
| 6 | tietotekniikka- ja digitalisaatiotaidot |
| 6 | tiimityötaidot |
| 6 | tuotanto- ja kysyntäjouston merkitys kasvaa |
| 6 | vaikuttamistaidot |
| 5 | 6G ja verkkotekniikat |
| 5 | analyyttisyys |
| 5 | big data |
| 5 | elektroniikan perusteet |
| 5 | energiajärjestelmien kokonaisymmärrystä |
| 5 | kansainvälisyys |
| 5 | kieli- ja kansainvälisyystaidot |
| 5 | kielitaito |
| 5 | monikulttuurisuus |
| 5 | oman opintoalan osaaminen ja sen soveltaminen käytäntöön |
| 5 | poikkitieteellisyys |
| 5 | puhdas sähkön tuotanto |
| 5 | robotiikka |
| 5 | tietotekniikka |
| 4 | akut osana sähköverkkoa |
| 4 | asiakasrajapinnassa toimiminen |
| 4 | digitalisaation ratkaisut sähkötekniikassa |
| 4 | intohimo ja rohkeus rikkoa rajoja ja keksiä uutta ja parantaa omaa tekemistä |
| 4 | ryhmätyötaidot |
| 4 | sulautetut järjestelmät |
| 4 | sähköjärjestelmän hallinnan automaatiomenetelmät |

| | |
|---|---|
| 4 | tietoverkot automaatio anturoinnit ja kunnonhallinta sähkönsiirrossa ja -jakelussa |
| 4 | verkostoitumiskyky |
| 4 | yrittäjyystaidot |
| 3 | etätyö ja itsensä johtaminen |
| 3 | HR taidot |
| 3 | itsetuntemus |
| 3 | kaiken sähköistyminen |
| 3 | kokonaisuuksien hahmottaminen järjestelmätason osaaminen konseptointitaidot |
| 3 | laatuajattelu oppiaineena |
| 3 | P2X |
| 3 | regulaation ymmärtäminen |
| 3 | suurnopeustekniikka |
| 3 | sähkökoneet |
| 3 | sähköntuotanto |
| 3 | tasasähköverkot vaihtosähkön rinnalla |
| 3 | tekniikan perustaidot |
| 3 | tietoturva |
| 3 | V2G |
| 3 | ydinvoima |
| 2 | alihankintaverkostoissa toimiminen |
| 2 | anturitekniikka |
| 2 | budjetin puitteissa ratkaisujen kehittäminen |
| 2 | elektroniikka tulee kaikkialle |
| 2 | englannin kielitaito |
| 2 | esiintymistaidot |
| 2 | esimiestaidot |
| 2 | ICT osaaminen |
| 2 | ihmisten johtaminen |
| 2 | innovointi |
| 2 | kemia |
| 2 | kokous- ja neuvottelutaito |
| 2 | kyberturvallisuus |
| 2 | käyttäjäkokemus |

| | |
|---|---|
| 2 | muutokseen sopeutuminen |
| 2 | prosessien sähköistyminen |
| 2 | suurnopeusteknologia |
| 2 | synteettiset polttoaineet |
| 2 | sähköfysiikka |
| 2 | sähkön tuotanto ja varastointi |
| 2 | sähköntuotannon sääriippuvuus lisääntyy |
| 2 | säätötekniikka |
| 2 | teollisuusautomaatio |
| 2 | teorian hallinta ja soveltaminen |
| 2 | uusiutuva energia |
| 2 | verkostojen johtaminen |
| 2 | yhteistyötaidot |
| 1 | asiantuntijuus |
| 1 | adaptiivinen säätö |
| 1 | aiemmin polttoon perustuneiden ratkaisujen sähköistäminen |
| 1 | aiheensa pitää tuntea |
| 1 | akkutekniikat |
| 1 | akkuteknologia sähkön varastointiin |
| 1 | alan parasta verkko-opetusta |
| 1 | alihankintaosaaminen |
| 1 | anturifuusio |
| 1 | argumentointi |
| 1 | armeliaisuus itselle |
| 1 | asenne ja valmiudet toimia |
| 1 | asenne oman osaamisen kehittämiseen |
| 1 | asenteeseen jämäkkyyttä |
| 1 | asiakastyytyväisyys |
| 1 | aurinkokeräimet |
| 1 | automaatio elektroniikassa ja sähkövoimatekniikassa |
| 1 | datan käyttäminen hyödyksi tuuliennusteissa sääennusteissa vesiennusteissa tuotannossa ja kulutuksessa |
| 1 | digiosaaminen kokonaisuutena |
| 1 | edistyksellisten verkko-oppimisympäristöjen rakentaminen |
| 1 | edistyneet ja puhtaat teollisuusprosessit |

| | |
|---|---|
| 1 | elektrolyyserit |
| 1 | elektroniikka tulee kaikkialle |
| 1 | elämänhallinta |
| 1 | energian varastointi |
| 1 | energiantuotannon osalta hajautettua |
| 1 | energiantuotanto hajautuu |
| 1 | energiatehokkuutta |
| 1 | energiatekniikka |
| 1 | eristeiden ja johteiden materiaalitekniikka |
| 1 | esiintymistaidot |
| 1 | etiikka ja ympäristötietoisuus |
| 1 | fyysiset ilmiöt puolijohteissa |
| 1 | hallintoa |
| 1 | halu kehittyä ja oppia uutta |
| 1 | henkinen hyvinvointi |
| 1 | hiilidioksidin käyttö synteettisissä polttoaineissa |
| 1 | huippuasiantuntijoita |
| 1 | HVDC |
| 1 | hyvä kokonaiskäsitys sähköfysiikasta |
| 1 | hyvä suullinen ja kirjallinen kommunikointitaito |
| 1 | hyvän sähkötekniikan pohja |
| 1 | höystetään opiskelua työelämän esimerkeillä |
| 1 | ihmisosaaminen |
| 1 | ihmisten kohtaaminen |
| 1 | ilmastonmuutos |
| 1 | ilmastonmuutos |
| 1 | innovatiivisuus ja kyky nähdä mahdollisuuksia tuotekehityksessä |
| 1 | insinöörit tekevät tulevaisuutta – insinöörinä olemisen ymmärtäminen – asioiden kontekstin ja kokoluokan ymmärtäminen |
| 1 | investoinnin kannattavuus |
| 1 | isompi osa voimalaitoksista liittyy verkkoon konverttereiden välityksellä |
| 1 | itseluottamus |
| 1 | itsenäinen työskentely |
| 1 | itsenäinen työskentely ja tiimityöskentely |
| 1 | itsenäiseen ja itseohjautuvaan työskentelyyn kykeneminen |

| | |
|---|---|
| 1 | itseohjautuvat tiimit |
| 1 | itseohjautuvuus |
| 1 | itsetuntemus |
| 1 | itsetuntemus |
| 1 | itsetuntemusta oppijana |
| 1 | johtaminen asiantuntijana kumppaneiden ohjaaminen projektissa |
| 1 | järjestelmien rajapinnat |
| 1 | järjestelmäsuunnittelu |
| 1 | kaapeliteknologia kaikilla jännitetasoilla |
| 1 | kaapelointi |
| 1 | kannustaminen tohtoriopintoihin yhteistyössä elinkeinoelämän kanssa |
| 1 | kansainvälinen osaaminen |
| 1 | kansainväliset verkostot |
| 1 | kansainväliset virtuaaliympäristössä toimivat tiimit |
| 1 | kansainvälisten projektien johtaminen |
| 1 | kasvanut vastuu omasta työstä |
| 1 | kaupallinen matematiikka |
| 1 | kaupunkien sähkönjakelutekniikka |
| 1 | kaupunkisähkötekniikka |
| 1 | kirjallinen viestintä |
| 1 | klassisen tutkimustyön osaaminen |
| 1 | kodin sähköistyminen |
| 1 | kojeistojen ja ohjauskeskusten rakenne |
| 1 | komponenttivalmistus |
| 1 | konekirjoitustaito |
| 1 | koneoppiminen |
| 1 | koneoppivia suunnittelujärjestelmiä |
| 1 | koodaamista |
| 1 | koodaustaidot |
| 1 | korkean tason simulointi- ja mallinnustyökaluja |
| 1 | korvaavatko ohjelmistotyökalut huippusuunnittelijan |
| 1 | kova ammatillinen osaaminen |
| 1 | kulutusjousto |
| 1 | kunnossapito |
| 1 | kustannuslaskenta |

| | |
|---|---|
| 1 | kyky kehittää yrityksen toiminnan laatua ja tehokkuutta |
| 1 | kyky nähdä mahdollisuuksia |
| 1 | kysyntäjousto sähkömarkkinoilla |
| 1 | käytännön sähkötyöt |
| 1 | käytännön verkonrakennus |
| 1 | laboratoriomittausten osaaminen |
| 1 | laitteiden älykäs käyttäminen ja laitteiden kommunikaatio sähköverkoissa |
| 1 | langaton sähkönsiirto |
| 1 | langattomien latauspisteiden asennukset |
| 1 | langattomien tekniikoiden osaamiset |
| 1 | langattomien verkkojen osaaminen |
| 1 | laskenta- ja simulointiohjelmistojen käyttöä |
| 1 | lisää tietoa teknologian tarjoamista mahdollisuuksista |
| 1 | logistiikka |
| 1 | lohkoketjut |
| 1 | luovuus kansainvälisyystaidot |
| 1 | luovuutta |
| 1 | lämpöpumput |
| 1 | lääketieteellinen sähkötekniikka |
| 1 | mahdollisuuksia tutustua työelämään |
| 1 | mallinnus ja simulointi |
| 1 | marine-puolen sovellukset |
| 1 | markkinointi |
| 1 | materiaalitekniikan osaaminen |
| 1 | matriisiorganisaatiot |
| 1 | merituulivoima |
| 1 | mikrogridit |
| 1 | mitä lisäarvoa tuote tuo asiakkaalle |
| 1 | monialainen yhteistyö |
| 1 | monimutkaisten sähköteknisten ilmiöiden kansantajuistamista |
| 1 | muiden motivointi |
| 1 | muutokseen sopeutuminen |
| 1 | myynti- ja osto-osaaminen |
| 1 | neuvottelutaidot |
| 1 | nöyryys |

| | |
|---|---|
| 1 | ohjelmistokehitys |
| 1 | ohjelmisto-osaaminen |
| 1 | ohjelmistosuunnittelu |
| 1 | ohjelmistotyökaluilla on mahdollista suunnitella elektroniikan piirejä |
| 1 | olemassa olevien teknologioiden tehokas hyödyntäminen |
| 1 | olennaisen hahmottaminen |
| 1 | omaa työn johtaminen |
| 1 | oman identiteetin löytämistä työelämässä |
| 1 | oman liiketoiminnan ymmärtäminen |
| 1 | oman osaamisen tunnistaminen arvon tuoton näkökulma omaan osaamiseen |
| 1 | oman osaamisen tuotteistaminen |
| 1 | oman työn johtaminen |
| 1 | omien ratkaisujen vaikutusten näkeminen ilmastonmuutoksessa |
| 1 | omien vahvuuksia ja heikkouksien ymmärrys |
| 1 | opetushenkilöstön pedagoginen osaaminen |
| 1 | opintojen ohjaus ja opintojen etenemisen sujuvoittaminen |
| 1 | opiskelijan persoonallisuuden testaus minkälaiseen työhön sopii vastakohtana altistaminen kaikelle uudelle ja opiskelija valitsee niistä mieluisan alansa |
| 1 | opiskelun kytkeminen tutkimukseen |
| 1 | opiskelun valinnanvapautta pitäisi olla enemmän |
| 1 | optimoidakseen sähköverkon rakenteita ja kunnossapitoa |
| 1 | osaa hakea parhaat yhteistyökumppanit |
| 1 | osaamisen johtaminen |
| 1 | osaamisensa kehittäminen |
| 1 | osallistumaan yhteiskunnalliseen keskusteluun omasta aihepiiristään |
| 1 | osallistuu asiantuntijan roolissa yhteiskunnalliseen päätöksentekoon |
| 1 | osattava soveltaa teoreettisia tietoja käytäntöön |
| 1 | P2X |
| 1 | P2X |
| 1 | palautteen käsittely |
| 1 | paljon dataa vaativien ongelmien ratkaisua |
| 1 | paljon valinnaisuutta |
| 1 | perusinsinöörejä, joilla on laaja näkemys omasta alastaan ja hyvät työelämä-valmiudet |
| 1 | perustutkimuksen siirto teollisuuden käyttöön jouhevammin |

| | |
|---|---|
| 1 | perusymmärrys ohjelmoinnista |
| 1 | pienet modulaariset ydinvoimalat |
| 1 | piirikaavion lukeminen |
| 1 | projektinjohtaminen taloudellisesti tehokkaasti ja päämäärätietoisesti |
| 1 | prosessiautomaatio |
| 1 | prosessiautomaatio-osaaminen |
| 1 | puettavan teknologian hybridi tuotteet, sähkön talteen otto ja hyödyntäminen |
| 1 | pula sähkötekniikan osaajista |
| 1 | puolijohdemateraalien kehittyminen |
| 1 | puolijohdemateraalien kehittyminen |
| 1 | puolijohdemateriaalien fysiikan tuntemus |
| 1 | puolijohteiden fysiikan ymmärrys |
| 1 | puolijohteiden fysiikan ymmärrys |
| 1 | pystyy vaikuttamaan |
| 1 | radiotekniikka kehittyy |
| 1 | rajapinta voimalaitoksesta verkkoon ei ole enää vain pyörivä kone vaan paljolti konvertteri |
| 1 | rakennusten sähköjärjestelmät |
| 1 | rakennuttajaosaaminen |
| 1 | reflektointitaitojaan |
| 1 | rekrytointitaidot |
| 1 | riittävä teoreettinen pohja |
| 1 | sektorikytkennät |
| 1 | signaalinkäsittely |
| 1 | siirtojännitteen nosto |
| 1 | simulointiympäristöjen hallitseminen |
| 1 | simulointiympäristöt |
| 1 | sinnikkyys |
| 1 | smart grids |
| 1 | softapohjaiset ratkaisut järjestelmien hallinnassa |
| 1 | sopimusoikeudellinen osaaminen |
| 1 | sosiaalinen vaikuttaminen |
| 1 | strategia käytännön operatiivisiksi toimiksi |
| 1 | strategia käytännön operatiivisiksi toimiksi |
| 1 | strategia käytännön operatiivisiksi toimiksi |

| | |
|---|---|
| 1 | stressin hallinta |
| 1 | sulautettu elektroniikka |
| 1 | suomalaista osaamista maailmalle |
| 1 | suullinen viestintä |
| 1 | suullinen viestintä |
| 1 | suullisen viestinnän taito |
| 1 | suunnittelu |
| 1 | suunnittelua |
| 1 | suuntaajatekniikka kulutus |
| 1 | suurjännitetekniikka |
| 1 | suurjännitetekniikka |
| 1 | suurjännitetekniikka |
| 1 | suurnopeusteknologia |
| 1 | synteettiset polttoaineet |
| 1 | systeemiajattelu |
| 1 | systeemiajattelu energiajärjestelmien suhteen |
| 1 | systeemiajattelu ja perinteisten rajojen ylittäminen |
| 1 | systeemiajattelu ja T-mallinen osaaminen |
| 1 | systeemiajattelu T-ajattelu |
| 1 | sähkö halpenee |
| 1 | sähköautojen lataus |
| 1 | sähköenergian kulutuksen moninkertaistuminen |
| 1 | sähköfysiikka johon sähkötekniikka perustuu |
| 1 | sähköinfra |
| 1 | sähköistyminen |
| 1 | sähköistämiseen liittyviä ongelmia |
| 1 | sähköjärjestelmä osana koko energiajärjestelmää |
| 1 | sähkökäyttöjen simulointi |
| 1 | sähkökäytöt |
| 1 | sähkömagnetiikka |
| 1 | sähkömarkkinoiden ja talouden ymmärtäminen |
| 1 | sähkömarkkinoiden ymmärrys tehotasapainon kannalta |
| 1 | sähkön näkeminen sosiaalisessa kontekstissa sähkö elämänlaadun paranta-jana |
| 1 | sähkön näkemistä osana isoa järjestelmää |

| | |
|---|---|
| 1 | sähkön rooli osana energiajärjestelmää |
| 1 | sähkönkulutuksen kasvu |
| 1 | sähkönkäytön lisääntyminen |
| 1 | sähkönsiirron saatavuus |
| 1 | sähkönsiirtoon ja sähkön laatuun liittyviä haasteita |
| 1 | sähkötekniikan yhteydet kone- ja tietotekniikkaan lisääntyvät |
| 1 | sähköverkkojen 3D virtuaalimallien hallintaa |
| 1 | sähköverkkojen suojaus |
| 1 | sähköverkkojen tutkimusta ja suunnitteluosaamista |
| 1 | sähköverkon kunnossapidon ennakointi antureihin ja dataan perustuvan analyysin avulla |
| 1 | sähköverkon säätö olosuhteiden mukaan |
| 1 | sähköä pitää pystyä tuottamaan kestävällä tavalla |
| 1 | säädetyt sähkökäytöt |
| 1 | säätötekniikassa monianturifuusio |
| 1 | säätötekniikka kun koko järjestelmän toimivuus lepää säätöjen varassa |
| 1 | säätötekniikka sähköverkon säädössä ristiinsäädön hallinta |
| 1 | tahtikoneet |
| 1 | taitoja toimia työmailla |
| 1 | taloudellinen ja sosiaalinen aspekti ympäristötietoisuudessa |
| 1 | talous varsinkin tuotantotalous |
| 1 | tehoelektroniikan dynaaminen mallintaminen ja suunnittelu |
| 1 | tehokas ja jämäkkä |
| 1 | tekniikka muuttaa kulttuuria usein ennakoimattomastikin |
| 1 | teknologian hyödyntäminen |
| 1 | teknologian hyödyntäminen |
| 1 | teknologian ymmärtäminen korostuu |
| 1 | teollista tuotantoa tekevien yritysten tapa toimia |
| 1 | teollisuuden energiankulutus siirtyy muista energiamuodoista sähköön |
| 1 | teollisuuden prosessien ymmärtäminen sähkönkäytön kannalta |
| 1 | teollisuuden resurssitehokkuuden kehittäminen |
| 1 | teollisuus siirtyy muista energiamuodoista sähköön |
| 1 | teollisuusyhteistyön kasvattaminen |
| 1 | terveysteknologia |
| 1 | tiedon hallinta ja jakaminen |

| | |
|---|---|
| 1 | tiedon käsittelyyn ja olennaisuuksien tunnistamiseen |
| 1 | tiedon soveltaminen |
| 1 | tiedonhaku ja ongelmanratkaisu |
| 1 | tiedonhakutaidot |
| 1 | tiedonsiirto ja tietoverkko-osaamista |
| 1 | tieteen filosofiaa ja tekniikan etiikkaa |
| 1 | tietoa pitää pystyä hakemaan ja sisäistämään |
| 1 | tietojärjestelmien osaaminen |
| 1 | tietoliikenne ja kertyvän datan varastointi |
| 1 | tietoliikenne- ja tietotekniikka yhdessä muodostavat toimivan sähköverkon |
| 1 | tietoturva verkoissa |
| 1 | tietoturvariskit kasvavat |
| 1 | tiimien ja työn johtaminen |
| 1 | toiminnan automatisointi |
| 1 | tuotantoprosessien kehittämisen |
| 1 | tuotantotalous |
| 1 | tuotehallinta |
| 1 | tuotejohtajuus markkinoilla tuotekehitys |
| 1 | tuotekehityksen lähestymistapa tulisi olla humanistinen |
| 1 | tuotekehityksessä maalin asettaminen |
| 1 | tuotekehitysprojektin hallinta ja johtaminen |
| 1 | tuotesuunnitellun lähtökohtana on oltava ihminen ja käytöstieteet voivat auttaa tässä |
| 1 | tutkimusosaaminen |
| 1 | työelämän ja yliopistojen yhteistyön tiivistäminen |
| 1 | työelämästä mentorointijärjestelmä |
| 1 | työelämätaitojen opetus tulee olla leivottuna sisään sähkötekniikan kursseihin |
| 1 | työelämään soveltuvaa käytäntöä kuin teoriaa |
| 1 | työkaluja ja ohjelmistoja |
| 1 | työkalut ovat kehittyneet |
| 1 | työmaiden valvominen |
| 1 | työnjohto |
| 1 | työntekeminen kansainvälisessä tiimissä |
| 1 | töiden projektiluonteisuus lisääntynyt |
| 1 | urakehitys mentorit työelämästä opiskelijoille |

| | |
|---|---|
| 1 | uudenlaisten teknologiataitojen haltuunotto |
| 1 | uudet pedagogiset ratkaisut |
| 1 | uusia nousevia teknologioita |
| 1 | uusiutuvat energian asettamat vaatimukset sähköjärjestelmälle |
| 1 | valinnaisuutta enemmän opintoihin |
| 1 | valinnan vapaus |
| 1 | valmistavan teollisuuden toimintatapa |
| 1 | valmistustekniikka |
| 1 | valmiudet ja motivaatio jatkuvaan oppimiseen |
| 1 | valmiudet oman osaamisen kehittämiseen |
| 1 | vastuu omasta kehittymisestään myös opintojen jälkeen |
| 1 | vedyn kuljetus ja varastointi |
| 1 | vedyn tuotanto |
| 1 | verkkojen sekä sähkö- että tietoverkkojen |
| 1 | verkonrakennus |
| 1 | verkostoissa toimimisen taidot tiimityötaidot |
| 1 | vierailuluennoitsijoita |
| 1 | viestintä |
| 1 | viestintätaidot |
| 1 | viestintätaidot kirjallisena ja suullisena |
| 1 | virtuaaliset ympäristöt |
| 1 | virtuaalisten välineiden käyttö |
| 1 | virtuaaliympäristöt |
| 1 | voimajärjestelmän stabiilius ja suojaus |
| 1 | VR sovellukset |
| 1 | vuorovaikutus ovat myös taitoja |
| 1 | vuorovaikutusta |
| 1 | vuorovaikutusta erilaisin menetelmin työpäivän lomassa |
| 1 | vähähiilisyys |
| 1 | yhteiskunnallinen vaikuttaminen |
| 1 | yhteiskunnan sähköistyminen |
| 1 | yhteyksiä asiakkaisiin |
| 1 | yleiset työelämävalmiudet |
| 1 | ymmärrys ja esimerkit siitä mikä on pientä ja mikä on suurta |
| 1 | ymmärtää oma roolinsa prosessissa |

| | |
|---|---|
| 1 | ympäristö- ja energiatekniikan osaamiset |
| 1 | ympäristöosaaminen energiatehokkuus elinkaariajattelu |
| 1 | ympäristötietoisuuden pitää läpäistä koko koulutusala |
| 1 | ympäristötietoisuuden taloudellinen sosiaalinen ja teknillinen puoli |
| 1 | ympäristöystävällisyys |
| 1 | yrittäjyydestä ja liiketoiminnasta |
| 1 | yrittäjyys myös sisäinen yrittäjyys |
| 1 | yrityksen talousasiat |

Liite 7. Teemahaastatteluista esiin nousseet yksittäiset osaamistarpeet.

## Perustavat insinööritaidot ja perussähköteknillinen osaaminen

- matematiikka, fysiikka, elektroniikan perusteet
- perusluonnontieteellinen osaaminen (matematiikka, fysiikka, kemia)
- perusmatematiikka
- puolijohteiden fysiikan ymmärrys (pystyy kommunikoimaan suunnittelun kanssa)
- sähköfysiikan hallinta (sähkö, magnetismi, Maxwell-yhtälöt, jne.)
- sähkötekniikan kovasta ytimestä ei voi tinkiä
- perussähkötekniikka
- sähkötekniikan perusosaamisesta ei voi tinkiä

## Insinöörin rooli yhteiskunnassa, työelämätaidot ja sosiaaliset taidot

- kommunikointitaidot (osaa kirjoittaa ajatuksensa auki)
- sosiaaliset taidot
- konekirjoitustaito
- johtaminen
- esimiestaidot
- kielitaito, varsinkin oman äidinkielen hallinta
- etätyö/hybrideityö
- oman työn johtaminen, etätyöt, kasvanut vastuu omasta työstä
- verkostoitumiskyky, verkostojen johtaminen
- HR (Human Resources) taidot, rekrytointitaidot
- sopimusoikeudellinen osaaminen
- yrityksen toimintaperiaate
- talous, tase, tuloslaskelma, poistot, takaisinmaksuaika, investoinnin kannattavuus
- rahanjaon perusteet yrityksessä: omistaja, yritys, työntekijä
- asiakasrajapinnassa toimiminen
- osaa hakea parhaat yhteistyökumppanit, kun kaikkea ei voi tehdä itse
- kansainväliset virtuaaliympäristössä toimivat tiimit
- ymmärtää oma roolinsa prosessissa
- englannin kielitaito
- projektinhallintataidot

- projektinjohtaminen taloudellisesti, tehokkaasti ja päämäärätietoisesti
- pystyy osallistumaan yhteiskunnalliseen keskusteluun omasta aihepiiristään, pystyy vaikuttamaan
- osallistuu asiantuntijan roolissa yhteiskunnalliseen päätöksentekoon
- kansainvälisyys
- yrittäjyys
- sosiaaliset taidot
- muutokseen sopeutumiskyky
- etiikka ja ympäristötietoisuus
- insinöörit tekevät tulevaisuutta – insinöörinä olemisen ymmärtäminen – asioiden kontekstin ja kokoluokan ymmärtäminen
- DI:n on osattava olla oman alansa vaikuttaja, eli on verkostoiduttava ja pystyttävä kommunikoimaan ja osallistumaan keskusteluun oman työnsä aihepiiristä, kaikki DI:t pystyvät toimimaan asiakasrajapinnassa
- sähkön näkeminen sosiaalisessa kontekstissa, sähkö elämänlaadun parantajana
- sosiaaliset kyvyt (neuvottelutaidot, esiintymistaidot)
- kokous- ja neuvottelutaito
- monikulttuurisuus
- hyvä suullinen ja kirjallinen kommunikointitaito
- kielitaito
- englannin kielitaito
- johtaminen
- yrittäjyystaidot
- liiketoimintaosaaminen
- laatuajattelu, kehitetään koko toiminnan laatua, ei vain tuotteen laatua
- strateginen suunnittelu – konkretisointi toimintasuunnitelmaksi
- strategiasta operatiivisen suunnitelman jalkauttaminen
- itseohjautuvat tiimit
- asiakkaan ongelman ratkaiseminen
- ammattitaito alihankkijoiden valinnassa ja toiminnassa alihankkijoiden kanssa, alihankintaverkoston johtaminen
- kyky hankkia ja sisäistää tietoa lukemalla
- tiimityöskentely
- johtaminen
- verkostoituminen

- kansainvälisyys, monikulttuurisuus
- itsensä johtaminen
- tiimien ja työn johtaminen
- verkostojen ja kansainvälisten projektien johtaminen
- henkilöstö- ja osaamisen johtaminen
- liiketoiminnan johtaminen
- alihankintaosaaminen
- kustannuslaskenta
- projektien hallinta
- asiakaskeskeisyys
- myynti- ja osto-osaaminen

### Sähköteknilliset taidot

- simulointiympäristöt (Matlab, Comsol, R)
- ohjelmisto-osaaminen
- automaatio elektroniikassa ja sähkövoimatekniikassa
- automaatio
- sähköverkon kunnossapidon ennakointi antureihin ja dataan perustuvan analyysin avulla
- Smart grids
- hajautettu tuotanto
- V2G (Vehicle to Grid)
- kysyntäjousto sähkömarkkinoilla
- anturitekniikka ja anturifuusio, IoT
- aurinkovoima ja tuulivoima ja siihen liittyvät voimajärjestelmän stabiilius ja suojaus
- aurinkovoiman ja tuulivoiman vaihtelevan luonteen vuoksi tehotasapaino, stabiilius, hetkellinen teho
- energian varastointi (vety, synteettiset polttoaineet)
- hiilidioksidin käyttö synteettisissä polttoaineissa
- aurinkosähkö, aurinkokeräimet
- P2X (Power to X)
- säätötekniikassa monianturifuusio
- materiaalitekniikan osaaminen
- fyysiset ilmiöt puolijohteissa

- signaalinkäsittely
- Comsol
- yhä kehittyvät suunnittelutyökalut ja niiden mahdollisuuksien ymmärtäminen
- laboratoriomittausten osaaminen
- tehoelektroniikan dynaaminen mallintaminen ja suunnittelu
- mallinnus ja simulointi
- laitteiden älykäs käyttäminen ja laitteiden kommunikaatio sähköverkoissa
- säätötekniikka sähköverkon säädössä, ristiinsäädön hallinta
- rajapinta voimalaitoksesta verkkoon ei ole enää vain pyörivä kone vaan paljolti konvertteri
- teollisuuden energiankulutus siirtyy muista energiamuodoista sähköön
- teollisuuden prosessien ymmärtäminen sähkönkäytön kannalta
- sähkömarkkinoiden ymmärrys tehotasapainon kannalta
- datan määrän valtava kasvu ja sen käyttäminen hyödyksi tuuliennusteissa, sääennusteissa, vesiennusteissa, tuotannossa ja kulutuksessa
- dataälykkyys, eli eri rajapinnoista tulevan datan tehokas analysointi ja hyödyntäminen
- uusiutuvat energian asettamat vaatimukset sähköjärjestelmälle
- DI ymmärtää sähkön roolin osana energiajärjestelmään, johon kuuluu mm. liikenne, teollisuus, tuotanto, eli toisin sanoen systeemiajattelu energiajärjestelmien suhteen
- IoT
- säätötekniikka, kun koko järjestelmän toimivuus lepää säätöjen varassa
- sähköjärjestelmä osana koko energiajärjestelmää
- vetytalous
- sähkötekniikan syvä osaaminen, kovia osaajia ja tekijöitä tarvitaan
- sähkötekniikan kovan ytimen osaaminen
- talouden ja sähkömarkkinoiden ymmärtäminen
- hyvä kokonaiskäsitys sähköfysiikasta
- anturointi ja automatisointi
- uusiutuva energia
- älykkäät koneet, IoT

### Muut kuin sähkötekniliset taidot

- perusohjelmointitaito

- AI (Artificial Intelligence)
- Python
- data ja sen analysointi, AI
- IPR (Intellectual Property), keksintöjen suojaus
- tekoäly ja sen hyödyntäminen
- tekoäly
- insinöörien pitäisi itse osata tehdä patentti, patenttitoimistojen tekemät patentit eivät ole hyviä
- asiakastarpeiden ennakointi asiakasta paremmin (klassinen esimerkki: asiakas olisi kyselyn mukaan halunnut aikoinaan nopeampia hevosia, mutta hänelle kehitettiin auto)
- olemassa olevien teknologioiden tehokas hyödyntäminen (toinen klassinen esimerkki: tehtiin silta puusta, kun raudan käyttöä ei vielä osattu)
- prosessiautomaatio-osaaminen
- operational excellence, kyky kehittää yrityksen toiminnan laatua ja tehokkuutta
- customer intimacy, asiakastarpeen syvä ymmärtäminen
- product leadership, tuotejohtajuus markkinoilla, tuotekehitys
- laatuajattelu oppiaineena
- IPR oppiaineena
- asiakastyytyväisyys, asiakaslähtöisyys
- tuotekehitysprojektin hallinta ja johtaminen
- tuotekehitys oppiaineena
- talous, varsinkin tuotantotalous
- kaupallinen matematiikka
- koneoppiminen
- AI
- ICT osaaminen
- koodaustaidot
- moniammatillisuus, ei vain DI
- valmistavat teollisuuden toimintatapa ja tuotehallinta
- perusymmärrys ohjelmoinnista
- kestävyysajattelu
- omien ratkaisujen vaikutusten näkeminen ilmastonmuutoksessa
- budjetin puitteissa ratkaisujen kehittäminen
- systeemiajattelu, T-ajattelu

- tuotekehitysosaaminen
- datan hyödyntäminen
- teollisuusautomaatio
- ohjelmointitaito
- digiosaaminen kokonaisuutena
- kyberturvallisuus
- data-analytiikka
- järjestelmien rajapinnat
- rakennuttajaosaaminen
- kiertotalouden ymmärtäminen
- innovointi
- tuotekehitys
- tutkimusosaaminen
- lohkoketjut

### Opiskelutaidot

- urakehitys, mentorit työelämästä opiskelijoille
- muutoskyky
- sosiaaliset kyvyt
- asenteeseen jämäkkyyttä
- ongelmanratkaisukykyjen kehittäminen
- Jokaisella opiskelijalla on opiskelun tukena mentori työelämästä. Mentorointijärjestelmä on rakennettu ja sitä tuetaan työelämän ja korkeakoulujen yhteistyöllä.
- viisauden opettaminen (viisaat sietävät monimutkaisuutta sekä epäselvyyttä ja ymmärtävät etteivät tiedä kaikkea)
- itsensä johtaminen
- mielenterveyden hoitaminen
- henkinen hyvinvointi
- stressin hallinta
- armeliaisuus itselle
- klassisen tutkimustyön osaaminen
- itsetuntemus
- jatkuva oppiminen
- kokonaisuuksien ymmärtäminen, systeemiajattelu

- kyky uudistua ja oppia uutta
- opiskelijan identiteetti, testaus kesken opiskeluiden ja työuran, mihin töihin sovin
- vastuu omasta kehittymisestään myös opintojen jälkeen
- uskallusta uuteen
- epämukavuusalueen ulkopuolelle meno
- DI ongelmanratkaisijana
- kyky hankkia tietoa lukemalla ja sisäistää sitä

### Opetuksen kehittäminen

- opetus tarkentuu kokoajan vuosittain kun professorit seuraavat tutkimusta ja yritysmaailmaa
- ei ole tarpeen muuttaa kaikkea
- vuonna 2030 ei ole mitään uutta sähkötekniikassa, mitä nyt ei olisi edes laboratoriotasolla, kehityskaari 20..30 vuotta
- työelämän ja yliopistojen yhteistyön tiivistäminen
- opetushenkilöstön pedagoginen osaaminen
- kannustaminen tohtoriopintoihin yhteistyössä elinkeinoelämän kanssa
- edistyksellisten verkko-oppimisympäristöjen rakentaminen
- muutos takaisin teknilliseen korkeakouluun ja sen ongelmanratkaisija-tyyppiseen koulutukseen tiedeyliopistoitumisen sijaan
- teollisuusyhteistyön kasvattaminen
- professoreiksi valittavilla tulisi olla teollisuuskokemusta
- menestystä pitäisi mitata teollisuuden menestymisen eikä julkaisujen perusteella
- perustutkimuksen siirto teollisuuden käyttöön jouhevammin
- opiskelijan persoonallisuuden testaus, minkälaiseen työhön sopii, vastakohtana altistaminen kaikelle uudelle ja opiskelija valitsee niistä mieluisan alansa
- ymmärrys ja esimerkit siitä mikä on pientä ja mikä on suurta
- höystetään opiskelua työelämän esimerkeillä
- valinnaisuutta enemmän opintoihin, pakottaa opiskelijat jo opiskeluvaiheessa suunnittelemaan omaa tulevaisuuttaan ja ottamaan vastuuta opinnoistaan
- muutama pakollinen kurssi – paljon valinnaisuutta
- vastuuta omista opinnoista ja opiskeluvalinnoista opiskelijoille, missä minä olen hyvä, tarkat kurssikuvaukset opinto-oppaaseen työelämän käytännön esimerkkeineen valintoja helpottamaan, miksi tätä kurssia opetetaan

- valitaan Suomen paras luennoitsija kuhunkin aineeseen ja hänen kanssaan tuotetaan loistavat luentovideot videoammattilaisten avulla, korkeakoulujen yhteistyö videoiden teossa, levitys mahdollisesti julkisena
- sähkötekniikan opetuksessa työnjako eri teknillisten yliopistojen välillä, keskittyminen huippuosaamiseen (Tekniikan yliopistokoulutusta tehdään sellaisissa yksiköissä, että ne vetävät opiskelijoita puoleensa niin kansallisesti kuin kansainvälisestikin. Tekniikan koulutusta tarjoavat yksiköt toimivat läheisessä yhteistyössä, kehittävät koulutusta yhdessä ja jakavat resursseja.)
- rinnalla sivuaine (ei saa olla liian rajaava, esim. tuotantotalous, poikkitieteellisyys)
- open your mind (poikkitieteellisyys, sivuopinnot laajentamassa maailmankuvaa)
- seuraava 10v ei tule mitään uutta teknologiaa mistä ei olisi nyt jo tietoa
- valinnaisten opintojen yhteydessä esitellään mahdollisia työprofiileja, minkälaisiin työtehtäviin tämä voi johtaa
- rajojen yli osaaminen niin sähkötekniikassa kuin poikkitieteellisesti
- matematiikan opetuksessa esimerkkejä eri matemaattisten menetelmien käyttökohteista
- jatkuvan oppimisen painottaminen kaikessa oppimisessa
- project-based learning
- flipped classroom
- CDIO (Conceiving, Designing, Implementing, Operating)

### Haastateltavien huomiot yleisellä tasolla

- sähköenergian kulutuksen moninkertaistuminen
- töiden projektiluonteisuus lisääntynyt
- korvaavatko ohjelmistotyökalut huippusuunnittelijan
- puolijohdemateriaalien kehittyminen
- tuotekehityksessä maalin asettaminen
- mitä lisäarvoa tuote tuo asiakkaalle
- Eurostat tilastoista vertailukohde teollisuuden resurssitehokkuuden kehittämiselle, vertailumaana esim. Tanska tai Ruotsi
- kestävä kehitys
- vähähiilisyys
- taloudellinen ja sosiaalinen aspekti ympäristötietoisuudessa
- 10v kuluttua on paljon tuulivoimaa ja ydinvoimaa

- työelämätaidot opitaan työelämässä, koulun tehtävä opettaa sähkötekniikka
- sähkön kulutus nousee 2030 mennessä 50%
- sähkön osaajista tulee pula, sähkötekniikkaa pitäisi markkinoida tulevaisuuden alana, ilmastonmuutoksen hillinnässä sähkötekniikka on pääroolissa
- myös teollisuuslaitoksissa tarvitaan enemmän sähköosaamista, kun prosessit sähköistyvät, sekä järjestelmä- että komponenttitasolla
- sähkönsiirron ja -jakelun ja -tuotannon ja kulutuksen systeemitason muutos tulee olemaan valtava
- ilmastonmuutoksen tärkein torjuntatyökalu on sähköistäminen
- kehitetään opiskelijoiden osaamisia – se antaa mahdollisuuden työelämään
- tulevaisuuden insinööri on enemmänkin konsultti, joka yhdistää tietoa, kaikki tieto on jo käytettävissä
- ohjaako rahallinen palkkio liikaa yliopistoja tohtorintutkintoihin
- diplomi-insinööri on ongelman ratkaisija, ei tiedemies
- sähkön rooli kasvaa pyrkimyksissä hiilineutraaliuteen
- asiakasnäkökulma tuotekehityksessä
- innovatiivisuus ja kyky nähdä mahdollisuuksia tuotekehityksessä
- oman liiketoiminnan ymmärtäminen
- sähkö-, kone-, ja tietotekniikan raja-aidat kaatuvat
- teknologiassa on tulevaisuus ja sillä voi muuttaa maailmaa
- nuoret tarvitsevat lisää tietoa teknologian tarjoamista mahdollisuuksista
- yhteistyö oppilaitosten, korkeakoulujen ja yritysten välillä
- jatkuvasti nopeutuva muutos