



Tampereen ammattikorkeakoulu

AMMATILLINEN OPETTAJAKORKEAKOULU

Opettajankoulutuksen kehittämishanke

Insinöörikoulutuksen matematiikan kurssien
opetussuunnitelmien vertailua eri maiden välillä

Ari Teirilä

2008

TEIRILÄ, ARI: Insinöörikoulutuksen matematiikan kurssien
opetussuunnitelmien vertailua eri maiden välillä

Tampereen ammattikorkeakoulu

Opettajankoulutuksen kehittämishanke

Vastuuopettaja Seppo Janhonen

Toukokuu 2008

Asiasanat: opetussuunnitelmat, insinöörit, matematiikka, tutkintojärjestelmät,
Bolognan prosessi

TIIVISTELMÄ

Kehittämishankkeessa tarkoituksena oli vertailla suomalaista tietotekniikan alan insinöörin tutkintoa mahdollisimman hyvin vastaavien ulkomaisten tutkintojen matematiikan kurssien sisältöjä ja laajuuksia. Samalla tutustuttiin ulkomaisiin ammatillisen korkeakoulutuksen toteuttamistapoihin ja niitä antaviin oppilaitoksiin. Hankkeessa pohdittiin Bolognan prosessin vaikutuksia eurooppalaisessa koulutusjärjestelmässä sekä PISA 2003 -tutkimuksen matematiikan suoritusten yhteyttä matematiikan kursseihin.

Tutkittavat maat olivat Suomi, josta oli mukana kolme ammattikorkeakoulua, Ruotsi, Norja, Saksa, Englanti sekä Euroopan ulkopuolisena maana Yhdysvallat. Tutkimuksen tuloksena todettiin, että sisällöllisesti matematiikan kurssit tutkittavissa oppilaitoksissa vastasivat aika hyvin toisiaan, vaikka matematiikan opintojen osuus kokonaisopintomäärästä vaihtelikin aika laajasti.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ.....	2
SISÄLLYSLUETTELO	3
1 KEHITTÄMISHANKKEEN LÄHTÖKOHDAT.....	4
1.1 Kehittämishankkeen taustaa.....	4
1.2 Kehittämishankkeen tarkoitus ja tutkimusongelmat	6
1.3 Kehittämishankkeen toteuttaminen	9
2 KOULUTUKSEN JÄRJESTÄMINEN ERI MAISSA.....	12
2.1 Bolognan prosessi	12
2.2 Tiedeyliopistojen ja ammatillisen korkeakoulutuksen suhteet	14
2.3 PISA 2003 -tutkimus.....	16
2.4 Koulutusjärjestelmät eri maissa	20
2.4.1 Suomi.....	20
2.4.2 Ruotsi.....	23
2.4.3 Norja	24
2.4.4 Saksa.....	25
2.4.5 Englanti.....	28
2.4.6 Yhdysvallat.....	29
3 INSINÖÖRIKOULUTUKSEN MATEMATIIKAN OPINNOT ERI MAISSA	33
3.1 Suomi	33
3.1.1 Kajaanin ammattikorkeakoulu.....	33
3.1.2 EVTEK	35
3.1.3 Tampereen ammattikorkeakoulu	36
3.2 Ruotsi	38
3.3 Norja.....	40
3.4 Saksa	41
3.5 Englanti	42
3.6 Yhdysvallat	43
4 KEHITTÄMISHANKKEEN TULOKSET JA POHDINTA	46
LÄHTEET	51

1 KEHITTÄMISHANKKEEN LÄHTÖKOHDAT

1.1 Kehittämishankkeen taustaa

Yksi keskeisimpiä nykyaikana vallitsevia yhteiskunnallisia ilmiöitä on voimistuva kansainvälistymis- ja globalisaatiokehitys. Erityisesti Suomen tapaisen väestöltään pienen ja eläköityvän kansakunnan on kansainvälisen kilpailukyvyyn ja tulevaisuuden hyvinvoinnin kannalta välttämätöntäkin houkutella ulkomaalaisia huippuosajia ja -opiskelijoita sekä muuta työvoimaa maahan. Vastaavasti on tärkeää edistää suomalaisten opiskelijoiden ja osajien ulkomailla oleskelua sekä mahdollisuuksia luoda kansainvälisiä kontakteja ja verkostoja yli valtioiden rajojen. Suomi ei tietenkään ole tässä suhteessa mikään poikkeus, vaan muillakin mailla on kansainvälistymisessä samat haasteet ja intressit. Itse asiassa eräs perustavista Euroopan unioninkin johtoajatuksista liittyy nimenomaan ihmisten vapaaseen liikkumiseen Euroopan alueella. Koulutuspolitiikka on tietoisesti haluttu jättää unionin toimivallan ulkopuolelle jäsenmaiden sisäiseksi asiaksi subsidiariteettiperiaatteen mukaisesti (Liljander 2004, 18), mutta on selvä, että Euroopan perinteisesti hyvinkin poikkeavat koulutusratkaisut ja -järjestelmät – muista maista puhumattakaan – eivät ainakaan helpota opiskelijoiden liikkuvuutta.

Bolognan prosessina tunnettu eurooppalainen vapaaehtoisuuteen perustuva korkeakoulutusta harmonisoiva kehitys käynnistyi Sorbonnen julistuksella vuonna 1998. Tämän julistuksen allekirjoittivat Italian, Ranskan, Iso-Britannian ja Saksan korkeakoulutuksesta vastaavat ministerit, mutta yllättäen annettu julistus sai aluksi torjuvan vastaanoton muissa maissa. Eurooppalainen korkeakoulutusta koskeva keskustelu oli kuitenkin alkanut ja jo seuraavana vuonna Bolognassa 29 eurooppalaista opetusministeriä allekirjoittivat julkilausuman, jossa tavoitteeksi asetettiin yhteisen eurooppalaisen korkeakoulutusalueen luominen vuoteen 2010 mennessä. Yhtenä keskeisenä vaikuttimena tässä kehityksessä oli halu parantaa eurooppalaisen koulutuksen kilpailukykyä ja houkuttelevuutta lähinnä liikkuvien ja lahjakkaiden aasialaisten opiskelijoiden silmissä, perinteisesti USA oli ollut ylivoimainen tässä suhteessa. (Liljander 2004, 17-20.)

Vaikka jo ennen Sorbonnen julistusta oli ollut havaittavissa eurooppalaista yhdentymiskehitystä myös koulutuspolitiikassa, niin vasta tämän jälkeen alkoivat konkreettisemmat ja laajemmat toimenpiteet. Itse asiassa kehitys eteni jopa hämmästyttävänkin nopeasti, sillä julistuksen keskeisimmät tavoitteet toteutuvat jo ennen tavoitevuotta 2010. Vaikka Bolognan prosessi alkoikin nimenomaan perinteisiä eurooppalaisia tiedeyliopistoja koskevana hankkeena, niin Bolognan julistuksen jälkeen myös ammatillisella korkeakoulutussektorilla nähtiin tarvetta samanlaiselle harmonisointikehitykselle. (Liljander 2004, 21.)

On huomattava, että Bolognan prosessi ei sisällä ajatusta eri maiden koulutusten sisällöllisestä yhdentymisestä, vaan tarkoitus on nimenomaan yhdenmukaistaa tutkintorakenteiden kirjavuutta ja siten madaltaa esteitä opiskelijoiden liikkumiselle tutkintojen ja erillisinä suoritettavien opintomoduulien parantuneen vertailtavuuden avulla. Eräänlaisena ihanteena nähdään opiskelijoille henkilökohtaisesti räätälöidyt opintosuunnitelmat. Näissä tutkinnon muodostavat erilliset opintokokonaisuudet, jotka voidaan suorittaa tarkoituksenmukaisimmissa oppilaitoksissa useissa maissa. Opiskelija voisi sisällyttää tutkintoonsa suorituksia esim. yliopistoista, ammattikorkeakouluista ja työharjoittelupaikoista eri puolilta maailmaa.

Tavoitteena on saada järkevästi yhdistettyä kaksi tietyllä tavalla vastakkaista pyrkimystä: toisaalta tutkintojen tulisi olla eri maissa yhtenäisiä, jotta esimerkiksi työnantaja insinööriä palkatessaan voisi aina tietää, mitä tämän koulutukseen on kuulunut ja mitä tämä osaa. Toisaalta taas koulutuksen sisältöjen tulisi profiloitua eri maissa ja oppilaitoksissa eri tavoin, jotta niissä voitaisiin keskittyä erityisen vahvoille alueille ja jotta ylipäätään opiskelu muualla olisi mielekästä. Erityisesti tämä korostuu ammatillisessa korkeakoulutuksessa, jossa yhtenä tavoitteena on paikallisen elinkeinoelämän tarpeiden huomioiminen. Virallisissa yhteyksissä kunkin maan viranomaiset päättävät ulkomaisten tutkintojen vastaavuuksista ja tunnustamisesta, esimerkiksi Suomessa julkisen sektorin virkoihin vaadittavien kelpoisuusvaatimusten täyttymisestä päättää opetushallitus. Ulkomaisten akateemisten suoritusten hyväksilukeminen taas on kunkin oppilaitoksen vastuulla, mutta tarvittaessa opetushallitus opastaa tässäkin.

Useat korkeakoulut ovat nykyisin mukana erilaisissa vaihto-ohjelmissa, jolloin toisessa koulussa suoritettujen kurssien hyväksilukeminen on koordinoitumpaa.

Tämän kehittämishankkeen keskeinen motiivi on halu omalta osaltaan kartoittaa vallitsevaa nykytilannetta opintojen kansainvälisen vertailtavuuden näkökulmasta.

Eri maiden peruskoulutusta on verrattu toisiinsa PISA-tutkimusohjelmassa. Se on OECD:n jäsenmaiden ja eräiden muiden maiden yhteistyöprojekti, jonka tarkoituksena on arvioida kolmen vuoden välein järjestettävillä tutkimuksilla 15-vuotiaiden nuorten osaamista matematiikassa, luonnontieteissä, lukutaidossa ja ongelmanratkaisussa sekä havainnoida muutoksia näissä taidoissa. Ensimmäinen PISA-tutkimus järjestettiin vuonna 2000 ja siinä päähuomio kiinnitettiin lukutaitoon, mukana oli tällöin 43 maata. PISA 2003:ssa, johon osallistui 41 maata, keskityttiin matematiikan osaamiseen ja PISA 2006:ssa luonnontieteisiin, tällöin mukana oli jo 57 maata. Suomen erinomaiset testitulokset varsinkin PISA 2003:ssa herättivät paljon kansainvälistä kiinnostusta koulujärjestelmäämme kohtaan. Vaikka erityisesti matematiikan tehtäviä kritisoitiinkin paljon julkisuudessa, voidaan silti kysyä, näkyvätkö saadut varsin selkeät erot eri maiden välillä jotenkin myöhemmillä koulutusportailla. Tämä on myös yhtenä näkökulmana tässä tutkielmassa.

1.2 Kehittämishankkeen tarkoitus ja tutkimusongelmat

Tässä kehittämishankkeessa tarkoituksena on vertailla sekä Euroopan että Euroopan ulkopuolisten maiden ammatillista korkeakoulutusta keskittyen mahdollisimman tarkasti suomalaisen tietotekniikka-alan insinöörin tutkintoa vastaavien ulkomaisten tutkintojen edellyttämiin matematiikan opintoihin. Näin hanke liittyy opintojen kansainvälisen vertailtavuuden arviointiin. On huomattava, että esimerkiksi Suomessa ammattikorkeakoulut saavat itsenäisesti päättää koulutuksen sisällöstä, joten on välttämätöntä mennä vertailussa oppilaitostasolle.

Hankkeessa verrataan toisiinsa valituissa maissa ja oppilaitoksissa vaadittavien matematiikan kurssien laajuuksia, tuntimääriä, niiden ajoittumista opiskelujen ajalle sekä sisältöjä. Insinöörikoulutuksen matematiikan kurssit valittiin tutkimuskohteeksi, koska hankkeen tekijä toimii itse matematiikan opettajana Kajaanin ammattikorkeakoulussa, jossa yhtenä koulutusalanana on insinöörikoulutus. Tietotekniikka-alaan keskitytään puolestaan siksi, että alustavien tarkastelujen perusteella tietotekniikan opinnoissa vaaditaan tyypillisesti paljon matematiikkaa sekä lisäksi ala näyttäisi olevan aika hyvin edustettuna eri maiden oppilaitoksissa, jolloin vertailustakin saadaan hedelmällistä. Hankkeen keskeisin tutkimusongelma voidaan muotoilla seuraavasti:

Miten eri oppilaitoksissa käytössä olevien opetussuunnitelmien mukaan suomalaisista tietotekniikan insinöörikoulutusta vastaavassa koulutuksessa vaadittavat matematiikan kurssit eroavat toisistaan laajuuksiltaan, tuntimääriltään, sisällöiltään ja ajoituksiltaan? Missä määrin opinnot ovat siis näissä suhteissa kansainvälisesti ja oppilaitostasoilla vertailukelpoisia?

Tätä ongelmaa tutkittaessa tullaan sivutuotteena selvittäneeksi myös sitä, miten helppoa ylipäätään esimerkiksi suomalaisilla opiskelijoilla on löytää tietoa ulkomailla suoritettavista oppilaitoksista ja opinnoista varsinkin vakiintuneiden vaihto-ohjelmien ulkopuolelta. On kuitenkin todettava, että nimenomaan nämä oppilaitoskohtaiset vaihto-ohjelmat ovat ensisijaisia ulkomailla opiskelun kanavia, joten tietyssä mielessä tämä kysymys on keinotekoinen.

Jotta edelliseen tutkimusongelmaan voidaan päästä käsiksi, on sitä ennen välttämätöntä perehtyä eri maissa käytössä oleviin ammatillisiin korkeakoulutusjärjestelmiin ja -ratkaisuihin. Toisiaan vastaavia koulutusohjelmia ei voida löytää, ellei tiedetä miten insinöörikoulutus on järjestetty. Tässä yhteydessä esille nousee Bolognan prosessi, koska voitaisiin olettaa, että tämän yhdentymiskehityksen vuoksi eurooppalaisissa oppilaitoksissa toisiaan vastaavat koulutusohjelmat löytyisivät helpommin ja yhdenmukaisimpina kuin Euroopan ulkopuolelta. On kuitenkin tärkeää todeta, että Bolognan prosessi ei puutu ammatillisen korkeakoulutuksen sisältöön eikä edes järjestämistapaan, vaan useat erityyppiset realisaatiot ovat mahdollisia. Kuten myöhemmin nähdään, niin esimerkiksi ammatil-

lisen korkeakoulutuksen ja tiedekorkeakoulutuksen suhteen perusteella onkin ollut tapana erotella toisistaan karkeasti kolme eri mallia: duaalimalli (kuten Suomessa), binäärimalli (kuten Norjassa) sekä yhtenäiskorkeakoulumalli (kuten Iso-Britanniassa). (Neuvonen-Rauhala 2005, 1.)

Eri korkeakoulutussektorien välinen roolijako on muuttunut tai muuttumassa useissa maissa, yhtenä kehityskulkuna näkyy esimerkiksi ns. akateemisen imun (academic drift) vaikutus. Tämä tarkoittaa statukseltaan korkeamman tiedekorkeakoulutuksen käytäntöjen ja sisältöjen siirtymistä ammatillisen korkeakoulutuksen puolelle, mikä on vastoin koko korkeakoulutussektorien työnjaon alkuperäistä ideaa. Myös oppilaitosten autonomiassa on eroja eri maissa johtuen mm. angloamerikkalaisen ja mannermaisen kulttuurin poikkeavista perinteistä suhtautumisesta keskusjohtoisuuteen. Toiseksi tutkimusongelmaksi muotoillaan:

Miten ammatillinen korkeakoulutus (ja koulutusjärjestelmä yleensäkin) on järjestetty eri maissa?

PISA 2003 -tutkimuksessa verrattiin toisiinsa kaikkiaan 41 maan peruskoulutuksen tasoa 15-vuotiaille nuorille annettujen tehtävien avulla. Vuoden 2003 tutkimuksessa pääpaino oli nimenomaan matematiikan osaamisessa, samalla myös pyrittiin arvioimaan nuorten valmiuksia matematiikan jatko-opiskeluun sekä kartoittamaan yleisiä asenteita matematiikkaa kohtaan. PISA 2003-tutkimuksen tuloksia käsitellään tarkemmin myöhemmin, mutta suurta huomiota herätti Suomen sijoittuminen matematiikassa keskiarvotulosten perusteella tutkittujen maiden parhaimmiston. Lisäksi Suomessa tulosten keskihajonta oli selkeästi pienin tutkimuksen huippumaista, joten tutkimuksen perusteella voidaan sanoa, että matematiikan osaaminen Suomessa perusopetuksessa on erinomaista sekä tasa-arvoista.

Seuraavana tutkimusongelmana on selvittää, näkyvätkö erot eri maiden sijoittumisessa PISA 2003 -tutkimuksessa jollakin tavalla peruskoulutuksen jälkeisissä opinnoissa, erityisesti:

Onko havaittavissa yhteyttä eri maiden insinöörikoulutuksen edellyttämien matematiikan kurssien sekä maan sijoittumisen matematiikan osa-alueella PISA 2003 -tutkimuksessa välillä?

Voitaisiin ajatella, että jos Suomessa kerran matematiikan osaaminen peruskoulutustasolla on tasaisen vahvaa, niin jatko-opiskeluiden tasolla matematiikassa ei tarvitsisi käyttää yhtä paljon aikaa matematiikan opiskeluun – eikä varsinkaan matematiikan perusasioiden läpikäymiseen – kuin heikommin menestyneissä maissa. Vai näkyvätkö erot matematiikan taidoissa siten, että paremmin menestyneissä maissa insinöörien matematiikan kursseilla edetään pidemmälle ja vaaditaan enemmän kuin muualla? Entä järjestetäänkö huonommin menestyneissä maissa mahdollisesti enemmän matematiikan kertaus- tai tukiopetuskursseja ennen varsinaisia matematiikan kursseja?

On muistettava, että PISA -tutkimuksessa vertailtiin nimenomaan peruskoulutusta, mutta yleensä sen ja korkeakoulutason välille sijoittuu vielä toisen asteen koulutus, johon myös kuuluu matematiikan opintoja. On luultavaa, että tässä vaiheessa tarvittaessa paikataan peruskoulutuksen matematiikan aukkoja siten, että varsinaisessa insinöörikoulutuksessa voidaan aloittaa suunnilleen samalta tasolta. Tässä kehittämishankkeessa ei kuitenkaan tutkita toisen asteen koulutusta, joten asiaa koskevat pohdinnat perustuvat vain välillisiin tuloksiin. Tämä PISA -tutkimukseen liittyvä tutkimusongelma onkin nähtävä varsinaista ongelmaa täydentävänä lisänäkökulmana, jota ei edes yritetä käsitellä täydellisen kattavasti. Hypoteesina on se, että PISA-menestyksellä ei ole mainittavaa merkitystä insinöörikoulutuksen matematiikan kursseihin, ja tämä hypoteesi hylätään vain, mikäli siihen löytyy erityisen painavia ja kiistattomia syitä.

1.3 Kehittämishankkeen toteuttaminen

Aluksi kehittämishankkeessa perehdytään tarkoituksenmukaisen yksityiskohtaisesti eri maissa käytössä oleviin koulutusjärjestelmiin ja erityisesti ammatillisen korkeakoulutuksen toteuttamistapoihin. Erityisesti on selvitettävä se, mikä tutkinto vastaa mahdollisimman tarkasti suomalaista tietotekniikka-alan insi-

nöörin tutkintoa, ja sen jälkeen on etsittävä tätä koulutusta tarjoavat oppilaitokset, opintojen rakenne, niiden kesto ja vaatimukset sekä erityisesti vaadittavien matematiikan kurssien opintosuunnitelmat.

Luvussa 2 käydään läpi sellaisia ammatillisen korkeakoulutuksen yleisiä piirteitä ja käytössä olevia termejä, joita tarvitaan eri maiden järjestelmien kuvailussa. Myös Bolognan prosessin keskeiset tavoitteet käydään läpi, jotta eurooppalaisia korkeakoulutusratkaisuja voidaan arvioida myös tästä yhdentymisnäkökulmasta, samoin PISA 2003 - tutkimuksen tuloksia käsitellään tarkemmin. Tämän jälkeen esitellään kehittämishankkeeseen mukaan valittujen maiden koulutusjärjestelmien rakenne erityisesti insinöörikoulutuksen osalta. Maiden valinnassa huomioitiin mahdollisuuksien mukaan seuraavat seikat:

- mukaan tulee mahdollisimman monen tyyppisiä koulutusjärjestelmiä ja -ratkaisuja
- valitut maat olivat mukana PISA 2003 –tutkimuksessa, ja ne sijoittuivat eri tasoille matematiikan osa-alueen tuloksissa
- valittujen maiden oppilaitoksista löytyy internetistä tai kirjastoista kattavia tietoja niin, että insinöörikoulutuksen matematiikan kurssien opetussuunnitelmat löytyvät kohtuullisella vaivalla ja mieluiten englannin kielellä
- maantieteellisesti maat kattavat Suomen tason lisäksi muiden Pohjoismaiden tason, muun Euroopan tason sekä Euroopan ulkopuolisen tason.

Seuraavassa vaiheessa valituista maista etsitään tietotekniikkainsinöörin koulutusta antavat oppilaitokset lähinnä internetin avulla, ja samalla haetaan näiden koulutusohjelmien opintosuunnitelmat. Valitut oppilaitokset käydään maittain läpi luvussa 3 samoin kuin niiden insinöörikoulutusohjelmien yleinen rakenne, koulutuksen kesto ja mitoitus sekä muut yleiset seikat sekä erityisesti vaadittujen matematiikan kurssien nimet, sisällöt, laajuudet, tuntimäärät, ajoittumiset ja muut keskeiset piirteet.

Luvussa 4 vertaillaan toisiinsa luvun 3 eri oppilaitosten matematiikan kursseja sekä kvantitatiivisesti että kvalitatiivisesti. Tässä luvussa vastataan aikaisemmin esitettyihin tutkimusongelmiin sekä pohditaan saatujen tulosten merkitystä samoin kuin mahdollisia jatkotutkimusten aiheita.

2 KOULUTUKSEN JÄRJESTÄMINEN ERI MAISSA

Tässä luvussa käsitellään yleisiä koulutukseen liittyviä asioita eri maissa, erityisesti painopiste on korkeakoulusektorilla. Bolognan prosessilla on ollut Euroopan korkeakoulutuksessa huomattava merkitys ja koska se on keskeisessä osassa myös tässä kehittämishankkeessa, sitä käsitellään yksityiskohtaisesti.

2.1 Bolognan prosessi

Eurooppalainen korkeakoulutuspolitiikan harmonisointikehitys käynnistyi konkreettisesti vuonna 1998, kun Saksan, Ranskan, Ison-Britannian ja Italian korkeakoulutuksesta vastaavat ministerit allekirjoittivat Sorbonnen yliopiston 800-vuotisjuhlassa ns. Sorbonnen julistuksen. Tässä julistuksessa tähdättiin muun muassa korkeakoulujen tutkintorakenteiden harmonisointiin. Vaikka olikin selvästi nähtävissä, että kyseisten maiden ministerit käyttivät kansainvälistä yhteistyötä omien kansallisten uudistuspyrkimysten keppihevosena (Lehikoinen 2002, 342) ja vaikka asiasta ei oltu kerrottu etukäteen muiden maiden opetusministereille, niin jo tällöin asetettiin tavoitteeksi valmistella seuraavaksi vuodeksi uusi julistus. Tähän julistukseen toivottiin allekirjoittajaksi mahdollisimman monen Euroopan valtion edustajat.

Kesäkuussa 1999 Bolognassa 29 Euroopan maan opetusministerit tai heidän edustajansa allekirjoittivat Bolognan julistuksen, jossa yleiseksi tavoitteeksi asetettiin yhteisen eurooppalaisen korkeakoulutusalueen luominen vuoteen 2010 mennessä. Päämäärään pääsemiseksi asetettiin seuraavat keinot (Opetusministeriö sekä Liljander 2004, 20):

- Tutkintorakenteiden ymmärrettävyyttä ja vertailtavuutta lisätään lähinnä ECTS-opintosuoritusten siirto- ja mitoitustajärjestelmää sekä tutkintotodistuksen liitettä käyttäen.
- Tutkintorakenteita yhdenmukaistetaan pääsääntöisesti kahden syklin mallin pohjalta. Ensimmäisen syklin tutkinto on 3-4 -vuotinen bachelor-tasoinen tutkinto ja toisen syklin tutkinto tämän jatkeeksi

suoritettava master-tasoinen tutkinto. Näiden jälkeen on mahdollista suorittaa jatkotutkintoja, joita kutsutaan joskus 3. syklin tutkinnoiksi.

- Yhteinen opintojen mitoitussjärjestelmä ECTS otetaan käyttöön. Useissa maissa ei ole ollut käytössä minkäänlaista mitoitussjärjestelmää, vaan tutkintojen laajuus on ilmoitettu vuosina ja lukukausina. ECTS-opintopisteet mitoitetaan siten, että yhden lukuvuoden päätoiminen opiskelu vastaa 60 opintopistettä.
- Opiskelijoiden, opettajien ja muun henkilökunnan liikkuvuutta maiden välillä lisätään purkamalla sitä rajoittavia esteitä.
- Lisätään laadunarviointiin liittyvää eurooppalaista yhteistyötä yhteisten menetelmien ja tasomäärittelyiden löytämiseksi. Tässä keskeisessä asemassa on ENQA-verkosto.
- Kehitetään korkeakoulutuksen eurooppalaista ulottuvuutta esim. kieli- ja kulttuurikoulutuksella.

Bolognan prosessin seuranta varten muodostettiin seurantaryhmä, joka koontuu muutaman kerran vuodessa ja jossa on edustaja kustakin prosessiin osallistuvasta maasta. Ministeritasoisia seurantakokouksia järjestetään kahden vuoden välein. Näistä ensimmäinen oli Prahan seurantakokous v. 2001. Täällä prosessiin hyväksyttiin mukaan muutama uusi maa sekä tavoitteita täydennettiin opiskelijoiden osallistumisella, elinikäisellä oppimisella sekä yhteistutkintojen luomisella. Prahan kokouksessa selvisi, että Bolognan julistuksen tulkinta oli aiheuttanut jäsenmaissa ongelmia. Yleisimmät väärinkäsitykset ja pelot liittyivät ensimmäisen syklin tutkintojen työmarkkinarelevanssiin sekä siihen, että julistuksella katsottiin tähdättävän integroidun korkeakoululaitosmallin pitämiseen ainoana oikeana mallina. Näitä eri malleja käsitellään tarkemmin seuraavassa alaluvussa. Prahan kokouksen loppukommunikassa päädyttiinkin korostamaan eri tavoin orientoituneiden korkeakoulujen ja koulutusohjelmien tarpeellisuutta. (Lehikoinen 2002, 344 sekä Opetusministeriö.)

Seuraavat seurantakokoukset pidettiin v. 2003 Berliinissä, v. 2005 Bergenissä, v. 2007 Lontoossa sekä v. 2009 kokous pidetään Leuvenissa. Kokouksissa on

todettu, että Bolognan prosessin tavoitteet näyttäisivät pääosin toteutuneen jo etuajassa, esimerkiksi v. 2003 päätettiin kaksisyklisten tutkintorakenteiden ja ECTS-järjestelmän käyttöönottoa aikaistaa jo vuoteen 2005. On vielä syytä todeta, että vaikka prosessi alkoikin tiedeyliopistoja koskevana, niin jo heti Bolognan julistuksen jälkeen se ulotettiin myös ammatillista korkeakoulutusta koskevaksi.

2.2 Tiedeyliopistojen ja ammatillisen korkeakoulutuksen suhteet

Korkeakoulujärjestelmät voidaan jakaa karkeasti kolmeen eri luokkaan sen perusteella, miten tiedekorkeakoulutuksen ja ammatillisen korkeakoulutuksen välinen suhde on järjestetty. Eri mallit ovat duaalimalli, binäärimalli sekä integroitu malli. Näistä kaksi ensimmäistä ovat ns. erilliskorkeakoulumalleja ja viimeinen yhtenäiskorkeakoulumalli. Yhtenäiskorkeakoulumallissa korkeakoulutuksen eri muodot toteutetaan samoissa institutionaalisissa puitteissa saman organisaation alaisuudessa. Erilliskorkeakoulumalleista binäärimallissa suoritettavat tutkinnot ovat selvästi peräkkäisiä siten, että ammatillisen sektorin tutkinnon suorittamisen jälkeen voidaan joustavasti siirtyä yliopistollisen tutkinnon pariin. Duaalimallissa taas halutaan korostaa eri sektoreilla suoritettavien tutkintojen erillisyyttä ja rinnakkaisuutta. Vaikka käytännössä onkin mahdollista opiskella molemmilla sektoreilla ja tarvittaessa liikkua niiden välillä, ei kattavaa opintojen hyväksilukujärjestelmää yleensä kuitenkaan ole. (Liljander 2004, 25.)

Selkeä duaalimalli on ollut perinteisesti käytössä mm. Saksassa ja Hollannissa, mistä Suomeenkin haettiin mallia, kun ammattikorkeakoululaitosta perustettiin vuonna 1992. Suomessa on ammatillista korkeakoulutusväylää haluttu pitää erillisenä koulutusväylänä tiedeyliopistoväylän rinnalla, vaikka keskustelua tästä onkin käyty aina ammattikorkeakoulujen perustamisesta lähtien. Tässä vaikuttaa niin sanottu akateeminen imu, joka tarkoittaa statukseltaan arvostetumman tiedekorkeakoulusektorin käytänteiden siirtymistä ammatilliselle puolelle. Tämä näkyy esimerkiksi siten, että ammatilliset oppilaitokset jäljittelevät yliopistomaista opiskelukulttuuria ja omaksuvat samoja arvonimiä ja huomionosoituksia kuin yliopistoissa, ammattikorkeakoulujen opettajistahan pääosa

on itse opiskellut yliopistossa. Toinen vaikutustapa liittyy siihen, että jos merkittävä osa ammattikorkeakoulututkinnon suorittaneista pyrkii yliopistoihin, joudutaan tämä ottamaan huomioon myös opintoja suunniteltaessa (Lampinen 1995, 18.)

Huoli duaalimallin liudentumisesta ja siirtymisestä binääri- tai integroidun mallin suuntaan tai binäärimallin muuntumisesta integroidun mallin suuntaan ei ole turha. Erityisesti binäärijärjestelmän, joka on käytössä esimerkiksi Norjassa, katsotaan olevan vaarassa ajautua integroidun järjestelmän suuntaan. Tämä olikin yhtenä vaikuttimena Suomen päätöksessä rakentaa korkeakoulujärjestelmä duaalimallin mukaisesti. (Liljander 2004, 46).

Isossa-Britanniassa oli 1960-luvulta lähtien ollut käytössä binäärimalli, jossa ammattikorkeakoulut (polytechnics) hoitivat ammatillisen korkeakoulutuksen. Ne alkoivat kuitenkin tavoitella tasa-arvoista asemaa yliopistojen kanssa niitä jäljittelemällä, mikä johtikin vuonna 1992 siihen, että polytechnic-korkeakoulut sulautuivat yliopistolaitokseen ja ne saivat yliopistostatuksen ilman mitään ehtoja tai siirtymäaikoja. Tämä integroituun malliin siirtyminen Isossa-Britanniassa näytti horjuttavan uskoa erillisjärjestelmien toimivuuteen myös muualla Euroopassa, mikä on yllättävääkin siksi, että EU-maista tuolloin integroitu korkeakoululaitos oli käytössä vain Ruotsissa, Espanjassa ja käytännössä Italiassa. Nykyään kuitenkin nähdään yleisesti erilliskorkeakoulut parempana vaihtoehtona, sillä Ison-Britannian ratkaisua ei ole pidetty kovinkaan onnistuneena. (Lehikoinen 2002, 341-348.)

Akateemisen imun lisäksi vaikuttaa myös sille vastakkainen pyrkimys, ns. työelämäimu (Hautala, Orelma & Tulkki 1995, 72). Tämä tarkoittaa sitä, että yliopistot vastaavat ammattikorkeakoulujen synnyttämään kilpailuhaasteeseen jäljittelemällä ammattikorkeakoulujen vetovoimaisia ja työelämän tarpeisiin suuntautuneita koulutusohjelmia. Tämä ilmenee myös siinä, että yliopistot valitsevat hallintoelimiinsä työelämän edustajia. Sekä akateeminen imu että työelämäimu ovat epätoivottuja ilmiöitä, sillä ne hämärtävät korkeakoulusektorien välistä työnjakoa. Nykyään Suomessa kehitys näyttäisi menevän ainakin joillakin paikkakunnilla kohti korkeakoulukonsortioita, jolloin yliopisto ja

ammattikorkeakoulusektorit toimivat yhteistyössä kuitenkin duaalimallin pohjalta. Tällainen kehitys on tapahtumassa mm. Kajaanissa.

2.3 PISA 2003 -tutkimus

PISA 2003 –tutkimuksessa verrattiin toisiinsa 41 maan peruskoulutuksen tasoa 15-vuotiaille nuorille annettujen tehtävien avulla. Mukana olivat seuraavat maat maantieteellisesti ryhmiteltyinä:

Pohjoismaat:	Suomi, Ruotsi, Norja, Tanska, Islanti
Muu Eurooppa:	Alankomaat, Belgia, Englanti (Englannin tuloksia ei raportoitu, koska maan aineisto ei ollut riittävän edustava), Espanja, Irlanti, Italia, Itävalta, Kreikka, Latvia, Liechtenstein, Luxemburg, Portugali, Puola, Ranska, Saksa, Serbia-Montenegro, Slovakia, Sveitsi, Tšekki, Unkari
Aasia ja Oseania:	Australia, Hongkong (Kiina), Indonesia, Japani, Korea, Macao (Kiina), Thaimaa, Turkki, Uusi-Seelanti, Venäjä
Afrikka:	Tunisia
Amerikka:	Brasilia, Kanada, Meksiko, Uruguay, Yhdysvallat

Tutkimuksesta tehtiin Pekka Kuparin ja Jouni Välijärven toimittama loppuraportti 'Osaaminen kestäväällä pohjalla – PISA 2003 Suomessa', johon tämän kehittämishankkeen tiedot perustuvat (Kupari & Välijärvi 2005.) Tutkimuksessa keskityttiin matematiikan osaamiseen siten, että tehtävistä noin 2/3 suuntautui matematiikkaan ja loput luonnontieteisiin, ongelmanratkaisuun ja lukutaitoon. Matematiikan osaamisella tutkimuksessa tarkoitettiin

”yksilöiden kykyä havaita ja ymmärtää matematiikan merkitys ympäröivässä maailmassa, tehdä perusteltuja matemaattisia päätelmiä ja käyttää matematiikkaa nykyisten ja tulevien elämäntilanteidensa tar-

peita vastaavasti, asioista välittävänä ja rakentavasti ajattelevana kansalaisena” (Kupari & Välijärvi 2005, 7).

Tämä lähestymistapa korostaa matemaattisen tiedon soveltamista käytännön tilanteissa, unohtamatta kuitenkaan perustaitoja kuten laskutoimitusten ja terminologian hallintaa sekä ratkaisumenetelmien käyttötaitoja. Mukana olivat sekä matematiikan menetelmällinen ja soveltava puoli että matematiikan esteettiset ja ajanvietteelliset elementit, mutta tämän kehittämishankkeen kannalta mielenkiintoista oli myös nuorten valmiuksien matematiikan jatko-opiskeluun sekä yleisten matematiikkaan liittyvien asenteiden arviointi.

Matematiikasta esitettiin kaikkiaan 85 tehtävää, ja aikaa niiden suorittamiselle oli yhteensä 210 minuuttia. Matematiikan osuus pisteytettiin siten, että OECD-maiden, joita oli mukana 30, keskiarvoksi saatiin 500 pistettä ja keskihajonnaksi 100 pistettä. Tällöin noin kaksi kolmasosaa oppilaista sijoittui asteikolla 400 ja 600 pisteen väliin. Matematiikan suorituspistemäärien jakaumat on esitetty kuviossa 1.

Eriyistä huomiota herättänyt tulos oli se, että Suomi sijoittui keskiarvotulosten perusteella maiden parhaimmiston. Samalle arviointitasolle sijoittui OECD-maista Korea, Alankomaat ja Japani sekä lisäksi OECD:n ulkopuolisista maista Hongkong ja Liechtenstein. Kaikissa muissa tutkimukseen osallistuneissa maissa matematiikan suorituskeskiarvo oli tilastollisesti merkitsevästi heikompi kuin Suomessa (544 pistettä). Pohjoismaista kaikki sijoituivat Norjaa lukuun ottamatta tilastollisesti merkitsevästi 500 pisteen yläpuolelle.

Huomionarvoista oli lisäksi suomalaisten osaamisen tasaisuus, sillä Suomessa matematiikan tulosten keskihajonta (84) oli selkeästi pienin tutkimuksen huippumaista. Siis Suomessa on päästy hyviin tuloksiin ilman merkittäviä osaamiseroja oppilaiden välillä, vaikka luonnollisesti Suomessakin osaaminen vaihteli erinomaisesta erittäin heikkoon. Toisaalta Suomessa huippusuorituksiin ei yltänyt aivan niin moni oppilas kuin monissa muissa hyvin menestyneissä maissa, joten suomalaista perusopetusta voitaisiin kuvailla matematiikassa sekä korkealaatuiseksi että tasa-arvoiseksi. (Kupari & Välijärvi 2005, 34).

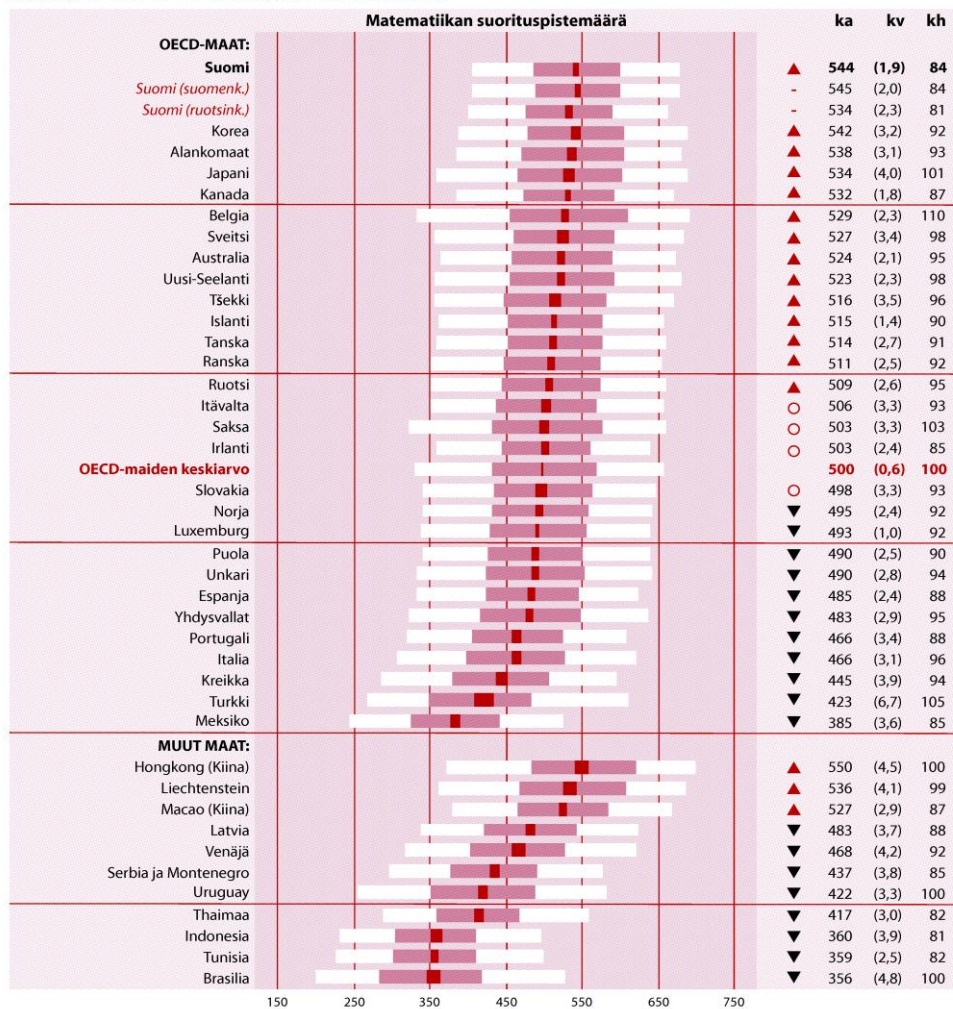
Toisaalta tutkimuksessa tarkasteltiin myöskin oppilaiden kiinnostusta matematiikkaa kohtaan, jolloin havaittiin hieman yllättäen, että suomalaisten kiinnostus oli tutkituista maista neljänneksi heikointa. Heikompaa se oli vain Japanissa, Luxemburgissa ja Itävallassa. (Kupari & Välijärvi 2003, 154.)

Aikaisemmassa PISA 2000 –tutkimuksessa pääpaino oli lukutaidossa, mutta myöskin matematiikan osaamista mitattiin. Tuloksissa Suomi sijoittui tutkituista maista neljänneksi, edellä olivat Japani, Korea ja Uusi-Seelanti. Uusimmassa PISA 2006 –tutkimuksessa keskityttiin luonnontieteiden osaamiseen, mutta matematiikan osuudessa Suomi oli OECD-maiden paras, edellä oli vain ensimmäistä kertaa mukana ollut Taipei (Kiina) ainoastaan yhden pisteen erolla (Opetusministeriö: Koulutuksen arviointikeskus.)

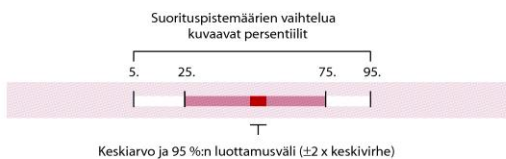


Jukka Törnroos & Pekka Kupari

Kuvio 2.2 Matematiikan suorituspistemäärien jakaumat



- ▲ Maan keskiarvo on OECD:n keskiarvoa tilastollisesti merkitsevästi korkeampi.
- Maan keskiarvo ei poikkea tilastollisesti merkitsevästi OECD:n keskiarvosta.
- ▼ Maan keskiarvo on OECD:n keskiarvoa tilastollisesti merkitsevästi alempi.



ka = keskiarvo
kv = keskiarvon keskivirhe
kh = keskihajonta

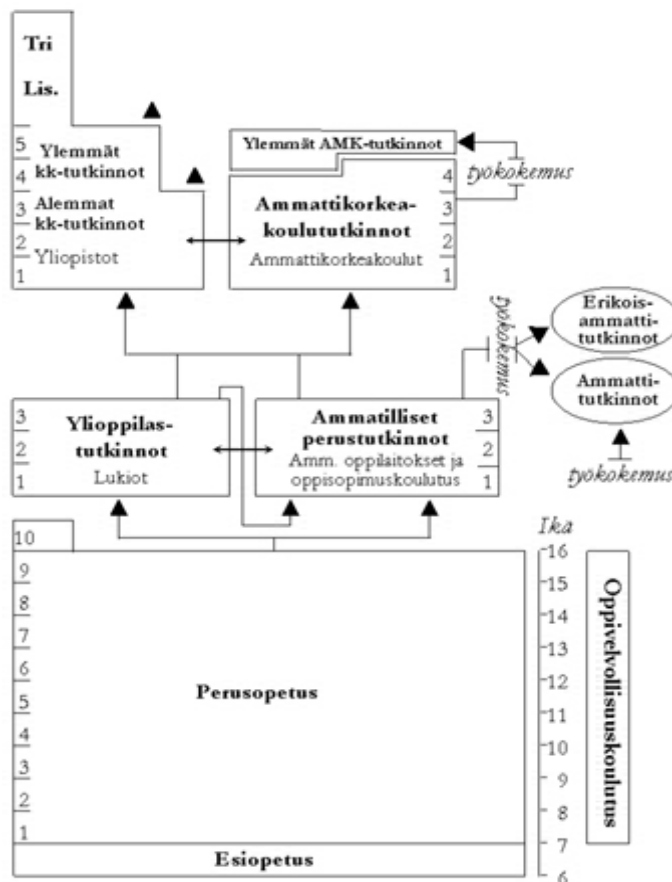
Kuvio 1. Matematiikan suorituspistemäärien jakaumat PISA 2003-tutkimuksessa (Kupari & Välijärvi 2003, s.16).

2.4 Koulutusjärjestelmät eri maissa

Tässä alaluvussa käydään läpi yleisesti koulutusjärjestelmät osana valittujen maiden koulutuspolitiikkaa ja erityisesti teknillisen ammatillisen korkeakoulutuksen, siis suomalaista insinöörin tutkintoa vastaavan koulutuksen, järjestäminen näissä maissa. Kunkin maan kohdalla perustellaan vielä lyhyesti, miksi se on valittu mukaan tähän kehittämishankkeeseen sekä kerrotaan, mikä oppilaitos tuli valituksi kyseisestä maasta. Muiden maiden kuin Suomen koulutusjärjestelmien kuvaukset perustuvat kansainvälisen henkilövaihdon keskuksen CIMOn julkaisemiin maakohtaisiin oppaisiin.

2.4.1 Suomi

Suomen koulutusjärjestelmää voidaan kuvata kuviolla 2 (Opetushallitus 2008).



Kuvio 2. Suomen koulutusjärjestelmä (Opetushallitus 2008)

Suomessa yleinen oppivelvollisuus alkaa 7-vuotiaana ja päättyy 16 vuoden ikäisenä, jonka jälkeen voidaan hakeutua toisen asteen koulutukseen joko yleisivistäviin lukioihin tai ammatillisiin oppilaitoksiin. Toisen asteen jälkeinen korkeakoulutus on Suomessa järjestetty nykyään selkeään duaalimallin mukaisesti: yliopistoissa (joihin luetaan myös esim. teknilliset korkeakoulut ja taidekorkeakoulut) keskitytään korkeimpaan opetukseen ja tutkimukseen, kun taas ammattikorkeakouluissa painotetaan soveltavaa tutkimusta, tuotekehitystä ja läheisiä työelämäyhteyksiä. Nämä kaksi sektoria ovat toisilleen rinnakkaisia, eikä siis ammattikorkeakoulututkinto ole mikään yliopistotutkintoon valmistava esitutkinto. Ammattikorkeakouluissa voidaan opiskella kaikkiaan kahdeksalla koulutusosalalla, joista yksi on tekniikan ja liikenteen ala.

Suurin osa ammattikorkeakouluista on monialaisia eli niissä on edustettuina useita eri koulutusaloja. Useilla kouluilla on opetusta monissa toimipisteissä eri paikkakunnilla, ja tyypillisesti ammattikorkeakouluissa opiskelee n. 1 000 - 14 000 opiskelijaa. Ammattikorkeakouluihin haetaan yhteishaussa keväisin ja syksyisin (vieraskielinen koulutus ja aikuiskoulutus ovat yhteishaun ulkopuolella), ja tutkintoon johtava koulutus on toistaiseksi maksutonta. Ammattikorkeakoulut ovat autonomisia siten, että opetusministeriö vahvistaa koulutusohjelmat ja myöntää koulutuspaikat, mutta opetuksen järjestäminen ja toteuttaminen on koulujen omalla vastuulla. (Opetushallitus 2008.)

Tekniikan alalla Bolognan prosessin edellyttämä ensimmäisen syklin tutkinto yliopistoissa on tekniikan kandidaatin tutkinto (180 opintopistettä, joka vastaa kolmea päätoimista opiskeluvuotta) ja toisen syklin tutkinto diplomi-insinöörin tutkinto (yhteensä 300 opintopistettä eli 5 vuotta). Tämän jälkeen on mahdollista suorittaa jatkotutkintoina tekniikan lisensiaatin tai tohtorin tutkinnot. Ammattikorkeakouluissa ensimmäisen syklin tutkinto on insinöörin (AMK) tutkinto (240 op eli 4 vuotta) ja toisen syklin tutkinto eli ylempi ammattikorkeakoulututkinto on insinööri (ylempi AMK) (yhteensä 300 op). Ylempi ammattikorkeakoulututkinto antaa esimerkiksi julkisen sektorin virkoihin saman kelpoisuuden kuin ylempi korkeakoulututkinto. Insinöörin (AMK) tutkinnon suoritettua voidaan hakea yliopistoihin opiskelemaan diplomi-insinöörin tutkintoa tekniikan kandidaatin tasolta, mikäli ensin suoritetaan lähinnä matematiikassa ja fysiikas-

sa täydentäviä opintoja. Tällainen rinnakkaisten sektorien välinen poikittaisliike mahdollistaa kattavat jatko-opiskelumahdollisuudet ja estää koulutuksellisten umpikujien syntymistä.

Suomessa ammattikorkeakoulujen perustaminen aluksi kokeiluina vuonna 1992 ja sittemmin vakiintuneina on suurimpia koulutuspoliittisia uudistuksia maassamme viime vuosina. Euroopassa ammattikorkeakouluja oli perustettu yliopistojen rinnalle jo 60-luvulta lähtien, mutta Suomessa edettiin eurooppalaista yleistä kehitystä hitaammin. Ammattikorkeakoululaitoksella haluttiin parantaa ammatillisiin asiantuntijatehtäviin tähtäävien koulutuksen laatua, ottaa paremmin huomioon työelämän ja yhteiskunnan muutokset, pyrkiä koulutusrakenteiden kansainvälisen vertailtavuuden lisäämiseen, kohottaa ammatillisen koulutuksen vetovoimaisuutta ja arvostusta sekä yhdistää Suomen hajanaista oppilaitosverkkoa. (Liljander 2002, 31).

Ammattikorkeakoulujen lukumäärä on parhaillaan muuttumassa, mutta syksyllä 2008 Suomessa on opetusministeriön alaisuudessa 26 ammattikorkeakoulua sekä lisäksi Ahvenanmaalla toimiva Högskolan på Åland ja Poliisiammattikorkeakoulu Tampereella. Ammattikorkeakouluista osa on kunnallisia, osa kuntayhtymien omistamia ja osa yksityisiä. Tietotekniikan insinöörikoulutusta järjestetään lukuvuonna 2008-2009 19 ammattikorkeakoulussa.

Koska Suomen tietotekniikka-alan insinöörikoulutus on tässä kehittämishankkeessa tavallaan mittatikkuna, johon muiden maiden koulutuksia verrataan, Suomesta valittiin mukaan kolme ammattikorkeakoulua: Kajaanin ammattikorkeakoulu, EVTEK-ammattikorkeakoulu (joka yhdistyy syksyllä 2008 Stadian kanssa Metropolia ammattikorkeakouluksi) sekä Tampereen ammattikorkeakoulu. Näissä kaikissa tarjotaan tietotekniikka-alan insinöörikoulutusta, joten kansainväliselle vertailulle saadaan hyvä pohja, kun Suomen tilanne ja sisäinen vaihtelu matematiikan kursseissa selvitetään aluksi.

2.4.2 Ruotsi

Tämän alaluvun tiedot perustuvat CIMOn julkaisemaan oppaaseen Suuntana Ruotsi (Lokkila, Lounela & muut 2005.)

Ruotsissa yleinen oppivelvollisuus alkaa seitsemän vuoden iässä ja jatkuu, kunnes yhdeksänvuotinen peruskoulu (grundskola) on suoritettu. Peruskoulun päättötodistus oikeuttaa jatkamaan vapaaehtoisessa kolmivuotisessa lukiossa (gymnasieskola), jonne lähes kaikki myös menevät. Lukiossa opiskeleminen on maksutonta ja niistä suurin osa on kunnallisia, mutta myöskin yksityisiä lukioita on olemassa. Ruotsin lukiot poikkeavat suomalaisista siinä, että näissä opiskelijat voivat valita kaikkiaan 17 eri ohjelmavaihtoehdosta, jotka vielä jakautuvat opiskelun toisena ja kolmantena vuotena suuntautumisvaihtoehtoihin. Eräs näistä vaihtoehtoista on tekninen ala.

Ohjelmavaihtoehtoista kahdella, luonnontieteellisellä ja yhteiskuntatieteellisellä alalla, on selvä korkeakouluopintoihin valmistava luonne, mutta kaikissa muissa ohjelmissa opintoihin sisältyy ammatillisia aineita sekä koulun ulkopuolella tapahtuvaa työharjoittelua. Ruotsissa ei olekaan Suomesta poiketen erikseen varsinaisia toisen asteen ammatillisia oppilaitoksia, vaan kaikki toisen asteen koulutus järjestetään näissä lukioissa. Kaikki lukion koulutusohjelmat antavat laaja-alaisen yleissivistyksen sekä yleisen kelpoisuuden korkea-asteen opintoihin.

Integroidun mallin mukainen korkea-asteen koulutus tapahtuu Ruotsissa yliopistoissa tai muissa korkeakouluissa, joita ovat esimerkiksi taidekorkeakoulut, terveydenhuoltoalan korkeakoulut sekä tämän kehittämishankkeen kannalta olennaiset teknilliset korkeakoulut. Suurin osa korkea-asteen oppilaitoksista on valtiollisia, mutta muutamat ovat kunnallisia tai yksityisiä. Korkeakoulut eroavat toisistaan profiililtaan siten, että jotkut ovat erikoistuneet tietyn alan opetukseen. Myöskin yliopistojen ulkopuolisissa korkeakouluissa on mahdollista opiskella yhtä pitkälle kuin yliopistoissa ja niissä on myös mahdollisuuksia tutkimuksen tekemiseen. Naapurimaa Ruotsi valittiin kehittämishankkeeseen

mukaan sen läheisyyden lisäksi siksi, että saataisiin mukaan integroidun mallin mukaisia korkeakouluratkaisuja.

Kaikissa korkeakouluissa hakijoiden on täytettävä yleiset kelpoisuusvaatimukset, jotka ovat samat kaikissa koulutusohjelmissä sekä lisäksi useimmilla koulutusohjelmilla on omia erityisvaatimuksia. Korkea-asteen tutkintoja on kahdenlaisia. Yleisiä korkeakoulututkintoja ovat kaksivuotinen högskoleexamen, kolmivuotinen kandidaatin tutkintoa vastaava kandidatexamen sekä nelivuotinen maisterin tutkintoa vastaava magisterexamen. Ammatilliset korkeakoulututkinnot antavat pätevyyden tiettyyn ammattiin, esimerkiksi lääkärin tai opettajan ammatteihin, ja niitä on eri pituisia.

Ruotsin korkeakouluista tähän kehittämishankkeeseen valittiin mukaan Blekinge tekniska högskola, koska siitä löytyi tietoa opiskelusta kattavasti internetistä. Oppilaitoksessa on mahdollista suorittaa viisivuotinen 300 ECTS-pisteen laajuinen civilingenjör-tutkinto, joka vastaa suomalaista diplomi-insinöörin tutkintoa sekä kolmivuotinen bachelor-tasoinen 180 opintopisteen laajuinen högskoleingenjör-tutkinto, joka näyttäisi lähinnä vastaavan suomalaista insinöörin tutkintoa. Tämän suorittaneilla on lisäksi jatko-opiskelumahdollisuus master-ohjelmissä, mutta ne eivät ole rinnastettavissa civilingenjör-tutkintoon. (Blekinge tekniska högskola 2008.)

2.4.3 Norja

Tämän alaluvun tiedot perustuvat CIMOn julkaisemaan oppaaseen Opiskelemaan Norjaan (Hjulstad-Junttila, Lounela & CIMO 2002.)

Norjassa yleinen oppivelvollisuus alkaa kuuden vuoden iässä ja kestää 16-vuotiaaksi saakka. Tämän jälkeen kaikilla 16-19-vuotiailla norjalaisilla on lakisääteinen oikeus kolmivuotiseen toisen asteen koulutukseen. Toisen asteen oppilaitokset tarjoavat yleissivistävää-, ammatillista- sekä oppisopimuskoulutusta, usein vieläpä samassa koulurakennuksessa. Toisen asteen opinnot johtavat joko tutkintoon, joka oikeuttaa pääsyyn korkeakouluihin (yleissivistävät opinnot) tai ammattitutkintoon, joka antaa täyden tai osittaisen ammattipätevyyden.

Myös ammatillisen tutkinnon suorittaneilla on mahdollisuus jatkaa myöhemmin korkea-asteen koulutuksessa.

Korkea-asteen koulutus jakaantuu Norjassa kahteen sektoriin: yliopistoihin ja yliopistotason tiede- ja taidekorkeakouluihin sekä muihin, ei-yliopistotason korkeakouluihin. Ei-yliopistotason korkeakoulut voidaan jakaa edelleen valtion korkeakouluihin, taidekorkeakouluihin sekä yksityisiin korkeakouluihin.

Norjan malli ammatillisen korkeakoulutuksen ja tiedekorkeakoulutuksen suhteen perusteella on pitkälti binäärimallin mukainen. Valtion korkeakoulut tarjoavat ammatillista korkeakoulutusta mm. opettajankoulutuksessa, terveydenhuollossa sekä tekniikan ja talouden aloilla. Näissä korkeakouluissa on myös mahdollista opiskella ylemmän tason kursseja, joiden opetus on kytketty yliopisto-opetukseen. Opiskelijat voivat siis yhdistellä korkeakouluopintojaan yliopistotason opetuksen kanssa, ja molemmissa suoritettuja opintoja voidaan sisällyttää bachelor- ja master-tasoiisiin tutkintoihin. Norja valittiin mukaan hankkeeseen lähinnä binäärimallin edustajana, lisäksi PISA 2003-tutkimuksessa Norja sijoittui matematiikan osuudessa ainoana pohjoismaana OECD-maiden keskitason alapuolelle. (Kuvio 1).

Tähän kehittämishankkeeseen valittiin Norjasta valtion korkeakoulu Høgskolen i Bergen, koska sieltä löytyi internet-sivuilta selkeästi haluttua tutkintoa vastaava koulutus. (Høgskolen i Bergen 2007.)

2.4.4 Saksa

Saksan koulutusjärjestelmää kuvaavat tiedot perustuvat CIMOn julkaisemaan oppaaseen Suuntana Saksa (Hirvisalo-Lahti, Leppänen & Tiilikainen 2006.)

Saksan koulujärjestelmä on valtion valvonnassa. Koulutuspoliittiset asiat on jaettu valtion ja eri osavaltioiden kesken siten, että lakien soveltaminen on jätetty osavaltioiden tehtäväksi. Maassa on kuitenkin yhtenäinen koulutusjärjes-

telmä, 9-vuotinen oppivelvollisuus sekä koko maassa hyväksyttävät kokeet ja tutkinnot.

Yleensä 4-vuotiseen peruskouluun (Grundschule) mennään 6-vuotiaina, minkä jälkeen opetusta tarjoavat vaihtoehtoisesti Hauptschule, Realschule, Gesamtschule sekä Gymnasium. Näistä Hauptschule tähtää ammattikoulutukseen, 9-10-vuotinen Gymnasium yliopisto-opiskeluun ja 6-vuotinen Realschule on puolestaan näiden välimuoto. Gesamtschule on sekamuoto kaikista muista muodoista, ja sieltä voi saada joko Hauptschulen tai Realschulen päättötodistuksen tai oikeuden siirtyä jatkamaan Gymnasiumiin. Näiden muotojen lisäksi eri osavaltioissa on vielä lukuisia eriasteisia koulumuotoja.

Hauptschulen ja Realschulen jälkeen 15-16-vuotiaina siirrytään useimmiten ammatilliseen koulutukseen, jossa on valittavana kaksi väylää: suositumpi oppisopimuskoulutus (Duales System) tai täysipäiväinen opiskelu ammattiin valmistavassa koulussa (Berufsfachschule). Muita toisen asteen ammatillisia oppilaitoksia ovat Fachoberschule sekä Berufsoberschule, jotka oikeuttavat ammattikorkeakouluissa (Fachhochschule) jatkamiseen. On myös mahdollista saavuttaa tätä kautta yleinen korkeakoulukelpoisuus. Gymnasium aloitetaan useimmiten jo 4. luokalta, ja ylioppilastutkinto suoritetaan joko 12. tai 13. luokalla. Tämä tutkinto antaa suoraan yleisen korkeakoulukelpoisuuden.

Fachschule sijoittuu toisen asteen oppilaitosten ja korkeakoulujen välimaastoon ja se luokitellaankin ns. kolmannen asteen koulutukseksi. Koulussa on mahdollista suorittaa ammatillisia jatko-opintoja ja saavuttaa tietyin edellytyksin ammattikorkeakoulukelpoisuuden. Näihin kouluihin vaaditaan muutaman vuoden pituinen käytännön työkokemus.

Varsinainen korkeakoulutus on Saksassa järjestetty selvästi duaalimallin mukaisesti, minkä edustajana se tähän hankkeeseen valittiinkin mukaan. Korkeasteen koulutusta annetaan yliopistoissa (Universitäten), taide- ja musiikkikorkeakouluissa (Kunst- und Musikhochschulen) sekä ammattikorkeakouluissa (Fachhochschulen). Näiden lisäksi on useita eri aloihin erikoistuneita korkeakouluja. Vielä on olemassa ns. ammattiakatemiaita (Berufsakademien), jotka

ovat eräänlaisia korkeamman ammatillisen koulutuksen oppisopimusvariaatioita. Niiden tutkinnot vastaavat saman alan ammattikorkeakoulututkintoa, esimerkiksi insinööriksi on mahdollista valmistua tätä kautta.

Ammattikorkeakoulut nauttivat Saksassa suurta arvostusta, ja niiden juuret ulottuvat 1960-luvun loppupuolelle. Näissä koulutusohjelmia on erityisesti tekniikan, liiketalouden, sosiaalityön, informatiikan sekä muotoilun aloilla. Lisäksi on erikseen hallintoammattikorkeakoulut, jotka kouluttavat työntekijöitä julkishallinnon tehtäviin.

Saksa on toiminut Bolognan prosessissa aktiivisena toimijana, ja Saksa onkin pyrkinyt lisäämään houkuttelevuuttaan ulkomaisten opiskelijoiden silmissä monin tavoin. Esimerkiksi ulkomaalaisten oleskelu- ja työlupasäädöksiä on helpotettu. On myös mahdollistettu korkeakoulujen opiskelijaksi hakeutuminen ilman riittävää saksan kielen taitoa, tarkoitus on että kielitaito hankitaan opintojen edetessä. (Liljander 2004, 27.)

Saksan perinteiset korkea-asteen tutkinnot, kuten yliopistojen Diplom- ja Magister-tutkinnot sekä ammattikorkeakoulujen Diplom (FH) -tutkinnot, on jo käytännössä korvattu Bolognan prosessin mukaisilla bachelor- ja master-rakenteisilla tutkinnoilla niin yliopistoissa kuin ammattikorkeakouluissakin. Bachelor-tutkintoon johtava koulutus vie 3-4 vuotta ja Master-tutkintoon johtava lisäksi 1-2 vuotta ja ajatuksena on, että ammattikorkeakouluissa tässä välissä hankittaisiin työelämäkokemusta. Yleensä yliopistoissa Bachelor-tutkinnon suorittaneet jatkavat master-ohjelmissa yliopistoissa ja ammattikorkeakouluissa suorittaneet ammattikorkeakouluissa, vaikka teoriassa toisinkin voidaan valita. Ammattikorkeakouluissa Master-tutkinnon suorittaneen on mahdollista hakeutua myös yliopistojen tohtoriopintoihin.

Kehittämishankkeeseen valittiin mukaan Hampurissa sijaitseva ammattikorkeakoulu Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg ja sieltä bachelor-tasoinen koulutusohjelma Information Engineering. (Hochschule Angewandte Wissenschaften Hamburg 2008.)

2.4.5 Englanti

Tämän alaluvun tiedot perustuvat CIMOn julkaisemaan oppaaseen Suuntana Britannia. (Ingerttilä, Työministeriö & CIMO 2003.)

Ison-Britannian eri alueiden koulutusjärjestelmät poikkeavat hieman toisistaan, joten tässä keskitytään Englannissa käytössä olevaan järjestelmään. Myös Walesin järjestelmä on lähes samanlainen, mutta Pohjois-Irlannissa ja varsinkin Skotlannissa on enemmän eroja.

Englannissa oppivelvollisuus alkaa jo 5-vuotiaana (Pohjois-Irlannissa 4-vuotiaana) ja kestää 16-vuotiaaksi saakka. Suurin osa lapsista käy valtion kouluissa, pieni osa kuitenkin on oppilaana yksityisissä kouluissa, joiden lukukausimaksujen maksaminen on vanhempien vastuulla. Oppivelvollisuuskoulun kuusi ensimmäistä vuotta muodostavat ns. Primary Schoolin, josta siirrytään Secondary Schooliin yleensä 11-vuotiaana. Secondary Schoolin päätteeksi suoritetaan 16-vuotiaana päättökoe, General Certificate of Secondary Education eli GCSE. Oppilaiden erikoistuminen alkaa jo 14 vuoden iässä, jolloin he valitsevat suppeamman määrän aineita, jotka he sitten suorittavat GCSEssä. Tässä vaiheessa tehdyillä valinnoilla on ratkaiseva merkitys valittaessa eri koulutusaloja myöhemmin.

Oppivelvollisuuden suorittamisen jälkeen suurin osa jatkaa opintojaan joko lukiotasolla tai ammatillisessa koulutuksessa, mutta noin 30 % aloittaa työnteon tai siirtyy esimerkiksi oppisopimuskoulutukseen. Oppilas voi jatkaa opiskeluaan suomalaista lukiota vastaavissa Secondary Schoolin ylemmillä luokilla (Sixth Form) tai siirtyä erillisiin Sixth Form Collegeihin. Lukiotason opiskelu kestää kaksi vuotta, jonka jälkeen suoritetaan päättökoe, joka tunnetaan nimellä A-levels.

Ammatillinen toisen asteen koulutus annetaan Further Education Collegeissa, joissa on tarjolla useita ammatillisia tutkintoja, joista yleisin on General National Vocational Qualification eli GNVQ. Tarjolla on myös käytännöllisempi

National Vocational Qualification eli NVQ-tutkinto, jonka voi suorittaa osaksi näyttökokeilla ja jossa voi hyödyntää aiempaa työkokemusta.

Eri toisen asteen väylät ovat osittain limittäisiä, ammatillista koulutusta voi saada jossain määrin myös Sixth Form Collegeissa sekä yleissivistävää koulutusta Further Education Collegeissa. Osa näistä tarjoaa myös korkea-asteen opintoja yhteistyössä korkeakoulujen kanssa.

Korkeakoulutusta Englannissa tarjoavat sekä varsinaiset yliopistot (Universities) että korkeakoulut (Colleges of Higher Education). Aiempi jako yliopistoihin ja ammattikorkeakouluihin lakkautettiin vuonna 1992 kuten aiemmin on jo todettu, ja yliopistoissa ja korkeakouluissa suoritettavat tutkinnot ovat kaikki samantasoisia riippumatta tutkinnon myöntäjästä. Korkeakoulut ovat usein kooltaan pienempiä ja niiden oppiainevalikoima on erikoistuneempi kuin yliopistoissa. Teknilliset korkeakoulut ovat esimerkkejä tällaisista. Perustutkinto on nimeltään Bachelor Degree, jonka suorittaminen kestää yleensä 3-4 vuotta ja jatkotutkinnoista yleisin on Master's Degree. Sen suorittaminen kestää useimmiten yhden vuoden. Pääsyvaatimuksena jatko-opiskeluihin on yleensä hyvin arvosanoin suoritettu perustutkinto samassa oppiaineessa. Englanti on tässä tutkielmassa mukana integroidun järjestelmän edustajana.

Englannista valittiin hankkeeseen mukaan Bristol Institute of Technology ja sieltä Bachelor of Engineering (Electrical and Electronic Engineering) -tutkinto. (Bristol Institute of Technology 2008.)

2.4.6 Yhdysvallat

Tämän alaluvun tiedot perustuvat CIMOn julkaisemaan oppaaseen Suuntana Yhdysvallat. (Mölsä & Topi 2005.)

Yhdysvallat valittiin tähän kehittämishankkeeseen mukaan Euroopan ulkopuolisenä edustajana sen houkuttelevuuden ja laaja-alaisuuden vuoksi, korkeakoulujakin maassa on tuhansia. Yhdysvallathan voidaan nähdä nimenomaan Euroo-

pan tärkeänä kilpailijana esimerkiksi aasialaisten opiskelijoiden opiskelumaana. Vaikka maassa onkin kansainvälisesti todella korkeatasoisia huippuyliopistoja, on Yhdysvalloissa myös paljon kyseenalaisia akkreditoimattomia näennäsiyliopistoja, jotka usein markkinoivat itseään näkyvästi ja pyrkivät houkuttelemaan juuri ulkomaisia opiskelijoita.

Yhdysvaltain koulutusjärjestelmä on monimuotoinen ja hajautettu. Liittovaltio ei valvo opetustointia, vaan koulutuksen järjestäminen on osavaltioiden vastuulla. Paikallisilla koulupiireillä, joita on noin 15 000, on laaja itsehallinto, joten täsmällisempää olisikin puhua Yhdysvaltain koulutusjärjestelmästä monikossa. Kaikilla koulutusasteilla on sekä julkisia (public) että yksityisiä (private) oppilaitoksia. Julkiset oppilaitokset ovat osavaltion ylläpitämiä, yksityiset taas voivat olla esimerkiksi vanhempainyhdistysten, aatteellisten tai uskonnollisten yhdistysten ylläpitämiä. Oppilaitoksen tasoa ei voi suoraan päätellä siitä, onko se julkinen vai yksityinen, vaan taso vaihtelee oppilaitosten mukaan.

Jokainen osavaltio määrittelee oppivelvollisuuden alkamis- ja päättymisiään, mutta yleensä se alkaa kuuden vuoden iässä ja päättyy 16-18 -vuotiaana. Oppivelvollisuuskoulun muodostavat perusasteen koulutus (primary education) ja osittain toisen asteen koulutus (secondary education). Perusasteen koulu Elementary School käsittää tavallisesti luokat 1-6, samoin toisen asteen koulutus on yleensä kuusivuotinen. Se jakautuu kahteen osaan: Junior High School, joka käsittää luokat 7-9, sekä Senior High School, joka käsittää luokat 10-12. Luokat voivat ryhmittyä muullakin tavalla. On syytä muistaa, että Senior High Schoolia ei voi suoraan rinnastaa suomalaiseen lukioon, koska niissä opiskelee koko ikäluokka, ja eriytyminen tapahtuu vasta seuraavalle koulutustasolle (post-secondary education) mentäessä.

Senior High Schoolissa on valittavana suuri määrä eri oppiaineita, joista opiskelijat rakentavat oman opinto-ohjelmansa. Yleissivistävän opetuksen ohella kouluissa annetaan myös ammatillista koulutusta. Toisen asteen koulutuksen päätteeksi oppilaat saavat päättötodistuksen (High School Diploma), joka ei edellytä mitään Suomen ylioppilaskirjoituksia vastaavaa loppukoetta. Eri kouluista saatuja päättötodistuksia ja arvosanoja ei voi suoraan verrata toisiinsa,

sillä taso vaihtelee kouluista ja koulupiireistä riippuen. High School Diploma antaa kelpoisuuden post-secondary -tason oppilaitoksiin, joihin yleensä on muitakin pääsyvaatimuksia.

Post-secondary -tasoon kuuluvat niin ammattikoulut ja -kurssit kuin yliopistolinen koulutuskin. Post-secondary -tason koulutus on organisaatioiden, opetuksen laadun ja rahoitusmuotojen suhteen peruskoulutustakin monimuotoisempaa. Ammatilliset oppilaitokset (Technical and Vocational Schools) tarjoavat ammatillista koulutusta, jonka pituus vaihtelee muutamasta viikosta useisiin vuosiin. Myös colleget ja yliopistot tarjoavat jonkin verran ammatillista koulutusta.

Perustutkintotason opintoja tarjoavat Yhdysvalloissa yliopistot (Universities) ja korkeakoulut (Colleges). Akateemisen perustutkinnon, Bachelor Degreeen, suorittaminen kestää yleensä neljä vuotta. Tämän ohella on alemmanasteisia, kaksivuotisia tutkinto-ohjelmia, Associate Degreeet, jotka valmentavat eräisiin ammatteihin tai muodostavat osan Bachelor-tutkinnosta. Opiskelijaa, joka suorittaa joko Associate- tai Bachelor-opintoja, kutsutaan undergraduate-opiskelijaksi. Yleisin associate-tason koulutusta antava oppilaitos on Community College, bachelor-tason koulutusta antavat colleget voivat olla osa yliopistoa tai korkeakoulua, joka tarjoaa myös jatkotutkintoja, tai se voi olla itsenäinen oppilaitos, joka tarjoaa ainoastaan nelivuotista bachelor-tason koulutusta. Tällä ei ole vaikutusta collegen akateemiseen statukseen.

Nelivuotisessa bachelor-tasoisessa koulutuksessa yleisopintojen osuus on usein suhteellisen suuri. Opiskelijalla on yleensä yksi pääaine (major), jonka hän valitsee ennen kolmatta opiskeluvuottaan sekä useita tätä tukevia sivuaineita (minors).

Perustutkinnon jälkeen voi suorittaa jatkotutkintoja (Graduate Degrees), joista master-tason tutkinnon suorittaminen vaatii 1-2 vuoden opinnot bachelor-tason tutkinnon suorittamisen jälkeen. Tohtorintutkintoon johtavaan koulutukseen voi hakea suoraan bachelor-tason jälkeen tai vasta master-tason suorittamisen jälkeen.

Tähän kehittämishankkeeseen valittiin Yhdysvalloista State University of New York ja sen tarjoama nelivuotinen Bachelor of Science in Electrical Engineering -koulutus. (State University of New York 2008.)

3 INSINÖÖRIKOULUTUKSEN MATEMATIIKAN OPINNOT ERI MAISSA

Tässä luvussa käydään läpi edellisessä luvussa esiteltyjen maiden insinöörikoulutusten matematiikan kursseja valituissa oppilaitoksissa ja koulutusohjelmissa. Oppilaitokset on pyritty valitsemaan mahdollisuuksien mukaan suurten, pääosin maan pääkaupunkiseudulla sijaitsevien laitosten joukosta, vaikka tässä ei aina onnistuttukaan. Näin pyrittiin varmistamaan se, että mukaan tulee suurin piirtein samantasoisia keskeisiä koulutusohjelmia eikä sattumalta esimerkiksi jotain erikoiskoulutusta. Tiedot koulutusohjelmien sisällöistä on otettu oppilaitosten internet-sivuilta.

Matematiikan kursseiksi laskettavien valinta oli joissain tapauksissa hankalaa, mutta tässä pyrittiin käyttämään kriteereinä teoreettisuutta. Mikäli kurssi oli selvästi käytännön harjoitustöihin painottuva, vaikkakin se sisälsi esimerkiksi signaalinkäsittelyn matemaattisia menetelmiä, niin sitä ei ole luettu mukaan.

3.1 Suomi

Suomesta valittiin tietotekniikan insinöörikoulutuksen matematiikan opintojen vertailuun mukaan kolme ammattikorkeakoulua: Kajaanin ammattikorkeakoulu (Kajaanin ammattikorkeakoulu 2008) , Espoon-Vantaan teknillinen ammattikorkeakoulu EVTEK (joka yhdistyy syksyllä 2008 Stadian kanssa Metropolia-nimiseksi ammattikorkeakouluksi) (Evttek-ammattikorkeakoulu 2008) sekä Tampereen ammattikorkeakoulu. (Tampereen ammattikorkeakoulu 2008.) Opinto-oppaita tutkitaan lukuvuodelta 2007-2008.

3.1.1 Kajaanin ammattikorkeakoulu

Kajaanin ammattikorkeakoulussa tekniikan ja liikenteen alalla on valittavana tietotekniikan koulutusohjelma, jossa on mahdollista suuntautua joko ajoneuvojen tietojärjestelmiin, mittausjärjestelmiin tai tietoturvateknologiaan. Kaikissa näissä suuntautumisvaihtoehdoissa perusopintoihin sisältyy 36 opintopisteen

laajuiset matemaattis-luonnontieteelliset opinnot. Näistä matematiikan osuus on 18 opintopistettä. Lisäksi kahdessa ensimmäisessä suuntautumisvaihtoehdossa pakollisiin ammattiopintoihin sisältyy 5 opintopisteen laajuinen signaaliteorian kurssi, joka voidaan vielä ottaa mukaan matematiikan kursseihin. Vaihtoehtoisissa opinnoissa on vielä soveltavia signaalinkäsittelyn kursseja, joita ei tässä enää lasketa mukaan.

1 opintopiste vastaa noin 16 tuntia lähiopetusta, mutta varsinkin ensimmäisillä matematiikan kursseilla järjestetään yleistä kertaustyyppistä opetusta, jota voi olla enemmänkin.

Matematiikan kursseja on kaikkiaan neljä.

Matematiikka 1-2 Kurssin laajuus on 6 op ja se sijoittuu 1. vuosikurssille.

Lähiopetusta on kaikkiaan 144 oppituntia. Kurssin sisältö käsittää peruslaskutoimituksia, funktioita, trigonometriaa, vektoreita, matriiseja, kompleksilukuja sekä MATLAB-ohjelmaan tutustumista.

Matematiikka 3 Laajuus on 6 op, ajoitus 1-2. vuosikurssi, lähiopetuksen määrä 96 oppituntia. Sisältö käsittää funktioiden derivointia ja integrointia sekä sovelluksia esim. ääriarvotehtäviin sekä fysiikkaan.

Matematiikka 4 Laajuus on 6 op, ajoitus 2. vuosikurssi, lähiopetusta on 96 oppituntia. Sisältö käsittää differentiaaliyhtälöitä, Laplace-muunnoksia, potenssisarjoja, Fourier-sarjoja sekä -muunnoksia.

Signaaliteoria Laajuus 5 op, ajoitus 2-3. vuosikurssi, lähiopetusta 80 oppituntia. Sisältö käsittää LTI-systeemejä, vasteita, Fourier-, Laplace- ja Z-muunnoksia, DFT:tä, FFT:tä, näytteenototeoriaa ja suodattimia. Osa opetuksesta sisältää MATLABin käyttöä.

3.1.2 EVTEK

EVTEKissä tietotekniikan koulutusohjelmassa on neljä suuntautumisvaihtoehtoa: ohjelmistotekniikka, tietoliikennetekniikka, sulautettu tietotekniikka ja tietojärjestelmätekniikka. Kaikissa sisältyy perusopintoihin 16 opintopistettä matematiikan kursseja, minkä lisäksi yhteisissä ammattiopinnoissa on 5 op:n laajuinen kurssi tietotekniikan matemaattiset menetelmät. Ammattiopinnoissa on vielä 4 op:n signaalit sekä 3 op:n digitaalinen signaalinkäsittely, mutta nämä vaikuttaisivat olevan lähinnä aiempien kurssien soveltamista käytäntöön, joten niitä ei tässä lasketa matematiikan kursseiksi. Eri suuntautumisvaihtoehdoissa on lisäksi muitakin signaalinkäsittelyn kursseja, mutta nekin ovat soveltavia kursseja, joten niitäkään ei lueta mukaan. Lisäksi on tarjolla vapaasti valittava 3 op:n kurssi perusmatematiikka, jossa lähinnä kerrataan matematiikan perusasioita lähinnä lukiotasolla.

Kurssit ovat seuraavat:

Perusmatematiikka Laajuus 3 op, ajoitus 1. vuosikurssi, lähiopetusta 58 tuntia.

Sisältö käsittää peruslaskutoimituksia, sieventämistä, yhtälöitä, trigonometriaa ja kuvaajien piirtämistä. Vapaasti valittava kurssi.

Matematiikan peruskurssi A

Laajuus 5 op, ajoitus 1. vsk., lähiopetusta 56 tuntia + tietokonealuokassa 14 tuntia.. Sisältö käsittää sievennyksiä, yhtälöitä, vektoreita, matriiseja, funktioita, trigonometriaa, kompleksilukuja ja MATLABin käyttöä.

Matematiikan peruskurssi B

Laajuus 5 op, ajoitus 1. vsk., lähiopetuksen määrä 56 tuntia + tietokonealuokassa 14 tuntia. Sisältö käsittää raja-arvoja,

derivointia, integrointia, numeerista integrointia ja sovelluksia.

Laplace-muunnos Laajuus 3 op, ajoitus 1 vsk., lähiopetusta 28 tuntia + tietokoneluokassa 14 tuntia. Sisältö käsittää Laplace-muunnoksia, differentiaaliyhtälöitä, sovelluksia virtapiireihin, siirtofunktioita ja vasteita.

Sarjat, Fourier- ja Z-muunnos

Laajuus 3 op, ajoitus 2. vsk., lähiopetusta 42 tuntia + tietokoneluokassa 14 tuntia. Sisältö käsittää sarjoja, Fourier-muunnoksia, Z-muunnoksia, DFTtä, FFTtä, näytteenotto-teoriaa, differenssiyhtälöitä ja siirtofunktioita.

Tietotekniikan matemaattiset menetelmät

Laajuus 5 op, ajoitus 3. vsk., lähiopetusta 42 tuntia + tietokoneluokassa 14 tuntia. Sisältö käsittää todennäköisyyslaskentaa, jakaumia ja tilastotieteen perusteita.

3.1.3 Tampereen ammattikorkeakoulu

Tampereen ammattikorkeakoulussa tietotekniikan koulutusohjelmassa on mahdollista suuntautua ohjelmistotekniikkaan, sulautettuihin järjestelmiin ja elektroniikkaan sekä tietoliikennetekniikkaan ja tietoverkkoihin. Kaikille yhteisiin perusopintoihin kuuluu 20 opintopisteen edestä matematiikan kursseja. Tämän lisäksi ammattiopinnoissa on suuntautumisvaihtoehdosta riippuen eri määriä signaalinkäsittelyä. Eniten näitä on kolmannessa suuntautumisessa, jossa matematiikkaan voitaisiin lukea mukaan 4 opintopisteen kurssi digitaalinen signaalinkäsittely sekä 4 opintopisteen digitaalinen signaalinkäsittely 2. Piirianalyysin kurssi vaikuttaisi soveltavalta, joten sitä ei tässä oteta mukaan käsittelyyn.

Matematiikan kurssit ovat siis seuraavat:

Johdatus tekniikan matematiikkaan

Laajuus 5 op, ajoitus 1. vuosikurssi, lähiopetusmääriä ei löydy. Sisältö käsittää peruslaskutoimituksia, yhtälöitä, epäyhtälöitä sekä funktioita ja niiden kuvaajia.

Matematiikka 1 Laajuus 5 op, ajoitus 1. vuosikurssi, lähiopetusmääriä ei löydy. Sisältö käsittää trigonometriaa, vektoreita, matriiseja, taso- ja avaruusgeometriaa sekä kompleksilukuja.

Matematiikka 2 Laajuus 5 op, ajoitus 1. vuosikurssi, lähiopetusmäärä 100 tuntia. Sisältö käsittää raja-arvoja, derivointia, integraaleja ja näiden sovelluksia, usean muuttujan funktioita, differentiaaliyhtälöiden alkeita sekä matematiikkaohjelman käyttöä.

Insinöörimatematiikka 3

Laajuus 5 op, ajoitus 2. vuosikurssi, lähiopetusmäärää ei löydy. Sisältö käsittää differentiaaliyhtälöitä, usean muuttujan funktioiden differentiaali- ja integraalilaskentaa, sarjoja, Laplace- ja Z-muunnoksia, Fourier-sarjoja sekä aikadis-kreettejä järjestelmiä.

Digitaalinen signaalinkäsittely

Laajuus 4 op, ajoitus ja lähiopetusmäärä eivät ilmene. Sisältö käsittää diskreettiä matematiikkaa, digitaalisia suotimia, Fourier-muunnoksia ja sovelluksia.

Digitaalinen signaalinkäsittely 2

Laajuus 3 op, ajoitus ja lähiopetusmäärä eivät ilmene. Kurssi syventää digitaalisen signaalinkäsittelyn kurssin osaamista.

Kuten näistä Suomen kolmen ammattikorkeakoulun insinöörikoulutusten vertailuistakin ilmenee, on Suomessa oppilaitoksilla valta päättää koulutusten sisällöistä. Näiden kolmen tarkasteltavana olleen koulutusohjelman matematiikan kurssit eroavat toisistaan opintopisteiltään ja lähiopetusmääriltään, mutta ovat silti melko lähellä toisiaan. Kuten myöhemmin pohdintaosuudessa todetaan, niin kansainvälisesti vertailtuna nämä kolme koulutusohjelmaa sisältävät suhteessa opintojen laajuuteen vähemmän matematiikan kursseja kuin muissa maissa. Sisällöllisesti matematiikan kurssit vastaavat toisiaan melko hyvin, kuten muidenkin maiden vastaavat kurssit.

On vielä syytä todeta se, että Kajaanin ammattikorkeakoulussa ja EVTEKissä on matematiikan perusasioiden kertaus hoidettu hieman eri tavoin. Jos EVTEK:in valinnainen kertauskurssi sisällytetään mukaan, niin molemmissa oppilaitoksissa on suunnilleen yhtä monta opintopistettä matematiikkaa. Kajaanissa nämä kertauksen asiat näkyvät erillisen kurssin sijasta ensimmäisen matematiikan kurssin Matematiikka 1-2 lähiopetusmäärässä.

3.2 Ruotsi

Ruotsista kehittämishankkeeseen valittiin mukaan Blekinge tekniska högskolan. (Blekinge tekniska högskolan 2008.) Siellä suoritettava 3-vuotinen 180 ECTS-opintopisteen laajuinen högskoleingenjör-tutkinto näyttäisi vastaavan lähinnä suomalaista insinöörin tutkintoa, vaikka olisi mahdollista sisällyttää mukaan myös erilaisia 1-2-vuotisia jatkotutkintoja.

Tässä valittiin tarkasteltavaksi dataingenjör-koulutusohjelman äänen- ja kuvankäsittelyn suuntautumisvaihtoehto, koska se näyttäisi vastaavan lähinnä suomalaista tietotekniikan insinöörin tutkintoa niistä vaihtoehtoista, joista internetistä löytyi tarpeeksi kattavia opintosuunnitelmia ja kurssitietoja.

Matematiikan kursseiksi tulkittiin opintosuunnitelmasta kuusi kurssia.

Linjär algebra Laajuus 7,5 ECTS-opintopistettä, ajoittuminen 1. vuosikurssille, opetuksen määrä ei ilmene. Sisältö käsittää vektoreita, lineaarisia yhtälöryhmiä ja matriiseja.

Analys Laajuus 15 opintopistettä, ajoittuminen 1. vuosikurssille, opetuksen määrä ei ilmene. Sisältö käsittää funktioita, raja-arvoja, derivointia, integrointia, sarjoja, differentiaaliyhtälöitä ja kompleksilukuja.

Matematik, fortsättningskurs

Laajuus 7,5 opintopistettä, ajoittuminen 2. vuosikurssille, opetuksen määrä ei ilmene. Sisältö käsittää useamman muuttujan funktioiden differentiaali- ja integraalilaskentaa sovelluksineen, Fourier-sarjoja, Fourier-muunnosta, Laplace-muunnosta, siirtofunktioita ja differentiaaliyhtälöitä.

Signalbehandling 1

Laajuus 7,5 opintopistettä, ajoittuminen 2. vuosikurssille, opetuksen määrää ei ole ilmoitettu. Sisältö käsittää signaaliteoriaa, LTI-systeemejä, DFT:tä, FFT:tä ja näytteenottoa

Signalbehandling 2

Laajuus 7,5 opintopistettä, ajoitus 3. vuosikurssi, opetuksen määrää ei ilmoiteta. Sisältö käsittää näytteenottoa, suodatimia, DFT:tä ja Z-muunnosta.

Matematisk statistik

Laajuus 7,5 opintopistettä, ajoitus 3. vuosikurssi, opetuksen määrää ei ilmoiteta. Sisältö käsittää kombinatoriikkaa, stokastisia muuttujia, jakaumia, Markov-prosesseja ja tilastotiedettä.

3.3 Norja

Norjasta mukaan valittiin Høgskolen i Bergen (Høgskolen i Bergen 2007), mistä löytyi 3-vuotinen 180 ECTS-opintopisteen laajuinen Bachelor of Electrical Engineering –tutkinto. Tästä valittiin yhtenä kolmesta vaihtoehdoisesta linjasta Electronic Engineering -linja. Muut vaihtoehdot olivat Power Engineering sekä Automation.

Matematiikan kurssit olivat seuraavat. Kursseilla opetuskieli on norja, mutta tässä luettelossa käytetään kurssien nimien englanninkielisiä käännöksiä.

Calculus and Vector Algebra

Laajuus 10 ECTS-opintopistettä, ajoitus 1. vuosikurssi, opetusmääriä ei ole ilmoitettu. Sisältö käsittää funktioita, jatkuvuutta, derivointia, integrointia, differentiaaliyhtälöitä, usean muuttujan funktioiden differentiaali- ja integraalilaskentaa, kompleksilukuja, vektoreita ja Laplace-muunnoksia.

Further Mathematical Analysis and Linear Algebra

Laajuus 10 opintopistettä, ajoitus 2. vuosikurssi, opetusmääriä ei ole ilmoitettu. Sisältö käsittää jonoja, sarjoja, Fourier-sarjoja, osittaisdifferentiaaliyhtälöitä, lineaarisia yhtälöryhmiä, matriiseja, kombinatoriikkaa, logiikkaa ja differenssiyhtälöitä.

Statistics

Laajuus 5 opintopistettä, ajoitus 2. vuosikurssi, opetusmääriä ei ole ilmoitettu. Sisältöäkään ei ole ilmoitettu.

Signal Processing

Laajuus 10 opintopistettä, ajoitus 3. vuosikurssi, opetusmääriä ei ole ilmoitettu. Sisältö käsittää signaalianalyysiiä, vasteita, Fourier-sarjoja, Fourier-muunnosta, FFTtä, Z-

muunnosta ja suodattimia. Tämä kurssi sisältää myöskin laboratoriotöitä, eikä ole pelkästään matematiikan kurssi.

Optional Mathematics

Laajuus 5 opintopistettä, ajoitus 1. vuosikurssi, opetusmäärää ei ole ilmoitettu. Sisältöä ei ole ilmoitettu. Kurssi on valinnainen, sisältää ilmeisesti tukiopetusta, vaikka sitä ei olekaan ilmoitettu.

3.4 Saksa

Kehittämishankkeeseen valittiin mukaan Hampurissa sijaitseva ammattikorkeakoulu Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (Hochschule Angewandte Wissenschaften Hamburg 2008) ja sieltä bachelor-tasoinen koulutusohjelma Information Engineering. Koulutus on laajuudeltaan 210 ECTS-opintopistettä ja kestää kolme ja puoli vuotta.

Matematiikan kursseiksi tulkittiin tässä seuraavat englanniksi luennoitavat kurssit.

Algebra Laajuus 5 opintopistettä, ajoitus 1. vuosikurssi, lähiopetusta 64 tuntia. Sisältö käsittää perusalgebraa, Boolean algebraa, alkeislukuteoriaa, yhtälöryhmiä, vektoreita, matriiseja ja DFT:tä.

Calculus 1 Laajuus 5 opintopistettä, ajoitus 1. vuosikurssi, lähiopetusta 64 tuntia. Sisältö käsittää raja-arvoja, jonoja, sarjoja, kompleksilukuja sekä yhden muuttujan funktioiden derivointia ja integrointia sovelluksineen.

Calculus 2 Laajuus 7,5 opintopistettä, ajoitus 1. vuosikurssi, lähiopetusta 96 tuntia. Sisältö käsittää Fourier-sarjoja, usean muuttujan funktioiden differentiaali- ja integraalilaskentaa, dif-

ferentiaaliyhtälöitä, Laplace-muunnoksia ja todennäköisyyslaskentaa.

Signals and Systems Theory 1

Laajuus 5 opintopistettä, ajoitus 2. vuosikurssi, lähiopetusta 70 tuntia. Sisältö käsittää signaalien perusteita, LTI:tä, lineaarisia differentiaaliyhtälöitä, vasteita, Laplace-muunnoksia, suodattimia ja MATLAB-simulaatioita.

Signals and Systems Theory 2

Laajuus 5 opintopistettä, ajoitus 2. vuosikurssi, lähiopetusta 70 tuntia. Sisältö käsittää signaalien näytteenottoa, DFT:tä, Z-muunnoksia, differenssiyhtälöitä, suodattimia, satunnais-signaaleja ja MATLAB-harjoituksia.

3.5 Englanti

Englannista valittiin mukaan Bristol Institute of Technology (Bristol Institute of Technology 2008) ja sieltä 3-vuotinen 360 creditin laajuinen (ECTS-järjestelmä ei ollut vielä käytössä) Bachelor of Engineering (Electrical and Electronic Engineering) -tutkinto. Seuraavassa nämä creditit on muunnettu ECTS-järjestelmään suoraan kahdella jakamalla.

Matematiikan kurssit ovat seuraavat.

Introductory Mathematics

Laajuus 5 ECTS-opintopistettä, ajoitus 1. vuosikurssi, opetuksen määrää ei ilmoiteta. Sisältö käsittää lausekkeiden käsittelyä, perusfunktioita, raja-arvoja, derivointia, sarjoja ja integrointia.

Engineering Mathematics

Laajuus 5 ECTS-opintopistettä, ajoitus 1. vuosikurssi, opetuksen määrää ei ilmoiteta. Sisältö käsittää kompleksilukuja, vektoreita, matriiseja, osittaisderivointia, integraalilaskennan sovelluksia ja differentiaaliyhtälöitä.

Signal Processing and Control

Laajuus 15 ECTS-opintopistettä, ajoitus 2. vuosikurssi, opetuksen määrää ei ilmoiteta, mukana on jonkin verran laboratoriotöitä. Sisältö käsittää signaaliteoriaa, osoitinlaskentaa, Laplace-muunnoksia, vasteita, Fourier-sarjoja ja -muunnoksia, signaalin näytteenottoa, piirianalyysiä, suodattimia ja systeemianalyysiä.

Mathematics for Signal Analysis and Control

Laajuus 10 ECTS-opintopistettä, ajoitus 2. vuosikurssi, opetuksen määrää ei ilmoiteta. Sisältö käsittää Fourier-sarjoja ja z -muunnoksia, Laplace-muunnoksia, Z -muunnoksia, lineaarisia differentiaaliyhtälöryhmiä ja systeemianalyysiä.

3.6 Yhdysvallat

Yhdysvalloista mukaan valittiin State University of New York (State University of New York 2008) ja sen tarjoama nelivuotinen Bachelor of Science in Electrical Engineering -koulutus, vaikka yleensä tutkinnon suorittamiseen meneekin 4,5 vuotta. Koulutuksen laajuus on 131-132 opintopistettä (credits), joten kursien laajuudet on seuraavassa skaalattu ECTS-opintopisteiksi. Näin esimerkiksi 4 credit-pistettä vastaa 7,5 ECTS-pistettä ja 3 credit-pistettä 5,5 ECTS-pistettä.

Matematiikan kurssit ovat seuraavat.

Calculus I Laajuus 7,5 ECTS-opintopistettä, ajoitusta ja opetuksen määrää ei ole ilmoitettu. Sisältö käsittää yhden muuttujan funktioiden differentiaali- ja integraalilaskennan perusteita sovelluksineen.

Calculus II Laajuus 7,5 ECTS-opintopistettä, ajoitusta ja opetuksen määrää ei ole ilmoitettu. Kurssi on jatkoa Calculus I-kurssiin, ja sisältää yhden muuttujan funktioiden differentiaali- ja integraalilaskentaa.

Calculus III Laajuus 7,5 opintopistettä, ajoitusta ja opetuksen määrää ei ole ilmoitettu. Sisältö käsittää usean muuttujan funktioiden differentiaali- ja integraalilaskentaa.

Signals and Systems

Laajuus 5,5 ECTS-opintopistettä, ajoitusta ja opetuksen määrää ei ole ilmoitettu. Sisältö käsittää jatkuvia ja diskreettiaikaisia signaaleja, LTI:tä, differentiaali- ja differenssiyhtälöitä, Fourier-sarjoja, Fourier-muunnoksia, suodattimia ja näytteenottoa.

Applied Mathematics I

Laajuus 5,5 ECTS-opintopistettä, ajoitusta ja opetuksen määrää ei ole ilmoitettu. Sisältö käsittää differentiaaliyhtälöitä, sarjoja ja matriiseja.

Applied Mathematics II

Laajuus 5,5 ECTS-opintopistettä, ajoitusta ja opetuksen määrää ei ole ilmoitettu. Sisältö käsittää kompleksianalyysiiä, Laplace- ja Fourier-muunnoksia, vektorianalyysiiä, dif-

ferentiaali- ja osittaisdifferentiaaliyhtälöitä ja matemaattisen fysiikan erikoisfunktioita.

Lisäksi on mahdollista valita seuraavat valinnaiset kurssit.

Discrete Mathematics

Laajuus 5,5 ECTS-opintopistettä, muita tietoja ei ilmoiteta.

Numerical Methods

Laajuus 5,5 ECTS-opintopistettä, ajoitusta ja tuntimääriä ei ilmoiteta. Sisältö käsittää tietokonearitmetiikkaa, pyöristysvirheitä, yhtälöiden numeerista ratkaisemista, interpolointia ja ekstrapolointia, numeerista derivointia ja integrointia sekä matriiseja.

Partial Differential Equations

Laajuus 5,5 ECTS-opintopistettä, ajoitusta ja tuntimääriä ei ilmoiteta. Sisältö käsittää PDEn perusteita, Fourier- ja Laplace-muunnosten käyttöä, karakteristisiä käyriä, elliptisiä ongelmia, Greenin funktioita ja numeerisia menetelmiä.

4 KEHITTÄMISHANKKEEN TULOKSET JA POHDINTA

Kokonaisuutena kehittämishankkeen toteuttaminen osoittautui varsin haastavaksi. Ongelmia aiheuttivat ensinnäkin sellaisten oppilaitosten löytäminen, joista selkeästi oli löydettävissä halutunlainen tutkinto ja toisekseen näissä tutkinnoissa vaadittavien opintojen kurssikuvausten etsiminen. Pelkän internet-sivun perusteella ei välttämättä selviä kaikki oleellinen tutkintoon liittyvä tieto, ja on mahdollista, että tähän kehittämishankkeeseen on sisältynyt myöskin vääринymmärryksiä. Tässä on tutkittu pelkästään internetistä löytyneitä opintooppaita, mutta todellisuudessa kurssien sisältö saattaa poiketa näistä.

Tulosten yleistettävyyttä haittaa se, että koulutuksen järjestäminen usein on jätetty oppilaitosten omalle vastuulle. Tässä mielessä onkin ehkä harhaanjohtavaa puhua esimerkiksi norjalaisesta insinööritutkinnosta, koska tutkinnon sisältö riippuu niin paljon sen myöntävästä oppilaitoksesta. Tällaisia saman maan oppilaitosten välisiä vertailuja ei tässä hankkeessa tehty Suomea lukuun ottamatta, vaikka jälkikäteen ajateltuna olisi ollut myös perusteltua keskittyä suppeampaan maavalikoimaan. Seuraavassa maan nimellä viitataan kuitenkin nimenomaan mukaan valittuun oppilaitokseen. Alun perin tähänkin hankkeeseen ajateltiin sisällytettävän useampia kuin nyt käsitellyt kuusi maata, mutta tämän tutkielman laajuuden puitteissa päädyttiin kuitenkin vain näihin.

Omat ongelmansa seurasi myöskin siitä, ettei korkea-asteen opintoja edeltäneiden oppilaitoksien matematiikan kursseja tutkittu. Näin ei voitu tietää sitä lähtötasoa, miltä valittujen koulutusohjelmien opiskelijat lähtivät. Tämä hankaloittaa varsinkin PISA -tutkimukseen liittyvän tutkimusongelman käsittelyä.

Hankaluuksia koitui myös siitä, että oli aika vaikea ja jossain määrin mielivaltaistakin päättää, olisiko tietty kurssi laskettava matematiikan kurssiksi vai ei. Tällaista rajanvetoa jouduttiin tekemään varsinkin signaalinkäsittelyyn liittyvien kurssien kanssa. Niihin sisältyi usein teoriaosuus, jossa käytiin läpi esimerkiksi siirtofunktioita, ja lisäksi käytännön sovelluksia painottavia laboratorioharjoituksia. Tässä hankkeessa yritettiin kuitenkin käyttää kriteerinä nimenomaan kurssien teoriapitoisuutta, mukaan hyväksyttiin kuitenkin tietokoneharjoituksia.

Vaikka edellä esitettyjen seikkojen pohjalta tutkimuksen tuloksiin täytyykin suhtautua varauksellisesti, niin matematiikan kurssien vertailuihin silti päästiin käsiksi. Taulukossa 1 on koottuna tutkittujen koulutusohjelmien matematiikan kurssien numeerisia tietoja luvusta 3.

Taulukko 1. Yhteenveto luvun 3 oppilaitosten ja koulutusten matematiikan kursseista. Opintopisteet yhteensä -sarakkeessa sulkeissa on koko tutkinnon opintopistemäärä ECTS-pisteiksi skaalattuna. Lkm-sarake viittaa matematiikan kurssien kokonaislukumäärään ja %-sarake tarkoittaa matematiikan kurssien kokonaisopintopistemäärän osuutta tutkinnon laajuudesta.

Oppilaitos/Maa	Lkm	Opintopisteet yhteensä	Tuntimäärät yhteensä	Huomioita	%
Kajaanin AMK	4	23 (240)	416		9,6
EVTEK	5 + 1	21 + 3 (240)	294 + 58	vapaasti valittava kertauskurssi	10,0
TAMK	6	27 (240)	ei ilmene		11,3
Ruotsi	6	42,5 (180)	ei ilmene		23,6
Norja	4 + 1	35 + 5 (180)	ei ilmene	vapaasti valittava kertauskurssi	22,2
Saksa	5	27,5 (210)	364		13,1
Englanti	4	35 (180)	ei ilmene		19,4
USA	6 + 3	39 + 16,5 (240)	ei ilmene	3 valinnaista kurssia	23,1

Koulutusohjelmien matematiikan kurssien tuntimäärät eivät löytyneet internet-sivuilta kovinkaan kattavasti, joten kurssien laajuuksien tarkasteluissa on käytettävä opintopistemääriä. Taulukossa 1 viimeiseen sarakkeeseen on laskettu matematiikan kurssien maksimaalisen opintopistemäärän osuus tutkinnon kokonaislaajuudesta. Huomiota herättävää on Suomen alhaisimmat osuudet (9,6 - 11,3 %), kun taas Ruotsissa, Norjassa ja USAssa on mahdollista sisällyttää tutkintoon yli 20 % matematiikan kursseja. Vaikka USA ja Norja sijoittuivatkin PISA 2003-tutkimuksessa matematiikan suorituksissa merkittävästi OECD-

maiden keskitason alapuolelle, niin tulosta ei voine kuitenkaan selittää tämän pohjalta. Norjassa mukaan sisältyi myös tilastotieteen kurssi, mitä ei ollut mukana kaikissa maissa, sekä valinnainen matematiikan tukikurssi. USAssa lukua taas nostavat valinnaiset erikoiskurssit diskreetistä matematiikasta, numeerisista menetelmistä sekä osittaisdifferentiaaliyhtälöistä. Ruotsissa ja Norjassa tutkinnon suorittamisen kesto oli lyhin, mutta myös matematiikan absoluuttinen määrä oli suuri.

Opetustuntimäärät löytyivät valituista oppilaitoksista vain Kajaanin ammattikorkeakoulusta, EVTEKistä sekä Saksan edustajasta. Jos EVTEKin valinnainen kertauskurssikin lasketaan mukaan, niin siellä opetustunteja on 352. Kajaanissa tunteja on 416 ja Saksassa 364, joten tuntimäärät vastaavat toisiaan aika hyvin. Saksassa tutkinnon laajuus opintopisteinä on pienempi, joten voidaan vertailla myöskin tuntimäärien suhteita opintojen laajuuksiin. Näin saadaan seuraavat arvot: Kajaani 1,73 h/op; EVTEK 1,47 h/op ja Saksa 1,73 h/op.

Ruotsissa tutkintoon sisältyi yllättävänkin paljon puhtaita matematiikan kursseja, myöskin tilastotiedettä ja stokastiikkaa oli mukana. Samoin Saksan suhteellisen alhainen prosenttiosuus on yllättävää, sillä siellä oli tarjolla sellaisia aihepiirejä, joita ei ollut muissa oppilaitoksissa mukana, kuten Boolean algebraa ja alkeislukuteoriaa.

Sisällöllisesti eri oppilaitosten kurssit vastasivat aika hyvin toisiaan. Kaikissa tutkituissa koulutusohjelmissa matematiikan kursseihin sisältyi keskeisenä osana vektori- ja matriisilaskentaa, perusanalyysiä, differentiaaliyhtälöitä, integraalimuunnoksia sekä signaaliteoriaa. Todennäköisyyttä ja tilastotiedettä sisältyi opintoihin EVTEKissä, Ruotsissa, Norjassa, Saksassa (ei tilastotiedettä) ja Englannissa. Sisällöllisesti laajimmin matematiikan kursseja saattoi valita Yhdysvalloissa, missä oli mahdollista valita kolme erikoiskurssia.

Ajoituksiltaan vertailtujen oppilaitosten matematiikan kurssit eivät tuottaneet yllätyksiä. Perusmatematiikka sijoittui kaikkialla heti opintojen alkuun, ja pidemmälle menevät signaalinkäsittelyn kurssit 2.-3. opiskeluvuosille. Matematiikan kurssien keskinäinen järjestyskin on luonnollinen: ensin käsitellään lausek-

keiden peruskäsittelyä, sitten analyysin perusteet ja vasta niiden jälkeen voidaan siirtyä integraalimuunnoksiin. Lineaarialgebra sijoittuu myöskin opiskelun alkupuolelle, todennäköisyyslaskennan ja muiden irrallisempien kurssien ajoitus taas vaihtelee. Tässä kurssien sisältöjen samankaltaisessa etenemisessä on taustalla tietenkin se, että matematiikassa asiat usein rakentuvat edellisten pohjalle.

Kun oppilaitosten valittujen koulutusohjelmien edellyttämien matematiikan kurssien laajuuksia, tuntimääriä, sisältöjä ja ajoituksia tarkastellaan kokonaisuutena, voidaan todeta vertailukelpoisuuden olevan ehkä jopa yllättävänkin suurta. Näiden vertailujen perusteella esimerkiksi suomalainen tietotekniikka-alan työnantaja voisi luottaa siihen, että ulkomailla valmistunut insinööri osaa suunnilleen samat asiat samassa laajuudessa kuin suomalainenkin, ainakin matematiikan taitojen osalta.

Kehittämishankkeen alussa asetettiin pohdittavaksi myöskin se, miten helposti toisiaan vastaavat koulutusohjelmat maailmalta löytyvät internetin avulla. Internetin käyttötaidoissa on tietenkin eroja ihmisten välillä, mutta tämän kehittämishankkeen tekijä ainakin totesi, että tietoja kyllä löytyi, mutta ei läheskään aina niin kattavasti kuin olisi tarvetta. Tässä voidaan todeta, että suomalaisista oppilaitoksista näytti halutut tiedot löytyvän pääsääntöisesti helpommin ja tarkemmin kuin ulkomailta - tosin tässä voi myöskin kielitaidolla olla oma merkityksensä. Myös sellaiseen asiaan törmättiin, että moni ulkomainen oppilaitos tarjoaa englanninkielisiä internetsivuja vain joistakin kansainvälisiksi tarkoitettuista koulutusohjelmista.

Toiseen tutkimusongelmaan, joka koski koulutusjärjestelmiä eri maissa, vastattiin jo yksityiskohtaisesti luvussa 2. Sen sijaan alunperinkin sivuongelmaksi tarkoitettu kysymys PISA 2003 -tutkimuksen matematiikan osuuden tuloksien yhteydestä insinöörikoulutuksen matematiikan kursseihin osoittautui hankalaksi vastattavaksi tämän kehittämishankkeen aineiston perusteella. Vaikka tutkittujen viiden maan (Englanti ei ollut mukana PISA 2003 -tutkimuksen lopputuloksissa) keskinäinen järjestys PISA 2003-tutkimuksen ja taulukon 1 prosenttiosuuden mukaan järjestettynä onkin Ruotsin sijoitusta lukuun ottamatta sama, ei tästä kuitenkaan voine tehdä pidemmälle meneviä johtopäätöksiä. Erot mate-

matiikan kurssien laajuuksissa selittyvät luontevammin oppilaitoskohtaisten erikoiskurssien avulla. Mitään sellaista piirrettä ei noussut esille, että olisi syytä hylätä alussa muotoiltu hypoteesi, jonka mukaan huono menestys PISA 2003 – tutkimuksessa kompensoituu peruskoulutuksen jälkeisissä koulutusasteissa.

Tämän kehittämishankkeen tutkimusasetelmaa voitaisiin laajentaa mahdollisissa jatkotutkimuksissa moneenkin suuntaan. Maita voitaisiin ottaa tarkasteltavaksi enemmän, myöskin Euroopan ulkopuolelta eksoottisemmista maista. Oppilaitoksia olisi hyvä valita useampia yhdestä maasta, koska oppilaitoskohtaiseen vaihteluun maiden sisällä ei tässä hankkeessa tartuttu. Muitakin oppiaineita ja koulutusohjelmia kuin tässä tarkasteltuja voidaan luonnollisesti vertailla, mutta olisi hyvä laatia selvät kriteerit sille, mitä kurseja poimitaan mukaan ja mitä tietoja niistä kerätään.

LÄHTEET

Blekinge tekniska högskola. 2008. <http://www.bth.se/> Luettu 20.5.2008.

Bristol Institute of Technology. 2008. <http://www.uwe.ac.uk/cems/> Luettu 20.5.2008.

Evtek-ammattikorkeakoulu. 2008. <http://www.evtek.fi/> Luettu 20.5.2008.

Hautala, J., Orelma, A. & Tulkki, P. 1995. Insinöörikoulutus valinkauhassa. Turku: Painosalama Oy.

Hirvisalo-Lahti, M., Leppänen, M. & Tiilikainen A. 2007. Suuntana Saksa. <http://home.cimo.fi/oppaat/perustieto/saksa.pdf> Luettu 20.5.2008.

Hjulstad-Junttila, J., Lounela, K. & CIMO. 2002. Opiskelemaan Norjaan. <http://home.cimo.fi/oppaat/perustieto/norja.pdf>. Luettu 20.5.2008.

Hochschule Angewandte Wissenschaften Hamburg. 2008. <http://www.haw-hamburg.de/> Luettu 20.5.2008.

Høgskolen i Bergen. 2007. <http://www.hib.no/> Luettu 20.5.2008.

Ingerttilä, J., Työministeriö & CIMO. 2003. Suuntana Britannia. http://www.britishcouncil.fi/pdf/Suuntana_Britannia.pdf. Luettu 20.5.2008.

Kajaanin ammattikorkeakoulu. 2008. <http://www.kajak.fi/suomeksi.iw3>. Luettu 20.5.2008.

Kupari, P. & Välijärvi, J. (toim.) 2005. Osaaminen kestäväällä pohjalla. PISA 2003 Suomessa. Jyväskylä: Gummerus Oy.

Lampinen, O. 1995. Ammattikorkeakoulut - vaihtoehto yliopistoille. Tampere: Tammer-Paino Oy.

Lehikoinen, A. 2002. Tutkintojärjestelmien ja korkeakoulumallien kehitys Euroopassa. Teoksessa *Omalla tiellä - ammattikorkeakoulut kymmenen vuotta* (toim. Liljander, J.) Helsinki: Edita Prima Oy.

Liljander, J. 2004. Ammattikorkeakoulutuksen asema eurooppalaisella korkeakoulutusalueella. Opetusministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä 2004:10. Helsinki: Yliopistopaino.

Lokkila, M., Lounela, K., Työministeriö & CIMO. 2005. Suuntana Ruotsi. <http://home.cimo.fi/oppaat/perustieto/ruotsi.pdf>. Luettu 20.5.2008.

Mölsä, T. & Topi, T. 2005. Suuntana Yhdysvallat. http://www.fulbright.fi/files/1312_SuuntanaYhdysvallat.PDF. Luettu 20.5.2008.

Neuvonen-Rauhala, M. 2005. AMK-jatkotutkinnon rooli duaalijärjestelmässä. *Kever* 1/2005. <http://www.piramk.fi/kever/kever.nsf/6f20c22b03be2d6cc2256b4c004a0b2f/6039e1e30230e989c2256fbf0073d631!OpenDocument>. Luettu 4.5.2008.

Opetushallitus. 2008. Koulutusjärjestelmä. <http://www.oph.fi/SubPage.asp?path=1,438>. Luettu 4.5.2008.

Opetusministeriö. Bolognan prosessi. <http://www.minedu.fi/OPM/Koulutus/artikkelit/bologna/index.html>. Luettu 5.5.2008.

Opetusministeriö: Koulutuksen arviointikeskus. PISA 2006 – ensituloksia. <http://www.minedu.fi/export/sites/default/OPM/Koulutus/artikkelit/pisa-tutkimus/pisa2006/liitteet/PISA2006fi.pdf>. Luettu 20.5.2008.

State University of New York. 2008. <http://www.suny.edu/> Luettu 20.5.2008.

Tampereen ammattikorkeakoulu. 2008. <http://www.tamk.fi/portal/dt>. Luettu 20.5.2008.