

Solmu

Matematiikkalehti
2/2014

<http://solmu.math.helsinki.fi>



SISÄLTÄÄ MATEMATIIKKA

Solmu 2/2014

ISSN-L 1458-8048

ISSN 1459-0395 (Painettu)

ISSN 1458-8048 (Verkkolehti)

Matematiikan ja tilastotieteen laitos

PL 68 (Gustaf Hällströmin katu 2b)

00014 Helsingin yliopisto

<http://solmu.math.helsinki.fi>

Päätoimittaja:

Marjatta Näätänen, dosentti, Matematiikan ja tilastotieteen laitos, Helsingin yliopisto

Toimitussihteeri:

Juha Ruokolainen, FT, Matematiikan ja tilastotieteen laitos, Helsingin yliopisto

Sähköposti:

toimitus@solmu.math.helsinki.fi

Toimittajat:

Pekka Alestalo, dosentti, Matematiikan ja systeemianalyysin laitos, Aalto-yliopiston perustieteiden korkeakoulu

Sirkka-Liisa Eriksson, professori, Matematiikan laitos, Tampereen teknillinen yliopisto

Anne-Maria Ernvall-Hytönen, tutkijatohtori, Matematiikan ja tilastotieteen laitos, Helsingin yliopisto

Aapo Halko, FT, Matematiikan ja tilastotieteen laitos, Helsingin yliopisto

Markku Halmetoja, lehtori, Mäntän lukio

Camilla Hollanti, apulaisprofessori, Matematiikan ja systeemianalyysin laitos, Aalto-yliopiston perustieteiden korkeakoulu

Matti Lehtinen, dosentti, Helsingin yliopisto

Heikki Pokela, tuntiopettaja, Tapiolan lukio

Antti Rasila, vanhempi yliopistonlehtori, Matematiikan ja systeemianalyysin laitos, Aalto-yliopiston perustieteiden korkeakoulu

Mikko Sillanpää, professori, Matemaattisten tieteiden laitos ja Biologian laitos, Oulun yliopisto

Samuli Siltanen, professori, Matematiikan ja tilastotieteen laitos, Helsingin yliopisto

Kimmo Vehkalahti, yliopistonlehtori, tilastotiede, Sosiaalitieteiden laitos, Helsingin yliopisto

Tieteelliset asiantuntijat:

Heikki Apiola, dosentti, Matematiikan ja systeemianalyysin laitos, Aalto-yliopiston perustieteiden korkeakoulu

Mika Koskenoja, yliopistonlehtori, Matematiikan ja tilastotieteen laitos, Helsingin yliopisto

Liisa Näveri, FT, Opettajankoulutuslaitos, Helsingin yliopisto

Graafinen avustaja:

Marjaana McBreen

Yliopistojen ja korkeakoulujen yhteyshenkilöt:

Ari Koistinen, FM, ari.koistinen@metropolia.fi, Metropolia Ammattikorkeakoulu

Juha Lehtbäck, tutkijatohtori, juha.lehrback@jyu.fi, Matematiikan ja tilastotieteen laitos, Jyväskylän yliopisto

Jorma K. Mattila, professori, jorma.mattila@lut.fi, Sovelletun matematiikan laitos, Lappeenrannan teknillinen yliopisto

Jorma Merikoski, emeritusprofessori, jorma.merikoski@uta.fi, Informaatitieteiden yksikkö, Tampereen yliopisto

Matti Nuortio, tutkijatohtori, matti.nuortio@oulu.fi, Biocenter Oulu, Oulun yliopisto

Petri Rosendahl, assistentti, petri.rosendahl@utu.fi, Matematiikan laitos, Turun yliopisto

Antti Viholainen, tutkijatohtori, antti.viholainen@uef.fi, Fysiikan ja matematiikan laitos, Itä-Suomen yliopisto

Numeroon 3/2014 tarkoitetut kirjoitukset pyydämme lähettämään 1.9.2014 mennessä. Numeron päätoimittaa Anne-Maria Ernvall-Hytönen.

Kiitämme taloudellisesta tuesta Jenny ja Antti Wihurin rahastoa.

Huom! Solmun paperiversio postitetaan vain niihin kouluihin, jotka ovat sitä erikseen pyytäneet. Toivomme, että lehteä kopioidaan kouluissa kaikille halukkaille.

Sisällys

Pääkirjoitus: Matematiikka ja mielikuvat (Marjatta Näätänen)	4
Matematiikan merkityksestä (Aatos Lahtinen)	6
Minne katosi matematiikka? (Juha Haataja)	9
Tieteidenvälinen kommunikaatio? (Camilla Hollanti)	10
”Must tulee hoitaja, en mä tarvii matikkaa.” (Liisa Näveri)	10
Tohtori rehtorina (Jarkko Rieppo)	12
Työllistyminen opetuslalle (Heikki Pokela)	13
Matemaattiset tieteet 2025 (Marjatta Näätänen)	15
Opettajalinjalta aktuaariksi (Piia Kolehmainen)	16
Matematiikkaa soveltamassa (Lasse Holmström)	18
Matemaatikko tuotekehittäjänä (Samuli Siltanen)	19
Matemaatikko kryptografina (Kaisa Nyberg)	20
Matematiikkaa tietokonepelien takana – pelikehittäjä Ari Silvennoisen haastattelu (Antti Rasila)	21
Laskien pidemmälle molekyyligenetiikassakin (Olli Pietiläinen)	23
Eläinjalostus: eläimiä, geenejä ja matemaattista tilastotiedettä (Ismo Strandén)	24
Data-analyysin asiantuntijoille riittää kysyntää (Janne Liuttu)	26
Brynolf Pedantziuksesta data-analyytikkoon (Antti Penttinen)	28
Tilastotieteilijän uran alkuja (Mikhael Koufos ja Kimmo Vehkalahti)	30



Matematiikka ja mielikuvat

Pääkirjoitus

Matematiikan alkeet ovat aina kuuluneet yleissivistykseen, matematiikan opiskelua on pidetty tärkeänä loogisen ajattelun harjoittamisena. Nykyisin monet kuitenkin luulevat, että tietotekniikan kehitys on tehnyt matematiikan tarpeettomaksi, ”koneethan laskevat, enää ei itse tarvitse vaivata päätään”. Todellisuus on kuitenkin täysin päinvastainen, konehan tekee vain sen, mikä siihen on ohjelmoitu. Ihmisaivoja on yhä kehitettävä. Vastaavasti kuin huippu-urheilijaksi tai muusikoksi ei tulla ilman pitkäaikaista harjoittelua, on ajattelussa yhä korkeammalle abstraktiotasolle nouseminen harjoittelun takana – googlaaminen ja koneet eivät tarjoa tähän oikotietä. Älylliset haasteet kuitenkin riittävät innoittamaan ponnistelua, kuten Solmun matematiikkadiplomien tehtävät ovat osoittaneet. Opettajat kertovat, että niitä lasketaan ”innoissaan”.

Tietotekniikka on lisännyt ja monipuolistanut matematiikan soveltamisen mahdollisuuksia, ”matematisoinut” monia aloja. Matemaattisen tiedon tarve ja soveltaminen yhteiskunnassa ovat kasvaneet ja kasvavat koko ajan, niinpä koko ajan kehittyvästä matematiikasta on tullut tieteellis-teknisen kulttuurin perusta.

Matematiikan jako ”sovellettuun” ja ”puhtaaseen” alkaa sekin olla aikansa elänyt – sovellukset löytyvät usein vasta teorian kehittymisen jälkeen, väliajan pituutta on vaikea ennustaa. Nyky-yhteiskunnan tekniikan välineiden kehittämisessä on tarvittu matematiikkaa. Ongelmana onkin matematiikan ”näkyvättömyys” niissä. Oltaisiko lisäksi sekoitettu digitaalisten laitteiden kuluttajan rooli, eli pelkkä laitteen ostaminen ja käyttäminen, aivan toista osaamistasoa vaativaan uusien laitteiden ja sovellusten kehittämiseen eli kehittäjän asemaan? On turha kuvitella, että yhteiskunta, jossa matematiikkaa ei ymmärretä arvostaa, voisi kehittää uusia teknisiä innovaatioita.

Matematiikassa menestyneet arvostavat ainetta, mutta he, joilla on takanaan huonoja henkilökohtaisia kokemuksia vaikkapa kouluajoilta, haluavat mitätöidä matematiikan merkityksen. He jopa kehuskelevat sillä, etteivät koskaan sitä ymmärtäneet ja ovat kuitenkin yhteiskunnassa päässeet ylenemään. Kenties kuitenkin heidänkin yhteiskunnallinen panoksensa olisi ollut parempi, jos päätöksiä olisi tehty perustuen suuruusluokkien hahmottamiseen, puolueettomiin analyyseihin, eri vaihtoehtojen esittämiseen, tilastoihin. Nythän meille tarjotaan jos jonkinlaisia kauniita julistuksia: kestävä kaivosteollisuus, korkea osaamistaso, arktinen kestävä kehitys, kyberturvallisuuden uhkien hallinta, ravinteiden kierrätys; kaiken tämän ja paljon muun maljamaaksi tai edelläkävijäksi tuleminen onnistuu meiltä kuulemma tulevaisuudessa. Manipuloidaanko meitä mielikuvilla vai uskooko joku näihin kupliin; nykytodellisuus ja tulevaisuuden valinnat toimenpiteineen eivät ole yhdensuuntaisia julistusten mielikuvien kanssa. Heikko luonnontieteellinen yleissivistys estää selkeiden kannanottojen teon ja perustellun keskustelun. Myös päättäjät ovat lobbareiden vietävissä.

Usko ”tieto”koneisiin on vahva. Ei aina ymmärretä, että ohjelmoijan ja koneen käyttäjän tietotaito määrää koneen tuotoksen laadun, kone tietää vain sen, mitä sen sisälle on ohjelmoitu.

Matematiikka poikkeaa monista muista tieteistä vapautensa vuoksi, siinä ei tarvitse rajoittaa tutkimaan vain reaali maailman ilmiöitä; oma luovuus ja eräänlainen kauneudentaju ovat usein tärkeä osa matematiikan tutkimusta. Ne ovat tärkeitä ongelmien paikallistamisessa ja ratkaisemisessa ja teorian edelleen johtamisessa. Matematiikka on monessa mielessä lähellä taiteen tekemistä ja samalla ehtymätön älyllisten haasteiden tarjoaja.

Matematiikassa kaikki väitteet todistetaan täsmällisesti ja aukottomasti. Tällaiseen tulosten varmuuteen ei päästä muilla aloilla. Matematiikalle on ominaista työskentely abstraktien käsitteiden kanssa. Tästä taidosta on hyötyä myös matematiikan ulkopuolella. Matematiikka on yliopistollisena oppiaineena luonteeltaan itsenäinen, mutta se on myös välttämätön tukiaine monille muille tieteille.

Matemaattisen tiedon hankkiminen edellyttää keskittymiskykyä, pitkäjänteisyyttä ja kärsivällisyyttä. Matematiikka on ns. kumuloituva aine, jossa uusien asioiden ymmärtäminen perustuu aikaisempien asioiden ymmärtämiselle. Uudet käsitteet ja niillä operoiminen on sisäistettävä, alan aikaisemmat tulokset on opittava – tässä ei ole apua googlaamisesta, tietojen on oltava omien aivojen hallinnassa. Ulkoa osaamisesta ei ole apua, vaan on ymmärrettävä laajoja kokonaisuuksia, asioiden keskinäiset suhteet ja pystyttävä käyttämään niitä työkaluina eri tilanteissa. Kerran hyvin ymmärrettynä asia ei myöskään ole samalla tavalla muistissa kuin monissa muissa aineissa.

Matemaatikon työtehtävät

Matemaatikkojen työllisyystilanne näyttää hyvältä. Matematiikkaa opetetaan peruskouluissa, lukioissa ja muissa oppilaitoksissa. Esimerkiksi kaikkiin toisen asteen ammatillisiin opintoihin kuuluu matematiikan opiskelua. Matematiikan aineopettajan opintoihin kuuluu matematiikan lisäksi pedagogiset opinnot. Toiseksi opetettavaksi aineeksi suositellaan fysiikkaa, kemiaa tai tietotekniikkaa, myös jokin muu aine voi tulla kyseeseen. Opetusharjoittelu useammassa kuin yhdessä aineessa antaa pätevyyden opettaa näitä aineita ja on eduksi työmarkkinoilla. Ainakin pienemmällä paikalliskunnalla usein vielä yhdistetään mafiya (perusopetuksen yläluokilla) samalle opettajalle, mikä on pätevyyden kannalta ongelmallista. Opettajankoulutus antaa muodollisen pätevyyden lisäksi paljon taitoja ja valmiuksia, joita arvostetaan esimerkiksi yritysmaailmassa.

Myös ammattikoulutuksessa ja ammattikorkeakoulutaisissa ammateissa tarvitaan matematiikkaa, insinöörit (AMK), tradenomit, sairaanhoitajat (AMK) jne. Niissä opetustuntimäärät on minimoitu, joten opiskelijan aikaisemmin saaman pohjan pitäisi olla hyvä. Myös näissä oppilaitoksissa tarvitaan matematiikan opettajia. Opetusalan lisäksi työpaikkoja löytyy tietotekniikan alan yrityksistä, jolloin luonnollinen sivuainevalinta on tietojenkäsittely. Työmahdollisuuksia parantaa

sopivan sovellustieteen opiskelu. Tietotekniikka-ala on selvästi opetustyötä herkempi suhdannevaihteluille.

Matemaatikkoja työllistyy myös erilaisiin tutkimuslaitoksiin, vakuutusyhtiöihin, pankkeihin ja teollisuuteen. Matematiikan antamat valmiudet ovat hyödyllisiä lähes kaikkien alojen tutkimus- ja suunnittelutyössä. Tällaiset tehtävät vaativat yleensä matemaattisen mallintamisen hyvää osaamista, tietoteknisiä valmiuksia ja jonkin sovellusalan tuntemusta. Tilastotiede on monissa tutkimustehtävissä hyödyllinen oppiaine.

Matemaatikon suuntautuminen työmarkkinoilla riippuu myös valituista sivuaineista. Suositeltavia sivuaineita ovat esimerkiksi tietojenkäsittely, tilastotiede, fysiikka, kemia, biokemia, signaalinkäsittely, kansantaloustiede, laskenta- tai vakuutusala. Matematiikan opinnot ovat hyödyllisiä monen oppiaineen jatko-opinnoissa ja tutkimustyössä. Osa hyvin menestyneistä matematiikan opiskelijoista siirtyy maisterintutkimuksen jälkeen joko matematiikan tai jonkin soveltavan tieteen jatko-opiskelijaksi tähtäimenään tutkijan ura. Tässä erikoisnumerossa esitellään eräitä matematiikkaa käyttäviä työtehtäviä.

Matematiikan merkityksestä ja opetuksesta lisää osoitteessa <http://solmu.math.helsinki.fi>

- Solmu erikoisnumero 3/1998-1999 Matematiikan tulevaisuus, kuuluisien matemaatikkojen arvioita matemaatikkojen työtehtävistä
- Solmu 3/1999-2000, kirjoituksia matemaatikkojen työtehtävistä
- Solmu 1/2005, pääkirjoituksena matemaatikkojen Pisa-kannanotto
- Solmu erikoisnumero 1/2005-2006 aiheena Pisa-tutkimus, myös tiedosto Ranskan tilanteesta: matematiikan käytön räjähdysmäinen kasvu – matematiikan ja yhteiskunnan uudet yhteydet
- Solmu erikoisnumero 2/2005-2006 aiheena Pisa-tutkimus
- Solmu 3/2006, pääkirjoitus matemaatikkojen työtehtävistä
- Matematiikkadiplomi VIII, ensimmäinen tehtävä käsittelee Pisa-tutkimusta

Marjatta Näätänen



Matematiikan merkityksestä

Aatos Lahtinen

professori emeritus, Helsingin yliopisto

Johdanto

Matematiikka on kautta aikojen kuulunut koulujen ja yliopistojen opetusohjelmaan. Jo 2400 vuotta sitten antiikin Kreikassa filosofi Platonin perustaman yliopiston edeltäjän Akademeian pääsyvaatimuksena oli geometrian osaaminen. Ei siis ihme, että Suomessakin matematiikka on pakollinen aine niin peruskoulussa kuin lukiossa jo ensimmäisestä luokasta alkaen. Tästä huolimatta matematiikan merkitys ja tarpeellisuus jää usein epäselväksi. Ehkä oleellisimpana syynä tähän on matematiikan kumulatiivinen luonne, jonka vuoksi koulussa ei pystytty opiskelemaan varsinaista matematiikkaa, vaan ainoastaan eräiden matematiikan työkalujen käyttöä. Se, mitä matematiikka itse asiassa on, jää pimentoon. Samalla jää pimentoon yhteiskunnan kaikilla alueilla oleva suuri matematiikan tarve ja sen syyt.

Matematiikan olemuksesta

Matematiikan todellisen olemuksen ymmärtämistä vaikeuttaa se, että me emme voi nähdä emmekä kosketella sitä, sillä matematiikka on näkymätön ja aineeton. Siitä huolimatta on mahdollista havainnollistaa, mitä matematiikka oikein on ja mitä se saa aikaan.

Oleellista on, että matematiikka on ikivanha tieteenala, joka on täysin itsenäinen. Se ei tarvitse mitään ulkopuolista tukea. Matematiikassa rakennetaan ja käsitellään abstrakteja systeemejä logiikan keinoin. Systeemeillä ei tarvitse olla mitään tekemistä todellisuuden kanssa. Työkaluina rakennustyössä käytetään muun muassa koulumatematiikassa opiskeltuja asioita. Työn vaiheet kirjataan muistiin erityisen matemaattisen kielen avulla. Tämän kielen tarkkuus ja ilmaisuky-

ky on saanut myös monien muiden tieteenalojen tutkijat käyttämään sitä omista tutkimuksissaan.

Matematiikkaa voi verrata valtavan kokoiseen monikerroksiseen katedraaliin, joka kurottuu korkeaholvisine laivoineen, torneineen ja sivulaivoineen korkeammalle ja korkeammalle kohti taivasta. Vaikka katedraalia on rakennettu jo tuhansia vuosia, se on edelleen selvästi keskeneräinen. Kuitenkin katedraalin työmaalla on jatkuvasti runsaasti rakentajia. World Directory of Mathematicians, joka pitää luetteloa työmaan miehityksestä, sisältää tällä hetkellä yli 50 000 nimeä. Tämä joukko rakensi viime vuonnakin katedraaliin lisäkerroksia, torneja ja ulokkeita yli 50 000 tieteellisellä julkaisulla, joista jokainen sisältää uusia matemaattisia tuloksia. Ei ole mitään merkkejä siitä, että rakentamisen tahiti hiipuisi, pikemminkin päinvastoin. Tästä huolimatta katedraalin valmistuminen ei tunnu lainkaan lähestyvän. Katedraalin rakennussuunnitelmassa kerrosten lukumäärää ei ole rajoitettu, joten matemaatikoilla riittääneen työtä koko maapallon arvioidun eliniän eli ainakin viisi miljardia vuotta.

Viime vuosina on puhuttu paljon rakentamisen huonosta laadusta. Vain parikymmentä vuotta vanhat rakennukset saattavat jo olla peruskorjauksen tarpeessa. Matematiikan katedraali tekee tässä suhteessa poikkeuksen. Sen jokainen tiilikin kestää muuttumattomana ikuisuuden, sillä oikeaksi todistetut matematiikan tulokset pysyvät ikuisesti oikeina.

Matematiikan katedraalin rakentajien ei tarvitse koskaan korjata vanhaa, vaan he voivat huoletta rakentaa uusia tuloksia jo olemassa olevan matematiikan päälle. Tämä mahdollistaa matematiikan jatkuvan nousun yhä korkeammalle. Tämä matematiikan kumulatiivisuus ei välttämättä ole ilouutinen aloittelevalla raken-

tajalle, sillä hänen on kiivettävä monet katedraalin kerrokset ylöspäin, ennen kuin löytää kohdan, josta voi jatkaa rakentamista ylöspäin. Tosin suuret matemaatikot ovat nousseet niin nopeasti huipulle, että heidän on täytynyt syntyä katedraalin yläkerroksissa alakertojen pohjapiirustus nyrkissään.

Matematiikan käsittämätön tehokkuus

Matematiikka on siis loogisia rakenteita käsittelevä abstrakti tiede, jota tutkitaan muiden tieteiden tapaan sen itsensä kehittämiseksi. Tällaisten todellisuudesta riippumattomien rakenteiden luominen ja tutkiminen on kiehtovaa luovaa työtä, joka tarjoaa myös esteettisiä elämyksiä. Nykyisen markkinatalouden aikana on kuitenkin kysyttävä, mitä hyötyä on todellisuudesta riippumattomien rakenteiden tutkimisesta.

Kysymykseen on yllättävä, paradoksinen vastaus. Nimenomaan matematiikan todellisuudesta riippumattomuus tekee siitä käsittämättömän tehokkaan todellisuuden kuvaajan, jota voidaan käyttää käytännön ongelmien ratkaisuun lähes kaikilla elämänaloilla. Tämä matematiikan ainutlaatuinen soveltuvuus sekä teorian että käytännön tehtäviin tekee siitä tärkeän sekä muille tieteille että yhteiskunnalle ja antaa matematiikalle itseoikeutetun sijan koulujen opetusohjelmissa.

Matematiikan rakenteen todellisuudesta riippumattomuuden etu on siinä, että matemaattista rakennetta voidaan käyttää kuvaamaan mitä tahansa ilmiötä, jonka perusominaisuuksiin juuri tämä rakenne sopii. Sillä, mikä ilmiö todellisuudessa on, ei ole rakenteen kannalta mitään merkitystä. Tarkastellaan paria yksinkertaista esimerkkiä.

Todellisuudesta riippumattomuus alkaa jo luvuista. Luku ei riipu siitä, minkä lukumäärää se asetetaan kuvaamaan. Luvulla 7 voidaan merkitä yhtä hyvin Ota-
van tähtien lukumäärää kuin asuinrakennuksen korkeutta metreissä.

Lukujen riippumattomuudesta seuraa edelleen laskutoimitusten riippumattomuus kohteesta. Prosenttilaskun kaavassa

$$b = \left(1 + \frac{p}{100}\right)a$$

on aivan samantekevää, onko a metrejä, kiloja, euroja, kappaleita tai mitä tahansa luvuilla kuvattavaa, kaava antaa aina p prosentin kasvun vaikutuksen mille tahansa prosenttiluvulle p . Poplaulaja Robinin levymyynnin kasvu, hampurilaisaterian hinnannousu ja hiilidioksidin lisääntyminen ilmakehässä, kaikki saadaan samalla tavalla kaavasta.

Lukiossa esitelty derivaatta on esimerkki vähän syvällisemmästä matematiikan työkalusta. Derivaatta määritellään raja-arvona, joka liittyy annettuun funktioon

f jokaisessa pisteessä x arvon $f'(x)$. Määritelmä ei riipu siitä, onko funktiolla f ja pisteellä x jokin merkitys todellisuudessa vai ei. Tällä abstraktisti määritellyllä, todellisuudesta riippumattomalla derivaatalla on kuitenkin runsaasti käytännön sovellutuksia.

Yleinen sovellutus on annetun systeemin pienimmän arvon määrittäminen. Jos derivoituva funktio f kuvaa tiettyä yhden muuttujan x systeemiä, löytyy systeemin pienin arvo derivaatan $f'(x)$ nollakohtien joukosta (tai välin päätepisteistä, jos tarkasteluvälin päätepisteet kuuluvat tarkastelujoukkoon). Se, millainen systeemi on ja millaista todellisuutta funktio f kuvaa, ei vaikuta tarkasteluun. Kyseessä voi yhtä hyvin olla pakkausmateriaalin määrä kuin lämmityskustannukset.

Derivaatta antaa käytännön tietoa myös liikkuvasta objektista, jonka kulkema matka s tiedetään ajan t funktiona muodossa $s = f(t)$. Jos funktio on derivoituva, antaa sen derivaatta $f'(t)$ objektin nopeuden $v(t)$ hetkellä t täysin riippumatta siitä, onko kyseessä pikajuoksija, leijona, auto, lentokone vai laavavirta eli riippumatta siitä, mikä objekti todellisuudessa on. Itse asiassa sama pätee kaikkiin systeemeihin, jotka muuttuvat jollain tavalla ajan mukana. Derivaatta antaa aina systeemin muutosnopeuden kokonaan siitä riippumatta, mitä systeemi todellisuudessa kuvaa.

Matematiikan sovellutuksissa ilmiön käyttäytymistä hallitaan matemaattisilla yhtälöillä, jotka on muodostettu sen tiedon varassa, mitä meillä ilmiöstä on. Yhtälöt saattavat olla hyvinkin monimutkaisia ja niillä saattaa olla monenlaisia ratkaisuja. Oma ongelmansa on tulkita, mitä saadut matemaattiset ratkaisut kertovat ilmiöstä. Saattaa myös käydä niin, että joillekin ratkaisuille ei löydy konkreettista merkitystä. Tällaisen ratkaisun ei kuitenkaan aina tarvitse olla soveltajalle hyödytön. Näennäisesti outo ratkaisu saattaakin joskus kertoa ilmiöstä ominaisuuksia, joita ei vielä ole löydetty. Esimerkiksi antimateria ja osa alkeishiukkasista on löydetty juuri pohtimalla, mitä matemaattisen mallin outo ratkaisu yrittää kertoa meille.

Vaikka matematiikan rakenteet ovat todellisuudesta riippumattomia, niiden muodostaminen on saattanut saada innoituksensa todellisuudesta. Usein on käynyt niin, että kun todellisen maailman ilmiölle ei löydetä sopivaa matemaattista mallia, matemaatikot ovat innostuneet kehittämään sellaista uutta matematiikkaa, jolla ilmiö saataisiin hallintaan.

Matematiikan katedraali on soveltajalle varsinainen aarreaitta, jossa on lukemattomia käytännön tarpeisiin soveltuvia abstrakteja rakennelmia. Ongelmaksi jää, miten soveltaja löytää tästä paljoudesta juuri hänen tarvitsemansa rakenteet. Katedraalin rakenteet ovat todellisuudesta riippumattomia, eikä niissä ole tuoteselosteita, jotka kertoisivat mihin kaikkeen niitä voisi käyttää. Ei myöskään ole mitään takeita siitä, että um-

pimähkään valitulle matematiikan rakenteelle löytyisi tällä hetkellä käyttöä ihmisen todellisuudessa.

Punainen tarra

Warwickin yliopiston matematiikan professori Ian Stewart esitti kerran, että matematiikan merkitystä voitaisiin havainnollistaa kiinnittämällä kaikkeen matematiikkaa hyödyntävään punainen tarra: ”SISÄLTÄÄ MATEMATIIKKAA”. Stewart ryhtyi samalla listaamaan kiinnityskohteita.

Punaisen tarran saisi tietysti jokainen tietokone, jokainen tabletti ja jokainen puhelin. Tarra kiinnitettäisiin myös jokaiseen automaattihissiin, jokaiseen uudehkoon tai uuteen autoon, jokaiseen lentokoneeseen, jokaiseen sähköveturiin ja jokaiseen laivaan. Lisäksi tarra tulisi jokaiseen CD-, DVD- ja BlueRay-soittimeen, jokaiseen televisioon ja jokaiseen erikoistehosteita sisältävään elokuvaan. Väistämättä tarran saisi Internet ja jokainen sitä käyttävä sovellus kuten Google, Facebook, YouTube, Twitter. Tarra liimattaisiin myös jokaiseen vaaligallupiin ja jopa jokaiseen kaupallisesti viljeltyyn vihannekseen, koska niiden jalostus on nojannut biomatematiikkaan.

Punaisten tarrojen kiinnitys ei rajoittuisi vain esineisiin. Tieteiden puolella punaisen tarran saisivat melkein kaikki luonnontieteiden tulokset samoin kuin useat muiden tieteiden tulokset, koska niiden kehittämisessä ja ilmaisussa on käytetty matematiikkaa.

Luetteloa voisi jatkaa, mutta jo esitetty osoittaa, että punaiset tarrat peittäisivät lähes koko maailman. Niinpä idean toteutus kaatuisi käytännössä rahan ja kiinnittäjien puutteeseen. Tarroittaminen on kuitenkin niin hyvä keino havainnollistaa matematiikan merkitys, että matemaattinen yhteisö voisi yrittää saada EU:n säättämään direktiivin, joka velvoittaisi kaikki matematiikkaa sisältävien laitteiden valmistajat kiinnittämään laitteisiinsa tuon punaisen tarran. On EU tehnyt paljon turhempiaakin direktiivejä.

Matematiikan tekijät ja käyttäjät

Punaiset tarrat osoittavat, että matematiikka on yhteiskunnalle välttämätöntä. Lisäksi matematiikka on monen tieteenalan oleellinen apuväline. Esimerkiksi fyziikan kehitys olisi ollut mahdotonta ilman matematiikkaa. Samoin ihmiskunnan tulevaisuudelle elintärkeä ilmastonmuutoksen ennustaminen on täysin riippuvainen monimutkaisten matemaattisten mallien kyvystä kuvata ilmastoa.

Matematiikka ei kuitenkaan tee itse mitään, tarvitaan ihmisiä, jotka ymmärtävät matematiikkaa ja osaavat käyttää sitä. Matematiikan valtavan laajuuden vuoksi sen parissa työskentelevien on pakko erikoistua.

Tarvitaan ensinnäkin tieteentekijöitä, ns. puhtaita matemaatikkoja, jotka omalla luovalla työllään rakentavat matematiikan valtavaan katedraaliin uusia kerroksia ja torneja, joista näkee yhä kauemmaksi. Toiseksi tarvitaan käytännön soveltajia, insinöörejä, maistereita ja tohtoreita, jotka kehittävät punaiseen tarraan oikeuttavia, matematiikan avulla toimivia laitteita. Kolmanneksi tarvitaan oppaita, ns. soveltavia matemaatikkoja, jotka tuntevat matematiikan katedraalia niin hyvin, että osaavat löytää tosielämän ongelman parissa työskenteleville insinööreille, maistereille ja tohtoreille juuri sellaiset matematiikan rakenteet, joita ongelman ratkaisemiseen tarvitaan.

Matematiikan katedraalin suuruus ja punaisten tarrojen paljous kertovat, että uuden matematiikan luojia, matematiikan käytännön soveltajia ja oppaita tarvitaan paljon. Suomessakin tällaisten osajien vuosittainen kysyntä ylittää tarjonnan eli ylioppilaskirjoituksissa pitkän matematiikan kokeen suorittajien määrän. Matemaattisopohjaisten alojen jatko-opiskelu on nimittäin vaikeata ilman lukion pitkän matematiikan antamaa pohjaa. Lukion aloittava opiskelija, joka haluaa katedraalin rakentajaksi, punaisen tarran käytön lisäjäksi tai katedraalin oppaaksi, tekee siis viisaasti valitessaan pitkän matematiikan. Valinta tuo mukanaan työntekeä, mutta myös elämyksiä. Ennenkaikkea valinta antaa mahdollisuuden osallistua paremman tulevaisuuden rakentamiseen.

Kokemuksia matematiikan hyödyntämisestä teollisuudessa

Lue myös Erkki Heikkolan ja Pasi Tarvaisen kirjoitus Kokemuksia matematiikan hyödyntämisestä teollisuudessa, joka julkaistiin lehdessä Solmu 1/2010, <http://solmu.math.helsinki.fi/2010/1/numerola.pdf>

”Matemaattiset ja laskennalliset menetelmät ovat keskeinen työkalu teollisuuden tutkimus- ja kehitystoiminnassa, ja niiden merkitys on jatkuvassa kasvussa. Tietokoneiden laskentakapasiteetin ja ohjelmistotyökalujen kehitys on mahdollistanut aiempaa edistyneempien matemaattisten menetelmien ja algoritmien hyödyntämisen eri teollisuusalojen sovelluksissa. Matematiikan ja siihen perustuvan tietokonelaskennan menetelmiä ja teollisia/kaupallisia sovelluksia käsittelevä ala, teollisuusmatematiikka, alkaa olla jo vakiintunut käsite.”



Minne katosi matematiikka?

*Juha Haataja*¹

Usein unohdetaan, että matematiikan osaaminen on kynnyskysymys yhteiskunnan toimintakyvylle. Tarkemmin ajatellen matematiikkaa tarvitaan kaikkialla. Tietokoneen toiminta perustuu matemaattisille periaatteille prosessoritasolta käyttöliittymään. Tiedon siirto ja esimerkiksi videokuvien esittäminen perustuvat matemaattisille algoritmeille. Ja tiedon salauksessa käytetään pitkälle kehitettyjä lukuteorian ja muiden tutkimusalueiden tuloksia, esimerkiksi elliptisten käyrien teoriaa.

Kun koneeni ottaa yhteyttä langattomaan tukiasemaan, saavat Maxwellin yhtälöt ja Shannonin informaatioteoria homman pelaamaan. Ja kun haen tietoyhteiskuntastrategian PDF-versiosta sanaa 'matematiikka', käytän hyväkseni matematiikkaa.

Tietoyhteiskuntastrategiasta 2007–2015 puheen ollen voi mainita, että raportista löytyy yksi maininta matematiikasta. Sitä saa etsimällä etsiä. Kyseisessä kohdassa puhutaan Suomen menestyksestä OECD:n Pisa-tutkimuksessa.

Mutta miksi raportissa ei kerrota lukijalle, että matematiikan osaaminen on kynnyskysymys tietoyhteiskunnan toimintakyvylle? Vuonna 2003 Suomi sijoittui matematiikan osaamisessa toiseksi Pisa-tutkimuksessa, mutta vuonna 2012 olimme pudonneet 12. sijalle.

Tietoteknisten oivallusten kehittäminen vaatii matemaattista ajattelukykyä. Matematiikka rakentaa sillan reaali maailman ilmiöistä ja prosesseista tietokoneiden virtuaali maailmaan.

Tieteellisessä tutkimuksessa ja yritysten tuotekehityksessä käytetään hyväksi laskennallista tiedettä, siis simulointia ja mallintamista, missä matematiikan avulla kuvataan todellisuuden luonnetta. Tutkimus tarvitsee laskennallisen tieteen välineistöä kyetäkseen vastaamaan haasteisiin.

Matematiikan osaamista tarvitaan kännyköiden, paperikoneiden ja lääkkeiden suunnittelussa. Nanotieteessä kuvataan atomit ja molekyyli rakenteet matemaattisella formalismilla. Bioinformatiikassa matematiikka kytkee geenien symbolit ja niiden biologisen merkityksen toisiinsa. ICT-alan kuumat puheenaiheet kuten 'big data' ja 'kyberturvallisuus' ponnistavat nekin matemaattisesta osaamisesta.

Usein kehutaan tietotekniikka-alan suuryritysten työllistävästä vaikutuksesta, mutta ei puhuta pienistä oivalluksista, jotka kyseenalaistavat isojen aseman. Kun vain matemaattista osaamista riittää, pitäisi Suomessa pärjätä tapahtuu maailmalla mitä tahansa.

Jos haluamme elää tietoyhteiskunnassa, tarvitsemme ihmisiä jotka kykenevät ymmärtämään maailmaa. Tätä ymmärrystä ei saavuteta ilman matematiikkaa.

Vankimielisairaalan ylilääkäri Hannu Lauerma kirjoittaa teoksessaan 'Usko, toivo ja huijaus' (Duodecim, 2006) seuraavasti: "Kriittinen ajattelu edellyttää kykyä ymmärtää numeerisia käsittelytapoja ja niihin pohjaa-va todennäköisyyslaskentaa."

Järjen (ja matematiikan) käyttöä pitäisi suosia tietoyhteiskunnassa.

¹Tekn. lis. Juha Haataja on tehnyt töitä yli neljännesvuosisadan tutkimuksen tietotekniikan parissa. Nykyisin hän työskentelee opetus- ja kulttuuriministeriössä vastuullaan muun muassa avoin tiede ja tutkimus. Kirjoitus on päivitetty vuonna 2007 ilmestyneestä kolumnista.

Tieteidenvälinen kommunikaatio?

Camilla Hollanti

matematiikan apulaisprofessori, Aalto-yliopisto

Olen viime vuosina tehnyt standardointiyhteistyötä monien suurten broadcasting-yritysten kanssa. Ainaisen ongelma on yhteisen kielen puute eri alojen edustajien välillä. ”Matematiikan kieli” on, ainakin monien mielestä, vaikeampi oppia kuin muut ”kielet”. Niinpä matemaatikot olisivat tässä mielessä sopivin ryhmä kehittämään omia kommunikointitaitojaan. Ehkä tämä on yksi ongelmakohta, mihin matematiikan opetuksessa voisi yrittää etsiä ratkaisua. Esimerkiksi Aalto-yliopistossa kandiudistuksen myötä eri koulujen oppilaiden yhteistyönä tehtävä projektityö on mielestäni oiva avaus tähän suuntaan. Eri alojen välisiä kommunikointitaitoja edistää toki sivuaineiden opiskelukin, ja lisäksi vieraiden kielten, erityisesti englannin, osaaminen on luonnollisesti tärkeää. Perinteisempien vaihtoehtojen lisäksi opiskelijavaihto, ihan vaikka kotimainenkin, eri alojen laitoksille maisteriopintojen aikana voisi olla

hyvä idea. Uskon, että olisin itse voinut hyötyä harjoittelujaksosta vaikkapa tietoliikennetekniikan laitoksella, mutta kesäharjoittelupaikat annetaan usein automaattisesti oman laitoksen opiskelijoille. Tällaiseen ”laitosvaihtoon” tarvittaisiin siis ihan oma fooruminsa tavanomaisten kesäharjoittelupaikkojen lisäksi. Mikäli harjoittelu tai opiskeluvaihto toisella laitoksella kiinnostaa, kannattaa joka tapauksessa olla yhteydessä ko. laitoksen professoreihin. Itse olen ottanut viime kesinä runsaasti insinöörیتieteiden opiskelijoita kesäharjoitteluun, mutta he ovat itse aluksi olleet aktiivisia ja lähestyneet sähköpostitse. Viestin täytyy kuitenkin olla riittävän spesifinen, jotta juuri sinut huomataan ja valitaan useiden pyrkijöiden joukosta. Lisäksi mukaan kannattaa aina liittää ainakin lyhyt ansioluettelo. Erityisesti ulkomailla oleskelu on meriitti myöhemmin töitä hakiessa, joten rohkeasti opiskelijavaihtoon!



”Must tulee hoitaja, en mä tarvii matikkaa.”

Liisa Näveri

FT, Helsingin yliopisto

Näin kuulen usein sanottavan. Kuitenkin jo eriasteisiin terveydenhuollon ammatteihin pyrittäessä törmää matematiikan testeihin. Näissä testataan ammateissa tarvittavia perusvalmiuksia, kuten peruslaskutoimituksia rationaalilukualueella ilman laskinta laskettaessa sekä loogista päättelykykyä. Käsittelen tässä artikkelissa asioita, joita terveydenhuollon ammatissa tarvitaan

matematiikan sektorilta. Se auttaa ymmärtämään peruskoulussa opittavien tietojen ja taitojen merkityksen terveydenhuollossa.

Matematiikan merkitys tulee sairaanhoidossa ja terveydenhuollossa lääkehoidon tarpeista. Siviilielämässä olemme tottuneet, että reseptissä lukee, kuinka monta tablettia tai kuinka monta millitraa tai tippaa otam-

me lääkeliuosta kerrallaan ja kuinka useasti vuorokaudessa. Silloin ns. lääkelasku on jo laskettu. Sen sijaan terveydenhuollon eri yksiköissä määrätessään lääkettä lääkäri kirjaa potilaan tarvitseman vaikuttavan aineen määrän, ei tablettien kappalemäärää tai lääkeliuoksien millilitramäärää. Tämä tarve tulee siitä, että eri lääkkeistä on erilaisia vahvuuksia, joten annokset määräytyvät sen mukaan, mitä vahvuutta lääkettä lääkekaapissa on. Joskus käytetään myös eri valmistajan rinnakkaistuotteita.

Terveydenhuollon ja sairaanhoidon eri yksiköissä lääkahoitoon osallistuvat niin toisen asteen kuin ammatikorkeakoulun koulutuksenkin saaneet. Toisen asteen oppilaitoksista lähihoitaja-nimikkeellä valmistuvat toimivat hyvin erilaisilla aloilla. He suuntautuvat opiskelun loppuvaiheissa työskentelemään lasten tai nuorten parissa, vammais- tai vanhusterveydenhuollossa tai ensihoidossa. Kaikille heille koulutukseen kuuluu koulutusohjelman mukaisten ns. lääkelaskujen suorittaminen. Opiskeluvaiheessa lääkelaskut suoritetaan useaan kertaan niin perusopinnoissa kuin erikoistumisjaksoilakin.

Useilla työpaikoilla niin lähi- kuin sairaanhoitajatkin tenttivät lääkelaskut säännöllisin väliajoin saadakseen ja pitääkseen voimassa lääkeluvat. Tällöin jokainen huolehtii yksilövastuista omien potilaidensa lääkähoidosta. Ainoastaan iv-lääkkeet (laskimonsisäisesti annettavat lääkkeet) antaa sairaanhoitaja.

Annostelutehtävillä tarkoitetaan potilaalle annettavan annoksen laskemista, kun lääkärin määräys ja lääkkeen vahvuus ovat tiedossa. Esimerkiksi Digoxin-sydänlääkkeestä on kolmea eri vahvuutta: Digoxin 0,25 mg tabletti, Digoxin semi 0,125 mg tabletti ja Digoxin mite 0,0625 mg tabletti. Kuinka monta Digoxin 0,25 mg -tablettia annetaan, kun määräys on ollut 0,125 mg x 1? Määräyksen x 1 tarkoittaa, että lääke annetaan kerran vuorokaudessa. Tyypilliset virheelliset vastaukset tässä tehtävässä ovat kokemuksen mukaan olleet viisi ja kaksi Digoxin 0,25 mg -tablettia.

Nestemäisistä lääkkeistä esimerkkinä voisi mainita seuraavan: lääkeliuoksen vahvuus on 5 mg/ml. Potilaalle on määrätty 3 mg vaikuttavaa ainetta. Kuinka paljon lääkeliuosta annostellaan? Antovälineellä ja riittävän tarkalla asteikolla on myös merkityksensä. Annos annetaan per os (suun kautta).

Infuusioliuksilla tarkoitetaan tiputuksessa annettavia liuoksia. Hoitohenkilökunnan tulee tarkkailla, ettei tiputusnopeus ole liian suuri. Lähihoitaja voi esimerkiksi laskea tippojen lukumäärän (3 tippaa = 3 guttua = 3 gtt) 15 sekunnissa. Siten tiputusnopeus on 12 gtt/min. Nyrkkisääntönä pidetään, että millilitrojen määrä tunnissa saadaan kertomalla 3:lla guttamäärä minuutissa. Siten hoitaja voi päätellä milloin infuusioliuos loppuu. Mutta mistä nyrkkisääntö 'kolmella ker-

tominen' tulee? Oikeellisuus on pääteltävissä, kun ottaa vielä huomioon, että 20 gtt = 1 ml ko. olosuhteissa.

Nykyään pyritään kustannuksia säästämään pussittamalla apteekissa tabletit jo valmiiksi farmaseuttien toimesta kunkin potilaan määräyksen mukaisesti. Jos potilaan lääkemääräykset ovat pitkäaikaisia ja pysyviä, jää hoitohenkilökunnalle pussittamisesta vain tarkistamisen vastuu. Terveydenhuollossa lopullinen vastuu lääkähoidosta on hänellä, joka sen toteuttaa, eli lähi- tai sairaanhoitajalla. Täysin pussijakeluun ei voida kuitenkaan mennä, koska on Marevan-tyyppisiä lääkkeitä, joiden käytössä hoito edellyttää säännöllisin väliajoin tapahtuvaa laboratorioseurantaa. Näillä lääkkeillä annokset sovitetaan yksilöllisesti ja päiväannokset saatavat vaihdella.

Terveydenhuoltoalalle ammattikorkeakouluun pyritäessä on ohjelmia, joissa otetaan alkupistemäärää laskettaessa mukaan aina matematiikan arvosana. Matematiikan sovellusalueet vaihtelevat koulutuslinjan mukaan; suuhygienistien koulutuksessa prosentteja käytetään liuoksien vahvuutena niin liuoksia valmistettaessa kuin laimennettaessakin. Bioanalytiikon työhön kuuluvat näytteenotto, laboratoriotutkimukset sekä laadunhallinta. Kiinnostus luonnontieteisiin ja tekniikkaan auttaa alaan kouluttautumisessa. Matematiikkaa ja luonnontieteitä käytetään sekä määrällisesti että sisällöllisesti paljon.

Ensihoitajia koulutetaan sekä toisen asteen ammatillisissa oppilaitoksissa että ammattikorkeakouluissa. Jälkimmäisessä tutkintonimike on ensihoitaja (AMK). Ensihoitaja on usein ensimmäisenä tapahtumapaikalla. Hänen tulee tehdä potilaan hoitoa koskevia päätöksiä nopeastikin. Hän toteuttaa itsenäisesti ensihoitopotilaan lääkähoidon. Elvytystilanteessa ensihoitajan tulee pärjätä ilman laskinta – eihän ole uskottavaa, jos ensihoitaja ilmestyy paikalle defibrillaattori toisessa kädessä ja laskin toisessa kädessä. Ensihoitaja pystyy päättämään annoskoot päässä laskuna.

Lääkäriskoulutukseen pyritäessä ja koulutusvaiheessa matematiikan, fysiikan ja kemian perustiedot ovat merkittävässä roolissa, koska elimistö toimii luonnonlakien mukaisesti. Myös teknisten laitteiden toiminnan ja laboratoriotutkimuksien analysointimenetelmien ymmärtäminen helpottaa tulosten tulkintaa.

Olen edellä kuvaillut esimerkein hoitohenkilökunnan työssään toteuttamaa lääkohoitoa. Siviilivastuuta on myös lisätty. Diabeetikko lääkitsee itsensä ns. 'kynällä'. Diabeteslääke, insuliini, valmistetaan nykyisin vakiovahvuudeltaan 100 kansainvälistä yksikköä millilitrassa, 100 IU/ml. Näin diabeetikko ei tarvitse lääkitsemiseensä millilitraruiskua, vaan hänellä on 'kynä', jossa asteikko on yksikköinä. Esimerkiksi hänen tarvitsemansa 10 yksikköä on helpompi annostella kuin millilitraruiskun 0,1 ml.

Tässä kirjoituksessa on saatu kosketus terveydenhuoltoalan matematiikan erääseen osa-alueeseen, lääkelaskuihin. Opetushallituksen ohjeen mukaisesti laskut suoritetaan ilman laskinta. Halutaan myös, että laskija kykenee arvioimaan laskunsa suuruusluokan virheiden eliminoimiseksi. Annokset annostellaan lasketun mukaisesti, niitä ei pyöristetä, ettei annettaisi yliannok-

sia. Teknisiä apuvälineitä ei käytetä, jotta varmistetaan lääkkeiden oikea annostelu, vaikka laskin olisi kateissa tai rikki. Potilasturvallisuuden vuoksi jo tentissä tulee kaikkien laskujen olla oikein. Eihän voi ajatella, että potilashuoneen neljästä potilaasta yksi voisi saada väärän määrän lääkettä.



Tohtori rehtorina

Jarkko Rieppo

FT, dosentti, vt. rehtori

En aavistanut vuonna 1995, kun aloitin Joensuun yliopistossa logiikan ja analyysin tutkijakoulussa jatkoopintoni, että tulen joskus työskentelemään lukion rehtorina. Sillä hetkellä, kun väittelin tohtoriksi vuonna 1998, olin tosin jo matematiikan ja tietotekniikan lehtorin virassa Joensuun yhteiskoulun lukiossa. Virkaani kuului myös apulaisrehtorin tehtävä ja pääsin tutustumaan rehtorin työnkuvaan hänen työparinaan. Virkaan valinnan mahdollisti opettajan pätevyys, jonka olin hankkinut jo maisteriopintojeni aikana.

Tehtäviini apulaisrehtorina kuului lukion työjärjestyksen laatiminen, joka on varsin haastava optimointiongelma. Kokemukseni mukaan lukioden työjärjestyksiä laatimassa on pääsääntöisesti matemaattisten aineiden opettajia – matemaattinen taipumus ja koulutus soveltuvatkin hyvin kyseiseen työhön, joka vaatii analyttisyyttä, pitkäjänteisyyttä, järjestelmällisyyttä ja luovuutta. Myös kovanahkaisuus on eduksi, ettei luhistuisi sidosryhmien toiveiden ja vaatimusten alle, mutta sitä ei matemaatikon koulutuksesta saa. Sen sijaan, kun kykenee perustelemaan ratkaisunsa loogisesti – koulutuksen jalostamalla kyvyllä – saa muilta luotamuksen.

Esimieheni eläkeikä alkoi lähestyä, ja hän vihjasi mi-

nulle, että minulla saattaisi olla mahdollisuuksia hänen seuraajakseen rehtorina ja hän pyysi minua hankkimaan pätevyyden. Rehtorin tehtävän hoitaminen edellyttää opettajan pätevyyden lisäksi 15 opintoviiikon (25 opintopisteen) laajuista opetushallinnon tutkintoa. Suoritin kyseiset opinnot avoimessa yliopistossa töiden ohessa vuoden aikana. Opintoihin kuului mm. kunnallishallinnon ja opetushallinnon lainsäädäntöä. Yllättäen koin nämä lakiopinnot kiinnostaviksi, ja huomasin, että matemaattinen tapa ajatella helpotti näitä opintoja. Käsitteiden määrittelyt, syy-seuraussuhteiden kuvaukset tuntuivat luontevilta ja helpohkoilta soveltaa eri tilanteisiin. Ajattelinkin silloin, että jos minun olisi vielä pakko valita jokin muu koulutus kuin matemaatikon, niin lakiopinnot olisivat varteenotettava vaihtoehto.

Edellisen rehtorin eläköidyttyä siirryin hoitamaan rehtorin tehtäviä – matematiikan opettaminen jäi sivurooliin. Harkitsin kauan, otanko haasteen vastaan, sillä pidän kovasti opettajan työstä. Suostuin kuitenkin tehtävään, sillä tiesin sen olevan väliaikainen siihen saakka, kunnes Joensuun kaupungissa yhdistetään lukioita. Tuleva lukuvuosi on minulle kuudes ja viimeinen rehtorin tehtävässä, kun lukiomme yhdistetään toisen lukion kanssa.

Pidin työjärjestysten suunnittelun edelleen omana tehtävänäni ja sain sen seuraksi liudan muita hallinnollisia tehtäviä. Rehtorin työ on laaja-alaista ja hän on viime kädessä vastuussa kaikesta siitä, mitä koulussa tapahtuu. Henkilöstöjohtaminen, talousjohtaminen, pedagoginen johtaminen ja koulun edustaminen paikallisilla, kansallisilla ja kansainvälisillä foorumeilla on rehtorin työn arkipäivää sen lisäksi, että on läsnä opiskelijoiden ja opettajien arjessa. Koen saaneeni näihin tehtäviin hyvät valmiudet koulutukseni myötä, ja olen kiitollinen siitä, mitä olen tässä tehtävässä kokenut. Reilun vuoden kuluttua palaan takaisin hoitamaan lehtorin ja apulaisrehtorin tehtäviä.

Koko sen ajan, kun olen koulussa työskennellyt, olen

harrastanut matematiikan tutkimusta ja tuottanut keskimäärin yhden tutkimusartikkelin vuodessa ja osallistunut muutamiin kansainvälisiin konferensseihin. Kiihtos tästä mahdollisuudesta kuuluu Itä-Suomen yliopistolle, jonka resursseja olen saanut dosentin ominaisuudessa käyttää, ja jonka tutkimusryhmien toimintaan olen voinut osallistua. On kyllä myönnettävä, että aletuani hoitaa rehtorin tehtäviä, tutkimukseni ovat jääneet vähemmälle, sillä työn vaativuus on suurempi ja työpäivät ovat yksinkertaisesti pitempiä ja lomat lyhempiä. Matematiikan tutkimus on kuitenkin mukanaan vievä harrastus hyvien ystävien parissa, ja sitä en tule kokonaan hylkäämään niin kauan kuin siihen kykenen.

Työllistyminen opetuslalle

Heikki Pokela

Tapiolan lukio

Tehtäväkentän laajuus

Opettajan yleinen toimenkuva on varsin laaja, esiopetuksesta aikuiskasvatukseen, joten aiheen rajaamiseksi keskityn tässä lähinnä lukion opettajan ammatin tarkasteluun. Opetukselliset taidot ja aineosaaminen kumpikin jo yksinään riittävät artikkelin aiheeksi. Valitsin tähän jälkimmäisen.

Työkokemus

Aalto-yliopiston matematiikan emerituslehtori Simo Kivelä on todennut, että opettajan tulisi kyetä avaamaan oppilailleen näköaloja (Arkhimedes 3/2007). Opettaja voi saavuttaa tällaisen kyvyn kokemuksella, jota on hankittu sekä opinnoista että mahdollisesti työkokemuksella varsinaisen opetusalan ulkopuolelta. Olen nähnyt vuosien mittaan muutamia ammattikorkeakoulujen työpaikkailmoituksia, joissa haetaan matematiikan opettajaa ja valinnassa arvostettaisiin kokemusta matematiikan ”teollisuussovelluksista”. Erääseen tällaiseen tehtävään valitulla oli matematiikan jatkokurssin lisäksi usean vuoden kokemus VTT:ltä, jossa hän oli tehnyt numeerista simulointia erilaisille teollisuusprosesseille. Lisäksi hänen ansioluettelostaan löytyi opettajankokemusta noin kymmenen vuoden verran eri oppilaitoksissa ja pedagogiset opinnot sekä kokemusta valtakunnallisten matematiikan kokeiden tarkistamisesta. Työnantaja tiesi, mitä halutaan ja mitä ei – eli ei ketään suoraan koulun penkiltä kateederille, ainakaan vakituiseen työhön.

Lukion opettajalta harvemmin edellytetään kokemusta opetusalan ulkopuolelta, joten näköalojen avaamisessa jo lähtökohta on usein huomattavasti kapeampi, mikä asettaa varsin paljon odotuksia ja ehkä liiojakin vaatimuksia opettajankoulutukseen. Ongelman poistamiseksi työnantaja parhaimmassa tapauksessa ohjaa opettajia erilaisiin täydennyskoulutuksiin.

Opetussuunnitelmat

Opettajaa ohjaa, sitoo ja suojaa opetussuunnitelma, ops. Oppikirjat auttavat jäsentämään kurssikokonaisuuden oppitunneiksi, mutta periaatteessa vastuu ja myös vapaus ovat opettajalla: hän saa halutessaan koostaa kurssinsa aikataulut ja sisältöjen yksityiskohden keskinäiset painotukset vapaasti. Käytännössä todella harva opettaja ryhtyy tähän, vaan luottaa oppikirjailijoiden laatimaan ajankäyttörunkoon. Opsin sitovuus tarkoittaa lyhyesti ilmaistuna virkavastuuta, sillä opsista poikkeaminen on peruste tarkastella opettajan virkasuhdetta uudelleen. Useimmiten valtakunnallinen ops on kuitenkin hyvin väljästi määritelty, joten lähinnä ongelmia saattaa esiintyä ison paikkakunnan kuntakohtaisten opsien soveltamisesta, sillä myös koulun ylläpitäjillä – yleensä kunnilla – on mahdollisuus kirjauttaa omia arvojaan paikalliseen opsiin ja vaatia opettajiaan sitoutumaan niihin.

Pienet kunnat ovat tähän mennessä muutamaa poikkeusta lukuunottamatta kopioineet suoraan opsien valtakunnallisen osuuden mitään juuri lisäämättä paikallisiin kursseihin. Sen sijaan pian alkavalla ops-

kierroksella on nähtävissä jo nyt voimistuvaa aktiiviteettia. Esimerkiksi jotkin seutukunnat laativat paikallisia opseja yhteistyöllä yli kuntarajojen ja järjestävät myös kuntalaisille ja oppilaiden vanhemmille tilaisuuksia tulla kuulluksi. Myös aineenopettajien omat ainejärjestöt pyrkivät vaikuttamaan valtakunnallisen ja kuntakohtaisten opsien laadintaan. Edellisellä opiskierroksella MAOL suunnitteli koulukohtaisten opetussuunnitelmien runkoja, joita joillakin kouluilla otettiin käyttöön. Lopuksi on myös todettava, että ops suoja opettajia. Silloin tällöin opettajan, kuten muidenkin virkamiesten, työstä tehdään valitus, joka voi koskea numeroarvostelua tai opetusta itseään. Tällöin tulkitaan mitäpä muutakaan kuin opsia, siis ensisijaisesti.

Uralla eteneminen ja kehittyminen – mitä se on opettajalle?

Joskus kuulee sanottavan, ettei opettajan ammatista etene mihinkään, paitsi ehkä rehtoriksi. Koulutoimen hallinnolliset tehtävät ovatkin monelle matematiikan opettajalle tuttuja. Usein aloitetaan koulun johtokunnasta ja apulaisrehtorin tehtävistä – jos koulun atk-tukihenkilönä olemista ei lasketa –, jolloin työaika alkaa kulua sellaiseen, jota voisi kutsua koulusihteerin ja hallinnollisen johdon välimaastoksi. Tällöin viimeistään pääsee tuntemaan koulutukseen liittyvien suurten tunteiden ja intressien ristipaineen. Joidenkin tie etenee rehtoriksi tai kunnan tai vaikkapa opetushallituksen työpaikkoihin. Toimenkuvan sisällöstä riippuu huomattavasti, paljonko itse matematiikassa tai sen opettamisessa kykenee kehittymään.

Eteneminen ja kehittyminen on joissain, vaikkakin harvinaisemmissa tapauksissa mahdollista myös ilman laajamittaista paneutumista kouluhallintoon. Oppikirjojen laatiminen tapahtuu pitkälti lukion opettajien omin voimin, siis siten, että kunkin oppikirjasarjan tekijäryhmässä heitä on yleensä alan yliopisto-opettajiin nähden enemmistö. Kehittyminen oppikirjailijaksi on pitkä prosessi varsinaisen opetustyön ohella, ja pääsy tekijäryhmiin on jo sinänsä meriitti opettajalle. Edellä kuvattujen opsien laadintatyössä sekä valtakunnallisesti että paikallisesti on mukana opettajia, joilla usein on kokemusta esimerkiksi oppikirjojen yms. vastaavien materiaalien tuottamisesta.

Valtakunnallisten matematiikkakilpailujen ja kokeiden laadinnassa ja tarkastusprosessissa korostuu vastuu, mutta toisaalta juuri niissä opettaja voi kehittää näkemystään matematiikan opetuksen kokonaiskuvasta maassamme. Vaikka ylioppilaskoetta välistä kritisoidaan voimakkaastikin, on se säilyttänyt asemansa jo kolmella eri vuosisadalla. Yo-koe on paitsi kansallinen instituutio myös olennaisen tärkeä työväline opettajalle. Sitä voisi tavallaan verrata merkitykseltään opsiin.

Opettajan ammatissa Suomessa halutaan korostaa autonomisuutta eli opettajalla on laajat oikeudet päättää työnsä yksityiskohdista. Opettajaan siis luotetaan.

Kääntöpuolena tulee vastuu omasta kehitymisestä ja ammattitaidon ylläpidosta. Opettajan toki kuuluu kerrata aika ajoin sellaistaakin (yliopisto)matematiikkaa, jota ei suoranaisesti koulussa opeteta. On tietenkin ymmärrettävää, että tämän mielekkyyttä ei aina jatkuvasti näe, joten suosittelisin uusille opettajille kerrata sellaisen materiaalin avulla, jonka voi katsoa kuuluvan lukioon. On nimittäin olemassa riittävän haasteellista materiaalia, joka avaa matematiikan rakenteiden ymmärrystä oppilaiden lisäksi opettajille. Tarkoitin matematiikan kilpailu- ja olympiatehtäviä. Lukion opettajalle tutustuminen matematiikan yo-tehtävien yli satavuotiseen aarrearkistoon on myös osa toimenkuvaa. Voisi väittää, että tehtävien mukana välittyy elävästi koululaitoksen historiaa, vaikka matematiikka itsessään on periaatteessa ajatonta.

Työnhakuprosessi

Lukion matematiikan opettajan vakituisen toimen tai viran odottelussa tarvitaan kärsivällisyyttä, sillä alle viiden vuoden työkokemuksella esimerkiksi pääkaupunkiseudulla ei välttämättä edes kutsuta työhaastatteluihin. Muualla maassa tilanne vaihtelee suuresti; joskus jopa ilman pidempää työkokemusta voi tulla valituksi. Vielä kymmenisen vuotta sitten houkuteltiin nimenomaan matematiikan opiskelijoita valitsemaan opetusala juuri työllisyyden vuoksi, sillä suuret ikäluokat olivat pian jäämässä eläkkeelle. Nyt he ovat käytännössä kaikki eläkkeellä, heidän viroistaan on täytetty vain osa ja hokemat helposta työllistymisestä lienee lopetettu. Pääkaupunkiseudulla yhtä avointa lukiolehtorin paikkaa tavoittelee tyypillisesti yli viisikymmentä pätevää hakijaa. Useimmiten isoissa kaupungeissa työhaastattelun hoitaa rehtori ja valintaehdotuksen opetuslautakunnalle tekee opetustoimenjohtaja, joka tuskin on koskaan hakijoita nähnytään. Koska rehtori on todennäköisesti jonkin muun kuin matematiikan opettaja ja koska haastattelussa lienee kyseenalaista käyttää mukana (mahdollisesti tulevia) opettajakollegoita, haastattelu muodostuu pakostakin melko yleisen tason arvioinniksi, ja rehtori joutuu luottamaan saamiinsa papereihin ja haastattelun antamaan intuitioon. Usein työkokemus painaa vaakakupissa paljon, sillä muiden, toisista hakijoista erottuvien näyttöjen olemassaolo on melko harvinaista. Joskus tulee mieleen, onko uuden opettajan valikoituminen johonkin tiettyyn kouluun arpapeliä. Toisaalta mahdollisuudet toteuttaa ammattiaan ovat yhä melko samanlaisia miltei jokaisessa koulussa Suomessa, ja opetusalan työt tuskin ovat ns. katoavien työpaikkojen listalla missään tulevaisuusvisiossa.

Yhtenä opettajan tärkeimpänä ominaisuutena pidän kykyä erottaa olennainen epäolennaisesta, ja sekin on kokemuksen myötä mahdollisesti karttuva taito. Sitä kohti pyrkiessä kannattaa mielestäni pitää huolta kahdesta asiasta, jotka ovat tietotaito ja tradition kunnioitus.

Matemaattiset tieteet 2025

Marjatta Näättänen

dosentti, Helsingin yliopisto

USA:ssa on kansallisen tiedeakatemian (NSF) toimesta julkaistu raportti Matemaattiset tieteet 2025, http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=15269. Tässä on siitä lyhyt yhteenveto.

Aluksi todetaan, että maan matemaattisten tieteiden tilanne on erinomainen, merkittävää edistystä on tapahtunut sekä perusteoriassa että keskeisillä sovellusalueilla. Tällaisia ovat esimerkiksi monimutkaisten mallien epävarmuustekijöiden suuruuksien luokittelu, uusien mallintamis- ja analysointimenetelmien kehittäminen monimutkaisille systeemeille kuten sosiaalisille verkoille ja tiedon louhinta massiivisista datapankeista biologiassa, tähtitieteessä, internetistä, käänteiset ongelmat.

Yhä useammat tieteenalat, insinööritieteet, biologia, lääketiede, liike-elämä, korkeatasoinen muotoilu, ilmastotutkimus, uudet materiaalit ja kansallinen puolustus ovat riippuvaisia monimutkaisista tietokonesimulaatioista ja yhä kasvavien datamäärien analysoinnista. Niinpä matemaattiset tieteet, matematiikka, tilastotiede, tietojenkäsittely väistämättä näyttelevät yhä suurempaa osaa, neidän antavat peruskielen konesimulaatioille ja datan analysoinnille.

Matemaattiset tieteet ovat yhä tärkeämpi perusta yhteiskuntatieteille ja monille uusille teollisuudenaloille. Kaikki tämä on ratkaisevaa taloudellisen kasvun, kilpailukyvyn ja kansallisen turvallisuuden kannalta ja tulisi huomioida matemaattisten tieteiden resurssoinnissa. Yliopistojen ja hallituksen tulisi tukea perustutkimusta, jotta se voisi menestyä myös tulevaisuudessa. Nämä sijoitukset eivät tuota heti suorissa sovelluksissa, vaan pitkällä aikavälillä tutkimuksen säilyttäessä elinvoimansa. Tästä teoreettisesta perustutkimuksesta saadaan tulevaisuuden innovaatioita ja sen laiminlyöminen olisi perin lyhytnäköistä.

Matematiikan osaajille on nykyään kysyntää kaikkialla maailmassa. Nyt kuitenkin muut maat ovat alkaneet aggressiivisesti houkutella takaisin omia, USA:ssa koulutettuja lahjakkuuksiaan. Tämä huolestuttaa USA:ssa ja siellä pyritäänkin tehostamaan sekä omien lahjakkuuksien että muualta houkuteltujen saamista maahan. Myös aliedustettujen ryhmien, kuten naisten ja etnisten vähemmistöjen saaminen alalle on edelleen ongelmallista, vaikkakin edistystä onkin tapahtunut viimeisten 10–20 vuoden aikana. Näiden ongelmien hoitoon tarvitaan erityistä rahoitusta.

Vaikka matematiikan tutkimus onkin USA:ssa hyvin

korkealla tasolla, matemaattisten tieteiden merkitys koko kansakunnalle kasvaisi, jos nykyistä useammat matematiikan ja tilastotieteen osaajat olisivat oman alansa lisäksi laajasti perehtyneitä muidenkin alojen ongelmiin. Koska tiedot matemaattisten tieteiden yhteyksistä muihin tieteenaloihin ovat hyödyksi tulevien matemaatikkopolvien koulutuksessa, tulisi luoda taloudelliset edellytykset matemaatikkojen ja muiden tieteenalojen edustajien väliselle yhteistyölle.

Koska käytetyt matemaattiset menetelmät ovat nykyään keskeisiä monissa tutkimushankkeissa, pitäisi ottaa enemmän matemaatikkoja mukaan jo heti alkuvaiheessa tieteidenvälisen tutkimuksen rahoitusta suunniteltaessa, onnistumismahdollisuuksia arvioitaessa ja rahoituksesta päätettäessä.

Matemaattisten tieteiden päämääränä on selittää maailmaa abstraktien struktuurien avulla sekä ymmärtää syvällisesti tällaisten struktuurien välillä vallitsevia yhteyksiä. Ympäristömme tietyt piirteet vangitaan mallintamalla, minkä jälkeen päättelyn ja tieteellisen laskennan avulla voidaan tehdä ennusteita. Tämä johtaa usein vaihteittain tarkentuvaan prosessiin. Näin yhä useammat tutkimusalat ovat tulleet syvästi matematisoiduiksi.

Englannissa tehtiin vastaava raportti v. 2010 ja siinä todettiin mm. että matemaattiset tieteet ovat tuloksiltaan antaneet merkittäviä panoksia koko yhteiskunnan hyvinvoinnille, mikä koskee niin puhdasta perus- kuin soveltavaakin tutkimusta, tilastotiedettä sovellutuksiin, samoin kuin operaatiotutkimusta, jossa teoria ja käytäntö limittyvät.

Raportti ei pidä oikeana jakoa ”puhtaaseen” ja ”sovellettuun” matematiikkaan, se on yhä keinoitekoisempi. Nykyisin on vaikea löytää matematiikan alaa, jolla ei olisi merkitystä sovellusten kannalta. Edelleen on teoreemoja itseohjautuvasti johtavia, rohkeasti seikkailevia matemaatikkoja ja niitä, jotka pääosin luovat ja ratkovat malleja – mutta molempia tarvitaan.

Laskennallisen simuloinnin kehittyminen ja tarjolla olevan datamäärän eksponentiaalinen kasvu ovat kaksi keskeistä syytä matemaattisten tieteiden kasvavaan tarpeeseen, ja datan vaivaton liikkuminen internetin kautta vain vahvistaa tätä kehitystä. Useilla tieteiden, tekniikan ja teollisuuden aloilla tutkimus- ja kehitystyö perustuu matemaattisten mallien rakentamiseen sekä simuloinnista ja mittaustuloksista saatavan valtavan datamäärän laskennalliseen analysointiin. Tämä kaikki

on luonteeltaan matemaattista, eikä eri tieteiden rajoja voi tässä tarkasti paaluttaa. Reuna-alueilla on erilaisia toimijoita, kuten geotieteissä, yhteiskuntatieteissä ja bioinformatiikassa toimivia tilastotieteilijöitä, kryptografiaa tutkivia lukuteoreetikkoja tai koneoppimista kehittäviä analyysin tutkijoita.

Näyttää siltä, että USA:ssa matematiikan ohella jotain muutakin alaa, kuten esimerkiksi biologiaa tai insinööritieteitä, opiskelevien jatko-opiskelijoiden määrä on voimakkaasti kasvamassa. Tästä tulisi kerätä järjestelmällisesti tietoa ja huomioida tällaiset opiskelijat myös resurssien jaossa.

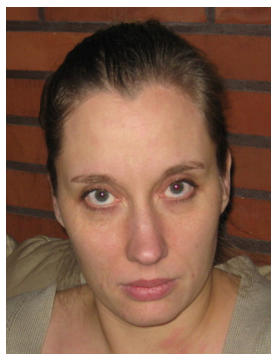
Matemaattisten tieteiden avautuminen yhä uusille alueille on hyvä suuntaus, jota tulisi resursoida. Raportti toteaa, että vaikka matemaattisten tieteiden rahoitusta on viime vuosikymmeninä vahvasti lisätty, ei lisäys lainkaan vastaa näiden tieteiden kasvanutta merkitystä.

Matematiikan eri osat yhdistyvät entistä tiiviimmin, esimerkiksi todennäköisyys ja kombinatoriikka, joita ei aikaisemmin juuri käytetty yhdessä. Tämä merkitsee, että tutkijoiden on omaksuttava yhä suurempia tietomääriä. Voi olla, että jo väitelleiden tutkijoiden jatkokoulutus tulee yhä tarpeellisemmaksi. USA:ssa on myös

perustettu instituutteja, joissa eri vaiheissa olevat matemaattisten tieteiden tutkijat voivat saada yhteyttä muiden alojen tutkijoihin tai teollisuuden edustajiin.

Raportissa ilmaistaan huoli matemaattisen tutkimuksen kirjoitettujen tulosten säilymisestä pitkien aikojen kuluessa tekniikan luodessa yhä uusia muotoja. Haasteena mainitaan myös lahjakkaiden nuorten saaminen yhä kasvavan tarpeen tyydyttämiseksi.

Myös eri aloilta tulevat, matemaattista koulutusta tarvitsevat opiskelijat asettavat omilla tarpeillaan matemaattisten tieteiden laitokset tärkeään, mutta vaikeaan tehtävään. Matemaattisten tieteiden edustajien on otettava aktiivisesti osaa yhteiskunnalliseen keskusteluun, luotava kurssisisällöt ja opiskelutavat, jotka vastaavat tämänhetkistä tarvetta, sekä selvitettävä opiskelijoille matemaattisten tieteiden nykyinen merkitys. Raportissa suositellaan myös hallitukselle kansallisen ohjelman rahoittamista, jotta matemaattisesti erityisen lahjakkaille koululaisille tarjottaisiin mielenkiintoista ohjausta siinä toivossa, että he myöhemmin jatkaisivat opintoja matemaattisissa aineissa. Säästösyistä pyritään myös antamaan opetusta verkkokursseilla. Tässä on matemaatikkojen itse oltava aktiivisia, jotta kursien sisällön taso ei ole huonompi kuin tavanomaisten luentokurssien.



Opettajalinjalta aktuaariksi

Piia Kolehmainen

vastuullinen aktuaari, FM, SHV¹

OP-Pohjola-ryhmä, OP-Henkivakuutus Oy

Kohta 9 vuotta on kulunut siitä, kun valmistuin Helsingin yliopistosta matematiikan ja tietotekniikan opettajaksi. Tällä hetkellä työskentelen OP-Pohjola-ryhmässä

henkivakuutusyhtiöiden vastuullisena aktuaarina. Miten tässä näin pääsi käymään?

Valmistuin tosiaan matematiikan opettajalinjalta ke-

¹Sosiaali- ja terveysministeriön hyväksymä vakuutusmatemaatikko (SHV-matemaatikko).

sällä 2005. Seuraavan lukuvuoden alusta aloitin matematiikan ja tietotekniikan tuntiopettajan työt Helsingin uudessa yhteiskoulussa. Aloin kuitenkin nopeasti kaivata enemmän haasteita matematiikan parissa ja loppuvuodesta hain matemaatikon paikkaa pienestä henkivakuutusyhtiöstä. Tammikuussa 2006 aloitinkin työt matemaatikkona Henkivakuutusosakeyhtiö Retrossa, jossa työskentelin seuraavat kolmisen vuotta. Tuona aikana aloin myös lukea SHV-tentteihin tarkoituksenani valmistua jossain vaiheessa SHV-matemaatikoksi.

Pienessä yhtiössä matemaatikon tehtäväkenttä on varsin laaja ja perustaidot oppii matemaatikon perushommien lisäksi melkein väkisin myös muun muassa kirjapidosta ja ict-hommista sekä pääsee osallistumaan erilaisiin neuvotteluihin. Työkenttä on selvästi laajempi kuin isomman yhtiön johonkin tiettyyn alueeseen erikoistuneena matemaatikkona. Voisi sanoa, että pienessä yhtiössä matemaatikko on joka alan asiantuntija ja osaamiselle on hyvä tilaisuus luoda laaja perusta. Kääntöpuolena tulee sitten se, että kun työtehtävät on kunnolla opittu, työt eivät hirveästi uudistu ja päivät alkavat sujua rutiinilla. Niinpä minäkin siirryin vuoden 2008 loppupuolella OP-Henkivakuutuksen leipiin aktuaarin tehtäviin.

Vuonna 2009 sain SHV-tutkinnon suoritettua ja vuoden 2013 alusta olen toiminut yhtiömme vastuullisena aktuaarina. Vakuutusyhtiölain mukaan SHV-tutkinto vaaditaan, jotta vastuullisen aktuaarin tehtäviä voi hoitaa. SHV-tutkinto tai edes osa tenteistä kannattaa suorittaa, jos alalla aikoo työskennellä. Tenteihin osallistumiseen ei ole pohjatietovaatimuksia, vaan niitä voi suorittaa vaikka jo opintojen ohella, mutta suosittelen tenttien suorittamista vasta siinä vaiheessa, kun on jo vähän aikaa työskennellyt alalla. Näin tentteihin lukemisesta saa paljon enemmän irti ja kerättyä oppia pystyy hyödyntämään työelämässä, kun oppimaansa pystyy jatkuvasti peilaamaan omaan päivittäiseen työhönsä. Samoin SHV-tutkintoon kuuluva lopputyö kannattaa tehdä aiheesta, joka itseä kiinnostaa ja joka jotenkin liittyy omaan työhön, näin siitäkin saa enemmän hyötyä jatkoa ajatellen ja työn saa toki sujuvammin valmiiksi, mikäli aihe on itselle tärkeä.

Isommassa yhtiössä matemaatikkoja tai matemaatikokotaustaisia henkilöitä työskentelee varsin monenlaisissa tehtävissä asiantuntijoista johtoportaan. Aktuaaritoimissakin tehtäviä löytyy niin liiketoiminnan kanssa työskenteleville matemaatikoille esimerkiksi tuotekehityksen ja hinnoittelun saralla kuin erilaisille mallintajille ja koodaustaitoisille ATK-matemaatikoille. Yksittäisen aktuaarin tehtäväkenttä on usein enemmän eriytynyt kuin pienessä yhtiössä, mutta toki isossa yhtiössä avautuu mahdollisuuksia vaihtaa tehtäviä ajoittain ja sitä myöten kasvattaa osaamista eri liiketoiminnan ja laskennan osa-alueille.

Voisi sanoa, että vakuutusosalalla matemaatikokotaustalla vain taivas ja mielikuvitus ovat rajana, kun työuraa eteenpäin suunnittelee. Toki rekrytointitilanteessa on hyväksi, jos potentiaalisella työnantajalla on samansuuntaiset ajatukset. Mutta matemaatikoita toimii jo pelkästään rahoitus- ja vakuutusosalalla niin monenlaisissa tehtävissä, että aika usein matemaatikon haaveet ja työnantajan ajatukset ovat kohdanneet.

Nykypäivän työelämässä korostuu vaatimuksena mielestäni vanha työhakemuksiin kirjoitettava kliseeltä kuulostava ”Tulen hyvin toimeen erilaisten ihmisten kanssa”. Se ei olekaan mitään sanahelinää vaan todellinen vaade, jos työnsä haluaa tehdä kunnolla ja urallaan edetä. Kaikkien työssä kohdattujen ihmisten kanssa ei toki tarvitse ystävystyä, mutta työt pitää pystyä hoitamaan. Työelämässä vastaan tulee väistämättä ristiriitatilanteita – jos joku väittää, että näin ei käy, hän valehtelee. Tällaisia tilanteita ei tarvitse vältellä, mutta asiat pitää pystyä ratkaisemaan yhteistyössä, ja aina olisi pidettävä mielessä, että asiat riitelevät, eivät ihmiset.

Työpaikalla kuluu päivistä ja vuosista niin suuri osa, että työstä pitää voida nauttia, mutta samalla pitää muistaa, että se on kuitenkin vain työtä. Minulla on ollut onni työskennellä vain mukavissa työpaikoissa, hyvien esimiesten alaisena ja huipputyöporukoissa. Väitän kyllä, että tähän voi myös vaikuttaa paljon omalla asenteellaan. Oman kokemukseni ja omien työpaikkojeni perusteella voisin todeta, että työelämässä tietty hulluus ja huonot vitsit eivät toki ole ehdoton vaatimus, mutta niistä on kovasti apua.

Solmun matematiikkadiplomit

Peruskoululaisille tarkoitettut Solmun matematiikkadiplomit I–IX tehtävineen ovat tulostettavissa osoitteessa

<http://solmu.math.helsinki.fi/diplomi.html>

Opettajalle lähetetään pyynnöstä vastaukset koulun sähköpostiin. Pyyntöä voi lähettää osoitteella

[marjatta.naatanen\(at\)helsinki.fi](mailto:marjatta.naatanen(at)helsinki.fi)



Matematiikkaa soveltamassa

Lasse Holmström

sovelletun matematiikan professori, Oulun yliopisto

Peruskoulutukseni on niin sanotussa puhtaassa matematiikassa, josta väittelin tohtoriksi vuonna 1980. Siivuaineinani opiskelin laajasti fysiikkaa. Väittelyni jälkeen tein noin neljä vuotta tutkimustyötä väitöskirjani aihepiiriin tiimoilta, mutta sitten seurasi huima hyppy tunteamattomaan.

Elettiin tietotekniikan voimakkaan murroksen aikaa. Tietokoneiden, erityisesti henkilökohtaisten työasemien saatavuus oli parantumassa dramaattisesti ja erilaiset automaatiojärjestelmät, robotiikka ynnä muut niin sanotun korkean teknologian ihmeet olivat erittäin näkyvästi esillä tiedotusvälineissä. Tämähän oli myös se vuosikymmen, jolloin Nokia teki läpimurron matkapuhelinteknologiassa. Aloittelevana tutkijana halusin päästä tästä kaikesta jollakin tavalla osalliseksi ja matematiikan osaamiseni tarjosikin siihen yllättäen oivan tilaisuuden, kun Teknillisessä korkeakoulussa toimiva tutkimusprojekti tarvitsi matemaattikkoa kehittämään kolmiulotteisen avaruuden pintojen tietokonepohjaisia esitys- ja visualisointimenetelmiä.

Seurasi reilun kolmen vuoden intensiivinen oppiaika tietotekniikassa ja matematiikan soveltamisessa, jonka huipentumana omiin matemaattisiin ideoihini perustuvat koneiden osien tietokonemallit eräänä päivänä väikkyivät fotorealistisina kuvina työasemani kuvaputkella. Käydessäni vuosia myöhemmin katsomassa sittemmin klassikon asemaan nousseen James Cameronin sci-fi-spektaakkelin Terminator 2 tunsin nostalgista ylpeyttä siitä, että itse asiassa tiesin varsin tarkkaan millaisille matemaattisille ideoille filmin parhaat erikoiseffektit perustuivat. Sittemmin räjähdysmäisesti kasvanut peliala on sekin ryhtynyt laajasti hyödyntämään matemaattiseen osaamiseen perustuvaa mallintamista ja visualisointia.

Matkani matematiikan soveltamisen parissa jatkuu

myöhemmin Rolf Nevanlinna -instituutissa, jossa tehtäväni oli käynnistää keinotekoisien hermoverkkojen matemaattinen tutkimus. Pyrkimyksenä oli kehittää matemaattisia malleja, jotka joiltain osin osaisivat hahmottaa maailmaa samoin kuin oikeat biologiset järjestelmät. Opin, että lentokenttien turvapor-teissa, alkeishiukkasten etsimisessä hiukkaskiihdyttimissä ja proteiinimolekyylien kolmiulotteisen rakenteen selvittämisessä voidaan käyttää samanlaisia matemaattisia menetelmiä ja että käsinkirjoitettujen merkkien automaattista tunnistamista ja matkapuhelimen kuuluvuuden parantamista voidaan ajatella saman ongelman eri ilmentyminä. Viimeisen 15 vuoden aikana olen ollut mukana mm. ilmastomuutoksen tutkimuksessa ja perehtynyt satelliiteilla tapahtuvaan kaukokartoitukseen ja kuvankäsittelyyn.

30 vuoden takainen toiveeni päästä mukaan kiehtoviin matemaattisten tieteiden sovelluksiin on toteutunut ja olen voinut aitiopaikalta seurata uusimman teknologisen murroksen etenemistä. Pääsylipun tälle haastavalle mutta upealle ajelulle on tarjonnut matemaattinen osaaminen. Toisinaan olen selvinnyt yliopiston peruskurssien tiedoilla, mutta useammin uudet kysymykset ovat kuitenkin vaatineet kokonaan uusien matematiikan alojen opiskelua. Koska matematiikan soveltamisessa on myös tärkeää tuntea sovelluskohteen taustaa, ei uuden oppiminen ole rajoittunut vain matematiikkaan. Työni kannalta ovat kyky omaksua uusia abstrakteja järjestelmiä ja taito asioiden teoreettiseen hahmottamiseen olleet käytännön laskutaidon ohella matematiikan opiskelun hyödyllisintä antia. Kun manuaalit ja tekniset järjestelmät vanhenevat yhä nopeammin, tulee kyky täsmälliseen ajatteluun ja uusien ideoiden tehokkaaseen omaksumiseen aina vain tärkeämmäksi.



Matemaatikko tuotekehittäjänä

Samuli Siltanen

professori, Helsingin yliopisto

Teollisuusmatematiikan yleisresepti: laita samaan tilaan nykyaikainen tietokone, matematiikan mallinnusvoima ja luova mieli. Lisää sopiva sovellusala ja insinööripitoinen työryhmä. Sekoita ja anna porista miedolla lämmöllä vuosi tai pari. Jakele uusi teknologia ympäri maailmaa.

Korkean teknologian tuotekehitys on laskennallisessa murroksessa. Digitaaliset sensorit tuottavat yhä suurempia määriä korkealaatuista mittausaineistoa, jonka tulkinnaissa, jalostamisessa ja hyödyntämisessä voi käyttää matematiikkaa. Hankalia kokeita voidaan simuloida virtuaalimaailmassa ja kalliita laitteita korvata laskennalla. Googlen PageRank-hakumenetelmä on hieno esimerkki matematiikan voimasta: siinä matriisin ominaisarvon laskentatehtävä mahdollistaa asiakkaita parhaiten palvelevan hakutuloksen tarjoamisen.

Olen itse päässyt osallistumaan matemaatikkona lääketieteellisen tekniikan tuotekehitykseen. Väiteltäessäni Teknillisestä korkeakoulusta vuonna 1999 lähdin töihin Instrumentarium Imagingille, jossa oli juuri alkanut kolmiulotteisen röntgenkuvauksen projekti. Perinteisessä viipalekuvauksessa potilasta säteilytetään aika tavalla, mutta palkinnoksi saadaan erittäin tarkka kuva hän sisuksistaan. Tällaisen kuvantamisen rinnalle Instrussa kaavailtiin yksinkertaisempia laitteita, jotka kykenisivät tuottamaan kolmiulotteista informaatiota potilaasta perustuen vain muutamaankin röntgenkuvaan.

Osoittautui, että kolmiulotteisen rekonstruktion luominen näin vähistä mittauksista on vaikeaa ja että nuo vaikeudet ovat luonteeltaan matemaattisia. Kolmen TEKES-projektin puitteissa saimme kehitettyä tarvittavat uudet menetelmät, ja tuloksena syntyi säteilypihi kuvantamislaitte hammaslääkäreille. Tarkempia tietoja on nähtävillä sivulla [http://](http://www.siltanen-research.net/project_Xray.html)

www.siltanen-research.net/project_Xray.html. Kehittämämme VT-laitteen etu on siinä, että hammasklinikoilla jo oleva panoraamakuvauslaite muuttuu kolmiulotteiseksi tomografiakoneeksi pelkällä matemaattisella ohjelmistopäivityksellä.

Vastaavanlaisia matemaattisia tuotekehitystehtäviä on tarjolla lukuisissa lääketieteellisen tekniikan yrityksissä, kuten Palodex Group, GE Healthcare Finland, Varian, Ajat ja Planmeca. Muita matematiikkaa voimakkaasti hyödyntäviä firmoja ovat esimerkiksi tutkatekniikkaa kehittävä Vaisala, älykkäitä hissiratkaisuja tarjoava Kone sekä puunjalostus- ja automaatioteollisuuden laitteita valmistava Metso. Suomessa toimii matemaattista konsultointia harjoittavia yrityksiäkin, muun muassa Numerola ja Kuava.

Mitä matemaatiikon pitäisi osata menestyäkseen teollisuuden tuotekehittäjänä? Omista työhaastatteluistani muistan erityisesti kaksi kysymystä: ”Osaatko ohjelmoida?” ja ”Oletko työskennellyt kohinaisen datan parissa?” Silloin kykenin vastaamaan sekä rehellisesti että myöntävästi ainoastaan ensimmäiseen kysymykseen, ja tämä puute maksoi minulle ainakin yhden työpaikan. Sittenmin olen kerännyt lisää kokemusta työntekijän, työnantajan ja teollisuusmatematiikan professorin näkökulmasta. Kokemukseni pohjalta sanoisin näin: tietty matematiikan osa-alueet on hyvä hallita, ohjelmointitaito on välttämätön, kohinaisen datan kanssa pitää hiukan pelailla ja kaikkein oleellisin on kuuntelu- ja yhteistyökyky. Erittelen näitä alla tarkemmin.

Käytännön työssä tärkeimmät matematiikan alueet ovat lineaarialgebra, optimointi, Fourier-analyysi ja todennäköisyyslasku. Niistä jokaisesta olisi hyvä hallita jonkin verran teoriaa ja (aivan välttämättä) keskeiset laskennalliset tekniikat.

Matematiikan kosketus reaali maailmaan kulkee laskennallisten algoritmien kautta. Teollisissa tuotekehitystehtävissä ei tule vastaan ongelmia, jotka voisi ratkaista kynällä ja paperilla; lopputuotteen on oltava ohjelmanpätkä. Useimmissa firmoissa pärjää Matlabilla, joskin tuotantokoodit ainakin minun aikani tehtiin pääasiassa C- tai C++ -kielellä. Niiden perusteiden hallinnasta ei ole ainakaan haittaa ihmiselle. Kokemukseni mukaan siihen ei voi luottaa, että matemaatikko selittää tarvittavan laskennan esimerkiksi softainsinöörille ja olettaa hänen tekevän toteutuksen. Matemaattinen ohjelmointi on sen verran omanlaistaan, että koodin kirjoittaminen on matemaatikon vastuulla.

Käytännön mittauksissa on aina arvaamattomia virheitä. Siksi matemaattisten algoritmien on oltava sillä tavalla vakaita, että pienet muutokset datassa aiheuttavat vain pieniä muutoksia tuloksissa. Yksi hyvä tapa perehtyä kohinaan on kirjoittaa omia kuvankäsittelyrutiineja digitaalisille valokuville ja kokeilla niitä eri ISO-arvoilla otettuihin kuviin (esimerkiksi sama näkyvä, mutta ISO-asetuksilla 100 ja 3200).

Käytännön ongelmien matemaattisessa ratkaisussa on

kolme vaihetta. (1) Ensin ongelma täytyy ymmärtää niin perinpohjaisesti, että sille saadaan laadittua riittävän tarkka matemaattinen malli. Tämä vaatii yleensä monia keskusteluja sovellusalan asiantuntijoiden kanssa. (2) Kun malli on valmis, suoritetaan matemaattinen ongelmanratkaisu laskennallisten algoritmien avulla. Tämä on se osa, johon matemaatikko on koulutettu. (3) Tulokset täytyy kääntää takaisin sovellusalan kielelle ja katsoa, onko ongelma ratkaistu. Usein ei ole, ja edessä on paluu kohtaan (1) ja lähestymistavan parantaminen. Tässä touhussa tarvitaan kuuntelun jaloa taitoa.

Itse ajattelen soveltavan matemaatikon työtä palveluammattina. (Vertailukohteeksi voidaan ottaa vaikka sähköasentaja, joka saapuu omakotitalon työmaalle ja laittaa johdotukset ja kytkennät kuntoon. Asiakkaan ei tarvitse ymmärtää kaikkia sähköjärjestelmän hienouksia, vaan kertoa vain ammattilaiselle, mihin pistorasiat laitetaan ja millaisia sähkölaitteita mihinkin on tulossa.) Kun kaikki menee hyvin, matemaatikko voi luovuttaa käyttöön ihmeitä tekevän softanpätkän, jonka ytimessä pyörii Pythagoraan, Newtonin, Gaussin ja Fourier'n henkinen perintö.



Matemaatikko kryptografina

Kaisa Nyberg

professori, Aalto-yliopisto

Opiskelin Helsingin yliopistossa matematiikkaa ja tilastotiedettä. Väittelin funktionaalianalyysin alalta ja olen sen jälkeen työskennellyt yliopiston lisäksi puolustusvoimissa, Nokialla, TKK:lla ja Aalto-yliopistossa, sekä lyhyempiä jaksoja ulkomailla, Wienin ja Karlsruhen teknillisissä yliopistoissa.

Opinnoistani olen voinut hyödyntää suoraan tilastotiedettä ja todennäköisyyslaskentaa sekä lineaarialgebraa.

Algebraa ja diskreettiä matematiikkaa, sekä tietojenkäsittelytiedettä ja algoritmiaa opiskelen jatkuvasti edelleenkin tutkimustyön mukana. Matemaattisen koulutuksen suurin anti on minulle ollut sen suomat metodologiset valmiudet. Niiden pohjalta olen voinut paikata vastaantulevia aukkoja, joita on ollut useita pitkin matkaa. Tuskinpa niitä kaikkia olisi voinut opiskella etukäteen. Siinä olisi jäänyt jotain puuttumaan joka

tapauksessa.

Viimeisessä työssäni TKK:n (nyt Aalto-yliopiston) professorina olen ollut kymmenen vuotta. Sitä ennen ja vielä pitkään sen ohella toimin Nokian Tutkimuskeskuksessa vastuualueenani matkapuhelinverkkojen tietoturvallisuuden kryptologiset menetelmät. Lähimmät työtoverini olivat matemaatikkoja ja matemaattisesti suuntautuneita tietoliikenneinsinöörejä. Kryptologian alalla voi toimia usealta eri koulutuspohjalta ja suuntautua eri tavoin. Mutta minun mielestäni matemaatikot puuhailevat yleensä hausimpien ja mielenkiintoisimpien kysymysten parissa.

Työelämässä olen tarvinnut monenlaisia lisätaitoja estytstekniikasta ja käytännön projektien hallinnasta alkaen. Niitä olen opetellut työtehtävien mukana ja niihin on tarjolla myös tehokasta kurssimuotoista koulu-

tusta. Mutta matematiikan ja fysiikan merkitys ei siitä vähene, se pysyy nykymaailmassa ja tulevaisuudessa suurena, kasvavana ja kiistämättömänä.

Matkustan työssäni paljon, lähes kuukausittain. Ohjaan diplomityöntekijöitä ja tohtorikoulutettavia ja osallistun kansainväliseen tieteelliseen toimintaan. Aikaisemmin Nokian tutkimuskeskuksessa luin ja kirjoitin määrittelyjä, standardeja ja keksinnöistäni patenteja. Nykyään professorina kirjalliset työni keskittyvät tieteellisiin artikkeleihin ja opinnäytteisiin. Tutkimusteni kohteena on salausmenetelmien matemaattiset ominaisuudet ja tilastolliset analyysimenetelmät. Joskus minua pyydetään asiantuntijaksi, kun suunnitellaan tietoturvallisuuden suhteen kriittisiä järjestelmiä kuten esimerkiksi kansalaisten nettiäänestystä. Unelmatyöni on aika lailla nykyisen työn kaltainen.

Matematiikkaa tietokonepelien takana – pelikehittäjä Ari Silvennoisen haastattelu

Antti Rasila

vanhempi yliopistonlehtori, Aalto-yliopisto

Tietokonepelit eivät ehkä ole ensimmäisenä mieleen tuleva matematiikan sovellusalue. Niitä kehitettäessä kuitenkin tarvitaan paljon ja monenlaista matematiikkaa. Seuraavassa haastattelussa aiheesta kertoo Ari Silvennoinen, joka kehittää tietokonepelejä tunnetussa suomalaisessa alan yrityksessä Remedy Entertainment.

Kerro itsestäsi ja siitä, miten päädyit kehittämään tietokonepelejä.

Olen pienestä asti pitänyt tietokonepeleistä ja 90-luvun grafiikkademot, kuten Future Crew -demoryhmän Second Reality, imaisivat minut tietokonegrafiikan pariin. Lukioaikana tiesin, että haluan tehdä töitä tietokonegrafiikan parissa. Siten tietojenkäsittelytieteen opiskeleminen Helsingin yliopistossa vaikutti luonnolliselta polulta kohti unelma-ammattiani.

Minulla on maisterin tutkinto tietojenkäsittelytieteestä sivuaineena matematiikka Helsingin yliopistosta. Pro gradu -työn tein 3D-grafiikan tutkimusryhmässä Helsingin Teknillisessä korkeakoulussa.

Valmistumisen jälkeen lähdin start-up -maailmaan ja perustamaan Umbra Software -nimistä yritystä. Tavoitteena oli tehdä tuotekehitystä vaikeiden 3D-ongelmien ratkaisuun ja myydä teknologiaa pelinkehittäjille.

Umbra kasvoi nopeasti kahden hengen kioskista kymmenen täysipäiväistä työntekijää työllistäväksi yritykseksi. Umbran teknologiaa käyttäen toteutettuja pelejä on myyty kymmeniä miljoonia kappaleita ympäri maailmaa. Yrityksen suurimpia asiakkaita ovat olleet monet maailmallakin tunnetut pelitalot kuten Bungie, Bioware, Infinity Ward, Guerrilla Games ja CD Projekt Red.

Kiinnostus peliohjelmointiin sai minut kuitenkin siirtymään Umbralta Remedyllä viime kesänä, Työskentelen Remedy Entertainmentilla grafiikkaohjelmoijana Quantum Break -projektin parissa. Olen myös kiinnostunut tietokonegrafiikan tutkimuksesta. Nykyään jaan aikani Remedyn ja Aalto-yliopiston välillä. Aalto-yliopistossa teen reaaliaikaiseen tietokonegrafiikkaan liittyvää väitöskirjaa. Tavoitteenani on luoda urauurtavia grafiikka-algoritmeja, joita voidaan ottaa käyttöön mm. Remedyn peleissä. Lisätietoa löytyy linkistä <https://mediatech.aalto.fi/~ari/>

Miksi ja millaisia matematiikan kursseja opiskelit?

Matematiikka on aina ollut mieluinen aihe. Yliopistoaikoina kävin mieluummin matematiikan kursseilla kuin esim. jotain tiettyä teknologiaa (kuten Java, XML

tms.) koskevilla kursseilla, sillä teknologiat vaihtuvat, mutta matematiikka on ikuista.

Suoritin matematiikan kursseja oikeastaan laidasta laitaan: algebraa, topologiaa, lineaarialgebraa, differentiaali- ja integraalilaskentaa, mittateoriaa, kompleksianalyysia ja numeerisia menetelmiä.

Mihin matematiikkaa tarvitaan pelejä kehitettäessä?

Tietokonegrafiikka on täynnä matematiikkaa. Erityisesti lineaarialgebra ja differentiaali- ja integraalilaskenta tulevat joka puolella vastaan. Kolmiulotteisia malleja käsitellään yleensä vektoriavaruuksien ja niiden välisten lineaarikuvausten avulla. Lineaarialgebra antaa työkalut, joiden avulla voidaan visualisoida keinoitekoisia simulaatiomaailmoja virtuaalisten kameroiden avulla. Yleensä halutaan myös, että kolmiulotteiset mallit ja niiden materiaalit reagoivat uskottavasti erilaisiin valaistusympäristöihin. Tällöin tietokoneella luotuja erikoiseffektejä voidaan saumattomasti liittää vaikkapa elokuviin kuten esimerkiksi vaikkapa Avatar. Virtuaalisen maailman realistinen valaistus on näppärästi esitettävissä integraaliyhtälöiden avulla.

Mitä muuta pelialalle haluavan kannattaa tehdä?

Matematiikan opiskelun lisäksi suosittelen kaikenlaisia omia projekteja, jotka liittyvät pelien tekemiseen tai tietokonegrafiikkaan. Harrastusprojekteista koostuva portfolio on eduksi töitä hakiessa ja harrastusprojektit ovat erinomainen mahdollisuus hankkia kokemusta. Ei ole ennenkuulumatonta, että hyvän harrastusprojektin tekijöitä lähestytään peliteollisuudesta ja pyydetään työhaastatteluun.

Miten pelialan kansainvälisyys näkyy omassa työssäsi?

Kansainvälisyys on läsnä päivittäin. Esim. meillä Remedyllä on töissä huippuosajia ympäri maailmaa. Kansainvälisyys myös näkyy peli- ja grafiikka-alan konferensseissa, joihin osallistun aktiivisesti.

Mitkä ovat mielestäsi tärkeimmät syyt siihen, että Suomesta on tullut viime vuosina paljon menestyksekkäitä pelejä ja alan yrityksiä?

Suomessa on vahva perinne grafiikkademojen tekemisessä. Esimerkiksi osa tänä päivänä tunnetuista pelialan yrityksistä, kuten Futuremark, Remedy, Bugbear, Bitboys ja Recoil ovat Future Crew -demoryhmän jäsenten perustamia.

Miten näet pelialan kehittyvän lähitulevaisuudessa ja miten tämä vaikuttaa pelikehittäjiltä vaadittaviin taitoihin?

Virtuaalitodellisuus tekee toista tulemistaan. Yhtiöt kuten Oculus ja Valve ovat jo nyt osoittaneet, että mikäli teknologiset haasteet saadaan selvitettyä, niin virtuaalitodellisuus voi hyvin mullistaa peliteollisuuden. Toinen tärkeä asia on pelinteossa tarvittavien kolmiulotteisten mallien, materiaalien, animaatioiden ja muun vastaavan sisällön automaattinen luominen esimerkiksi kännykkäkameran kuvien avulla. Tulevaisuudessa siis konenäkö ja koneoppiminen tulevat entistä suurempaan rooliin. Tähän voi hyvin valmistautua vaikkapa opiskelemalla kyseisiä aiheita.

Ihmisen uudet silmät – käännteisten ongelmien matematiikkaa

Lue myös Mikko Salon kirjoitus Ihmisen uudet silmät – käännteisten ongelmien matematiikkaa, joka julkaistiin lehdessä Solmu 3/2011, <http://solmu.math.helsinki.fi/2011/3/silmat.pdf>

”Näköaisti on ihmisen tärkeimpiä aisteja. Silmien avulla ihmiset pystyvät tehokkaasti muodostamaan kolmiulotteisen kuvan ympäröivästä maailmasta. On kuitenkin monia tilanteita, joissa näköaisti tai muutkaan ihmisen aistit eivät pysty tuottamaan tarkkaa tietoa kiinnostavista kohteista. Tällöin voidaan ottaa käyttöön apuvälineitä, kuten mikroskooppi tai kaukoputki, jotka muodostavat kuvia ihmissilmälle liian pienistä tai kaukaisista kappaleista. Näillä optisilla välineilläkin on rajoitteensa: niillä ei esimerkiksi pysty näkemään kiinteiden kappaleiden, kuten ihmiskehon tai maapallon, sisälle. Erilaisten epäsuorien mittausten yhdistäminen matemaattisiin kuvanmuodostusmenetelmiin voi tuottaa huomattavasti parempia tuloksia. Tässä kirjoituksessa ”ihmisen uusilla silmillä” tarkoitetaan matematiikkaan ja erilaisiin fysikaalisiin ilmiöihin perustuvia tehokkaita kuvantamismenetelmiä, joilla ihminen pystyy laajentamaan näkökykyään – näkemään pienempiä tai suurempia asioita kuin mihin paljas silmä pystyy, ja myös näkemään esineiden sisälle avaamatta niitä.”



Laskien pidemmälle molekyyligenetiikassakin

*Olli Pietiläinen*¹

Olen opiskellut yliopistossa pääaineena orgaanista kemiaa ja sivuaineena fysiikkaa ja biokemiaa, mutta en koskaan juuri tuntenut vetoa matematiikkaa kohtaan. Ajauduin jatko-opinnoissani kemiasta perinnöllisyystieteen ja molekyyligenetiikan pariin, jossa matematiikan ja tietojenkäsittelytieteen merkitys tuli minulle yllätyksenä. Jälkeenpäin ajateltuna sehän oli itsestään selvää.

DNA:n neljän emäksen vaihtelusta rakentuva noin kuuden miljardin yksikön mittainen geneettinen koodi muodostaa yhdessä rekombinaation, uusien mutaatioiden ilmaantumisen ja ympäristön vuorovaikutuksen kanssa synteetin, joka määrittää suurta osaa ominaisuuksistamme. Synteetin tutkiminen on monelta osin jo käytännön tasolla matemaattinen ja tietojenkäsittelytieteellinen haaste.

Seuraavaksi esittelen esimerkkejä geneetikoiden lähes päivittäin kohtaamista matematiikan ja tietojenkäsittelytieteen sovelluksista. Ne osoittavat, miten tärkeää matematiikka alallani nykyään on. Niistä voi myös päätellä, miten monenlaiseseen matematiikkaan olen työssäni joutunut tutustumaan.

Nykyisillä genotyyppitys- ja sekvensointiteknologioilla voidaan määrittää miljoonia DNA-polymorfoita aina koko perimän emäsjärjestykseen asti tuhansista henkilöistä. Näin tuotettu genotyyppidata muodostaa valtavia giga- ja teratavujen kokoisia tiedostoja. Niiden käsittely ja yksinkertainenkin tilastollinen analyysi vaatii tekijältään jotain enemmän kuin perinteisten taulukkolaskentaohjelmien hallintaa.

Kromosomit jakaantuvat sattumanvaraisesti sukusoluihin. Kuitenkin samassa kromosomissa kaksi lähekkäin

olevaa polymorfiaa kulkeutuu useammin yhdessä kuin olisi odotettavissa sattumalta. Tästä muodostuu niin sanottu kytkeytymisepätasapaino, jossa lähekkäin olevat geenimerkit korreloivat keskenään. Tätä sisäistä korrelaatorakennetta voidaan käyttää laskennallisesti esimerkiksi ennustamaan kokeellisesti määriteltyjen varianttien genotyyppien avulla sellaisia variantteja, joita ei olla suoraan tutkimushenkilöissä mitattu.

Joukko yksittäisiä geenivariantteja, jotka assosioituvat tiettyyn ominaisuuteen, kuten alttiuteen sairastua sydän- ja verisuonitauteihin tai syöpään, muodostavat yhdessä monimutkaisen verkoston. Yksittäiset variantit vaikuttavat eri biologisten prosessien kautta ja toisinaan useisiin prosesseihin yhtä aikaa, jotka lopulta näyttäytyvät tilastollisesti sairastumisriskin nousuna tai laskuna. Todellinen kausaalisuus selvitetään matemaattisesti empiirisestä datasta. Ongelmat ovat vaikeita. Esimerkiksi vaikuttaako keuhkosyöpään assosioituva geenivariantti tupakoimiskäyttäytymiseen vai biologiseen prosessiin, joka tekee terveestä solusta hallitsemattomasti jakautuvan syöpäsolun? Teknologioiden kehityksen myötä voidaan myös ensimmäistä kertaa systemaattisesti tutkia harvinaisten varianttien ja tutkimushenkilöissä syntyneiden uusien mutaatioiden osuutta eri ominaisuuksiin. Yksittäisten varianttien harvinaisuuden vuoksi tilastollisen analyysin voima pienenee. Toisaalta uusia mutaatioita syntyy 10^{-8} suuruusluokan taajuudella per emäs per sukupolvi, ja suuri osa kahden henkilön välisistä geneettisistä eroista aiheutuu juuri harvinaisista varianteista. Siksi näiden mutaatioiden ja jonkin ominaisuuden välisen suhteen tutkimiseen tarvitaan yhä hienostuneempia tilastollisia malleja, jotka huomioivat esimerkiksi mutaatioille ennustetun haitallisuuden asteen, mutaatiofrekvens-

¹Kirjoittaja on väitöskirjatutkija Suomen molekyylilääketieteen instituutissa ja tutkii vakaville mielenterveyden häiriöille ja hermoston kehityksen sairauksille altistavia geenimuotoja.

sin ja kuinka usein verrokkiaineistossa nähdään vastaavia muutoksia kyseisellä perimän alueella. Toisaalta varianttien toiminnallisuuden tai haitallisuuden ennustaminen perustuu sekin osaltaan matemaattiseen ennustamiseen. Esimerkiksi, kokeellisesti tuotettua tietoa

DNA:n toiminnallisuuteen liittyvistä sekvenssin motiiveista voidaan laskennallisesti käyttää ennustamaan eri perimän alueiden toiminnallisuutta pelkästään niiden DNA-sekvenssin perusteella.



Eläinjalostus: eläimiä, geenejä ja matemaattista tilastotiedettä

*Ismo Strandén*¹

Eläinjalostuksella muutetaan kotieläimiä haluttuun suuntaan. Eläinjalostuksesta voi tulla mieleen kloonauksen tai ehkä geenimanipulaatio. Kotieläintuotannon eläinjalostus on kuitenkin aivan muuta, eikä tällaiselle bioteknologialle ole siinä tarvetta. Sen sijaan tärkeitä työkaluja ovat matemaattisen tilastotieteen tietokonesovellukset. Nämä sovellukset yhdistävät useiden alojen tietoa: genetiikkaa, biologiaa, tilastotiedettä, numeerisia menetelmiä ja tietojenkäsittelyä. Eläinjalostuksen matemaattisia menetelmiä käytetään tuotantoeläimille kuten lypsykarjan, sikojen ja broilerien jalostuksessa mutta myös lähes kaikille ihmisen kasvattamille eläimille.

Eläinjalostus toimii kuten luonnonvalinta eli evoluutio: parhaat yksilöt saavat eniten jälkeläisiä. Parhailla yksilöillä on parhaat geenit tai ainakin muita vähemmän huonoja geenejä. Valitettavasti emme tunne kaikkia geenejä, jotka vaikuttavat esim. eläinten terveyteen tai tuotantokykyyn. Voimme kuitenkin mitata eläimistä ominaisuuksia kuten maidon tuotantomäärää, mutta mittauksiin vaikuttavat geenien lisäksi mm. ravinnon ja ympäristön laatu. Käytännössä arvioimme eläimien

geneettisen arvon matemaattisilla malleilla. Kyse on samasta asiasta kuin esimerkiksi tarkennettaessa sutuista kuvaa kuvankäsittelyohjelmalla. Itse asiassa samankaltaisia tilastotieteen malleja voidaan käyttää niin kuvankäsittelyssä kuin eläinjalostuksessa.

Eläimen geneettinen arvo pyritään arvioimaan kaikille tärkeille ominaisuuksille. Käytännössä geneettinen arvo lasketaan samanaikaisesti kaikille eläimille: sekä eläville, että jo kuolleille. Tällä tavalla kaikki kerätty tieto tulee käytettyä hyväksi. Geneettisen arvon arvioimista kutsutaan jalostusarvosteluksi ja geneettistä arvoa jalostusarvoksi. Otan yksinkertaistaen esimerkkinä Pohjoismaiden (jossa ovat mukana Suomi, Ruotsi ja Tanska) jalostusarvostelun lypsykarjan maidontuotanto-ominaisuuksille. Ominaisuuksia ovat maidontuotanto sekä sen komponentit, joita ovat valkuainen ja rasva. Jalostusarvostelussa on useita vaiheita ja se sisältää useita ongelmia, joihin on omat ratkaisunsa. Yksi vaihe on ratkaista lineaarinen yhtälöryhmä, jossa on jopa 150 miljoonaa tuntematonta. Tällainen yhtälöryhmä saadaan tilastollisesta mallista, jossa huomioidaan kaikki tunnetut sukulaisuudet eläinpopulaa-

¹Kirjoittaja on suorittanut filosofian maisterin ja lisensiaatin tutkinnot sovelletusta matematiikasta Turun yliopistossa sekä filosofian tohtorin tutkinnon (PhD) kotieläintieteestä Wisconsin-Madisonin yliopistossa. Nykyisin hän työskentelee erikoistutkijana Biotekniikka ja elintarvikkeet -yksikössä Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT:ssä sekä dosenttina Helsingin yliopistossa.

tiossa. Ratkaisemisessa tarvitaan kehittyneitä numeerisia menetelmiä ja raskasta rinnakkaislaskentaa. Tällainen yhtälöryhmä on ratkaistava useita kertoja vuodessa. Tarkasteltavia ominaisuuksia lypsykarjan jalostuksessa on yhteensä 14, joista tässä siis oli kolme. Jokaiselle ominaisuudelle on oma tilastollinen malli ja aineisto.

Eläinjalostuksen kannalta ensimmäinen kysymys on: vaikuttavatko ominaisuuteen geenit ja kuinka paljon. Eläinjalostuksen matemaattiset mallit ovat tilastotieteen nk. sekamalleja, joissa on ns. kiinteitä ja satunnaisia tekijöitä. Eläinjalostuksen sekamalleissa kiinteillä tekijöillä otetaan huomioon havaintoon vaikuttavia ympäristötekijöitä, kuten eläimen ikä, sukupuoli ja mittauksen vuodenaika. Satunnaistekijöillä huomioidaan eläinten välisiä samankaltaisuuksia sukulaistiedon eli geenien takia. Jalostusarvo arvioidaan useimmiten tällaisella lineaarisella sekamallilla, koska sen ratkaiseminen on laskennallisesti yksinkertaista ja nopeaa.

Viimeisen kymmenen vuoden aikana on aloitettu genomisen tiedon käyttö jalostusarvosteluissa. Genomisella tiedolla tarkoitetaan genotyyppien tietämistä useista tuhansista geenipaikoista. Nämä geenipaikat eivät useinkaan ole varsinaisia ominaisuuteen vaikuttavia geenejä vaan niiden lähellä olevia ns. merkkigeenejä. Genomitiedon myötä analysoitavien aineistojen koko kasvaa edelleen. Kun aikaisemmin eläimen havaintoa kohden oli selittäviä tekijöitä, kuten ympäristötekijöitä, tavallisesti alle 10, genomitiedon myötä jokaiselta genotyyppitetyltä eläimeltä käytetään potentiaalisina selittävinä tekijöinä noin 400 000 merkkiipaikkaa. Tällä hetkellä genotyyppityksen kalleuden takia vain osalta eläimistä tiedetään genotyyppit, mutta tulevaisuudessa ehkä paljon suuremmalta osalta. Tämä johtaa aikaisempaa laskentaintensiivisempään jalostusarvojen arviointiin ja mahdollisesti laajempaan bayeslaisen tilastotieteen käyttöön. Bayeslaisen tilastotieteen mallien ratkaiseminen vaatii usein simulaatiopohjaisten ratkaisumenetelmien käyttöä, koska ratkaiseminen vaatii moniulotteista integrointia.

Matemaattisen tilastotieteen menetelmiä käytetään siis mm. geneettisen arvon arviointiin eläinjalostuksessa. Samaa menetelmää voidaan käyttää myös kasvien ja metsien jalostuksessa. Genomitiedon matemaattiset mallit ovat samoja kaikilla geneettistä tietoa käsittelevillä aloilla, niin eläin-, kasvi- kuin ihmisgenetiikassa. Kaikilla näillä aloilla genomitieto on johtanut tarpeeseen analysoida massiivisen suuria aineistoja. Olem-

me tällä hetkellä keskellä genomisen aineiston vallankumousta, jossa tarve niiden analysoijista ja parempien matemaattisten mallien kehittäjistä vain lisääntyy. Vaikka siis kerron tässä artikkelissa eläinjalostuksesta, paljon kertomastani pätee myös kasvien jalostukseen sekä osittain ihmisgenetiikkaan.

Eläinjalostus on hyvin kansainvälistä ja avointa. Aivan kuten voit ostaa koiran ulkomailta, niin voit ostaa esim. hevosen tai tuotantoeläimen. Aina kun ostat eläimen, ostat samalla sen jalostushistorian geenien muodossa. Eläinjalostuksen matemaattisista malleista julkaistaan kansainvälisissä kokouksissa. Tällä tavalla matemaattiset mallit ovat kaikkien arvioitavissa, sillä geneettisten arvojen uskottavuus on erittäin tärkeää. Ethän ostaisi koiraa omistajalta, joka ei halua näyttää lääkärintodistusta koiran terveydentilasta. Eläimelle laskettu geneettinen arvo vaikuttaa eläimestä maksettavaan hintaan, joten arvojen laskutavan on oltava luotettava.

Eläimet ovat monimutkaisia biologisia kokonaisuuksia. Eläinjalostuksessa pyritään matemaattisten mallien avulla ymmärtämään tätä kokonaisuutta ja parantamaan sitä hallitusti. Uuden genomisen tiedon myötä analysoitavien aineistojen koko on kasvanut ja kasvaa edelleen. Tämä ei kuitenkaan ole uutta, sillä eläinjalostuksen matemaattiset mallit ovat olleet jatkuvassa muutoksessa ja aineistot ovat suurentuneet viimeiset 50 vuotta. Tämä tulee jatkumaan. Ehkä sinä muutat eläinjalostuksen matemaattisia malleja, sillä varmaa on, että tämän päivän malleja ei käytetä enää 2020-luvulla.

Yhteenveto. Matemaattiset ja tietotekniikan taidot eläinjalostuksessa:

- tilastotiede, erityisesti lineaariset sekamallit
 - bayeslainen tilastotiede ja todennäköisyyslaskenta
 - lineaarinen algebra: matriisilaskenta
 - iteratiiviset menetelmät: lineaariset ja epälineaariset yhtälöryhmät
 - ohjelmointitaito: esim. Matlab/octave, R, Fortran
- Muu tarpeellinen tieto:
- kvantitatiivinen genetiikka
 - englannin kieli
 - kiinnostus biologisten ilmiöiden mallintamiseen



Data-analyysin asiantuntijoille riittää kysyntää

Janne Liuttu

toimitusjohtaja, Andumus Oy

Johdanto

Andumus Oy on suomalainen asiantuntijayritys, jonka pelikenttänä on yritysten keräämien tietomassojen analysointi. Asiakkaitamme ovat suuret suomalaiset ja kansainväliset yritykset ja yhteisöt, ja palveluksessamme on kuusi enemmän tai vähemmän matemaattisen taustan omaavaa asiantuntijaa. Itse valmistuin vuonna 2012 Tampereen teknillisestä yliopistosta pääaineenani matematiikka, jonka lisäksi opiskelin teknillistä fysiikkaa sekä teollisuustaloutta. Andumuksen palveluksessa olen ollut syksystä 2011 asti, ensimmäiset vuodet analytikkona, ja toimitusjohtajan roolissa syksystä 2013 alkaen. Seuraavassa käyn läpi yleisiä trendejä, muutamia omia kokemuksiani tiedoista ja taidoista jotka ovat tarpeen tällä alalla, sekä muutamia vinkkejä, joiden avulla on mahdollista erottua muiden työnhakijoiden joukosta.

Yleinen trendi

Big data on tämän päivän muotisana. Tietoa muodostuu alati kasvavalla tahdilla, ja kaikkein konservatiivisimmatkin arviot ennustavat tallennetun datan määrän lisääntyvän 40 % vuosittain. Vuonna 2015 maailman datamäärän arvioidaan lähentelevän 10 zettatavua eli 10^{22} tavua. Tämä kehitys on aiheuttanut kasvavan kysynnän asiantuntijoille, jotka pystyvät louhimaan näistä datamassoista hyödyllistä informaatiota. Nykyisin jo keskikokoisella suomalaisella yrityksellä on mahdollista saavuttaa merkittävää kilpailuetua tehokkaalla datan hyödyntämisellä, puhumattakaan Googlen, Facebookin ja Amazonin kaltaisista valtavista globaaleista toimijoista.

Suuren kysynnän vuoksi työmarkkinoilla on syntymässä laajeneva rako kysynnän ja tarjonnan välillä, ja pel-

kästään Yhdysvalloissa arvioidaan olevan vuoteen 2018 mennessä 140 000 – 190 000 työntekijän vaje datan analysointiin erikoistuneista asiantuntijoista. Näiden lisäksi tarvitaan jopa 1,5 miljoonaa uutta johtajaa, jotka pystyvät tekemään päätöksiä analysoidun datan perusteella. Kovimmista osajista on näin ollen kova kilpailu, ja näiden ihmisten palkat ovat myös sen mukaisia.

Matemaattiset taidot

Matemaattiset taidot ovat luonnollisesti se perusta, jonka päälle muiden taitojen rakentaminen tapahtuu. Perusasiat tulee olla hyvin hallussa, ja peruskursseilta saatava kattaus esimerkiksi logiikkaa, algebraa ja analyysiä antaa tukevan pohjan, jolle omaa osaamista voi rakentaa. Perusasioiden hyvän hallitsemisen lisäksi suositeltavia ovat ennen kaikkea tilastotieteen ja tilastollisen analyysin opinnot, joiden lisäksi esimerkiksi mallinnus ja optimointi. Eksaktien ratkaisujen etsiminen on usein mahdotonta tai liian hidasta, joten myös numeerisen analyysin ja suurteholaskennan hallitseminen on eduksi.

Teoreettisen pohjan lisäksi kannattaa panostaa soveltaviin kursseihin, joissa pääsee hyödyntämään opittuja taitoja käytännön ongelmien ratkaisemiseen. Harjoitustyöt ovat usein melko työläitä, mutta näistä on yleensä myös eniten hyötyä myöhemmin työelämässä. Todellisten ongelmien ratkaiseminen vaatii soveltamista ja luovuutta, sillä selkeitä valmiita ratkaisuja ei aina ole olemassa. Minulle sanottiin aikanaan töihin mennessäni ohjeeksi, että ”Tilastotiede pitää olla niin hyvin hallussa, että tietää mitä sääntöjä voi rikkoa”. Tässä piilee totuuden siemen, sillä todelliset ilmiöt harvoin noudattavat normaali- tai ylipäättään mitään hyvin käyttäytyvää jakaumaa. Yleisestikin usein on hyö-

dyllisempää löytää äärellisessä ajassa jokin ratkaisu, kuin käyttää moninkertaisesti aikaa täydellisen ratkaisun etsimiseen.

IT-taidot

Käytännön analyysityö tapahtuu nykyisin aina jonkinlaisella IT-järjestelmällä, joten ainakin jonkin näistä käyttö on hyvä hallita. Analyysiohjelmistoista yleisimmin käytetyt ovat SPSS ja SAS, ja näistä jompi kumpi löytyy yleensä myös yliopistojen tarjonnasta. Saatavilla on myös useita avoimen lähdekoodin ohjelmistoja kuten Rapidminer ja R, joita voi käyttää vapaasti. Eri ohjelmistot muistuttavat melko paljon toisiaan, ja yleensä jos hallitsee yhden, muiden käytön oppii muutamassa päivässä. Olennaista on tietää mitä tekee, sillä jokainen järjestelmä on lopulta yhtä hyvä kuin ihminen joka sitä käyttää.

Analyysiohjelmistojen lisäksi jonkin tasoinen tiedonhallinnan ja tietokantojen ymmärrys on hyväksi. SQL tulee tarpeeseen monessa paikassa, mutta myös yleisempi käsitys tietokannoista ja näiden toiminnasta on hyödyksi. Yritysten IT-infrastruktuurit koostuvat usein melko kirjavasta joukosta erilaisia järjestelmiä, ja on tarpeellista omata vähintäänkin periaatteen tasolla ymmärrys siitä, miten data liikkuu, mihin sitä käytetään, ja mitä rajoitteita missäkin vaiheessa on.

Ohjelmointitaidot eivät myöskään mene koskaan hukkaan, joten ainakin jonkin ohjelmointikielen hallinta on eduksi. Valmiita ratkaisupaketteja ei ole aina saatavilla, joten usein on tarpeen turvautua omaan koodiin. Tällä hetkellä Java-osaaminen on todennäköisesti helpointa valjastaa käytäntöön, mutta luonnollisesti mikä tahansa muukin kieli antaa hyvän pohjan jolla päästä eteenpäin.

Kauppätieteet

Kauppätieteet ja talouden opinnot ovat usein matemaatikoille myrkyä, mutta nämä ovat jo pelkän yleissivistyksenkin kannalta erittäin hyödyllisiä. Pelkkä numeroiden murskaaminen itsessään tuottaa harvoin mitään hyödyllistä lopputulosta, joten on olennaisen tärkeää ymmärtää, mistä toiminnasta data todellisuudessa kertyy. Käytännössä tämä tarkoittaa niin tietojärjestelmien kuin liiketoimintaprosessienkin tuntemusta. Lisäksi viimeistään budjetin päällä istuu yleensä kaupallisen alan ihmisiä, joilla ei välttämättä ole syvällistä käsitystä teknisistä yksityiskohdista. Tällöin on arvokasta osata keskustella heidän kielellään, ja ymmärtää millä silmillä he katsovat suurempia kokonaisuuksia.

Harrastuneisuus

Oma harrastuneisuus ei ole sinällään pakollista, mutta se on erinomainen keino erottautua muista kilpaili-

joista työmarkkinoilla. Internetistä on saatavilla ilmaiseksikin valtavat määrät aiheeseen liittyvää materiaalia, kunhan vain osaa etsiä oikeista paikoista. Esimerkiksi LinkedInissä on lukuisia ryhmiä, joissa alan ammattilaiset keskustelevat aiheeseen liittyvistä asioista. Valitettavasti useimpien näiden taso on nykyään melko kyseenalainen, ja keskustelu pyörii melko triviaalien asioiden tai oman yrityksen mainostamisen ympärillä. Parempaa materiaalia on saatavilla esimerkiksi Datasciencecentralin ja Kdnuggetsin kaltaisista palveluista, joita ylläpitävät alan arvostetuimmat ammattilaiset.

Oman harrastuneisuuden voi laittaa myös tuottamaan, sillä erilaisia aiheeseen liittyviä kilpailuja pyörii jatkuvasti, ja näihin voi yleensä kuka tahansa osallistua. Näistä suurimpien palkintosummat nousevat kymmeeniin ja jopa satoihin tuhansiin dollariin, ja näiden aihepiirit ovat mitä moninaisimpia, vaihdellen esimerkiksi luottoriskien ennustamisesta aivovammojen diagnosointiin. Moniin näistä osallistuu myös suurten IT-yritysten tutkimusosastoja, jotka testaavat näin uusia menetelmiä. Kilpailujen kautta on erinomainen mahdollisuus päästä pyörittämään valmiiksi ratkaistujen esimerkkien sijaan aitoa dataa, jollaista yrityksissä käsitellään päivittäin.

Viestintä- ja esiintymistaidot

Viimeisenä, ja todennäköisesti myös tärkeimpänä, ovat viestintä- ja esiintymistaidot. Tämä osa-alue on usein matemaatikoille haastava, ja ainakin omana opiskeluaikanani tämän kehittämiseen kannustettiin harmillisen vähän. Jo työnhaussa näillä taidoilla on ratkaiseva merkitys, lähtien siitä miten oman hakemuksen saa erottumaan muista kilpailijoista, ja lopulta rekrytointipäätökset tasavahvojen kandidaattien kesken ratkeavat usein haastattelumenestyksen perusteella. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että olisi tarpeellista väkisin yrittää olla supliikki myyntimies, vaan tärkeintä on osata ottaa rennosti ja olla oma itsensä.

Itse työnteko tapahtuu käytännössä aina jonkinlaisen tiimin puitteissa, jolloin myös vähintäänkin välttävät vuorovaikutustaidot ovat ehdoton edellytys. Tulosten ja johtopäätösten selkeä esittäminen on tarpeen jatkuvasti, ja viimeistään siirryttäessä ravintoketjussa ylöspäin esimiesasemiin tämä korostuu entisestään. Vastavasti lopputuloksena on usein jonkinlainen toimenpidesuositus, joka edellyttää lopulta, että joku ihminen tekee jotain. Tällöin on tärkeää osata perustella ja selittää, mitä tehdään ja miksi.

Loppusanat

Tässä on esiteltynä oma subjektiivinen näkemykseni muutamista ominaisuuksista, joista on hyötyä data-analyysin maailmassa. Yksi ihminen harvoin hallitsee

täysin kaikkia näitä osa-alueita, joten roolista riippuen hieman erilaiset yhdistelmät näistä ovat kulloinkin optimaalisia. Teknisemmässä roolissa matemaattiset ja IT-taidot korostuvat, kun taas kaupallisella puolella viestintä- ja esiintymistaidot ja ymmärrys reaali maailman ilmiöistä ovat tärkeämpiä. Tätä kuvaa hyvin erään kollegani toteamus: "We are not in the business of analyzing data, we are just trying to understand the daily

life of people".

Kehitys on joka tapauksessa nopeaa, ja nykyiset käytännöt ja menetelmät vanhentuvat hyvinkin nopeasti. Muuttuvassa maailmassa parhaiten menestyvät ne, jotka osaavat mukautua muutokseen ja soveltaa osaamistaan uusiin kohteisiin. Näin ollen tärkein taito on aina lopulta kyky jatkuvaan uuden oppimiseen ja itsensä kehittämiseen.



Brynolf Pedantziuksesta data-analytikkoon

Antti Penttinen

tilastotieteen professori, Jyväskylän yliopisto

Tilastotiede on monelle lähes tuntematon tiede, lähinnä se mielletään kuivaksi alaksi. Tätä käsitystä vahvistaa Toivo Särkän v. 1962 ohjaama ja Suomi Filmin tuottama romanssi "Ihana seikkailu". Siinä pääosassa on Brynolf Pedantzius (Esko Mannermaa), silkkihansikkaissa kulkeva, alun perinkin kosiskelupuuhiinsa tunariksi tuomittu. Hänestä oli tehty tosi kuiva tyyppi. Jos katsoja ei Pedantziuksen nimestä satu heti saamaan tätä kuvaa, niin hänen ammatikseen oli varmuuden vuoksi laitettu Tilastoviraston kamreeri!

Onko niin, että tilastotiede on tylsä ala ja tilastotieteilijät törttöjä fakki-idiootteja?

Vaikka tilastotiede on huonosti tunnettu tieteenala, on se ollut pitkään läsnä arkielämässämme. Itse asiassa sana "tilasto" on otettu käyttöön suomen kielessä jo v. 1864. Ehkä tunnetuin esimerkki, jo ajalta ennen tietokoneita, on henki-, palo-, tapaturma- ja vahinkovakuutukset. Nämä ovat tilastotieteeseen perustuvia turvaverkkoja. Toinen ja nykyisinkin keskustelua aiheuttava ala on eläkejärjestelmät. Työeläkkeet tulivat suomalaisen yhteiskuntaan v. 1961 ja niiden isäksi mielletään professori, vakuutusmatematiikko Teivo Pentti-

käinen (1917–2006). Eläkejärjestelmää tosin yritettiin pystyttää jo aikaisemmin, mutta 2. maailmansota, sitä seurannut inflaatio, ja erityisesti työeläkejärjestelmän vaatiman vakuutusmatemaattisen osaamisen vähäisyys siirsivät uudistusta. Myös kansantalouden kirjanpito nojautuu tilastotieteeseen, samoin luonnonvarojen inventointi tieteellisin menetelmin alkaen valtakunnan metsäinventoinnista 1920-luvulla. Arkielämän ulkopuolella tilastotiede on ollut tieteellisen tutkimuksen työkalu lähes kaikilla empiirisillä aineistoilla käyttäällä tieteenaloilla, mm. psykologian, maatalouden ja lääketieteen tutkimuksessa.

Tilastotieteen läpimurto yhteiskunnassa on tapahtunut melko hitaasti tietokoneiden aikakaudella 1960-luvulta alkaen, kuitenkin rajusti kasvaen noin viimeisen 15 vuoden aikana ja kasvuvauhti on kiihtyvää. Otan joitakin esimerkkejä tämänhetkisistä haasteista: maailmanlaajuiset ilmasto-ongelmat, EU:n kalastuskiintiöt, rahoitustoiminta ja riskienhallinta (pankki ja vakuutus), kaupan asiakasprofilointi ja ennusteet, täsmämainonta, väestön terveys, teollisuuden prosessien hallinta ja optimointi sekä eri alojen seurantajärjestelmät. Ulkomaisia esimerkkejä seuraten myös tiedotusvälineet tulevat

lisäämään jalostetun tilastotiedon käyttöä uutisoinnissa. Yhteistä näille sovelluksille on se, että havainnoista tai rekistereistä saadun informaation perusteella ratkotaan ongelmia ja parannetaan tuottavuutta. Ei tuulipuistoa perusteta tekemättä riittävää määrää tuulimitauksia tuottavuusarvioita varten. Siitä ei selvitä ilman tilastollista mallinnusta.

Tilastotieteellisen läpimurron seuraus on, että käsite ”tilasto” tai ”tilastoaineisto” on häviämässä korvautuen uusilla käsitteillä kuten ”data” tai ”tietovaranto”. Myös tilastoaineisto on monimuotoisempi sisältäen digitaalisia kuvia (joita myös analysoidaan), karttoja ja jopa tekstejä, ei pelkästään numeroita. Myös ammatinimike ”tilastotieteilijä” on häviämässä ja tilalle on tullut ”data-analyytikko” (tai data scientist).

Data-analyysin kasvu luo työpaikkoja. Tarvitaan mallintajia, aineiston hankinnan osajia ja tietokantaeksperttejä, kuvankäsittelijöitä, kokeiden suunnittelijoita ja tilastoanalyysin ohjelmistojen tuntijoita. Perinteisen tilastotieteilijän vahvuus on siinä, että hän ottaa huomioon sen, miten aineisto on syntynyt, osaa käsitellä aineistossa olevia oikkuja kuten puuttuvaa tietoa ja osaa tulkita tuloksia. Osajista on pula. Oma arvioni on, että tilastotieteen ja data-analyysin osajien koulutusta voitaisiin lisätä 2,5–3-kertaiseksi ja työmarkkinat edelleen vetäisivät. Kun otetaan huomioon tiedonhankinnan menetelmien huima kehitys mm. automaation ja internetin ansiosta, tämä arvioni voi olla aivan liian varovainen.

Miten sitten pitäisi kouluttautua ammattiin. Koska ala on jossain määrin piilossa, tarvitaan ”kipinä”. Jokaisella tilastotieteen opiskelijalla on oma tarinansa. Itse koin tällaisen elämyksen lukiolaisena joskus 1960-luvun lopussa. Naapurin poika teki suomen kielen kirjallisuudesta pro gradu -tutkielmaa, siis humanistista tutkimusta. Hän oli mitannut Keski-Suomi-lehdestä kirjallisuuserostelujen määrää palstamillimetreinä ja tietysti oli sisällötkin pannut muistiin. Hän pyysi minua esittämään graafisesti mittaamansa palstamillimetreinä määrän kehittymisen ajassa, jolloin hänen mielestään tärkeää informaatiota voitaisiin saada helpommin luettavaksi. Tein työtä käskettyä, vaikka en ollut kuullut tilastotieteestä yhtään mitään. Graafisen aineistoesityksen tulos oli jännittävä: lehden perustamisen alkuaikoina 1870-luvun puolivälissä kirjallisuuserosteluja oli poikkeuksellisen paljon, samoin v. 1886. Gradunvääntäjän

avulla syykin selvisi: ensimmäisellä aktiivisella jaksolla toimitusta avusti Minna Canth ja toisella Juhani Aho toimi lehden päätoimittajana. Tämä oli hieno juttu, ja mieleeni jäi kytemään ajatus siitä, mitä kaikkea datojen avulla voikaan saada selville. Tämä alkeellinen graafinen esitys muuten julkaistiin Keski-Suomi-lehden seuraajassa, Keskisuomalaisessa.

Jonkinlaisesta ”tilastollisesta heräämisestä” huolimatta aloin opiskella fysiikkaa ja matematiikkaa, sekä sivuaineena tilastotiedettä. Kävi selväksi että fyysikko en ole ja matemaatikkoa minusta ei tule, jotain muuta pitää keksiä. Niinpä ajauduin tilastotieteeseen – aika monella kollegalla on samantapainen rekrytointihistoria. Ratkaisevaa on ollut se, että tilastotieteilijällä (tai data-analyytikolla) on aina asiakas, jolla on mielenkiintoinen ongelma, ja tämän ongelman ratkaisemista varten hän on hankkinut tai hankkimassa empiiristä aineistoa. Olen työskennellyt usean alan asiantuntijoiden kanssa ja alojen luettelo on pitkä: ekologia, metsäntutkimus, psykologia, kasvatustiede, teollisuuden prosessit, lääketiede, epidemiologia, kielitiede, tietojenkäsittely, taloustiede, musiikkitiede, ja lähihistoriassa ja -tulevaisuudessa taloushistoria sekä arkeologia. Mukaan mahtuu myös hyvinkin teoreettisia ja matemaattisia projekteja, tietojenkäsittelyä ja ennen kaikkea paljon kansainvälistä yhteistyötä. Innostavat hankkeet eivät lopu kesken, kyvyt pikemminkin. Tämä taitaa olla uteliaan ja itsepäisen ihmisen unelmahommaa! On mistä valita.

Opettajan roolissani mielelläni ohjaan lukijaa lisätietojen hankkimiseen. Suosikkini tilastotieteen kuvaukseen on Peter Digglen ja Amanda Chetwyndin kirjoittama englanninkielinen kirja ”Statistics and scientific method: An introduction for students and researchers” (Oxford University Press, 2011). Tilastotieteen luonnetta ja opiskelua avannee oman laitokseni verkkolinkki <https://www.jyu.fi/maths/opiskelijavalinta/abit/tilastotiede>, jossa mm. tilastotieteen opiskelijat kertovat kokemuksistaan.

En koe olevani Brynolf Pedantzius, enkä missään tapauksessa koe, että datojen ja tilastollisten mallien kanssa työskentely olisi kuivaa. Jo kohtuullisella opiskelupanoksella päästään mielenkiintoisiin haasteisiin ja, kiinnostuksen mukaan, varmasti löytyy se oikea duuni, jota jaksaa tehdä.

Tarvitseeko informaatioteknologia matematiikkaa?

Lue myös Lasse Holmströmin kirjoitus Tarvitseeko informaatioteknologia matematiikkaa?, joka julkaistiin lehdessä Solmu 1/2013, <http://solmu.math.helsinki.fi/2013/1/informaatioteknologia.pdf>

Tilastotieteilijän uran alkuja

*Mikhael Koufos ja Kimmo Vehkalahti*¹

Helsingin yliopisto, Sosiaalitieteiden laitos, Tilastotiede

Tilastotieteen osaajille on paljon kysyntää ja kysyntä kasvaa koko ajan. Opinnot luovat hyvän perustan työlistyä myös töihin, joissa ei ole paljoakaan varsinaista tilastotiedettä. Ongelmana on, että tilastotieteilijöiden osaamispotentiaalia ei osata käyttää vielä hyödyksi. Kommunikointitaitoihin, visuaalisuuteen sekä mahdollisuuksien luomiseen pitäisi satsata paljon, jotta ala lähtisi vielä suurempaan nousuun, mutta nykyinen kysyntä nimenomaan perustason taidoille takaa sen, että jo niillä pärjää pitkälle.

Tilastotiedettä voi opiskella pääaineena esim. Helsingissä sekä valtiotieteellisessä että matemaattis-luonnontieteellisessä tiedekunnassa. Tutkintovaatimukset ovat molemmissa käytännössä samat. Valinnanvaraa sivuaineiden ja valinnaisten opintojen suhteen on paljon. Poikkitieteellisyys on tilastotieteen oppiaineelle ominaista eikä juuri ole opintoja, jotka eivät tilastotieteen pääaineopiskelijan tutkintoon sopisi. Poikkitieteellisyys avaakin yllättävän paljon mahdollisuuksia sijoittua erilaisiin työtehtäviin ja työpaikkoihin. Tilastolliset ohjelmistot, ohjelmointi ja tietojenkäsittelytiede yleensä on hyvä pitää mukana opiskeluohjelmassa. Kannattaa kiinnittää huomiota teorian, välineiden (ohjelmistot) ja soveltamisen väliseen tasapainoon. Ne tukevat toisiaan ja antavat hyvät valmiudet työelämään. Niiden kautta saa myös oivalluksen elämyksiä, kun opittua asiaa pääsee pyörittämään oikealla datalla! Tilastotieteen sovellusalat ovat niin laajat, että omituisellakin kombinaatiolla löytää paikkansa työelämästä. Myös muiden yliopistojen tarjoamien sivuaineopintojen mahdollisuuksiin kannattaa tutustua. Tilastotiede on kuin uusi DI-tutkinto: järkevä ja sillä saa töitä melkein alalta kuin alalta. Ja onhan sitä ammattia tituleerattu ”sexiest job of 21st century”.

Opintoja voi myös suunnitella sen mukaan, millaisia töitä tahtoo tehdä, mille sektorille suuntautua. Yksityisellä sektorilla kaupallisista opinnoista on hyötyä, julkisella puolella hallinnolliset opit voivat olla plussaa. Ammattiliittojen julkaisuista voi tutustua palkka-asioihin ja työllistymiseen. Työkokemusta kannattaa hankkia, eikä työn suhteen kannata alkuun olla liian ronkeli.

Haastattelimme neljää nuorta tilastotieteestä valmistunutta: Faiz Alsuhailia, Ilkka Tynkkystä, Eija-Leena Koposta ja Jenni Nikulaa.

Mitä opiskelit (suuntautuminen, sivuaineet)?

Faiz: Opiskelin tilastotiedettä, erityisesti ekonometriaa ja aikasarja-analyysia, sivuaineina kansantaloustiedettä ja matematiikkaa.

Ilkka: Valmistuin pääaineena tilastotiede (ekonometria ja aikasarja-analyysi). Sivuaineina opiskelin matematiikkaa ja kansantaloustiedettä.

Eija-Leena: Valmistuin yhteiskuntatilastotieteen linjalta. Keskityin kandiopintojen valinnaisissa tilastotieteen kursseissa monimuuttujamenetelmiin, mutta maisterivaiheessa kurssitarjonta asetti rajoitteita. Opiskelin sitten mm. otanta-, imputointi- ja tietosuojamenetelmiä. Sivuaineena luin kandivaiheessa perusopintojen verran matematiikkaa, italiaa (olin vaihdossa) sekä psykologiaa. Maisterivaiheessa sivuaineopintoni olivat sirpaleisemmat: opiskelin vähän markkinointia sekä yksittäisiä kursseja kuten laskentatoimea, kansantaloustiedettä, saksaa ja gradunkirjoitusta.

Jenni: Suuntauduin survey-metodiikkaan, sen käytännönläheisyys viehätti. Sivuaineina luin matematiikkaa, kansantaloustiedettä ja sosiaalipsykologiaa.

Kerro työstäsi.

Faiz: Johdan Tilastokeskuksen ”Tilastolliset menetelmät” -yksikköä. Työhöni kuuluu toiminnan suunnittelu, seuranta ja raportointia. Käytännössä tilastotieteellisen asiantuntijatyön ohjaaminen edellyttää, että on itsekin perehtynyt asioiden tilastotieteellisestä puolesta. Hallinnollisten tehtävien lisäksi työhöni kuuluu aikasarjamenetelmiin liittyvä kehittämistyö. Opetan ja konsultoin viraston sisällä paljon: tavoitteena on parantaa käytäntöjä päivittäisessä tekemisessä.

Ilkka: Työskentelen tuotanto- ja tutkimuspäällikkönä ict-alalla toimivassa pk-yrityksessä. Työni koostuu asiakastietokantojen käsittelystä (aineistojen poimiminen tietojärjestelmästä, aineiston muuntaminen käsiteltävään muotoon ja virheiden korjaaminen, aineiston tietojen päivittäminen esim. viranomaisrekistereistä), aineistojen käsittelyssä käytettävien työkalujen kehittämisestä sekä aineistojen analysoinnista. Varsinaista tilastotiedettä tulee vastaan harvoin, mutta tilastotieteen opinnoista on ollut suurta hyötyä työssäni tarvittavan ajattelutavan muodostumiseksi.

¹Mikhael Koufos on tilastotieteen opiskelija, Kimmo Vehkalahti on tilastotieteen yliopistonlehtori.

Eija-Leena: Työskentelen tällä hetkellä Accenturella ja minut palkattiin SAS-konsultiksi data- ja analyysitiimiin. Työ on projektiluontoista, usein asiakkaan tiloissa tehtävää ja saattaa sisältää mitä tahansa maan ja taivaan välillä: tähän mennessä olen tehnyt kannattavuuslaskentamallia sekä systeemi-integraatiota. Olen huomannut, että oli nimike tai projekti mikä tahansa, toimin yleensä jonkinlaisena tulkkina hard core -koodaajien ja bisnes-puolen ihmisten välillä, sillä ymmärrän analyysien kautta hieman molempia maailmoja. Työpäivät kuluu usein ihan hujauksessa ja kaikilta työntekijöiltä odotetaan hyvällä tavalla todella paljon. Analyysimenetelmät ja niiden tehokkuus tunnetaan usein huonosti niin teknisellä kuin bisnes-puolellakin ja vaativampia menetelmiä on tästä syystä hankala saada vietyä läpi. Koko opintojen tuoma potentiaali ei ole siis valitettavasti ollut vielä käytössä ja valitettavan usein joutuu selittämään perusasioita kuten tapausta hukkumiskuolemat-jäätelönsyönti. Onneksi analyysien tärkeydestä on vauhkottu jo monta vuotta julkisuudessa ja nyt aletaan ymmärtää niiden tärkeys tässä tiedon täyttämässä maailmassa. Sanoisinkin, että analyysien hyötyjen sekä tulosten kommunikointi on todella tärkeä osa tilastotieteilijän työtä, siihen pitäisi kiinnittää paljon enemmän huomiota myös opintojen aikana.

Jenni: Aloitin Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymässä (HSL) keväällä 2010 liikennetutkijana. Tehtäviini ovat kuuluneet esim. yli 50 000 matkustajan näytteen ympärivuotinen asiakastytytyväisyystutkimus ja BEST-tutkimus, jossa vertaillaan eurooppalaisten kaupunkien joukkoliikennettä yhteismitallisella asukastytytyväisyyskyselyllä. Olen myös vastannut suoritelukujen hallinnasta ja vetänyt kansainvälistä projektia, jossa rakennettiin pohjoismaisten pääkaupunkien yhteinen tietokanta joukkoliikenteen tunnuslukuja varten. Lisäksi olen tehnyt paljon muuta mielenkiintoista, päällimmäisenä on jäänyt mieleen lähijunaliikenteen matkustajamäärien laskentamallin kehittämisen ohjaaminen. Jänniä aikoja työrintamalla elen nytkin, siirryn talon sisällä tehtäviin, jossa fokus on datan hyödyntämisessä eri muodoissa, tarpeiden tunnistamisessa, menetelmien kehittämisessä ja laadun tarkkailussa. Toimin lisäksi HSL:ssä pääluottamusmiehenä, mikä on ollut erittäin hyödyllistä ja opettavaista sekä mukavaa vastapainoa

varsinaisille työtehtäville.

Varsinaisten opintojen lisäksi, mitä muuta työelämän kannalta hyödyllisiä taitoja opit opiskelujen aikana (esim. järjestötoiminnan kautta)?

Faiz: Laskuharjoitusten opettaminen oli kaikkein hyödyllisintä: tilastotieteilijän tulee osata selittää asioita henkilöille, jotka eivät ole itse tilastoasiantuntijoita. Vuorovaikutustaidot ovat tärkeitä, tilastotieteilijä toimii harvoin yksin.

Ilkka: Järjestötoiminnassa opin ryhmässä toimimista ja toiminnan organisoimista konkreettisella tasolla. Teorian ja konkretian välisen suhteen hahmottamisessa on ollut olennaista hyötyä työelämässä.

Eija-Leena: En olisi uskonut kuinka paljon Valtiotieteellinen tiedekunta opiskeluympäristönä vaikutti maailmankatsomukseeni. Vaikka en opiskellut perinteisiä valtiotieteitä paljoa, tarttui jonkinlainen palo ja tapa ajatella asioita yhteiskunnalliselta kannalta tai jollain tavalla isomman kuvan kautta – kaverini kasvatustieteellisestä tai tekniseltä alalta katsovat maailmaa ihan eri tavalla. Opin myös kriittistä ajattelua niin kuin yliopisto lupaakin, vaikka en aluksi uskonut sellaiseen. Akateemisen vapauden ja yliopistohallinnon opiskelijaedustuksen kautta opin (omien) etujen ajoa sekä asennetta ja tahtoa vaikuttaa asioihin. Järjestötoiminnasta oppi hyödyllisiä taitoja; kokouskäytäntöjä ja tapahtumien järjestelyä, mutta tärkeimpänä pidän toiminnan kautta tullutta rohkeutta toimia ns. aikuisten maailmassa hoitamassa asioita ja ottamassa vastuuta.

Jenni: Opintoajan vapaa-ajan käytin pitkälti työnteeseen ja harrastuksiin. Tutkimuksen parissa aloin työskennellä 2007 TNS-Gallupilla tutkimusassistenttina. Tämän jälkeen olen ollut myös pienessä IT-markkinatutkimusyrityksessä, TTK:lla ja tilastotieteen opetustehtävissä Eximiolla ja Työväen Akatemiasa. Erityisesti opetustyötä työnantajat ovat arvostaneet ja itsekin pidän sitä erinomaisena työkokemuksena; siitä olen saanut esiintymisvarmuutta ja oppinut esittämään asioita selkeässä ja yksinkertaisessa muodossa.

Opiskelijoiden ainejärjestöt

Joka yliopistossa on opiskelijoiden ainejärjestöjä. Ne toimivat linkkinä opiskelun ja työelämän välissä, järjestävät monipuolista, myös vapaa-ajan, toimintaa ja tapahtumia, sekä valvovat jäsentensä etuja. Uusia opiskelijoita autetaan sopeutumaan opiskelijaelämään. Tärkeä osa on työelämätapaukumat ja vierailut yrityksissä.