

18 Laskulaitteista ja tietokoneista

Matematiikan teorioiden soveltaminen käytännön palvelukseen merkitsee lähes aina jonkintasoista laskemista. Laskulaitteiden kehittyminen on johtanut myös siihen, että monet teoreettiset edistysaskelet perustuvat laskemiseen ja laskukoneiden käyttöön.

18.1 Mekaaniset apuvälineet

Lukujen tallentamiseen on käytetty kirjoitusmerkkien ohella mm. nuorissa oleviin solmuja tai riimusauvoja. Jo antiikin aikoina oli ilmeisesti kehittynyt vaikiintuneita järjestelmiä numeroiden ilmaisemiseksi tietyillä sormien asennoilla; sataa pienemmät luvut ilmaistiin vasemmalla ja suuremmat oikealla kädellä.

Vanhin laskemisen mekaaninen apuväline on helmitaulu, *abakus*. Se esiintyy eri muodoissa monissa kulttuureissa. Tavallisesti ”helmet” eivät ole kiinni tangoissa, vaan lukumääriä osoitetaan viivoille tai uriin asetettavilla irtonaisilla pikku kivillä; tällaisten laskukivien latinankielinen nimi *calculi* (josta saadaan kalkylointi ja englannin *calculus*, differentiaali- ja integraalilaskenta) on samaa kantaa kuin kalkki(kivi).

Helmitaulun ohella ensimmäisiä laskemisen mekaanisia apuvälineitä olivat John Napierin 1600-luvun alussa keksimät *Napierin sauvat* eli *Napierin luut*, joiden avulla saattoi suorittaa gelosia-menetelmän kertolaskuja.

Olenaisesti kehittyneempi kuin helmitaulu on sellainen mekaaninen laskulaite, jossa yhteenlaskun muistinumeron huomioon ottaminen tapahtuu automaattisesti. Ajatuksen tällaisesta laitteesta esittivät Keplerin ystävä *Wilhelm Schickard* 1623 ja jesuiittamunkki *Johann Ciermans* 1640, mutta ensimmäisen toimivan laitteen rakensi *Blaise Pascal* 1642. Seitsemän vuotta myöhemmin Pascalille suotiin kuninkaallinen privilegio laskukoneiden valmistamiseen. Ensimmäiset kertolaskukoneet valmistivat englantilainen *Samuel Morland* ja G. W. Leibniz 1670-luvulla. Toimivan koneen, joka pystyi myös vähentämään ja jakamaan, rakensi ensimmäisenä *Charles Thomas* vasta 1820. Ennen elektroniikan aikaa tavallisen nelilaskimen prototyypin kehittivät 1870-luvulla amerikkalainen *Frank Baldwin* (1838–1925) ja ruotsalainen *Willgot Odhner*. Kaikissa näissä laskimissa kertolasku perustui toistuvaan yhteenlaskuun. Ensimmäisen kertotaulua suoraan hyödyntävän laskukoneen valmisti *Léon Bollée* vasta vuonna 1887.

Logaritmien keksiminen 1600-luvun alussa oli luonnollisesti merkittävä numerolaskuja nopeuttava edistysaskel. Logaritmien mekaanisen hyväksikäytön mahdollisuudet huomasi ensimmäisenä englantilainen *Edmund Gunter* (1581–1626), joka konstruoi 1620 logaritmissen asteikon. Sen ja harpin avulla oli mahdollista suorittaa kerto- ja jakolaskuja. Kahden logaritmissen asteikon yhdistämisen *laskuviivaimeksi* keksi englantilainen *William Oughtred* (1574–1660) vuonna 1622. Ympyränmuotoisen *laskukiekon* kehittivät Oughtred ja hänen oppilaansa *Richard Delamain*. Oughtredin laskuviivaimessa ei ollut asteikkoja vastaan kohtisuoralla hiusviivalla varustettua *hahloa*; hahlon ajatuksen esitti Isaac Newton 1675, vaikkakin kyseinen laite tuli yleiseen käyttöön vasta sata vuotta myöhemmin. Nykyisen laskuviivaimen vakiomallin esitti ranskalainen upseeri *Amédée Mannheim* 1850.

18.2 Babbagesta tietokoneisiin

Koneellisen laskemisen historiassa on erityisasemassa englantilainen *Charles Babbage* (1792–1871). Babbage oli alkuaan matemaatikko; hän toimi matematiikan professorina Cambridgen yliopistossa ja oli aktiivinen jäsen *Analytical Societyssa*, joka pyrki propagoimaan Leibnizin ja Eulerin analyysiä vanhentuneiden Newtonin oppien tilalle. Noin vuodesta 1812 Babbage, jota mm. ärsyttivät monet virheet matemaattisissa taulukoissa, pohti mahdollisuuksia muuntaa mekaaniset laskutoimitukset koneiden suoritettaviksi. Babbage erosi yliopistovirastaan ja omistautui laskukoneen suunnitteluun. Työ vei Babbagen omaisuuden, mutta 1823 Britannian hallitus myönsi hänelle avustuksen ns. *differenssikoneen* rakentamiseksi. Koneen oli määrä laskea matemaattisia taulukoita 26 merkitsevän numeron tarkkuudella, ja sen tuli ottaa huomioon vielä kuudeskin differenssi. Kymmenen vuoden työn jälkeen kone ei ollut vielä valmis. Valtio lopetti tuensa, mutta Babbage jatkoi jälleen omin varoin. Hänen suunnitelmansa oli tällä välin huomattavasti kasvanut: vuodesta 1834 alkaen Babbagen tarkoituksiksi tuli nyt rakentaa *analyttinen kone*, jossa olisi tuhannen 50-numeroisen luvun mekaaninen muisti ("varasto") ja jonka laskinosa ("mylly") pystyisi toimimaan haarautumiskäskeyjä sisältävien ohjelmien mukaan. Ohjelmia Babbagelle suunnitteli *Lady Ada Lovelace*, runoilija *Byronin* tytär. Käskyt koneelle oli määrä antaa reikäkorteilla. Toimintojen vaatima hienomekaniikka ei ollut kuitenkaan kylliksi kehittynyttä, eikä Babbagen koneesta koskaan valmistunut kuin osia. – Babbagen idean mukaisia differenssikoneita rakennettiin mm. Ruotsissa 1850-luvulla. Vuosina 1985–1991 Lontoon Science Museumissa rakennettiin Babbagen alkuperäisten piirustusten mukainen differenssikone, ja se toimii hyvin.

Tietojenkäsittelytekniikan edelläkävijöitä on ranskalaisen *Joseph Jacquardin* (1752–1834) vuonna 1805 esittelemä kutomakone, jonka tarvitsemat usein monimutkaiset toimintaohjeet talletettiin rei'itettyyn kartonkiin, jota kone automaattisesti luki. Amerikkalainen *Hermann Hollerith* (1860–1929) oivalsi reikäkortin merkityksen yleisemmän tiedon tallentamisessa noin vuonna 1885. Hollerithin reikäkorttikoneita käytettiin laajassa mitassa ensi kerran Yhdysvaltain yleisessä väestönlaskennassa vuonna 1890. Hollerithin yrityksestä syntyi 1911 sittemmin johtava tietokonevalmistaja IBM. Saksalainen *Konrad Zuse* yhdisti reikäkortteihin lukujen binaariesityksen 1934.

Menetelmiä käyrän ympäröimän pinta-alan mekaaniseksi määrittämiseksi, ts. mekaanisen integroinnin suorittamiseksi, alkoi syntyä 1810-luvulta alkaen. *Jacob Amslerin* 1854 konstruoima yksinkertainen *planimetri* oli kaupallinenkin menestys. Samankaltaisia, mutta mutkikkaampia instrumentteja, *harmonisia analysaattoreita* valmistettiin 1870-luvulta alkaen funktion Fourier-sarjan kertoimien mekaaniseksi määrittämiseksi.

Ensimmäisiä suurempia askelia nykyaikaisen tietokoneen suuntaan ovat *Vannevar Bushin* (1890–1974) Massachusetts Institute of Technologyssa vuodesta 1925 alkaen rakentamat sähkömekaaniset analogialaskimet. Babbagen ideoita seurasi lähemmin *Howard Aikenin* (1900–73) vuonna 1939 Harvardissa IBM:n tuella aloittama *MARK I* -niminen sähkömagneettisilla menetelmillä toimiva laskukone, joka valmistui 1944 ja palveli Yhdysvaltain laivastoa. Jo ennen toista maailmansotaa oli myös Konrad Zuse rakentanut reletoisia ja lukujen binaarimuotoiseen esitykseen perustuvia laskukoneita; sota esti häntä toteuttamasta suunnitelmiaan releiden korvaamisesta elektroniputkilla.

Ensimmäinen puhtaasti elektronisesti toimiva laskukone oli Pennsylvanian

yliopiston ja Yhdysvaltain armeijan *ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer)*, joka valmistui 1945. Se oli tarkoitettu tykistön ampumataulujen laskemiseen. Koneen suunnittelivat *John Mauchley* ja *J. Presper Eckert*, se sisälsi 18 000 elektroniputkea ja painoi 30 tonnia. Jo pari vuotta aikaisemmin oli Englannissa konstruoitu nimenomaan salakirjoitusten selvittämiseen tarkoitettu elektroniputkia käyttävä kone, *Colossus*.

Vuonna 1945 John von Neumann esitti nykyaikaisen tietokoneen perusperiaatteen: koneen tarvitsemat toimintaohjeet voidaan tallettaa koneen muistiin samalla tavoin kuin sen käsiteltävät luvut tai muut tiedot. Ensimmäiset von Neumannin periaatetta soveltavat koneet olivat *EDVAC* ja *EDSAC*; ne rakennettiin 1947 Princetonissa ja Cambridgessä (Mass.). Ensimmäinen varsinainen kaupallinen tietokone, ENIACin rakentajien suunnittelema *UNIVAC*, tuli käyttöön 1951. Transistorit tekivät noin vuodesta 1954 alkaen mahdolliseksi tietokoneiden rakentamisen pienikokoisemmiksi ja luotettavammiksi.

18.3 Matematiikka ja tietokoneet

Jo ennen tietokonetekniikan realisoitumista englantilainen matemaatikko *Alan M. Turing* (1912–54) esitti yleisen teoreettisen mallin universaalilaskukoneelle, joka periaatteessa voi ratkaista kaikki laskennallisesti ratkaistavat tehtävät. *Turingin kone* muodostuu äärettömästä nauhasta, jonka ruutuihin voidaan kirjoittaa ja jota voidaan siirtää eteen- ja taaksepäin kulloinkin tarkasteltavana olevan ruudun sisällöstä riippuen. Turingin ideaalikone ja amerikkalaisen loogikon *Emil Postin* tutkimukset ovat olleet alkuna matemaattiselle *automaattien teorialle*.

Toisen maailmansodan aikana Turingin panos saksalaisten salakirjoitusten, erityisesti ns. Enigma-koneella tuotetun koodin, avaamisessa oli merkittävä. Välittömästi sodan jälkeen Turingilla oli keskeinen asema englantilaisessa ACE-tietokoneprojektissa, jonka suunnitelmat olivat jopa edellä samanaikaisista amerikkalaisista.

Vanhoista matematiikan aloista tietokoneet ovat ilmeisesti eniten hyödyttäneet numeeristen menetelmien teoriaa ja käyttöä. Olennaisesti kasvaneet laskentamahdollisuudet ovat luonnollisesti olleet eduksi monilla matematiikan aloilla, lukuteoriaa myöten. Melkoista huomiota herätti noin sata vuotta matematiikkoja ja maallikoita askarruttaneen *neliväriongelman* ratkaisu tietokoneella vuonna 1977: monia yksittäistapauksia läpikäynyt tietokonealgoritmi pystyi todistamaan, että jokainen yhdesti yhtenäisiä maa-alueita kuvaava kartta voidaan värittää enintään neljällä värillä niin, että rajanaapurit ovat aina erivärisiä. Tietokoneiden tarjoamat mahdollisuudet kokeilla ja visualisoida ovat antaneet aiheen olettaa, että matemaatikon työtavat ovat muuttumassa, että perinteisen todistamisen rooli jäisi vähäisemmäksi, kun paljon voidaan ”nähdä suoraan” tai kun hypoteesien tueksi voidaan esittää musertavan vakuuttavia numeerisia todisteita. On kuitenkin ennen aikaista arvioida tietokoneiden lopullista merkitystä matematiikan teorianmuodostukselle ja yleisille metodeille.