



## Opetusta, tutkimusta ja APLACin kehittämistä

**Teoreettisen sähkötekniikan laboratorio yllättää. Siitä olisi voinut tulla juuri se laboratorio, joka tyytyisi vain opettamaan Maxwellin yhtälöiden pohjalta sähkötekniikan perusteita uusille opiskelijoille, sukupolvesta ja vuosisadasta toiseen. Mutta ei.**

**Professori Martti Valtonen mullisti perinteisen laboratorion täysin.**

**Jos ennen hänen aikaansa opiskellut insinööri menee tänään laboratorioon, hän hämmästyttävästi mukana tekniikan kehityksen kärjessä ja kehittää suunnittelijoille huippuluokan ohjelmistotyökaluja, joilla voi nopeaan tahtiin suunnitella tarkoin vaatimukset täyttäviä laitteita ja järjestelmiä – ilman prototyyppikierroksia.**

Professuurit muovautuvat aina vahvasti haltijoidensa mukaan, mutta professori **Martti Valtonen** on kyllä mullistanut perinteisen professuurin täysin.

Muistan yhä viran edellisen haltijan jäähyväisluennon. Professori **Erkki Voipio** totesi aluksi, että Maxwellin yhtälöiden sanotaan olevan koko sähkötekniikka pätkinänkuoressa. Silloin, oltuaan jo puoli vuotta eläkkeellä, hän oli ehtinyt tutkia asiaa tarkemmin. Niinpä hän koki taskustaan pätkinän ja rikkoi sen. Sisällä oli kokoontaiteltu piirtoheitinkalvo, jolla nämä kuulut yhtälöt olivat.

Ja näistä yhtälöistä, joiden ympärillä hänen elämäntyönsä opettajan roolissa oli pyörinyt, hän piti koko esitelmänsä kertoen miten oli muokannut niiden sisältöä perusopiskelijoille sopivaan muotoon.

Tuolloin saattoi kuvitella, että nuoreen suomalaiseen yliopistoon on muodostumassa perinteikäs laboratorio, joka sitten vuosisadasta toiseen kertoo Maxwellin teorioiden ilosanoman aina vain uusille ja taas uusille opiskelijasukupolville.

Mutta nyt – tosin jo vuosituhatvuotisenkin vaihduttua – puhtaasta opetuslaboratoriosta on kehittynyt moderni tutkimuslaboratorio, joka tunnetaan parhaiten mainion Aplac-ohjelmiston kehittäjänä. Tutkimusta tehdään nyt esimerkiksi mikropiirien, neuroverkkojen ja mikromekaanisten RF-MEMS-järjestelmien parissa. (RF-MEMS = Radio-Frequency MicroElectroMechanical Systems.)

### Vaikutteita Radiolaboratoriosta

Oli toki oletettavissa, että laboratorion suunta muuttuisi, kun Valtonen astui virkaansa vuonna 1982. Voipio oli voimatekniikan miehiä ja työskenteli osa-aikaisesti IVO:ssa, mutta Valtonen on Radiolaboratorion kasvatteja. Ja suuritaajuudessa radiotekniikassa monet asiat joudutaan ajattelemaan kovin toisella tavalla.

Mutta todellisen mullistuksen aiheutti Aplac-niminen tietokoneohjelmisto, jota Valtonen oli harrastuksenaan kirjoittanut oppilaidensa iloksi ollessaan Radio-

laboratoriossa professori **Veikko Porran** assistenttina tietokoneavusteisen piirisuunnittelun kurssissa.

Laskuharjoitusten elävöittämiseksi laadittiin APLAC (Analysis Program for Linear Active Circuits) ratkoi mielivaltaisista lineaarisista komponenteista koottuja piirejä. Radiolaboratorion maailmassa tietysti myös siirtojohto oli yksi komponentti – ja resistanssi saattoi olla imaginääristäkin.

Ohjelma oli kovasti opiskelijoiden mieleen, ja Valtonen kehitti ohjelmistoa innolla eteenpäin. Pian ohjelmisto tarjosi jo varsin monipuoliset suunnittelumahdollisuudet, jotka kattoivat sekä lineaaristen että epälineaaristen piirien taajuus- ja aika-alueanalyysin, herkkyysanalyysin ja Monte Carlo -analyysin. Selvisi, että ohjelmistolla oli potentiaalia paljon muuhunkin kuin oppilaiden 'leikkikaluksi'. Kehityksessään se muovautui myös vaativan radiotekniikan tutkimuksen työvälineeksi.

### **Harrastus vei miehen mukanaan**

Kun Valtonen oli 70-luvun lopussa tutkijana Twenten yliopistossa Hollannissa suunnittelemassa laajakaistaista kenttätransistorivahvistinta, hänellä oli käytössään HP:n piirianalysaattori, jota ohjaasi juuri julkaistu pöytä tietokone, joka oli jonkinmoinen nyky mikrojen edeltäjä.

Tuolloin Valtonen kirjoitti koko Aplac-ohjelmiston uudelleen ja oivalsi, että jonakin päivänä sähköinsinöörit voisivat suunnitella piirejä omilla henkilökohtaisilla tietokoneillaan sekä suorittaa mittaukset tämän saman tietokoneen ohjaamana ja – mikä parasta – käyttää simuloinnissaan mittaustuloksiin perustuvia malleja.

”Ovi oli aukeamassa uuteen ja kiehtovaan maailmaan. Aplacin tarjoamat huikeat mahdollisuudet imaisivat minut mukaansa ja harrastuksesta muodostui vähitellen työni keskipiste”, Valtonen muistelee.

Pikkuhiljaa Aplac-ohjelmaa kohtaan alkoi viritä jo laajempaakin kiinnostusta, ja Valtonen jakeli sitä ilmaiseksi kaikille kiinnostuneille. Sitten ohjelmisto tuli tunnetuksi erityisesti laboratorion omien



**Martti Valtonen**

Internetsivujen kautta: jo heti 90-luvun puolivälin jälkeen Aplacin www-sivujen laskuri oli kirjannut jo yli miljoona käyntiä!

Varsin ratkaisevaa niin Aplacin kuin koko Teoreettisen sähkötekniikan laboratorion kehityksen kannalta oli se, että jo 80-luvun puolivälissä siitä kiinnostui Mobira, joka oli yksi nykyisen Nokian merkittävä juuri. Sen jalasmökeissä Salossa puursi suuri joukko nuoria, innostuneita ja ennakkoluulottomia piirisuunnittelijoita.

Sitten Mobirasta tuli Nokia Mobile Phones ja Nokia tilasi laboratoriolta uuden version Aplacista – hyvin nimellistä korvausta vastaan – lähinnä vain nähdäkseen, olisiko Aplacissa ainesta todella vakavan suunnittelutyön välineeksi. Tällöin Aplaciin tuli mukaan massatuotantona tuotettavien tuotteiden suunnittelussa olennaisia tilastollisia analyysejä, joilla voidaan arvioida esimerkiksi komponenttiarvojen hajonnan vaikutusta tuotteen ominaisuuksiin.

Aika oli kypsä siirtyä yhden miehen harrastusprojektista ammattimaiseen tiimityöhön ja samalla Aplacin ympärille alkoi verkostua laajaa kotimaista ja kansainvälistä yhteistyötä.

”Innostunut ja erittäin lahjakas tutkimusryhmämme kehitti Aplaciin uusia, teollisuudelle tarpeellisia ja oleellisia ominai-

suuksia, joiden kehittäminen oli korkeakoulussa haastavaa. Laboratoriomme oli ihanteellisessa tilanteessa: ratkaistavana oli ongelmia, jotka olivat sekä oleellisia että riittävän vaikeita – ja rahoituskin oli olemassa. Samalla toteutui yksi tutkijan unelma saada tutkimustyön tulokset tiedeyhteisön ja teollisuuden käyttöön”, Valtonen muistelee.

Tulokset olivat jopa hämmästyttävän hyviä ja niinpä Nokian Tutkimuskeskus teki laboratorion kanssa kunnan tutkimussopimuksen vuonna 1988. Vähitellen Aplacista tuli laboratoriolle keskeinen rahoituslähde, joka piti sen hengissä myös lamavuosien yli.

Ohjelmiston kehittämisen painopisteiksi muodostuivat matkapuhelimien RF-osien suunnitteluun liittyvät jatkuvan tilan analyysimenetelmät, erilaiset optimointimenetelmät sekä sarjatuotannon saannon simulointi ja maksimointi.

### **Nokian tärkeä menestystekijä**

Vuosien myötä Aplacista tuli Nokian puhelimien suurtaajuuden elektroniikan suunnittelun tärkein työkalu. Niinpä sitten erään Tekesin tutkimusprojektin kansainvälinen asiantuntijaraati arvioi, että Nokian yksi keskeinen menestystekijä oli ollut juuri Aplac-ohjelmisto – ja totesi samalla, että oli melkoinen riski, että ison yhtiön tärkeän kilpailuvälineen kehitystyö oli pienen yliopistolaboratorion käsissä.

Tämän varoituksen herättämänä tehtiin Sitran ja Tekesin rahoittamana kaupallistamistutkimus, jossa punnittiin Aplacin mahdollisuuksia kaupallisena tuotteena. Koska arviot olivat erittäin rohkaisevia, perustettiin Aplac Solutions, joka tänään vastaa Aplacin kehittämisestä ja ylläpidosta (www.aplac.com).

Yrityksen perustaminen ei kuitenkaan vapauttanut Teoreettisen sähkötekniikan laboratoriota ohjelmiston kehitystyöstä, vaan siitä tuli ohjelmistokehityksen tärkein alihankkija. Samalla Valtonen joutui tavallaan hieman hankalaan rooliin ja hän jättäytyi täysin yrityksen päätöksenteon ulkopuolelle.



Tänä päivänä Aplac ja sen kehitystyö on eräänlainen sateenvarjo, jonka katve kattaa koko laboratorion toiminnan. Aplac on laboratoriolle tärkeä tutkimusväline, mutta toisaalta myös kaikki laboratorion tutkimustyön tulokset pyritään implementoimaan nopeasti myös tähän ohjelmistoon – ja laajojen suunnittelijapiirien hyödynnettäväksi.

## Korkealuokkainen opetuslaboratorio

### Kursseilla yli 1000 opiskelijaa vuodessa!

Teoreettisen sähkötekniikan laboratorio on muodonmuutoksestaan huolimatta yhä hyvin vahvasti opetuslaboratorio.

”Koska me olemme se laboratorio, joka ottaa vastaan uudet opiskelijat, opetusta ei voi hoitaa ikäänkuin vasemmalla kädellä”, Valtonen painottaa.

”Ensimmäisinä vuosina minulla ei ollut käytännöllisesti katsoen aikaa juuri muuhun kuin opetukseen. Opetin itse kahta piirianalyysin ja kahta sähkömagneetiikan kurssia, jotka olivat pakollisia osaston kaikille opiskelijoille. Onneksi sitten varsin pian perustettiin Sähkömagneetiikan laboratorio (*Sisäpiiri 2003, ss. 5–13*), joka otti vastuulleen sähkömagneetiikan kurssien opetuksen, ja me pystyimme keskittymään puhtaasti piiriteoriaan.”

Tämän jälkeen laboratorion nimen olisi voinut muuttaa Piiriteorian laboratorioksi, mutta koska osastolla oli jo Piiriteknikan laboratorio, niin sekaannusten välttämiseksi suomenkielistä nimeä ei muutettu – vaikka englannin kielellä nimi onkin the Circuit Theory Laboratory.

Ja koska nyt jo poukkoilimme englanninkielelle, niin poimitaanpa samalla Valtosen nettisivulta hänen oma kuvauksensa itsestään: „I hate bureaucracy—a word which is as difficult to spell as to pronounce—and its tendency to kill all enthusiasm, creativity, and productivity, and to make all your efforts as difficult as possible.”



**Timo Veijola**

Tekniikan tohtori **Timo Veijola** on kansainvälisesti tunnettu uranuurtaja MEMS-tekniikan mallintamisessa sähköisillä ekvivalenttipiireillä. Hän on myös luonut Aplaciin MEMS-mallikirjaston.

### Kalvosulkeisilla TTK:n vuoden opettajaksi

Laboratorion vakavasta suhtautumisesta opetukseen kielii sekin, että sen opetuksesta on annettu vuosien mittaan useita tunnustuksia. Näistä merkittävin on ehkä ollut se, että Valtonen valittiin vuonna 2000 TTK:n vuoden opettajaksi. Ennen tätä palkitsemista hän kävi kuitenkin läpi melkoiset kalvosulkeiset.

Kun osasto aloitti 90-luvun puolivälissä järjestelmällisen kurssinarvioinnin, jossa oppilaat antavat arvosanat niin luennoitsijalle, assistentille kuin oppimateriaalillekin, ensimmäinen kurssinarviointi oli täysi shokki Valtoselle.

Korkeakouluun saapunut tietokonesukupolvi tyrmäsi täysin hänen ennen kiitellyt piirtoheitinkalvonsa. Ne oli kyhätty käsin ja niissä oli laatimispäivä, josta oppilaat mielsivät materiaalin jo vanhentuneeksi!



**Janne Roos**

Tekniikan tohtori **Janne Roos** vetää Aplaciin liittyviä TEKES-projekteja ja on mukana koordinoimassa kansainvälistä simulaattoriyhteistyötä. Hän on myös laboratorion neuroverkkojen asiantuntija.

Aluksi Valtonen piti arviota jopa epäoikeudenmukaisena, mutta aikansa nieleskelyään hän päätti ottaa haasteen vastaan ja uusia peruskurssien koko kurssimateriaalin seuraavan vuoden aikana. Nyt hän teki kalvot tietokoneella ja jätti päivämäärät pois. Mutta työmäärä yllätti.

”Valmistelu-aika tunnin luentoön venyi noin 20 tuntiin. Vaikka viikossa ei ollut kuin kaksi tuntia luentoja, vauhdissa oli vaikea pysyä mukana – olihan opetus vain yksi osa toimenkuvaani”, Valtonen muistelee.

”Jouduin miettimään monet asiat uudelleen, karsimaan materiaalia, järjestämään sitä uudella tavalla ja selkeyttämään sitä. Perusasioiden pureksiminen mahdollisimman selkeään muotoon vaatii aikaa ja työtä. Mutta opiskelun alkuvaiheessa, missä rakennetaan perusta koko tulevalle opiskelulle, opettavien asioiden on oltava loppuun asti mietittyjä.”



**Jarmo Virtanen**

Diplomi-insinööri **Jarmo Virtanen** on vertaansa vailla oleva Aplac-guru, jolle mikään laajan Aplac-ohjelmiston lähdekoodin 600.000 rivistä ei jää aukeamatta.

Seuraavassa arvioinnissa suurin osa opiskelijoista antoi kalvoille parhaan arvosanan.

### **Yhä vaativampia opiskelijoita**

Valtonen on havainnut, että yleisestikin on niin, että jos jotakin kurssia opettaa samalla tavalla ja samoin opetusmateriaalein vuodesta toiseen, niin palaute huononee vuosi vuodelta varsin nopeasti.

”Uudet opiskelijat ovat yhä tottuneempia näkemään isolla rahalla tuotettuja upeita animaatioita. Niiden rinnalla paraskin teoreettisen sähkötekniikan oppikirja on mielettömän vaikeaselkoinen ja työläs luettava”, Valtonen päättelee.

”Mutta minulla on ollut onni saada tänne taitavia ihmisiä, joista monet ovat äärimmäisen innostuneita opetuksesta. Vaikka he ovat tutkijoita, he haluavat



**Kimmo Silvonen**

Tekniikan tohtori **Kimmo Silvonen** on kansainvälisesti tunnettu RF-piirianalysoijan kalibrointimenetelmistään ja kotimaassa maineikas opettaja, oppikirjojen kirjoittaja ja perhoustoukkien asiantuntija.

panostaa kunnolla opetukseen ja oppimateriaaleihin”, hän kiittelee.

Suurista oppilasmääristäkin huolimatta laboratorion kurssit ovat viime vuosina pärjänneet mainiosti osaston kurssinarvioinneissa: 20 parhaan kurssin joukossa on ollut tyypillisesti viisi omaa kurssia, useita aivan kärkisijoilla ja usein joku ykkösenä.

Yhtenä keinona jopa 500 opiskelijan massakurssien opetuksen kehittämisessä on käytetty kurssityöryhmiä, jotka kokoontuvat muutaman viikoin välein pienellä porukalla miettimään, mikä kurssissa mahdollisesti mättää, mikä on vaikeata ja mitä voisi tehdä toisin.

”Näiden opiskelijoiden edustajien välityksellä saan paremman tuntuman suuren luentosalin ‘kasvottomaan massaan’ – ja kun menen sinne eteen puhumaan, niin tulee tunne, että minähän tunnen nämä ihmiset ja tiedän mitä he ajattelevat”,

kuvailee Valtonen, jonka mielestä suora kontakti opiskelijoihin lisää aina opettajan omaa motivaatiota ja vaikuttaa myös seuraavien luentojen painotuksiin.

### **Ongelmalähtöisiä oppimisryhmiä**

Laboratoriossa on käytetty myös hyvin mielenkiintoista vaihtoehtoista opetusmenetelmää, jonka ideana on oppia ratkomaalla käytännön piirisuunnittelun ongelmia – kokonaan ilman luentoja!

Massakurssien luentojen rinnalla työskentelee kolme enintään kahdeksanhenkistä ryhmää, joille ei anneta lainkaan luentoja, vaan oppimiseen ohjaavia virikkeitä. Ryhmän tehtävänä voi olla esimerkiksi jonkin kotistereoihin liittyvän laitteen suunnittelu.

Ryhmät kokoontuvat kaksi kertaa viikossa kahden tunnin ajaksi pohdiskelemaan ja keskustelemaan yhdessä ratkotavista ongelmista. Väliaikoina jäsenet keräävät tehtävässä tarvittavaa tietoa mistä vain haluavat. Ryhmässä mukana oleva opettaja korkeintaan ohjailee keskustelua oikeisiin uumiin.

Kun viime vuosina osa osaston uusista opiskelijoista on ohjattu suoraan ns. tohtoriputkiin, joiden opiskelijat orientoituvat jo aivan alusta asti tohtoritutkinnon suorittamiseen, on vaihtoehtoiseen opetukseen pyritty ottamaan juuri näitä opiskelijoita, joiden toivotaan olevan keskimääräistä lahjakkaampia ja pystyvän paremmin hyödyntämään tällaisen opiskelun.

### **Perusteorioistahan kaikki yhä lähtee**

”Minulla on tapana painottaa perusasioihin paneutumisen tärkeyttä”, Valtonen toteaa. ”Tekniikka kehittyy hurjan nopeasti, teknologiat vaihtuvat hirtittävästi vauhtia ja nippelitietoutta tulee aivan tolkkottomasti. Jos opiskelija opiskelee kuusi–seitsemän vuotta juuri tämänhetkisiä teknologioita, niin nehän kaikkoavat pois alta juuri kun hän valmistuu.”

”Siksi keskeistä on juuri perusasioihin paneutuminen, joka luo vahvan perustan,

jonka päälle voi rakentaa osaamisensa. Sitten on helppo oppia lisää sitä myöden kun uusia asioita putkahtaa.”

”Mutta perusasioiden oppiminen on vaikeata, ei siitä pääse mihinkään”, Valtonen pohtii. ”Ei oppimista auta viihdyttäminen. Oppimisen voi kyllä tehdä hauskaksi, mutta sehän ei tarkoita sitä, että sen jälkeen oppisi enää mitään”, hän filosofoi.

## Haasteita ja jatkuvaa kehitystyötä riittää

Aplac on ohjelmisto, joka ei koskaan ’valmistune lopullisesti’. Uusia haasteita satelee, kun ohjelmisto levittäytyy aina vain uusille sovellus- ja teknologia-alueille. Samalla työsarkaa riittää myös nykyisen ohjelmiston loputtomassa viilailussa.

Kaikkiaan ohjelmisto on jo niin laaja ja monipuolinen, että en edes yritä luoda kattavaa kokonaiskuvaa sen ominaisuuksista tai sovellusalueista. Olen kuitenkin koonnut tähän joitakin hajanaisia huomioita itse ohjelmistosta ja sen tarjomista eduista, samoin kuin ajankohtaisista sovelluskohteista, kehitystyön haasteista sekä alueista, joilla tutkimustyötä viedään eteenpäin.

Yksi Aplacin keskeinen kehitysfoorumi on Tekesin ELMO-ohjelman alla käynnistynyt MOSAICS-projekti.

## Simuloi samaan aikaan piirit ja systeemit

Aplacin menestys on jatkunut jo yli 30 vuoden ajan ja se on yhä monessa asiassa pari askelta kilpailijoitaan edellä. Ohjelmiston keskeiset menestystekijät ovat olleet ohjelmiston suuri joustavuus sekä olio-ohjelmointitekniikka. Aplac täyttää myös hyvin piirisuunnitteluohjelmistoston perusvaatimukset: piiri- ja komponenttimallit kuvaavat todellisuutta riittävän tarkasti ja sde tarjoaa käyttöön tehokkaat simulointi- ja optimointimenetelmät.

Tänään keskeisiä kilpailuetuja ovat myös ohjelmiston laajuus ja kattavuus

sekä erityisesti se, että sillä voi samanaikaisesti tehdä sekä piiri- että systeemitason simulointia. Näitä piiriteitä arvostavat kovasti ainakin laajojen, useista toiminnallisista lohkoista koostuvien järjestelmien suunnittelijat. He voivat esimerkiksi muutella jonkin lohkon sisällä olevan yksittäisen piirin yksittäisen komponentin arvoa – ja näkevät heti, miten muutos vaikuttaa vaikkapa jonkin koko järjestelmän läpi kulkevan signaalin spektriin, vahvistukseen ja säröarvoihin.

## Ihanan ja kirotn joustava ohjelmisto

Valtosen näkemys siitä, että insinööriin pitää hallita hyvin tärkeät perusasiat, heijastuu myös Aplac-ohjelmistoon. Sitä kehitettäessä on lähdetty selkeästi siitä, että suunnittelija osaa yhä ammattinsa. Ohjelmisto antaa laajat vapaudet tehdä mitä ikinä haluat – jolloin myös lopullinen vastuu lopputuloksista jää itsellesi.

Aplacin hienoin erityispiirre on joustavuus. Mikä hyvänsä asia voi olla minkä hyvänsä asian funktio. Ja mitä hyvänsä asiaa voi optimoida minkä hyvänsä asian funktiona. Nämä ominaisuudet avaavat osaavalle suunnittelijalle taivaat. Taitavissa käsissä Aplac on huiman tehokas työkalu.

Mutta toisaalta, standarditehtävässä suunnaton joustavuus voi olla kirouskin. Ainakin joustavuutta kiroavat Aplac-ohjelmiston suunnittelijat. Jos mitä hyvänsä asiaa voi suunnitella ja optimoida minkä hyvänsä muun asian funktiona, algoritmitasolla pitää varautua siihen, että mikä hyvänsä asia voi koska hyvänsä muuttua. Kyllä siinä ohjelmiston vauhti hyytyy.

On ollut pakko kehittää mekanismeja, jotka havainnoivat, muuttuuko jokin asia oikeasti vai ei. Jos muuttuja ei muutukaan, sitä käsitellään vakiona. Näin muistinkulutus laskee ja algoritmit nopeutuvat rutiiniksi. Ja monesti pienikin nopeutus tai muistin säästö voi olla aivan ratkaiseva käytännön suunnittelutyössä. Näin on esimerkiksi silloin, kun on kyse siitä, mahtuuko jokin ohjelmiston moduuli pyörimään suoraan koneen keskusmuistissa.



## TST korjauksissa valinnassa te

Teoreettisen sähkötekniikan laboratorion historia juontaa aina vuoteen 1922, jolloin perustettiin ’teoreettisen sähkötekniikan ynnä radiotekniikan’ professuuri. Tämän professuurin opetusala jaettiin vuonna 1955 kahtia, jolloin syntyi teoreettisen sähkötekniikan professuuri ja radiotekniikan professuuri.

Takavuosina teoreettisen sähkötekniikan TST-kursseilla oli pelottava maine, jota pönkittivät lukuisat niiden opiskeluun liittyneet erikoispiirteet.

Jotkut lukijat muistanevat, kuinka TST:n assistentti Antti J. Pesonen neuvoi harjoituksissa tuskastunutta opiskelijaa: ”Menisit vaan sinäkin Yliopistoon lukemaan estetiikkaa!” Ja vielä useammat muistavat, kuinka Pekka Sinivaara otti aina turhat luulot pois jo heti ensimmäisen laskuharjoituksen alussa tokaisemalla: ”Tämä on muuten se kurssi, joka korjaa valintakokeisiin perustuvassa oppilasvalinnassa tehdyt virheet.”





## si oppilas- ehdyt virheet

Ja kun lopulta pääsi tenttiin, saattoi Voipion kovakätinen arvostelu yllättää pahan kerran. Vaikka kyse oli teoreettisista kursseista, Voipio rakasti tenttitehtäviä, joissa joutui laskemaan valtavasti ja tietenkin hyvin hankalilla luvuilla. Laskutikkujen aikaan tenttialissa kävikin melkoinen suhina. Mutta entäpä kun teit muuten täysin oikeassa ratkaisussa pienen virheen 'ynnä-ja-siitä-pois-laskussa' tai pilkun paikka hieman lisahti, niin Voipio kirjoitti armotta pisteiksi kauniilla käsialallaan ympyräisen nollan.

Oppilasdelegaatiot ja opintoneuvojat kävivät lukuisia kertoja keskustelemassa Voipion kanssa aiheesta, mutta turhaan. Tiukka perustelu kuului: "Jos silta romahtaa, on aivan sama, tekikö suunnittelusininööri virheen teoriassa tai laskuissa."

Nyrkkisääntönä olikin, että jos onnistui selvittämään pakolliset TST:n kurssit, niin sen jälkeen valmistuminen oli enää vain ja ainoastaan ajasta kiinni. ■

Kun tietokoneet ovat kaiken aikaa nopeutuneet ja laskentatehon hinta on laskenut, monella alalla on huokaistu helpotuksesta, kun ohjelmia ei tarvitse enää tunkea koneisiin kenkälusikalla eikä algoritmeja tarvitse viilailla loputtomiin.

Mutta Aplacin kehittäjien tilanne ei ole helpottunut, pikemminkin päinvastoin.

"Niin, olihan yhteen aikaan sellainen naiivi ajatus, että tietokoneiden muistien ja kelloaajuuksien kasvaminen toisi niin paljon lisää vauhtia, ettei enää tarvitsi kantaa niin paljon huolta siitä, ovatko algoritmit riittävän nopeita tai tuhlako jokin menetelmä muistia. Mutta pian karu totuus paljastui", Valtonen huokaa.

Piirit, joita Aplacilla simuloidaan ja suunnitellaan, kasvavat vielä nopeammin kuin kelloaajuuksien ja muistien kasvunopeus sallisi. Siksi ohjelmiston kehittämisen päätaisteluaireena on yhä edelleen nopeiden ja muistia säästävien menetelmien kehittäminen.

## Interconnect-simulointia ja mallireduosointia

Kun pakkaustiheydet kasvavat ja piirit nopeutuvat, käy myös niin, että komponenttien todelliset sähköiset ominaisuudet ajautuvat yhä kauemmaksi niiden ideaalisista malleista. Esimerkiksi piirilevyllä olevan koteloidun mikropiirin jalat eivät enää näy piireille ideaalisena johtimina, vaan 'interconnecteina', liittyminä, jotka aiheuttavat ylikuulumista, signaalien väristymistä ja muita ei-toivottuja ilmiöitä.

Jotta pystytään laskemaan, miten piirikokonaisuus todella toimii, nämä liittymät on mallinnettava käyttäen apuna ideaalisia resistansseja, kapasitansseja, induktansseja ja keskinäisinduktansseja.

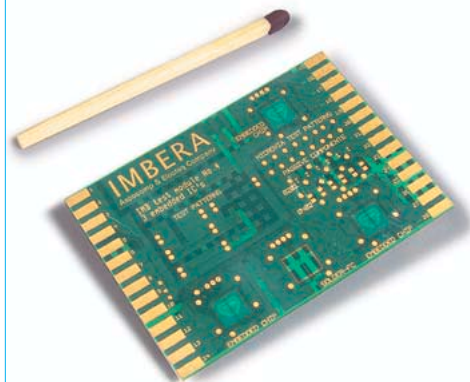
## Mallireduosointia neuroverkoilla

Mutta kun mallinnetaan laajoja piirikokonaisuuksia, joissa isot epälineaariset piirit kytkeytyvät toisiinsa tällaisilla epäideaalisilla johtimilla, päädytään niin isoihin malleihin, että laskeminen ei ole enää käytännössä mahdollista. On pakko kehit-

tää menetelmiä, joilla isot mallit korvataan paljon pienemmällä, jotka kuitenkin kuvaavat toiminnan riittävän tarkasti.

Mainio nykyajan väline monimutkaisten mallien yksinkertaistamiseen eli redusointiin on neuroverkko. Laboratorion ei kuitenkaan tarvitse paneutua neuroverkkojen teorioihin tuskallisen syvällisesti; niitä hyödynnetään 'mustina laatikoina', jotka hoitavat hyvin tehtävänsä ja korvaavat isot epälineaariset piirit ja niiden välillä olevat valtavat määrät liittymiä lineaarisilla ekvivalenttipiireillä, jotka mallintavat kokonaistilanteen sopivan tarkasti.

Neuroverkkogeneraattori, jolla voidaan mallintaa esimerkiksi RF- ja mikroaaltokomponentteja neuroverkolla, on löytänyt tiensä myös Aplaciin.



## Komponentteja piirilevyjen sisään

Uusia mielenkiintoisia haasteita mallintajille tuovat ne nopeasti kehittyvät tekniikat, joilla sekä aktiivisia että passiivisia komponentteja liitetään suoraan itse piirilevyn sisään – ilman juotoksia. Tällä alueella laboratorion on yhteistyötä kahden Innpolissa toimivan yrityksen, Asperation'in ([www.asperation.com](http://www.asperation.com)) sekä Imbera Electronics'in ([www.imbera.biz](http://www.imbera.biz)) kanssa. Nämä molempien yritykset ovat puoliksi Aspocompin omistamia. Toisena osapuolena edellisessä on Perlos ja jälkimmäisessä Elcoteq Network.

Näiden yritysten tuotteet tarjoavat huikeita näkymiä esimerkiksi pienten kannettavien elektroniikkatuotteiden valmistajille.

## Samalla myös mekaniikan simulointia

Tarkoin ajan hermolla oleva Aplac-sovel-lusalue on mikromekaanisiin rakenteisiin liittyvä MEMS-simulointi (MicroElectro-Mechanical Systems), jonka kehitystyö lähti alkujaan liikkeelle yhteistyönä Vaisa-lan kiihtyvyyssantureiden suunnittelijoiden kanssa. Yhteistyö jatkuu edelleen, mutta Vaisalasta eriytyneen yhteistyökumppanin nimi on omistajavaihdosten myötä vaihtu-nut VTI Hamlinin kautta nykyiseen muo-toonsa VTI Technologies.

Niinkuin monella muullakin Aplacin so-vellusalueella, kehitys on kulkenut reittiä 'orastavasta ihmettelystä valmiiksi ohjel-mistokirjastoksi'. Vaikka kiihtyvyyssanturei-den suunnittelu on varsin kapea erikois-ala, ensisijaisesti sitä varten tehdyistä malleista on voitu kehittää yleiskäyttöön sopiva kokonainen mikromekaanisen suunnittelun ohjelmistokirjasto, joka sopii periaatteessa minkä hyvänsä mikromeka-niikan suunnitteluun.

Nimenomaan anturien mallinnuksen yhteydessä syntynyt laboratorion erikois-osaamisen alue on ns. harvan kaasun mallinnukseen kehitetyt laskentamenetel-mät.

### Tule ja katso! RF-MEMS

MEMS-tekniikkaa hyödyntämällä voidaan toteuttaa myös esimerkiksi uudenlaisia komponentteja, joiden toiminta perustuu äänen etenemiseen mikromekaanisissa rakenteissa.

Erytisen ajankohtainen alue on radio-taajuuksien RF-piirien (RF, Radio-Frequency) suunnitteluun liittyvien mikromekaanisten RF-MEMS -rakenteiden suunnittelu. Tätä aluetta kehitetään muun muassa Suomen Akatemian TULE-ohjelman (TULEvaisuuden Elek-troniikka) MIRA-projektissa (Mikro-mekaaninen RAdio), jossa pyritään kehit-tämään uusia ratkaisuja, joissa pitkälle integroitu radiovastaanotin pystytään val-mistamaan mahdollisimman paljon mikro-mekaniikkaa hyödyntäen. Kiva sanaleikki



muuten; TULE ja MIRA; espanjan kieles-sähän sanan mira merkityshän on katso.

Mikromekaanisen suunnittelun alueella Aplacin kantavana ideana on yhdistää sähköisten piirien simulointi ja mekaanisten rakenteiden simulointi samaan työka-luun. Vastaavanlaista integraatiota raken-netaan myös toisaalla, kun ohjelmistoon kehitetään malleja, joissa komponenttien toimintaa simuloidaan niihin liittyvien säh-kö- ja magneettikenttien laskennan kautta.

Kun sähkömagneettinen simulaattori ja piirisimulaattori integroidaan yhteen, osa ongelmasta kuvataan piirinä ja osa säh-kömagneettisena kolmiulotteisena kappalaena.

### "On kaksi, joita en vaihda - mallit ja menetelmät",

sanoo Valtonen ja jatkaa: "Hyvä piiri-simulaattori tarjoaa sekä tarkkoja malleja että tehokkaita analyysimenetelmiä. Jos mallit ovat hyviä mutta menetelmät huonoja, saadut tulokset eivät ehkä olekaan oikeita, koska esimerkiksi epälineaariset ratkaisumenetelmät saattavat epäonnistu-tua. Toisaalta jos menetelmät ovat hyviä mutta mallit huonoja, tuloksia saadaan kyllä nopeasti, mutta niillä ei ole mitään käyttöarvoa. Englanniksi asian voisi sanoa: garbage in – garbage out!"

"Aplac tarjoaa laajan kirjon erilaisia analyysimenetelmiä, epälineaaristen yht-

löryhmien ratkaisustrategioita sekä laajan valikoiman teollisuusstandardien mukaisia diodi- ja transistorimalleja, joiden käyttäytyminen luonnollisestikin muuttuu lämpötilan funktiona. Useimmat mallit ovat sillä tavalla 'itselämpiviä', että komponentin itse kuluttama teho yhdessä ympäristössä olevan lämpöverkon kanssa määrää sen kulloisenkin lämpötilan – ja sitä kautta sen käyttäytymisen."

"Aiemmin kuvattujen Aplacin ominai-suuksien ja tutkimuksen painopistealuiden ohella mainittakoon vielä ohjelmiston toiminnan nopeutukseen liittyvässä ikuisessa kilpajuoksussa hyväksikäytettävät uudet tekniikat: rinnakaistus ja säikeistys. Ongelmaa ratkaistaessa laskentatyö voidaan automaattisesti jakaa joko verkon kautta yhteen liitettyjen tietokoneiden tai saman koneen eri prosessorien kesken.

"Tutkimustyömme keskeisiä kohteita ovat myös nopea transientianalyysi ja jatkuvantilan aika-alueanalyysi, jotka ovat integroitujen RF-piirien suunnittelussa tärkeitä välineitä, joilla selvitetään modulointiin liittyviä ilmiöitä", Valtonen kertoo.

Kolmen vuosikymmenen aikana Aplac on kehittynyt pienestä opetustyökalusta massiiviseksi teollisuuden suunnittelutyökaluksi, joka nopean teknologiatehityksen ansiosta tarjoa yhä mielekkäitä haasteita mallien ja numeeristen menetelmien kehittäjille – ja paljon työsarkaa Teoreettisen sähkötekniikan laboratoriolle. ■

