

## VASTAB TARMO UUSTALU



**TARMO UUSTALU (1969)** on lõpetanud Tallinna Tehnikaülikooli automaatjuhtimise süsteemide ning samas magistrantuuri süsteemitehnika ja informaatika erialal 1992 magistrakraadiga. Töötas samal perioodil tehnika ja insenerina Küberneetika Instituudis ning õppis 1991. a vahetusüliõpilasena viis kuud Norra Tehnikaülikoolis Trondheimis. 1992–1998 õppis Stockholmis Kuningliku Tehnikaülikooli arvutiteaduse doktorantuuris ning töötas samas uurimisinsenerina ja 1998–1999 dotsendi kt-na. Sai 1995. a seal litsentsiaadi- ja 1998. a doktorikraadi. 1999. aastast töötab TTÜ Küberneetika Instituudi vanemteadurina. Aastail 2000–2002 oli järel doktorantuuris Minho Ülikoolis Bragas (Portugal).

● [tarmo@cs.ioc.ee](mailto:tarmo@cs.ioc.ee)

## ARVUTAMINE ON LOODUSTEADUS

### Mis ajendas Teid valima teadlase karjääri?

Ma ei tea, mis. See oli loomulik valik. Ma pole kunagi tahtnud saada kellekski muuks kui teadlaseks, ja nimelt matemaatikuks. Või ainult ehk heliloojaks-interpretiks. Ma olen muusikat õppinud ning muusikaelamused võivad minus teatud nostalgiat tekitada küll. Matemaatika ja muusika on üsna ühesugused: mõlemad on kooskõlapüüdlused, üritused edasi anda midagi, mida lõplikult saab ainult igatüki üksi ära tunda, ning millegi aukartust ja alandlikkust äratavalt suure ja tegeliku imetelu. Mõlemad on väga intuiitiivsed.

Kindlasti mõjutasid mu teadusliku maitse arengut Peeter Lorents ja Grigori Mints (praegu Stanfordini Ülikooli filosoofia-professor, USA), kellega puutusin kokku keskkooli ning ülikooli ajal Küberneetika Instituuti küllastades, aga mu valik oli tehtud ikka enne kohtumisi nendega.

### Kuidas olete rahul valitud eriala ja tegevusalaga?

Väga olen rahul. Arvutiteadus, või siis vähemalt seda sorti arvutiteadus, millega mina tegelen, on matemaatika ning seejuures parimat liiki matemaatika, mida võiks tahta. Kõik "puhtad" matemaatikud, kadestage! Arvutiteadus on tehniliselt väljakutsuv ehk raske, see on uus ehk suuresti veel tegemata, olles relevantne ehk oluline, kuna puutub sellisesse tegelikkusse, mis mulle korda läheb, ning mulle on ta kanaliks, mille kaudu saada aimu looduse taga seisvast Suurest Tarkusest. Ning loogika ja semantika seovad matemaatika veel keele fenomeniga, mis ka on suur müsteerium. Milline teadus saab olla huvitavam? Ma peaksin vist igaks juhuks ütleva, et "kordaminev tegelikkus" ei tähenda mulle tehnoloogilisi rakendusi. Ma olen üsna ükskõikne tehnoloogia suhtes ning päris sageli tahan, et oleksin sündinud paar sajandit tagasi. Ma ei suuda huvi tunda oma mobiiltelefoni võimaluste vastu ega õppida neid kasutama... Pean silmas hoopiski seda, et arvutiteaduse objektiks olev arvutamine on midagi, mis on looduslik, arvutamine on olemas meist sõltumatult. Meie pole ju arvutamist välja mõelnud, ta on meist vanem ja igavene... On mõneti juhus, et see 20. sajandi teisel poolel seoses tehnoloogia arenguga päevakorda tõusis. Matemaatika võib seose loodusega kaotada ka ning takerduda tegelema iseenda konstrueeritud struktuuridega, loobuda päikeseloojangutest tööstusmaastiku kasuks, teate küll. Selline matemaatika on halvemat liiki.

Mulle pööraselt meeldib mõte, et matemaatikas tuleb leida õiged definitsioonid. Teooria, mis kukub välja kohmakas ja keeruline valede definitsioonide tõttu, ei ole intellektuaalne saavutus, vaid alpus ja lugupidamatus looduse suhtes. Vastupidiselt populaarsele õpetusele ei ole matemaatika sugugi suvaline ja suunata konstrueerimine.

### Kirjeldage lühidalt, millega Te tegelete.

#### Miks see probleem Teid huvitab, miks on see oluline?

Minu valdkondadeks on loogika ja semantika. Need on moodsa programmikeelte teooria alustalad. Selleks, et programmikeeled oleksid käepärased nii programmeerijale kui ka arvutile, peavad nad olema väga läbimõeldult disainitud ning sobima etteantud tüüpi arvutuseeskirjade kirjapanekuks nii hästi kui võimalik. Semantika on õpetus tähendusest ehk siis sellest, kuidas kirjeldada mingi tegelikkuse assotsieerimist keelekonstruktsioonidega. Kui ühel programmikeelel on selge semantika-kirjeldus, on see hea alus näiteks kompilaatori ehitamiseks selle keelele. Siia kuuluvad kompilaatorites pruugitavad programmide analüüsid, optimiseerimised, tõlge riistvarale lähemasse keelde jne. Ent semantikal baseeruvad samuti ka vahendid programmide sügavamateks analüüsideks, nt funktsionaalse korrektsuse kindlakstegemine. Selliste analüüsides esitamiseks on omaette keeled, mida kutsutakse programmioloogikateks. Neilgi on oma semantika. Programmioloogikad on nagu universaalne matemaatiline loogika, aga spetsialiseeritud programme ja arvutusi puudutavate väidete esitamiseks. Programmikeelte teoreetikute üheks suureks eesmärgiks on programmioloogiate võimalikult efektiivne automatiseerimine selles ulatuses, kus see on põhimõtteliselt võimalik.

Semantika, mida mina teen, on sageli kategoorne. See tähendab, et programmidele omistatakse tähendusi kategooria-

teoreetiliste konstruktsioonide terminites. Kategooriateooria on liik üsna abstraktset matemaatikat, struktuuriteooria, kui soovite. Kategooriateooria rõhutab ühtsust matemaatikas ning toob välja, et matemaatika eri harudes kasutatakse igal pool samu konstruktsioone.

Kategoorne semantika on eriti paslik nn funktsionaalsete programmikeelte jaoks. Funktsionaalkeelte poolt kirjeldatav arvutamine on kõige matemaatikapärasem liik arvutamist – funktsioonide rehkendamine ning selle väga ettevaatlikud laiendused. See võib tunduda riistvarakauged ning teatud arenguaja olidki funktsionaalkeeled teoreetikute eksklusiivseks mängumaaks, kuid täna realiseeritakse moodsaid funktsionaalkeeli nagu Haskell ja Ocaml juba väga hästi ja pilt on sellega täiesti muutunud. Et funktsionaalkeeled kultiveerivad kergete modifitseeritavusele ja korduvkasutatavusele suunatud distsiplineeritud programmeerimisstiili ning et nende semantika on inspireeritud matemaatikast ja seetõttu eriti otse matemaatilisele arutelule allutatav, siis on nad väga perspektiivikad.

### **Te läbisite doktorantuuri ja täiendasite end välismaal. Kus, kui kaua? Kuidas Te sattusite välismaale? Millise kogemuse saite välismaal õppimise/täiendamise ajal?**

Minu esimene kokkupuude teadusetegemisega välismaal oli diplomioepingute neljanda aasta järel suvel, kui kirjutasin Trondheimis (Norras) oma magistratöö, mille kaitsesin aasta hiljem. Sattusin Trondheimi koos rühmakaaslase Teno Teemaa-ga juhuslikult, nagu 1991. aastal kõik välismaale pääsemised olidki. Ma olin vaimustuses raamatukogust ja kirjanduse kättesaadavusest. Doktorantuuri ühes rootsipärase litsentsiaatuuriga selle sees tegin Stockholmis, Rootsi Kuninglikus Tehnikaülikoolis 1992–1998. Sinna kutsus mind akadeemik Enn Tõugu, kes oli üsna vahetult enne saanud seal professorikoha. See oli lõppkokkuvõttes ilus aeg, väliseestlased ja mis kõik, aga teaduslikus plaanis keerukas: takerdumiste aeg – mu CV on nende aastate osas hõre – ja ettevalmistusaeg, ent kujunemiseks ilmselt oluline. Mul läks kuid ja aastaid oma teema leidmisele...

Stockholmi-perioodi teisel poolel sain tuttavaks Varmo Vene-ga Tartust, kellega olen seni kõige rohkem koos “teadust” kirjutanud. Pärast on mul alati olnud rohkem asju kavas, kui teha jõuab. Kindlasti jäin ma Stockholmi liiga kauaks, pärast kaitsmistki olin seal terve aasta. Selleks olid küll ka perepõhjused – paar kuud pärast kaitsmist sündis minu perre esimene laps.

Järeldoktorantuuris olin Portugalis, Minho Ülikoolis Bragas. See oli 2000–2002. Ma läksin sinna kindla kavaga saada teaduslikult iseseisvaks, leida endale oma uurimisprogramm ja oma rahvusvaheline kontaktvõrk. See kava sai täiega teoks tehtud. Ning teate, Portugal meeldib mulle pööraselt!

Millise kogemuse sain? Ma usun, et kõige põhilisem kogemus on kõigil välismaal õppinuil mitteteaduslik ja ühine. Me oleme suhteliselt kosmopoliitsed ega talu inimeste jagamist rahvuste järgi eelarvamuste põhjal. Ela “immigrandina” kusa-gil ning sa õpid koduvenelast enda kõrval nägema mõnevõrra teisiti. Teadlastel ei ole ka eriti kodu. Tööturg on selline, et on suur õnn, kui leiad töökoha omal maal. Meil siin on see õnn, et mingi koha saab alati. Mujal pole see nii. Üks teadusse puutu-vam kogemus: maailm on täiesti ühesugune. Igal pool on ole-mas need, kes mõtlevad sinuga sinu erialakonverentsil sama-moodi ja kes töötavad ülikoolis sellepärast, et tahavad tööajal tegelda oma hobiga, ning need, kes käivad mingitel muudel konverentsidel ning kelle jaoks sina oled andmebaasirida tema *impact factori* (mõjufaktori) uuringus.

### **Olete osalenud ka Prantsuse-Eesti koostöö Parrot' programmis. Kellega ja millist koostööd see Teile võimaldas?**

Ma taotlesin granti esimesel Parrot' konkursil ja sain. See võimaldas kahe aasta vältel jätkata mu järeldoktorantuuri ajal Minhos alanud koostööd dr Gilles Barthe'i rühmaga INRIA (Prantsusmaa rahvuslik arvutiteaduse ja automaatika uurimis-instituut) Sophia Antipolises paiknevas teaduskeskuses. Teisel korral kahjuks uuesti kaasa lüüa ei saanud. Konkursi-tingimuseks seati, et varem ei tohi olla sellel osalenud – see on ebaharilik nõue, ärge enam nii tehke... Aga koostöö INRIA-ga jätkub. Nüüd oleme partnerid suuremastaabilises Euroopa Liidu 6. raamprogrammi projektis MOBIUS, mille sisuks on nn tõestust kandva koodi tehnoloogia arendamine väikeste sead-mete jaoks. Tõestust kandev kood on paradigma, mille kohaselt tarkvara tootja peab selle korrektsuse ja/või ohutuse tõestama. Tarvitaja saab tarkvara koos tootjapoolse tõestusega ning võib soovi korral seda kontrollida. Kui tõestus kontrollis läbi põrub, pole tarkvara usaldatav. Asja mõte on, et tõestamine on raske, aga tõestuste kontrollimine kerge ning raskema töö peab ära tegema see, kes raha küsis, ehk siis tarkvara tootja.

### **Kas Eestis on kerge teadlasena tegutseda? Milline on Teie kokkupuude siinsete teaduse rahastamise kanalitega?**

Vaat see oli väga ettevaatamatult esitatud küsimus. Kohe äärmiselt ettevaatamatult. Kas te ikka tahate seda intervjuud avaldada üldse? Eestis on teadlane olla kerge selles mõttes, et lihtne on jõuda kohalikku tippu. See asjaolu pakub teatud enese-teostusvõimalusi, milleni mujal oleks raskem jõuda, aga üks ta ole odav ka. Ent Eesti riik ja ühiskond on läbi ja läbi teaduse-vaenulikud. Ühiskonna tasemel on muidugi tegu ebaküpsusest tuleneva väärtuste nihetumisega. Seda on täiesti võimalik mõista ja samas loota, et asjad kunagi ikka paranevad. Kuid riik seevastu on täiesti teadlikult pahatahtlik viisidel, mis on pla-needil unikaalsed, mida ei ole võimalik õigustada ning millega leppimine oleks argpükslik ja ebamoraalne. Räägitakse, et Eesti olevat erakordselt ettevõtlussõbralik, ebaürookraatlik ja pea-aegu maksudeta. Ma ei tea, kas see on tõsi, aga tegeva teadlase ja olude sunnil ka teadusadministraatorina kogen ma sootuks teiselaadset suhtumist teadusse igapäevaselt ning näen, et tegu ei ole juhuste, vaid süsteemiga. Te teate neid asju niikuinii, mida ma tahan nimetada, aga on ainult õiglane, et ka Horisondi lugeja neist kuuleb. Niisiis, maksustamise puutuvalt näiteks.

Doktoranti ega magistranti ei saa Eestis normaalselt saata teaduslähetusse, kui ta teadusasutuses ei tööta, vaid on kõigest selle kraadiõppur. Lähetusse saatmiseks tuleb ta kas fiktiivselt lähetusse ajaks tööle võtta või siis tasuta lähetuskulude pealt tulumaks. Samas on teaduse finantseerimisskeemide orientatsiooniks praegu, et doktorandid ja magistrandid ei peaks tööta-ma, vaid õppetoetuste toel täiskoormusega õppima.

Väliteadlast ei saa Eestisse normaalselt teadusvisiidile kut-suda. Kõigilt vastuvõtukuludelt tuleb tasuta tulumaks.

Teadusasutuse töötaja ei saa Eestis normaalselt osa võtta omaenda asutuse korraldatud teaduskonverentsidest ja -semi-naridest. Kõik tema kulud on erisoodustused ja neilt tuleb tasuta da nii tulumaks kui ka sotsiaalmaks, kokku 75 protsenti!

Kui see ei ole ülikoormav maksustamine, siis mis seda on? Bürokratiasse puutuvalt: projektid Eesti rahastajatelt on reeg-lina väikesed, raha taotlused ja aruanded aga täiemõõdulised. Tulemuseks on tööpanuste väga suur killustatus pisiprojekti-deks ning meeletu ajakulu taotlustele ja aruandlusele.

Kokkupuuted teaduse rahastamise kanalitega: olen kokku puutunud kõigi Eesti kanalitega. Eks nad on erinevad nii sisu-

liste nõudmiste kui ka bürokraatia poole pealt. Sisu poolelt on probleemiks, et Eesti on väike ja võistlevad erialad omavahel, mitte erinevad teadlasrühmad üksikute erialade sees. Välisretsensente projektide hindamisel ei kasutata või on nende valik üsnagi juhuslik ja valiku kriteeriumiks võimalikult väike vaev retsensendi saamiseks, mitte retsensendi kompetents. Arvuti-teadus liigitub veel suurte erialade vahele ning retsensentide valiku toimetavad nende erialade esindajad, mistõttu kompetentset retsensiooni oma eriala spetsialistilt ei saa peaaegu kunagi.

Paberimajanduse poolelt on Teadusfond ja Teaduskompetentsi Nõukogu üsna mõistusepäraseid ning sama käib ka Infotehnoloogia Sihtasutuse Tiigriülikooli ja Archimedese Kristjan Jaagu stipendiumiprogrammi kohta. Ent ülibürokraatlikud Eestis on Ettevõtluse Arendamise Sihtasutus ja Innove, kes administreerivad Euroopa Liidu finantseeritavat riiklikku arengukava ehk RAK-ki. Euroopa Liidu raamprogrammid, mida administreerib Euroopa Komisjon Brüsselis, on RAK-iga võrreldes lapsemäng.

### Kuidas näete oma tegevust kümne aasta pärast?

Ausalt – ei kujuta ette. Kui paari viimase aasta pealt peaks ekstrapoleerima, tuleks midagi hullu välja. Ma olen ju praegu administratiivsetesse kohustustesse uppumas, kusjuures need ei tulene mu ametikohast, vaid süsteemist. See tendents näib ainult hullemaks minevat. Midagi peab ikka muutuma! Aga mis suunas siis? Kui kümne aasta taha, 1995. aasta peale mõtlen, siis küll ei oleks osanud ette näha midagi tänasest päevast. 1998. a sattusin esimest korda MPC (programmide matemaatilise konstrueerimise) konverentsile. Ma poleks eladeski osanud mõelda, et 2006. a olen sellesama konverentsi programmi- ja orgtoimkonna esimees ja see sündmus toimub Kuressaares!

Vahetaksin parem teemat, lubage ma küsin ise ühe küsimuse ja vastan sellele ka ise. Mis on kõige positiivsemad asjad Teie teadustöö juures nimelt Eestis? Teate mis: mu töökoht ja kolleegid. Ma naudin neid iga päev. Küberneetika Instituut on uskumatu oas. Ning inimesed, kõik mu lähemad töökaaslased: on suur eesõigus ja lust töötada nendega sama katuse all! ■

#### LOE VEEL

T. Uustalu. Programmide matemaatika. Rmt: Noored teaduses. Tallinn: Eesti Teaduste Akadeemia, 2000, lk 76–80.

T. Uustalu. Tarski, Gödel ja kes neist ei järeldu. Akadeemia, 2000, nr 3, lk 607–624.

### TASASTE NAASTUDEGA REHVID

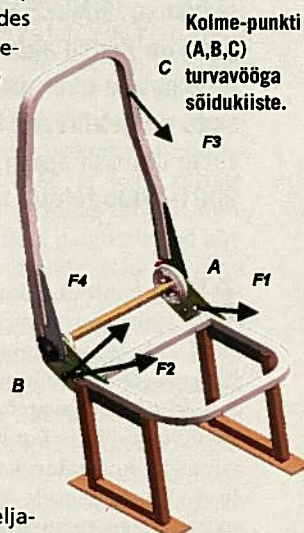
Tehnikaülikooli materjalitehnika instituudi pulbermetallurgia laboris on professor Jakob Kübarsipa juhtimisel loodud materjal uudse konstruktsiooniga tasaste naastudega rehvide valmistamiseks, mis tavaolukorras ei avalda teekattele mingit kuluvat toimet, kuid külglisemise tekkimisel tulevad teravad naastuservad poolviltu rehvi seest välja ja haarduvad teepinnaga. Patent rehvide konstruktsioonile kuulub soomlastele.

## TEADUSFONDI GRANTIDE TOEL TEHTUD UURIMUSTE RAKENDUSI

### DÜNAAMILISELT OHUTU SÕIDUKIISTE

Turvavöö kinnitub kahes punktis istmeraami külgedele, kolmas kinnituspunkt asub tavaliselt sõiduki korpusel. Kuna nt bussi keskel ei saa turvavööd kinnitada bussi korpuse külge, tuleb turvavöö kinnitada istme seljatoe ülaosale, kus on kolmas kinnituspunkt. Tavalise istme seljatugi ja seljatoe kallutusmehhanism ei taluks suurt lisakoormust avarii korral. TTÜ masinaehituse instituudis on prof Lembit Roosimõlder ja prof Martin Eerme projekteerinud seljatoe originaalse kallutusmehhanismiga 3-punkti turvavööga istme. Vastavalt eurodirektiivi (74/408/EEC) nõuetele peab sellise istme raam taluma rihmade tõmbejõudu kuni 4 tonni ja istmed peavad läbima margivastavuse katsetuse selleks volitatud laboris. Iste peab sõitjat kaitsma avarii korral võimalikult täielikult. Selleks, et iste energiat paremini neelaks, et tal oleks suurem ohutusväärtus, peab istme raam avarii korral teatud piirkondades plastselt deformeeruma. Uute raalintegreeritud projekteerimistehnikate kasutamine võimaldas sõidukiistme raami konstruktsiooni optimeerida. Plastsus tagati arvutustega lõplike elementide meetodil paketi ANSYS. Istme prototüüp läbis edukalt katsed Soomes Riikliku Tehnoloogiainstituudi (VTT) katselaboris.

AS AVESTARK on alustanud istmeraami seeriatootmist. Tehtud töodes on arendatud tootepere projekteerimise teooriat väike- ja keskmisetele ettevõtetele. Välja töötatud lahendus on tunnustatud leiutiseks, millele on 2003. aastal antud välja kasuliku mudeli tunnustus nr EE 00345 U1 "Sõidukiistme seljatoe kallutusmehhanism".



Istme katsetamine Tampere VTT laboris.