

## Kõrgharidus

- [Vahepurt nanomeeterdistsil](#) / Karl Kello/
- [Mida arvata](#) /Mait Klaassen/

## Vahepurt nanomeeterdistsil

Reede, 13. mai 2011

Autor: Karl Kello

lk 7

Trüki



**Raimund Ubar:** „Üks džinn on pudelist välja pääsenud – internet – ja seda me veel ei tea, on see hea või halb džinn, hea või kuri deemon.”

- IT-kõrgharidus peaks olema Eesti prioriteet, ütleb akadeemik Raimund Ubar.

Oleme muutunud arvutisõltlasteks, aga märkame oma sõltuvust alles siis, kui tehnika tõrgub, sedastab TTÜ arvutitehnika ja -diagnostika professor akadeemik Raimund Ubar. Inimmõistus nihkub üha rohkem väljapoole inimkeha. Me ei tea, kuidas infoplahvatus mõjub inimese mälule, tähelepanule ja vaimsetele võimetele. Arvutid projekteerivad ja ehitavad juba iseseisvalt oma järeltulijaid, ja mida aeg edasi, seda võimekamaid. Nn asjade internet hakkab ühendama inimesi ja asju ja roboteid. Tuleviku tehismaailmas ei seisne põhiline oht mitte robotite võimalikus mässus, vaid loodusressursside väärkasutuses robotite endi arengu nimel inimkonna arvel.

Tehnoloogia areneb kiiremini, kui meie kultuur seda vastu võtta suudab. Toimub inimese ja tehnoloogia omapärane võidujooks: kes keda? Ja nüüd käib see võistlus juba nanomeeterdistsil, ütleb Raimund Ubar. Loogiliselt võttes ei saa inimesel olla sellel distantsil mingeid võimalusi. Õnneks on meil siiski varuks veel üht-teist, mida masinal ei ole – eelkõige emotsionaalsus, mis juhib paljuski inimese loomingulisust. Meie teadmised ja muljed on mälus fikseerunud närvistruktuuridena, mille juhuslikest seostest tekivad uued ideed. Kui niisugust juhuslikkuset põhinevat loovust on põhimõtteliselt võimalik ka masinale õpetada, siis ilutunnetuse ja emotsionaalsusega on teine lugu.

### Füüsika piirid ees

Nanotehnoloogias on jõutud välja füüsika piirideni (transistori mõõtmed kuni 30 nm). Tegu on seega juba üksikute aatomitega, need aga on teatavasti kogu aeg liikumises. Kui näiteks juhtme paksus integraalskeemis on viis-kuus aatomit ja peaks juhtuma sedamoodi, et nad otsustavad mingil hetkel oma paigast lahkuda, tekib tühi ja juhe katkeb. See on üks vigade põhjusi nanoelektronikas. Siit probleem: põhimõtteliselt vigastest ja ebastabiilsetest osistest tuleb luua töötavaid süsteeme. See pole muidugi mitte ainult n-ö nanoelektroniline, vaid juba lausa filosoofiline, eluline probleem, mis kehtib ka inimühiskonna kohta. Planeedil nimega Maa hinnatakse praegu olevat 16 miljardit sardsüsteemi. Sajad ja sajad miljardid transistorid peavad töötama täiuslikult. Mida rohkem on süsteemis elemente ja mida väiksemad on transistoride mõõtmed, seda suurem on tõenäosus, et mõni transistoridest on vigane. Lisanduvad inimlikud eksimused.

Raimund Ubar: „Hinnanguliselt teeb tarkvarainsener vea iga seitsmenda koodirea kirjutamisel. Viie aastaga on USA-s kahjum arvutivigadest kasvanud viis (!) korda, ulatudes 60 miljardi dollarini aastas. Tarkvara projekteerimise kuludest läheb kuni 50% vigade otsimisele ja kõrvaldamisele, riistvara projekteerimise ja valmistamise kuludest kuni 70% testimisele ja diagnostikale.” Lugesdes üles võimalikke häireid: riistvara defektid, tarkvara vead, väliskeskkonna mõjul (kas või need päikesetormid) tekkivad tõrked ja häired, viirused ja Troojad, pole see loetelu ilmselt lõplik. „Trooja hobune” võidakse sisse sokutada integraalskeemide tootmisprotsessis, tema aktiveerumine võib moonutada ja hävitada andmeid, edastada salajast infot, hävitada kogu kiibi. USA integraalskeemid aga pannakse kokku tema esimese konkurendi ja suurima välisvõla hoidja juures Hiinas...

### Õpetada ebakindlust

Turumajanduses on alati töötanud enesekindel suhtumine ja enesemüük. Aga see enesekindlus on ajutine, ühel hetkel võib teada ja osata ja seda müüa, aga järgmisel päeval pole selle oskusega enam midagi peale hakata, sest elu on muutunud. Seetõttu elame äärmiselt ebakindlas olukorras, mis teeb ka õpetamise raskemaks. Me ei tea, mis saab lähitulevikus, kas või NASA ennustuste järgi, ja ega järelikult tea sedagi, mida õpetada. Seni on õpetatud teadmisi ja fakte, nüüd hakatakse aru saama, et mõtlemine on tähtsam. Masin salvestab fakte palju paremini. Mida siis üldse õpetada, kui kõik vajalik on masina mällu salvestatav? Ka mõtlemise võib paljudel juhtudel masin inimese eest ära teha.

Vahel on otse välja öeldud, et ei pea üldse õpetama kindlust, s.o algoritme (ehk eeskirju: kui on nii, siis teha nõnda), vaid tuleb õpetada just valmisolekut määramatuseks – õpetada ebakindlust. Muide, teadlase kõige tähtsam iseloomujoon ongi

ebakindlus. Kõige rohkem eksib elus üleüldse teadlane: ta püstitab hüpoteese, otsib, aga väga harva juhtub niimoodi, et mõte läheb takke ja ta tõesti leiab selle, mida on otsima hakanud. Teadlane eksib pidevalt ja proovib uutmoodi.

### Õpetada unustama

Raimund Ubar: „Kõrgharidus on meil kogu aeg rünnaku all olnud: nendest, kes ülikooli seinte vahelt välja lähevad, polevat majandusele ja ühiskonnale kasu. Aga tegelikult on kõrghariduse mõiste ise ähmane. Räägitakse kõrghariduse parandamisest ja riiklikest koolitustellimustest erialadele. Aga eriala ja haridus ei ole üks ja sama. Haridus on vundament, eriala pealisehitus. Kõrghariduse kolmas komponent on loomingu- ja kriitika-, mõtlemisvõime. Baas, alusteadmised, need närvistruktuurid ajus on see, mida me nimetame hariduseks, seejärel tuleb mõtlemisoskus, loomingu- ja lõpuks konkreetsete teadmised. Need kihid ei pea olema üksteisest eristatud, kolm suunda võivad paralleelselt areneda.

Ülikool on nii või teisiti konservatiivne koht. Õppejõud on kahesugused: lektorid-õpetlased ja uurijad-teadlased. Õpetlased on laia silmaringiga, nad harivad tudengeid ja panustavad baasi. Professorid-teadlased tunnevad hästi oma kitsast ala, tungivad teaduses sügavuti ja õpetavad mõtlema.

Tudeng tuleb ülikooli, et õppida seda, kuidas professor mõtleb. Aga kumbki, õpetlased ega teadlased, ei jõua reaalse eluga kaasas käia, sest mitut jumalat teenida ei saa. Seetõttu on paratamatu, et ülikooli põhikaadri on raske ajaga kaasas käia.

Tööstus areneb selleks liiga kiiresti. Pealegi, kui alustada esimesel kursusel erialaõppega, siis diplomit saades võib see eriala juba aegunud olla.

Kuidas siis saada ülikoolis eriala, mida ühiskond lõpetanult ootaks? Tööstus, kes vajab konkreetseid oskusi, peab ise tulema ülikooli, abielluma alma mater'iga. Tööstuse tippasjatundjad peaksid vanematel kursustel enne lõpetamist viima läbi erikursusi, võtma tudengeid praktikale ja andma neile diplomiteemasid otse elust. Ei saa kritiseerida ainult ülikooli halva kõrghariduse pärast. Ülikool on eeskätt alusepanija. Ka spordis on treening alati kahesugune: erialane ja üldfüüsiline.

Konkreetset saavad õpetada ainult need, kes konkreetsega tegelevad. Professorite pärusmaa on õpetada mõtlemist, mis aitaks kohaneda pidevalt pealetungiva uuega, oskust säästlikult oma mälu ümber käia ja unustada aegunud.”

### Üliõpilane ja üliõpilane

Raimund Ubar: „Tudengi ja tudengi vahel on suur vahe. Pidasin kord ühes Rootsi ülikoolis külalisloenguid, istusin õhtuti laboris, kõrvalruumis töötasid ja õppisid tudengid, sageli keskööni välja. Nähes, et ka professor on veel kohal, uks lahti, astusid nad sisse, ja konsulteerisin neid sageli ka siis, kui kell lõi juba kümnendat õhtutundi. Tudengid on Läänes järgitult õppimisele pühendunud, et konkureerida edukalt tööturul, mis on seal väga karm.

Meil on teisiti, auditooriumid on ka päeval tühjad, sest tudengid käivad juba õppimise ajal töö, eriti tehnikavaldkonnas. Seetõttu on neil ka haridusest tekkinud mõnevõrra vale pragmaatiline arusaam. Nad leiavad, et vajavad vaid neid teadmisi, mida igapäevatoos saaks konkreetset kasutada. Nad ei taju hariduse kui vundamenti otstarvet ja arvavad, et on vaja osata vaid konkreetseid asju. See on lühinägelik, aga elu on nad niisugusele rööbastele juhtinud. Kahjuks häirib see õppimist, see jääb lünklikuks, jäädakse maha ja loobutakse.”

### Eisenhoweri lahkumiskõne

Raimund Ubar meenutab hoiatust USA presidendi Eisenhoweri lahkumiskõnes: teadlased ei tohiks muutuda riikliku finantseerimise vangideks, kus lepingud hakkavad asendama intellektuaalset uudishimu. Teadustöös on raske lubada konkreetseid „tulmusi“. Neid saab ainult visandada. Eesmärgile jõudes on eesmärk juba muutunud. Parim tulemus on halb tulemus, sest see annab edasiminekku õigema suuna.

Möödus pool sajandit ja presidendi sõnumi sisu on oluliselt muutunud. Obama hiljutises kõnes ilmus sõna „insener“ võrdväärseks „teadlase“ kõrvale. See on märk, et avalik arusaam tehnoloogiliste muutuste olemusest on muutunud. Inseneri ja teadlast on üha raskem teineteisest eristada. Aga insener on oma ülesande (ehk siis lepingu) vang. Ühiskonna arengu mootoriks on tõusnud innovatsioon.

Selline arengutendents, et innovatsiooniliidriteks on saamas mitte fundamentaalsete tehnikauuenduste loojad, vaid need, kes tegelevad rakendustega, on Eesti teaduse ja tööstuse jaoks soodus. See ei eelda kallist mikro- ja nanoelektronika tööstust, kalleid uurimis- ja tootmiskeskondi ega uut tüüpi tehnoloogiate väljatöötamist. Tuleb vaid avastada olemasoleva tehnoloogia uusi rakendusvõimalusi. Ajuressurssi Eestis jätkuks, kui vaid haridus õiget rada käiks. Tark- ja riistvara piirid on ähmastumas. Põhimõtteliselt on nad mõlemad kui tehnilised süsteemid tervikuna programmeeritavad ja programmeerimiseks vajame ainult klaviatuuri ning mõtlemisoskust.”

### Lisa kommentaar:

Nimi:  Email:

Peida e-posti aadress:  ei

6 L R E 4

Sisesta kontrollkood:

Saada

### Kommenteerimise reeglid:

Õpetajate Lehel on õigus avaldada teie kirjutatud kommentaar paberväljaandes. Kommentaari pikkus ei tohi ületada 3000 tähemärki. Õpetajate Lehe kodulehe kommentaarid on modereeritavad ja avaldatakse pärast toimetamist hiljemalt kommentaari saatmisele järgneva tööpäeva hommikuks. Lehel on õigus jätta saadetud kommentaar kodulehel avaldamata. Iga kommentaari edastaja arvuti IP-aadress, sessiooni identifikaator ja kommenteerimise aeg salvestatakse andmebaasis. Õpetajate Leht ei vastuta kommentaaride sisu eest!

### Lugejate kommentaarid: