

Ajakirjaga kaasas Eesti arheoloogia aastakiri TUTULUS

horisont

RIIKLIKULT TUNNUSTATUD
TEADUSE
POPULARISEERIJAK



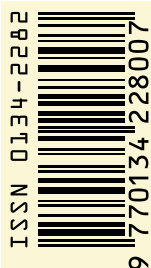
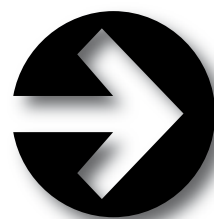
1 / 2016 ■ JAANUAR–VEEBRUAR

HIND 4.90



50

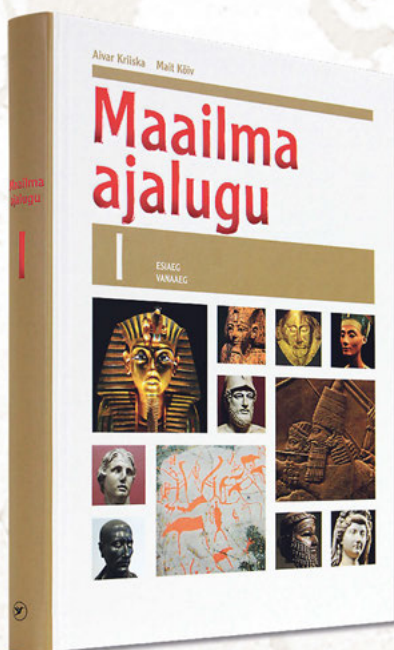
POOLSAJANDIT HORISONTI



Aivar Kriiska Mait Kõiv

Maailma ajalugu

ESIAEG
VANAAEG



Koguteos „Maailma ajalugu” on esimene pärast Teist maailmasõda eesti keeles kirjutatud ja Eesti lugejale mõeldud maailma ajaloo üldkäsitlus.

**ROHKED FAKTID, PÕHJALIKUD
SELGITUSED JA KIRJELDUSED
NING ASJAKOHASED HINNANGUD.**

PEAGI ON ILMUMAS „MAAILMA AJALUGU” II JA III.

Eesti oma Horisont



Arenenud riikide kogemus õpetab meile, et sotsiaalse ja majandusliku heaolu tarvilikuks – aga mitte piisavaks – tingimuseks on korrastatud kõrgharidussüsteemi ja hästi funktsioneeriva teadusmaastiku sümbioos.

Ideaalses teadussüsteemis toetub hästi rahastatud laiapõhjalise püramiidi alusele inimkonna teadmiste piire kompav ja nihutav ning kogu maailma arenguedusse panustav tippteadus.

Tippteadus ei tunne riigipiire, kuid puhkeb enamasti õitsele paljude soodsate tingimuste kokkulangemisel. Tippude kasv tugineb eelkõige üksikutes riikides tehtavale heatasemelisele teadustööle, mida omakorda toetab pidev säravate ajude juurdevool.

Eesti on maailma mastaabis tilluke. Eesti keel on tõenäoliselt maailma väiksuselt teine keel, milles on olemas omakeelne tippteadus. Selle kiuste oleme teaduse sisulise külje arendamisel ja noorteadlaste kasvatamisel olnud väga edukad. Eestikeelse teaduse elujõulisust, kasvupinda ja globaalset haaret demonstreeris ilmekalt 6. jaanuaril Eesti Teaduste Akadeemias toimunud välismaal õppivate ja töötavate noorteadlaste konverents.

Häirivalt sageli ei realiseeru aga särasilmsete ja viljakate teadlaste töö meie kõigi ühise rikkuse kasvuna. Selles pole midagi Eestile eriomast. Ajakiri Science päris hiljuti Euroopa Liidu teadusvolinikult Carlos Moedaselt, mis on olnud tema esimese ametiaasta vältel kõige põrutavam. Tema sõnul alahindavad teadlased oma teadmisi, analüüsivõimet ja sellega kaasnevat mõju. Teadlased peavad olema nähtavamad ja kuuldavamad.

Et see nõnda oleks, tuleb osata nii teaduskeelt kui ka oma rahva keelt. Teaduskeele valdamine tähendab järjest enam suutlikkust lahti mõtestada ning kõigi hüvanguks konverteerida parimaid palu maailma teadustulemuste varasalvest. Ühiskonna teavitamine leitud lahendustest toimub läbi omakeelse ja ideaalis omaloomingul tugineva kommunikatsioonikanali. Nõnda on Horisont juba pool sajandit olnud nii maailma tippsaavutusi kui ka meie parimaid teadustulemusi kajastades sisuliselt üks meie riigi olulisi atribuute.

Tarmo Soomere, Eesti Teaduste Akadeemia president

Väärikal juubeliringil



Seekordne Horisont on väga eriline. Teie käes olev tavatult kriitvalge kaanevärviga ajakiri kuulutab Horisondi 50. aastakäigu algust.

Nii on väärika juubeli hõngu tunda ka kaante vahel, kus keskendutakse teemadele, mis olid ka 50 aastat tagasi teadlaste tähelepanu tulipunktis.

Pikemate lugude autorid on seekord eranditult Eesti noored teadlased, kelle on õpingud välismaale viinud. Hollandi vanima ülikooli, Leideni ülikooli järel doktorant Mihkel Kama annab Horisondi identiteedile üdini omases astronoomia valdkonnas ülevaate selle ala viimase poolesajandi põrutavamate avastustest ja

tulevikuvõimalustest. Inglismaa Cambridge'i ülikooli doktorant Jürgen Jänes lahkab 1967. aasta jaanuaris ilmunud esimese Horisondi kaaneteemat ehk arenguid geneetika vallas. USA California tehnoloogiainstituudi järel doktorant Allan-Hermann Pool kirjeldab omakorda ambitsioonikaid uurimisprojekte, mille sihiks on piasjadeni lahti muukida inimaju olemuse mõistatus.

Nende autorite põnevate lugude soojas julgen kinnitada, et poole sajandi vanune Horisont on siiski hingelt noor ja hakkamist täis.

Head lugemist ja kohtumiseni märtsis!

Ulvar Käärt, peatoimetaja

FOTOD: HORISONDI ARHIIV

SELLES NUMBRIS

20 Mihkel Kama

Astronoomia kutsuv horisont

Meie teadmiste horisont laieneb ja selgineb pidevalt ning astronoomias pole see tõsiasi ainult kujundlik, vaid ka sõna otseses mõttes tõsi. Mõistame oma Universumit järjest paremini ja näeme seda ka kogu tema rikkuses selgemini. Milline on astronoomia silmapiir Horisondi 50 aasta juubelil?

28

Kuidas allutada rakk inimese tahtele?

Kuidas diagnoosida vähki seniolematul viisil ehk vereanalüüsi abil ning mil moel saaks inimest ravida tema enese rakkudega? Ulvar Käärti intervjuu rakubioloog Toomas Neumaniga.

36

Jürgen Jänes

Kolmemiljardiline heinakuhi

Pool sajandit DNA uuringuid, tuginedes Horisondi esmanumbris kirjutatud keemiadoktor Viktor Kuhtini artikli „Mälu, keemia ja küberneetika“ nopetele.

46

Horisont 50

Peatükke Horisondi väheräägitud loost meenutavad läbi aja ajakirja tegemistega seotud olnud inimesed – Feodor Feodorov, Rein Veskimäe, Uno Veismann ja Tiit Kändler.

54

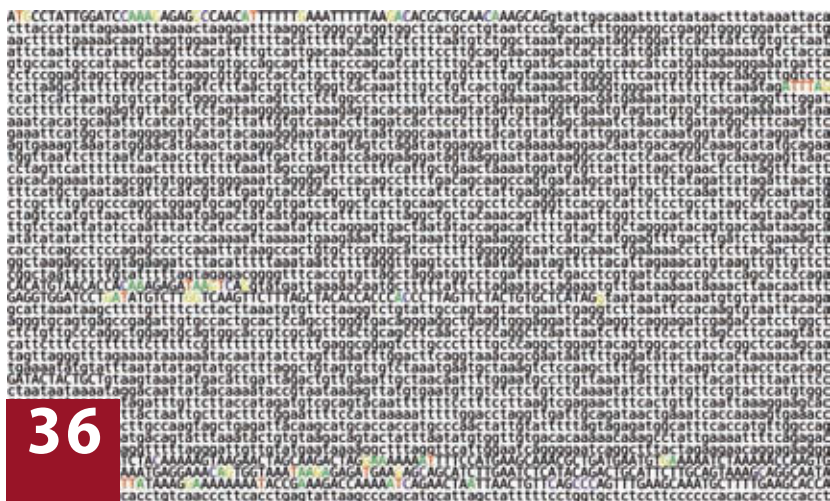
Allan-Hermann Pool

Ajuteaduste suurprojektid: lööktöö lipu all aju mõistmise suunas

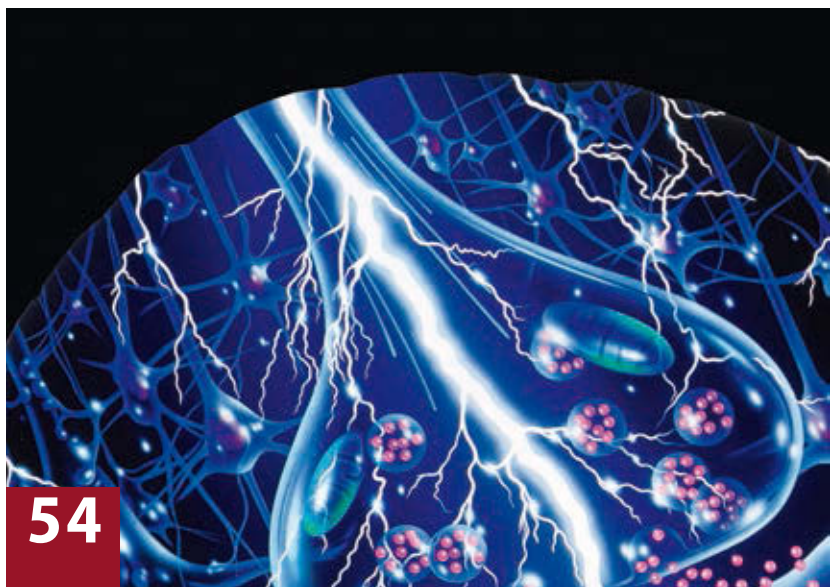
Kriitiline pilk Euroopas ja Ameerika Ühendriikides algatatud ajubioloogia suurprojektidele, mille eesmärgiks on mõista aju toimimist. Euroopa Inimaju Projekt püüab luua lähema 10 aasta jooksul inimese aju simuleerimiseks vajalikku riist- ja tarkvara. Ameeriklased pühenduvad BRAIN projektiga tehnoloogiate arendamisele, mis peaksid meid viima aju saladuste järele.



20



36



54



RUBRIIGID

- 4 Siit- ja sealtpoolt horisonti**
Horisont – riiklikult tunnustatud teaduse populariseerija!
Kaali kraatri täpsem vanus on viimaks teada
- 5 Sõna lugu**
Udo Uibo. Horisont
- 6 Kosmosekroonika**
Viimased kuud kosmose vallas: kosmosejaama juubel, tumeaine osakese otsingud ja uurimis-aparaat Veenusel.
- 8 Eesti asi**
Karoliine Korol. Muuseumi superstaarid ja nende nõudmised esinemiseks.
- 10 Teine maailm**
Roland Matt. „Võilillestruktuur“.
- 12 Arhiivi aare**
Tiina Kala. Tallinna müntmeistri astroloogiline abimees.
- 14 Kaks küsimust**
Horisont 50. Vastavad Enn Tõugu, Jaan Einasto, Jüri Allik, Mart Viikmaa, Sirje Keevallik, Mart Saarma, Valter Lang.
- 42 Teadlane kabinets**
Ulvar Käärt. Marko Vendeliniga südamelöögi saladuse jälil.
- 45 Mina ja teadus**
Peeter Laurits. Teadus ja kunst ...
- 59 Jõuproovid olümpiaadil**
Rasmus Kisel. Kuidas võita hiinlasi? Osa 2
Sulev Kuuse, Mark Gimbutas. Bioloogist üle kooliprogrammi.
- 62 Enigma**
Tõnu Tõnso. Täida ringid arvudega.
- 63 Ristsõna**
- 64 Mälusäru**
Indrek Salis ja Jevgeni Nurmla. Arva ära!



EESTI TEADUSTE AKADEEMIA

horisont

Ulvar Käärt, peatoimetaja
ulvar@horisont.ee

Indrek Rohtmets, vastutav väljaandja
indrek@horisont.ee

Toomas Tiivel, toimetaja
toomas@horisont.ee

Signe Siim, keeleteoimetaja
signe@loodusajakiri.ee

Kersti Tormis, kujundus
kersti@horisont.ee

Helen Lehismets, reklaamijuht
tel 610 4106,
reklaam@loodusajakiri.ee

Tellimine: 610 4105,
loodusajakiri@loodusajakiri.ee

Ilmub aastast 1967. 6 numbrit aastas.
Toimetus: Endla 3, Tallinn 10122
tel 610 4107 / faks 610 4109
e-post: horisont@horisont.ee

Väljaandja: MTÜ Loodusajakiri,
Endla 3, Tallinn 10122
e-post: loodusajakiri@loodusajakiri.ee

ISSN 2228-3471 (e-luger)
Autoriõigus: MTÜ Loodusajakiri, 2016
Trükkitud Printall AS



Ajakiri ilmub
Keskkonnainvesteeringute Keskuse
toetusel



EESTI TEADUSAGENTUUR / SVEN TUPITS

Riiklikult tunnustatud teaduse populariseerija märgi andsid Horisondi toimetajale Ulvar Käärtille (keskel) üle konkursi hindamiskomisjoni esimees, akadeemik Enn Tõugu (vasakul) ning haridus- ja teadusministeeriumi kantsler Janar Holm (paremal).

Horisont – riiklikult tunnustatud teaduse populariseerija!

Horisondi poolesajandat aastakäiku alustame hea sõnumiga. Ütlemata suur rõõm on ära trükkida uudist sellest, et Horisondi kui Eesti vanima järjepidevalt ilmuva üldpopulaarteadusliku ajakirja rinnaesist ehib nüüd riiklik kvaliteedimärk.

Nimelt mullu 19. novembril Tallinnas laululava klaassaalis toimunud teaduskommunikatsiooni konverentsil „Mida üks ei jõua, seda üheksa jõuavad” andsid haridus- ja teadusministeeriumi kantsler Janar Holm ning konkursi hindamiskomisjoni esimees, akadeemik Enn Tõugu üle 2015. aasta Eesti teaduse populariseerimise auhinnad.

Kategoorias „Teaduse ja tehnoloogia populariseerimine trükisõna abil” tunnustati Indrek Rohtmetsa ja meie kauaaegse toimetaja ning pea- ja tegevtoimetaja Kärt Jänes-Kapi isikus peapreemia vääriliseks ajakiri Horisont. Seda juba 50 aastat kestnud Eesti teaduse, teadlaste ning humanitaar- ja reaalteadusi ühendava populariseeriva tegevuse eest.

Samal ajal pälvis alagrupis

„Teaduse ja tehnoloogia populariseerimine audio-visuaalse ja elektroonilise meedia abil” peapreemia Eesti rahvusringhäälingu ja Tartu Ülikooli teadusportaal Novaator.

Teaduse ja tehnoloogia populariseerimiseks ette võetud tegevuse või tegevuste sarjade eest pärjati II preemiaga Eesti Kunstimuuseumi Niiguliste muuseumi uurimis- ja konserveerimisprojekti „Rode altar lähivaates”. Ettevõtmise koordinaator Hilka Hiip on Horisondi lugejatele tuttav (vaata Horisont 6/2013, „Kunstniku käepuudutus. Uue särava Johann Köleri freskomaal „Tulge minu juurde kõik ...””).

Ürituse väarikaima ehk siis Tiitu Silla nimelise elutööpreemia sai pikaaegse astronoomia populariseerimise eest Mare Ruusalepp Tartu Observatooriumist Tõraveres.

Riiklikult tunnustatud teaduse populariseerimise auhindade ja märgiste jagamise kõrval andis konverentsil teadusajakirjanduse sõbra auhinna Ökul üle ka Eesti Teadusajakirjanike Selts. Viimendat korda välja antud Ökuli sai Tartu Ülikooli füüsikaprofessor Jaak Kikas, kes on viljaka autorina samuti meie lugejatele tuttav. •

461

Horisondi numbrit on nüüdseks alates 1967. aasta jaanuarist ilmunud.

Horisont



WIKIPEDIA

Kaali kraatri täpsem vanus on viimaks teada

Saaremaal asuv Kaali kraatriväli on eestlaste meeli köitnud vähemalt sellest ajast, kui Lennart Meri selle oma raamatutega „Höbevalge” ja „Höbevalgem” osaks meie loost kirjutas.

Kaali meteoriidikraatri vanus on siiani olnud mõnevõrra ebaselge, mis on raskendanud nende tekke sidumist konkreetsete arheoloogiliste ja kultuuriajalooliste uuringutega. Nüüd on Poola, Eesti ja mitme muu riigi teadlastest koosnev rühm aga Kaali vanust oluliselt täpsustanud.

Kaalis asuv 110-meetrise läbimõõduga peakraater tekkis, kui hinnanguliselt paarsada kuni paar tuhat tonni kaaluv raudmeteoriit, mis pärines Marsi ja Jupiteri vahelisest asteroidivööst, Maa atmosfääri läbis ning Saaremaa pinnal mitu kilomeetrit sekundis tabades plahvatas. Meteoriidi küljest eraldus laskumisel ka väiksemaid tükke, millest tekkisid kaheksa pisemat kõrvalkraatrit. Sündmuse toimumise täpne aeg oli seni teadmata, kuid erinevad hinnangud (ligikaudu 8400 kuni 2400 aastat tagasi) jäid suuresti vahemikku, kui Saaremaa oli juba asustatud. Seega oli alust arvata, et kaugelt näha ja kuulda olnud meteoriidi langemine ning tema hävitav tabamus oleksid kajastunud müütides-legendides ja ka kohalike inimeste igapäevase elutegevuse muutustes.

2015. aastal avaldas Poola teadlase Anna Losiaki juhtitud töörühm uurimuse („*Dating Kaali crater (Estonia) based on charcoal placed within proximal ejecta blanket*”, Losiak A., et al., 2015), kus Kaali vanus uue analüüsiga senisest täpsemalt määrati. Töös osalesid ka mitmed Tartu Ülikooli teadlased. Vanuse määramiseks kaevati läbi peakraatri ümbrusse paiskunud materjali ja hiljem tekkinud pinnase kihid ning määrati nende üleminekukihist leitud süstunud puutükkide vanused. Selleks kasutati radiosüsiniku- ehk ¹⁴C-meetodit. Kaali kraatri tekkeaeg arvatakse nüüd olevat vahemikus 1530 kuni 1455 aastat eKr, st 3470 kuni 3545 aastat tagasi, mis puhub loodetavasti uut tuult nende tiibadesse, kes Kaali sündmuse erinevaid mõjusid määrata üritavad. •

Mihkel Kama

SÕNA LUGU

Horisont

Sõna *horisont* on ühtaegu noor ja vana. Eesti keeles on ta ilmsete võõrsõna tunnustega uuskeelend, mis on meie kirjakeelde toodud alles XIX sajandil, aga kaugemas plaanis on see sõna pärit juba antiikajast.

Eesti kirjakeeles kohatame sõna *horizont* teadaolevalt esimest korda Carl Robert Jakobsoni 1868. aastal ilmavalgust näinud maateaduse õppe-raamatus „Veikene geograafia”: „Seda viiru, kus maa ja taevast pealt näha ükstõisega kogu puuduvad, nimetakse silmaringiks ehk *horizontiks*” (lk 11). Siit jõuab see aasta hiljem kujul *hõritsont* Ferdinand Johann Wiedemanni suure eestisaksa sõnaraamatu esitrüki. Ligikaudu pool sajandit käibivadki kõrvuti kirjakeeltes *horizont* ja *horitsont*, praegune kuju *horisont* kinnistub sõnale XX sajandi algupoolel.

On selge, et eesti keelde on see sõna toodud sõnavara rikastamise otstarbel: rahvusvahelises teaduses oli kasutusel mõiste, mis vajab eesti kirjakeele vaatevälja avardades sõnalist katet meilgi. Nagu tollal kombeks, oli kõige käepärasem võimalus laenata vajalik sõna saksa keelest, kus *Horizont* oli kirjakeeles käibinud alates 16. sajandist. Veelgi

varem, juba 14. sajandil, oli *horizon* tuntud prantsuse ja inglise kirjakeeles. Paneme tähele, et sõna lõpuosa on eri keeltes pisut erinev. See johtub sellest, et inglise ja prantsuse sõnakuju lähtub vastava ladina sõna nimetava käände vormist *horizōn*, aga saksa (ja sedakaudu ka eesti) sõnakuju omastava käände vormist *horizontis*. Ladina sõna on omakorda laenatud kreeka sõna-ühendist *horizōn kýklos* otsese tähendusega 'piirav ring', öieti küll selle täiend sõnast *horizōn* 'piirav, lahutav, eraldav', mis on tegusõna *horizein* 'piirama, lahutama, eraldama' oleviku kesksõna. Tegusõna *horizein* aga on tuletatud sõnast *hóros* 'piir, piiritähis, piirikivi'.

Kreeka sõnast *horizōn*, täpsemalt selle keskaja ladina keeles loodud tuletisest *horizontalis*, lähtub teinegi rahvusvaheliselt tuntud sõna – *horisontaalne*. •

Udo Uibo
keelemees

831



... huvilist on hakanud Facebookis Horisondi sõbraks. Oleme väga tänulikud, kui Sinagi oma sõprust meiega Facebookis kinnitad ja enda sõpradegi seda teha soovitad. Nii oled meie tegemistega paremini kursis!

Horisont



NASA

• **ISS 15:** 2. novembril 2015 täitis rahvusvahelisel kosmosejaamal ISS 15 aastat pidevat mehitatust. Esimene meeskond saabus 2. novembril 2000 ja sellest ajast on jaamas viibinud 220 inimest 17 riigist. Serveeritud on rohkem kui 26 500 einet ning ruumide arv on kasvanud kolmelt kolmeteistkümnene.

• **New Horizonsi viimane manööver:**

4. novembril 2015 tegi kosmosesond New Horizons, mis külastas mullu juulis kääbusplaneeti Pluto, viimase, neljast seeriast koosneva manöövri, mis suunas ta möödalenule Kuiperi vöö objektist 2014 MU69. Külastus toimub aastal 2019.

• **Ariane 5 kuues lend:**

10. novembril 2015 viidi Euroopa Kosmoseagentuuri (ESA) kanderaketiga Ariane 5 kosmosesse Araabia riikide satelliit Arabsat-6B ning India satelliit GSAT-15. Mõlemad on telekommunikatsioonitehiskaaslased ning tegemist oli Ariane 5 tüüpi kanderaketi kuuenda lennuga sel aastal.

• **Bangladesh tahab oma satelliiti:**

11. novembril 2015 sõlmis Bangladesh Prantsuse-Itaalia firmaga Thales Alenia Space lepingu, et ehitada selle riigi esimene sidesatelliit Bangabandhu-1. Satelliidiga loodetakse hoida kokku aastas üle 14 miljoni dollari ning Bangladeshist saaks 57. riik, millel on oma tehiskaaslane.

VIIMASED KUUD KOSMOSE VALLAS: KOSMOSEJAAMA JUUBEL, TUMEAIN OSAKESE OTSINGUD JA UURIMIS- APARAAT VEENUSEL

• **Jaapan viis üles Kanada satelliidi:**

24. novembril 2015 viis Jaapani kanderakett H-IIA edukalt orbiidile Kanada side- ja telekommunikatsioonisatelliidi TELSTAR 12V. Start toimus Tanegashima Kosmosekeskuses Jaapani edelaosas. Jaapan loodab oma kanderaketiga pakuda konkurentsi Euroopa ja Vene vastavatele firmadele.



ESA

• **Üldrelatiivsusteooria kontrollimine:**

3. detsembril 2015 startis ESA kanderakett Vega VV06, et viia orbiidile satelliit LISA Pathfinder. Satelliidi abil loodetakse testida tehnoloogiat, et kontrollida 2. detsembril 1915. aastal Einsteinini avaldatud üldrelatiivsusteooriat. Start õnnestus ning tehiskaaslane peaks lõplikule orbiidile jõudma veebruaris 2016.



BLUE ORIGIN

• **Edu korduvkasutava raketi katsetusel:**

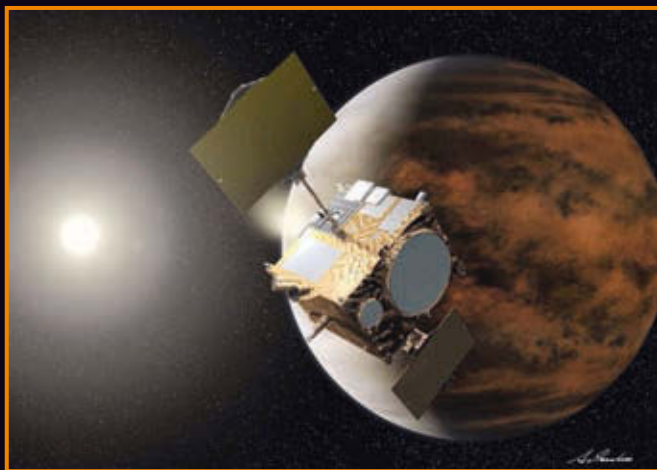
23. novembril 2015 viis USA firma Blue Origin läbi mehitamata autonoomse raketi New Shepard stardi ning hilisema mittedestruktiivse maandumise Texase lääneosas, tehes sellega sammu edasi rakettide korduvkasutuse poole. Peab siiski märkima, et tegu oli suborbitaalse lennuga, kus kiirused on oluliselt väikesemad. Blue Origin kuulub internetifirma Amazon.com omanikule Jeff Bezosele.

• **Venemaa kaotas satelliidi:**

7. detsembril 2015 kaotas Venemaa tsiviil-militaarsatelliidi Kanopus-ST. 5. detsembril kanderaketiga Soyuz-2.1B kosmosesse viidud satelliit ei eraldunud kanderaketi viimastest astmest ning selle saatuseks on ära põleda atmosfääri ülakihtides. Tehiskaaslasega oli planeeritud skaneerida Maa ookeane ja ilmasüsteeme ning ühtlasi ka avastada allveelaevu.

• **Kolm uut inimest ISS-ile:**

15. detsembril 2015 startis Baikonuri kosmodroomilt Vene kanderakett Soyuz-FG kosmoselaevaga Soyuz TMA-19M, pardal Vene kosmonaut Juri Malentšenko, Briti astronaut Tim Peake ja USA astronaut Tim Kopra. Suund oli rahvusvahelisele kosmosejaamale ISS, millega pökkuti 6,5 tundi hiljem. Automaatne pökkumissüsteem ütles üles ning kasutada tuli käsitsijuhtimist. Trio jääb kosmosejaama pooleks aastaks.



• **Jaapanlaste sond uurib Veenust:**

9. detsembril 2015 sisenes Jaapani kosmosesond Akatsuki edukalt planeedi Veenuse orbiidile pärast seda, kui esimene katse viis aastat tagasi ebaõnnestus. Sondiga on plaanis uurida meie naaberplaneedi toksilist atmosfääri ning kuumat vulkaanilist pinda.

• **Lisavarustust ISS-i:**

9. detsembril 2015 saabus USA firma Orbital ATK transpordilaev Cygnus rahvusvahelisse kosmosejaama ISS, tuues üle kolme tonni vett, toitu ja muud varustust. Sellega taastas Orbital ATK oma veolennud ISS-i pärast õnnestust oktoobris 2014, mil Nõukogude ajast pärit tehnoloogia baasil valmistatud mootoriga kanderakett Antares plahvatas pärast starti.

• **Kolm inimest ISS-ilt tagasi:**

10. detsembril 2015 maandusid Kasahstani stepis Zhezkazgani linna lähisel kosmoselaeva Sojuz kapsliga kosmosejaamast ISS naasnud astronautid Kjell Lindgren ja Kimiya Yui ning kosmonaut Oleg Kononenko. Trio veetis ISS-is 141 ööpäeva. Tegemist oli suhteliselt haruldase öise maandumisega – viimati kasutati seda novembris 2012.

• **Galileo süsteemil kaks satelliiti juures:**

17. detsembril 2015 lisas Euroopa järjekordsed kaks satelliiti oma satelliitnavigatsioonisüsteemile Galileo. Kasutati jällegi Vene kanderaketti Soyuz, aga start toimus seekord ESA kosmodroomilt Kourous Prantsuse Guajaanas. Galileo süsteemi kasutuselevõtt nõuab veel vähemalt nelja satelliidi edukat orbiidileviimist.

• **ISS-i robotkäe liikur kiilus kinni:**

21. detsembril 2015 väljusid ISS-i komandör Scott Kelly ja pardainsener Tim Kopra avakosmosesse, et päästa liikuma kinnijäänud rööbassõidukit, mis peab transportima robotkäät kosmosejaama eri välisosade vahel. Vaja läks paari kerget kaelööki, et vabastada kinnikiilunud pidurihoob.

NATIONAL SPACE SCIENCE CENTER OF CAS



• **Hiinlased otsivad tumeaine osakest:**

17. detsembril 2015 viis Hiina kanderakett Long March 2D orbiidile satelliidi Dark Matter Particle Explorer (DAMPE), hüüdnimega „Wukong“. Nagu tehiskaaslase nimigi ütleb, on sellega plaanis saada rohkem teada tumeaine kohta.

• **Kanderaketti õnnestus vertikaalselt maandada:**

21. detsembril 2015 viis USA firma SpaceX kanderaketiga Falcon 9 orbiidile 11 väikesatelliiti. Tegemist oli lendude eduka taastamisega pärast ebaõnnestunud starti juunis 2015. Aga mis veelgi olulisem – esimest korda õnnestus orbitaallendudeks ette nähtud kanderakett edukalt vertikaalasendis maandada ettenähtud kohas, umbes 10 km kaugusel stardipaigast.

Marsi maanduri seismomeetri vaakumsüsteemis sundis seda ära jätma. Katsed leket tihendite vahetusega kõrvaldada ebaõnnestusid. Seade nõuab nüüd ümberehitust, kuid järgmine sobiv ajavahemik stardiks saabub alles mais 2018. Kas projekti eelarve seda võimaldab, pole veel selge.

• **Veel lisavarustust ISS-ile:**

23. detsembril 2015 pökkus mehitamata Vene veolaev rahvusvahelise kosmosejaamaga ISS. Laadungiks oli 2,5 tonni kütust, vett, toitu ja teisi varusid. Kaks päeva varem startinud veolaev oli uuest, modifitseeritud seeriast Progress-MS, mis on nüüd täielikult digitaalne ning varustatud täiustatud pökkumissüsteemiga.

NASA, ESA, AND THE HUBBLE HERITAGE TEAM



• **Marsi-missiooni edasilükkumine:**

22. detsembril 2015 teatas NASA Marsile suunduva missiooni Insight stardi edasilükkamisest. Start oli planeeritud märtsis 2016, kuid leke

Jüri Ivask
Horisondi kosmosekroonik

Muuseumi superstaarid ja nende nõudmised esinemiseks

Esemeid, mida muuseumide ekspositsioonisaalide vitriinidesse välja pannakse, võib võrrelda superstaaridega.

Sarnaselt kuulsustele on neil esinemise ajaks oma kindlad nõudmised.



Vitriin näituselt „Vae-vatud artefaktid ekstreemsetes kliimatingimustes” (22.09–08.11.2015 ERM-i näitusemajas). Tegemist on kuiva säilituskeskkonda (RH <30%) iseloomustava vitriiniga, mille keskel võib näha oranžikaid silikageeli-graanuleid.

FOTO: ERM / ARP KARM

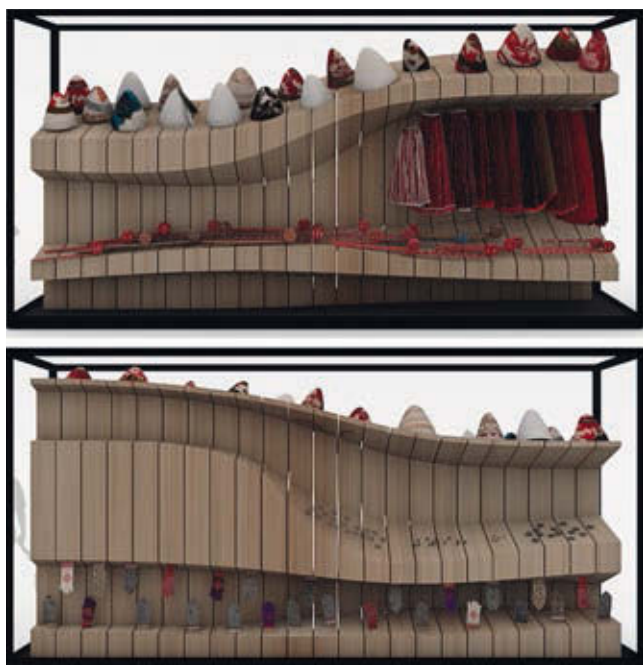
Üldiselt tuleb eksponaatidele tagada ettenähtud piiridesse jääv stabiilne temperatuur ja õhuniiskuse tase, kontrollitud valgustus ja saasteainetest vaba õhk – kõik pealtnäha vägagi teostatav. Tegelikult on aga selliste keskkonnatingimuste tagamine küllalt keeruline.

Stabiilse säilituskeskkonna loomiseks ja näituseaalide õhus leiduvate saasteainete ning tolmu eest kaitsmiseks tuleb esemed vitriinidesse õhutihedalt sulgeda.

Suhtelise õhuniiskuse taset saab väiksemates või keskmise suurusega vitriinides hoida kontrolli all spetsiaalsete

niiskust imavate silikageeligranulite abil. Silikageeligranulid (mida võib olenevalt vitriini suuruselt mitu kilo vaha minna!) peidetakse enamasti vitriini sokliosadesse. Temperatuuri reguleeritakse üldiselt näituseaali temperatuuriga, kusjuures arvestatakse sedagi, et vitriinide valgustite lambid ei eraldaks soojust. Vitriinisisest mikrokliimat jälgitakse logerite abil, valgust mõõdetakse luksmeetriga.

Esemete säilitamise õhutihedalt suletud vitriinides teeb aga keeruliseks asjaolu, et aja jooksul eralduvad teatud



ERM-i uue püsinäituse üks kavandatud vitriinidest. Puitpinnale on asetatud villased seelikud, vööd ja kindad, aga ka erinevatest metallidest ehted ja hõberahad. Villastest esemetest eralduvad väävliühendid ja puitpinnalt aurustuv formaldehüüd korrodeerivad metalle. Tegemist on probleemse vitriiniga.

materjalidest lenduvad orgaanilised ühendid, mis kuhjuvad suletud keskkonnas ja võivad tundlikke eksponaate sel viisil kahjustada. Näiteks villastest kangastest ja kudumitest eralduvad väävliühendid, mis mõjutavad hõbedat, vaske ja plastikuid. Puit (eriti tamm) ning erinevad puitplaadid (MDF, OSB, vineer) eritavad orgaanilisi happeid, mis korrodeerivad metalle ja kahjustavad siidi, paberit ning keraamikat. Ohtlikud ühendid võivad pärineda nii museaalidest kui ka vitriinide valmistamiseks kasutatud materjalidest. Vitriinis koos oleva materjali kogus on muidugi määrav – tamme-puidust valmistatud riulist eraldub enam orgaanilisi ühendeid kui sellele asetatud eksponaadist.

Seetõttu tuleb hoolikalt valida, missuguseid esemeid vitriinidesse kokku paigutatakse (näiteks villased kindad ja hõbeehted ei tohiks kõrvuti asetseda). Tunduvalt olulisem on aga tagada, et materjalid, millest vitriinid on valmistatud, ei põhjustaks eksponaatidele mingisuguseid kahjustusi. Uute püsinäituste ülesehitamisega Eesti Rahva Muuseumi näitusesaalidesse on see ERM-i konservaatorite jaoks vägagi aktuaalne teema. Kasutamiseks planeeritud materjalide nimekirjas leidis nii mõnigi potentsiaalne „kurjategija“, mis superstaaride heaolu esinemise ajal rikkuda ähvardas. Konservaatorid Ülle Vahar ja allakirjutanu viisid kahtluste kinnituseks läbi kiirendatud vanandamiskatse (nn Oddy testi), mis näitab korrodeeruvate metallkuponide vahendusel kas ja kui ulatuslikult testitavatest materjalidest eraldub kahjustavaid orgaanilisi ühendeid.

Katsetusest ja selle tulemustest saab lähemalt lugeda ERM-i blogist aadressil <http://blog.erm.ee/?p=6823>. •

 Karoliine Korol
Eesti Rahva Muuseumi konservaator

HORISONT KIRJUTAS

40
aastat
tagasi

HORISONT 2/1972, LK 1–6.

24. veebruaril 1976. aastal algas Moskvas NLKP XXV kongress, kus paljude tähtsate probleemide arutamise kõrval püstitati põhjapanevad tähised ka kogu suure riigi põllumajanduse ette. Horisont kutsus toimetusse tuntud põllumajandusjuhid ja teadlased, et arutada eelnenud ja järgnenud viisaastaku ülesandeid vabariigis. Paide rajooni 9. Mai kolhoosi esimehe Endel Liebergi ja Jõgeva rajooni Adavere nädissovhoosi direktori Viktor Meistri toona-sed mõtted kutseharidusest sobivad ka tänasesse päeva.

„Endel Lieberg: Vajadus heade mehhanisaatorite järele läheb üha suuremaks. Et meil on kolmandik loomadest laudas, siis on traktor farmis asendamatu. Niisiis ootame sellelt viisaastakult mehhanisaatorite ettevalmistamise tõhustamist.

Viktor Meister: Eriti on puudus keskharidusega traktoristidest. Vaid Põltsamaa maakutsekool hakkas neid ette valmistama. Konkurss sinna pääsemiseks oli väga tihe. Sest missuguse maapoi siida ei hakka kiiremini tuksuma, kui traktorit näeb. Pealegi saab ta peale kutse ka keskhariduse. Panna praegu võimsa traktori peale kuuekuulise kursuse läbiteinud mees, tähendab visata 10...12 tuhat rubla vastu seina. Tahaks loota, et maakutsekoolide võrgu laienemine vabariigis oleks alanud viisaastaku esimesi samme. Ja kas poleks aeg mõelda sellele, et niisugune kutsekool töötaks eesrindliku majandi baasil.”

30
aastat
tagasi

HORISONT 1/1986, LK 2–4.

Kas keegi teab, mida tähendab sõna 'evitama'? Viie-nelja-kümnesed vist eriti ei mäleta, nooremad ei tea kindlasti üldse. 30 aasta eest sattus Horisonti ikka teemasid selle kohta, kuidas keegi midagi kasutusele võttis, ehk millegi kasutamise oskuse saavutas, ehk siis evitas. Tehnikakandidaat Vello Reedik kirjutas toona oma 50. juubelit tähistava Tallinna Poliitehnilise Instituudi masinaehitustehnoloogia kateedris tehtavast teadustööst artiklis „Robotite rakendamine tootmisse – on see lihtne?“, kus ei puudu hädatarvilik kantseliit:

„Kui püüda vastata artikli pealkirjas sisalduvale küsimusele, siis kogemused näitavad, et robottehnilise kompleksi evitamine tootmisse pole kaugeltki lihtne ülesanne. See algab teadus- ja rakendusuuringutega ja lõpeb robotite evitamisega, mis nõuab mehaanika- ja elektroonikainseneride tihedat koostööd./.../

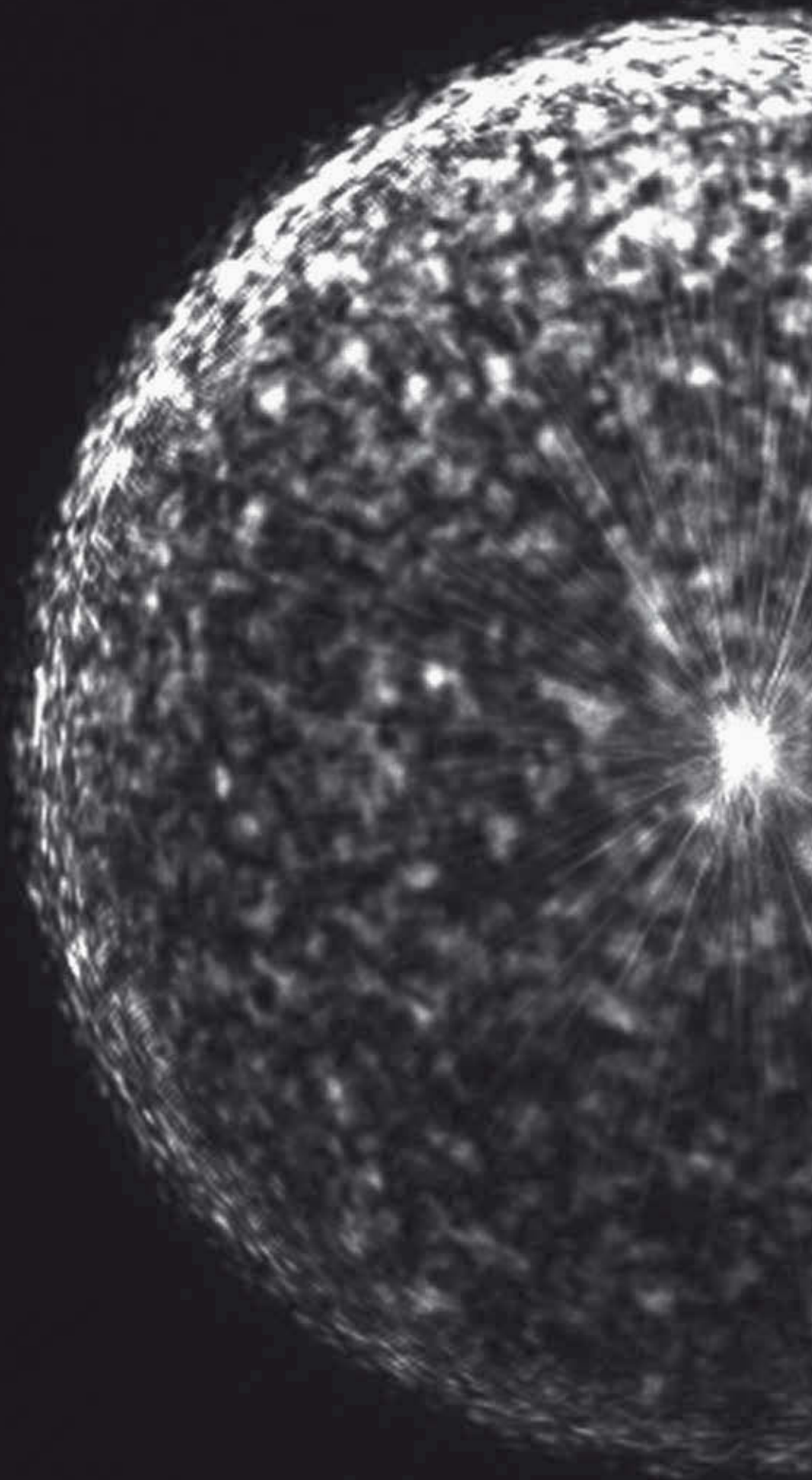
Lähemal viisaastakul seisavad vabariigi tööstuse ees suured ülesanded robotitehnika ja paindootmissüsteemide rakendamisel, mille lahendamisele ka TPI masinaehitustehnoloogia kateeder püüab igati kaasa aidata.”

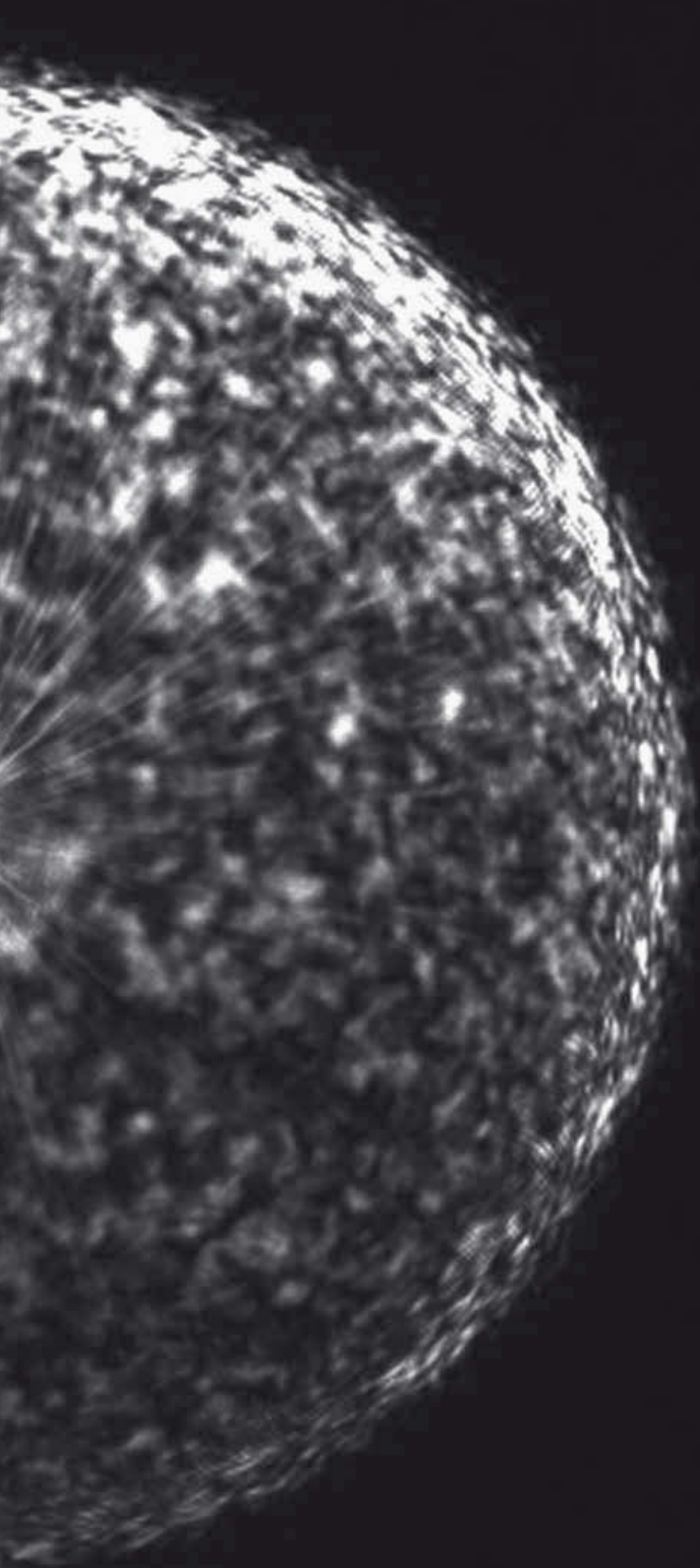
20
aastat
tagasi

HORISONT 1/1996, MAHT 56 LK

Toimetuseveerus annab toonane peatoimetaja Indrek Roht-mets teada, et alates veebruarist 1996 sai Horisonti osaliselt lugeda ka internetist.

Aadressil <http://www.zzz.ee/horisont> enam ajakirja küll ei leia, aga veebis www.loodusajakiri.ee/valjaanded/horisont on arhiiv ja Digaris Horisondi pdf-id täiesti kasutatavad. Kõike mugavam on ajakiri siiski koju tellida, ei pea kahetsema. 20 aastat tagasi kirjutasid Jüri Engelbrecht ja Ragnar Kurm lugejale: „Soovime teile edu tunnetuse pikal teel ja kui saame teid tulevikus aidata, pöörduge toimetuse vahendusel meie poole.” Järgmist poolsajandit alustav ajakiri Horisont soovib jätkuvalt Eesti teadusesse ja teadlastesse puutuvast meie tuhandeid lugejaid aidata.





Roland Matt „VÕILILLESTRUKTUUR”

Tegemist on mõõtetulemusega füüsikalise optika valdkonda kuuluvas eksperimendis, kus uuritakse optilise süsteemi nihkeid, mis on tingitud temperatuuri muutusest. Kujutis on jäädvustatud ilma objektiivita Firefly kaameraga, kusjuures kujutamiseks on kasutatud lääts, mille fookuskaugus on 25,4 mm. Fotol paistab optilise fiibrikimbu ots (50 000 paralleelset fiibrit 24 mikromeetrise sammuga), mille teine ots on paigutatud kergelt fokuseeritud laserkiirde. Kujutise muudavad tähelepanuväärseks keskset laserkiirt ümbritsevad hajuva valguse täpid ja sellest näiliselt lähtuvad vihud, tekitades kolmemõõtmelisuse illusiooni.

Zürichis asuva Šveitsi föderaalsete tehnoloogiainstituudi magistrandi Roland Matti foto pälvis Wikimedia Eesti korraldatud konkursil Teadusfoto 2015 ajakirja Horisont eripreemia.

fast lieb/niemands schädlicher denn im selbs/barm
herzig/machte geen rachtung/das volck hat in lieb
vnd darvon viel ehr. Er wirdt reich/eines grossen
schaffner/gegen leuten güter reden/reder gern mit
im selbst/ein güter rathgeber/Zum erst ist er forch
sam/vnd so erden ernst vermerck so ist er viel güt
vnd künner/Er kumpt in leid vnd vnfall/vn ist bald
vnd viel vberwindlich/Er hebt viel gütes an/vnd
bringe doch wenig zum end. Geistlicher stand ist im
nuglicher den Weltlicher/hat frawen lieb/Es were
den im zwey ehelicher weiber angezeigt/vnd ist er
Geistlicher vbung/so werdens zwö pfründen/dar
von er wirdt haben güt vnd ehr. Sein höchsts glück
in wandernung/frend/nuz/gewinn der digniteten
oder ehren/zeigen die lande des auffgangs/d Son
nen vnd Mittags/Der nidergang ist mittelmässig.
Aber sein höchstes vnglück des verlust/abfallung
der ehren/nor/arbeit/seindes schaffts/seind die lande
der mitternacht vnder worffen. Sein glück hafftige
farben seind/schwarz/rot/gelb/leberfarb/blaw/
gemengt/Aber grün/braun/weiß/seind böß. Sein
höchste nuzung oder vbung des gewinns/das ist al
le ferwerwerck/oder solcher vbung/auch alles das
aus der erden wechse/lüfftigs oder erdisch. Aber
sein böchster vnnuz/seind in vbung der wasserich
ten ding/oder solcher erbtschafften. Seinn böchster
schmerz vnd krankheiten des leibs/werden sich in
der linden seiten/vmb die brust/milch/lung/inngen
weid/auch im hals erzeigen/im werden zukommen
vielseltzamer krankheiten. So er in sein bestes we
sen

sen kumpt/stirbt er vndt geht auß wie ein liecht.

In Weidlin geboren inn solcher zeit/ist sich
mit solcher Naturen vergleichen. Wirdt
höchst schambafft/schwehafftiger wort/
hat nie weibisch geberd oder sitten an ihr/sie kumpt
in trübsal/vnd leidet viel ansehung/das macht
sie se selbs/vnd ein nachbawer thut vbel an ihr. Sie
ist außwendig weiß vnd Geistlicher geberden gegen
den leuten/inwendig aber nartlicher lieb der märe
ner inn bulschafft/aber sie kumpt am alter zu güter
narnung von zwey Ebllicher mäner. Ir glück vnfall
vnd farben des gewands/steht wie oben gunde.

Seinbock.



In Anablin gebo
ren zwischen dem
viti. tag Christma
nats vnd vi. des Jeners
ist von Natur des Sein
bocks auß der Melancho
ley der Complexion Sa
turni. Kalt/trucken/wei
bisch an den sitten/vnset
wandelmütige sinne/ver
mischt schwarz vnd braun farbe am anseichte/n
der gebognen hauptes/siber genn vnder sich/dicke
leffgen/trauß har/weite augen/groß augbrohen/
weit nase löcher/volles anseichte/hat ein dicken hals
ein hohe grosse brust/magern leib vnd subtil vnden

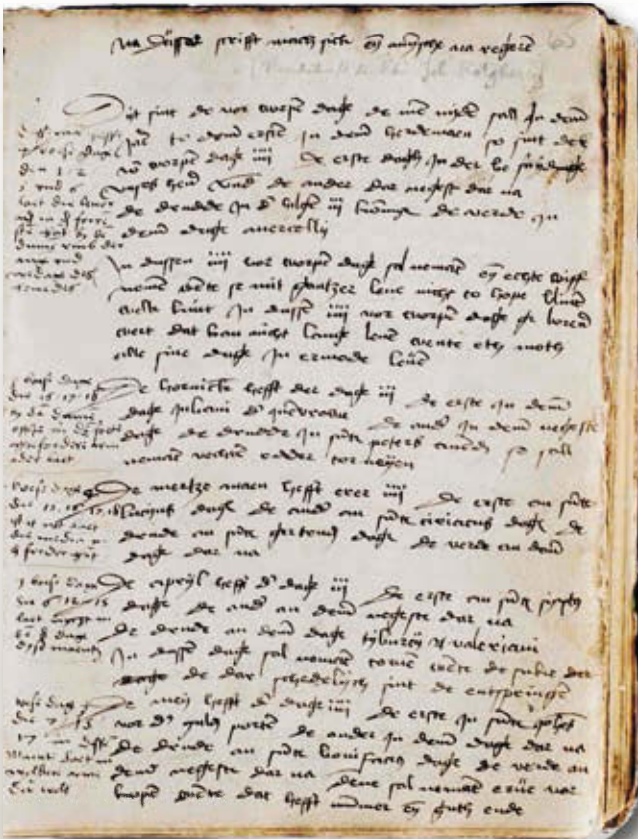
Die katarinke gebore di. 11. Januarij 1550
vnd von Bünnant des morges fort die na
ch der klorke 7 geplage/die kiste dary
im olde manke 22

- Peatükk Jäära tähtkujus sünninute iseloomustuseks 1545. aastal
Maini-äärses Frankfurdis trükitud „Planeetide raamatus”.
Ääremärkustena Urban Dene ülestähendused poja Merteni sünnist
19. detsembril 1540 ja tütre Katarinke sünnist 11. jaanuaril 1556.

- Hans Rotgersi käega ümber kirjutatud käsitus nn headest ja
kurjadest päevadest.



Messingist köitesulguri detail.



Tallinna müntmeistri astroloogiline abimees

DOKUMENT: koondköide astronoomia-, astroloogia-, religiooni-, maateaduse- ja ajalooalastest töödest

VALMISTAMISE AEG: 16. sajand

ARHIIV: Tallinna Linnaarhiiv, fond 230, nimistu 1, säilik Htr. 27

MÕÖTMED: kõrgus 210 mm ja laius 150 mm.

MATERJAL: paber

1530. aastate algul saabus Tallinna Saksamaalt Jülichist pärit Urban Dene. Siin astus ta esmalt Mustpeade vennaskonna, pärast abiellumist aga Suurgildi liikmeks. Alates 1537. aastast oli Dene Tallinna müntmeister. Urban Denest sai Tallinna mõistes väga jõukas mees. Kui ta 1560. aastal suri, moodustas tema vara väärtus arvutuslikult ligi neli tsentnerit puhast hõbedat. Denel oli ka oma aja kohta rikkalik raamatukogu. Üks tema raamatutest – kuut astronoomia, astroloogia, religiooni, maateaduse ja ajaloo valda kuuluvat lühiteost sisaldav koondköide – on tänapäeval hoiul Tallinna Linnaarhiivis.

Viis konvoluudi teost on trükitud ajavahemikus 1519–1545, kuues töö – käsikirjaline ülevaade nn headest ja kurjadest päevadest – aga kopeeritud Tallinna suurkaupmehe Hans (Johan) Rotgersi käega.

Rotgersi tegevusvaldkond oli üsna laialdane: 1488. aastast oli ta Niguliste kiriku eestseisja ja hiljemalt 1492. aastast raehärra, ärimehena kauples ta soola ja isiklikust kivimurrust pärit ehituskividega ning pidas kõrtsi või võõrastemaja. Raehärrana usaldati Rotgersile mitmeid diplomaatilisi ülesandeid, sealhulgas pidas ta 1514. aastal kaubanduslääbirääkimisi Pihkvas ja Novgorodis.

Üks Urban Dene kolmest abikaasast oli Hans Rotgersi teisest abielust sündinud poja Merteni lesk Barbara Heueleff. Nii võiski osa Rotgersi pärandist jõuda müntmeistrini ja leida koos sama valdkonna trükistega tee koondköitesse. Raehärra käega kirjutatud tekst on sisult lähedane ühele konvoluudi trükistest – 1519. aastal Lübeckis välja antud „Uuele kalendri“, mis võis samuti pärineda Rotgersi raamatukogust.

Muu hulgas nimetab Rotgersi tekst olulisteks sündmusteks või tegevusteks (naisevõtt, lapse sünd, kahevõitlus, kinnisarvatehingud jms) ebasoodsaid päevi. Näiteks jaanuaris langevad need Rotgersi ära kirja järgi 1., 2., 6. ja 16., veebruaris aga 16., 17. ja 21. kuupäevale. Lisaks käsitletakse aadrilaskmist, inimese välimuse ja iseloomu sõltuvust tema sünnitähktujust ning toitumissoovitusi vastavalt kalendrikuule. Rotgersi teksti otsest eeskuju pole küll õnnestunud leida, ent eri laadi käsitlused „headest ja kurjadest päevadest“ ringlesid varauusaegsel Saksamaal üsna laialdaselt.



Tallinna müntmeistrile Urban Denele kuulunud koondköide.

Konvoluudis sisalduvasse „Planeetide raamatusse“ (1545) on Urban Dene teinud märkusi oma laste sünni kohta. Siit selguvad Katharyna (1537), Urbani (1538, Tallinna müntmeister 1570–1585), Anna (1539), Hansu (1557), Merteni (1540) ja Katarinke (1556) sündimise aastad, nädala- ja kuupäevad ning kellaajad. Võimalik, et astroloogiahuviline müntmeister jäädvustas need andmed mitte üksnes perekonnakroonika tarbeks, vaid ka laste loomuse hindamiseks astroloogia vaatevinklist. •

 **Tiina Kala** (1967) on Tallinna Linnaarhiivi teadur ja TLÜ vanemteadur.

Horisont 50

Horisont tähistab tänavu 50. ilmumisaastat. Väärika tähtsündmusega seoses esitasime meie püsiautoritele, kes kõik on oma ala tuntud tegijad nii siin- kui sealpool piiri, kaks küsimust. Esiteks: mida peate poolsajandile tagasi vaadates enda uurimisvaldkonnas inimkonna jaoks kõige olulisemateks saavutusteks ja avastusteks? Teise, personaalse küsimusega heidavad vastajad pilgu tulevikku.



SCANPIX

ENN TÕUGU ARVUTITEADLANE

• Pean enda uurimisalaks arvutiasjandust, sest olen olnud selles valdkonnas tegev alates ajast, mil polnud veel mõisteid nagu tarkvara, andmebaas või arvutivõrk. Olid vaid mõisted arvuti ja programm. Viiskümmend aastat tagasi tekkis operatsioonisüsteemi mõiste. Viis aastat hiljem tekkis esimene arvutivõrk USA uurimiskeskuse ARPA initsiatiivil. Täpselt viiskümmend aastat tagasi ehitati valmis ka Eestis esimene siin projekteeritud digiarvuti STEM, mis oli oma ajast ees olev miniarvuti. Kõige olulisemateks saavutusteks oma valdkonnas pean interneti ja mikroprotsessorit, täpsemalt – riistvara kiipe.

Internet on koos veebiga saanud tohutu võimsaks infotöötamise masinaks. Veebi võiks ka eraldi saavutusena märkida. Kuid veeb põhinebki suurel määral internetil ning lisaks sellele veel ainult kokkuleppel, kuidas viidata arvutites paiknevatele tekstidele, mis võivad asuda maailma mistahes otsas (html tekstikujul).



PILDID JOONISTANUD TOOMAS PÄÄSUKE

Riistvara minek ränikristalli peale tagas arvutite tohutu töökindluse, arvutuskiiiruse ja mälumahu kasvu. Selle tulemusena tekkis mikroprotsessor ning peagi ühel kristallil paiknev arvuti, mille võimsus on tänapäeval tunduvalt suurem, kui näiteks 50 aastat tagasi meile hästi tuntud arvutil Minsk 22. Viimane võttis enda alla terve saali.

Tänu oma miniatuursusele ja odavusele on mikroprotsessor, või täpsemalt kiibil olev mikroarvuti nüüd saamas igasuguste asjade loomulikuks osaks. Võtkem või mänguasjad, millel üha sagedamini on oma mikroprotsessor. Suuremad masinad ja liiklusvahendid (autod, laevad, lennukid) sisaldavad arvutul hulgal mikroprotsessoreid. Isegi väike lõbusõidu purjejaht võib sisaldada vähemalt tosinat mikroprotsessorit, mis on pealegi omavahel ühenduses andmesidevõrgu kaudu.

Oleksin oodanud suuremat arengut informaatika fundamentaalses osas. Teisisõnu, informaatikas on vähe teadust ja palju tehnikat/tehnoloogiat. Näiteks, me ei oska mõõta teadmisi, me ei ole ühte meelt isegi teadmiste mõiste osas, mis ometi peaks olema üks fundamentaalsemaid mõisteid. Teadmistel põhineb ju kogu tehisintellekt. Suur osa teoreetilisest arvutiteadusest meenu tab mulle varese nokkimist küntud vao peal. Mõned tublid teadlased on oma võimete sahaga vaod ette küündnud, ja nendel toimub järelnokkimine, mille tulemusena ilmub suurel hulgal ebahuvitavaid teadusartikleid. Sellist tegevust soodustab nii teaduse rahastamise süsteem kui ka teadustulemuste mõõtmine trükiste arvu kaudu.

• Kas me suudame kontrollida tehisintellekti? Kas seda on vaja?

Ma vastaksin üldisemalt: on oht, et me ei suuda kontrollida automaatseid, meist sõltumatuid infoprotsesse meie endi loodud internetipõhises keskkonnas, mida kutsutakse küberruumiks. Kuid seda oleks vaja küll. Suurt hulka andmeid koos nendes sisalduvate teadmistega võime võrrelda suure koguse energiaga, nimetades seda kasvõi intellektuaalseks energiaks. On oht, et infosfääris tekivad sarnased katastroofid, nagu olid Fukushima või Tšernobõl materiaalses sfääris.

See, mida võiks nimetada tehisintellektiks, ei pruugi tekkida mingi kasti kujul ega ka mingi kindlapiirilise programmi kujul. See võib tekkida kui virtuaalne võimekus internetis. Kasti saaks purustada, programmi saaks heal juhul ka peatada. Mida teha aga hajusalt eksisteeriva tehisintellektiga? Ei ole kindel, et keegi suudaks seda peatada, maksmata kogu interneti hävitamise hinda.

Kurja tehisintellekti kõrval võib osutuda ohtlikuks, kui tehisintellekti kasutavad kurikaelad. See oht jõuab kätte kindlasti enne ülivõimsa tehisintellekti teket. Tegelikult küberkurjategijad juba kasutavadki intelligentseid küberründe vahendeid. Kui tehnikud intelligentseid võimekused, nagu õppimine, arutlemine ja planeerimine arenevad veel edasi, suureneb ka nende väärkasutamise oht. •



SCANPIX

JAAN EINASTO

ASTRONOOM

• Viiekümne aasta jooksul on toimunud kiire areng kosmosetehnoloogias, milles ka Eesti teadlastel on olnud märkimisväärne roll. Olulisematest saavutustest mainisin geofüüsikaalaseid uurimusi koostöös kosmonautidega. Tartu observatooriumis Charles Villmanni algatusel välja töötatud ja meie inseneride valmistatud seadmed leidsid kasutamist kosmoselaevadel Maa atmosfääri üla-kihtide uurimisel. Viimaste aastate olulisemaks tulemuseks kosmosetehnoloogia arendamisel on ESTCube'i projekt. Mart Noorma algatusel õnnestus Tartu ülikooli tudengitel koostöös teiste ülikoolide ja keskuste noortega leida väga hea lahendus tehnoloogilistele probleemidele ning ESA raketiga lennutada orbiidile mini-satelliit.

Teistest arengutest tuleks märkida Maa uurimist kosmosest ehk kaugseiret. Ka sel alal on Eesti teadlastel häid tulemusi.

Kui maailma mastaabis vaadata, siis kosmosetehnoloogia on arenenud aeglasemalt kui esialgu arvati. Osalt on see tingitud asjaolust, et pole enam suurriikide vahelist võidujooksu kosmose hõivamisel. Ka osutusid tehnilised probleemid kosmose hõivamisel tunduvalt raskemaks.

• Millal võib Teie hinnangul saabuda selgus astronoomia ühe suurima mõistatuse ehk siis tumeaine täpsema olemuse kohta?

Tumeaine uurimisel oli juba 1980. aastate alguses selge, et see peab koosnema mingitest mittebarüonaine (osakeste füüsika objektid) osakestest. Esialgu tundus, et sobivaks kandidaadiks on neutriinod. Parema kooskõla vaatlustega annaksid senitundmatud osakesed, mis liiguvad neutriinodest aeglasemalt. Algasid tumeaine osakeste otsingud suurimate kiirenditega, seni edutult. Viimased CERN-is tehtud katsed on näidanud, et tumeaine osakeste detekteerimiseks on arvatavasti vaja veelgi suurema võimsusega kiirendeid.

On levinud arvamus, et kõige täpsemat infot tumeaine kohta annavad astronoomilised vaatlused Universumi ehitusest. Seega oleme tagasi alguses, kui pea kogu vajalik info tuli astronoomilistest vaatlustest. On koostatud suured galaktikate ülevaated ning veelgi sügavamad on alustatud. Kõik see annab infot nii tumeaine loomuse selgitamiseks kui ka galaktikate ja galaktikasüsteemide tekkimise ning arengu mõistmiseks. Vaatlusandmetest arusaamiseks on vaja kasutada uusi meetodeid, mille arendamisel on Eesti astronoomidel olnud tähelepanuväärne roll.

Meie tulemusi kosmose uurimisel on Horisondi veergudel hästi kajastatud. Horisont oli esimene ajakiri maailmas, kus tumeaine probleemid leidsid ulatuslikku käsitlemist juba uurimise algaegadest saadik. •





SCANPIX

JÜRI ALLIK

PSÜHHOLOOG

- Erinevalt füüsikast pole psühholoogia isegi ligilähedale jõudnud oma standardteooriale. Õigupoolest on psühholoogias väga vähe teooriaid muidugi tingimuseks, et me ei nimeta kõiki põnevaid jutustusi teooriaks. Fundamentaalse psühholoogia seaduse pakkus välja hoopis majandusteadlasena tuntud John Maynard Keynes juba 1936. aastal: sissetulekute kasvades suureneb ka tarbimine, kuid alati sissetulekute vähem.

Muidugi on viimase 50 aastaga – täpselt nii kaua, kui Horisont on Eesti rahvast harinud – psühholoogias mõndagi juhtunud. Üks kõige olulisemaid avastusi on kindlasti see, et vasaku ja parema aju poolega seostuv teadvus on väga erinev. Selle avastuse tegi noor psühholoog Michael Gazzaniga teise psühholoogi Roger Sperry laboris, kes selle eest ka 1981. aastal Nobeli preemia sai. Selle avastuse tegemiseks oli vaja lisaks uudishimule ka kirurgi skalpelli, mis lõikas läbi ajupooli ühendavad närvikiud.

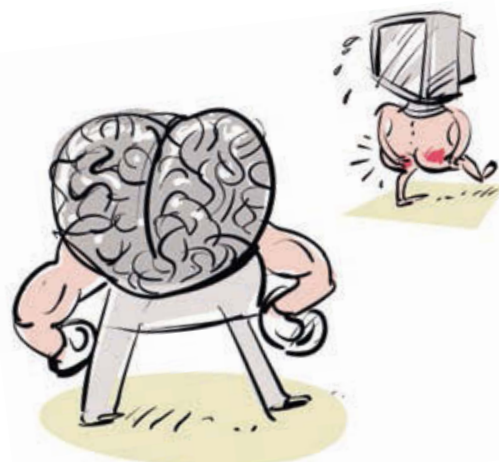
Kindlasti väärib esiletõstmist ka avastus, millel on Eesti juured. Endel Tulvingul ei läinud skalpelli vaja – piisas paberist ja pliiatsist –, näitamaks, et inimese autobiograafiline (episoodiline) mälu on sõltumatu semantilisest mälust. Inimene teab väga hästi korrutustabelit ja oskab mängida malet, kuid ei suuda mäletada mitte ühtegi malemängu korda, isegi kui sellest on vaid kaks minutit möödas. See, et meil on mitut sorti mälusid, oli väga suur üllatus ja on seda veel praegugi.

• Kas inimese iseloomuomadusi on võimalik tulevikus geneetiliste „korrektureidga“ mõjutada?

Ma ei tea midagi, mis sellise „korrektuuri“ võimaluse põhimõtteliselt välistaks. Iseloomu (psühholoogid eelistanud kõnelda isiksuse seadumustest) saame peamiselt geenidega oma vanematelt. Vastupidiselt levinud arvamusele ei saa kasvatuse või hoolsa harjutamisega muuta

sed, kas inimene kaldub tundma negatiivseid emotsioone või ta on positiivse eluhoiakuga; kas inimene on avatud uuele või on ta konservatiivne; kas inimene on pigem sõbralik või kipub ennast teistele vastandama.

Kõige suurem takistus on ilmselt see, et ei ole ühte kurvameelsuse, optimismi, avatuse või korralikkuse geeni. Näiteks inimese kasvu, mis on vaid veidi suurema pärilikkuse mõju all, kontrollib vähemalt paarsada geeni. Poleks mingi ime, kui ühte iseloomuomadust mõjutab vähemalt tuhat geeni. Praegu tundub küll, et nii suurt korrektuuri pole võimalik teha. Seega, kui me usume vabasse tahtesse, siis on vana hea iseloomu kasvatamine geneetilisest „korrektuurst“ veidi lihtsam ja odavam. •



ERAKOGU



MART VIKMAA

BIOLOOG

- Bioloogiale on viimane poolsajand olnud küllaltki saavutusterohke, millest põhimõtteliselt uudsete arusaamade mõttes tuleks esile tuua eukarüootide genoomi ehituse (katkelised geenid) ja sellega seotud mRNA-splaiisingu protsessi, immuunsüsteemi toimimis-



mehhanismi avastamist ning prokarüootide maailma jagamist bakteriteks ja arhedeks. Suurima mõjuga juba nüüd, eriti aga üha kasvaval määral tulevikus on biotehnoloogia laialdase arsenaliloomine ja rakendamine – need on geeni-, raku- ja embrüotehnoloogiad. Tähtsamad avastused ja saavutused, millel need tehnoloogiad rajanevad, on rekombinantne DNA ja transgeensed organismid (GMO), pöördtranskriptsioon, polümeraasne ahelreaktsioon (PCR), *in vitro* viljastamine ja embrüosiirdamine, hübriidomitehnoloogia, imetajate tuumkloonimine, inimese ning muude organismide genoomi järjestamine ning geenipankade ja -varamute loomine ja, lõpuks, tüvirakkude tehnoloogia. Elukoige genoomiandmete töötlemise ja kasutamise otstarbel on võimsalt arendatud bioinformaatikat. Need saavutused lubavad avaraid perspektiive põllumajanduse ja meditsiini arenguteel. Viimasest tooksin näitena sellised suunad nagu soodsamate ravimite tootmine, geeni- ja rakuravi, ennetav diagnostika ja arenev personaalmeditsiin.

• Kui vanaks võib inimene elada, kui ta ei põe ühtegi haigust?

Ma arvan, et sellele vanusele on juba õige lähedale jõutud – tõenäoliselt ei ületa see märkimisväärselt 125 aastat. Praegune kindlalt teadaolev maksimaalne vanus on 122 aastat ja 164 päeva. Selle vanuseni elas Jeanne Louise Calment (21.02.1875 – 4.08.1997) Lõuna-Prantsusmaal. Ta oli kogu elu hea tervisega ja harrastas sportlikku tegevust (nt jalgrattaga sõitis 100. eluaastani). Oli kiitnud ise oma alatist kõigutamatut hingerahu, ei mingit närvitsemist. Elas omaette 110-aastaseni, siis läks hooldekodusse. Oli endiselt heas vormis, käis jalutamas, kuni libastus ja kukkus ning murdis reieluu. Operatsioon oli tema elu esimene tõsisem arstiabi, seejärel jäi ratastooli. Oli endiselt hea tervisega, kuigi suitsetas 117-aastaseni, oli vaimselt ergas, kuid mälu, nägemine ja kuulmine halvenesid oluliselt. Suri „teadmata põhjusel“ ehk raukusnõtrusest.

Üle 110 aastased on valdavalt elanud vabana peamis-

test vanaea haigustest, peaaegu surmani, mis saabub enamasti 110. ja 115. eluaasta vahel. Usaldusväärsel andmetel pole keegi teine peale Calmenti üle 120 aasta elanud. 115 või enam aastaid on kontrollitud andmetel elanud üldse 39 inimest (neist 4 on veel elus), kusjuures mehi ainult kolm.

Vanadushaigused ei ole vananemise põhjuseks, vaid selle tagajärjeks. Hea geneetilise potentsiaaliga vanuritel tõsiseid, pikaajalisi haigusi ei tekigi. Maksimaalne eluiga ei sõltu oluliselt keskmise eluea tõusust. Keskmise eluiga sõltub peamiselt elutingimustest, maksimaalne eluiga aga geneetikast. •

SCANPIX



SIRJE KEEVALLIK

ATMOSFÄÄRIFÜÜSIK

• Atmosfäärifüüsikat on viimase viiekümne aasta jooksul kõige enam edendanud meteoroloogilised satelliidid ja kiired arvutid.

1. aprillil 1960 lennutas USA üles satelliidi TIROS 1. Selle sündmusega algas operatiivne satelliitmeteoroloogia. Kui seni ammutati teavet atmosfääri kohta regulaarsetest vaatlustest maapealsetes jaamades, mida eriekperimentide käigus täiendati mõõtmistega helikopteritelt ja lennukitelt, siis nüüd sai „ääretut õhukooleani“ jälgida ka ülaltpoolt. Praeguseks on TIROS-e sarnaseid satelliite palju. Need tiirlevad ümber Maa umbes 1000 kilomeetri kõrgusel, lendavad läbi pooluste lähedalt ja külastavad iga paika Maal kaks korda ööpäevas.

7. detsembril 1966 algas geostatsionaarsete satelliitide ajastu. Need „ripuvad“ 35 000 kilomeetri kõrgusel ekvaatori kohal ega liigu oluliselt maapinna suhtes, sest teevad



täisringi ümber meie planeedi 24 tunni jooksul. Selliseid satelliite on praegu juba mitmel riigil ja nendelt saabub info maapealsetesse vastuvõtukaardidesse iga poole tunni järel.

Satelliidiandmete kasutamine on teinud oluliselt paremaks ilmaennustused, aga ennekõike annab see pidev jälgimissüsteem märku tekkivatest ohtudest. Nii näiteks pole viimase 50 aasta jooksul märkamata jäänud ükski troopiline tsüklon.

Lisaks kirjeldatutele lennutatakse vahel üles ka spetsiaalseid uurimissatelliite. Me poleks iialgi osanud otsustada, kas pilvkate soojendab aluspinda kasvuhoone-efekti kaudu või jahutab seda päikesekiirgust tagasi peegeldades, kui alates 1970. aastatest poleks mitmel võimalikul viisil mõõdetud kiirgusbilanssi atmosfääri üläpiiril. Selgus, et globaalse keskmisena pilved jahutavad Maad võimsusega 18 W/m^2 . Loomulikult on eri maakohdades eri aastaagadel ja eri kõrgustel see mõju mõnevõrra erinev.

Kui Lewis Richardson 1922. aastal tuli välja ideega, et ilmaprognoosi kui füüsika ülesannet saab lahendada arvutuste teel, oleks ta vajanud 64 000 kalkulaatoritega varustatud inimest, et ülimalt keerulise juhtimise all õigeks ajaks prognoosiga toime tulla. Õnneks oli maailma sündinud matemaatikageenius John von Neumann, esimese elektronarvuti looja. Ja kui 1960. aastate lõpul Syukuro Manabe ja Kirk Bryan koostasid esimese üldise tsirkulatsiooni mudeli, mis arvestas liikumisi ja muutumisi nii õhus kui ka ookeanis, oli vaja vaid need kaks asja kokku panna. Manabe ja Bryani arvutil Univac 1108 oli mälu vaid pool megabaiti ja atmosfääri modelleerimine ühe päeva jaoks võttis aega 20 minutit. Viisakad super-arvutid, mida tänapäeval ilma- ja kliimamudelid kasutavad, on oma 100 000 korda võimsamad.

• Kas täpne ilmaprognoos on põhimõtteliselt võimalik?

„Kokkuvõttes tuleb raadio ilmateate üle nurisejatele vastata, et ilma ennustamine kui tahes üksikasjalikult kuitahes pika aja peale on põhimõtteliselt võimatu,“ kirjutasin ma 1977. aasta Horisondis nr 12 ilmunud artiklis.

Tõepoolest, põhimõttelisi asju ei saa muuta ei arvukate satelliitide ega hirmsuurte arvutusvõimsustega. Ilm oli, on ja jääb teatud mastaapidest alates kaootiliseks nähtuseks. •

SCANPIX



MART SAARMA

MOLEKULAARBIoloog

• Minu arvates on kolmel avastusel olnud teaduse ja tehnoloogia arengule erakordselt suur mõju. Kogu möödunud sajandi suurimaks avastuseks pean geneetilise koodi selgitamist. Idee geneetilisest koodist postuleeris DNA kaksikspiraali avastaja Francis H. C. Crick varem, aga 1966. aastaks oli selge, et kogu elus loodus toimib vastavalt geneetilisele koodile. Geneetiline kood, „geneetika keel“, on neljatäheline, moodustades kolmetähelisi „sõnu“. See keel on universaalne ja kogu elav loodus kasutab seda põhimõtteliselt samal viisil.

Teiseks põhjanevaks läbimurdeks pean meetodite loomist DNA nukleootiidse järjestuse selgitamiseks. Siin oleme tänu võlgu eelkõige inglise teadlasele, kahekordsele Nobeli preemia laureaadile Frederick Sangerile. USA teadlase Walter Gilberti põhjanevatel töödel oli samuti suur roll selles läbimurdes. Tänu nende töödele tunneme me tänapäeval viiruste, bakterite, seente, taimede, loomade ja ka inimese DNA ja geenide täpset struktuuri. Tänu sellele tehnoloogiale võime diagnoosida haigusi, selgitada haigust tekitavaid mutatsioone, selgitada inimese põlvnemist ja rännet, nabida kinni kurjategijaid jne.

Kolmandaks põhjanevaks avastuseks pean geeni-tehnoloogia sündi. Selle tehnoloogia abil suudetakse geene siirdada ühelt organismilt teisele ja luua uute omadustega baktereid, seeni, aga ka uusi ravimeid, vaktsiine, toota uute omadustega ensüüme tööstuse tarbeks jne. Geenitehnoloogia on täielikult muutnud nii bioloogiat kui ka meditsiini ja loonud tööstuse, mille tulu on umbes sada miljardit eurot aastas. Olgugi, et esimese hübriidse DNA molekuli konstrueeris 1972. aastal Stanfordi ülikoolis Paul Berg, kuulub kaasaegse geenitehnoloogia meetodite loomisele au Herbert Boyerile ja Stanley Cohenile. Herbert Boyer on ka ühe kõige edukama biotehnoloogia firma Genentech looja.

• **Millal hakkavad neuronid teadlasi ja meedikuid „kuulama“?**

Olgugi, et moodne bioloogia ja biomeditsiin on teinud kiire ja väga muljetavaldava arengu, on neurobioloogia ja neuroloogiliste haiguste ravi osas edasiminekuks veidi tagasihoidlikum kui loodeti. Oluline on rõhutada, et ühegi tõsisema neuroloogilise haiguse jaoks pole haigust kõrvaldavat ravimeetodit, sest me ei mõista veel närvirakkude ja aju olulisi toimemehhanisme. Uued aju kuvandamise meetodid ja geenitehnoloogia kasutamine on ka neurobioloogia arengus mänginud tähtsat rolli. Usun, et neurobioloogia suured avastused on alles tulemas. Sellest on ka esimesi märke. Kasutades uut tehnoloogiat aju uurimisel, õnnestus möödunud aastal Nobeli preemiaga hinnatud John O'Keefe avastada aju nn koharakud ning May-Britt ja Edvard Moser avastasid aju GPS-ina toimivad närvirakkude võrgud. Stanfordi ülikooli teadlane Karl Deisseroth on loonud optogeneetika, mis võimaldab tänu optiliste ja geneetiliste meetodite elegantsele ühendamisele reaalajas jälgida üksikute neuronite ja neuronite rühmade tööd elavas ajus. Jennifer Doudna ja Emmanuelle Charpentier said 2015. aastal „The Breakthrough Prize in Life Sciences“ preemia nn CRISPR-Cas tehnoloogia loomise eest. See tehnoloogia võimaldab muuta ajus toimivate geenide tööd ja parandada seal esinevaid mutatsioone. Pole kaugel aeg, kui suudame selle tehnoloogia abil ravida haigusi. Kõik need avastused võimaldavad oluliselt paremini mõista neuroloogilisi protsesse. Ees on äärmiselt põnevad ajad! •



SCANPIX

VALTER LANG
ARHEOLOOG

• Mida aeg edasi, seda raskem on teaduse arengus välja tuua avastusi, mis oleksid „kõige üllatavamad“ või „kogu ühiskonda raputavad“. Jalgratas on ju juba leiutatud, ka relatiivsusteooria loodud, mida siis veel? Pigem võime

teaduse arengust rääkida kui loendamatu „pisiavastuste“ jadast, kus iga uus saavutus oma tagasihoidlikul moel aitab elu edasi viia. Ka arheoloogia pole siin erand: kuigi uusi „sensatsioonilisi“ avastusi lisandub igal aastal, ei ole ükski neist eraldi võetuna suutnud kuigivõrd muuta meie väljakujunenud arusaamu inimkonna esiajaloo kulgemisest. Kui aga võtta kokku kõik viimase viiekümne aasta avastused, on tulemus teine: meie minevik täna erineb ikka väga kõvasti tollest minevikust, mida arheoloogid oskasid luua pool sajandit tagasi. Seda võib kergesti märgata, võrreldes tänaseid ja kuuekümnendate aastate käsitusi või vaadeldes näiteks arheoloogi pilguga selle maailma arengut, mis heistub James Bondi filmides alates filmist „Dr. No“. Arheoloogi pilk tähendab siin eeskätt ainelist kultuuri ja pikaajalist perspektiivi. Kõik mister M-i vidinad, samuti kogu muu materiaalne kultuur sinna taustaks, kajastavad ju omal moel filmide valmimisaja teaduse tippsaavutusi. Ühelt filmilt järgmisele liikudes on muutused väikesed, peaaegu märkamatud, kuid päris esimesi filme uuesti vaadates tundub elu olevat olnud ikka väga algeline noil kaugetel 1960ndatel, meie Horisondi sünniajal. Vaevalt, et keegi suudab üles lugeda arvukaid teadussaavutusi, mis poole sajandi jooksul on elu maal sedavõrd palju muutunud. Veel vähem jaksab nimetada konkreetseid teadlasi ja insenere, sest tänane teadus – sealjuures järjest enam ka arheoloogia – koos oma avastustega sünnib uurimiserühmades ja uurimiserühmade koostöös, kus enamasti on võimatu kindlaks teha, kelle mingi konkreetne mõte uue ideeni viis.

• **Viieteistkümne aasta eest kehastusite muinasaja lõpuaegade maavanemaks ja andsite selles rollis Horisondile intervjuu. Kui osaleksite praegusel ajal sellises mõttemängus, siis millega täiendaksite tolaegset intervjuud?**

Tegelikult ei küsinud tollal minu käest keegi midagi. Kõnealuse loo Horisondi Millenniumi numbris treisid valmis mu head kolleegid Ain Mäesalu ja Jüri Peets, aga kunstnik, kes Iru vanemat portreteeris, andis sellele tegelasele üsna äratuntavalt minu näo. Ilmselt sellepärast, et mul mõni aasta varem oli valminud pikem uurimus Iru linnamäest ja selle ümbruskonna esiajaloo kohta. Nood küsimused olid sellised enam-vähem lihtsad ja üldhärivad, millele vastamiseks polnuks Iru vanemat õieti tarvis. Et mida söödi ja mida joodi ja kuidas ülepea see värk tollal käis. Kui minul tööpoolest oleks olnud võimalik kohtuda Iru pealikuga, oleksin küsinud hoopis teisi küsimusi – selliseid, mis mu oma uurimuses jäid pelgalt oletuse ja tõlgenduse tasandile. Näiteks: kuidas linnuse ehitamine tegelikult käis, kes ehitasid ja kuidas Iru vanem neid selleks sundida sai? Kust ilmusid välja need sajad inimesed, kes asusid elama linnusest ja selle jalami-asulast koosnevasse aolinnu? Ja siis veel selline pisike küsimus, kuhu kogu see seltskond mattis oma surnuid, sest me pole siiani leidnud ühegi viikingiaegse linnus-asula juurest kalmistut? Oh, ja seesuguseid küsimusi oleks mul tegelikult veel õige palju. •

Kunstniku nägemus keraja täheparve punasest hiiust ja selle
planeedisüsteemist.

MIHKEL KAMA

ASTRONOOMIA KUTSUV HORIZONT

autoriõigus MTÜ Loodusajakiri

Tähtede elus on viiskümmend aastat üksnes silmapilk. Inimeste elus juhtub viiekümne aastaga aga nii mõndagi. Meie teadmiste horisont laieneb ja selgineb pidevalt ning astronoomias pole see tõsiasi ainult kujundlik, vaid ka sõna otseses mõttes tõsi. Mõistame oma Universumit järjest paremini ja näeme seda ka selle kogu rikkuses selgemini. Milline on astronoomia silmapiir Horisondi 50 aasta juubelil?

Tänapäeva astronoomia prioriteedid on üsna hästi kaetud kahes aruandes: Euroopa kosmoseagentuuri (European Space Agency, ESA) fundamentaalteaduse programmis Cosmic Vision 2020 ning Ameerika Ühendriikide teaduste akadeemia astronoomia ülevaates 2020. aastateks. Kui lisame omalt poolt eraldi teemana gravitatsioonilained, koorub välja järgnev nimistu:

1. Kuidas tekkis ja toimib Päikesesüsteem?
2. Kus ja millised on meile kõige lähemad elukõlblikud planeedid?
3. Millised on planeetide ja elu tekkimiseks tarvilikud tingimused?
4. Kuidas tekkisid esimesed tähed, galaktikad ja mustad augud?
5. Kuidas Universum tekkis ja millest see koosneb?
6. Millised on Universumi fundamentaalseadused?
7. Kas gravitatsioonilained on olemas ja mida me nende abil teada saame?

Tõmbame korraks hinge ja loeme need punktid uuesti üle. Üpris hämmastav, et elame ajastul, mil inimkond suudab sellistele küsimustele vastuseid leida! Tuleb tõdeda, et elame meie valdkonna ühel kuldajal. Vastuste otsimine eeldab aga ka uue astronoomilise infrastruktuuri rajamist, ja nii käsitlemegi järgnevalt vaheldumisi nii teadust kui ka selle tegemiseks vajalikku tehnikat. Oluline on meeles pidada, et mitmed küsimused ei puuduta ainult astronoomiat selle klassikalises mõttes. Tänapäeva täheteadus käib käsikäes elu tekke bioloogia, geofüüsika ja -keemiaga, laboratoorsete uuringute, teoreetilise füüsika ning tehnikateadustega.

Kuidas tekkis ja toimib Päikesesüsteem?

Pluutolt planeedi staatuse äravõtmisega 2006. aastal kaasnes selline furoor, et võiks arvata, et astronoomidel pole Päikesesüsteemis enam midagi huvitavat teha peale energia kulutamise klassifitseerimisega seotud vaidlustele. Vastupidi! Pluuto ümber toimuv oli Päikesesüsteemi uuringute tormilise arengu otsene tulemus. Pikka aega oli Pluuto kõige kaugem massiivne objekt Päikese planeedipere äärealadel, meie

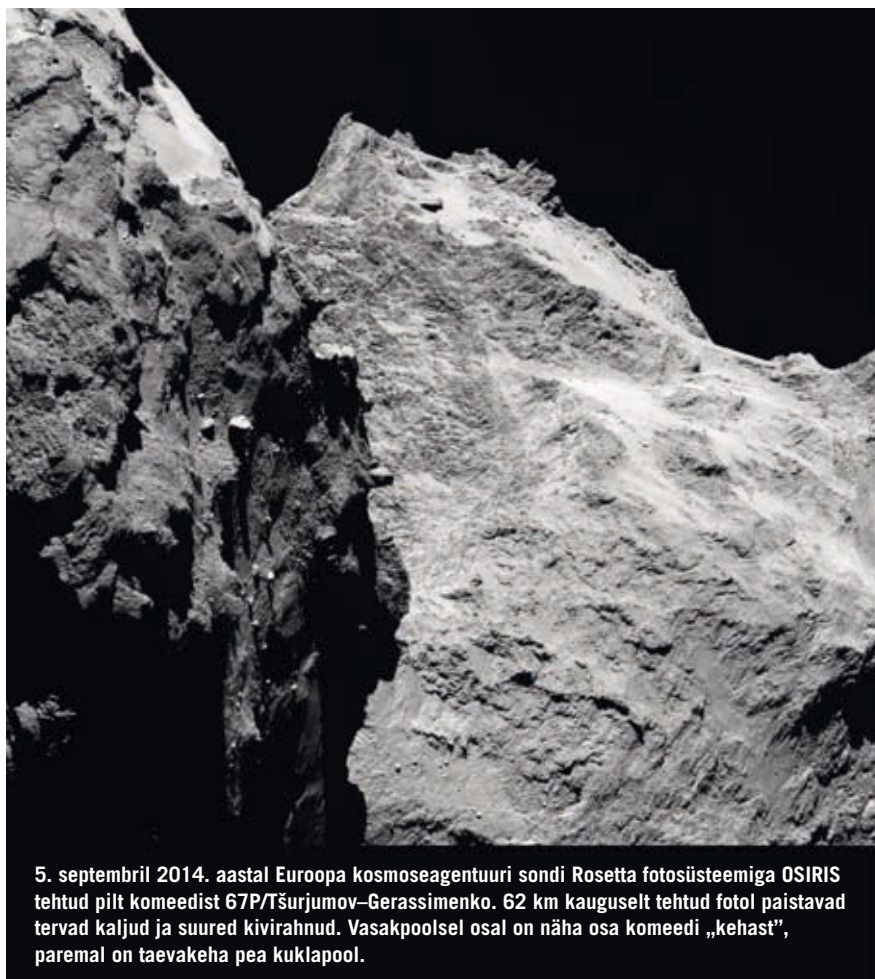
tähest enam kui kolmkümmend korda kaugemal kui Maa. Aeganõudvad otsingud viisid 2005. aastal Pluutost massiivsema ja kaugema objekti, Erise leidmiseni. Sai ka selgeks, et Pluuto orbiidist vahetult väljapoole jäävad nn Kuiperi vöö ja „hajutatud ketas“ sisaldavad palju planeeditekkedest üle jäänud väikekehi, mille suurusjaotus tipneb Pluuto ja Erisega.

Seega viis teadmiste täienemine selleni, et tuli kõik need objektid kas planeetideks kuulutada või planeedi definitsiooni koostöös teadmiste arenguga kaasajastada. Astronoomid valisid viimase. Pluuto ja Eris kuuluvad nüüd uude alamkategoriasse nimega kääbusplaneedid, ehkki sama hästi või veelgi paremini võiks neid nimetada protoplaneetideks – kivist ja jääst koosnevateks hiigelpallideks, mis ei jõudnud pärisplaneedi suuruseni kasvada. Kääbusplaneetide hulka kuuluvad veel näiteks Pluutost kaugemale jäävad jäised pisimaailmad Makema-

Tänapäeva täheteadus käib käsikäes elu tekke bioloogia, geofüüsika ja -keemiaga, laboratoorsete uuringute, teoreetilise füüsika ning tehnika-teadustega.

ke, Haumea ja Sedna, aga ka Marsi ja Jupiteri vahel asuvas asteroidivöös paiknev Ceres.

Möödunud paar aastat olid Päikesesüsteemi uuringutes erakordsed seetõttu, et Euroopa ja Ameerika Ühendriikide sondid võimaldasid meil esmakordselt lähedalt uurida nelja olulist planeeditekke jäänukit: kahte kääbusplaneeti (Pluuto ja Ceres), suurimat asteroidi (Vesta) ning ühte komeeti (67P/Tšurjumov-Gerassimenko). Nende



5. septembril 2014. aastal Euroopa kosmoseagentuuri sondi Rosetta fotosüsteemiga OSIRIS tehtud pilt komeedist 67P/Tšurjumov-Gerassimenko. 62 km kauguselt tehtud fotol paistavad terved kaljud ja suured kivirahnud. Vasakpoolisel osal on näha osa komeedi „kehast“, paremal on taevakeha pea kuklapool.

ESA

kehade uurimine on harukordne viis täiendada planeeditekke teooriaid kohapeal kogutud tõenditega. Ehkki NASA ja ESA sondide Dawn, New Horizons ja Rosetta abil saadud andmete analüüs alles käib, on juba näha, et väikeplaneetide geoloogiline aktiivsus ja pinnavormide ning -materjalide mitmekesisus on mõnevõrra suurem kui oodati. Komeedi 67P uuringud ESA sondiga Rosetta on pakkunud uusi andmeid planeeditekke algstaadiumi modelleerijatele ja astrookeemikutele. Näiteks oli täiesti ootamatu, et molekulaarse hapniku sisaldus 67P igivanas jääs on ligikaudu 1%, mida peetakse väga kõrgeks, kuna hapnik on väga reaktiivne. Ehkki komeedi külmades oludes on keemilised reaktsioonid väga aeglased, on neil toimumiseks siiski piisavalt aega olnud, koguni 4,5 miljardit aastat ... Ei ole veel selge, kuidas vaba hapniku kontsentratsioon nii kõrgena püsinud on, kuid on selge, et meie parimad astrookeemilised mudelid vajavad täiendamist. Samuti on 67P jääst juba leitud väga keerukaid

orgaanilisi ühendeid, muuhulgas aminohapet glütsiini, mida on komeedi vesises jääs mõõdetavas koguses tekkinud. Ei ole alust arvata, et 67P pinnal on elu, ainevahetuse ja kohanemismõõmega organismide mõttes, kuid mitmed elu keemilised ehituskivid on seal olemas.

Lähiaastatel jätkuvad mitmete riikide aktiivsed Marsi- ja Kuu-uuringud, uued sondid jõuavad ka Merkuuri ning hiidplaneet Jupiteri juurde. Mis on seal huvitavat? Merkuur on võrreldes Päikesesüsteemi keskmise koostisega erakordselt rauarikas ja selle põhjused ei ole selged. Jupiteri enda kohta ei tea me planeeditekke teooriate jaoks olulist suurust – selle hapnikusisaldust. Seda peab aga mõõtma kohapeal. Jupiteri puhul on lisaks väga oluline, et mitu selle kuud on omaette huvitavad planeedilaadsed kehad. Eelkõige Europa, jääne kuu, mille külmunud pinna all loksus kümnete kilomeetrite sügavune ookean. Kui tehnoloogiline areng seda ükskord lubab, ehkki ilmselt mitte enne paariküm-

met aastat, saab Europa ookean olema üks kõige huvitavamaid kohti Päikesesüsteemis, kust otsida märke keerukat test orgaanilistest ühenditest.

Kus ja millised on meile kõige lähemad elukõlblikud eksoplaneedid ning planeetide ja elu tekimiseks tarvilikud tingimused?

Möödunud sajandi üheks suurimaks arenguks astronoomias on kindlasti planeetide avastamine teiste Päikeselaadsete tähtede ümber 1995. aastal. Vahepeal oleme teada saanud, et keskmiselt on igal tähel ilmselt enam kui üks planeet, ning et väikesed planeedid on suurtega võrreldes palju arvukamad. Väikeste planeetide all mõtleme siin ligikaudu Maa massiga või kuni 4–5 korda massiivsemaid planeete. See on erakordne areng ja on andnud palju hoogu juurde ka elu otsingutele Universumis, kuna planeedid ja nende kuud pakuvad kõige suurema tõenäosusega elu tekkeks sobivat keskkonda. Elukõlblikkuse all mõistame hetkel planeedi sobilikkust süsiniku-



NASA / JPL-CALTECH / MSSS / DAMIA BOUIC

15. aprillil 2015. aastal marsikulguri Curiosity kaameraga tabatud päikeseloojang Marsi Gale'i kraatri juures. Marss on lähitulevikus üks Päikesesüsteemi ihaldatumaid uurimisobjekte.

põhisele bioloogilisele elule. Selles sisalduvad tingimused, nagu vedela vee olemasolu ning orgaaniliste molekulide olemasoluks ja reaktsioonideks sobiv temperatuurivahemik. Millisel kaugusel tähest õige temperatuur saavutatakse, sõltub nii tähe enda heledusest kui ka planeedi atmosfääri omadustest. Selle ilmeka näide on planeedi Maa temperatuuri tõus süsihappegaasi (CO_2) kontsentratsiooni kasvades, mis on hetkel inimtegevuse tagajärjel hüppeliselt toimumas. Veenus on planeet, kus CO_2 kontsentratsioon on väga kõrge, mis hoiab pinnatemperatuuri 467 tselsiuskraadi lähedal – mitusada kraadi kõrgemal temperatuuril, mis sel oleks Maa-laadse atmosfääri puhul.

Viimaste aastate suurim hüpe eksoplaneetide uuringutes tehti NASA kosmoseteleskoobiga Kepler. See eksoplaneetide küttimiseks ehitatud instrument jälgis mitme aasta vältel pidevalt sama sadat tuhandet tähte ning

täiendas astronoomide varamut mitme tuhande uue planeedikandidaadiga. Võib öelda, et Kepler muutis eksoplaneetide uurimise statistiliselt tõeliselt huvitavaks. Üks olulisemaid avastusi oli, et valdaval osal väikese massiga tähtedest on ülikompaktsed väikese massiga (kuni paar korda Maast massiivsem) planeetide süsteemid, kus mitu planeeti tiirleb oma ematähele lähemal kui ükski planeet meie Päikese ümber. Sellise planeedipopulatsiooni selgitamine on andnud palju huvitavat tööd planeeditekke teooriate ja mudelitega töötavatele teadlastele. Hoolimata Kepleri muljetavaldavatest tulemustest peab aga mees pidama, et Galaktikas on kokku sada miljardit tähte. Seega on läbi uuritud üks miljondik meie galaktika tähtedest, enamik neist Päikese suhtelises kosmilises naabruses. Üks miljondik on sama, kui ühe eestlase küsitlemise põhjal üritada teha ülevaadet Eesti rahvast. Üldpildi meie ajaloost, väärtustest ja

välimusest saaks ehk enam-vähem paika, aga paljud nüansid ja huvitavad erandjuhud ootaksid veel avastamist. Nagu kindlasti ka eksoplaneetide puhul.

Kuidas tekkisid esimesed tähed, galaktikad ja mustad augud?

Üks põnevamaid alasid, kus võib lähiajal suuri ja huvitavaid arenguid oodata, on väga varajase Universumi uurimised. Esimesed galaktikad asuvad meist nii kaugel, et nende uuringud on väga keerukad nii ruumilise lahutuse kui ka pindheleduse seisukohast. Näiteks on lahendamata küsimus, kuidas tekkisid ja millised olid esimesed tähed. Tänapäeval tekivad tähed hiiglaslike molekulaarse gaasi (peamiselt molekulaarne vesinik) ja tolmu (mikroskoopilised mineraalid) pilvede kokkutõmbudes. Selle kokkutõmbumise jaoks on oluline, et turbulentses liikumistes tekkivad juhuslikud tihedushäiritused ei hajuks enne, kui nende

ASTRONOMIA EESTIS

Eesti teadlastel on palju potentsiaali ülaltoodud suurtel teemadel ja ka uute teemade avamises kaasa lüüa. Tartu Observatooriumis, meie astronoomia pikaajases kodus Tõraveres, võib koridorides korüfeede, nagu Jaan Einasto kõrval näha järjest enam uute põlvkondade teadlasi. Mitmed neist on osa oma haridusest läbinud või läbimas laias maailmas. Tumeaine ja Univer-

sumi suuremastaabilise struktuuri uuringud on esindatud mitmes instituudis, muuhulgas on Eesti teadlased seotud ka Euclid'i missiooniga. Tähefüüsika osas ollakse seotud satelliidiga GAIA, mis on hetkel mõotmas miljardi meie Linnutee galaktika tähe kaugusi ja ruumilisi liikumisi. See andmes- tik hõlmab ligi ühe protsendi Linnutee tähtedest ja annab meile lähiaastatel täiesti

uue pildi meie Galaktika ajaloost. Tõenäoliselt avastatakse GAIA abil muuhulgas ka tuhandeid uusi eksoplaneete. Nii teaduslikule kui ka tööstuslikule seotusele Euroopa kosmoseagentuuri projektidega annab täiesti uue mõõtme tõsiasi, et saime 2015. aastal selle organisatsiooni täisliikmeks. Eesti astronoomia horisont on niisiis avar! •



EUROOPA KOSMOSEAGENTUUR

Tumeenergia rolli uurimiseks Universumis plaanib Euroopa kosmoseagentuur 2020. aastal kosmosesse lennutada satelliidi Euclid.

enda gravitatsioon need kokku tõmbab.

Tolmu roll on siin eriti oluline, kuna gaasi kokkupõrked tolмага muundavad gaasi sisemise soojusenergia infrapunakiirguseks, mistõttu gaasitombu temperatuur alaneb ning see tõmbub kokku. Pärast Suurt Pauku ei olnud Universumis arvestataval hulgal vesinikust ja heeliumist raskemaid elemente, millest järeldub, et ei olnud ka tolmu, st tillukesti kivikesi. Seega jahutusid gaasitombud hoopis teisi ja vähem efektiivseid kanaleid pidi.

Arvatakse, et selle tulemusel said tekkida vaid tohutu suure massiga tähed, mis siis lühiajaliselt ülikuumalt särasid ning supernoovadena plahvatasid. Nendes tähtedes ja nende plahvatustes sepiatati valmis esimesed raskete elementide tuumad, misjärel tähetekke protsess aegamööda meile tuntud kuju võttis. Samuti võisid nendest esimestest tähtedest tekkida praegu galaktikate keskmes asuvate ülimassiivsete mustade aukude seemned. Kuid enne, kui astronoomide teleskoopilised silmad nende esimeste (nn III populatsiooni) tähtedeni küündivad, et neid lähemalt uurida, on see siiski hüpoteetiline. Sellised uuringud teevad kindlasti sammu edasi järgmise põlvkonna teleskoopidega nagu Euroopa Lõunaobservatooriumi 40-meetrine hiidsilm E-ELT (*European Extremely Large Telescope*) ning NASA ja Euroopa ühine kosmoseteleskoop James Webb.

Kuidas tekkis Universum ja millest see koosneb? Millised on Universumi fundamentaalseadused?

1998. aastal tehti üks viimaste aastakümnete olulisemaid avastusi fundamentaalteadustes. Kaks töörühma leidsid sõltumatult, et Universum mitte ainult ei paisu, vaid paisub kiirenevalt. Tolle ajani tuntud peamised energialiigid Universumis (nn nähtav aine ja Eesti teadlaste osalusel avastatud tumeline) peaksid aga paisumist pigem aeglustama. Nii ilmneski, et kõiksuse energiatihedusest 5% moodustava nähtava aine ja 27% moodustava tumeline kõrval muutub suurtel mastaapidel domineerivaks tumenergia, mis panustab ülejäänud 68% ja põhjustab kiirenevat paisumist.

Et tumenergia ajapikku järjest suurenevat rolli Universumis paremini tundma õppida, plaanib Euroopa Kosmoseagentuur 2020. aasta paiku kosmosesse lennutada satelliidi Eclid. Geomeetria ühe rajaja, Eukleidese

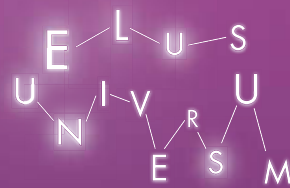
TALLINNA
TELETORN



TARTU OBSERVATOORIUM
eesti kosmosekeskus



HALLO,
KOSMOS!



TEEMAÕHTUD 20.01–16.03

Teletorni näituse "Elus Universum"
teemaõhtute sari "Kohtumine kosmoseteadlasega"
ja Raadio 2 saate "Hallo, Kosmos!" avalik salvestus

K, 20. jaanuar kell 18 (2. k kinosaal)

LAURITS LEEDJÄRV

"Kas kosmoloogia vajab elu?"

K, 3. veebruar kell 18 (2. k kinosaal)

ELMO TEMPEL

"Universumi tume pool"

ANTTI TAMM

"Millest koosneb Universum?"

(raadiosaate salvestust ei toimu)

K, 17. veebruar kell 18 (2. k kinosaal)

MIHKEL KAMA

"Kosmoselaev Maa ja
elukõlbulikud planeedid Universumis"

K, 16. märts kell 18 (2. k kinosaal)

MART NOORMA

"Kui palju maksab pilet Marsile aastal 2050?"

Põnevaid sise- ja väliskosmilisi audiorännakuid
"Hallo, Kosmos!" kuuleb Raadio 2 eetrist
pühapäeviti kell 14-16

Kõigile näitus "Elus Universum" piletiomanikele
on loengud TASUTA

Palume eelnevalt loengu aeg broneerida (kuupäev; nimi)
meiliaadressil: teletorn@teletorn.ee

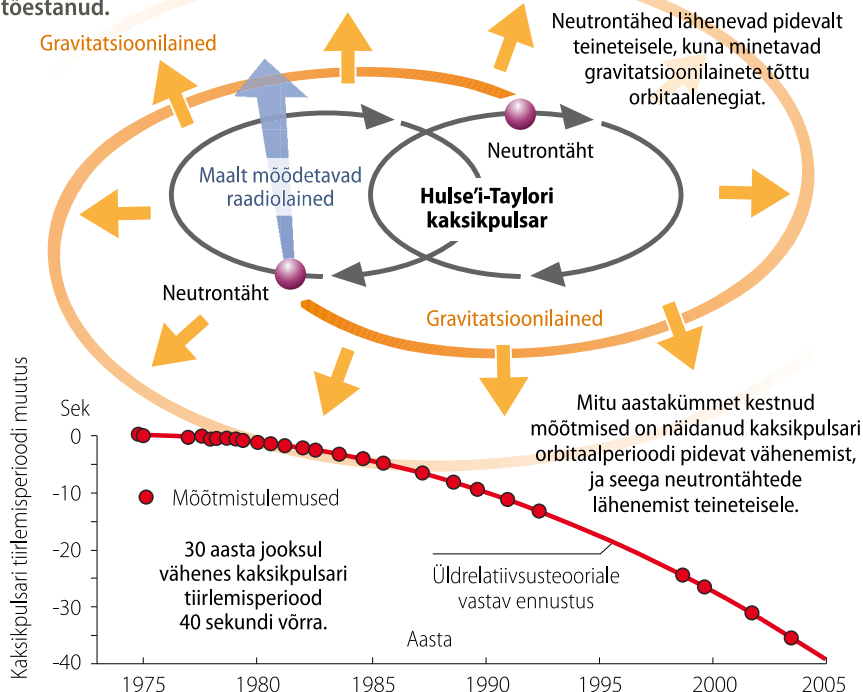
Kohtade arv on piiratud!

HALLOKOSMOS.EE

TELETORN.EE

Gravitatsioonilained Hulse'i-Taylori kaksikpulsari süsteemis

Kahe teineteise ümber tiirleva neutrontähe vahelise kauguse vähenemine 1974. aastal avastatud Hulse'i-Taylori kaksikpulsari süsteemis on gravitatsioonilainete olemasolu kaudselt tõestanud.



Allikas: „The Relativistic Binary Pulsar B1913+16: Thirty Years of Observations and Analysis”, Weisberg & Taylor 2005

järgi nimetatud satelliidi abil kaardistavad astronoomid sadade miljonite kosmoloogilistel kaugustel (ligikaudu 10 miljardit valgusaastat) paikneva galaktika näiva suuruse ja eemaldumiskiiruse meist. Selle andmestiku analüüs peaks senisest veelgi selgemalt paljastama Universumi paisumiskiiruse muutumise ajas.

Kas gravitatsioonilained on olemas ja mida me nende abil teada saame?

Einsteini üldrelatiivsusteooria on siiani füüsikas kõige täpsem ja kasulikum vahend aegruumi ja gravitatsiooni kirjeldamiseks. Paljusid üldrelatiivsusteooria ennustusi on väga suure täpsuseni järele kontrollitud. Üks põneva- maid ja seni ainult poolikult kontrollitud ennustusi puudutab aga nn gravitatsioonilaineid. Viimased peaksid teooria kohaselt tekkima oma pöörlemistele suhtes ebaühtlase massijaotusega keha pöörlemisel. Mida tugevam gravitatsiooniväli ja kiirem pöörlemine, seda tugevamad lained. Väga tugevaid gravitatsioonilaineid peaksid kiirgama aga ainult väga eksootilised

objektid – näiteks kokku põrkavad neutrontähed või mustad augud. Tõepoolest, kaudselt on gravitatsioonilainete olemasolu juba tõestatud: kaks väga lähestikku üksteise ümber tiirlevat neutrontähte (seda konkreetset objekti tuntakse ka Hulse'i-Taylori kaksikpulsarina) on viimase paarikümne aasta jooksul üksteisele järjest lähenenud. Lähenemine toimub, kuna mõlemad neutrontähed minetavad gravitatsioonilainete tõttu pidevalt orbitaalenergiat. Kõrvalolev joonis kujutab kaksikpulsari orbitaalperioodi muutuse mõõtmisi (ringid) ja üldrelatiivsusteooria vastavat ennustust (pidevjoon).

Planeet Maani jõudes on gravitatsioonilained aga üpris nõrgad ning aegruumi tillukeste kokkutõmmete ja laienemiste mõõtmine, mida need põhjustavad, on meie signat-saginat täis planeedil väga keeruline. Seda nii looduslikel (nt pisikesed maavärinad, tormituuled) kui ka inimtekkelistel (autod, läheduses jalutavad inimesed jms) põhjustel. Üks gravitatsioonilaineid otsiv labor, põhja-ameeriklaste juhitud LIGO, peaks aga nüüdseks

Lähima aasta jooksul võib toimuda ajaloo esimene gravitatsioonilaine mõõtmine, mis avaks astronoomidele ja kosmoloogidele gravitatsioonikiirguse näol täiesti uue akna, mille kaudu Universumit uurida.

olema saavutanud nii madala mürataseme, et lähima aasta jooksul võib toimuda ajaloo esimene gravitatsioonilaine mõõtmine. See ei oleks mitte ainult Einsteini teooria järjekordne triumf, vaid avaks astronoomidele ja kosmoloogidele – kes seni toetuvad kosmosest andmete saamiseks pea eranditult elektromagnetkiirgusele – gravitatsioonikiirguse näol täiesti uue akna, mille kaudu Universumit uurida. Gravitatsioonilainete mõõtmine võimaldaks näha väga haruldasi, eksootilisi sündmusi kosmoloogilistel kaugustel, kus elektromagnetkiirguse abil kõige jälgimine võimalik ei ole.

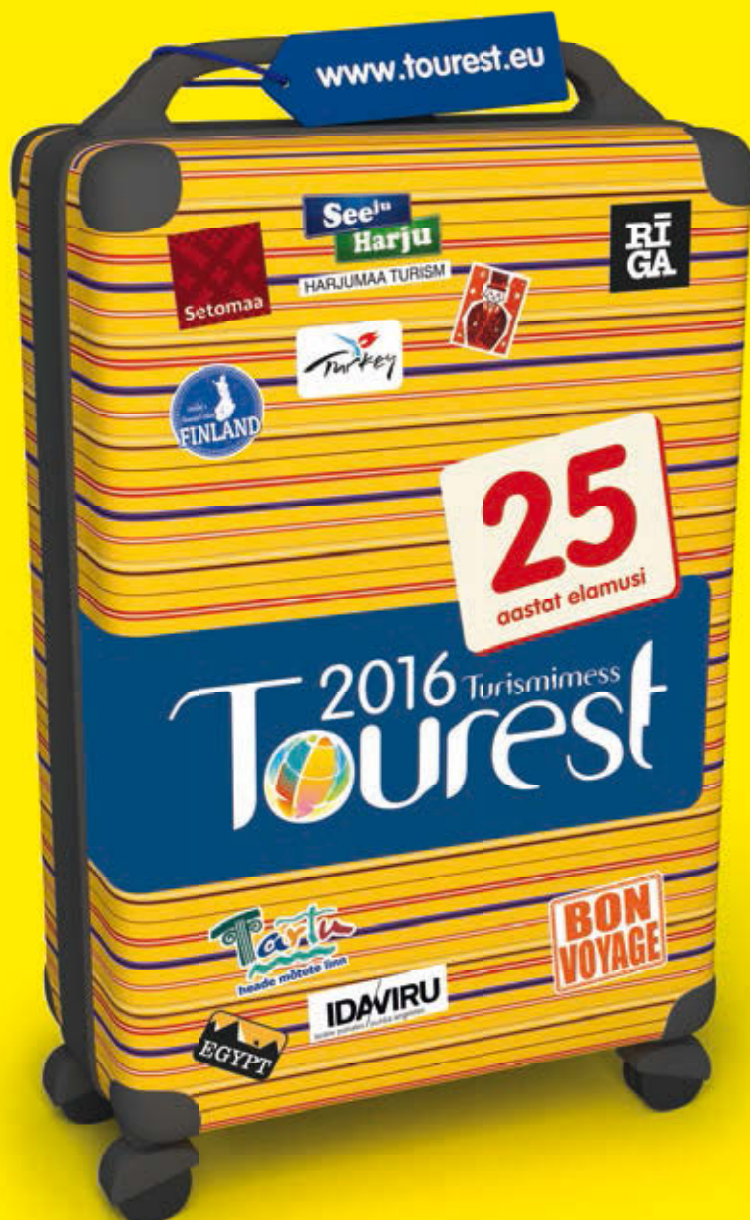
Maapealse müratausta kõrvaldamiseks võib gravitatsioonilainete mõõteseadmed ka kosmosesse paigutada. Just seda üritab Euroopa Kosmoseagentuur ambitsioonika missiooniga nimega eLISA. Hiljuti, 2015. aasta detsembris, lennutati kosmosesse selle keeruka missiooni jaoks uusi tehnoloogiaid katsetav satelliit Lisa Pathfinder. Üks olulisemaid väljakutseid seisneb selles, et kahe kosmoses vabalt üksteisest 37 sentimeetri kaugusel hõljuva keha vahelist kaugust tuleb jälgi- da 10 pikomeetri täpsusega (1 pikomeeter = 1 miljondik miljondik meetrit). LIGO ja LISA projektidega seisme ajastu lävepakul, mil astronoomide kasutuses on Universumi vaatlemiseks täiesti uus kiirguse vorm. •

Mihkel Kama (1984) on astrofüüsik, Hollandi vanima ülikooli, Leideni ülikooli järel doktorant. Teda huvitab elu teke ja levik Universumis, põhilised uurimisprojektid puudutavad planeetide keemilise koostise lähete mõistmist planeetidekke keskkondades ning astrofüüsikalise tolmu mikrofüüsikat. Kuni selle aasta 31. märtsini Teletornis avatud näituse „Elus Universum“ üks koostajaid.

Puhkus algab siit!

12.-14. veebruar 2016

Eesti Näituste messikeskuses (Pirita tee 28, Tallinn)





KUIDAS ALLTADA RAKK INIMES TAHTLE?

FOTOD: VALLO KRUUSER

Viimaste aastakümnete murdelised avastused elu mikroskoopilisel rohujuuretasandil on pöördeliselt muutnud meie arusaama nii elu imelisest olemusest kui ka sellest, miks kõik, kel eluvaim sees, on sellised, nagu nad on, ühes kõikvõimalike kõrvalekalletega. Üks eesti mees, kes oma tööga selles vallas teadmiste ja võimaluste horisonti avardab, on rakubioloog Toomas Neuman. Neuman on endale nime teinud, otsides vastust küsimustele, kuidas diagnoosida vähki seniolematul viisil ehk vereanalüüsi abil ning mil moel saaks inimest ravida tema enese rakkudega. Ilmselt tundub see paljudele uskumatuna, kuid tulevikumeditiinis terendab võimalus asendada inimese „rikki läinud” osa – näiteks kops, maks, süda – uuega, mis on kasvatatud katseklaasis tema enese rakkudest. Neumani meelest pole selles aga midagi keerulist. „Seapõrsas kasvab ju ka sulus justkui iseenesest, eks ole!?” ütleb ta muiates. „Ega organi kasvatamine siis midagi muud ole. Me loome algse tingimuse, et ta kasvama läheks, ja nii ta lähebki kasvama.” Toomas Neumaniga rääkis Ulvar Käärt.

Kuidas on võimalik vereanalüüsiga vähki diagnoosida?

Seda on tegelikult võimalik teha mitmete moodustega. Kui räägime vähist, siis tuleb alati vaadata, millist tüüpi see on. On olemas erinevad verevähid, mida ainult verest diagnoosida saabki, aga ka kõikvõimalikud teised vähitüübid – olgu see siis aju-, epiteelide, luu- või mis iganes vähk.

Oleme välja töötanud meetodi, mida kutsume mimotoopide variatsioonide analüüsiks (nn MVA, *Mimotope Variation Analyses* – U.K.).

Vaatleme antikehasid, mis tekivad kõikvõimalike patogeenide, muutunud valkude, suhkrute ja molekulide vastu, mis on kehas teistmoodi, kui need peaksid olema normaalses olekus.

Töötasime välja meetodi, kuidas analüüsida korraga 10–100 miljonit erinevat antikeha. Kõigepealt tuvastada ja siis ka määrata nende 10–100 miljoni antikeha hulk veres. Kokku annab see antikehade mustri. Vaadates nüüd neid mustreid, mis on veretilgast kätte saadud, ongi võimalik tuvastada inimese keha erinevaid tervislikke seisundeid. Nii nagu kõikidele teistele haigustele, siis ka vähile vastab üks muster, erinevatel vähitüüpidel on oma muster, samuti on üks konkreetne muster erinevatel vähivormidel.

SELLES NUMBRIS: TOOMAS NEUMAN

See on siis alati üks ja kindel muster?

Ei, päris kindlalt me ei saa seda öelda. Maailmas on ju seitse miljardit inimest ja meie uuringusse on kaasatud maksimaalselt 3000–5000 inimest, iga konkreetse haiguse puhul on uuringud hõlmanud vaid 50–100 inimest.

Aga põhimõte on, jah, see, et igale tervislikule seisundile vastab oma konkreetne antikehade koosseis, oma jälg, oma n-ö sõrmejalg. Teades nüüd, milline jälg vastab mingisugusele tervislikule seisundile või haigusele, saabki ühe veretilga põhjal öelda, mis on parasjagu inimesel kallal.

Meie meetod põhineb sellel, mida klinitsistid meile annavad. Kui klinitsist diagnoosib vähi, siis teame, et see muster vastab vähile. Kui klinitsist ei suuda veel vähi diagnoosida, siis me ka ei tea, mis patsiendil viga on.

Kõige lihtsam on, kui võtad haige ja terve ning siis üks ongi haige ja teine on terve. Me saame võrrelda neid kahte. Millal terve haigeks üle läheb, selle kohta me sellise analüüsiga midagi teada ei saa. See nõuab juba väga spetsiifilist uuringut, mille käigus tuleks vaadata, kuidas need mustrid ajas muutuvad. Nii kaugel me enamikul juhtudel veel ei ole, sest oleme selle asjaga tegelenud viimased 2–3 aastat.

Minu 60. aastatele lähenev ema käib pidevalt teatud aja tagant rinnavähi sõeluuringutel, mille käigus otsitakse vähi järgi mammograafia abil. Kas vereanalüüs oleks sellele alternatiiv?

Siin on kaks asja. Vereanalüüsi põhjal saame öelda, et inimesel on konkreetne vähk, aga kus see kehas asub, seda me verepildi järgi ei ütle. Samas mammograaf näitab seda. Nii et mõlemad on tegelikult vajalikud.

Kuidas praegu vähi üldse diagnoositakse?

Rinnavähiga on ju lihtne. Onkoloogid soovivad naistel rindu palpeerida ja kui kõva tükk leitakse, siis tuleb kohe arsti juurde minna, et röntgeni või mõne muu riistapuuga vaadata, millega täpsemalt tegu. Ega siin teist võimalust olegi.

Alternatiiv oleks iga-aastane läbivaatus. Selle juurde sobiks kihi hästi veretest. Kui igal aastal andmeid korjata, siis märgates, et midagi muutub, tead kohe, mida otsima hakata. Niipea kui haigus tekkinud hakkab, muutub kohe ka haiguse immuunvastus.

Ei ole nii, et kui sul on geenimutatsioon, siis arenebki kohe vähk. See on lihtsalt paganama keeruline ning paljude erinevate geenide ja geeniproduktide interaktsioonide tagajärg, mistõttu kõik ei realiseeru alati haigusena.

Omaette teema on siin ka vähi esinemise tõenäosus?

Vähi esinemise tõenäosust seostatakse kõige enam ikkagi geenidega. Sealt midagi diagnoosida naljalt ei saa. On vaid võimalik öelda, et sul on teatud geenid muteerunud ning populatsiooni uuringu põhjal saame öelda, et sinu tõenäosus vähi saada on tõusnud näiteks 10, 100 või mis iganes korda. Aga et just sinul see toimub, seda ei saa geenide põhjal kuidagi öelda. Sest ei ole nii, et kui sul on geenimutatsioon, siis arenebki kohe vähk. See on lihtsalt paganama keeruline ning paljude erinevate geenide ja geeniproduktide interaktsioonide tagajärg, mistõttu kõik ei realiseeru alati haigusena.

Arvestades, et veretestiga uuritakse miljonite eri antikehade hulka, siis see eeldab väga suuri arvutusvõimsusi?

Hetkel on suurandmete ehk *big data* valdkond väga kiiresti arenemas. Siin on tõesti kohutavalt suured andmemassid, mida tuleb analüüsida. Selle kallal töötab väga palju inimesi, et neist andmetest midagi välja lugeda.

TOOMAS NEUMAN

- Sündinud 22. aprillil 1953. aastal Raplas.
- Kooliteed alustas Tallinna 4. keskkoolis, kus omandas ka keskkariduse.
- 1976. aastal lõpetas Tartu Ülikooli bioloogia erialal.
- Doktoritöö teemal „Tsükliliste nukleotiidide roll morfogeenide potentsiaalide realiseerumisel kanade varases embrüogeneesis” kaitses Üleliidulises arengubioloogia instituudis Moskvast 1983. aastal.
- Aastail 1976–1977 töötas teadurina Tartu Ülikooli molekulaar- ja rakubioloogia instituudis. Seejärel teenis ta teadurina leiba Eesti Teaduste Akadeemia Küberneetika Instituudis ning vanemteadurina Keemilise ja Bioloogilise Füüsika Instituudis.
- 1987–1988 töötas teadurina Helsingi ülikoolis. Aastail 1988–1990 oli Max Plancki ühingu stipendiaat Max Plancki instituudis Saksamaal.
- Sealt edasi viis tööpöli USA-sse Colorado riiklikusse ülikooli, kus ta oli aastail 1991–1996 anatoomia ja neurobioloogia osakonna abiprofessor.
- 1996–2001 töötas Los Angeleses Cedars-Sinai meditsiini-keskuse kirurgiaosakonna neurobioloogia teaduri ja arendusdirektorina.
- Alates 2001. aastast oli biotehnoloogiaettevõtte Celmed BioSciences programmi direktor, 2003–2006 CeMinese teadusdirektor.
- 2005. aastal sai temast Tallinna Tehnikaülikooli geeni-tehnoloogia õppetooli erakorraline dotsent.
- Hetkel on täiskohaga Protobios OÜ juhtivteadur.
- Enam kui 70 teaduspublikatsiooni ja 7 patentse leiutise kaasautor.
- Lapsed ja lapselapsed: tütar Kristiine (tema lapsed Rebeka ja Karl Hendrik), pojad Oliver (tütar Sofia), Hendrik (lapsed Benjamin Andres ja Emma) ja Christof.



Kui aktiveerid õige retseptorite kombinatsiooni, siis hakkabki rakk teatud suunas arenema. Tüvirakk on kõigeks valmis ja kui sa talle õige impulsi annad, siis sinna ta ka läheb.

Kas selle ala koostööpartnerid on teil Eestis või mujal?

Meie hea partner on Tartu Ülikooli matemaatika-instituut ja Jaak Vilo selle taga. See on absoluutselt Eestiga seotud asi, siin välja arendatud.

Maailma mastaabis on sellise meetodi väljatöötamine eesrindlik?

Eks siin tuleb tõesti ennast kiita, sest teist sellist lähenemist pole keegi kuskil kasutanud. Oleme selle intellektuaalse omandina patendiga kaitsnud.

Kas uued vähitestid aitavad kuidagi kaasa ka uute ravivõimaluste leidmisele?

Ravimeetodeid ja ravimeid tuleb kogu aeg väga palju juurde, iseäranis väga kalleid, erinevaid bioloogilisi ravimeid, mis on viimasel kümnel aastal populaarseks muutunud. Paraku on neil üks suur viga – need on efektiivsed suhteliselt väikesel hulgal patsientidest. Kui üks ravim välja töötatakse, siis loodetakse, et see päästab kõiki. Tegelikult tuleb välja, et see mõjub vaid 20–40 protsendile patsientidest. Meie lähenemise, nn immunoprofileerimise üks rakendusi ongi selles, et suudame välja valida patsiendid, keda mingi ravim võib aidata.

Selle tagant paistavad ju välja personaalmeditsiini kõrvad?

Ravi peabki individuaalsemaks muutuma. Ideaal on tegelikult ju selles, et arstil on kõik erinevad rohud riulil ravis ning kui patsient tema juurde tuleb, siis analüüside järel oskab ta valida õige purgi ehk ravikuuri.

Geneetika poolt on hästi teada, et geenmutatsioonide puhul teatud ravimid töötavad ja teised mitte.

Samas ei mõjuta organismi ju ainult mutatsioonid, vaid ka kõikvõimalikud mikroorganismid, kes meie sees elavad. Kui inimese kehas on umbes 10^{14} (s.o 100 triljonit – U.K.) rakku, siis nendega seotud mikroorganisme hulgaliselt rohkem. Sisuliselt on rakkude arvu poolest inimese sees ja ümber teine inimene. Nad ju kõik mõjutavad meid! Näiteks soolest elavate bakteriteta ei saaks me ju kuidagi hakkama.

Vähiuuringute kõrval on Teile hingelähedaseks teemaks ka tüvirakud. Kuidas saab neid meditsiinis kasutada?

Tüvirakke, mis on igal organil olemas, saab kasutada sellises ravis, kus on tegemist koe või organi taastoomise ehk uue struktuuri ülesehitamisega. Tüvirakud saavad ainult seal midagi teha.

Kaasajal tähendab see seda, et sinu enda seest võetakse tüvirakud – olgu need siis rasvast, luuüdist või närvisüsteemist pärit – ja neid saab *in vitro* ehk kehas väljaspool kasvatada ja mõjutada nii, et nad hakkaks tegema seda, mida sa tahad, ning seejärel kehasse tagasi viia. Keerulisematel juhtudel kasvatatakse väljaspool inimest valmis juba uus organ ja istutatakse see tagasi. Loomadega on selliseid katsetusi juba tehtud, inimesega pole veel nii kaugele jõutud. Hiirtele on neerud kasvatatud, rottidele on sellised kopsud, südamed ja kõikvõimalikud muud asjad pandud. See on tulevik.

Vanasti irvitati selle üle, et kõik tagavaraosad on sul külmkapis, nüüd see ju nii ongi. Kõik on võimalik sinu enda tüvirakkudest üles ehitada ja siis kuni vajaminemiseni külmkappi ootama panna.

Teine asi, mis tüvirakkudega seostub, on see, et üks olulisemaid funktsioone, mida on tüvirakkude puhul rakendatud, on nende põletikuvastane toime. Kui mingisugune kahjustus koele või organile tekib, siis esimene asi, mis seda likvideerima asub, on põletik – kõik makrofaagid ja teised rakud tulevad

KOLLEEGI KOMMENTAAR



Molekulaarbioloog
KAIA PALM

Tunnen Toomast 1987. aasta sügisest, mil tegin talle Keemilise ja Bioloogilise Füüsika Instituudis aspirantuuri eksamit. Toona tekkis kuvand, mis edaspidi on vaid süvenenud – Toomas on suur mees. Suur hingelt,

vaimult, loovalt mõtlemiselt ja ettevõtlikkusest. Ta on piirideta, globaalne, eelarvamuseta ning oma suhtumises alati uuele avatud. Talle meeldib tegeleda huvitavate asjadega, olles samas meeletu tööriigaja. Toomasele väga iseloomulik – teeks midagi suurt ja ilusat, mastaapselt ja kohe.

Teadlasena on ta liigutanud alustalasid juba oma varasest teadlase east. Mitmed tema varasest teadustöödest on täna saanud klassikaks. Samuti on ta läbi viinud maailmas ainulaadse ja eduka Parkinsoni rakuravi-alase kliinilise katsetuse aastal 1999. Tänapäev Eestis on Toomase lõputu regeneratsiooni- ja rakuravi-huvi tõttu

olemas võimekus rakuteraapiat teha ja rakulisi ravimeid arendada. Aga mitte ainult. Lisaks sellele veel võimekus kirjeldada immuunsüsteemi vastust ühest tilgast verest kogu tema hiilguses, uurida maapöue kütust tootvate mikroorganismide sisalduse osas, kõigutada ilumaailma alustalasid objektiivsete testide abil, mõõtmaks kosmeetikumide sobivust nahale ja juuksekasvule, toetada sportlikku võimekust läbi uudsete, mõtestatud testide jne. Kõik need valdkonnad on Toomasele võrdsele tähtsusele ja ta üritab neid ka võrdsele teostada. Ehkki aega on ka igas Toomase päevas vaid 24 tundi. •

kohale ja peavad rikki läinud rakud n-ö ära sööma. Hiljem, kui on vaja midagi uuesti üles ehitama hakata, siis tuleb oma töö ära teinud rakkudest, kes põletikku levitavad, kuidagi lahti saada. Tüvirakkudele on see esimene koht, kus nad oma tööd alustavad. Kui tüvirakkude populatsioon on saanud kuskilt – näiteks luuüdist või mujalt – signaali põletikust, siis nad hakkavadki põletikuga võitlema. Pärast aga hakkavad uut kude või organit üles ehitama.

Kas tüvirakud on n-ö universaalsed, pole vahet, kas need on kõhupealsest rasvkoest või kuskilt mujalt võetud ning võivad tagasi istutamisel edukalt eri organites või kudedes toimetada?

See sõltub sellest, kuidas sa nendega ümber käid. Põhimõtteliselt, jah, kui võtta rasva tüvirakk, siis seda on võimalik inimese kehas pöörata kõikideks erinevateks rakutüüpideks.

Kuidas on see võimalik?

N-ö päästikuks on erinevad kasvufaktorid ja keskkonnamõjurid. Rakk reageerib väliskeskkonnale oma pinnaretseptorite kaudu. Kui aktiveerid õige retseptorite kombinatsiooni, siis hakkabki rakk teatud suunas arenema. Tüvirakk on nagu kõigeeks valmis ja kui sa talle õige impulsi annad, siis sinna ta ka läheb.

Kas juba katseklaasis?

Kui vaja, siis ka katseklaasis. Näiteks kui hakata väljaspool inimest südant kasvatama, siis tuleb kõik need stiimulid ise rakkudele anda, sest kust see vaene raku teab, mida sa temast ootad – kas areneda südameks või maksaks.

Tundub kuidagi uskumatuna, et nii on võimalik inimesele katseklaasis uus organ kasvatada.

Minu arust ei ole see küll väga keeruline. Seapõrsas kasvab ju ka sulus justkui iseenesest, eks ole? (*Mui-gab.*) Ega organi kasvatamine siis midagi muud ole. Me loome algse tingimuse, et ta kasvama läheks, ja nii ta lähebki kasvama.

Siinkohal tulevad meelde ka embrüonaalsed tüvirakud, mille ümber on palju kära olnud.

Enne, kui polnud meetodeid teiste tüvirakkude saamiseks ja kultiveerimiseks, peeti embrüonaalseid tüvirakke kõige paremateks. Nüüd ei taha enam keegi seda sõna kasutada. Embrüost pärit tüvirakke pole meil enam vaja, sest teised tüvirakud võivad teha sama asja. Tegelikult ei pea me enam isegi organismist tüvirakke – näiteks rasva tüvirakke – võtma, vaid selle asemel võime võtta naha fibroblastid. On selline termin nagu indutseeritud tüvirakud – indutseeritud polüpotentsed tüvirakud –, mis tähendab, et sa pöörad tavalise, oma nahast pärit fibroblasti tüvirakuks.

See siis eeldab geneetilist sekkumist?

Alguses oli see, jah, geneetiline, et rakku viidi sisse konkreetsed geenid, mis aktiveerudes tegid fibro-

Me ei püsi sellisena, nagu oleme. Iga päev oleme muutumises – rakud surevad väga kiiresti ja uued tulevad asemele.

plastist tüviraku. Nüüd saab seda teha juba puhtalt epigeneetiliste mõjurite toimele – paned raku õiged valgud ja faktorid peale, ja see raku läheb ja teeb täpselt seda, mida tahad.

Siin on nagu teatav jumalik aspekt juures – eluga niiviisi manipuleerida?

Aga see toimub ju kogu aeg niikuinii meie organismis. Arvesta sellega, et kui sa kaalud 100 kilogrammi, siis see 100 kilogrammi vahetub kahe-kolme kuu jooksul, nii et iga rakk on uus. Me ei püsi sellisena, nagu oleme. Iga päev oleme muutumises – rakud surevad väga kiiresti ja uued tulevad asemele. Nad kas tulevad just tüvirakkudest või mõne muu alamastme rakkudest, aga see toimub kogu aeg. Organism on ju dünaamiline süsteem.

Tüvirakkude kasutamisega on seotud ka probleemid – kas nad ikkagi tahavad teha seda, mida meie tahame?

Seda kohe kindlasti! Me võime ju midagi valesti teha. Kõige rohkem kardetakse, et kui sul on tegemist tüvirakuga, mis on jagunev rakk, ja sa selle organismi paned, siis võib jagunemisel tekkida vähk. Selliseid näiteid on samas vähe, kus tüvirakuteraapia tagajärjeks oleks mõne uue vähi teke olnud. Seda suudetakse kontrollida.

Aga mis kõige hullem – kui sa paned selle raku oma kehasse, siis ta võib anda otsad. Ta lihtsalt ei taha teha seda, mida sina sunnid teda tegema. Ehk siis midagi on sellisel juhul valesti läinud.

Õigete metoodikate, protsesside ja protseduuride leidmine, millega tüvirakku suunata – eriti pärast seda, kui ta on kehasse pandud – see on siiaaani natuke musta maagia moodi. Siiski üritatakse juba ka sellega hakkama saada.

Mõtted liiguvad selles suunas, et kui n-ö rakupunktra organismi sisse paned, siis hakkad seda väljastpoolt kasvufaktorite ja igasuguste teiste keemiliste ainete mõjutama, et rakud ikka õiges suunas areneksid.

Kaks aastat tagasi käisin selles majas (Tallinna teaduslinnakus Tehnopol Mäealuse 4 asuvas hoones) uudistamas uut tüvirakkude kasvatamiseks mõeldud laborit. Mida seal praegu tehakse?

Praegu toodame seal ühe Itaalias vähiravimit kliinilistelt katsetava USA firma tellimisel vähivaktsiini. Sisuliselt näeb see nii välja, et arst võtab inimeselt vere ja saadab meile. Meie võtame verest konkreetse rakutüübi, mis on monotsüüdid (suured valgelibled – U.K.), ja teeme nendest dendriitirakud (immuunvastuses osalev rakutüüp – U.K.). Siis ajame dendriitirakud pärasoolevähi vastu kurjaks, paneme need patsienti tagasi ja sisuliselt püüavad need vähirakke ära süüa.

Kui kaks inimest elavad koos, siis nende vere antikehade mustrid lähevad mingis komponendis sarnaseks. See oli meilegi väga suur üllatus.

Meil on plaanis hakata ka tüvirakke kasvatama ja panku panema. Kuna see on seadustega niivõrd rangelt reguleeritud protseduur – vaja on ravimiameti luba, kõik protokollid peavad töötama –, siis see kõik võtab lihtsalt aega.

Teist sellist kohta, kus saab tüvirakke kasvatada, Eestis ei ole.

Olete Eestis seotud mitme biotehnoloogiaettevõttega – näiteks Protobios, Biolaborid, FibroTx. Millega need tegelevad?

Siin on kolm erinevat asja: immuunsüsteemil põhinev diagnostika ja ravimeetodid, rakuteraapia ning siis veel nahadiagnostika. Viimase puhul on üks asi nahahaiguste – näiteks psoriaasi – diagnostika. Teine ja tunduvalt olulisem asi on naha kortsulisus ja vananemine – seda eriti daamide seas! (Muigab.) See ei ole küll meditsiiniline probleem, kuid siiski inimlik probleem. Kuna naised on pool inimkon-nast, siis võite äriselt mõeldes aimata, kui võrd suur on see turg. Selle teema vastu on huvi kohe väga suur.

Küsi oma naise käest, millist kreemi ta kasutab ja kas see ka mõjub. Keegi ju tegelikult ei tea seda. Meie idee ongi leida nahas bioloogilised korrelarid, mille alusel saaks öelda, milliseid komponente sisaldavat kreemi peaks konkreetse nahatüübi korral kasutama.

Põigates kortsude juurest korraks vere antikehade mustri juurde tagasi, siis kas see on noore ja vana puhul erinev?

Noorel ja vanal inimesel on see muster täiesti erinev – sa võid nagu passi vaadata ja öelda, kui vana keegi on.

Samas on asi tegelikult veelgi huvitavam. Oleme nende mustrite põhjal teinud uuringu, millega näitasime, et muster on iga inimese puhul sõltuvalt haigustest varieeruv, kuid samas on selles ka komponent, mis on igal inimesel spetsiifiline. Nii et tegelikult suudame inimest mitte ainult sõrmejälgede, vaid ka tema immuunprofiili kaudu tuvastada.

Veelgi huvitavam on aga see, et kui kaks inimest elavad koos, siis nende vere antikehade mustrid lähevad mingis komponendis sarnaseks. See oli meilegi väga suur üllatus. Ühe Norra uurimisastutusega tegime analüüsi, milleks palusime neil saata ligi 80 vereproovi kümnelt inimeselt. Iga inimese proovid olid kuni 50 aastat vanad ehk siis võetud 50, 40, 20 jne aastat tagasi.

Meie idee oli, kas suudame nende proovide põhjal mingid grupid leida. Ja üllatus, üllatus – sealt tuligi välja, et me suudame kõik indiviidid tuvastada, sest vere antikehade mustril on indiviidi spetsii-

filine osa. Edasi tulevad juba juurde kõik haigused, mis hakkavad seda mustrit laiendama, parandama ja muutma.

Siin on tegelikult loogika taga. Immuunsüsteem ja antikehad – need on ju väga spetsiifilised rakud, nn B-rakud, mis veres antikehi toodavad. B-raku alg-sed kloonid, mis sulle tõenäoliselt sündides kaasa antakse, jäävad ju lõpuni alles. Jäävad näiteks n-ö mälurakkudeks ning kui midagi toimub, siis tulevad plasmarakkudeks ja hakkavad antikehi tootma. Just see ongi stabiilne osa, mis mustrisse jääb. Kõige esimesed kokkupuuted, mis sul selle maailmaga on tekkinud, kanduvad kuni surmani edasi. Kõik, mis hiljem tuleb, see tuleb mustrisse lihtsalt juurde.

See, et vereproovidega on võimalik paare tuvastada, on vist tingitud asjaolust, et need inimesed elavad sarnastes tingimustes, toituvad ühtmoodi ja on sarnase eluviisiga?

Tõenäoliselt küll. Lisaks võib siin olulist rolli mängida ka kogu see mikrokosmos, mis on meie ümber. Seda on ju näidatud, et naha, söögi ja soolestiku mikrobioloogia muutub paaridel sarnasemaks. Mis see immuunsüsteem ikka teeb, ju see seda peegeldab.

Teil on seljataga muljetavaldav karjäär USA-s. Olete olnud abiprofessor Colorado riiklikus ülikoolis, arendusdirektor Cedars-Sinai meditsiinikeskuses, programmi direktor ettevõttes Celmed BioSciences ja teadusdirektor CeMineses. Millise kogemuse USA-st kaasa saite?

Ameerikas on suhtumine teistsugune kui Euroopas. Näiteks võtame või ütluse, mis USA-s kehtib: see pole õige ärimees, kes pole ühtki pankrotti läbi teinud. Kui Eestis oled pankrotiga hakkama saanud, siis oled justkui viimane paaria – see ei lähe eduka inimesega kokku. Vähemalt saksa kultuuriruumis, kus meie elame, on edukus sõltunud sellest, et sa pole kunagi läbikukkunud. Ameerikas seda pole. Keegi eriti ei vaata, kust sa tuled, sest kastiühiskonda seal ei ehitata.

Mis asjaoludel Te pärast 16 aastat USA-s jälle kodumaale tagasi tulite?

Ei teagi. Lihtsalt tuli tahtmine. Tõenäoliselt tahtis elu sisimas muutmist – mis seal muud olla saab.

Mida vabal ajal teete?

Ma küsiksin vastu, mis see vaba aeg on?

Aeg, mil Te ei tegele oma põhitööga.

No sellist aega ei olegi eriti. Töö on samaaegselt ju hobi, sedasorti töö ei ole sundus.

Mul on Tallinnast 100 kilomeetrit eemal maa-maja. Kui sinna lähen ja esimesel õhtul sauna kütte panen, siis on küll hoopis teine tunne. Aga laupäeva hommikul ärgates on mõtted ikka töö kallal. Käid metsas või matkal – ikka mõtled selle peale. Eriti kui töö parajasti midagi põnevat käsil on.

No ja mis on veel parem tunne, kui midagi lõpuks välja tuleb! •



EESTI RAHVA
MUUSEUM

**VEDURID
POSTIVAGUNID
SOOMUSRONGID
RAUDTEEJAAMAD
APELSINIRAUDTEE**



TOSSUTÄKUGA MÖÖDA EESTIMAAD

**Tänavu möödus 145 aastat esimese raudteeliini
avamisest Eestis (1870) ja postiveo algusest raudteel.**



ERMi Postimuuseum
Rüütli 15, Tartu / K-P 11-18

Näitus avatud
18.11.2015 – 15.05.2016

[illegible]

JÜRGEN JÄNES

KOLMEMILJARDILINE HEINAKUHI

**Viiskümmend aastat tagasi ilmunud Horisoni esmanumbris,
esikaanel kaksikheeliks, arutleb keemiadoktor Viktor Kuhtin artiklis
„Mälu, keemia ja küberneetika“ muuhulgas nukleiinhapete võimaliku
rolli üle mälu molekulaarsetes mehhanismides. Tuginedes Kuhtini
kirjutatud nopetele, võtame lihtsustatult ja pisteliselt kokku
pool sajandit DNA uuringuid.**

Geen BRCA2 tegeleb DNA parandamisega, selle mutatsioonid on seotud mitme vähivormiga. Pildil on visualiseeritud genoomi piirkond, millest transkribeeritakse geeni RNA – eksonid suurtähed, intronid väiketähed. Värvidega on esile tõstetud kliiniliselt kinnitust leidnud kahjulikud mutatsioonid (adeniini roheline, tsütosiini sinine, guaniini kollane, tüümiin punane).

Juba tol ajal oli selge, et justnimelt nelja tüüpi nukleotiidide järjestus DNA molekulis sisaldab endas retsepti elusorganismi kokku panemiseks ja elus hoidmiseks. Laias laastus oli juba paigas ka see, kuidas nukleotiidide järjestuse alusel valke ehitatakse – kõigepealt transkribeeritakse vajalikust DNA piirkonnast RNA kujul koopia, viimase järgi transleeritakse ribosoomides õiges järjekorras aminohapped valguks kokku.

Samas olid tolleaegsed võimalused nukleotiidide järjestuse mõõtmiseks (sekveneerimiseks) küllaltki tagasihoidlikud, piirdudes ligikaudu saja aluspaari pikkuste juppidega ning sedagi ainult teatud „soodsa tingimustel”. Seega näiteks RNA kui võimaliku mälu kandja hüpoteesi üle arutledes sai Kuhtin tugineda üksnes katsetele, kus näidati, et närviraku stimuleerimisel suureneb RNA koguhulk ning muutub nelja nukleotiidi omavaheline osakaal.

Genoomitähede lugemine

Juba 1980. aastal anti Nobeli keemiaauhind kahe erineva meetodi eest, mis võimaldasid sekveneerida umbes

tuhande aluspaari pikkuses DNA molekulis. Sekveneerimistehnoloogia on sellest ajast peale läbi teinud arvutustehnikaga sarnase tormilise arengu – hetkel laialdaselt kasutatavate sekveneerijate tööpõhimõtte sarnaneb küll esimese põlvkonna meetoditega, kuid ühe järjestuse asemel mõõdetakse samaaegselt miljardite lühikeste DNA lõikude järjestused. Sekveneerimisvõimsus on viimastel aastatel kasvanud kiiremini kui Moore'i seadust järgiv mikroprotsessorite arvutusvõimsus, tuues inimese genoomi jagu DNA sekveneerimise hinna 1000 dollari piirimaile.

Üheks oluliseks piiranguks on jäänud mõõdetava lõigu pikkus, mis on nii hetkel kui ka lähitulevikus ka kõige lühemast kromosoomist mitu suurusjärku väiksem. Õnneks saab ära kasutada olemasoleva sekveneerimistehnoloogia suurt läbilaskevõimet ning teadmist, et DNA järjestus elusrakkudes üldjuhul ei muutu. Rakukogumist eraldatud DNA purustatakse juhuslikult sekveneerija jaoks paraja suurusega tükkideks. Piisava arvu lühikeste tükkide sekveneerimisel on iga piirkond esialgses kromosoomis kaetud mitme erineva sekveneeritud lõiguga. Nende omavahelisi kattuvusi

Inimese genoomi enam-vähem täielikuks sekveneerimiseks kulus kolmteist aastat ning peaaegu kolm miljardit dollarit.

võrreldes on mahukate arvutuste abil võimalik leida algne järjestus (vt joonis lk 39).

Kirjeldataud lähenemisest piisab siiski vaid lihtsamatel juhtudel. Näiteks inimese genoom (teiste hulgas) sisaldab endas palju lühikesi korduvaid lõike ning vajab seetõttu teatud töömahukate lisavõtete kasutamist. Seetõttu kulus inimese genoomi enam-vähem täielikuks sekveneerimiseks kolmteist aastat ning peaaegu kolm miljardit dollarit. Tulemusena võib igaüks alates 2003. aastast näiteks California ülikooli (UCSC) genoomibrauseri kodulehelt alla laadida kolm miljardit aluspaari, mis sisaldavad endas põhimõtteliselt kõiki vajalikke juhised inimese ehitamiseks.

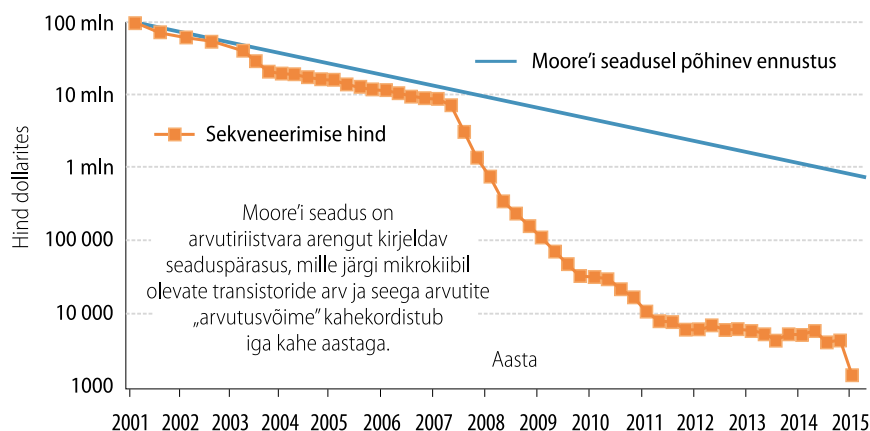
Veerime tähthaaval

Valdav enamik kolmest miljardist nukleotiidist on meil kõigil ühine, kahte inimest eristab keskmiselt paar miljonit genoomierinevust. Need väikesed erinevused määravad suures osas ära näiteks silmade värvi, pikkuse, tõenäosuse haigestuda vähki ning loomuliku immuunsuse Ebola viiruse vastu.

Geneetiliste erinevuste ning pärilike tunnuste vaheliste täpsemate seoste kindlakstegemine on tänapäeval aktiivne uurimisala. Lihtsaimal kujul saab sellele ülesandele läheneda statistiliselt, jättes kõrvale küsimused geneetiliste erinevuste toimemehhanismide kohta. Selleks on vaja ära mõõta piisavalt suurel hulgal inimeste genoom ning panna kirja meid huvitavad tunnused, näiteks pärilike haiguste olemasolu. Tunnustega seotud geneetiliste erinevuste leidmiseks vajalikud mahukad arvutused jäävad arvutitele. Nüüdseks on selliste genoomiülest assotsiatsiooniuringutega leitud umbes kakskümmend tuhat seost. Mõnevõrra ootamatult kirjeldavad leitud üksikud assotsiatsioonid

DNA sekveneerimise ligikaudne hind

Inimgenoomi jagu DNA sekveneerimise ligikaudne hind on viimase 15 aasta jooksul odavnenud kiiremini kui arvutikiipide arengut kirjeldav Moore'i seadus.



Allikas: Wetterstrand K.A. DNA Sequencing Costs: Data from the NHGRI Genome Sequencing Program (GSP)

enamikul juhtudel vaid väikese osa tunnuse oodatavast pärilikkusest. Piltlikult sõnastatuna, lähisugulaste sarnasustest on selge, et pärilikkus mängib rolli, aga tunnust määravaid üksikuid geenierinevusi kätte ei ole saadud.

Sellele „puuduva pärilikkuse probleemile” on välja pakutud kaks lihtsat selgitust. Esiteks võibki keerulist tunnust (näiteks pikkust) mõjutada väga suur hulk erinevaid genoomipiirkondi, mille igatühe individuaalne panus on sealjuures väike. Teine põhjus võib peituda suure mõjuga, aga

harva esinevates geneetilistes erinevustes, mis on siiaamaani üldjuhul tehnoloogilistel põhjustel mõõtmata jäänud. Mõlemal juhul peaks kasu olema suurema arvu inimeste täpsemast sekveneerimisest, seega on tehnoloogia arengut arvesse võttes lähitulevikus oodata uusi tulemusi nende kahe hüpoteesi paikapidavusest.

Tähtedest sõnadeni

Omaette probleemiks leitud seoste tõlgendamisel on tõsiasi, et lähestikku paiknevad geneetilised erinevused

kanduvad üldjuhul ka koos edasi järgmisele põlvkonnale. Praktikas väljendub see sisuliselt selles, et uuritav tunnus on tihtipeale seotud 10 kuni

Enamik kolmest miljardist nukleotiidist on meil kõigil ühine, kahte inimest eristab keskmiselt paar miljonit genoomierinevust.

Sekveneerimisega DNA „kasutamist” uurimas

Kaasaaegne kõrge läbilaskevõimega sekveneerimistehnoloogia mõõdab korraga miljonite lühikeste DNA lõikude järjestused. Lisaks terve genoomi mõõtmisele (A) võimaldab see uurida ka DNA „kasutamist”, näiteks geenide aktiivsust (B) või lahtikeritud DNA piirkondi (C).

A. GENOOMI LUGEMINE LÜHIKESTE DNA LÕIKUDE ABIL

TTGGGCTTGTTGGCGCGAGCTTCGA
TTGGGCTTGTTGGCGCGAGCTTCGA
TTGGGCTTGTTGGCGCGAGCTTCGA

DNA eraldamine
rakukogumist

1. Rakukogumis on kogu organismi DNA esitatud mitmekordselt. Genoomi lugemist alustatakse tavaliselt rakukogumist ehk mitmest rakust. Et DNA eraldamisel tekivad kaod, siis üksikust rakust ei saaks kätte kogu DNA-d.

TGTGG
GGG CGCGAG CTTC
CTTGT GAGCTTC
TGTGGCG

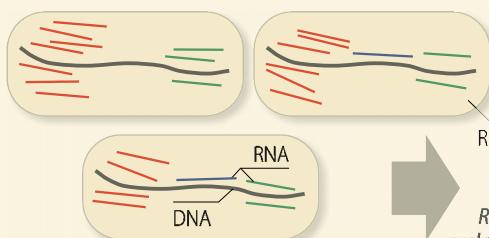
2. Rakukogumist eraldatakse juhuslikult lõhustatud lühikesed DNA lõigud, mis põhimõtteliselt „katavad” kogu uuritava genoomi.

Lõikude
sekveneerimine

TGTGGCGCGAGCTTC
GGGCTTGT GAGCTTC
TGTGGCG
GGGCTTGTTGGCGCGAGCTTC

3. Sekveneeritud lõikude kattuvusi aluseks võttes on mahukate arvutuste abil võimalik taastada algne DNA järjestus.

B. GEENIDE AKTIIVSUSE HINDAMINE RNA TASEMETE MÕÕTMISE ABIL



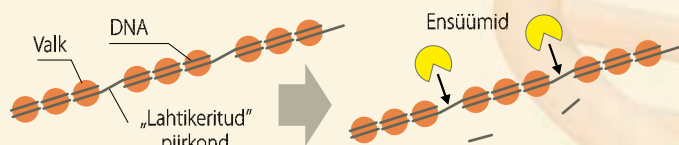
1. Geenile vastava RNA hulk rakus annab meile ettekujutuse vastava geeni aktiivsusest.

2. Rakukogumist eraldatakse RNA ning kopeeritakse sellest lühikesed „kunstlikud” DNA lõigud (säilitades nendes seeläbi algse RNA järjestuse).

Sekveneerimine

3. Geenide järjestusele vastavate sekveneeritud lõikude arvu järgi hinnatakse uuritava geeni aktiivsust.

C. LAHTIKERITUD DNA PIIRKONDADE GENOOMIÜLENE MÕÕTMINE



1. Suurem osa DNA-d rakus on „keritud” niidirullina toimivate valkude külge. Geenide aktiivsust reguleerivad valgud kinnituvad lühikestele „lahtikeritud” piirkondadele.

2. Niidirullide ümber keritud DNA-d „lõigatakse” ensüümid, mis pääsevad ligi ainult lahtikeritud piirkondadele. Saadud lühikesed DNA lõigud sekveneeritakse.

DNA ja sellega seotud
valkude eraldamine
ning sekveneerimine

3. Sekveneeritud lõigud joondatakse genoomi järgi (joonis A). Tekkivad „kühmad” tähistavad lahtikeritud DNA piirkondi.

100 000 baaspaari pikkuste piirkondade ning kõik sealsed geneetilised erinevused on statistiliselt võrdväärsed.

Geneetiliste erinevuste aluseks on juhuslikud mutatsioonid, neist valdav enamik ei mõjuta tegelikult organismi toimimist. Oluliste ja ebaoluliste geneetiliste erinevuste eraldamiseks on seetõttu kasulik uurida täpsemalt vaadeldava genoomipiirkonna läheduses toimuvaid bioloogilisi protsesse.

DNA-s sisalduvat informatsiooni kasutatakse läbi RNA, seega on oluline teada, kas vaatluse all olev geneetiline erinevus mõjutab mõne RNA taset. Sealjuures on meil nüüdseks võimalik korraga mõõta sisuliselt kõik RNA-d rakukogumis. Selleks eraldatakse RNA ning kopeeritakse sellest viiruste pealt õpitud ensüümide abil DNA, mis seejärel sekveneeritakse. Sama järjestusega sekveneeritud DNA lõikude arv võimaldabki hinnata sellele vastava RNA taset (vt joonis lk 39).

Teine võimalus oluliste mutatsioonide eristamisel ebaolulistest põhineb DNA kõrgemat järku struktuuril. Ühesainsas inimrakus peituv DNA oleks täielikult lahtiharutatuna umbes kaks meetrit pikk, tillukesse rakutuuma mahtumiseks on valdav osa sellest erinevate mehhanismide abil „kokku pakitud”. Olulisimat rolli mängivad sealjuures histoonvalkude kompleksid, mille ümber saab niidirulli kombel kerida umbes 150 nukleotiidi jagu DNA-d. Lühikesed lahtikeritud DNA piirkonnad asuvad tihti (kuid mitte alati) geenide alguses ning justnimelt sinna kinnituvad erinevad geenide avaldumist reguleerivad valgud. Lahtikeritud DNA-s asetsevad mutatsioonid on seega keskmisest oluliselt suurema tõenäosusega bioloogiliselt olulised. Ka lahtikeritud DNA piirkondi on võimalik kõrge läbilaskevõimsusega sekveneerimise abil genoomiülevalt mõõta (vt joonis lk 39).

Mälujälg 50 aastat hiljem?

DNA kinni- ja lahtikerimisest kirjutas ka Kuhtin, arutledes, kas üksikute piirkondade sellisel kombel aktiveerumisel ja deaktiveerumisel võiks olla kas ajutine või pikemaajalisem roll mälu säilitamisel närvirakkudes. See, et närviraku stimuleerimine toob endaga lühiajaliselt kaasa muutused, ei ole eriti üllatav. Genoomiüleste RNA tasemete mõõtmiste põhjal võib nüüdseks öelda, et sisuliselt igasuguse stiimuliga kaasnevad muutused geenide

transkriptsioonis ning DNA kinni- ja lahtikerimine on üks mehhanism, kuidas seda saavutada. Pikaajalise mälu jälje säilitamise üle arutledes rõhutab Kuhtin järgmist:

„Püüdmata aju struktuuri viia küberneetilise masina lihtsustatud skeemi, võime siiski täiesti põhjendatult oletada, et aju tööd juhivad küberneetilistes seadmetes informatsiooni edasiandmise ja talletamise seadused, aga mitte geneetilise informatsiooni ülekandmise seadused, mis on hoopis teistlaadse, rakusisese päritoluga.

Aga kui närvirakule läheneda niisuguselt seisukohalt, tuleb esmalt aru saada põhimõttelisest erinevusest pärivuse mälu ja mõtlemise mälu vahel. Igas rakus on kodeeritud kogu liigi ajalugu ja vanemate spetsiifilised iseärasused. Aga neuron, üks eraldi võetud neuron, ei kanna mingisugust kujutist: ta peab ainult „meeles pidama” teda läbivate impulsside hulga ja kvaliteedi. See võimaldab tal teatavates tingimustes lülituda vajalikku ahelasse, mis täidabki kujutise engrammi (mälu füüsiline jälg aju närvikoes, mälujälg – *toim*) ülesannet. [...] Peamist osa etendab siin arvatavasti neuroni membraanide läbilaskvuse muutumine, nende spetsiifiline häälestatus, impulsile vastuseks tekkivate sünaptiliste seoste reaktsioonide muutumine.”

Nüüdseks on selgunud, et lisaks juba pool sajandit tagasi teada olnud nukleotiidide järjestusele kasutavad vähemalt keerulisemad elusolendid mitmeid täiendavaid mehhanisme informatsiooni talletamiseks DNA-s ning sellega seotud valkudes. Olulise näitena võib siinkohal tuua metüülrühmade lisamise nii üksikute nukleotiidide kui ka kaksikheeliksi pakkimiseks kasutatavate histoonvalkude külge. Sealjuures on oluline, et erinevat tüüpi modifikatsioonid paiknevad kindlat tüüpi genoomipiirkondades, näiteks aktiveeritud geeni alguses, eksonitel, intronitel või välja lülitatud geenidel. On kirjeldatud ka olukordi, kus rakkude jagunemise käigus toimuv DNA paljundamisel kopeeritakse lisaks nukleotiidide järjestusele ka mõned histoonvalkude modifikatsioonid.

Veelgi enam, mitmete selliste modi-

Ühesainsas inimrakus peituv DNA oleks täielikult lahtiharutatuna umbes kaks meetrit pikk, tillukesse rakutuuma mahtumiseks on valdav osa sellest erinevate mehhanismide abil „kokku pakitud”.

fikatsioonide või nende lisamise ja kustutamisega seotud valkude sisse- ja väljalülitamine toob endaga kaasa väga spetsiifilise mõju mälule (näiteks pärsitud õppimisvõime või pikaajaliste hirmuga seotud mälestuse kustumine). Tulemused on korrelatiivsed ning põhinevad närvivõrkude kogumite uurimisel, samas on viimasel ajal tehtud mõningaid edusamme täpsema selguse saamiseks vajalike eksperimentaalsete vahendite arendamisel (näiteks väljavalitud genoomipiirkonnas kindlate modifikatsioonide lisamine või kustutamine).

Kuhtini „küberneetilisele vaatepunktile” vastandub teatud mõttes „evolutsiooniline vaatepunkt”, kus uue mehhanismi „leiutamisel” kasutatakse ehituskividenäa maksimaalselt ära olemasolev vähegi sarnase funktsiooniga süsteem. Histoonvalkude modifitseerimisel on oma roll küll tõenäoliselt enamikes raku toimimiseks vajalikes protsessides, kuid see ei välista ning evolutsioonilisest vaatepunktist pigem isegi julgustab hüpoteesi nende osalemisest ka engrammi ehk mälujälje hoidmisel. Mõttekäigu lõpetuseks sobib hästi Alabama ülikooli teadlaste Jeremy Day ning David Sweatti spekulatiivne seletus sellele, miks närvirakud kunagi ei jagune. Juhul, kui mälujälj peitub tõepoolest kasvõi osaliselt teatud tüüpi histoonvalkude (tavapärasest ehk kõrgema täpsusega) muutmisel, on täiesti võimalik, et mälu engrammi salvestus ei peaks lihtsalt vastu raku jagunemiseks vajalikule DNA kopeerimisele. •

 **Jürgen Jänes** (1984) uurib DNA pakkimise ja geenide aktiivsuse vahelisi seoseid varbussis *Caenorhabditis elegans*. Hetkel arvutusbioloogia doktorant Cambridge'i ülikoolis, varem õppinud Tartus ja Amsterdamis. Horisondi rubriigi „Igameheteaads” autor.

Uuel aastal uued uudised,
uued avastused, uued lähenemised!



Telli kohe!

e-pood: www.loodusajakiri.ee

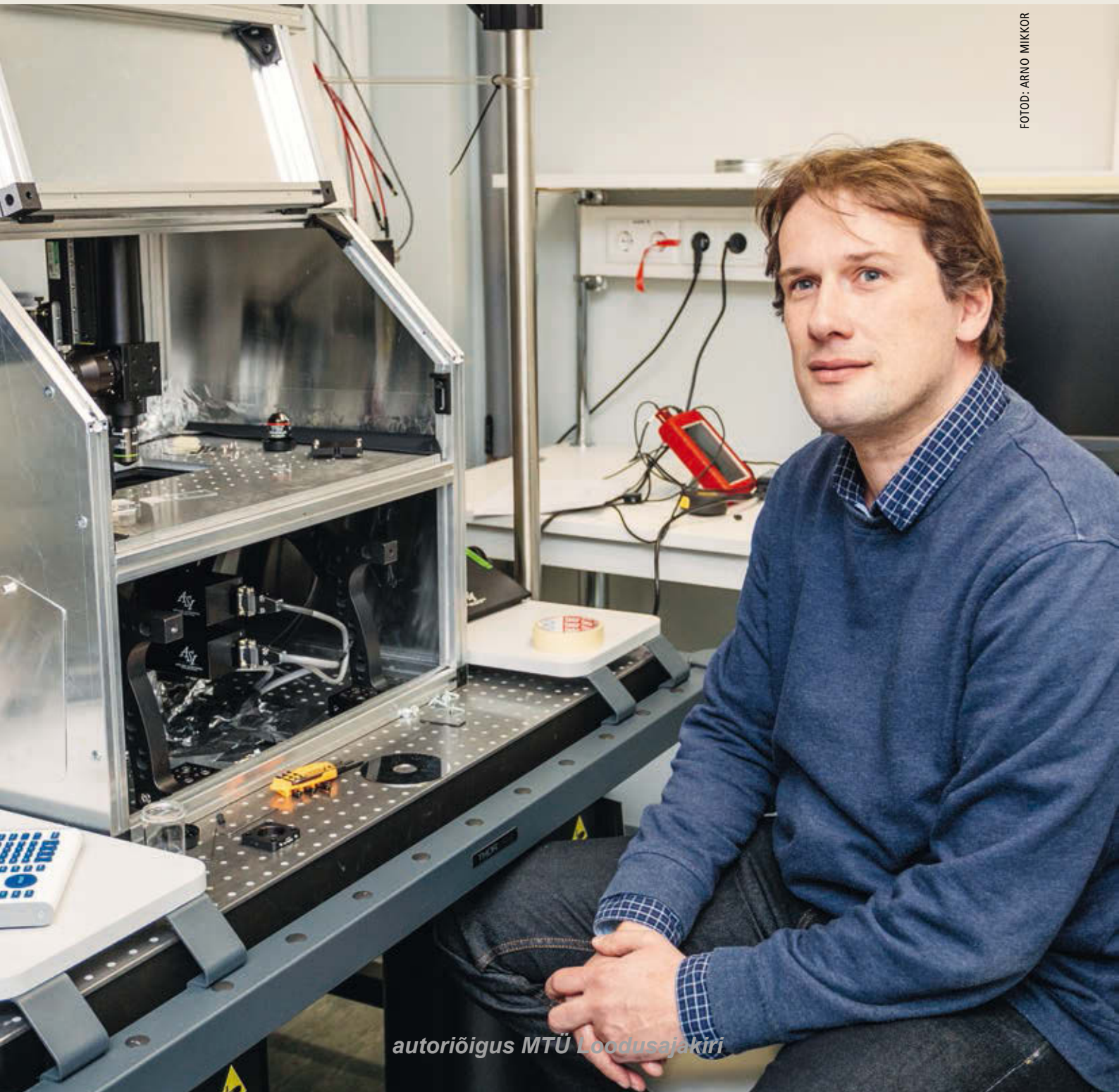
e-mail: loodusajakiri@loodusajakiri.ee

tel 610 4105

autoriõigus MTÜ Loodusajakiri

ULVAR KÄÄRT

Marko Vendeliniga südamelöögi saladuse jälil



FOTOD: ARNO MIKKOR

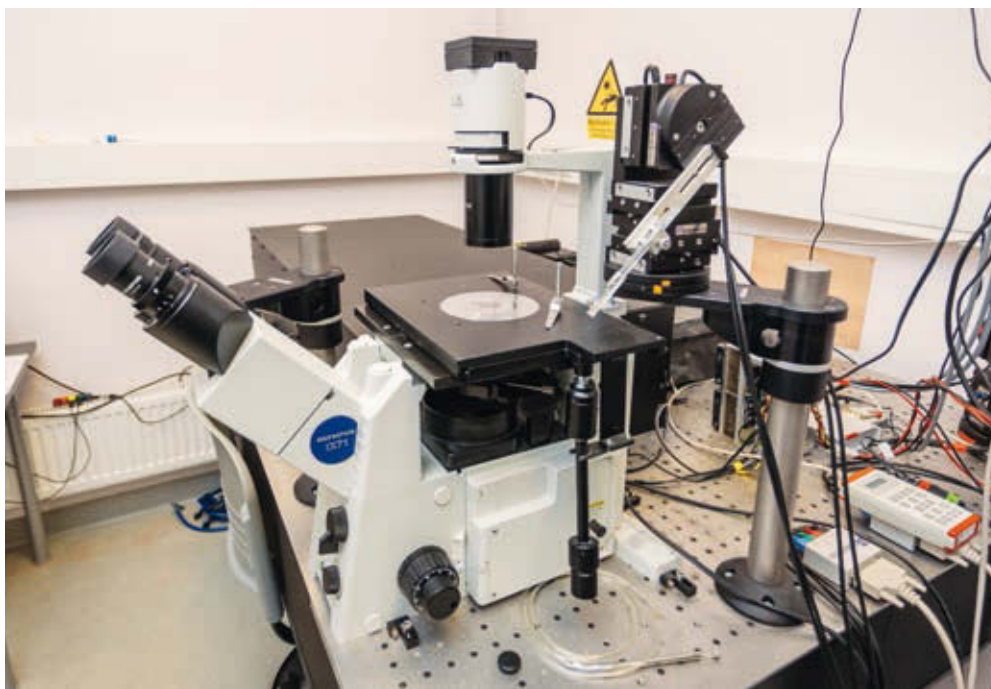
Tallinna Tehnikaülikooli Küberneetika Instituudi süsteemibioloogia laboreis üritavad teadlased täpselt välja uurida, kuidas ikkagi südamelihased raku tasemel töötavad.

Küberneetika instituudis (Küberl) uuritakse mehaanikat, juhtimissüsteeme ja arvutiteadust. Üks põnev uurimis-teema, mis nende laiade ja põnevate valdkondade alla mahub, on seotud meie elutähtsa „verepumba“, südamega. Kuidas toodetakse energiat, mis lubab südamelihasel kokku tõmbuda ja kuidas see energia taastub järgmiseks südameöögiks? Just sellele põhiküsimusele otsivadki vastust Küberi vanemteadur Marko Vendelin ja tema lähimad kolleegid.

Võib ju mõelda, mis on ometi südame küberneetikaga pistmist. Ent Vendelinil on sellele kohe hea vastus varnast võtta: „Küberneetika on ju teadus regulatsioonist, mis hõlmab nii masinaid kui ka elusorganisme.“

Et lähemalt selgitada, kuidas see uurimistöö käib, soostus Vendelin Horisondi lugejatele näitama „tarku“ aparate täis ruume, kuhu tavainimene naljalt ei satu. Objektid, mida siin mikroskoopide all lähivaates uuritakse, on südamelihase rakud, mille suurus jääb keskmiselt 0,1 mm kanti. Vendelin osutab üht konfokaalmikroskoopi ja kogu selle juurde kuuluvat n-ö isetehtud unikaalset originaalse tarkvaraga süsteemi tutvustades ühele põhimõttelisele järeldusele, milleni on selles majas jõutud. Nimelt viitavad senised uuringutulemused, et südamelihase raku sisemus on jagatud justkui klotsideks, mille suurus jääb 0,001 mm kanti. „Me pole veel päriselt tõestanud, et sellised klotsid olemas on. Samuti ei tea me täpselt, miks neid üldse vaja on,“ viitab ta. „Samas

G Küberneetika Instituudi süsteemibioloogia laboratooriumi juht Marko Vendelin näitab lähemalt uut südamelihase rakkude uurimiseks mõeldud kõrgtehnoloogilist mikroskoobisüsteemi. Selle kolm pildistavat kaamerat teevad igaüks rakust 60 ülesvõtet sekundis.



Konfokaalmikroskoobiga, mille peamine uurimisrelv on laserkiir, on jõutud järeldusele, et südamelihase rakkude sisemus on tõenäoliselt jagatud pisikesteks klotsideks.



Näppude vahel on mikroskoobi kamber, kuhu asetakse uurimiseks rakud.

on hetkel vihjeid, et näiteks infarkti korral kaob selline klotsidest moodustuv struktuur ära.”

Ehk kui peaks selguma, et niisugune pisike struktuurne element ongi olemas, siis tuleb ka välja selgitada, kas mingi ainega on võimalik seda struktuuri südamelihase rakkudes taastada.

Selle teada saamiseks keskendutakse üksikasjalikult südamelihase

rakkudes toimuva mikroringluse uurimisele, millega on otseselt seotud rakkude energmeetika ja kokkutõmbumine. Vendelin märgib seejuures, et ööpäevas lagundatakse ja regenereeritakse inimese südames suurusjärgus 6 kilogrammi ainet.

Südamelihaste energmeetikas mängib võtmerolli kaltsium. „Südames on rakkude kogum, mis kogu aeg genereerivad elektrilist liikumist. Iga



Rakkude isoleerimine toimub eraldi ruumis, kus selleks on loodud omaette süsteem. Vasakul on hapnikuballoon. Isoleerimisel tagatakse sellega südame hapnikuvarustus.

kord, kui süda lööb, tõuseb kaltsiumi tase rakus üles. Iga südamelöögiga käib elektriline „sähvatus“ pingega ligi 100 millivolti. Seejärel tuleb raku kaltsium ja hakkabki kokkutõmbumine. Kaltsium on nagu signaal,” kirjeldab Vendelin. „Küsimus on, kas me saame seda kuidagi reguleerida.”

Üks parameeter, mida rakkude energeetilise olemuse uurimisel mõõdetakse, on nende helendumine ehk fluorestsents. Viimase abil saab määrata rakkude jõuamadeks olevate mitokondrite seis. „Mida rohkem helenduvat ainet mitokondrites

on, seda rohkem see helendab.

Nii saame mikroskoobiga vaadata, kas selle aine kontsentratsioon iga südamelöögiga muutub või mitte.

On teada, et mitokondrid toodavad ATP-d (adenosiintrifosfaat, universaalne energia talletaja ja ülekandja kõikide rakkude ainevahetuses – U.K.), kuid kas nad teevad seda kogu aeg ühtlaselt või see muutub iga löögi või ka näiteks südamehaiguse jooksul, pole seni teada,” tähendab Vendelin. „Uuringu praktiline väljund on neist mehhanismidest aru saada. Edaspidi saaks siis selgitada, kas neid mehhanis-

me saab kuidagi kliiniliselt rakendada.”

Kui seni on Vendelini töörühma uuringud piirdunud südamelihase rakkudega, siis peagi on plaanis luubi alla võtta juba terve süda. Nii näitab ta ühes ruumis olevat väikest läbipaistvast plastist katseaset, millega on võimalik lähemalt vaadelda vaid mõne millimeetri suurust tuksuvat hiire südant.

Vendelini veetud teadustööst on välja kasvanud ridamisi doktorante. Praegu üritab südamelihase rakkude elektrofüsioloogiat ja -mehaanikat senisest paremini tundma õppida ühtekokku viis doktoranti. •



JAAN TOOTSEN

PEETER LAURITS

KUNSTNIK

Teadus ja kunst ...

... minu jaoks ei ole teadusel ja kunstil väga suurt vahet. Mõlemad küünitavad kõige esmaste küsimuste suunas: teaduse, ruumi, aja ja tundmatuse küsimuste suunas. Metoodika on väga erinev – seda küll. Kehakeel ja väärtushinnangud on erinevad, mõnikord vastandlikud, aga sellegipoolest – nii teadus kui ka kunst on ühiskondliku kesknärvisüsteemi osad. Kunstilised ja teaduslikud kanalid saavad sama signaali isekesis peegeldada, jagada ja vahetada, kunst saab lõpetada seda, mida teadus

alustas, ning vastupidi, alustada seda, mille lõpetamiseks sel ilma teaduseta vähimaidki väljavaateid poleks.

Teadus ja kunst vaatavad välja samast aknast, aga näevad erinevaid maastikke. See ei ole seesama, mis vaadata välja erinevatest akendest ja näha samu maastikke. Teaduse ja kunsti asi pole ühte vaadet kanoniseerida, vaid vaadata igale poole. Niisiis tuleks kutsuda neid mitmuses – „teadused ja kunstid“. Minu jaoks on teadused ja kunstid filosoofia uhked äärmused.

Mina tahtsin kõigepealt teadlaseks saada, see otsus oli küps juba ammu enne seda, kui kutsevaliku küsimused mu huvideringi kerkisid. Kolmeaastaselt sain aru lugemise nõksust, varsti üritasin ise romaani kirjutada, edasine elu läks aina põnevamaks. Õppisin üheaegselt mitmeid erinevaid asju, ühessegi süvenemata, pendel keerles nagu vurr ja lõpuks, ilmselt mu eksalteeritud loomuse tõttu, sai minust hoopis kunstnik.

Mingist valgustusaegsest inertsist peetakse teadust kunstiga võrreldes rangeks ja igavaks. Teadus on pikalt ette kavetatud ja metoodiliselt läbi planeeritud protsess, kunst aga spontaansema vaimuvälgatuse tulemus. Viimased 50 aastat loovtööstust ja projektikultuuri on aga olukorda muutnud. Kaasaegne kunst on kalkuleeritum ja ettearvatavam kui kunagi varem ja humanitaariat tervikuna oleks nagu mingi loidus haaranud.

Reaalteadustes on aga viimase sajandi jooksul toimunud nii palju murrangulist, et enam ei jõua järele pidada. Kvantfüüsikas ja küberneetikas küpseb juba sajandi jagu mõtteid, mis varsti kogu me maailmakirjelduse, eluviisi ja väärtushinnangud pea peale keeravad. Ma ei jõua seda aega ära oodata ja kunstnikuna kütavad mind sellised mõtted kõige enam. •



UUE AJAKIRJA ILMUMISEL

INIMESTE TEADUSIANU EI KUSTU KUNAGI. JUBA VÄIKE LAPS UUDIS-
TAB MAAILMA TEADMISHIMU JA TAHE OLLA KASULIK OMA RAHVALE,
INIMKONNALE, VIIVAD INIMLAPSE KOOLIPINKI, AUDITOORIUMIDESSE,
LABORATOORIUMIDESSE...

KUID RASKE ON TÄNAPÄEVAL KOIKIDE TEADUSALADE SALADUSTESSE
TUNGIDA KASVOT LIHTSALT SEEPÄRAST, ET IGA PÄEV TOOB KAASA
AINA UUSI LEIUTISI, AVASTUSI, TEADMISI, SELLEPÄRAST VAIJAME NII-
SUGUSEID AJAKIRJU, MILLE LEHEKOLIED VOIMALDAVAD NII NOOREL
KUI VANAL OSA SAADA SELLEST UUEST JA HUUVITAVAST, MIDA INIM-
KOND ON KÄITE VÕITNUD JA ENDA TEENISTUSSE RAKENDANUD.

SELLE OLSA OLESANDE LAHENDAMISEKS SOOVIME AJAKIRJALE „HO-
RISONT“ JOUDU JA EDU.

Esiti NSV ühingu „Teodus“ juhatus endised esimehed
H. Kruus *A. Kruus* *E. Põllu*
praegune esimees
V. Saaremaa

Sisukord

SAATEKS - Mõni sõna toimetusest	1
G. NAAN - Tõppisteodused ja kai- ne mõistus	3
U. VEISMANN - Kosmos ja tsiviili- satsioonid	10
Nähtamatute draakonite maailmas	14
Fegatsüüde võitlus streptokokiga	16
A. KUNNAPUU - Lennukist Maa tehiskosmoseni	18
Auto ajalugu fotoobjektiivis	22
V. KUHTIN - Mõlu, keemia ja kü- bernetika	24
F. KASK - Kuus miljardit	29
A. NURM - Fortsi teine programm	34
U. AGUR - Sõmasuse jõud	40
F. VAKK - Miks me just nõnda üt- leme?	47
E. KLAAMANN - Epitsenter suu- linna all	49
Tükkide loodust kodus	55
Kuidas lugeda raadioskeemi	58
Püühologogia praktikum	60
A. KÖVERJALG - Appi tuleb püh- hologoia	61
FRED HOYLE - Must pilv	63
Vibrotoorõng	71
A. PÄRLIST - Kogumisest üldse ja märkide kogumisest eraldi	72
Ehitame fotoaparadi „Kinoakoome- roks“	74

Esikaanel. Osake DNH (des-
oksüribonukleiinhappe) molekul - ra-
diu püühologomaduste adasikandja - mu-
dalt

Horisont

EESTI NSV ÜHINGU „TEODUS“

populaarteaduslik ajakiri

Asutatud 1967. a

Ilmub üks kord kuus

KRP Kaubanduse Kirjastus Tallinn

NR. 1

JAANUAR

1967

MÕNI SÕNA TOIMETUSELT

Teie kätte on jõudnud uue aja-
kirja esimene number.
Ootasime seda silmapilku.
Teie, lugupeetud lugeja,
olite meiega koos kogu esimese
numbri tegemisel, siis, kui võtsi-
me esimese kõne esimese loo
autorile, kui lugesime numbri kõi-
sikirju ja kujundasime seda.
Püüdsime Teie häält kuulda võit-
to, toibata Teie mõttet ja nõud-
misi.

Nüüd ehk mõistate paremini
toimetuse kollektiivi ootusärevust.
Teie osavõtt meie tööstöötoim-
gustest ja muredest oli seni ju
mõtteline: me üksnes kujutlesime
Teid endi keskel, püüdsime ai-
mata, mis võiks Teid huvitada,
ning sel pinnal vaidlesime mõ-
nigi kord ühe või teise kirjutuki
üle.

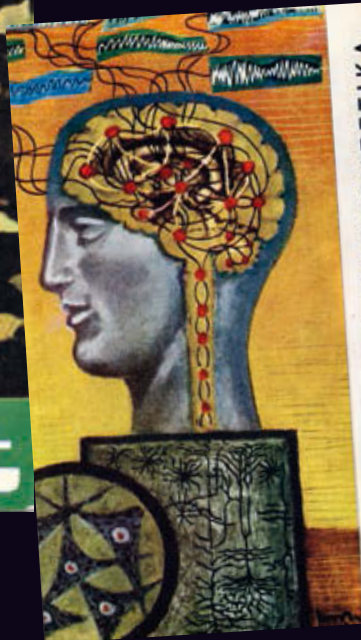
Muidugi, „Horisondi“ nõgu ja
iseloom on üsnagi täpselt mää-

Omal ajal üle kogu Nõukogude Liidu levinud vene-
keelse populaarteadusliku ajakirja „Наука и жизнь“
(„Teodus ja elu“) toimetuse soovib oma telegrammiga
Horisondi kolleegidele esimese numbri ilmumisel edu,
et nii ajakirja kui ka selle auditoriumi horisondid
oleksid laiad.

1
1967

TEADMISTEST JA
EKSIARVAMUSTEST
MAXWELLI VÕRRANDID
JA „SUUR MAAGIA“
INIMENE
OTSIB
KOSMOSE-
NAABREID
MÄLU...
MIS SEE ON?
EPITSENTER
SUURLINNA ALL
KUIDAS SUURENEB
INIMKOND
MUDEL—MEIE
ABILINE

Horisont



MÄLU, KEEMIA JA KÜBERNEETIKA

Kaunistaja V. KUHTIN

M

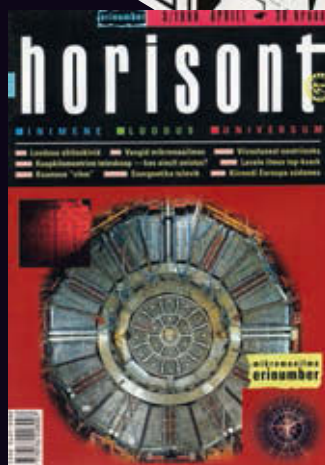
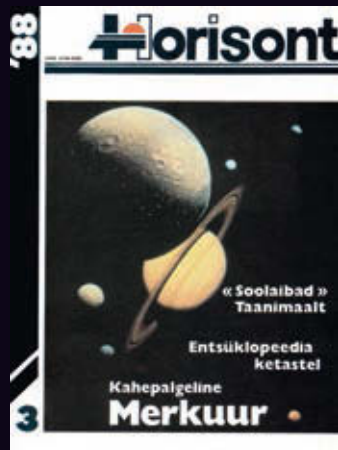
õlu on ajakirjades ja
teaduslikus ajakirjades
Mõni sõna toimetusest
Mõni sõna toimetusest
Mõni sõna toimetusest

„Esiteks“ mälu

Esimene teaduslik ajakirja
teaduslik ajakirja
teaduslik ajakirja
teaduslik ajakirja

Engelmanni sõnad

Võimaldus on see, mis
võimaldus on see, mis
võimaldus on see, mis
võimaldus on see, mis



horisont 50

**Ajakirja Horisont poole sajandi pikkuse fenomeni ajalugu pole üksik-
asjalikult keegi talletanud ega kokku koondanud. Ajakirja lugu
elab paljuskil tegijate mälestustes. Horisondi esimese
peatoimetaja Feodor Feodorovi, kauaaegse toimetaja Rein Veskimäe,
juba esimeses Horisondi numbris autorina käe valgeks saanud
astrofüüsik Uno Veismanni, ajakirja viimastel aastatel
kirjastanud MTÜ Loodusajakiri endise peatoimetaja, teaduskirjaniku
Tiit Kändleri meenutustega saavad kirja olulised peatükid
ajakirja väheräagitud loost.**

MÕNI SÕNA HORISONDI „KOLLEKTIIVSEST VANAEMAST”



Feodor Feodorov

HORISONDI ARHIIV

(TA) peasekretär, siis selle asepresident. Hoolikas teatmeteoste sirvija on ehk märganud, et Maamägi kuulus ka ENE (Eesti Nõukogude Entsüklopeedia) kolleegiumi, ent tema nimi kadus sealt, kui ENE-st sai alates viiendast köitest EE. Mis juhtus? Vastuse leiame sellesama entsüklopeedia kuuendast köitest, kus öeldakse, et ta oli „Eesti peamisi nõukoguliku ajalookäsituse juurutajaid”. Ajakirja toimetuskolleegiumi koosolekutel ja silmast silma kõnelustel ma seesuguseid pürgimusi küll ei märganud. Ehk võib-olla seepärast, et Horisont käsitles oma veergudel peamiselt täppisteaduste saavutusi ja probleeme ning Eesti ajaloo hindamise ja ümberhindamise küsimused oli teistsuguste väljaannete pärusmaa.

Muide, pikaajalise kolleegiumi liikmena ei suvatsenud Maamägi pakkuda ajakirjale ühtegi sisulist kirjatükki, kuigi samas oli ta ometi aimeajakirja asutamise üks algatajaid ja selle idee elluviijaid. Näiteks just tema pealekäimisel linnavõimudele lõppes toimetuse jaoks allüürniku staatus Pika tänava kitsas 2-toalises toimetuses ja me kolisime Raekoja platsi majja nr 17. Siis oli toimetuses palju rohkem ruumi ja valgust.

Kaks tipikat

Viktor Maamäe järel sai ühingu „Teadus” esimeheks ja kolleegiumi liikmeks Tallinna Polütehnilise Instituudi rektor, tehnikateaduste doktor, mitmete põlevkivi kasutamisega seotud probleemide uurija Agu Aarna. Neist asjadest oli ta nõus kõnelema-kirjutama ka meie ajakirjas. Siiski jäi tollest ajast hinge närima üks ebamugav tõik. 1973. aasta lõpukuul varisesid Raekoja platsi toimetuse ruumides lagi ja sein. Linna ülemused olid valmis meile appi tulema ja pakkusid taas kitsikusse jäänud Horisondi elamise parandamiseks kahte toakest maja kolmandal korrusel. Selleks oli vaja 20 000 rubla, aga Aarna ja ühingu „Teadus” esimehe asetäitja Helmut Rajala keeldusid seda summat ohverdama. Ometi teenis ühing just siis Horisondi pealt üsna kopsaka hulga rublasid.

Ajakirja kolleegiumi orbiidil ringles Aarna kõrval veel üks tipikas. Ta oli lõpetanud selle kõrgkooli rahanduse

erialal ning kaugõppes ka Tartu ülikooli geograafina. See oli Uno Mereste, majandusdoktor ja TA liige. Ta säras tolleaegses majandusteaduse taevas, oli mitmete teooriate looja ja hinnatud õppejõud, samuti kadestusväärsest hea suhtleja ja kirjamees. Ta tõi toimetusse ikka ja jälle uusi ideid ja viimistletud kirjatükke, näiteks majandusalastest terminitest koos graafikute ja diagrammidega.

Kosutava tuulepuhangu tõi toimetusse astronoom ja astrofüüsik Charles Villmann. Tema pürgimised helkivate ööpilvede olemuse mõistmiseks algasid Tallinnas, jätkusid Tõraveres ja jõudsid kosmosesse, kui maailmaruumi lähetati Eestis konstrueeritud tele-radiomeeter Mikron. Suhtlesime temaga peamiselt telefonitsi ja siis, kui ta pealinnas asju ajamas käis. Mäletan selgelt, kuidas uks avanes ja koridorist kostis pisut kähisev: „Jõudu, horisont-lased!” Teret ja ka käepigistust jätkus igas toas oliaiale. Toimetus oli siis Narva maantee alguses.

Horisondi esimese numbril kolleegiumi liikmete nimekirja avas tähestikujärgselt elektroonikainsener Ustus Agur. Ta töötas aastaid elektronarvutite kateedris, siis juhtis Eesti Informatsiooni Instituuti, asutas ajakirja „Arvutimaailm”, kirjutas kõnealuste valdkondade õpikuid ning lõi ja korras eestikeelset infotehnoloogia alast kirja- ja kõnepruuki. Agur ei jätnud vist vahele ühtki kolleegiumi koosolekut ja külastas toimetust üsna sageli ning tõi avaldamiseks päevakajalisi artikleid. Juba Horisondi esimesel ilmumisaastal leiame sealt arutlusi temale lähedasel teemal („Raal töötleb andmeid”, „Raali silmad ja kõrvad”). Me ristasime ta Naataniks, kuna tema ülevaated ilmunud populaarteaduslikest raamatutest kandsid salapäraselt allkirja Naatan Kvark. (Nüüdseks avastatud hadronite hulka kuuluvate osakeste avastamist ennustati juba aastal 1964.)

Mingit eripära hoovas ka selle nime taha varjunud autorist. Toimetusse saabudes purjetas ta ümbritsevaid märkamata ja väärikal sammul peatoimetaja kabineti poole. Ei tea, mis teda tagant piitsutas, võib-olla pidev rutt, et milleks peenutseda formaalsustega, kui teha on nõnda palju?

Pikki aastaid ilutses Horisondi impressumis nime loend, mida ühendas sõnapaar ’toimetuse kolleegium’. Ajakirja 50 aasta juubeli eel on õige aeg meenutada, kes need inimesed olid ja millist osa nad Horisondi väljaandmisel etendasid.

Nõukogude ajal kuulus kolleegium kohustuslikus korras iga vabariikliku ajalehe ja ajakirja juurde. Võõrsõnade leksikon selgitab: kolleegium on administratiiv- või nõuandev organ. Humoorikalt arutleb selle mõiste üle oma mälestusteraamatus „Sulerüütli-na Nikitast Gorbani” minu asetäitja ametis olnud Hans Treimann. Tema arvates polnud toimetuskolleegium ei karm ega armuküllane isa, vaid pigem elukogenud vanaema, „kellest kõik lugu peavad, aga kellega eriti ei arvestata”. Arvan, et kolleegium, nagu teadlastest autorkondki, aitas toimetusel mõista teadusmaailmas toimuvat ja see pandi paika Horisondi asutamise algpäevil. Sellesse pidid tingimata kuuluma ühingu „Teadus” esimees ja Eesti kompartei keskkomitee esindajana lektorigrupi juhataja. Nii leiamegi ajakirja esimesest numbrist nimed Viktor Maamägi ja Valeria Mäe.

Rohkem ruumi ja valgust

Viktor Maamägi oli tol ajal hoogne edasipürgija. Ajaloo instituudi direktorist sai peatselt teaduste akadeemia



Kolleegiumi koosolek 1982. aastal. Vasakult: Viktor Maamägi, Charles Villmann ja Harri Jänes.



FOTOD: HORISONDI ARHIIV

Tilulilu tase tarkust juurde ei anna

Ka Endel Lippmaal oli alati kiire. Temale helistamisel saime sageli vastuseks: kahjuks on nõupidamisel, ei viibi vabariigis. Ta tegi nime teaduses ja hiljem poliitikas, juhtis instituute, asutas uurimislaboreid, oli aastaid TA akadeemik-sekretär. Aga kui ta leidis aega, siis astus sisse ja ütles, mis ütelda oli. Ei meenu, et ta oleks meie tegemisi kiitnud või laitnud, ent võis keema minna, kui miski tema tõekspidamisi riivas. Nii juhtus kolleegiumi esimesel koosolekul 1967. aastal. Seal hakkas Mäe kaebama, et mõned koolilapsed ei saavat aru mõnedest Horisondis avaldatud asjadest ja küsis, kas see on normaalne. Lippmaa lükkas kohvitassi kõrvale ja tema jutu iva oli järgmine: see teema jääb päevakorda igavesest ajast igavesti, kuid tilulilu tasemel jutud teadusest ja üldse maailma asjadest ei anna kellelegi tarkust juurde.

Toimetuskolleegiumi liige Harri Jänes lõpetas 1951. aastal Tartu ülikooli arstiteaduskonna ja aega viitmata maandus Hiiul mändidest ümbritsetud Eksperimentaalse ja Kliinilise Meditsiini Instituuti. Teda tundsimeteadsime ajakirjanduses esinejana juba siis, kui Horisondi asutamisest polnud veel hiirepiuksugi kuulda. Ent ajal, mil see mõte hakkas ilmet võtma, oli Jänese haare märgatavalt laiem, ta hakkas toimetama Nõukogude Eesti Tervishoidu ja lugejaskonnani jõudis tema raamat „Tööstushügieen“.

Sellise teeneka mehe, rahva tervise eest hoolitseja, tunnistasime kahtlemata omaks. Ka kolleegiumiliige võttis meid omaks ja nõnda sai temast Harri. Tema astus toimetusse olenemata sellest, kas me elasime kitsamalt või laiemalt, ja kunagi ei lasknud ta välja paista, et visiit on kohustuslik. Temast hoovas ühelt poolt koolipoisilikku ulakust ja teiselt poolt elujõus mehe rahu. Sellisena võis ta välja paista ka kolleegiumi kooskäimistel.

Meilt ta päris ikka, et kuidas vanker veereb, ja kiitis arutlevalt kaasa, kui kavatsesime ajakirjas mõnda uut teemat käsitleda ning aitas sobivaid kirjamehi otsida. Ent ta oli ka ise oodatud autor ja seda juba Horisondi esimestest numbritest alates. Tema ja Hans Treimanni koostööna sündis näiteks ligemale 30 kirjatükist koosnev sari „Mida sööme, mida joome“, milles käsitletu pole kaotanud päevakajalisust tänapäevalgi. Teaduse populariseerijast isa teatepulga võttis hiljem üle tema tütar Kärt Jänes-Kapp.

Toimetuskolleegiumi kuulus veel üks, arvult juba kümnnes tallinlane, Toomas Tomson. Ta tegutses Tallinna farmaatsiatehase laboris ja püüdis leida rakendusi taruvaigule. Kiviõli põlevkivikombinaadis koostööd tehes kompas ta võimalusi põlevkiviõli kasutamiseks väga nõutava pesemisevahendi saamiseks.

Ei tea miks, aga jutuhimuline keemiainsener ei suvatsenud neist asjadest kõnelda ei kolleegiumi ees ega

lihtsalt omavahel. Kuuldavasti läksid need tema otsingud lörri.

Ka kaks Tartu teadlaste esindajat

Tartu teadlasi esindasid kolleegiumis kaks meest. Neist üks oli Kubanimaal sündinud Paul Kard, kes sattus 1942. aastal rindele ja oli muu hulgas juba 1945. aastal Omski oblasti ühes keskkoolis õpetaja. Õpetas lapsi ja õppis ka ise. 1945 lõpetas ta Tartu ülikooli füüsikuna ja juhtis hiljem 21 aastat teoreetilise füüsika kateedrit. Kardi meelisuuringute esirinnas seisis teoreetiline optika, kvant- ja relatiivsusteooria, matemaatiline füüsika ning füüsika ajalugu. Kvant- ja relatiivsusteooria olemust püüdis ta oma kirjutistes avada ka Horisondi lugejatele. Mõttetööga hõivatud mees käis kolleegiumi koosolekul vaid korra, 1967. aasta suvel. Edaspidi jõudsid tema arvamused ja ettepanekud toimetusse läbi telefoni- traadi.

Teine kolleegiumis Tartut esindav mees oli psühholoog Uno Siimann. Tema häält kuulsin ma esimest ja ka viimast korda siis, kui palusin temalt nõusolekut meile nõuandjaks olla.

Nüüdseks on kõik Horisondis „kollektiivse vanaema“ rolli täitnud teadusmehed teispoosusesse siirdunud. Ehk aitavad need read heita valgust ühe toimetuse varjus olnud küljele. •

Feodor Feodorov, Horisondi peatoimetaja aastail 1967–1988

KORD PÄÄSTIS HORISONDI UNIVERSUM



Rein Veskimäe

Oli suvi 1997. Kõndisin nõutult mööda Pikka tänavat Paksu Margareeta poole. Taevas silerdas küll päike, kuid südant ei soojendanud ükski valguskiir. Võimust oli võtnud suur mure, sest Horisont jäi Ameerika astronautide kuulennu 25. aastapäevale pühendatud kalendri väljaandmisega kahjumisse. Ja seda minu süül, sest olin selle koostaja ja toimetajana teinud valearvestuse, ning seda oli vaja kuidagi korvata. Seda enam, et meil olid ajakirja enda väljaandmise-

ga kätte jõudnud näguripäevad: uppuja päästmine tõi aga selle (loe: Horisondi) hukkamise veel lähemale ...

Pärast Mustpeade Maja pöörasin paremale, alla Olevimäest, kus leidsin ühe ukse kõrvalt sildi – Eesti Kultuurfond. Seda olingi otsinud. Mind juhatati tegevdirektor Kalle Liivi juurde. Sõbralik mees kuulas mu jutu ära. Ja lisas lõpuks, et jõuga ta toetada ei saa, raha on juba ära jagatud. Kuid tema hea nõu oli paremgi veel. Plaani panna Eesti astronoomide abiga kokku Universumi-raamat pidas ta igatahes heaks mõtteks ja soovitas mul pöörduda Avatud Eesti Fondi poole.

Nii seadsingi sammud Estonia puisteele, nn Sorose fondi kontorisse. Lahke perenaine Mall Hellam soovitas täita vajalikud paberid ja jääda ootele, millal nende kõrge komisjon suve lõpupoole kokku tuleb ja otsustab projektide rahastamise. Oma käikudest ei kõssanud ma toimetuses kellelegi. Vargsi pidasin nõu vaid Horisondi ammuse autori, oma õpingukaaslase ning hea semu Peep Kalviga, kas ta oleks valmis säärase raamatu tegemisel kaasa lööma. Peep oli nõus – seda aega oli ta ammu oodanud.

Me ei ehitanud oma plaani kaugeltki tühjale kohale. 1995. aastal ilmus Tõravere astronoomide abiga üks Hori-



sondi erinumbrist „Universum – mil line sa oled?“. Selle tiraaž oli 7000 eksemplari tavalise 4000 asemel. Me andsime välja veel teisegi Universumisugemetega erinumbri „Päikesesüsteem“. Selleks ajaks oli ilmunud ajakirjas ka kirjutistesari „Tähed“. See kõik oligi nurgakiviks tulevasele raamatule. Suve lõpul saabus rõõmusõnum: Universumi-projektile on eraldatud 60 000 krooni. Tagantjärele vaadates oli see minu Horisondis töötamise 47 aasta jooksul üks suuremaid rõõmuhetki. Tundsin, et nüüd teeme küll ära!

Kuid palju oli vaja veel juurde kirjutada, et sisu raamatuks vormida, illustratsioone joonistada-joonestada ja fotosid otsida. Julgust selleks andis ka Eesti Kultuurkapitalilt saadud rahastust. Sõitsin Tõravere vahet, pidasime aru paljude astronoomidega, kes hakkasid täiendama ajakirjas varem avaldatud lugusid, aga kirjutama ka päris uusi. Esmakordselt lõi nendes tegemistes kaasa äsja akadeemikuks valitud Ene Ergma. Kõige suuremaks innustajaks olid aga akadeemiku Jaan Einasto enda ja tema jüngrite kirjatükid ning toetus – tol korral oldi just oma ülemaailmse tunnustuse tipul.

Kasutan siinkohal võib-olla viimast võimalust tänada ka raamatu kujundajat Krista Saaret ja keeleteimetajat Tiitu Kukke, manalamehest Peep Kalvist rääkimata. Rügasime koos kolm kuud iga päev südaööni. „Universumit“ ilmus kaks trükki, kokku 5000 eksemplariga.

Kui 1990. aastate algul tuli meil igal sügisel Horisondi väljaandmisel puudu umbes sada tuhat krooni ja edasielamiseks hakkasime juba järgmise aasta tellimisrahasid „sööma“, siis „Universumiga“ päästsid Eesti astronoomid tookord Horisondi. Kes päästavad seekord?



1977. aasta septembris peeti Tallinnas sümpoosion teemal „Universumi makrostruktuur“. Siia kogunes üle 160 maailma ehituse uurija 19 maalt. Üks nendest oli Cambridge'i astronoomia instituudi direktor Donald Lynden-Bell (vasakul), keda intervjuueeris Rein Veskimäe.

Rein Veskimäe, Horisondi toimetaja aastail 1967–2012

HORISONT JA MAA-VÄLISED



Uno Veismann

Elmise sajandi kuuekümnendatel aastatel erutas füüsikuid ja astronoomide Ameerika Ühendriikide radioastronoomide hüpotees teistest maailmadest saabuvatest raadiosignaalidest. Kõneaineks oli see ka valmivas Tõraverre observatooriumis. Kui minult paluti kirjutist Horisondi

avanumbrisse, siis otsustasin selle intrigeeriva teema kasuks. Suhtumine maavälisesse elusse oli tollal entusiastlik-optimistlik, kõne all oli kohe-kohe algav raadioside teiste tsivilisatsiooni-dega. Neid ootusi ja fantastilisi võimalusi peegeldas ka ilmunud kirjutis, kõmulistest lendavatest taldrikutest suutsin siiski hoiduda.

Tõsisemaks panuseks astronoomia populariseerimisse pean aga järgnenud paaril aastakümnel Horisondis Rein Veskimäe taktikepi all Tõravere astronoomide koostatud artiklite sarja, mis päädis neist terve raamatu koostamisega. Sellest raamatust omakorda sai alguse raamatusari, mille järgmistes köidetes käsitleti Universumi ehitusele ja tekkeloole lisaks meie planeedi ehitust ning atmosfäärinähtusi. See moodustas omamoodi rahvalgustusliku panuse Eesti haridusse ja kultuuri. Muidugi ei jäänud see Horisondi poolt ainsaks. Praegusaja rohkearvulise populaarteaduslike ja teaduslike ajakirjade maastikul näen Horisondi nišši Inseneeria ja Akadeemia vahel paiknevana.

Algusesse tagasi pöördudes tuleb



PILDID JOONISTANUD TOOMAS PÄÄSKE



SCANPIX

[illegible]

Ühe kõrgema loomaliikide õhu-
palle, vandrakette, tehnikasid ja
kosmoseleude maaülespoole juurde-
olevusega" tähtsate õhusõu- ja astra-
nautika inimeste informatsioonikommitee.
See 100 konna suurepärane võla -
loomadised teavetehodid on juha -
mad palju kasuliku praktilise elu-
le loomad eluandud inimeste väljamineks.

Näed, mil astronoomia ring koostu-
taksa on toonud seni sõltumatu ja
mõistetavalt kauge teema meie palju li-
gemale, teadnud lihtsama kasutise ruu-
mi sisetse igapäevase tähelepanu
püüdnud, saavad mõnedki astronoomi-
aprobleemid hoopis uue ja lihtsa
suvaga läbi. On seal tšest lugeda ehk
sainkonde ja täiustatuid. Mõel
kordaks, et kordumatuks nähtuseks
võimustatakse muidki mõeld tšest pla-
needid ring püüdnud vait samuti võt-
tuda kosmosesõltuvustesse?

[illegible]

osades, et ka veel „kõrgel” leidub vaimuajastid vaimuajastidest rohu prae-
gu Maail (hukandeta talvadevõimude
võimsusega). Mõnusa ja Coo-
casi järelkõltsid sellest, et side loom-
seks oleksid meile kümnendajad 18
mõnusa läbiinõtk.

Nad mōdrind kindiks ka laud-
shafeliseks raadiosideks satime laue-
pikkus. Arveste si saanud tulla pik-
mad lained, mis neeluvad planeetide
sõlmadele, samuti pikiannod, kus
sõltuvadshafelise aine si Päärese ra-
diomõõdud on suhteliselt suured. Si jõe-
rõle pikiannod lauepikkusaga 13 kuni
150 cm. Sellis shafelise meab ük-
viheisel raadiosidele pikiannod laue-
pikkusid spektroskoopi – venise spektri
raadioside lauepikkusaga 21 cm. Ve-
nik on aga kõige laueim element
hommikus. Sõna selle nimetatud laue-
pikkus kasutamise mõttes andnud rahvus-

Maarjuse ja Caccani välisid isegi vilja lauks tähte, millega võiks ennast joome püüda ühendusest avada. Nende jaoks olid + Ceti (tähe Tuula tähe kuju) ja + Eridani (tähe Epilani Eridani tähe kuju). Suhtelise lähedusest ei väkts meie sinna suudetud signaali.

[illegible]

möönda, et NEID pole ikka veel leitud. Poole sajandi möödumisel ei ole omal ajal tõstatatud probleemid lähenenudki lahendustele. Välja arvatud üks: Maa-taolisi planeete on astronoomid viimastel aastatel avastanud hulganisti. Hulgaliselt on ilmunud ja ilmub edasi samalaadseid lootusi õhutavaid kirjutisi, nagu poolsajandi eest. Küllap NAD ükskord leitakse, kui vaid meie ise vastu peame!

 Uno Veismann, Horisondi autor alates ajakirja esimesest numbrist, Tõravere observatooriumi kosmoseuuringute labori juhataja 1979–1991, TÜ emeriitdotsent.

Lehekülg Uno Veismanni artiklist.

HORISONT SÜNDIS FANTASTIDE AJASTUL



Tiit Kändler

Kui Eestis Horisont nähtavale ilmus, oli käes fantastiliste inimeste ajastu. Siin pole oluline, kas me mõtleme aasta või teine edasi või tagasi. Nikolai Alumäe rajas Küberneetika Instituudi, kus said hiilata Boris Tamm ja Endel Lippmaa oma füüsika sektoriga. Loomingu Raamatukogu käis uue hooga, sealt tuli uuema väliskirjanduse tõlkeid ja selle vahendusel sai lugeda ka Norbert Wieneri raamatut küberneetika ja ühiskonna suhetest. Voldemar Panso sai loa teha oma teater, mille ta nimetas Noorsooteatriks. Oli aeg, mil tundus, et lõpuks ometi saavad humanitaaria ja loodusteadused kuidagiviisi kokku ja kunstid ühes nendega.

Seda tunnet kinnitas Horisont oma järjejuttudega, kus ilmus mitmete maailmakirjanduse tähtsautorite lugusid. Kui ma ei eksi, olid nende seas „prohveticud“ tulevikkuvaatajad nagu Ray Bradbury, Isaac Asimov, vennad Strugatskid, Stanislav Lem. See oli minu meelest teadusfantastika hiil-

SCANPIX

geaeg maailmas, aeg, mil tuli välja mõelda eestikeelne sõna 'ulme'.

Ise olin tol ajal 2. keskkooli lõpuklassides. Sealt, kunagisest reaalkoolist ei olnud kadunud vana eesti aja vaim, oli veel õpetajaidki tost ajast, nagu joonistamise ja joonestamise õpetaja Vahar. Ta oskas seostada kõike kõigega, ka meisterjõumeest Lurichit India maotalsutajatega, ruumilisest mõtlemisest kõnelemata. Võimlemisõpetaja Prikk oli erakordne nähtus, mulle sportimiskartlikule sai selgeks, et sport on üks kunstide ja teaduste osa. Raadioasjandus oli mind köitnud juba enne, ühinesin pioneerituna Aia tänaval tegutseva Pioneeride Maja (vana Seltskondlik Maja) raadioringiga. Pärast tunde oli minu jaoks enesestmõistetav käia Karja tänaval ja Rae-koja platsi raadiopoodides, ehk on uusi jubinaid müügil! Vahel oli ka. Nii et selles mõttes olid Horisondi raadioehitamise näpunäiteleheküljed mulle hiilenud, isa oskas tellida juba aastaid varem defitsiitset vene ajakirja Радио.

Füüsikaga sain ühendust tänu Perelmani raamatutele „Huvitav füüsika“, mis tänini mu riulil aukohal. Ei maksa unustada, et tol ajal sai vene keeles kättesaadavaks ka Charles Percy Snow „Kaks kultuuri“ ning Erwin Schrödingeri „Mis on elu?“, ja et vene keeles hakkasid ilmuma nii Richard Feynmani loengud kui ka Lev Landau füüsikakursus.



Ajakiri, mida ei visatud ära

Igatahes oli Horisont ajakiri, mida ei visatud ära, vaid tassiti suvilasse, ja mida ma siis ka suviti lugesin, sest kes siis Tartus üliõpilasena ajakirju tellis. Raha läks venekeelsetele õpikutele ja populaarteadusele.

Ja last but not least, just siis oli ka meie teaduse populariseerija Harry Õiglase tippaeg. Einsteini ideed ilmusid raamatutes ja ka geneetikast hakati rääkima. Tuli vaid Horisondi esimesed leheküljed oma parteikongressidega edasi kerida. Olen kuulnud nooremateltki kolleegidelt, kuis nad suvilas õpilasena Horisonte sirvisid ja selle kaudu aimu said, mis asi see teadus on. Mis eriti oluline, Horisondis ilmus mitte ainult tõlkeid, vaid ka eesti teadlaste artikleid, mis julgustasid, et teadus on ka meil võimalik.

Kui 2001. aastal pakkus tollane keskkonnaminister Heiki Kranich mulle võimalust asuda ümber korraldama meie populaarteaduslike ajakirjade väljaandmist, võtsin pakkumise vastu. Asi osutus muidugi keeruliseks kui tundus. Lühidalt öelduna oli majanduslik olukord nii Eesti Looduses kui ka Eesti Metsas masendav, kusagil oli must auk, kuhu raha tundus olevat kadunud. Ja ega tasegi kiita olnud. Samuti oli ulu alla viimata tol ajal ilmunud ajakiri Loodus. Ja siis see Horisont, mille kujunduse ega ka sisuga polnud vaja kiirkorras tegutseda, ja rahule see minu poolt jäigi, sest kindlad inimesed, kes olid ajakirja sinnani toonud, nagu Indrek Rohtmets, Rein Veskimäe ja Kärt Jänes-Kapp, olid toeks.

Läks aega palju või vähe, närve palju või vähe, saime asjad kuidagi joone peale ja asutasime Horisondi matkadki teadusasutustesse ja teistpidi sekkusime entusiastlikult Roheliste rattaretkedesse. Asutasime ka elektroonilise Uudiskirja. Eesti Looduse ja Eesti Metsa ning Looduse ilme muutus, ja sellega ühes ka meel. Horisontigi uuendasime, kuid seal polnud vaja teha muud, kui tavalist samm-samult kõmpimist.

Meil ei olnud tol ajal eesmärgiks teha Horisondist pelgalt kirevapildilist

Horisondi toimetust tuli kokku 1966. aasta sügisel, ajakirja esimene number ilmus 1967. aasta jaanuaris tollase Ühingu Teadus väljaandena. 2001. aastast üllitab Horisonti MTÜ Loodusajakiri, mida toetab Keskkonnavesteeeringute Keskus.

- Aastail 1967–1991 ilmus ajakiri kuu- kirjajana. 1992–1999 ilmus 8 numbrit aastas. Aastast 2000 ilmus Horisont 6 korda aastas (jaanuaris, märtsis, mais, juulis, septembris ja novembris).
- Horisont ilmus oma legendaarses väikeses formaadis aastatel 1967–1971.
- Formaat muudeti praeguseks aastal 1972. Horisondi esimese numbrit tiraaž oli 40 000, ajakirja suurim tiraaž 54 000 jääb 1971. aasta juunisse.
- Autoreid on Horisondil 50 aasta jooksul olnud üle 250, enam kui kümne looga on Horisondi veergudel üles astunud Peep Kalv, Harri Jänes, Mart Kuurme, Heino Gustavson, Einar Klamann, Jaak Lõhmus, Vahur Mägi,

Peeter Mürsepp, Tõnu Tuvikene, Enn Kasak, Hendrik Relve, Jaanus Vainu, Ustus Agur, Mihkel Jõeveer, Hergi Karik, Henn Käämbre, Helmut Piirimäe, Ain Raitviir, Anto Raukas, Feliks Vakk, Liivi Aarma, Ants Hein, Urmas Kokassaar, Jüri Krustok, Tiit Kändler, Laurits Leedjärv, Rein-Karl Loide, Indrek Meos, Vello Mäss, Andrus Mölder, Tõnu Tõnso, Juha Valste – ainus nii viljakas välismaalane Horisondi autorite pikas reas, Hannes Walter, Valdeko Vende, Lembit Andresen, Jüri Engelbrecht, Juhan Kahk, Sirje Keevallik, Harald Keres, Anti Kidron, Evald Laasi, Arvo Kuddo, Mati Laur, Vello Lõugas, Mati Mandel, Jüri Martin, Helle Martinson, Hubert Matve, Uno Mereste, Gustav Naan, Raimond Preem, Kustas Põldmaa, Jüri Selirand, Andres Tarand, Avo-Rein Tereping, Peeter Tooming, Evald Tõnisson, Uno Veismann, Harry Õiglane.

- Toimetajana ja mitmesugustes muudes ametites on Horisondis aastate jooksul töötanud Rein Saluri, Tatjana Elmanovitš,

Georg Rajasaar, Juhan Kivi, Udo Roosimaa, Viktor Seppel, Hans Treimann, Boris Murd, Paul Talvre, Maia Saar, Üllar Lehtmet, Renate Roorand, Ilmar Palli, Martin Roogna, Tiit Hunt, Rein Veskimäe, Tiit Kuk, Viktoria Arvisto, Astrid Reinla-Kabur.

- Horisonti on kujundanud Heino Kersna, Sirje Eelma, Marje Üksine, Rait Prääts, Epp Marguste, Epp Asper, Joosep Remme, Krista Saare, Kersti Tormis.
- Ajakirja veebileht sisaldab materjale alates aastast 1996. Uue numbrit tekstid avanevad kodulehel täies mahus kuud pärast trükinumbri ilmumist.
- Peatoimetajad 1967–1988 Feodor Feodorov 1989–2001 Indrek Rohtmet 2002–2013 Kärt Jänes-Kapp 2014–2015 Indrek Rohtmet 2016– Ulvar Käärt

lehte, vaid hoida see lahti eelkõige Eesti teadlaste tribüünina, unustamata maailmas toimuvat. See polnud just kerge ülesanne ja pingutasime, kuidas pingutasime, selgeks sai tõde, et tõelisi entusiaste on Horisondi jaoks Eestis ikka tuhat piid ja ei rohkem ega vähem, lisaks juhuhuvilised.

Nõnda see läks, ja ka minister, seejärel valitsus ning KIK said asjast aru, et sisuliselt on läbi aegade meie toimetajad teinud hinge lähedast tööd võimalikult nappi palga eest. Tuli siis võtta ja käia juhtiv rahvas läbi ja kõnelda, mida me taotleme. Leidsid teisigi abistajaid, kes mõistsid, et reklaamid meie väljaannetes on pigem nendepoolne toetus.

Nii õnnestus säilitada väga kireva omanikuosalusega populaarteaduslik ajakirjandus Eestis. Olin asjaga tegev ühe valimisperioodi, kolm aastat. Pinged olid vajalikust suuremad nii minus kui ka teistes, ja nõnda pääsesin siiski enam-vähem terve nahaga, ja ma loodan, et ajakirjad ka, mida näitab ju asjaolu, et need kuni möödunud aastani väljastpoolt nähtavate tõrgeteta ilmusid.

Mis edasi saab?

Eks ole õhus igasuguseid märke. Eesti Päevaleht lõpetas regulaarse teadus-

külje ja kui nüüd ka ainukene meie oma regulaarne teadust populariseeriv ajakiri on haamri ja alasi vahel, siis satume seis, mida on hoogsalt edendanud näiteks riiklik ringhääling –



kohati näib, et Eesti riik rajati eelkõige selleks, et meedia kaudu meelt lahutada ja sporti kajastada. Arvan, et need on vajalikud asjad, kuid teadust nalgaks keerata püüdes, eriti kui seda teha oskamatu, ei suurenda me teaduse mõjujõudu ega meelita noort rahvast sellega tegelema. Poliitikute sehkendav arusaam lugeja- ja vaataja arvudega ei tähenda paraku, et need numbrid on võrdelises sõltuvuses edasiantava sisu kvaliteediga.

Nii see on. Ennast võib petta tuhandel ja ühel väga võlval moel, kuid targaks saadakse vaid ühel ning väga väheatraktiivsel viisil – pingutades ja õppides. Maailmakultuur, mille osa on ka teadus, pakub suuri võimalusi enda harimiseks. Meil oli mu hea oponendi, kunagise Eesti Looduse peatoimetaja, akadeemiku ja seenevana Erast Parmastoga pikki vaidlusi teemal, kas iga ajakirjanumber peab sisaldama ühe loo, millest arusaamine nõuab tavalisest rohkem erialateadmisi või mitte. Arvan küll siiani, et mitte, kuid see ei tähenda, et peame laskuma järjest süvenevasse nämmutamisse, mida lõppude-lõpuks paljud hakkavadki pidama teadmiseks.

✍️ **Tiit Kändler**, MTÜ Loodusajakiri peatoimetaja 2001–2004, teaduskirjanik



SCIENCEPHOTO / VIDA PRESS

ALLAN-HERMANN POOL



AJUTEADUSTE SUURPROJEKTID: LÖÖKTÖÖ LIPU ALL AJU MÕISTMISE SUUNAS

Euroopas ja Ameerika Ühendriikides algatati hiljuti ajubioloogia suurprojektid, mille eesmärgiks on mõista aju toimimist. Euroopa Komisjoni toetatud Inimaju Projekt püüab luua lähema 10 aasta jooksul inimese aju simuleerimiseks vajalikku riist- ja tarkvara. Ameeriklased on oma plaanides vähem bravuurikad ning pühenduvad oma *BRAIN* projektiga uute tehnoloogiate arendamisele, mis peaksid meid 12 aasta pärast viima aju saladuste jälile. Heidame kriitilise pilgu nendele megaprojektidele.



Loodetavasti oleme lugejat eelmise nelja artikli käigus veennud, et aju on põnev organ, mille uurimine aitab meil paremini mõista iseennast, ravida keerulisi haigusi ja disainida targe- maid roboteid. Tähelepanelik lugeja on kindlasti märganud, et oleme artikli- seeria käigus viidanud ka probleemi- dele, mille lahendused ei ole teadlas- tele veel kaugeltki selged. Ajuteadust käsitleva seeria viimases artiklis uuri- me, missuguseid uurimiskäike on teadlased aju müsteeriumide avami- seks hiljuti ette võtnud.

Nii aju normaalse talitluse kui ka neuroloogiliste haiguste mõistmine eeldab mitmel tasandil ja ajaskaalal kulgevatest protsessidest aru saamist. Näiteks teatud liiki epilepsiat põhjus- tavad mutatsioonid närvirakkude ioonkanalites. Ioonkanalid on milli- meetrist ligikaudu miljon korda väik- semad molekulid, mis koordineerivad millisekundist lühema kestvusega elektrilisi protsesse. Samas Parkinsoni tõve korral viib rakkude surm kuup- sentimeetrist veidi väiksemas ajutuu- mas miljonite ajurakkude talitluse häirumiseni, mille tagajärjel tekivad selle haiguse all kannatajatel püsivad raskused oma liikumise algatamisel ja juhtimisel.

Aju uurimisel jääb meil tänase päeva seisuga oluliselt puudu tehnilis- est võimekusest samaaegselt uurida aju tööd üle kõikide ajalis-ruumiliste skaalade. Samuti puudub võimalus kõiki neid andmeid integreerida ning sellest uut arusaamist sünteesida. Viimaste aastate jooksul on üha enam ajuteadlasi jõudnud arusaamisele, et nende probleemide lahendamisel enam üksikute laborite eraldiseisvatest jõu- pingutustest ei piisa.

Ajuteaduse hilisemate väljakutse- tega toime tulemiseks on Ameerika Ühendriikides ja Euroopa Liidus hilju- ti algatatud kaks megaprojekti. Euroopa Komisjoni toetatud Inimaju pro- jekti (*Human Brain Project*) juhtide sõ- nul peitub parim viis aju edasiseks uurimiseks arvutitehnika arendami- ses, mis võimaldaks aju uurimise eri

tasandeid kokku tuua ja mudeldada digitaalses keskkonnas.

Ameeriklased aga keskenduvad oma BRAIN projektiga (*Brain Research through Advancing Innovative Neurotech- nologies* ehk Ajuuuringud läbi innovaa- tiliste neurotehnoloogiate edendami- se) mõõtmistehnoloogiate välja aren- damisele, mis peaksid 12 aasta jooksul oluliselt parandama meie võimet uuri- da aju kui tervikust. Kasvuras- kustele vaatamata on mõlemad pro- jektid tänaseks võimsa hoo sisse sa- nud ning võime üle vaadata, mida nendelt suurprojektidelt oodata võib.

Ühendriikide BRAIN projekt: tehnoloogiaarenduse rahapada

Ühendriikide ajuteaduste projekt kas- vas välja 2011. aastal aset leidnud seminarist, mille tulemusel soovitas grupp teadlasi käivitada nõndanime- tatud Aju aktiivsuskardi projekti (*Brain Activity Map*). Õigustatult nägid nad ajutegevuse mõistmise suurima takistusena meie piiratud võimet jäl- gida ajurakkude aktiivsust käitavas organismis. Tehnilistest probleemidest tulenevalt oleme kuni alles mõne aasta taguse ajani saanud neuronite tulisklemise mustrit ülisuure täpsuse- ga uurida korraga vaid mõnest ajura- kust. Ka kõige lihtsamaid käitumisi ja kognitiivseid protsesse vahendavad kor- raga aga miljonid kuni kümned miljo- nid närvirakud. Ameerika ajuteadla- sed argumenteerisid, et võime mõista aju tööd, jälgides vaid mõne neuroni impulsse, on sama realistlik kui mõis- ta kinos filmi süžeed, kui saab jälgida kinolinal ainult paari ruutsentimeetri suurust fragmenti.

Aju aktiivsuskardi projekti algata- jate arvates oli aju mõistmisel kvalita- tiivse hüppe saavutamiseks vaja luua niinimetatud dünaamiline aju kaart ehk „funktsionaalne konnektoom”. Konnektoom on detailne närvistüste- mi kirjeldus, mis näitab, millised närvirakud moodustavad teiste närvirakku- de ühendusi ehk sünapse. Puhtalt aju struktuuri tundmine kahjuks aju toi- mimise kohta palju ei ütle. Suur samm aju mõistmise suunas on aga konnek- toomi täiendamine närvirakkude

aktiivsust puudutava „funktsionaalse” informatsiooniga.

Siinkohal on eriti oluline mõõta ajurakkude aktiivsustustreid mitte üksikult, vaid jälgida kogu neuroni- test moodustunud närvivõrku korra- ga. Sellisel juhul saab uurida, millised ajurakkude süsteemsed aktiivsustust- rid huvipakkuvate käitumiste ja emot- sioonidega kaasnevad. Nende leidmi- sel on võimalik juba tuvastatud neuro- nite aktiivsustustreid tehnikalt esile kutsuda ja katsetada, kas oletatavad mehhanismid ka vastavaid ajupõhi- seid nähtusi põhjustavad.

Esialgselt visioonist reaalse projek- tini on sageli pikk tee, mille jooksul tuleb lisaks tootäiele „hulludele” veen- da ka oma kolleege, ja mis vahel isegi tähtsam, projekti rahastajaid. Ühend- riikide aju-uuringute projektile tulid ootamatult appi Ühendriikide presi- dendi teadusnõunikud, kelle eestveda- misel tegi projekt läbi uuenduskuri ning sai uue särava nime – *BRAIN Initiative* (Aju initsiatiiv). Kogu 2013. aasta suve vältinud konsultatsioonide jook- sul selgus aga kaks murettekitavat asjaolu. Esiteks – „funktsionaalne kon- nektoom” töötas jääda Ühendriikide kongressi jaoks kaugelt liiga abstrakt- seks, et sellele miljardeid maksumaks- ja raha magama panna. Teiseks – ka ajubioloogide seas puudus selge ühine arusaam, kuidas ühendada ajuteaduse hetkevõimekust avaliku ootusega ja jõuda projekti raames selgete meditsi- niliste läbimurreteni.

Kompromisslahendusena otsustati tsentraliseeritud projekti asemel muuta BRAIN projekt vähemalt esial- gu iseseisvates laborites toimuva teh- noloogiaarenduse rahastuse allikaks.

Aju uurimisel jääb meil tänase päeva seisuga oluliselt puudu tehnilisest võimekusest samaaegselt uurida aju tööd üle kõikide ajalis-ruumiliste skaalade.



President Barack Obama kuulutab 2. aprillil 2013. aastal välja Ameerika Ühendriikide ambitsioonika aju-uuringute programmi *BRAIN*.

Esimeste aastate jooksul loodetakse välja arendada tehnoloogiad, mis võimaldavad eristada erinevaid närviraku tüüpe, neid jälgida ning reaalajas manipuleerida tuhandete kuni miljonite ajurakkude keemilist ja elektrilist kommunikatsiooni. Projekti koordineerijad loodavad, et projekti esimeses faasis tehakse kindlaks aluspõhimõtted ja printsiibid, kuidas närvisüsteem vahendab emotsioone, taju ning muid vaimseid protsesse, et seda siis projekti lõpufaasis rakendada neuroloogiliste haiguste mõistmiseks ja raviks. Esimesed teadusgrandid said selle tegevuskava alusel välja jagatud juba 2014. aasta sügisel. Kas ja kuidas need investeeringud viivad aju aktiivsuskardist neuroloogiliste haiguste ravini, selgub lähiaastail.

Euroopa – teel inimaju simuleerimiseni

Euroopa inimaju projekti (IAP) lähene mine erineb märkimisväärselt ameeriklaste omast. IAP-i visiooni kohaselt ei ole aju-uuringute suurimaks pudelikaelaks mitte niivõrd närvisüsteemi kohta uue informatsiooni kogumine, vaid pigem selle informatsiooni integreerimine ja sellest arusaamine. IAP-i algataja Henry Markrami sõnul võime

aastakümneid jätkata iseseisvates laborites aju uurimist, publitseerida lugematu arvu artikleid ja välja anda kümneid Nobeli preemiaid, ilma et me praeguse lähenemisega jõuaksime oluliselt lähemale terviklikule arusaamale aju toimimisest. IAP-i tegevuskava näeb seetõttu ette kahe suurema eesmärgi täitmist. Esiteks luuakse tarkvara, mis võimaldaks arvesse võtta närvirakkude ja närvisüsteemi talitluse erinevaid aspekte ning mudeldada nende põhjal kogu aju tööd. Integreerides bioloogiliselt täpseid aju simulatsioone kliiniliste andmetega, loodetakse jõuda läbimurdeni nii baasteadustes kui ka meditsiinis. Teiseks IAP-i eesmärgiks on arendada riistvara, mis võimaldaks teha andmemahukaid aju simulatsioone.

IAP-i juured ulatuvad 2005. aastasse, mil grupp Šveitsi teadlasi professor Markrami juhtimisel algatas koostöös IT-ettevõtte IBM-iga nn Sinise aju projekti (*Blue Brain Project*). Selle eesmärgiks oli luua IBM-i superarvuti *Blue Gene* abil arvutuslik mudel närilise kortikaalsest sambast, mis on keerukas, ligikaudu 10 000 närvirakust koosnev närvivõrk imetaja ajukoos. Kasutades lähteandmetena üksikutest närvirakkudest salvestatud aktiivsust-

reid ning teadmisi üksikute närvirakkude kuju ja koostisoasade kohta, suudeti seda struktuuri piiratud mahus ka mudeldada. Kuigi selle projekti tulemused publitseeriti alles 2015. aasta oktoobris, ajendasid Sinise aju projekti käigus tehtud edusammud algatajaid ette võtma sisuliselt palju ambitsioonikamat Inimaju projekti. IAP-i eesmärgiks on 10 000 rakust koosneva kortikaalse samba asemel püüda mudeldada 100 miljardist närvirakust koosnevat inimese aju.

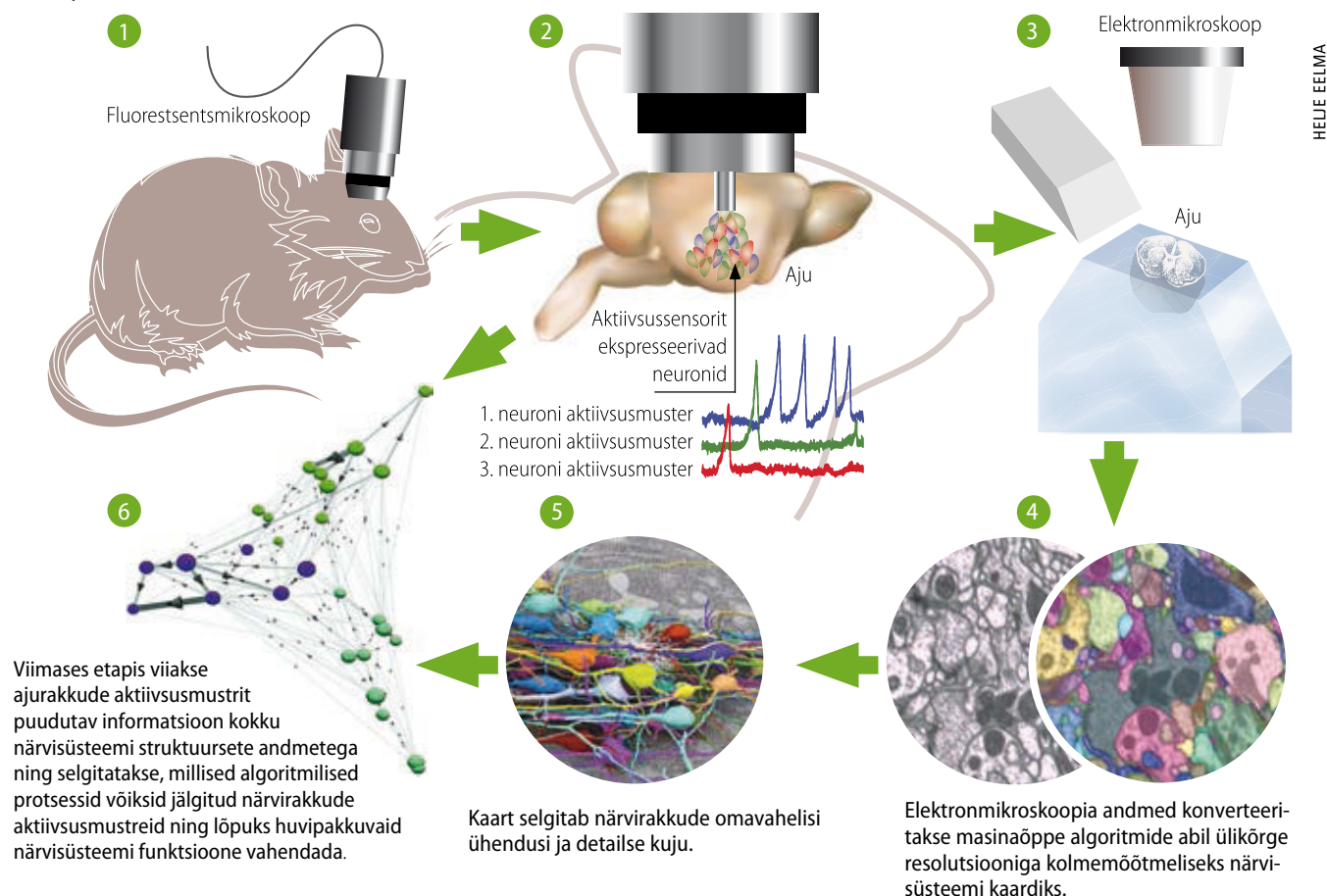
Kui IAP-i plaane peaks kroonima edu, lubavad projekti eestvedajad ulmelisi tulemusi. Kümne aasta pärast peaksime tänu IAP-le olema võimelised bioloogiliselt realistlike ajusimulatsioonide abil uurima, kuidas aju kontrollib käitumist ainuüksi digitaalses keskkonnas. Kliinilised andmebaasid peaksid võimaldama teadlastel luua nii terve aju kui ka närvisüsteemi erinevate haigusseisundite mudeleid ning koguni testida läbi arvutisimulatsioonide võimalikke ravimeid. Kuigi IAP-i koordineerijate sõnul selline lähenemine ei tähenda, et me kümne aasta pärast mõistaks kõike, mida meie aju teeb, on see vältimatu vahend ja samm selle eesmärgi saavutamiseks.

Funktsionaalne konnektoomika

Selleks, et mõista, kuidas aju vahendab erinevaid funktsioone, vajavad teadlased täpset teavet nii aju aktiivsuse kui ka struktuuri kohta. Üheks selliseks lähenemiseks on funktsionaalne konnektoomika.

Teadvusel olevas loomas mõõdetakse hea ajalise ja rakulise resolutsiooniga ajurakkude aktiivsust.

Selleks, et selgitada närvirakkude omavahelised ühendused ja täpne struktuur, eemaldatakse närvisüsteem ning lõigatakse uuritav ajuregioon imepeeneteks lõikudeks ning kuvatakse aju koe struktuur elektronmikroskoobiliselt.



Arusaadavalt tekitavad IAP-i välja käidud ambitsioonikad lubadused skepsist. 2014. aasta suvel väljendasid mitusada Euroopa neuroteadlast Euroopa Komisjonile suunatud avalikus kirjas muret, et IAP-i rõhuasetus on liiga kitsas ning ei pruugi praegusel kujul välja reklaamitud tulemusteni jõuda. Paljude neurobioloogide mure võttis kokku Londoni ülikoolis töötav arvutusliku neurobioloogia uurimisgrupi juht Peter Dayan, kelle arvates on kogu IAP ettevõtmine „radikaalselt enneaegne”. Tema sõnul on oht, et kui suurtele lubadustele ja investeeringutele ei järgne tulemusi, saab nii teadusrahastajate kui ka laiema avalikkuse pettumus olema ränk. Ilma selgepiirilise konsensusest, mida on vaja mudeldada ning kuidas neid mude-

leid kontrollida, võib selline ettevõtmine osutuda mastaapseks aja ja raha raiskamiseks.

Vaade tulevikku

Hingestatud vaidlustes teaduse suurprojektide mõttekuse ja teostuse küsimustes pole midagi uut. Ka projektid, mis on oma alginvesteeringu nii majanduslikult kui ka teaduslikult mitmekordselt ära tasunud (näiteks Inimgenoomi projekt), leidsid omal ajal mitmeid mõjukaid vastaseid. Selge on see, et nii Ühendriikide BRAIN projekt kui ka Euroopa Inimaju projekt lahkavad olulisi probleeme ajuteadustes. Põhjalik arusaam aju tööst aitab loodetavasti leida ravi mitmetele vaimsetele ja neuroloogilistele haigustele, mis tänapäeval tähendavad paha-

tihti eluaegset tööväimetust ning kestva kannatust nii patsiendile kui ka tema lähedastele.

Kui emb-kumb projekt kümne aasta lõikes täidab kasvõi poole lubatust, toob see endaga kaasa käegakatsutavaid muutusi nii erialateadlaste kui ka tavainimese jaoks. Eelseisvate aastate jooksul küsitlege oma tuttavaid neurobiolooge ja hoidke silm peal projektidel, millesse ka Eesti maksumaksja ning loodetavasti õige pea ka mitmed Eesti teadlased oma panuse annavad. •

Allan-Hermann Pool (1983) on järel doktorant California tehnoloogiainstituudis, kus ta uurib bioloogilisi motivatsioone vahendavaid närvivõrke hiirtes. Doktoritööd neuroteadustes lõpetas California ülikoolis Berkeley.

K
KEEMIA

RASMUS KISEL

KUIDAS VÕITA HIINLASI? OSA 2

2015. aasta rahvusvaheline keemiaolümpiaad (IChO) toimus Bakuus, peosalisteks 290 õpilast 75 riigist.

Kui 2012. aastal suutsid Ants Remm ja Jaan Kalda Indoneesias korraldatud maailma füüsikaolümpiaadil WoPhO pealkirjas esitatud küsimusele vastuse leida (vt Horisont 3/2012), siis sel aastal ei suutnud ükski riik seda koodi lahti murda – hiinlased võtsid olümpiaadil nelikvõidu.

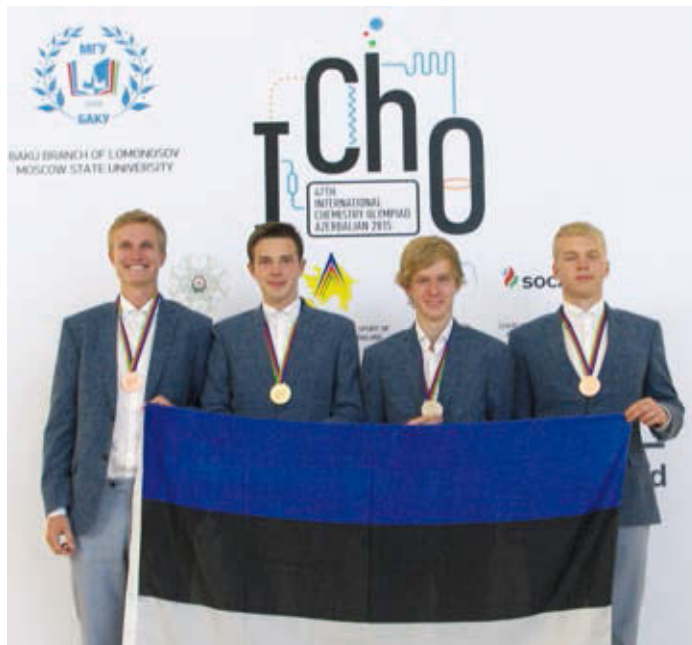
Kusjuures muljetavaldav oli üldvõitja teooriaosa punktisumma – 58,8 punkti võimalikust 60, samas kui üle 48 punkti saavutasid vaid seitse võistlejat ning keskmine tulemus oli 24,8 punkti. Kuid ega eestlastelgi halvasti läinud, kordasime läbi aegade parimat tulemust medalisaagi osas ühe kulla ja hõbeda ning kahe pronksmedaliga.

Eesti meeskonna valimisel jäi lõppvoorule järele 16 õpilast, kellele korraldati viiepäevane treeninglaager Tartus. Laager, mis kulmineerus valikvõistlusega, selgitas välja kuus parimat, kes kutsuti Balti keemiaolümpiaadile. Mullu aprilli lõpus Daugavpilsis toimunud võistluse Eesti meeskonna neli parimat – Raul Rinken, Edward Erelt, siinkirjutaja Rasmus Kisel ning Carel Kuusk – kvalifitseerusid 20.–29. juulini toimuvale IChO-le.

Enne seda toimus veel üks treeninglaager, kus lahendati lõpuni läbi sisuliselt kõik ettevalmistusülesanded (erinevalt teistest olümpiaadidest antakse IChO puhul umbes pool aastat enne võistlust välja ligi 40 olümpiaadi teemadega seotud ülesandega ettevalmistusülesannete komplekt).

Olümpiaad avati 21. juulil ning kaks päeva hiljem, kui juhendajad olid esimese osa tõlkimisega valmis saanud, võis praktiliste ülesannete voor alata. Selles voorus oli kokku kolm ülesannet ning aega nende lahendamiseks viis tundi.

Esimene katsumus puudutas orgaanilist sünteesi: 3-metüültiofeeni selektiivset broomimist N–bromosuktsiiniimiidi ja perkloorhappega. Võtmekohadeks olid eksperimendis vaakumdestillatsioon ning saaduse mürdumisnäitaja määramine. Vaakumdestillatsioonis oli Eesti õpilastel päris hea



ANNELI KRUBE

Eesti auhinnatud võistkond Aserbaidžaanis: vasakult Raul Rinken, Rasmus Kisel, Carel Kuusk ja Edward Erel.

ajaline eelis, kuna treeninglaagris oli sarnast aparatuuri juba kasutatud. Kui tööjuhend käskis torud mõõdukalt alumiiniumfooliumisse mässida, siis meenusid ka dotsent Uno Mäeorult saadud õpetussõnad. Fooliumiga keegi ei koorderdanud ning soojusvoog kolvi poole sai maksimeeritud. Meie võistkond säästis tänu sellele pea tunnikese sünteesiajast.

Teine ülesanne oli aga küllaltki klassikaline – etteantud proovi vanaadiumi ja kroomi ionide sisalduse määramine tiitrimisel. Kui esimeses kahes eksperimendis saavutati küllaltki häid tulemusi – mõlemast keskmiselt ligikaudu pooled punktid –, siis viimase ülesandega läks viletsamalt ning teeniti vaid viiendik punktidest. Kolmanda töö eesmärgiks oli diklofenaki kui ravimi toimeaine sisalduse määramine kineetiliste analüüsimeetodite abil. Esmakordselt IChO ajaloo anti igale õpilasele arvuti, millega sai kineetikaandmeid analüüsida Exceli tabelarvutusprogrammiga.

Peab tõdema, et sel korral jäid mõned viimase eksperimendi ja Exceli kasutamisega seotud juhendid õpilastele segaseks. Nii said vaid üksikud üle 60% ülesande punktidest. Katse üldvõit läks 33,3 punktiga Ameerika Ühendriikidesse.

Kaheksa ülesandega teooriavoorust

oli lahendamiseks aega viis tundi. Oodatult olid selles voorus ülekaalus ülesanded füüsikalisest keemiast, kuid nende seas oli peamurdmist ka orgaanilise, anorgaanilise, biokeemia ning ka analüütilise keemia alal.

Isiklikult pidasin kõige paremaks ning huvitavamaks ülesandeks üht orgaanilise keemia sünteisijada käsitlevat ülesannet. Sarnaselt teistele oli ka see seotud Aserbaidžaaniga. Nimelt oli sünteesi lõpp-produkt pelletieriin granaatõunapuu (mida leidis juba hotelli territooriumil pea iga nurga peal) koorest eraldatav alkaloid, millel on parasiitsete usside vastane toime.

Pärast mitut lõbusat päeva kohalikus vaibamuuseumis ning Megafun'i meelelahutuskeskuses selgusid ka tulemused. Mina sain 22. koha ning kuldmedali 66,1 punktiga, meie võistkonna noorim liige, tollal alles 10. klassi õpilane, Carel hõbemedali 51 punktiga ning Raul ja Edward pronksmedalid vastavalt 41,4 ja 34,5 punktiga.

Meeskonna juhendajate Anneli Krube ning Ott Kekiševi sõnul jäid veelgi paremad tulemused eelkõige teooriaülesannete taha. Järgmisel aastal toimub IChO Pakistanis. •

Rasmus Kisel

Cambridge'i ülikooli füüsikaliste loodusteaduste eriala üliõpilane

B

 BIOLOOGIA

MARK GIMBUTAS, SULEV KUUSE

BIOLOOGIAST ÜLE KOOLIPROGRAMMI

Eesti 2015. aasta bioloogiaolümpiaadi piirkonnavoore toimus 31. jaanuaril ja selles võttis üle Eesti osa 471 gümnasisti. Need 60 õpilast, kes vastasid viiekümnele küsimusele kõige paremini, kutsuti 7.–8. märtsini Tartu Ülikooli molekulaar- ja rakubioloogia instituuti (MRI), kus toimus 54. Eesti bioloogiaolümpiaad.

Bakteritest fülogeneesipuuni

Lõppvoorus Tartus murti kahel päeval pead praktikumides ja lahendati teooriaküsimusi. Biokeemia praktikum

nõudis valgu kontsentratsiooni määramist. Selleks oli vaja lugemisoskust, arvutamist, joonistamist, täpsust ja arusaamist. Mikrobioloogia praktiline töö pidi selgitama temperatuuri mõju bakteritele, samuti antibiootikumide toimet bakteritüvedele. Õpilased pidid määrama levaansukraasi eriaktiivsust ning oskama juhendi põhjal tulemusi statistiliselt töödelda. Taimefüsioloogia ja -anatomia praktiline töö tähendas fotosünteesi pigmentide kromatograafilist lahutamist, taime klorofüllis sisalduse spektrofotomeetrilist määramist ning kõige lõpuks oli

vaja aru saada enda tehtud preparaatide põhjal ka taime õhulõhede anatoomisest ehitusest.

Loomaanatoomia ja -füsioloogia praktikumis oli vaja uurida vesikirpu, jälgida tema südame tööd ning teha arvutusi vähimruutude meetodil. Olu-line oli ka aru saada tigu morfoloogiast ning vastavalt sellele koostada kojaga tigu määramistabel. Praktikum juhendaja ütles, et ka üliõpilased lõhuvad määramise käigus enam tigu kodusid kui seekordsed olümpiadistid. Loomade biosüsteemataktist arusaamiseks oli õpilastel vaja praktikumi viimase tööna koostada ette antud tunnuste põhjal dihhotoomse harunemisega fülogeneesipuu. Tööd polnud lihtsate killast, kuid praktikumide juhendeid tähelepanelikult lugedes ja näpuga järge ajades oli võimalik saada igati hea tulemus.

FOTOD: SULEV KUUSE

Parematest parimad rahvusvahelisele võistlusele

Üldise paremusrea selgitamisel arvestati lisaks praktikumide vastustele ka kaheosalise teooriaploki tulemusi ja nii selgusidki eelmise õppeaasta parimad gümnaasiumiastme bioloogia-tundjad.

10. klassi esikolmikusse kuulusid kõik Tallinna Reaalkooli õpilased: Carel Kuusk, Kaarel Hänni ja Hanna Maria Saik (õpetaja Kersti Veskimets). 11. klassi parimad olid Rein Leetmaa, Johanna Maria Kirss ja Maris Sala (kõik Hugo Treffneri Gümnaasiumist, õpetajad Saima Kaarna ja Liis Karo-Astover). 12. klasside edukaimad olid Magnus Kaldjärv (Saaremaa Ühisgümnaasium, õpetaja Mart Mölder), Mait Ainsaar (Rapla Vesiroosi Gümnaasium, õpetaja Riina Lillemägi) ja Henri Maalmann (Hugo Treffneri Gümnaasium, õpetaja Saima Kaarna).

Eriauhinnad parimatele olid välja pannud MTÜ Loodusajakiri, TÜ MRI, AS Ilves-Extra, Naxo OÜ ja Quanttumi Eesti AS ning TÜ Teaduskool. Tartu keraamik Piret Veski auhinnakarikaga autasustati teooriavoore parimat Magnus Kaldjärve ja praktikumide tublimat Mait Ainsaart. 14 parimat üldises pingereas kutsuti nädalasele



Eesti võistkond. Vasakult Magnus Kaldjärv, Carel Kuusk, Maris Sala, Rein Leetmaa.

kursusele, mis toimus TÜ MRI eestvedamisel. Selle õppuse tulemusel valiti välja Eestit esindav võistkond Taanis toimuvale rahvusvahelisele võistlusele.

Paberihunnikute asemel tahvelarvutid

12.–19. juulini 2015. aastal peeti Taanis Århusis 26. rahvusvaheline bioloogiaolümpiaad (IBO). Kokku tuli 239 kooliõpilast 61 riigist, nende seas olid Eestit esindamas Maris Sala, Rein Leetmaa, Carel Kuusk ja Magnus Kaldjärv.

Olümpiaad algas uhke avatsereemooniaga, kus tavaliselt korraldajamaa folkloori tutvustamise asemel esines pop-laulja Hannah Schneider ja peeti ka lühike akadeemiline loeng inimese aju ning muusika seostest. Järgmisel päeval jätkus õpilaste hariv programm erinevates muuseumides ja botaanikaaias. Juhendajad seevastu alustasid kolm päeva kestvat ülesannete sisulist arutelu ja tõlkimist inglise keelest õpilaste emakeelele.

Eelnevatel aastatel tõlkimise käigus tekkivate tohutute paberihunnikute asemel toimus sel korral, nagu ka kahe aasta tagusel IBO-l Šveitsis, küsimustele vastamine tahvelarvutite abil. Nii esimesel võistluspäeval tehtud praktilistele töödele kui ka teisel päeval teoreetilistele (valikvastustega) küsimustele tuli vastused esitada digitaalselt. Näiteks tuli lahata tursk, erinevat värvi nõõpnõeladega markeerida küsitud elundid ja hindamiseks tuli esitada sellest kõigest digifoto.

Küsimuste tõlkimiseks oli loodud eraldi online-rakendus, mis säästis juhendajaid küsimustiku vormistamise vaevast ja segadusest erinevate versioonidega. Enamik teoreetilisi küsimusi tuginesid avaldatud teadustöödele.



Raske tõus Taani ja Euroopa kõrgeimatel Råbjerg Mile kuni 40 meetrini küündivatel liivaluidetel, kus pinnasetuisk ähvardas ülesrühkija jalust maha niita.

Eestile kolm pronksi ja aukiri

Pidulikule lõputseremooniale järgnes uhke õhtusöök ja pidu. Tähtsad inimesed pidasid meeleolukaid kõnesid ja järgmise IBO korraldajad ahvatlesid riikide esindajaid osalema ka 27. IBO-l Hanoi Vietnamis. Lõplik paremusjärjestust ei selgunud ka sel aastal plaanitud ajaks ning nii said medalid jagatud alles õhtusöögi ajal. Meie võistkonna saagiks jäi sel korral 3 pronksmedalit ja üks aukiri; vastavalt siis Magnus Kaldjärv (üldarvestuses 88. koht), Carel Kuusk (95.), Rein Leetmaa (131.) ja Maris Sala (147.).

Pärast olümpiaadi lõppemist oli Eesti võistkonnal võimalus ka omal käel ringi vaadata. Pidevalt Põhjamere tuulte meelevaldas oleval Taani lääne- ja põhjarannikul on mitmeid muljetavaldavaid luitemaastikke. Põhja-Euroopa suurim liikuv liivaluide Råbjerg Mile liigub aastas kuni 18 meetrit, mattes enda alla metsa. Nende pide-

valt liikuvate düünide kõrgus ulatub 40 meetrini. Taani põhjapoolseima neeme läheduses on teine liivaluide enda alla matnud 1450. aastal valminud Tilsandede kiriku, mille torn turritab kui ainulaadne meremärk liivast välja tänini.

Põhja-Jüütimaal kõige põhjapoolsem punkt – Greneni neem, on justkui sõrm, mis eraldab Skagerraki ja Kattegati väina veed.

Rahvusvaheline bioloogiaolümpiaad on võimekatele keskkooliõpilaste suurepärase võimalus panna ennast proovile, tutvuda sarnaste huvidega noortega kõikjalt maailmast ja koguda mälestusi terveks eluks.

2016. aasta Eestimaa 55. bioloogiaolümpiaadi piirkonnavoord toimuvad 6. veebruaril ja lõppvoor 5.–6. märtsini. •

 Sulev Kuuse, Mark Gimbutas
Eesti delegatsiooni liikmed

BIOLOOGIAOLÜMPIAADIL

Kuna seekord oli olümpiaadil kasutusel uuem tehnoloogia ehk et kõik pidi toimuma iPad-ides, oli meil enne võistlust sissejuhatavat kursust, milles seletati, kuidas tahvelarvuteid ja vastavat programmi kasutada. Meid pandi tegema ka anonüümset isiksusetesti, et me saaks harjutada olümpiaadil kasutatavatele küsimustele tüüpidele vastamist.

Olümpiaadi esimesel osal, praktikumide päeval ärkasime vara ja kerge ärevustundega. Osad kordasid, osad kasutasid võimalust suhtlemiseks. Meid jagati värvide järgi neljaks grupiks (kokku oli neli praktikumi), lahutati rahvusaaslastest. Edasi sõitsime bussidega Århusi ülikooli hoonete juurde.

Minu esimeseks sattu taimede praktikum. Enne ruumi sisenemist näidati eesruumis plaanide pealt, kus on meie riigi pink. Pidime selle järgi oma koha leidma. Töölaud oli ümbritsetud suurte pappseintega, laual olid suletud karbi sees eeldatavad praktikumiks vajaminevad esemed, mikroskoop ning iPad koos lisapaberite, kirjutusvahendite ja

kalkulaatoriga. iPadis vaatas vastu programm, millesse end kohe sisse logisin ning edasisi juhtnööre ootama jäin. Pärast umbes poolt tundi ootamist avanes lõpuks programm ning olümpiaad sai alata. Selleks ajaks oli ka ärevus kadunud ning töö möödus rahulikult ning efektiivselt. Küsimused käisid pidevalt kaheksa liigi kohta ning lõpuks, taibates süsteemi, muutusid üsna lihtsaks. See oli ka ainus praktikum, kus tundus, et aega on täpselt parasjagu. Teistes praksides jäi aega alati vajaka.

Telefonid pidime ära andma juba eelnevalt ning hommikuse äratuse jaoks olid meil olemas giidid. Teooriale eelnenud ööl ma palju magada ei saanud ja olin ammu enne äratajaid juba üleval. Test oli hästi mugavalt liigendatud ning ühtlase ülesehitusega.

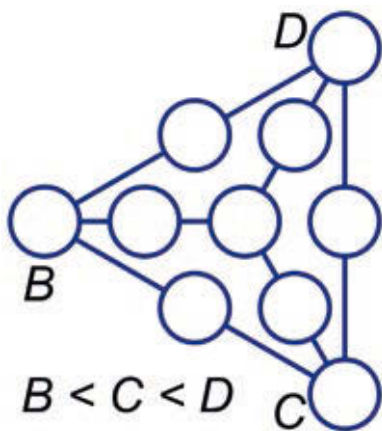
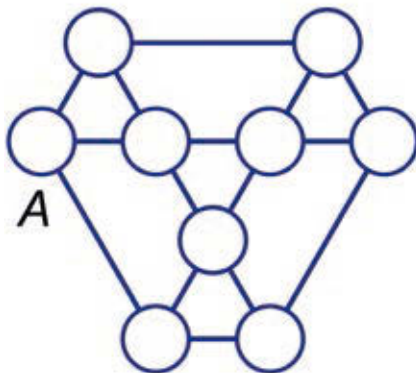
Võib ilma igasuguse kahtluseta öelda, et olümpiaad oli väga hästi korraldatud, seda isegi vaatamata tehnilistele probleemidele. •

 Maris Sala
Eesti võistkonna liige

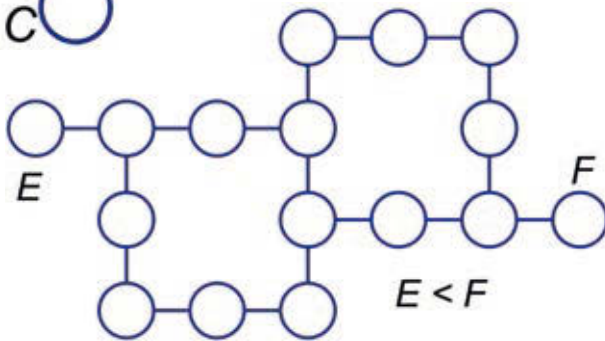
Täida ringid arvudega

Seekordsetes ülesannetes tuleb igasse ringi kirjutada erinev arv nii, et ülesande tingimused saaksid täidetud.

Ü1. Kuusnurga tippudes ja diagonaalide lõikepunktides olevad ringid tuleb täita arvudega 1–9 nii, et seitsme kolmnurga (nelja väikse ja kolme suurema) tippudes olevate arvude summad oleksid võrdsed. Selleks, et ühe ja sama lahenduse peegeldusi ja pööordeid ei esitataks erinevate lahendustena, lepime kokku, et tipus *A* on kuusnurga tippudes olevatest arvudest vähim.

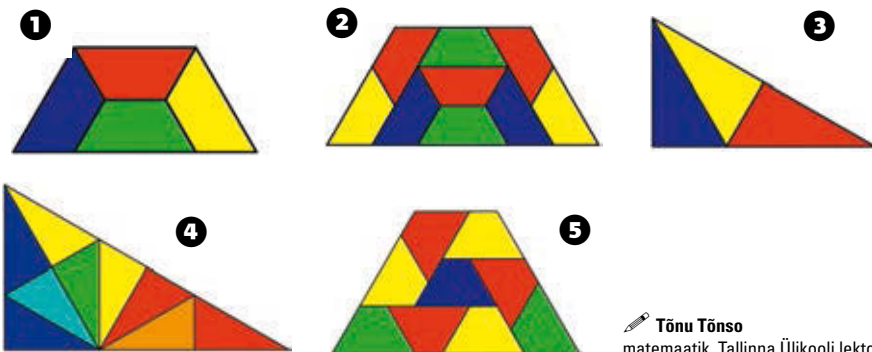


Ü2. Suure kolmnurga *BCD* sisse on joonistatud kolm väiksemat kolmnurka. Ringid tuleb täita arvudega 1–10 nii, et iga väikese kolmnurga külgedel olevate arvude summa oleks 28. Selleks, et ühe ja sama lahenduse peegeldusi ning pööordeid ei esitataks erinevate lahendustena, lepime kokku selles, et tipus *C* olev arv on suurem kui tipus *B* olev arv, aga väiksem kui tipus *D* olev arv.



Ü3. Ringid tuleb täita arvudega 1–16 nii, et arvude summa neljas horisontaalreaas ja kolmes vertikaalreaas oleks 29. Täiendavalt lepime kokku selles, et punktis *E* olev arv on väiksem kui punktis *F* olev arv.

Kuuenda voo ülesannete vastused



Tõnu Tõnso
matemaatik, Tallinna Ülikooli lektor

Vastuste ärasaatmise tähtaeg on 10. veebruar 2016.

Lahendused saata aadressil
MTÜ Loodusajakiri (ajakiri Horisont),
Endla 3, Tallinn 10122
või tonu@mathema.ee.

2016. aasta parimale nuputajale
auhinna 100 euro eest raamatuid
Tallinna Ülikooli kirjastuselt.



Vooru võitja
saab kingituseks raamatu
sarjast „Looduse raamatukogu”.
Valikuvõimalustega tutvuge
www.loodusajakiri.ee.

Vooru „Sarnasteks kujunditeks jaotamisi” tulemused

Kuuendas voores tuli lahendada viis ülesannet. Kõik lahendajad, kes leidsid igale ülesandele ühe lahendi, teenisid nende eest 5 punkti. Et osa kuuenda voo ülesandeid on tavaliselt veidi raskemad, siis seekord olid raskemateks teine, neljas ja viies ülesanne. Viienal ülesandel on kaks lahendit, teisel ja neljandal aga kümneid erinevaid lahendeid. Need lahendajad, kes märkasid ainult seda, teenisid ühe lisapunkti. Paremad lahendajad proovisid leida ka teise ja neljanda ülesande kõigi lahendite arvu ja kirjeldada seda, kuidas saada kätte kõik võimalikud lahendid. Teise lisapunkti teenisid Allar Padari, Rein Tikovt ja Martiina Viil. Tõele kõige lähemale jõudsid ja kolm lisapunkti (seega kokku 8) teenisid Tiit Pruul, Margot Sepp ja Kuldar Traks. Kuuenda voo auhinna võitis Tiit Pruul.

Võitja saab tutvuda sarjas „Looduse raamatukogu” ilmunud raamatutega veebiküljel www.loodusajakiri.ee ja anda oma eelistusest teada toimetuse telefonil 610 4105.

2015. aasta üldvõitja selgunud!

2015. aasta üldkokkuvõttes osutusid parimateks **Margot Sepp** ja **Kuldar Traks**, kes kogusid mõlemad 37 punkti. Nii tuli auhinna andmiseks tõmmata loosi, mis andis aastaauhinna **Margot Sepale**. Palju õnne!

Vaata veebilehelt

Tulemuste tabel on leitav www.loodusajakiri.ee ja Horisondi Facebooki seinalt.

	Jupiteri kaaslane	Neptuuni kaaslane	Element nr. 33	<i>Kuma</i>	Jalgpalli-legend	KOPPEL	<i>Kuma</i>		Endine muusik	Puhke-seisund	Joomar	 Lõunavaheaega võtan viimasel ajal kaks tundi, põhjendades seda asjaolu sellega, et Tsaari-Venemaa vanglates olevat see aeg olnud tund.					
Jupiteri kaaslane	→	→	→	→	→	Purjejaht An-sambel	→	→	→	→	→						
Re-bemoll	→	→	→	Barbado-se laulja Spordi-ühing Soomes	→	→	→	→	→	→	→						
Ühe-sugused tähed	→	→	Kes on pildil? Hobu-sõiduk	→	→	→	→	→	→	→	→						
Iganema	→	→	→	→	→	ETV saade Jupiteri kaaslane	→	→	Hera üm-mardaja	→	→						
Hölm	→	→	→	Prantsuse kunstnik Püjardi-kepp	→	→	→	→	→	→	→						
Kasseti-mark	→	→	→	Hele kisa James Camero-ni film	→	→	→	Rader-ford Mehe-nimi	→	→	→						
<i>Kuma</i>	→	Naise-nimi Uraani kaaslane	→	→	Ahelik Aasias Iraani uudiste-agentuur	→	→	→	Teivas-hüüpe-legend	<i>Kuma</i>	Naishääl		Noot	Istutatav taim	Kivi-terrass	Geeni asupaik kromo-soomis	
Uudiste-agentuur	→	→	Alevik Viljandi-maal Järelliide	→	→	→	→	→	→	→	Uraani kaaslane Linn Ing-lismaal		→	→	→	→	→
Volga lisajögi Indiaanlaste püstkoda	→	→	→	Kare-leheline Teravili	→	→	→	→	Saturni kaaslane Süstemaatikaüksus	→	→		→	→	→	→	→
Neptuuni kaaslane	→	→	→	→	Vokaal-teos Töödel-dud tule-kivitükk	→	→	→	→	→	→	Väavli-Neptuuni kaaslane	→	→	→	→	
Inglise k. asesõna	→	→	Linn Türgis Inglise k. eessõna	→	→	→	→	Endine minister Vanaaja linnriik	→	→	→	Jalgpallur Saar saksa k.	→	→	→	→	
Paksem nahk kabja ülaserval	→	→	→	→	→	Pontoon	→	→	→	Loom Sõnumi-leht	→	→	→	→	SALUR	→	
FLEMING	→	→	→	Perspektiivivõte	→	→	→	→	→	→	Järjest. tähed Lehma elund	→	→	Aktisia-selts Mehe-nimi	→	→	
				Lühend kirjal	→	→	Miljöö Aer inglise k.	→	→	→	→	→	→	→	Kirjanik	→	
				Ajastu	→	→	→	Saatanlik vaim Kristjan Iivés	→	→	→	→	→	→	→	→	
				Omapead	→	→	→	Amet	→	→	→	→	→	→	Tonn	→	
				Kiviklibu-ne kõrb Põhja-Aafrikas	→	→	→	→	→	→	Potikaup-meis	→	→	→	→	→	



SUDOKU raamat
106 2 300

Eesti meistrivõistluste sudokud!

Lahendajate vahel läheb loosi „Raudne loogika“.

Eelmise ristsõna vastus „LAULULINDE IKKAGI PÕHIMÕTTEISELT EI SÕODUD“, viitab intervjuule Keskkonnaajaloo Keskuse juhi Ulrike Plathiga, mis ilmus 2015. aasta viiendas Horisondis.

Kogumiku „Kuma ristsõnaraamat 9“ võitis loosi tahtel **Kalev Sikk**.

Kõigil lahenduse saatjatel palume ära märkida ka selles numbris KÕIGE ENAM MEELDINUD KIRJUTISE!



„Mikroprügi ja prügisaares meres”,
autor Kati Lind.Pole lugenud? Osta (e-)ajakiri e-poest
www.loodusajakiri.ee!

Arva ära!

1 Legendi järgi andis see lõvi pea ja kilpkonna kilbiga koletis nime ühele Prantsusmaa väikelinnale. Tema kuju kantakse läbi selle linna iga aasta juuni viimasel nädalavahetusel toimuval traditsioonilisel festivalil, mis alguse saanud juba aastal 1469. **Mis on selle koletise nimi?**



2 Mida on sellel fotol kujutatud? Vajalik on täpne vastus.



3 Fotol olev jässakas lühinokaline lind pesitseb mererannal, otsides toitu kiveklibust või adrust. Eestis hinnatakse tema pesitsusaegset arvukust 100–150 paarile. Ta pesitseb ka Arktikas, aga talvitub Lõuna-Aafrikas ja Austraalias, olles üks väheseid linde, kelle ränded on nii pikad. **Milline lind?**



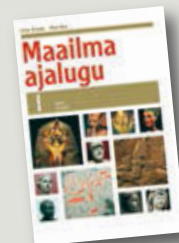
4 Fotol olev kirjanik lõi 1956. aastal kosmoseteemalise ulmepoeemi, mida on nimetatud ka eeposeks. Selle teose kohta on kirjutatud, et tegu on katsega siduda üksteisega teadust ja poeesiat ning see on mõjutatud Einsteini ja Diraci teooriatest. Poeemi alusel on loodud ka ooper. **Kes on see teadushuviline kirjanik ja mis on selle poeemi pealkiri?**



MÄLUSÄRU 6/2015 VASTUSED

1. Sagiya (ka sakia), alternatiivnimetused ka Pärsia ratas, tablia, rahat ja ladina keeles *tympalum*.
2. Pierre-Augustin Caron de Beaumarchais.
3. Jack Johnson (profipoksi raskekaalu maailmameister 1908–1915).
4. Esimene südamestimulaator, mis paigaldati täielikult naha alla.
5. Hedy Lamarr (Austria–USA näitleja ja muusik).

● Raamatu „Maailma ajalugu” kirjastuselt KOOLIBRI saavad loosi tahtel Anneli Kaup, Mart Schmeidt ja Helena Pahtma.



✍ Jevgeni Nurmla, Indrek Salis
mäluangurid

5 See jaapani kunstnik on tuntud oma kauneid naisi kujutavate meisterlike puulõigete poolest. 19. sajandi keskel sai ta väga populaarseks ka Euroopas, olles sealhulgas impressionistide mõjutajaks. **Kes on see kunstnik?**



FOTOD: WIKIPEDIA



VASTA JA VÕIDA RAAMAT!

Vastanute vahel loosime välja kolm raamatut „Viiskümmend toitu, mis muutsid ajalugu” kirjastuselt KOOLIBRI.

➔ Koos vastustega andke toimetusele teada ka selle numbri lemmiklugu.

VASTUSEID

ootame 15. veebruariks aadressil Endla 3, Tallinn 10122 või horisont@horisont.ee.

NB! Vastuste juurde kirjutage auhinna-loosis osalemiseks kindlasti enda mobiiltelefoni number ja postiaadress.

MÄLUSÄRU rubriiki
toetab
kirjastus Koolibri.



E-POOD teleskoop.ee

BRESSER



Bresser Lyra
70/900 mm
Lapsele sobiv
239€



Bresser Messier AR-90 EXOS-1
ø90 mm, F=900 mm
Hea läätsteleskoop
alustavale astronoomiahuvilisele
373€



Bresser Messier AR-102 EXOS-2 GOTO
ø102 mm, F=1000 mm,
Soodne automaatika
kerge ühendada peegelkaamera
899€



Bresser Messier NT-130 EXOS-1
ø130 mm, F=1000 mm
Eesti populaarseim teleskoop
alustavale astronoomiahuvilisele
459€

LUNT päikeseteleskoop
ø alates 50 mm
Põnev astronoomia
keset päeval!
alates **1170€**



LCD puuteekraaniga mikroskoop 40x-1600x
Pealt- ja altvalgustus, AV-väljund.
Sobilik koolile ja uudishimulikule
249€

Trinokulaarse peaga mikroskoop Science TRM-301 40x-1000x
Sobilik uurimis- ja teadustöös,
üliõpilasele ja laborisse;
rikkalik lisavarustus
tumevälja kondensorist
kaamerani
870€



Mikroskoop Junior
Suurendus 40x-1024x
Kohver ja vajalikud tööriistad,
PC okulaar, pealt- ja
altvalgustus
Sobilik lapsele ja koolile!
alates **119€**



Mikroskoop Erudit MO
Suurendus 20x-1536x
Alumiiniumist ja õlarihmaga kandekohver, võrgu- ja patareitoide,
sobib välitöödeks, LED altvalgustus, 3 objektiivi ja 3 okulaari,
1x-1,6x Barlow-läätis, PC okulaar (640x480 px)
249€

E-pood: www.teleskoop.ee

Helista: 5 2 8 9 8 9 5

Kirjuta: taevatoru@teleskoop.ee

facebook.com/teleskoop.ee



Green Fuel Energy
Energia, mis teenib tulu

TORMIKAHJUSTUS EI JÄTA SIND PIMEDUSSE!



**KOOSTOOTMISSEADE
GARANTEERIB ENERGIAVARUSTUSE
SÕLTUMATA ILMAST**

ENERGIASÕLTUMATUSE TAGAMISEKS VÕTA ÜHENDUST MEIE SPETSIALISTIGA