

PSÜHHOSTIMULANDID
ohtlikud „rõõmupillid“

VIRTUAALREAALSUS
aitab mõista aju

PARIMAD
pilvetabamused 2016

horisont



RIIKLIKULT TUNNUSTATUD
TEADUSE
POPULARISEERIJAK 2015

6 / 2016 ■ NOVEMBER-DETSEMBER ■ HIND 4.90 ■ 50. AASTAKÄIK

GRAFEENIST TEHISNINA LEIAB ROHERAJA



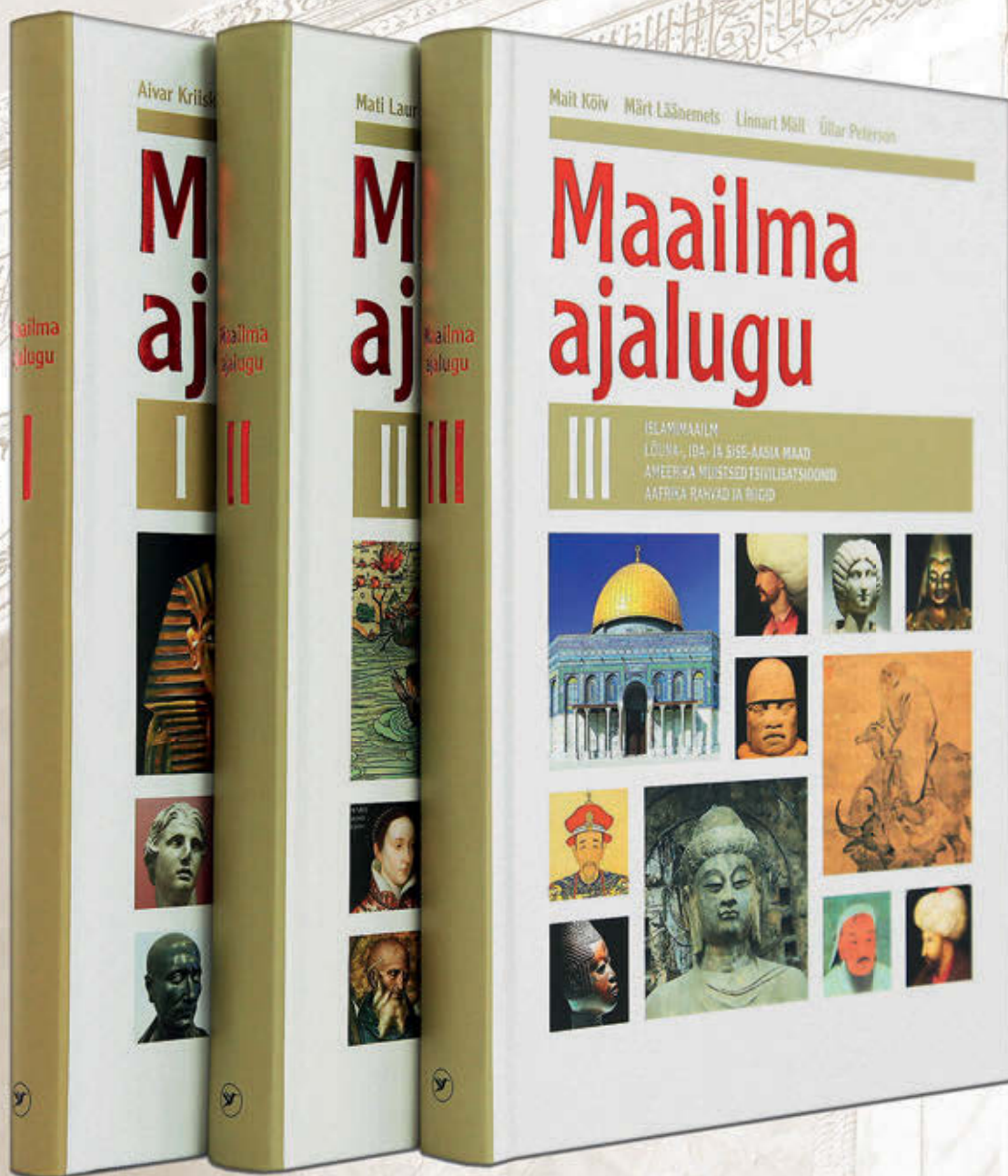
ARVUTI
RULLIS LAHTI
SÖESTUNUD
PÜHAKIRJA

VÄIKSEIMAD
MOLEKULAARSED
MASINAD



KIRJANIK KAUKSI ÜLLE JA TEADUS
EESTLASED ESIMESE ILMASÕJA AJAL VENE ARMEES

„MAAILMA AJALUGU” III NÜÜD ILMUNUD!



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.

Uue epohhi alguses?

Selle Horisondi kaaneloo peakangelaseks on 21. sajandi imematerjaliks tituleeritud grafeen.

2010. aastal pälvisid Manchesteri ülikooli füüsikud Andre Geim ja Konstantin Novosjlov Nobeli füüsikauhinna selle eest, et neil õnnestus pliitsi-südamikust pärit grafiiditükikestest tavalise kleeplindiga isoleerida üksikuid aatomikihte ja mõõta nende elektrilisi omadusi. Nendest katsetustest hakkasid välja kooruma ühe aatomikihi paksuse süsiniku vormi – grafeeni – üllatavad ning materjaliteaduses ja eeskätt elektroonikas uute võimaluste horisonte avavad omadused. Grafeen on suurepärase soojusjuht ja toatemperatuuril ka parim teadaolev elektrijuht. Samal ajal on grafeen ka erakordselt tugev materjal, olles selle omaduse poolest isegi terasest vähemalt sada korda parem.

Kolm aastat tagasi algatas Euroopa komisjon grafeeni imetabastele omadustele päriselus rakenduse leidmiseks innovatsiooni- ja teadusuuringute projekti Graphene Flagship. Superprojektis, mille kaudu läks erinevate uurimisrühmade vahel jagamisele miljard eurot, osalevad ka Eesti teadlased.

Nende esmaseks eesmärgiks on luua grafeenist õhukvaliteeti jälgiv nina, mida saaks vabalt näiteks nutitelefonides kasutada. Seni oleme harjunud, et nuhvel võimaldab lisaks suhtlemisele ka internetis surfata, pildistada ja tänu GPS-rakendusele leida kerge vaevaga tee vajalikku sihtkohta. Tartu ülikooli füüsika instituudi vanemteadur Raivo Jaaniso kirjutab nüüd Horisondis, et õhu-saasteaineid mõõtvat pisikese grafeenist tehisinina abil oskavad taskutelefonid meile peagi mitte ainult lühima sõiduajaga, vaid ka kõige puhtama õhuga ja seeläbi kõige tervislikumat teekonda soovitada.

Andre Geim ütles kuus aastat tagasi Nobeli auhinna saamise järel Briti populaarteaduslikule ajakirjale New Scientist: „... optimistide arvates on algamas süsinikuajastu ja isegi pessimistid ei suuda anda muud hinnangut, kui et süsiniku tähtsus saab olema ehk veidi väiksem.“ Võime olla uhked, et ka Eesti teadlased aitavad inimkonnal astuda plastiajastust uude epohhi!

Kui meie teadlastel õnnestub oma uurimustöödega pääseda maailma teadusajakirjanduse tippväljaannetesse Science ja Nature, on see alati suur-sündmus. Septembris ilmus Nature's uurimus, mille järgi on tänane väljapoole Aafrikat jääv inimkond kujunenud mitte ühe, nagu seni teati, vaid hoopis kahe Mustalt Mandrilt lähtunud väljarändelaine tulemusel. Uuringuga seotud Eesti biokeskuse juht, evolutsioonigeneetik Mait Metspalu heidab Horisondile antud intervjuus muu hulgas valgust ka sellele, kuidas eestlased on kujunenud. Selgub, et meie genoomile on kõige suurema jälje jätnud kütid-korilased, kes tulid umbes 40 000 aastat tagasi esimestena Euroopasse Lähis-Idast. Samas on nende järel ligi 30 000 aastat tagasi saabunud varaste põlluharijate geene meis suhteliselt vähe.

Selle numbriga saab täis Horisondi poolesajas aastaring. Alates järgmisest aastast hakkab keskkonnainvesteeringute keskuse asemel ajakirja ilmutist püsivaltoetama haridus- ja teadusministeerium. Suur aitäh, minister Maris Lauri, selle põhimõttelise otsuse langetamise eest! Nende tänusõnade taga ei ole ainult Horisondi tegijad, vaid ka ajakirja paarikümnetuhandeline lugejaskond ja meie teadlastest autorid, kelle jaoks on hädavajalik enda tegemisi ja teadmisi ka teistega jagada.

Senise toe eest täname keskkonnaministeeriumi ja keskkonnainvesteeringute keskust. Abi eest oleme tänulikud ka Eesti teaduste akadeemiale ja rektorite nõukogule.

Kohtumiseni jaanuaris! •



FOTO: TERJE LEPP

Ulvar Käärt

Ulvar Käärt, peatoimetaja
ulvar@horisont.ee

SELLES NUMBRIS

14 Raivo Jaaniso

Ninaga nutiseadmed

Tartu ülikooli füüsikud on välja töötamas grafeenil põhinevat sensorkiipi. Esmane eesmärk on õhu kvaliteeti jälgiva nina loomine. Lisaks inimest ümbritseva keskkonna jälgimisele saab sarnase tehnoloogiaga seirata nt inimese hingeõhust pärinevaid või nahalt lenduvaid ühendeid ja seeläbi hinnata tema tervislikku seisundit.

22 Intervjuu

Kes me oleme? Kust me tuleme?

Me teame, et inimkonna hääl oli Aafrikas, kust *Homo sapiens* eelajaloolisel ajal välja rändas. Kuidas evolutsiooni-geneetikud rändava inimese jälgi ajavad ning milliseid uusi kilde on lähiajal juurde saamas eestlaste päritolu valgustav mosaiik? Sellest vestles Eesti biokeskuse direktori Mait Metspaluga Helen Rohtmetts-Aasa.

32 Nobeli auhind 2016

Teet Örd

Aine topoloogilised olekud

Tänavune füüsikapreemia tuli topoloogiliste faasisiirete ja aine topoloogiliste faaside teoreetilise avastamise eest.

Margus Lopp, Riina Aav

Kõige väiksemad masinad

Keemiapreemia laureaadid said hakkama molekulaarmasinade konstrueerimisega ja sünteesiga.

Sulev Kuuse, Toivo Maimets

Raku taaskasutussüsteem

Füsioloogia- ja meditsiinipreemia tagas rakkude „taaskasutussüsteemide“ uurimine.

40 Pille Taba

Psühhostimulandid ja aju

Psühhostimulandid – uimastid, mida eesti keeles võib nimetada närviürgutiteks – on olnud inimkonnale atraktiivsed juba sajandeid. Need on tuntud kui ajukoort aktiveerivad ja psühhomotoorset aktiivsust suurendavad ained. Ehkki psühhostimulandid on ohtlikud, on nende keelustamine tekitanud debatte ja üles pühunud kirgi.

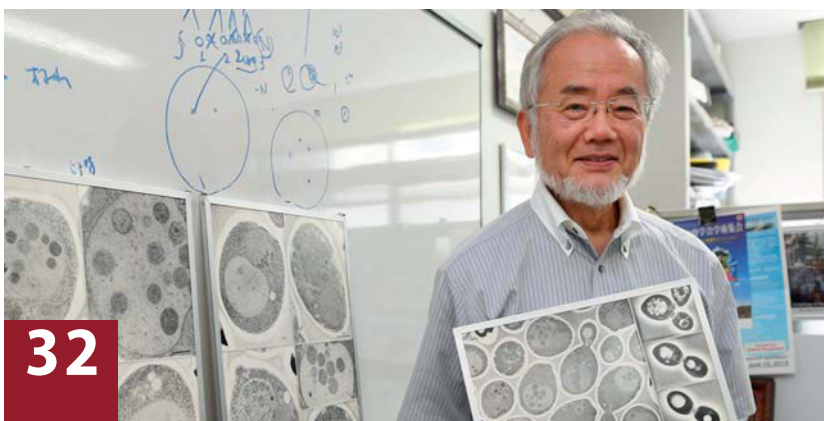
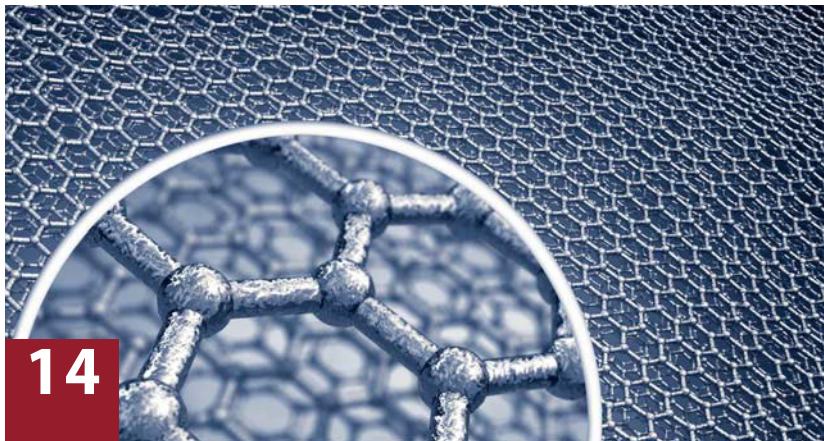
48 Jüri Kamenik

„Pilvepiir 2016“ parimad pilvetabamused

50 Madis Vasser, Kristjan-Julius Laak, Jaan Aru

Virtuaalreaalsusega aju mõistatuste kannul

Virtuaalreaalsus pakub teadlasele uusi võimalusi ajuteaduse suurte küsimuste avamiseks. Aimates paremini meie mõtte-masina algoritme, saab arendada võimsamaid tehislikke süsteeme, aga ka seletada täpsemalt väga inimlikke nähtusi nagu igapäevakogemus või selle häirunud versioonid – autism ja skisofreenia.



RUBRIIGID

4 Siit- ja sealtpoolt horisonti

Arvuti aitas virtuaalselt lahti rullida iidse söestunud pühakirja
Nanoosakesed hävitavad ka resistentsed baktereid, kuid apteegist selliseid ravimeid niipea ei saa
Säutsuvad ja selfitavad kosmoseaparaadid: inimene näeb Marsi-sondi taga ikka teist inimest

8 Kosmosekroonika

Jüri Ivask. September-oktoober kosmoses: uus mehitatud kosmosejaam, Marsi-sondid ja asteroid Bennu sihtimine

10 Üksainus küsimus

Mari Sarv digitaalhumanitaariast

11 Sõna lugu

Udo Uibo. Sasku

12 Dokument kõneleb

Liisi Esse. Eestlased esimese ilmasõja aegses Vene armees

19 Muuseumipärl

Martin Andreller. Raadio, mis töötas ka „põranda all“

21 Ahhaa!

Mathis Bogens. Maailmasõdade pärand ühiskonnale

30 Teine maailm

Rando Tuvikene. Punavetikas

46 Mina ja teadus

Kauksi Ülle

47 Huvitav Venemaa

Jüri Kotšinev. Sakslanna võitlus kasakaga

55 Igameheteadus

Jürgen Jänes. Noppigem valke!

56 Jõuproovid olümpiaadil

Vladislav Ivaništšev, Lona-Liisa Pruks. Pikk tee veebipõhise keemiaolümpiani
Eva-Maria Tõnson. 13. rahvusvaheline geograafiaolümpiaad söögipulkade kodumaal
Aasta õppur on tubli olümpiadist Richard Luhtaru

59 Raamat

62 Enigma

Tõnu Tõnso. Pindalad ilma integraalita

63 Ristsõna

64 Mälusäru

Indrek Salis ja Jevgeni Nurmla. Arva ära!



EESTI TEADUSTE AKADEEMIA

horisont

Ulvar Käärt, peatoimetaja

ulvar@horisont.ee

Helen Rohtmets-Aasa, toimetaja

helen@horisont.ee

Toomas Tiivel, toimetaja

toomas@horisont.ee

Geda Paulsen, keeleteoimetaja

geda@horisont.ee

Kersti Tormis, kujundaja

kersti@horisont.ee

Helen Lehismets, reklaamijuht

tel 610 4106,

reklaam@loodusajakiri.ee

Triinu Raigna, vastutav väljaandja

triinu@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

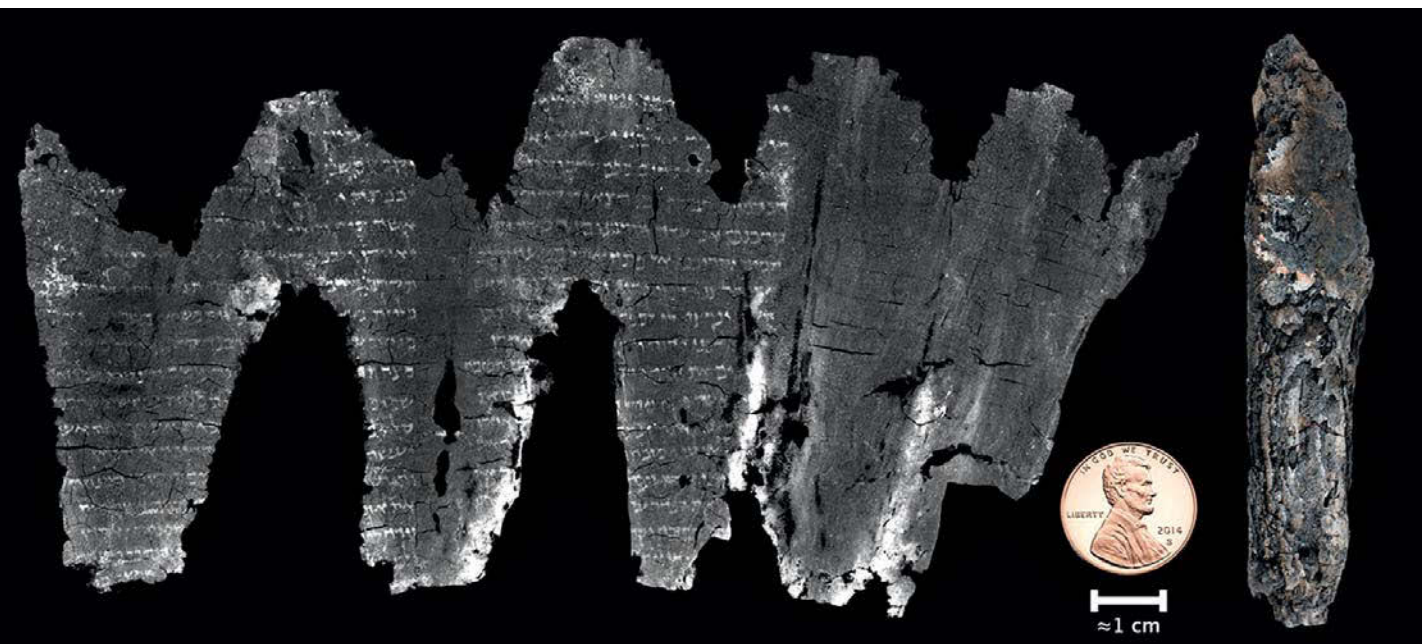
Trükkitud Printall AS



KIK

KESKKONNAINVESTEERINGUTE
KESKUS

Ajakiri ilmub
keskkonnainvesteeringute keskuse
toetusel



SEALES ET AL. SCI. ADV. 2016; 2 : E1601247

Söestunud Ein Gedi kirjarull leitud kujul (allpool) ja digitaalselt lahtirullituna

ISRAELI MUINSUSKAITSEAMET/ SHAY HALEVI



Arvuti aitas virtuaalselt lahti rullida iidse söestunud pühakirja

Pärgamendirulli päriselt avamata avastati üks vanimaid heebreakeelseid piiblitekste.

Heebrea ülikooli ja Israeli muinsuskaitseameti arheoloogid kaevasid 1970. aastal välja sünagoogi varemed umbes 1500 aastat tagasi (Bütsantsi

ajal) tulekahjus hävinud juudi asulas Ein Gedis. Peene mosaiikmustriga kaetud põrandaga pühakoja jäänuste hulgast leiti ka nn püha laegas – judaismi alustekste koondava viie Moosese raamatu ehk Toora hoiukoht – ja sellest omakorda üks tules läbinisti söestunud veidi üle viie sentimeetri laiune pärgamendirull. Kuigi iidse pudiseva käsikirja jäänused olid lähemalt uurimiseks liialt haprad, et neid üldse puudutada, otsustati see targu säilitada.

Kuidas muuta võimatu võimalikuks?

Pärgamendirull intrigeeris asjatundjaid 45 aastat, kuni Israeli muinsuskaitseamet võttis mullu nõuks selle ühes teiste vanade käsikirjadega digiteerida. Ilmvõimatuna näiva ülesande täitmiseks tuli ametnikele appi Israeli firma

Merkel Technologies, skaneerides söestunud leiust kõrglahutusega 3D-pildid. Saadud ruumilised kujutised saatsid muinsuskaitsejad aga edasi USA-sse Kentucky ülikooli arvutiteadlasele Brent Sealesile – lootusega, et ehk oskab mees neist kuidagi midagi välja lugeda.

Seales ei vandunud sülesadanud väljakutsele alla ja töötas oma meeskonnaga välja unikaalse tarkvara, mille abil oli võimalik Merkel Technology pärgamendirullist tehtud ruumiline kujutis arvutis kiht-kihilt lahti rullida ja söestunud nahal olev tekst ka nähtavaks muuta.

Arvutiteadlaste pingutusi kroonis sensatsioonimaiguline avastus. Otsekui jumalikul „lahtikerimisel” selgus, et radiosüsiniku analüüsi järgi tõenäoliselt ajavahemikust 210–390 pKr pärinevale pärgamendirullile oli heebrea

keeles üles tähendatud vana testamendi Kolmanda Moosese raamatu algus.

Silmapaistev arvutiteaduse saavutus

Asjatundjad olid vaimustuses, sest Ein Gedi pärgamendirull osutus vanimaks Moosese raamatuist tehtud ärakirjaks, mis on leitud pärast Surnumere käsikirju. Viimased on 1947. aastast 1960. aastate keskpaigani Surnumere läänekalda ja Juuda kõrbe koobastest ning varemetest (Qumran, Masada jt) avastatud mitmesuguse päritoluga heebrea-, aramea-, nabatea-, kreeka- ja ladina-keelsed tekstid (dateeritud ajavahemikku neljandast sajandist eKr kuni 135. aastani pKr).

„See oli meile jahmatav avastus. Olime kindlad, et see ettevõtmine oli sama lootusetu kui nõela leidmine heinakuhjast, kuid otsustasime siiski

Arvutiteadlaste pingutusi kroonis sensatsioonimaiguline avastus. Otsekui jumalikul „lahtikerimisel” selgus, et radiosüsiniku analüüsi järgi tõenäoliselt ajavahemikust 210–390 pKr pärinevale pärgamendirullile oli heebrea keeles üles tähendatud vana testamendi Kolmanda Moosese raamatu algus.

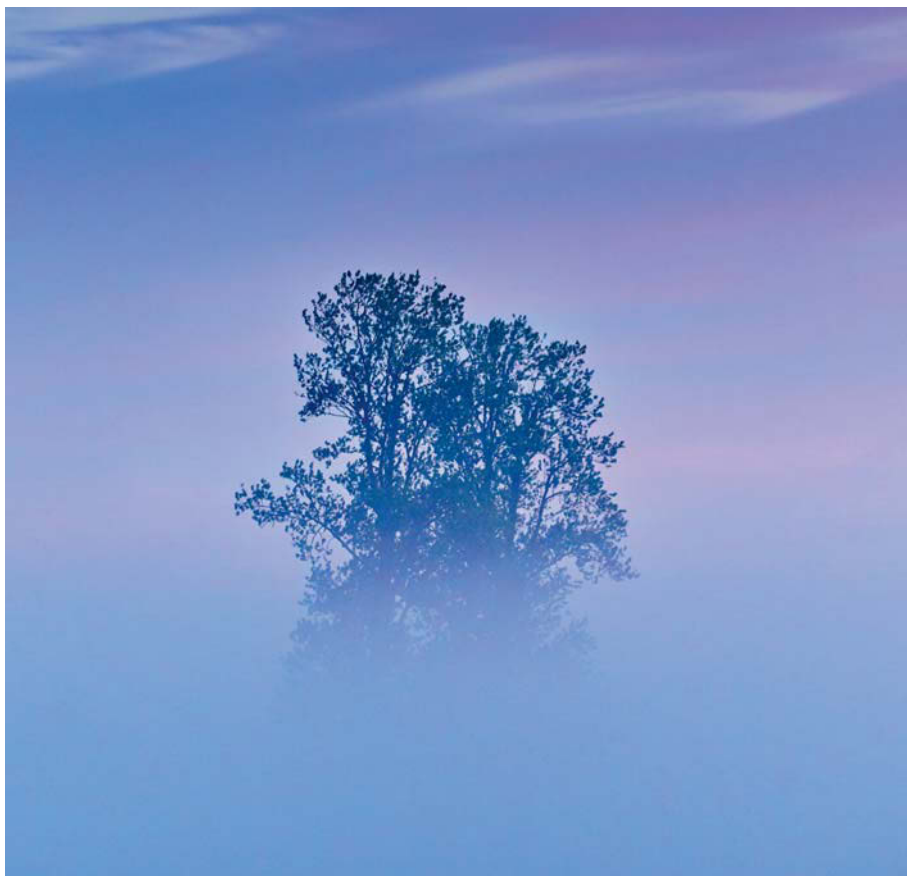
proovida ja seda põlenud käsikirja skaneerida. Nüüd saame lisaks Surnumere käsikirjadele tulevastele põlvedele pärandada ka 1500-aastase süna-googi pühast laekast pärit osakese piiblist," tähendas Iisraeli muinsuskaitseameti Surnumere käsikirjade säilitamise eest vastutav Pnina Shor Ein Gedi pärgamendirulli uurimise tulemuste tutvustamiseks korraldatud rahvusvahelisel pressikonverentsil Jeruusalemmas.

Sellele, et professor Sealesi meeskonna töövõit oli ka arvutiteaduse vallas tähelepanuväärne saavutus, viitab kõnekalt asjaolu, et pärgamendi virtuaalse lahtirullimise ja selle teksti loetavaks muutmise tehnilised üksikasjad avaldas hiljuti ajakiri Science Advances.

Jumala algsele sõnale lähemale

Uudist Ein Gedi pärgamendirulli uurimise tulemustest kommenteerinud Tallinna linnaarhiivi teadur Tiina Kala viitas, et tema teada pole Eestis vanade tekstide lugemiseks märkimisväärselt eritehnikat kasutatud. „Ega meil olegi selliseid tekste, mille lugemine just tehnika taha oleks jäänud. On küll kokku-keelpunud, köitmiseks kasutatud jm taolisi fragmente (sageli trükistest), milleni jõudmine sõltub pigem traditsioonilisest restaureerimiskonserveerimistöö edenemisest," märkis Kala. „Samuti on võimalus selliste fragmentide, aga ka siin-seal esinevate üksikute mahakustutatud sõnade või lausete seast midagi tõeliselt olulist leida väga väike."

Piibli puhul on mõne ülivana ja senitundmatu tekstikatke avastamine või kättesaadavaks tegemine Tiina Kala sõnul hoopis teise kalibriga sündmus. „Piibliuuritud on äärmiselt vana traditsiooniga ja mitmes mõttes erilise mainega valdkond. Usklikele lisandub siin ka erutav võimalus saada jumala algsele sõnale justkui sammukene lähemale," osutas ta. •



Fotokonkursil „Vereta jaht 2016“ Horisondi auhinna pälvinud Kaupo Kikkase foto „Puu“.

„Kuigi üksikud puud kuuluvad kõige magusamate ja enim pildistatud motiivide hulka looduses, ei saa mul kunagi neist küll. Nad seisavad nagu üksikud kangelased, suured isiksused, uhkes üksilduses," ütleb Kikkas

FOTO: TERJE LEPP



90.

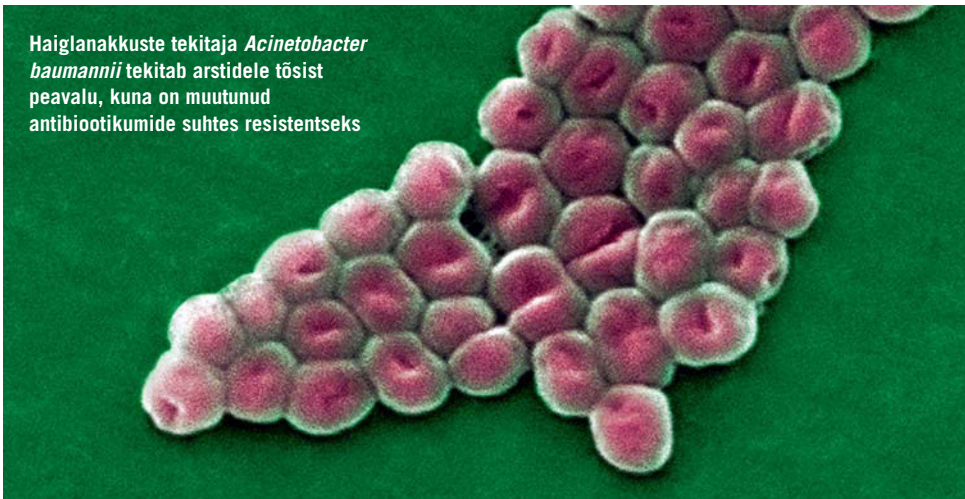
hällipäeva tähistas
3. novembril Horisondi
esimene ja kauaegne
peatöötaja **Feodor Feodorov**.
PALJU ÕNNE JA
TERVIST SULLE, FEODOR!

Horisondi ja MTÜ Loodusajakiri pere

Parandus

Sügisese Horisondi sattu kahetsusväärne eksitus. Nimelt lk 54 imunud loo „Kohtumine Nobelistidega Lindaus“ autori Marta perekonnanimi on ikka Tarkanovskaja, mitte Tarakanovskaja. Vabandust, Marta!

Haiglanakkuste tekitaja *Acinetobacter baumannii* tekitab arstidele tõsist peavalu, kuna on muutunud antibiootikumide suhtes resistentseks



SCIENCEPHOTO

NANOOSAKESED HÄVITAVAD KA RESISTENTSEID BAKTEREID, kuid apteegist selliseid ravimeid niipea ei saa

Tõenäoliselt ei mõtle me kuigi tihti, et praegu üsna kergesti ravitav haigus nagu kõrvapõletik oli veel sada aastat tagasi eluohtlik tööbi, millesse võis surra. Antibiootikumid on andnud arstide käsutusse võimsad relvad, millega haigusi ravida. Paraku käib inimeste ja tõvestavate mikroobide vahel tuline võidukihutamine. Ravimiteadlased ja arstid üritavad leida võimalikult tõhusaid aineid, millega haigus-tekijaid hävitada. Bakterid omakorda otsivad viise ellujäämiseks, ilmutades vastupanuvõimet ravimite toimeainetele. Nüüd on ravimiresistentsete bakterite vastu võitlema asunud ka nanotehnoloogiad.

Paljud kasutusel olevad antibiootikumid on avastatud juba väga kaua aega tagasi. Näiteks nii streptomütsiin kui erütromütsiin töötati välja juba 1960. aastate alguses. Pärast seda on turule jõudnud vaid kaks uut antibiootikumide klassi. Vajadus uute ja tõhusate bakterivastaste ravimite järele on suur, sest osa mikroobe on muutunud antibiootikumide suhtes tundetuks ehk resistentseks.

Kui mikroobi DNA-s tekib mutatsioon, mis lubab tal antibiootikumide toimejõust hoolimata ellu jääda, suudab ta paljuneda ning tema järgnevad põlvkonnad kannavad

sedu bakteritele ülikasulikku muutust edasi. Nii hakkavad need bakteritele soodsad mutatsioonid levima ja tekivad antibiootikumide suhtes resistentset mikroobid. Kui bakter omandab resistentsuse mitme antibiootikumi vastu, räägitakse multiresistentsusest.

Aminohapetest antimikroobsed osakesed
Uute mikroobivastaste ainete otsingutel tuleb appi ka nanotehnoloogia. Lihtsalt öeldes tähendab see, et inimene üritab laboris ise kokku panna molekule, mis oleksid soovitud omadustega.

Septembris avaldas mainekas kirjastus Nature oma uues

ajakirjas Nature Microbiology uurimuse, milles Austraalia Melbourne'i ülikooli uurimiskirjeldab uudseid antimikroobsete omadustega nanoosakesi.

Uurimusest selgus, et aminohapete baasil loodud osakesed suutsid katseklaasitingimustes hävitada erinevaid haigusi tekitavaid gramnegatiivseid baktereid. Seejärel katsetasid uurijad nanoosakeste toimet hiirtel, kelle kehas võimutses paljude antibiootikumide suhtes resistentset mikroob *Acinetobacter baumannii*. Haiglanakkuste põhjustajana tekitab just see mikroob arstidele tõsist peavalu.

Ilmnes, et uued osakesed said resistentsetest bakteritest jagu ka hiirerakkudes. Samuti ei muutunud mikroobid ligi kuuesaja põlvkonna jooksul osakeste suhtes resistentseks ehk osakesed säilitasid oma bakterivastase toime väga pikka aega.

Nanoosakesed said bakteritest jagu neid mitmel rindel rünnates: osakesed lõhkusid mikroobide välismembraani ja takistasidioonivahetust. Samuti aktiveerisid tibatiillikesed osakesed bakterirakkude ainevahetusraja, mis

suunavad rakud end tapma. Uurimuse autorite kinnitusele on osakesed stabiilsed ega ole mürgised. Seega võiks neid tulevikus kasutada ka inimeste ravimiseks.

Kliinilised uuringud algusfaasis

„Teadlastegrupi uurimistöö on vaatluse all kunstlikult disainitud sünteetiliste antimikroobsete peptiidide gruppi kuuluv molekul – antimikroobne polüpeptiidi-polümeeri kompleks (SNAPP) ja selle antibakteriaalne potentsiaal. Antimikroobsete peptiidide ja nende sünteetiliste analoogide gruppi kuuluvaid aineid peetakse perspektiivseteks ja nende hulgas on leitud juba hulk potentsiaalseid ravimikandidaate, mis on ka jõudnud kliinilistesse uuringutesse,“ kommenteerib Melbourne'i ülikooli teadlaste uuringut Tartu ülikooli farmaatsia instituudi farmatseutilise nanotehnoloogia vanemteadur Ivo Laidmäe. „Uurimistöö kokkuvõtte lubab järeldada, et disainitud molekul on efektiivse toimega mitmete patogeeni suhtes, kuid nagu uurimisgrupi liikmed ka ise ütlevad, on nad uuringutega alles algusfaasis. Ravimipreparaadist rääkimisest ollakse veel kaugel. Lähitulevikus selliseid uudseid ravimeid turule oodata ei ole.“

Sama kinnitab ka Tartu ülikooli antimikroobsete ainete tehnoloogia professor Tanel Tenson.

„Paraku on olukord selline, et ei nanoosakeste ega ka muude täiesti uute antibiootikumide rühmadega pole kliinilistes katsetustes väga kaugele jõutud. Nanoosakeste puhul on vaja lahendada nende organismis levimise küsimused (osakeste farmakokineetika ehk kuidas nad haiguskoldesse jõuavad), ja toksilisuse küsimused on ka keerulised,“ viitab Tenson.

Tensoni sõnul ei saa hetkel kindlasti öelda, et nanoosakesed oleksid läbimurre bakteriaalsete haiguste ravimises. Esialgsed tulemused on aga huvitavad ja teemaga tasub edasi töötada.

Piret Pappel

Inimene üritab laboris ise kokku panna molekule, mis oleksid soovitud omadustega.

SÄUTSUVAD JA SELFITAVAD KOSMOSEAPARAADID: inimene näeb Marsi-sondi taga ikka teist inimest

Mõlemad sellesügisisesed kosmosestaarid – komeedile pensionile jäänud Rosetta ja Marsile kukkunud Schiaparelli – olid menukad sotsiaalvõrkudes. Ka paljud teised kosmoseaparaadid on sotsiaalmeedias kogunud suure hulga inimeste poolehoiu. Me elame kaasa kosmoserobotite stardile ja jälgime nende tegemisi. Kui midagi läheb viltu, oleme kurvad. Põhjus peitub avastamisrõõmu otsimises ja soovis näha kosmosevallutuste taga inimest, oletavad psühholoogid.

NASA alustas oma kosmoseaparaatidele sotsiaalmeediakontode loomist juba peaaegu kümme aastat tagasi. Üks esimesi NASA Twitteri kontosid tehti Mars Phoenixile. Too robot maandus Marsile 2008. aastal ja asus planeedi pooluselt jääd otsima.

Jälgijaid rohkem kui mõnel popstaaril

Praeguseks on kosmosemissioonile sotsiaalmeediakontode tegemine pigem reegel. NASA Marsi-kulgur Curiosity säutsutati jälgib omakorda ligemale 3,5 miljonit inimest. Seda pole küll nii palju kui Twitteri kuningannaks nimetatud poplauljanna Katy Perry, kellel on ainuüksi tolles sotsiaalvõrgus peaaegu 94 miljonit jälgijat. Siiski teeb punasel planeedil tegutsev robot ära näiteks Madonnale, kes on Twitteris kogunud kõigest 1,3 miljoni inimese poolehoiu.

Igal kosmosejaamal ja -sondil on oma internetinägu. Mars Phoenixit kujutasid selle nime alt säutsuvad inimesed üsna seiklushimulise tüübina, nagu teisel planeedil tegutsevale robotile sobilik. Phoenixi teated olid naljakad ja neis kasutati internetislängi. Curiosity sotsiaalmeediakontot haldavad inimesed postitavad tihti filmitsitaate ja kasutavad ära kulguri suurepärase kaamera, millega saab ka *selfie*-sid teha.

Kauge komeedi poole lennanud Rosetta veetis osa teekonnast energiasäästu-režiimil. Enne kosmosejaama sisselülitamist alustas Euroopa kosmoseagentuur (ESA) suurt kampaaniat, kus paluti inimestel postitada sotsiaalvõrkudesse klippe Rosetta äratamisest. „Kas sul on hommikul äratuskella peale raske tõusta? Kujuta ette, et ärkad Päikesest 673 miljoni kilomeetri kaugusel ning sa ei saa isegi kohvi juua. Aita Rosettat!“ ärgitas ESA. Ja inimesed aitasid ning elasid kaasa.

Kaasakiskuvad kosmosejutud

Tartu ülikooli eksperimentaalpsühholoogia teadur Andero Uusberg mõonab, et kosmoseiklused on tõepoolest üpris populaarsed, kuid terve planeedi südame vallutamisest on veel vara rääkida. „Kui näiteks Rosetta missioonil on Twitteris üle poole miljoni jälgija, siis Justin Timberlake'il on neid üle 100 korra rohkem. Teisalt, Donald Trumpi vastu tunneb huvi 20 korda vähem Twitteri-kasutajaid,“ kaalutleb Uusberg.

Tema sõnul on kosmoseikluste põnevuse taga eelkõige avastamisrõõm. „Pla-

Kosmoseseiklus suudab avastamisrõõmu äratada ka neis, kelle jaoks kosmose avastamine isiklikult oluline pole. Inimesel on võime asetuda oma igapäevamaailmast kujutletud maailmadesse.



NASA Marsi-kulgur Curiosity saadab tihti endast Maale fotosid

needi peal pole ju õieti enam kohti, kuhu oleks võimalik esimesena sattuda. Seega on absoluutsed avastusretked tänapäeval võimalikud pigem vertikaalteljel – tuleb minna vee alla, maa sisse või siis kosmosesse. Avastamisrõõmu toitvat uudishimu peetakse üheks inimese põhivajaduseks. Igal organismil tuleb nii hoida ja kasutada seda, mis on olemas, kui ka otsida ja avastada uusi võimalusi. Uudishimu on seda loodusseadust täitma tõukav jõud. Kui me ei tunneks uudishimu, jääksime liiga kauaks mugavustsooni ja ammendaks sealsed ressursid enne uute avastamist. Kosmoseseiklus suudab avastamisrõõmu äratada ka neis, kelle jaoks kosmose avastamine isiklikult oluline pole. Inimesel on võime asetuda oma igapäevamaailmast kujutletud maailmadesse.

Me suisa naudime seda ja otsime taolisi virtuaalkogemusi kirjandusest, kunstist ja igapäevameediast. Hästi jutus-

tatud kosmosejutt võib seega olla inimesele kaasakiskuv olenemata sellest, kui palju talle astronoomia või rakettiteadus päriselt korda läheb.“

Robotiga suhestumine

Tallinna ülikooli sotsiaalpsühholoogia professor Mati Heidmets arvab, et kosmoselaevale kaasa elav inimene näeb eelkõige ikkagi inimest, mitte robotit. Marsil toimetava kulguri või komeedi ümber tiirlema saadetud kosmosejaama puhul jälgitakse pigem teiste inimeste tegutsemist. „Mis on inimesele tähtis? Eks ikka teine inimene,“ arvab Heidmets. „Suhestumegi ikka teise inimesega. Inimesed tegid kosmosesondi, sealt tekib uudishimu ja põnevus. Ja kindlasti on oluline ka see, kes selle kosmosejaama on valmis meisterdanud,“ lisab ta. „Kui Euroopa kosmoseagentuur saadab oma sondi Marsile, siis nähakse seda Euroopa teadlaste ja inseneride toreda saavutusena. Kui Rosetta oleks valmis teinud hiinlased või hoopis Põhja-Korea, võib arvamus olla hoopis teine. Võimalik, et sellist robotit peaksime hoopis vaenulikuks.“

 Piret Pappel



Jeffrey Williams kosmosejalutuskäigul

• Kosmosejalutuskäik ISS-il:

1. septembril 2016 väljusid rahvusvahelise kosmosejaama ISS astronautid Jeffrey Williams ja Kate Rubins kahe nädala jooksul teist korda avakosmosesse. Põhiülesandeks oli voltida kokku 13 meetri pikkune jahutusradiaator, mis avati aastal 2012 lekke peatamiseks. Radiaator aga polnudki lekkes „süüdi“ ning nüüd otsustati jätta ta siiski reservi. Lahtivoldituna oleks lihtsalt suurem risk, et radiaatorit tabab juhuslik kosmoseprügi. Lisaks paigaldati kaks telekaamerat ning pingutati päikesepaneeli pöördliigendi polte. Tegemist oli kokku 195. avakosmosesse väljumisega, mis kestis 6 tundi ja 48 minutit.

• Space-X-i rakett plahvatas:

1. septembril 2016 toimus võimas plahvatus firma SpaceX stardiplatvormil, mis hävitas kanderaketi Falcon ja Iisraeli firma Spacecom sidesatelliidi, mille abil Facebook lootis laiendada oma internetiteenuseid Aafrikas. Plahvatuste seeria toimus kanderaketi mootorite testkäivitamise protseduuri ajal ning seetõttu ei viibinud läheduses inimesi, kes oleksid võinud kannatada saada.

• Philae leiti üles:

15. septembril 2016 teatas Euroopa kosmoseagentuur ESA, et lõpuks õnnestus üles leida

novembris 2014 komeedi 67P/Tšurjumov-Gerassimenko tuumal maandunud sond Philae. Ühendus sondiga katkes peale selle akude tühjenemist. Foto, millel sond identifitseeriti, tehti komeedi ümber tiirleva kosmosejaama Rosetta teleobjektiiviga kaameraga kolm päeva varem. Selgus, et Philae maandus väga kivisesse piirkonda ning nii õnnetult, et jalad jäid ülespoole ning sideantennid allapoole. Seetõttu oligi sidepidamine aparaadiga raskendatud.

• Mehed ISS-ilt tagasi:

7. septembril 2016 maandus Žezkazgani linna lähedal Kasahstanis kosmoselaeva Sojuz TMA-20M maandumiskapsel, tuues maale NASA astronauti Jeff Williamsi ja Roskosmos kosmonaudid Aleksei Ovtšinini ning Oleg Skripotška. Tegemist oli ISS-i ekspeditsioonide 47 ja 48 liikmetega ning kosmoses viibiti 172 ööpäeva.



Falcon 9 plahvatus

SEPTEMBER-OKTOOBER KOSMOSES: UUS MEHITATUD KOSMOSEJAAM, MARSI-SONDID JA ASTEROID BENNU SIHTIMINE



OSIRIS-REx

• Asteroid Bennu sihikul:

7. septembril 2016 kell 23:05 startis Canaverali neeme kosmodroomilt Floridas kanderaketil Atlas V kosmosesond OSIRIS-REx. Umbes tunni aja pärast oli saavutatud teine kosmiline kiirus ning suund võetud asteroidile Bennu. Eesmärgiks on koguda selle pinnalt ainet ning tuua see 2023. aastal tagasi Maale analüüsiks. NASA andmetel on tegemist ühe teadaolevalt vanima asteroidiga, mille koostis peaks olema säilinud muutumatult 4,5 miljardit aastat.

• Hiina teine kosmosejaam:

5. septembril 2016 startis Jiuquani kosmodroomilt Hiina põhjaosas Gobi kõrbe äärealal Hiina kanderakett Long March 7, viies orbiidile Hiina teise kosmosejaama Tiangong 2. Tõlkes tähendab Tiangong „Taevalik

paik“ ning jaamas on plaanis läbi viia mitmeid meditsiinilisi ja teisi kosmoses viibimisega seotud eksperimente. Hiina esimene kosmosejaam Tiangong 1 viidi orbiidile septembris 2011 ning seda külastas kolm meeskonda.

CHINA MANNED SPACE ENGINEERING



Tiangong 2 kunstniku nägemuses

• Sojuzi stardi viibimine:

17. septembril 2016 teatas Vene kosmoseagentuur Roskosmos, et 23. septembriks planeeritud Sojuz MS-02 kosmoselaeva start lükati edasi tehnilistel põhjustel. Probleemid ilmnesisid kontrolltestidel Baikonuri kosmodroomil. Plaanis oli viia ISS-i järgmine meeskond koosseisus Ameerika astronaut Shane Kimbrough ning Vene kosmonaudid Sergei Rõžikov ja Andrei Borissenko.

• **Rosetta komeedile kukutamise:**

29. septembril 2016 käivitati komeedi 67P/ Tšurjumov-Gerasimenko ümber tiirleva kosmosesondi Rosetta mootorid 208 sekundiks, et suunduda viimasele missioonietapile – kukumine komeedi pinnale 30. septembril kell 10:38 UT. Selle käigus on kavas veel viimased uuringud, sealhulgas fotode valmistamine komeedi tuuma pinnast detailsusega kuni 2,5 cm.

• **Schiaparelli Marsile:**

17. oktoobril 2016 kell 14:42 eraldus Marsi juurde saabuvast kosmosesondist Trace Gas Orbiter (TGO) maandur Schiaparelli, et alustada umbes miljoni kilomeetri pikkust teekonda Marsi pinnale. TGO+Schiaparelli on ESA ja Venemaa ühisprojekt eesmärgiga uurida Marsi süsihappegaasirikast atmosfääri ning testida uusi maandumistechnoloogiaid.

• **ISS-ile uut kraami:**

17. oktoobril kell 23:45 UT startis firma Orbital ATK kanderakett Antares 230, et viia transpordilaevaga Cygnus kosmosesonda ISS 2,3 tonni varustust, toitu ja teaduseksperimentide materjale. Tegemist on Orbital ATK veolendude taastamisega peale plahvatust standardil oktoobris 2014.

• **Jupiteri-sond lülitus välja:**

18. oktoobril 2016 lülitus turvaolekusse Jupiteri ümber tiirlev kosmosesond Juno. Põhjuseks tarkvara seisundit jälgiva programmi indutseeritud parda-arvuti taaskäivitamine. Kõik protseduurid läksid edukalt ja sond on jätkuvalt täies töökorras. Siiski jäid saamata planeedist lähedase möödalennu ajal koguda planeeritud teadusandmed, sest turvaolekus olid teadusinstrumendid välja lülitatud. Järgmine lähimöödalend on planeeritud 11. detsembriks.



EXOMARS/ESA

Kunstniku nägemus Schiaparelli plaanitud maandumisest

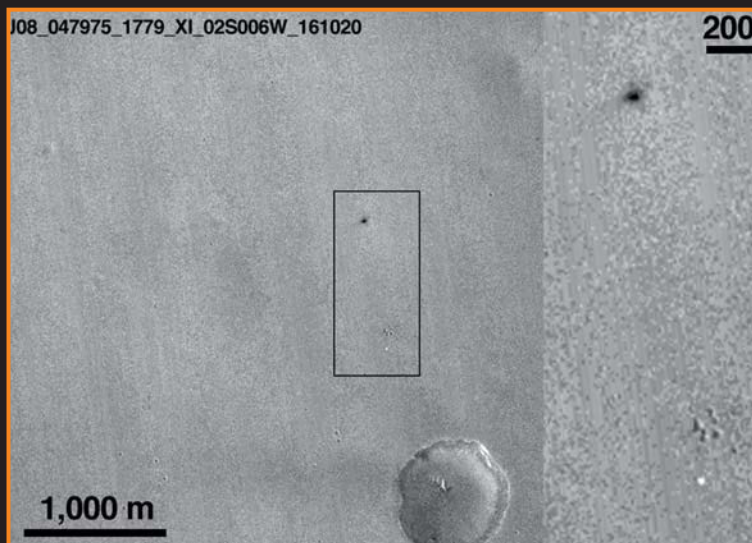
• **Hiina mehitab uue kosmosesonda:**

17. oktoobril kell 23:30 startis Jiuquani kosmodroomilt Hiina põhjaosas Gobi kõrbe äärealal Hiina kanderakett Long March-2F, et viia kosmosesonda Tiangong 2 kaks taikonauti – Jing Haipeng ja Chen Dong. 19. oktoobril põkkuski kosmoselaev orbitaaljaamaga ning astronautid sisenesid selsse, et elada ja töötada seal järgmised kuu aega.

• **Uued mehed ISS-i:**

19. oktoobril 2016 kell 08:05 UT startis Baikonuri kosmodroomilt kosmoselaev Sojuz MS-02, et viia ISS-i järjekordne meeskond – Ameerika astronaut Shane Kimbrough ning Vene kosmonaudid Sergei Rõžikov ja Andrei Borissenko. Põkkumine kosmosesonda oli planeeritud 21. oktoobril kell 09:59 UT ning kõik läkski vastavalt lennuprogrammile.

NASA/JPL-CALTECH/MSS



Schiaparelli Marsi pinnale kukkumise koht on must täpp ristkülikus

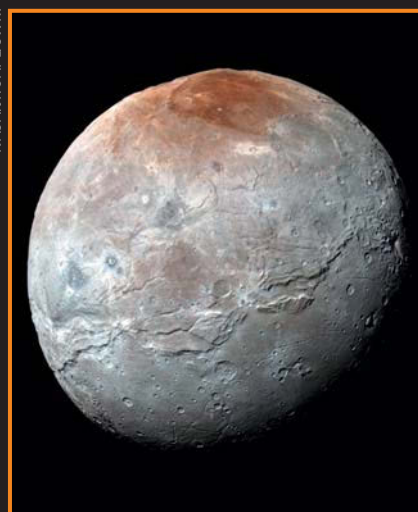
• **Schiaparelli kukkus Marsile:**

19. oktoobril jõudis edukalt Marsi orbiidile Euroopa-Vene koostöös sündinud kosmosesond TGO, mis alustas oma missiooni uurimaks meie naaberplaneedi atmosfääri. Sama edukalt ei läinud aga maanduriga Schiaparelli, mis oleks pidanud Marsi pinnale laskuma kell 14:48 samal päeval. Paraku kadus side maanduriga pärast kuut minutit lendu Marsi hõredas süsihappegaasirikas atmosfääris, mõned sekundid enne planeeritud maandumist. Teada on, et kuumusekaitse eemaldus ning langevari avanes ja samuti käivitusid pidurdusmootorid, kuid mingil põhjusel palju lühemaks ajaks, kui ette nähtud. Suurem selgus saabub alles 21. oktoobril, mil Schiaparelli eeldatavat maandumiskohta pildistas Marsi ümber tiirlev NASA Mars Reconnaissance Orbiter. Fotodel on näha värskeid pinnamoodustisi, mis ilmselgelt vihjavad Schiaparelli purunemisele maandumisel. Muide, Mars Reconnaissance Orbiteri tehtud fotodelt leiti hiljuti ka Euroopa eelmine, 2003. aastal ebaõnnestunud maandunud sond Beagle 2, mille päikesepatareid ei avanenud korralikult.

• **Viimased andmed Pluutolt:**

25. oktoobril lõpetas NASA kosmosesond New Horizons edukalt Maale andmete saatmise oma 2015. aastal toimunud möödalennust kääbusplaneedist Pluuto. Viimane andmekogum – segment Pluto-Charon vaatlusseeriast Ralph/LEISA kaameraga – jõudis kohale Johns Hopkinsi raketidusfüüsika laboratooriumisse Laurel, Marylandis, olles viimane osa üle 50 gigabiti andmetest, mis saabusid kokku viimase 15 kuu jooksul.

NASA/JHUAPL/USRI



Mullu juulis New Horizonsi pildistatud Pluuto suurim kuu Charon

Jüri Ivask
Horisondi kosmosekroonik

Digitaalhumanitaariast

Millised võimalused on avanenud humanitaarteadustes tänu digitaalsetele tehnoloogiatele?

Nii nagu digitaalsed tehnoloogiad on muutunud inimese argielu igapäevasteks kaaslasteks, on nad mõistagi mõjutanud ka humanitaarteadlase töö kõige esmasemaid tasandeid: vajalikud allikmaterjalid ja haruldased käsikirjad, samuti artiklid ja uurimused on üha enam saadaval internetis, otsingu- ja päringumootoreid peame elementaarseteks ning kirjutamisprotsess ise on teksti lõputu ümberkirjutamis- ja korrigeerimisvõimaluse tõttu mõnevõrra teistsugune. Need argised ja ehk isegi märkamatud muutused ei ole siiski niivõrd muutnud uurimistöö sisu ja olemust, vaid pigem teinud seda lihtsamaks ja tõhusamaks.

Arvutite võime andmeid suures mahus, kiiresti ja tõhusalt luua, töödelda ja esitada on aga toonud ka humanitaariasse uusi lähenemisi, vaatenurki ja uurimisküsimusi, mida inimjõul poleks võimalik lahendada. Folklorist Arvo Krikmanni vestest „Arvutitehnoloogia minu elus“ võib lugeja leida päris elamusliku ajaloolise vaate humanitaarse andmetöötluse omaaegsete võimaluste kohta lükatist ja perfokaartidest alates kuni selle õnnetundeni, mida andmeid kiiresti ja tõhusalt töötlev arvuti teadlasele pakub.* Olen isegi omal ajal regilaulu värsimõõtu uurides kogenud seda esmast rõõmu ja imetlust, kui arvuti, olles sooritanud minu juhendamisel värsianalüüsi, jõudis täiesti sisukate tulemusteni, mis muuhulgas võimaldas määratleda regilaulu värsimõõdu piirkonnad, välja tuua muutustendentsid ja nende põhjused ning ühtlasi tõi ilmsiks, et regilaulu värsimõõdu üldiselt valdav käsitlus kogu 20. sajandi jooksul oli olnud ideoloogiliselt kallutatud – senise uurimisloos jooksul oli jagunud jõudu ainult ühe kihelkonna regilaulude värsimõõdu põhjalikuks analüüsiks. Muidugi nõudis ka nende

tulemusteni jõudmine esmalt üksjagu tekstisestust, analüüsiprotseduuride väljamõtlemist ja teostamist, aga puhtalt inimjõul oleks selleks kulunud kordades rohkem tööd ja aega. Ning loomulikult on saadud tulemuste mõtestamiseks vaja siiski inimhäälestust ja teadlase kompetentsi.

Tänapäeval kiiresti areneva digitaalhumanitaaria peamiseks väljakutseks ongi see, kuidas digitaalsete tehnoloogiate olemasolevate ja üha juurde tekkivate humanitaarsete andmekogumite uurimisel ära kasutada nii, et jõutaks sisukate tulemusteni, uute teadmiseni, mis inimhäälestuse abil on kättesaamatud. Korpuslingvistikas keele uurimiseks juba aastaid kasutusel olnud meetodeid ja vahendeid on hakatud kasutama üha enam ka muude humanitaar- ja sotsiaalteaduste uurimisküsimuste lahendamiseks: tekstikogumite keeleline analüüs võimaldab tuvastada tekstis olulisi märksõnu ja teemasid, suhtumisi, meelsust, tonaalsust ning nende kõigi muutumist ajas.

Statistikal põhinevat lugemist on hakatud kutsuma kauglugemiseks (ingl *distant reading*) ning see võimaldab saada aimu korraga näiteks suure hulga teoste temaatikast ilma neid läbi lugemata. Keelestatistikal põhineb ka autorsuse tuvastamisest välja kasvanud uurimissuund stilomeetria.

Geograafilise infokihi lisamine tekstilisele või muud laadi materjalile võimaldab jälgida andmete ruumilist esinemust ja varieerumist; võrgustikuanalüüs võimaldab uurida ja esitada andmeobjektide omavahelisi seoseid. Üha enam kõidab uurijaid internetist massiliselt kättesaadav visuaalne teave, eelkõige võiks siin mainida mitmeid Lev Manovichi projekte, mis suurandmete põhjal uurivad näiteks kaasaegset pildistamiskultuuri, *selfie*'de piirkondlikke eripärasid, erinevate maailma linnade värvitonaalsusi jms (vt manovich.net).

Üha suurem osa humanitaarteadlaste uurimisainesest tekib digikujul ja ka levib digikanaleid pidi. Paljuski

puudutab see ka professionaalset kultuuri (toodangut), kuid internet on andnud suurema levikupotentsiaali nn kaasaegsele rahvaloomingule, mis suuresti tekib ja elabki sotsiaalmeedias – näiteks suulise ajao kil-lud linnaruumipärimusest, mida lisatakse kommentaarina sotsiaalmeedias levivatele vanadele fotodele, või hiljutisi presidendivalimisi kommenteerivad meemid veekogudest ja nende rannajoontest. Selleks, et tüüpiliselt autori nimeta leviv „rahvaloominguteos“ hakkaks ringlema ja tekitaks tahtmise seda edasi jagada (miks mitte ka omalt poolt täiendada), peab see kõnetama publikut konkreetsel ajahetkel, kuid jagamisandmed võimaldaksid uurida sedalaadi folkloori tekkimise ja leviku asjaolusid lähemalt. Humanitaarteadlase jaoks on sellise andmestu kogumine ning töödeldavaks uurimiskogumiks vormimine paras väljakutse. Esiteks on tegu oma olemuselt erivormilise aine-sega, mis hõlmab nii teksti, pilti, kommentaare kui jagamis- ja tutvusvõrgustikke ning nõuab teadlaselt teatavaid andmekaeve oskusi. Lisaks sellele on sotsiaalmeedia teoste mõistmiseks oluline ka laiem ühiskondlik kontekst – folkloor aktualiseerub alati konkreetsel ajahetkel ning seda ajahetke tundmata jääb osa tekstist või pildi tähendusest meie eest paratamatult varjatuks. •



ALAR MADISSON

MARI SARV

FOLKLORIST, EESTI KIRJANDUSMUSEUMI VANEMTEADUR

*Eesti kirjandusmuuseumi kogumik *Võim ja kultuur* 2 (2006), lk. 11–26

Sasku

Kaardimängunimetus *sasku* puudub meie õigekeelsus- ja seletussõnaraamatust, ehkki see on kirjakeeles tarvitamiseks igati sobiv. Ta on kompaktsem ja häälduselt suupärasem kui samatähenduslik *saaskop*, mille toob ära seletussõnaraamat.

Lünk ei johtu tõenäoliselt mingitest põhimõttelistest kaalutlustest, vaid pigem pole sõna kirjakeele kartoteegi koostamisel esile tulnud. Vähemasti meeste-rahvastele päris perifeerne ja tundmatu keelend *sasku* siiski ei ole ning põgus interneti sukeldumine näitab, et praegu kipub ta *saaskoppi* täiesti kõrvale tõrjuma. On loodud lehekülg veebisasku mängimiseks, veebientsüklopeedias leidub saskut käsitlev artikkel, maakonnalehed teatavad kohalikest sasku-turniiridest ja üks kirjanoorik on oma kaardimänguelamusi jäädvustanud koguni värs-sides: *kaarte väljas pakki kolm / ühest järgi jäänd vaid tolm / käib ärtu sasku turakas / kui väljas kaikub põrakas*. Aga see selleks. Vähemalt ühes sõnaraamatus, ja nimelt „Väikeses murdesõnastikus“, on *sasku* siiski olemas.

Etümoloogiliselt on *sasku* ehk *saaskop* üsna lihtsakooline juhtum, eriti veel kui seletussõnaraamat pakub *saaskop*-ile sünonüümi *lambapea*. Eesti teisedid ongi rohkem või vähem

muganenud variandid saksa liitsõnast *Schafskopf* 'lambapea' (*Schaf* 'lammas' + *Kopf* 'pea'), ülekantud tähenduses 'lollpea, tohman'. Saksa kaardimängunimetus *Schaf(s)kopf* lähtub ilmselt viimasest, ülekantud tähendusest, mis on ka eesti keeles tuntud (*Meie poliitikut on lambapead*).

Eesti keeles on esialgselt liitsõnast kujundatud kahesilbiline tüvisõna. Seda on ette tulnud mitmete teistegi liitsõnade puhul, olgu need siis algselt võõr- või emakeelsed. Esimese näiteks sobivad kas või *liigud*, mille aluseks on alamsaksa liitsõna *līt-kōp* (*līt* 'puuviljavein' + *kōp* 'kaup'), niisiis on liigud õigupoolest 'veinikaup' ehk väike veinijoomine kaubatehingu kinnituseks. Ja emakeelsete liitsõnade kahesilbiliseks tüvisõnaks kujunemise klassikaline näide on *veski*, algselt *vesikivi*, mis veel XX sajandilgi on kohati Võru murdes esialgsel või pisut lühenenud kujul (*veskiv*) säilinud. •

Udo Uiho
keelemees

HORISONT KIRJUTAS

40
aastat
tagasi

HORISONT 12/1976, LK 30–32

Rein Sillaots annab üksikasjaliku ülevaate telefonside arenemisest ja selle kõikvõimalikest varastest eelkäijatest. Loo lõpus ta prognoosib, milliseks võib kujuneda

telefoniaparaat tulevikus:

„Klahvnumbrivalija vahetab välja ketasvalija, suureneb elektroonika osatähtsus, eriti integraalskeemide kasutamine. Üha enam levivad valjuhäälditega ja videotelefonid; telefoniaparaadi abil hakatakse edastama andmeid elektronarvutile jne. 1973. aastaks oli maailmas 312 902 000 telefoniaparaati. Ei ole kaugel aeg, mil meie planeedi mistahes linnast saab helistada mistahes linna. Tehnilised võimalused on selleks juba olemas.“

Tagantjärele võib tõdeda, et Sillaotsa nägemus läkski täppi. Samas ei osanud ta ette näha n-ö juhtmevabade ehk mobiiltelefonide praegust võidukäiku. Selle aasta hakul hinnati mobiiltelefonide omanike hulka 5,1 miljardile.

30
aastat
tagasi

HORISONT 12/1986, LK 10–13

Tehnikadoktor Rein Metsik kirjeldab rooste „röövlitööd“:

„Aasta jooksul hävineb korrosiooni tõttu maailmas umbes kümnendik metallitoodangust, Nõukogude

Liidus aga ümmarguselt kakskümmend miljonit tonni. Mainitud kadude korvamiseks töötab iga kümnes kõrgahi. Tegelikult on rivist välja langeva metalli kogus vähemalt kolm-neli korda suurem. /---/ Kui arvestada ainult jäägitut kadu, siis maksab see meie riigile igal aastal 6–8 miljardit rubla. /---/ Meie vabariigis „sööb rooste“ aastas kuni 25 miljonit rubla. Sellest eriti palju transpordis, liha-, ja piimatööstuses ning ehituses.“

Viimaste kümnenditega pole suudetud rooste hävitustööd pidurdada ning arvestuslikult hävineb seeläbi endiselt kuni kümnendik maailma metallitoodangust. Korrosiooni vastu võitlemise eksperte ühendav NACE instituut prognoosib, et sel aastal tekib rooste ainuüksi USA majandusele 1,1 triljoni dollari väärtuses kahju.

20
aastat
tagasi

HORISONT 7–8/1996, LK 38–39

Molekulaarbioloog Jaanus Remme arutleb essee „Elu ei põhine ainult geenidel“ elu olemuse üle:

„/---/ tahaksin rõhutada, et eluprotsessid ei põhine ainult geenidel, vaid on ka midagi muud, nimetatagu seda siis elujõuks, entelehiaks, jumalikuks sädemeks või milleks tahes, ja see miski on sama oluline, kui geenides talletatav teave. Tänapäeva geneetika võimsa arengu taustal kipub kõik muu peale DNA kergesti ununema, kogu elu püütakse taandada vaid geenide avaldumisele. Aga vähemalt senikaua, kui teadlased ei ole võimelised elusraku katseklaasis sünteesima, ei mõista me täielikult elu olemust.“

VIDA PRESS / ALAMY



Eestlased esimese ilmasõja aegses Vene armees

Esimeses maailmasõjas osales Vene armee koosseisus ligemale 80 000 eesti päritolu meest. Kuna eesti rahvusväeosade moodustamiseni jõuti alles 1917. aastal, olid eestlased senikaua laiali pillutatud erinevate väeosade vahel, mille koosseisudes andsid valdavalt tooni vene rahvusest sõdurid. Eestlaste läbisaamine venelastest kaassõduritega oli kehv, mis mõjutas otseselt eesti meeste sõjakogemust, vähendades nende innukust Vene riigi eest sõdida ning ergutades rahvuslike meeleolude teket.



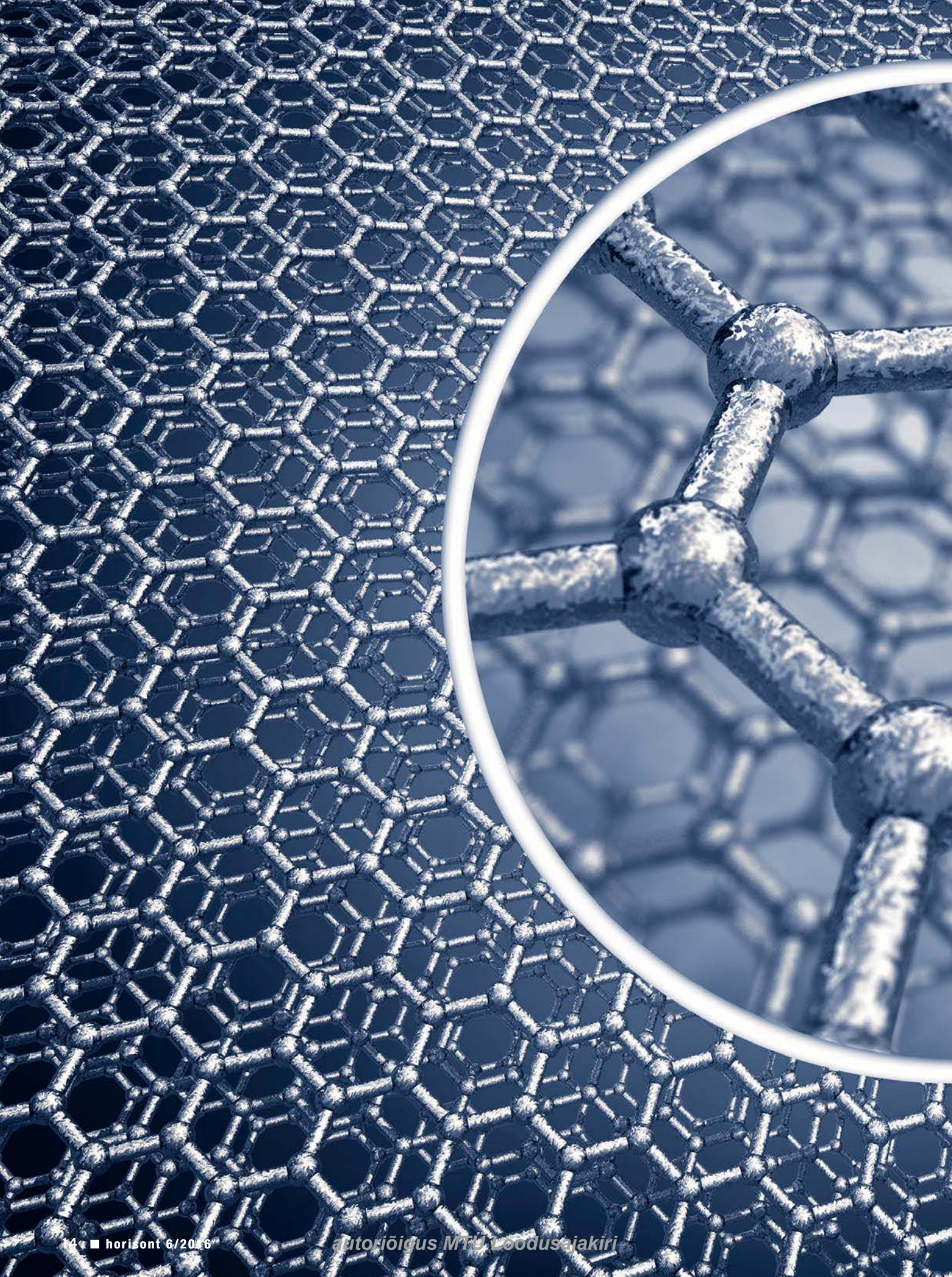
Ilmasõjas teeninud sõdurite kirjad, päevikud ja mälestused avavad erinevaid sõjakogemuse tahke, nagu rindeteenistuse olemus, sõdurite meeleolud ja igapäevaelu, suhted kodustega, koju tagasipöördumise võimalused jne. Üks olulisemaid sõjakogemust mõjutanud tegureid oli sõdurite omavaheline suhtlus – nende suutlikkus ühte hoida, üksteist võitluses julgustada, toetada ja lohutada. Nii ongi sõdurite kamraadlus mitmete sõjaajaloo uurijate hinnangul peamine, mis sõjaväkke mobiiliseeritud mehi aktiivses teenistuses hoidis. Seda, kui olulised olid sõduritevahelised head sidemed ja üksteisemõistmine, mis aitasid neil kodusest elust ning lähedastest võõrandumise kiuste sõjatingimustes hakkama saada, on oma kuulsates romaanides kõnekalt näidanud ka kirjanik Erich Maria Remarque (näiteks „Läänerindel muutuseta“ või „Tagasitee“).

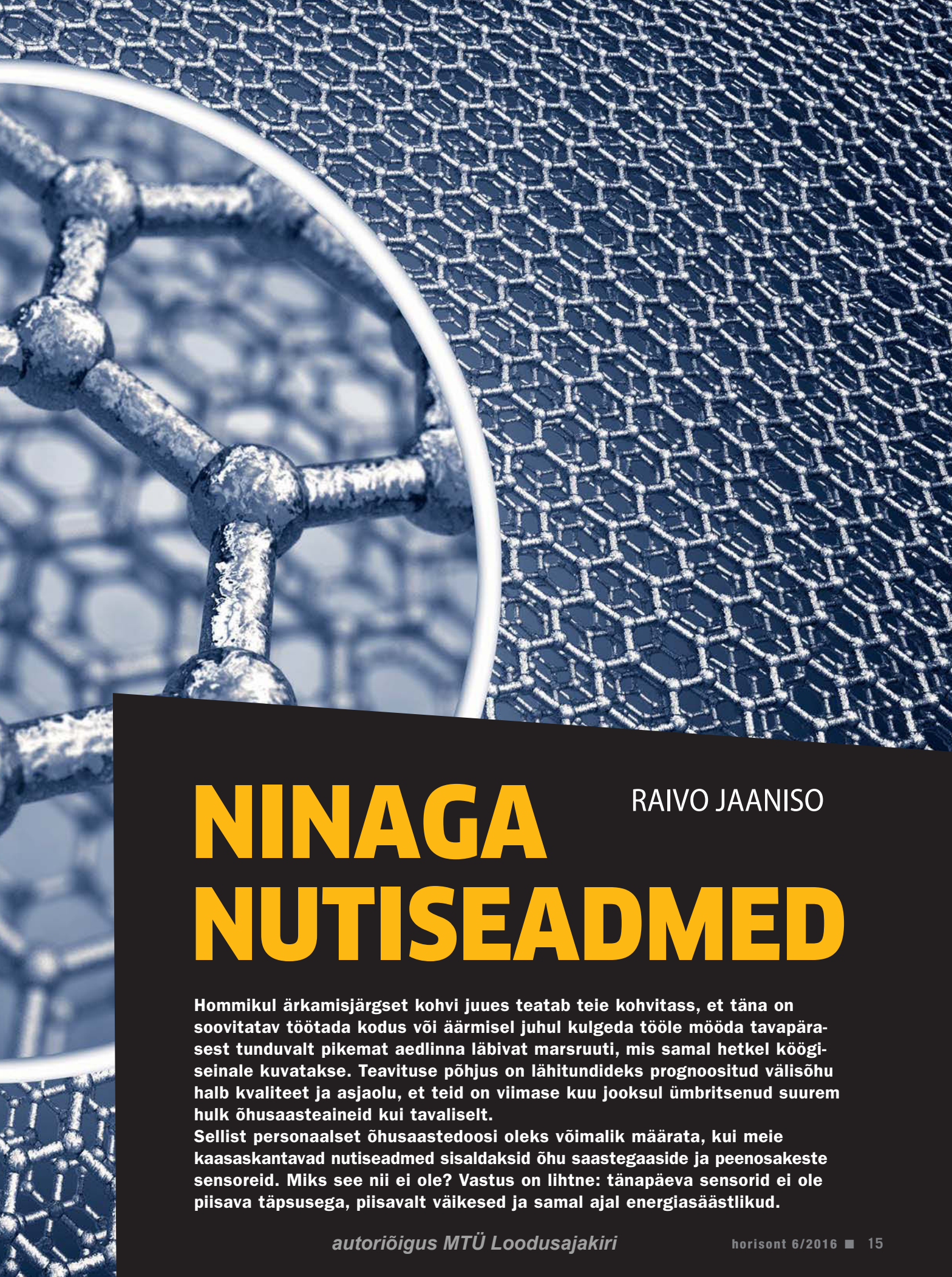
Ometi ei kogenud sugugi kõik sõdurid teenistuses olles kamraadlust. Kas ja kuivõrd iseloomulik oli kamraadluse puudumine eeskätt imperiaalsetes armeedes hajutatult teeninud väikerahvastele, nõuab veel uurimist ning kogemuste põhjalikku kõrvutamist. Eesti sõdurite kirjade, päevikute ja mälestuste põhjal võib igal juhul väita, et eestlaste igapäevaelu

rohkem venelaste elust jagatada. Meil on jõulud tulema...
...aga kedagi ei ole, aga kahte teist, kes kirjakandjad on, üks poolakas – niisamati. Noh, mis sellega, ei tee ta nüüd küll kedagi rikkaks, kuid näitab oma vahepidamist rahvaste vahel väga selgesti üles. Miks sa, turak, siis ihaldad võerast maad oma kaitse alla, kui sa neid ei usalda. Aga sa tahad nende vajaliku aia eest rahva rõõmide täita, kes muud ei mõista teha kui ahjul pikutada. Oleks küll aeg olema, et sa ümber löödud saaks, sest niisugusel laisal ja lolli rahval ei ole tulevikku. Kõik kuulsus, mis sul on, oled võera rahva najal ja hoolet saanud, aga ise silitad oma ilast vene habet. Ja nüüd peavad eesti pojad jälle sinu pärast oma verd valama, et sinu troon kindlustatud oleks. /.../

22/XII-15. Täna käisime kuulsas Puriskevitsi saunas. Pesime seal ilma leinita, külma veega endid puhtaks ja asi sellega. Kui tagasi tulime, siis saidad meie teised vene ninad oma jõulukingi raha, kes 15, 10, 8 ja 6 rbl kätte. Venelaste ninad olivad küll rõõmsad, kuid ühel mehel, kes 6 rbl sai, kurb. Meid kolme meest jäeti aga järsku ilma. Mind muidugi selle pärast, et ma venelane ei ole, aga kahte teist, kes kirjakandjad on, üks poolakas – niisamati. Noh, mis sellega, ei tee ta nüüd küll kedagi rikkaks, kuid näitab oma vahepidamist rahvaste vahel väga selgesti üles. Miks sa, turak, siis ihaldad võerast maad oma kaitse alla, kui sa neid ei usalda. Aga sa tahad nende vajaliku aia eest rahva rõõmide täita, kes muud ei mõista teha kui ahjul pikutada. Oleks küll aeg olema, et sa ümber löödud saaks, sest niisugusel laisal ja lolli rahval ei ole tulevikku. Kõik kuulsus, mis sul on, oled võera rahva najal ja hoolet saanud, aga ise silitad oma ilast vene habet. Ja nüüd peavad eesti pojad jälle sinu pärast oma verd valama, et sinu troon kindlustatud oleks. /.../

iseloomustas kamraadluse asemel pigem kehv läbisaamine teistest rahvustest, eelkõige venelastest kaassõduritega. Konfliktid tekkisid nii eestlaste kasina vene keele oskuse, venelaste umbuskliku või üleoleva suhtumise kui ka eestlaste suhteliselt kõrgema haridustaseme pinnalt. Harvad polnud sellisedki juhtu-





NINAGA NUTISEADMED

RAIVO JAANISO

Hommikul ärkamisjärgset kohvi juues teatab teie kohvitass, et täna on soovitatav töötada kodus või äärmisel juhul kulgeda tööle mööda tavapärasest tunduvalt pikemat aedlinna läbivat marsruuti, mis samal hetkel köögi-seinale kuvatakse. Teavituse põhjus on lähitundideks prognoositud välisõhu halb kvaliteet ja asjaolu, et teid on viimase kuu jooksul ümbritsenud suurem hulk õhusaasteaineid kui tavaliselt.

Sellist personaalset õhusaastedoosi oleks võimalik määrata, kui meie kaasaskantavad nutiseadmed sisaldaksid õhu saastegaaside ja peenosakeste sensoreid. Miks see nii ei ole? Vastus on lihtne: tänapäeva sensorid ei ole piisava täpsusega, piisavalt väikesed ja samal ajal energiasäästlikud.

Õ

husaaste on praegusel ajal üks suurimaid ter- vist mõjutavaid kesk- konnafaktoreid. Maa- ilma terviseorganisat- siooni (WHO) andmetel oli maailmas aastal 2012 igast kahek- sast surmajuhtumist üks põhjustatud õhu saastatusest. Koguarvuks teeb see umbes 7 miljonit saastunud õhuga seostuvat surma.

Õhu põhilisi saastegaase, mis on normidega reguleeritud ja mida riik- likud seirejaamad jälgivad, pole palju. Olgu need siinkohal üles loetud: SO_2 , NO_2 , NO , CO (tuntud kui vingugaas) ja O_3 (osoon). Kui nutiseadmed neid saas- tegaase mõõdaksid, tekiks lisaks per- sonaalse saastedoosi jälgimisele ka tei- sed rakendusvõimalused – sensoritega nutiseadmete tihevõrk koos hõreda (kuid suurema mõõtetäpsusega) seire- jaamade võrguga võimaldaks seninä- hamatu detailsusega kaardistada õhu- saaste levikut ning koos modelleeri- misega prognoosida täpselt „keemilist ilma“. Üks ninaga nutiseadme eluline kasutusvõimalus võiks olla ka sõidu- marsruudi plaanimine mitte lühima sõiduaja, vaid minimaalse saastedoosi ehk siis potentsiaalselt vähima tervise- kahjustuse riski järgi. Kui mürgiste gaaside või osakeste hulk oleks nuti- seadmete abil ümbritsevas õhus igal ajahetkel jälgitav, suureneks ka in-imeste teadlikkus õhukvaliteedist ning ühtlasi suhtutaks sellesse küsimusse märksa nõudlikumalt. Selline vahetu teave mõjutaks tõenäoliselt paljude inimeste jooksu- või kepikõnniraja valikuid ning oleks arvestatav faktor ka kinnisvara soetamisel.

Vaja on uusi materjale

Olemasolevatest gaasisensoritest, mida on tööstuses, põllumajanduses ja kodumajapidamistes juba aasta- kümneid erinevate protsesside jälgi- miseks või ohutuse tagamiseks kasuta- tud, on kõige lihtsamini miniaturisee- ritavad pooljuhtidel põhinevad senso- rid. Nendes kasutatakse õhukest tahki- sekihti (põhiliselt metalloksiidi, näi- teks SnO_2), mille elektritakistus muu- tub pinnakihi seostuvate gaasimole- kulide mõjul. Sellised sensorid tööta- vad suhteliselt kõrgel temperatuuril (200–400 °C), sest madalamal tempera- tuuril ei tule gaasimolekulid enam pinnalt lahti ning sensorit ei saa kor-

duvalt kasutada. Kõrge temperatuuri saavutamiseks on vaja suhteliselt suurt energiakulu – paraku liiga suurt, et neid sensoreid saaks kasutada kaasas- kantavates väikeseadmetes.

Pooljuhtsensoritel on ka teine puu- dus – nad on liiga ebatäpsed üliväikes- te ainekoguste (alla 1 ppm ehk alla ühe miljondiku osa) määramisel, mida enamiku välisõhu saastegaaside korral teha tuleb. Nende täpsus jääb üliväikeste gaasikontsentratsioonide korral alla teist tüüpi, elektrokeemilis- tele gaasisensoritele, mis on küll tiku- topsist veidi väiksemad, kuid kahjuks siiski liiga mahukad nutiseadmesse paigutamiseks.

Teistegi tuntud gaasisensorite tüü- pide (näiteks meie autodes hapnikku mõõtvate lambdasensorite või siseruu- mide ventilatsiooni reguleerimisel ka- sutatavate süsihappegaasi mõõtvate sensorite) tööpõhimõtete tõttu ei saa neid muuta piisavalt väikeseks või saa- vutada madalat energiakulu.

Seetõttu otsitakse kogu maailmas uusi lahendusi väikesemõõduliste gaasi- ja lenduvate ühendite sensorite loomiseks – eelkõige püütakse leida uusi materjale, aga ka uusi meetodeid. Hästi toimiva pooljuht-gaasisensori korral on olulised eelkõige materjali pinnal toimuvad protsessid, sest materjali sisemust pinnaga kontaktis olevad gaasimolekulid ei mõjuta. Järe- likult sobivad suure gaasitundlikkuse tekitamiseks kõige paremini materja- lid, mis koosnevadki ainult pinnast. Sellised materjalid on näiteks mõne aatomi läbimõõduga nanotorud või ühe aatomkihi paksused lehtmaterja- lid – grafeen ja selle analoogid.

Ninaga nutiseadme eluline kasutusvõimalus võiks olla ka sõidumarsruudi plaanimine mitte lühima sõiduaja, vaid minimaalse saastedoosi ehk siis potentsiaalselt vähima tervisekahjustuse riski järgi.

Laservälgete abil modifitseeritud grafeen

Grafeen on üks grafiidikiht. Grafiit on aga materjal, millest tehakse näiteks pliatsisüdamikke. Kui me pliatsiga kirjutame, siis kooruvad omavahel nõrgalt seotud kihid maha ja jäävad paberile.

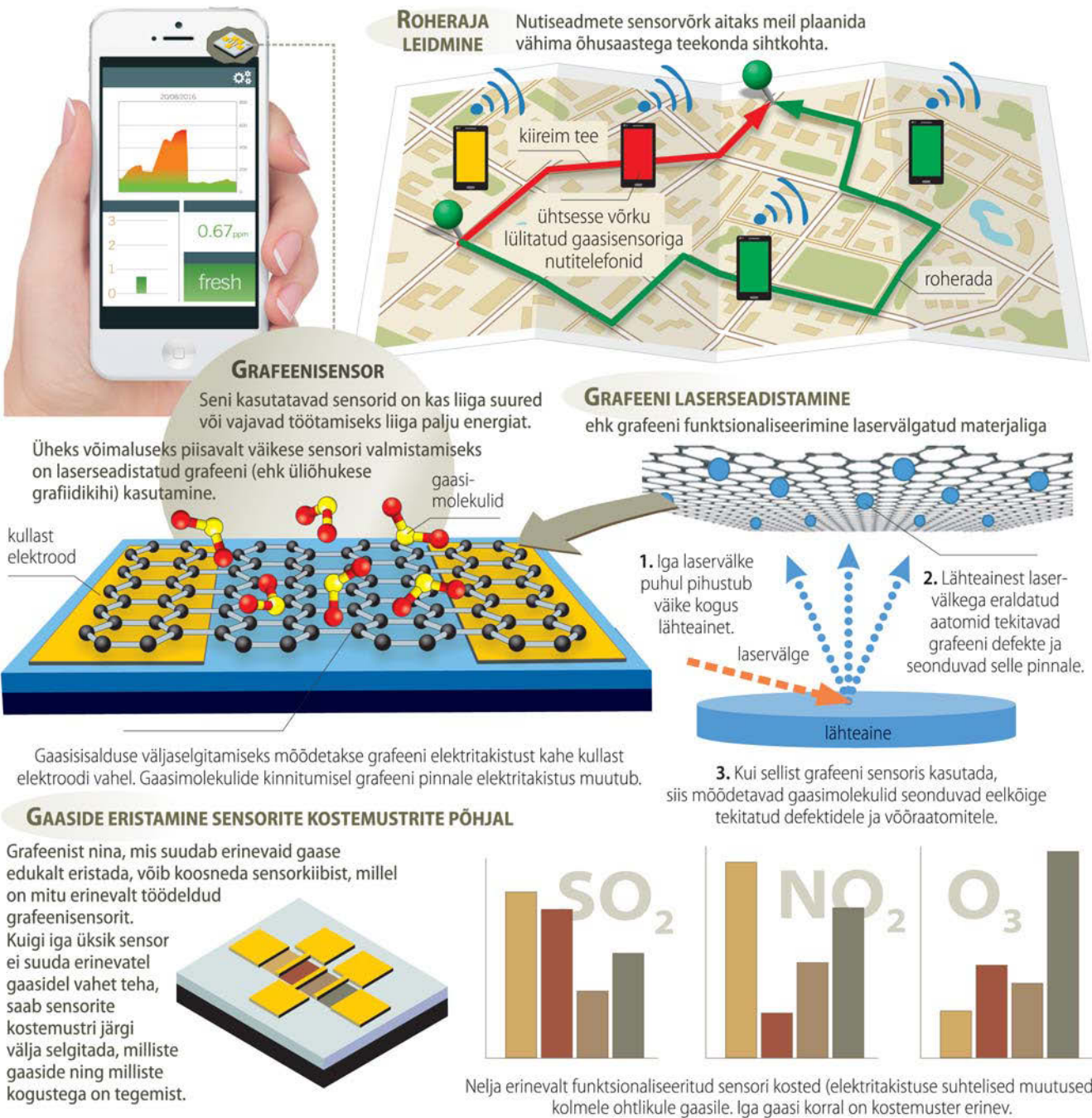
Kui rääkida sensormaterjalide gaasi- tundlikkusest, siis puhas grafeen – üks kiht kärjetaoliselt asetunud süsiniku- aatomeid – on selles suhtes nagu puhas paberileht. See on liiga perfekt- selt ühetaoline ja korrapärane ning seetõttu ei paelu kauaks pilku. Hoopis teine asi on, kui paberile on midagi joonistatud või kirjutatud. Erinevaid inimesi huvitavad seejuures erinevad aspektid – kellele meeldib stiilne joonistus, kellele õrnad luuleread, kellele filigraanne matemaatiline tõestus. Sama lugu on sensormaterjaliga: alg- selt ideaalse grafeeniga erinevaid aato- meid, molekulide või nende rühmi liites ehk grafeeni funktsionaliseerides saab erisuguste õhus leiduvate gaasimole- kulide hulgas tekitada suunatud uudishimu.

Tartu ülikooli füüsika instituudis on välja arendatud meetod, mis kasu- tab grafeeni funktsionaliseerimiseks impulss-lasersadestust. See on tehni- ka, mida rakendatakse laialdaselt õhu- keste kilematerjalide valmistamisel. Protsess toimub nii, et lähteainele fokuseeritakse laservälge, mis pihus- tab ning muudab helendavaks plas- maks väikese koguse lähteainet. Vii- mane lendub ja sadestub mõni hetk hiljem lähedale paigutatud kasvatus- alusele, moodustades sellele pikapeale õhukese kile. Et ühe laservälkega len- duva aine hulk on väga väike, siis kasutatakse tavaliselt kilematerjalide valmistamiseks kümneid tuhandeid laserimpulsside.

Gaasisensorite valmistamisel on kasvatusaluseks elektriliste elektroo- dide vahele paigutatud grafeen. Laser- välgatud materjal sadestub grafeenile ja tekitab sellesse defekte. Kasutatav laservälgete arv on seejuures suhteli- selt väike, reeglina umbes sada välget, mille tulemusena tabab grafeeni ligi- kaudu ühe aatomkihi jagu ainet. Milli- sed on seejuures grafeeni tekkivad defektid ja kuidas paigutuvad nendes- se lähteaine aatomid – kas pinnale sadestuv aine paigutub ühtlaselt või koguneb klastritesse – just nendest

Õhusaaste mõõtmine nutitelefonide abil

Nutitelefonide tulevane võimekus mõõta sensorite abil õhu kvaliteeti nii inimese asukohas kui ka telefonide võrgustikuga kaetud laiemas piirkonnas suurendab inimeste teadlikkust õhu saastatuse suhtes ning vähendab nende terviseriske. Hetkel piisavalt miniatuursed ning vähest energiat tarbivad sensorid puuduvad, kuid nende valmimist pole tarvis enam kaua oodata.



asjaoludest hakkab töötavas gaasisensoris sõltuma ümbritsevate gaasimolekulide „uudishimu“ iseloom. Muutes lähteainet, laservälke võimsust, plasma leviku tingimusi (kõrgvaakum või gaasikeskkond) ja kasvatusaluse temperatuuri, saab grafeeni pinnale tekki-

vaid struktuure muuta ning seega teha sensormaterjal „ligitõmbavaks“ ühtedele või teistele ümbritseva keskkonna molekulidele. Täpsemalt öeldes saab lähtematerjali ja impulss-lasersadestuse protsessi tingimusi varieerides kujundada grafeenile erinevaid

adsorptsioonitsentreid – kohti, kus gaasimolekulid pinnakihi seostuvad ning millel on erinevate gaasimolekulide jaoks erinev seoseenergia.

Hiljuti ajakirjas Applied Physics Letters avaldatud artiklis näitas füüsika instituudi tööühik detailiselt, kuidas

see tehnika töötab mürgise NO₂ gaasi korral. Võrreldes puhta grafeeniga saavutati lasersadestuse tulemusel väikesel (kuid linnaõhus tavalistel) gaasi kontsentratsioonidel 40 korda suurem tundlikkus ning detekteerimislävi, mis jäi alla 1 ppb (üks osa miljardist, millele vastab 1 mm³ NO₂ gaasi 1 m³ õhus).

Mitteselektiivsus võib olla eelis

Tuleb märkida, et pooljuht-gaasisensorid ei ole selektiivsed. Need eristavad küll oksüdeerivaid ja redutseerivaid gaase, sest ühed vähendavad ja teised suurendavad sensormaterjali elektrijuhtivust, kuid ühte sorti gaaside omavaheline eristamine on keerukam. See kehtib ka arendamisel olevate ühemõõtmelistel (nagu süsiniku nanotubid) või kahemõõtmelistel (nagu grafeen või MoS₂) materjalidel põhinevate sensorite kohta.

Selektiivsust saab tõsta mitmete meetoditega. Esiteks suurendab selektiivsust pinna funktsionaliseerimine erinevate aatomite, molekulide või nende rühmadega. Teiseks on võimalik kasutada spetsiaalseid filtreid, mis ei lase teatud õhukomponente sensori pinnale. Kolmandaks, nii tundlikkust kui selektiivsust suurendab mikrosensori kasutamine üheskoos mikrokontsentraatoriga. Viimane sisaldab suure eripinnaga materjali, mis kogub oma pinnale väga efektiivselt gaase ja lenduvaid aineid. Seejuures on eri ühenditel üldiselt erinev seoseenergia, mistõttu nad lahkuvad kontsentraatorilt erinevatel temperatuuridel. Kogudes alul aineid toatemperatuuril, saab need seejärel kontsentraatori temperatuuri tõstmisega järk-järgult vabastada ja sensoriga registreerida. Veel üks suhteliselt uudne ja kõrgselektiivne viis pinnaga haakunud molekulide „lendulaskmiseks“ on nende resonantne ergastamine kindla lainepikkusega valguse või plasmonitega.

Siiski tuleb märkida, et kõik need meetodid vaid suurendavad selektiivsust, kuid ei taga seda absoluutsel määral. Aga kas täielik selektiivsus, mis tähendab, et sensormaterjal reageerib ühele ja ainult ühele ainele, on mikrosensorite rakendamiseks üldse hea?

Siinkohal tasub meenutada, et inimene ninas on veidi üle 400 erineva lõhnaretseptori, kõikvõimalikke lenduvaid keemilisi ühendeid on aga maailmas tunduvalt rohkem. Seetõttu on selge, et iga ühendi jaoks ninna eriretseptorit ära ei mahu. Mingi konkreetse

Mingi konkreetse lõhna tunne ära mitte seetõttu, et selle jaoks on ninas olemas oma retseptor, vaid pigem erinevate retseptorite kostete koondmustriga järgi. Sarnasel printsiibil püütakse toimima panna ka elektroonilist nina.

lõhna tunne ära mitte seetõttu, et selle jaoks on ninas olemas oma retseptor, vaid pigem erinevate retseptorite kostete koondmustriga järgi. Sarnasel printsiibil püütakse toimima panna ka elektroonilist nina. See koosneb tervest reast sensorelementidest, mis üldiselt kõik reageerivad samadele ühenditele, kuid teevad seda erineval määral.

Mikrosensorite mittetäielik selektiivsus pole seega elektroonilise nina loomisel puudus, vaid hoopis oluline eeldus. Osaline selektiivsus erinevate molekulide suhtes või molekulide funktsionaalrühmadele erineval määral reageerimine, mida on võimalik kirjeldatud meetodite abil saavutada, on sensori toimimiseks kindlasti vajalik.

Grafeenist nina

Kui jälgimist vajavate gaaside arv on väike, nagu näiteks välisõhu (4–5 erinevat gaasi) või ruumide siseõhu (umbes sama hulk põhikomponente ehk CO, CO₂ ja lähitulevikus ilmselt ka benseen ja formaldehüüd) analüüsil, siis on piisava selektiivsuse saavutamine mikrosensoritel põhineva nina suhteliselt lihtne ülesanne. Tartu ülikooli füüsika instituudi töörühmas on Euroopa Liidu suurprojekti Graphene Flagship raames sihiks seatud grafeenil põhineva sensori kiibi väljatöötamine, mis koosneb lasersadestuse abil erinevalt funktsionaliseeritud sensorielementide maatriksist. Esmane eesmärk on seejuures just õhu kvaliteeti jälgiva nina loomine. Selleks tuleb leida optimaalsed tingimused erinevate elementide funktsionaliseerimiseks ning, et ninasid toota kiiresti ja odavalt, tagada kõigi elementide valmistamine ühtses tehnoloogilises protsessis.

Inimest ümbritseva keskkonna jälgimine ja (välis)õhu eest hoiatamine pole aga elektroonse nina ainuke võimalik rakendus. Põhimõtteliselt saab sarnase tehnoloogiaga jälgida inimese hingeõhust pärinevaid või nahalt lenduvaid ühendeid ja seeläbi hinnata tema tervislikku seisundit. Kuna seda on võimalik teha pidevalt, rääkimata aeganõudvate või invasiivsete protseduuride läbimisest, võib see viia murrangulistele rakendustele meditsiinis diagnostikas. Olles pidevalt oma nutiseadme jälgimise all, saame hagi- gusi tuvastada nende väga varases staadiumis. Sisuliselt osaleme nii pidevalt toimuvates sõeluuringutes, mille hulk sõltub tehisinna keerukusest. Rakendusi oleks teisigi – näiteks võib nutiseadme nina hoiatada ülepingsuse eest või ka lihtsalt tuvastada konkreetse inimese tema lõhna kaudu.

Elektrooniliste ninadega on tehtud ka pilootuuringuid varases staadiumis vähi diagnoosimiseks. Tuleb aga rõhutada, et tegemist on esialgsete laborikatsetega. Et tuvastamist vajavaid ühendeid võib olla palju (kuni sadu kordi) rohkem kui saastegaase meid ümbritsevas õhus, siis tuleb kasutada suhteliselt suurt elementide arvu töötlevat/käsitlevat keerukat elektroonilist nina. Olemasolevate kunstninate parameetrid (elementide arv, tundlikkus, stabiilsus, hind, mõõtmised) pole veel kaugeltki piisavad reaalseks meditsiiniliseks kasutuseks ega nn patiensendi lähiuuringuteks (ingl *point-of-care testing*) nutiseadme abil. Põhimõtteliselt võiks aga selline nina mahtuda kaasaskantavasse väikeseadmesse ning see ongi nano- ja mikrosensorite arendajatele tulevikus suureks väljakutseks. •

 *Burden of disease from ambient and household air pollution*, WHO. Kättesaadav aadressil http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/en/.

Alles, H. (2010). *Süsinikuajastu alguses*. Horisont 6, 4–5.
Jaaniso, R.; Tan, O. K. (2013). *Semiconductor gas sensors*. Woodhead Publishing.
Kodu, M.; Berholts, A.; Kahro, T.; Avarmaa, T.; Niilisk, A.; Alles, H.; Jaaniso, R. (2016). *Highly sensitive NO₂ sensors by pulsed laser deposition on graphene*. Applied Physics Letters 109, 113108.

 **Raivo Jaaniso** (1958) on Tartu ülikooli füüsika instituudi vanemteadur ja sensortechnoloogiate töörühma juhataja.

Raadio, mis töötas ka „põranda all”

Multi- ja massimeediaajastul saame informatsiooni maailmas toimuva kohta eeskätt oma nutiseadmetest ja arvutitest, kuid nii on see olnud vaid tosinkond aastat. Möödunud sajandi kolmekümnendatel aastatel oli kiireimaks infokanaliks hoopis raadio.

Ehkki ka ajalehti ilmus toonases Eestis arvukalt, võis nende maapiirkondasse jõudmine ajuti viibida ning uudis polnud kohale jõudes enam kõige värskem. Mitmetest teise maailmasõja aegsetest mälestustest saab teada, et sõja eel ja ajal kogunesid naabrid kokku, et isekesis ajalehtedest

uudiseid lugeda või raadioaparaadist maailmas toimuva kohta teateid koguda. Polegi siis ime, et 1941. aasta suvel, kui puhkes Nõukogude Liidu ja Saksamaa vaheline sõda, asusid nõukogude okupatsioonivõimud peagi raadioid kodudest kokku korjama, et inimesi infosulus ja propaganda mõjuväljas hoida. Ehkki see tähendas riskimist oma vabaduse või isegi eluga, püüdsid inimesed raadioid nii nende materiaalse kui ka vaimse väärtuse tõttu ära peita. Järgnenud Saksa okupatsiooni ajal hakati raadioid küll omanikele tagastama, aga välditi nende sattumist uue režiimi jaoks „ebaustavate isikute” kätte.

Okupatsioonide muuseumi püsinäitusel eksponeeritav raadio, mis on valmistatud 1930. aastatel Eestis, on tunnis-tajaks olnud mõlemale Eestit möödunud sajandil allutanud okupatsioonirežiimile. 1941. aasta juunis suutis omanik raadio ära peita ning kasutas seda salaja edasi, et Soome ja teiste Euroopa kanalite vahendusel uudiseid kuulata. Raadio kõige kõnekamaks eluepisoodiks kujunes aga 1944. aasta 9. märtsi öö, mil Raua tänava maja number 52 märtsipommitamise käigus põlema süttis – leekides majast põgenedes haaras neljandas korteris elanud R. Meriste kaasa ainult sellesama raadio.

Keerulistes sõjatingimustes klammerdusid inimesed iga uudisekillu külge, et leida neist lootust paremaks homseks, ning raadio oli sellises olukorras parim vahend, millega teavet hankida. Kui rääkida tänastele noortele informatsiooni ja uudiste vabast levikust ning sõnavabadusest, saab just selle puitkarkassi ja keeratavate nuppudega raadioaparaadi eluloost parim näide, millega oma juttu moodsa aja publikule kõnekamaks muuta. •

 **Martin Andreller**
okupatsioonide muuseumi teadur-kuraator

OKUPATSIOONIDE MUUSEUM



1930. aastatel Eestis valmistatud raadioaparaat (möödud 35 x 27 x 32 sentimeetrit) on vaatamiseks välja pandud okupatsioonide muuseumi püsinäitusel

MARTIN DREMLJUIGA



OKUPATSIOONIDE MUUSEUM

Väikese rahva lugu
suures ajaloos

Toompea 8, Tallinn
Avatud: T-P 11.00–18.00

- Ekskursioonid ja haridusprogrammid
- Temaatilised ajutised näitused
- Ruumid sündmuste korraldamiseks

Vaata lisaks: www.okupatsioon.ee

TELESKOOP.EE

BRESSER

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
899€

Bresser Messier

NT-130 EXOS-1

ø130 mm, F=1000 mm

Eesti populaarseim teleskoop
alustavale astronoomiahuvilisele
461€

TAURUS 90/900

NUTITELEFONI ADAPTERIGA

ø90 mm, F=900 mm

Rikkaliku kaasavaraga
läätsteleskoop alustavale
astronoomiahuvilisele
275€

LCD puutekraaniga

mikroskoop 40x-1600x

Pealt- ja altvalgustus, AV-väljund,
Sobilik koolile ja uudishimulikule
249€

Mikroskoop Junior

Suurendus 40x-1024x
Kohver ja vajalikud tööriistad,
PC okulaar, pealt- ja
altvalgustus
Sobilik lapsele ja koolile!
99€

**Trinokulaarse
peaga mikroskoop**

Science TRM-301

Suurendus 40x-1000x
Sobilik uurimis- ja teadustöök-
s, üliõpilasele ja laborisse;
rikkalik lisavarustus
tumevälja kondensorist
kaamerani
870€

E-pood: www.teleskoop.ee

Helista: 5 2 8 9 8 9 5

Kirjuta: taevatoru@teleskoop.ee

facebook.com/teleskoop.ee

Maailmasõdade pärand ühiskonnale

See, et sõjad kiirendavad tehnoloogia ja teaduse arengut, pole mingi saladus. Kogu progress, mis sõdade ajal inimkonnale osaks saab, säilib pärandina ka pärast vaheharu sõlmimist. Maailmasõjad ja neile järgnenud külma sõja periood oli tehnika kõrgajastu algus, kus masinad ressursid suunati just sõjatehnoloogia arendamisele.

Aastatel 1914–1918 toimunud esimene maailmasõda kiirendas oluliselt sõjatehnika arengut. Selle tulemusena sai maailm endale kolm hindamatut väärtusega leiutist – konserveeritud toit, okstraat ja raadio. Need kõik on tänagi igapäevaelus kasutusel.

Okastraadi leiutas Ameerika Ühendriikide teadlane, kelle eesmärk oli leida võimalikult efektiivne vahend tarade ehitamiseks. Sõjandril hakati seda testimata juba 1898. aastal, kui Hispaania-Ameerika ühisvägi alustas okstraattõkete rajamist. Laialdaseks muutus nende kasutamine esimese maailmasõja ajal, kui okstraadi abil asuti vaenlase liikumist tõkestama.

Nõudlus kõrge kalorsusega konserveeritud toidu järele suurenes samuti just esimese maailmasõja päevil. Vajalik oli kergesti transportitavat toitu, mis on hea säilivusega ja kaevikutingimustes tarbitav. Sõja järel muutusid konserveeritud populaarseks ka väljaspool lahinguvälja.

20. sajandi esimese poole vast kõige olulisemaks tehnoloogiliseks hüppeks võib pidada raadioside kasutuselevõttu. Raadioside andis võimaluse suhtluseks olenevate distantist erinevate üksuste vahel.



Esimese maailmasõja aegsed konserveeritud

Nii näiteks kasutas USA armee teises maailmasõjas võimsaid 500-kilovatiseid raadiomaste (võrdluseks mainitagu, et tavalised raadiomastid on ~50kW, Tallinna teleorn ~30kW), mis andsid neile võimaluse suhelda oma üksustega olenevate nende asukohast.

Meditšiini võidukäik teises maailmasõjas

Teise maailmasõja ajal arenesid kiiresti meditsiin ja relvastus. Et tol perioodil toodeti järjest suurema hävitusvõimega relvi, pidid ka meedikud leidma haavatute ravimiseks uusi võimalusi.

Edasiminekuks infektsioonide ravimiseks toimusid juba sõjaeelselt, kuid värskest leiutatud ravimite kasutamine algas alles sõjaperioodil. Teist maailmasõda võib pidada antibiootikumide ajastu alguseks. Siis kasutati esimest korda laialdaselt penitsilliini ja arendati seda hoogsalt edasi.

1945. aastaks oli penitsilliin juba 20 korda tõhusam kui 1939. aastal.

Lahinguväljal tekkinud haavu raviti just penitsilliiniga, et vähendada gangreeniohtu. Penitsilliini kasutuselevõttu piirati bakterite leviku kiirust ja see hoidis ära hilisemate infektsioonide (näiteks mädanemise) tekke.

Teine oluline edasimineku sõjaajameditsiinis oli anesteesia ehk narkoosi kasutuselevõtt.

Anesteesia on tundlikkuse väljalülitamine, mida kasutatakse operatsioonide ja valulike protseduuride puhul.

Lisaks uutele meditsiinitarvikutele leiutati teise maailmasõja ajal ka muud sõjapidamiseks vajalikku. 1930. aastatel loodi Saksa maal 20 liitri kütuse mahutamiseks kanister. Selle

inglisekeelne nimetus *jerry-can* tuleb tootjariigi nime (Germany) mugandumisest.

19. sajandi lõpus mõistis Saksamaa füüsik Heinrich Hertz mitme katsetuse järel, et metallesemel peegeldavad tagasi raadiolaineid. 20. sajandi algusel töötas Saksa insener Christian Huelsmeyer Herzi katsetuste põhjal välja lihtsa ning algeelse seadme, mille eesmärk oli udus laevade tuvastamine, et seeläbi õnnetusi ära hoida.

Sõna *radar* tuleb 1940. aastal USA mereväes kasutusele võetud seadme *Radio Detection And Ranging* nimetusest. Süsteemi eeliseks eelkäijate ees oli lisaks objekti tuvastamisele ka võime tema kaugust määrata. •

Mathis Bogens
teaduskeskuse AHHAA
kommunikatsioonijuht

Rubriiki veab SA teaduskeskus AHHAA
www.ahhaa.ee



KES ME OLEME? KUST ME TULEME?

19. sajandi lõpul kandis Paul Gauguin lõuendile oma peas sündinud maailmamudeli, millele ta pani nimeks „D'où Venons Nous? Que Sommes Nous? Où Allons Nous?“ ('Kust me tuleme? Kes me oleme? Kuhu läheme?'). Küsimused, mille üle Gauguin tookord Tahitil pintsli käes hoides pead murdis, ei ole tänapäevalgi kuhugi kadunud: kes me oleme ja kust me oleme tulnud? Me teame, et inimkonna hääl oli Aafrikas, kust *Homo sapiens sapiens* eelajaloolisel ajal välja rändas. Samu radu mööda kõnnib meie esivanemate kannul täna moodne teadus, et neile samadele küsimustele vastata. Sellest, kuidas evolutsioonigeneetikud rändava inimese jälgi ajavad ning milliseid uusi kilde on lähiajal juurde saamas eestlaste päritolu valgustav mosaiik, vestles Eesti biokeskuse direktori Mait Metspaluga Helen Rohtmets-Aasa.

Evolutsioonilisele bioloogiale kui teadusharule pani aluse Charles Darwini ja Alfred Russell Wallace'i evolutsiooni-teooria, mille üks nurgakivi on looduslik valik. Kas kõik, mis Darwin 160 aasta eest looduliku valiku kohta kirjutas, kehtib tänaseni?

Esmalt tuleb muidugi öelda, et miski ei tekkinud päris tühjale kohale. Kuigi jah, ega me eksi, kui neid kahte eriliselt esile tõstame. Põhimõtteliselt kehtib loodusliku valiku – või mis Darwini puhul veelgi huvitavam, sugulise valiku – teooria tõesti tänaseni.

Muidugi ei juurdu arusaam, et just looduslik valik on see evolutsioonimehhanism, mille läbi tekkivad kohastumused, teadlaskonnas kuigi kiirelt ega valutult. Sõltub, kuidas piiri tõmmata, aga laias laastus võib öelda, et selleks kulus oma 70 aastat. Ja selles ei ole midagi eriskummalist, lihtsalt looduslik valik ei klappinud mitme tollase arusaamaga sellest, kuidas loodus toimib. Teadusel oli vaja aega, et areneda. Ja hiljem on selgunud, et maailm on tegelikult veel märksa keerulisem.

Põhiline, millest Darwinil polnud toona aimugi, oli parandumise mehhanism, ja seetõttu ei suutnud ta ka looduslikku valikut lõpuni seletada. Parandumisest ei teadnud keegi siis veel midagi, või õigupoolest, Mendel teadis, aga ei saanud ise ka päris täpselt aru, mis see on, mida ta teab. Selle valdkonna areng on olnud kõige otsesemalt seotud tehnoloogia arenguga – see, miks Mendel oli oma ajast ees ja keegi ei saanud temast aru, ei tulenenud sellest, et keegi ei lugenud, mida ta kirjutas, vaid et keegi ei osanud tema kirjutatud konteksti panna. Alles siis, kui mikrokoobid võimsamaks muutusid ja inimesed hakkasid rakkude sisse nägema, loksusid Mendeli avastused paika. Kõigile suurtele hüpetele evolutsioonilises bioloogias ja populatsioonigeneetikas on eelnenud

SELLES NUMBRIS: MAIT METSPALU

Nagu on öelnud evolutsioonibioloog Theodosius Dobzhansky, ei oma miski bioloogias mõtet, kui seda ei vaadata läbi evolutsiooni prisma.

tehnoloogilised uuendused, mis on toonud kasutusele täiesti uut tüüpi või kvalitatiivselt uues mahus andmeid. Revolutsioone on olnud selles valdkonnas mitu, kui nimetada kasvõi ainult sünteetilise evolutsiooniteooria teket 1940. aastate keskel, kui Darwini ja Mendeli teooriad kokku pandi, või siis neutraalse molekulaarse evolutsiooni teooriat, millega tuli 1960. aastate lõpul välja Motoo Kimura, kes näitas – tuginedes täiesti uudsetele andmetele molekulaarsetest varieeruvusest –, et enamik sellest varieeruvusest ei põhjusta erinevust edukate järglaste arvus ehk kohasuses. Teisisõnu, see varieeruvus on neutraalne ning selle püsivust kirjeldab loodusliku valiku asemel juhuslik geneetiline triiv.

Evolutsiooniline bioloogia uurib kõige laiemas mõttes seda, kuidas elu meie planeedil mitmekesisust ja füüsilise keskkonnaga kohastub. Sinu kitsam uurimissuund selle teadussuuna raames on inimese evolutsiooniline geneetika. Mis evolutsioonilise geneetika „eesliinil“ täna toimub? On meil lähiajal mõnd suuremat avastust oodata?

Nende teemade diapaseen, mida evolutsioonilise geneetikaga tegelevad teadlased uurivad, on tõepoolest väga lai. Nagu on öelnud evolutsioonibioloog Theodosius Dobzhansky, ei oma miski bioloogias mõtet, kui seda ei vaadata läbi evolutsiooni prisma.

Mina uurin evolutsioonigeneetikuna kitsamalt inimese geneetilise varieeruvuse olemust ja teket. Selles teadusharus toimuvat vaadates on esimene vastus, et me elame täna tõelises plahvatuses – või tegelikult koguni kahes korraga. Esiteks on genoomide sekveneerimine muutunud piisavalt odavaks, et seda saab teha juba sadade tuhandete genoomide kaupa. Miks see oluline on? Sest kui me vaatame paljusid genoome esimesest kuni viimase „täheni“, on meil olemas maksimaalne võimalik empiiriline andmestik ja me näeme kogu olemasolevat varieeruvust. Tõsi, me alles õpime, kuidas seda lugeda, ja veelgi enam, mida see kõik tähendab. Populatsiooni ajaloo toimuvatest protsessidest, nagu looduslik valik mõne geenivariandi suhtes, populatsiooni suuruse kasv või kahanemine, segunemine mõne teise populatsiooniga jms, jäävad genoomide varieeruvusse märgid maha. Sedamööda, kuidas me neid märke lugema õpime, saame ka inimese evolutsioonilise ajaloo kohta järjest rohkem teada.

Teiseks on vana (säilmetest ja fossiilidest eraldatud – *toim*) DNA uuringud arenenud sinnamaale, et me saame ammutada vanadest kontidest infot juba kogu genoomi kohta, mis on minu kitsama eriala mõistes ikka päris kõva sõna.

Kolmas asi, mis meile täiesti uusi võimalusi pakub, on tehnoloogia nimega CRISPR – tööriist, mis

võimaldab elusates rakkudes genoomidega nõ mändida, võtta neist juppe välja ja panna uusi juppe juurde täpselt sinna, kuhu uurija tahab. Selle uue tehnoloogiaga saame palju mastaapsemalt vaadata, missuguseid erinevusi põhjustavad rakkude toimimises erinevad geenivariandid.

Mis põhimõttelistesse avastustesse puutub, siis tulevad need aga üldjuhul pigem üllatusena.

Ehkki Darwini „Liikide tekkimine“ ilmus varsti juba 160 aastat tagasi, usuvad sajad miljonid inimesed ikka veel loomislugu. Miks see nii on?

Kui arvestada kõikvõimalikke erinevatel uskumustel põhinevaid loomislugusid, võib isegi öelda, et miljardid. Õige vastus on siin muidugi – „Ei tea“. See, kuidas ühiskondades erinevad meemid levivad, kinnistuvad või kaovad, ei ole minu eriala. Kui aga spekulleerida, siis sõltub see, millisenä inimene endale maailma toimimist lahti seletab, osaliselt tema enda vabast tahtest ja teisalt kultuurilisest (mikro)keskkonnast. Täna on võimalik peaaegu igal pool maailmas saada kasvõi vikipeedia kaudu päris head ülevaadet nii evolutsioonist kui ka muust teaduslikku maailmavaatesse puutuvast. Kui kodune ja hariduslik keskkond ei ole aga pehmelt öeldes eriti soosiv, siis jääb pelgalt informatsiooni kättesaadavusest

MAIT METSPALU

- Sündinud 24. augustil 1975. aastal Tartus.
- Lõpetas 1993. aastal Tartu 2. keskkooli (tänapäeval Miina Härma gümnaasium).
- 1999. aastal kaitses bakalaureusekraadi loodusgeograafia ja maastikuökoloogia erialal (bakalaureusetöö „Sümbiontne lämmastiku fikseerimine *Alnus-Frankia* sümbioosis“ pälvis Eesti teaduste akadeemia preemia).
- 2000. aastal kaitses magistriskraadi ja 2006. aastal doktorkraadi molekulaarbioloogia ja evolutsiooni erialal (doktoritöö teema oli „India eelajaloo käsitus mtDNA vaatevinklist“).
- 2005. aastast töötab Eesti biokeskuses – alguses teadurina, seejärel vanemteaduri ning 2010. aastast teadusdirektorina.
- 2014. aastast Eesti biokeskuse direktor.
- Andnud loenguid Tartu ülikoolis ja Tallinna tehnikaülikoolis. Aastatel 2012–2013 külalisteadlane Californias, Berkeley ülikoolis.
- Enam kui poolaasta teadusartikli kaasautor.
- Eesti ja samuti Euroopa ja Ameerika inimesegeneetika ühingu liige.
- Hobid: matkamine (pärast 2000. aastal toimunud põlvesidemete rebestust küll „rahulikumatel“ radadel), jalgrattasõit, suusatamine, maalimine, muusika (mängib basskitarri ansambelis Jaan Pärn ja Pahad Seemned).
- Abikaasa Pille on geograaf ja planeerija, poeg Uku Kaarel ja tütar Ulla Maria õpivad põhikoolis; teist nädalat elab Metspalude peres ka berni alpi karjakoer Täpp.



väheks. Eks see ole propaganda küsimus. Kui ühiskond tervikuna otsustab, et ta oleks edukam siis, kui valdav on teaduslik ilmavaade, saaks nii hariduses kui ka muudes valdkondades selles osas üht teist ära teha. Näiteks kurikuulsas USA piiblivõõs föderaalvõim seda ju tegelikult teha üritab. Meie haridussüsteemis selliseid probleeme pole, aga mulle jääb näiteks täiesti selgusetuks, miks peavad meie riigiisad kohustuslikus korras kirikus telekaamerate ees käima, või miks sõjaväelasi abistavad kaplanid. See ei tähenda, et ma leiaksin, et koolis poleks vaja erinevatest religioonidest nende mõistma õppimiseks rohkem rääkida.

Kuna religioonid paistavad olema omased inimesele kui liigile, on aju sellised ühendused, mis religiooselt mõtlema panevad, ilmselt samuti loodusliku valiku tulemus. Ehk teisisõnu, see oht – kui nii võib väljendada – midagi põhjendamatult uskuda on meile ilmselt sisse programmeeritud. Selleks, et abstraktselt mõelda ja üldistusi teha, peab ju paratamatult mingeid teadmisi usaldama, nii et neid igal hetkel üle ei kontrollita ega mõõdetata. Kui sellel libedal teel liiga palju liugu lasta, võib side mõõdetavaga ära kaduda. Kui uskuda evolutsiooni lihtsalt kui „lugu“, mitte kui kontrollitavate argumentide jada, on mõtlemise mehhanismid loomisloos või evolutsiooni „uskumisel“ ilmselt sarnased. Seega on vast olulisim julgustada inimesi oma mõtete konstrueerimisel võimalikult palju realselt kontrollitavatele ja mõõdetavatele faktidele tuginema. Vastasel juhul võib kergesti juhtuda, et mõni uskumisel põhinev ilmapilt

osa, mis veenvate argumentidega ümber lükatakse, asendub silmapilk mõne muu uskumisega, millel pole teadusliku ilmakäsitlusega grammigi rohkem pistmist kui eelmisel, mis ümber lükati.

Aga no eks lõpuks on iga inimese jaoks kõige olulisem ikka see, et ta oleks õnnelik. Ja kui usk sellesse, et maailm tekkis pardimunast või et veelind sukeldudes maailma veepõhjast üles tõi, inimese õnnelikumaks teeb, siis kes saab seda pahaks panna?

Tulid ülikooli omal ajal hoopis geograafiat õppima. Kuidas geograafist evolutsioonigeneetik sai?

Geograafiat sattusin õppima suhteliselt juhuslikult. Mulle meeldis matkata ja ma teadsin, et bio-geo teaduskonnas käiakse pidevalt matkal. Geograafia tundus kõige lihtsam, nii et valisin selle, kuid juba õige varsti veenis professor Ülo Mander mind kogu oma pulbitseva entusiasmiga, et nüüd on kohe vaja hakata teadust tegema. Eks mul oli ka seesama koduse kasvatus kallutatud, millele olin seni küll vapralt vastu seisnud – mul on mõlemad vanemad teadlased ja täna kolleegid. Hakkasin uurima lämmastiku fikseerimist *Alnus-Frankia* sümbioosis – kuigi atmosfääris on lämmastikku 78%, ei saa taimed seda otse kasutada, vaid vajavad selleks erinevate bakterite abi, keda siis vastutasuks „ülal peetakse“. Sealtekis peagi huvi, kuidas see protsess molekulaarsel tasandil töötab. Edasi võtsin geograafiaainetele kõrval juba peaaegu kõiki molekulaarbioloogiasse puutuvaid aineid ja nii oli üsna loogiline, et magistranttuuri tulin juba siia majja. Tegelikult tulin Richard

Nature ja Science on küll Mount Everestid, aga paljude teadlaste jaoks on ehk isegi olulisemad mõned teised väljaanded.

Villemsi laborisse juba geograafiatudengina. Tööintervjuu nägi välja nii, et tulime koos – ta oli minu naaber – hommikul bussiga Ihastest linna ja Riia mäest üles kõndides esitasin oma sooviavalduse. Laekuda paluti järgmisel hommikul. Minu juhendajaks sai Richardi kõrval Toomas Kivisild, kes täna on professor Cambridge'i ülikoolis, aga jätkab tihedat koostööd ka kodukamaraal.

Ajakirju Nature ja Science peetakse teadusmaailmas omamoodi Mount Everestiks, kuhu paljudel ei ole kunagi võimalik oma artiklitega jõuda. Sina oled seal tipus mitu korda käinud. Kuidas see käib?

Esiteks tahan kohe öelda, et need ajakirjad – ja ma ei ütle seda üldse halvas mõttes – on oma olemuselt „kollased”. Nad ei ole sellised kanalid, kus avaldatak-

se ainult suurte mõtlejate kõige paremaid töid. Paljud teoreetilised, oma valdkonna kõige põhjapanevad uurimused võivad ilmuda hoopis teistes väljaannetes – näiteks minu alal ajakirjas Genetics. Nii et asi pole sugugi nii lihtne, et Nature ja Science on kõige vingemad ajakirjad ja kõik teised tulevad justkui nende järel. Need kaks on lihtsalt kõige loetavamad, mis on omakorda tingitud sellest, et toimetust arvestab artiklite valikul, millised teemad võiksid võimalikult laiale lugejaskonnale huvi pakkuda. Neil lugudel peab olema selge uudisväärtus – iga lugu peab muutma seda, kuidas me maailma mõistame. Ehk teisisõnu, Nature ja Science on küll Mount Everestid, aga paljude teadlaste jaoks on ehk isegi olulisemad mõned teised väljaanded, nii nagu hinnatakse mägironimises Everestist keerulisemaks pisut madalamaid mägesid nagu Annapurna, K2 jt.

Rutiini Nature's avaldamisest ei teki?

Ei teki (muigab). Aga tõsi, meil on neis ajakirjades ilmunud päris mitu artiklit. Enamasti on need olnud suured koostööprojektid, mida oleme mõnikord juhtinud meie, mõnikord aga mõni meie koostööpartner.

Räägime teie uurimisrühma viimasest Nature artiklist. Oleme seni teadnud, et nüüdisinimene rändas Aafrikast välja vähem kui 75 tuhande aasta eest. Septembri lõpus teatasite ajakirja Nature veergudel, et nüüdisaegne väljaspool Aafrikat paiknev inimkond on kujunenud aga hoopis kahe väljarändelaine tulemusena, millest esimene leidis aset ligemale 120 tuhande aasta eest. Kuidas üldse on võimalik geenide abil rännet uurida ja rekonstrueerida seda nii kauge aja taha?

Tegu ei ole rändeuuringuga klassikalises mõttes. Mida me nägime, on see, et tänapäeva paapualaste genoomides on vähemalt 2% sellist DNA-d, mis paisab olevat lahknenu aafriklastest 120 000 aastat tagasi. Millal teistest lahknenu populatsioon Aafrikast täpselt välja läks ning kus nad kuni põhilise, 75 000 aastat tagasi alanud väljarändelaineni viibisid, ei ole meil täna veel teada. On küll kaudseid vana DNA tõendeid inimese viibimisest Euraasias rohkem kui 100 000 aastat tagasi. Nimelt leiti Lõuna-Siberis, Altai mägedest asuvast Denisova koopast, kust on pärit kuulus denisova inimene, neandertalaste luid, kes on umbes samal ajal moodsa inimesega segunenud. Alles hiljaaegu leiti selle kinnituseks veel ka Hiinast anatoomiliselt moodsa inimese fossiile, mille vanus dateeriti vähemalt 80 000 aasta taha, mis on omakorda selge viide varasemale väljarändelainele. Ehkki Hiinast on varemgi tulnud varasemale väljarändele viitavaid dateeringuid, mis on hiljem ümber lükatud, ei ole meil hetkel põhjust nende andmete õigsuses kahelda.

Täpseid rändeteid pelgalt geenandmete baasil niisiis välja ei selgita?

Loomulikult me tahaksime ühe eesmärgina välja selgitada, kes kuhu läks, aga kuni meil ei ole vana DNA proove – näiteks 100 000 aastat vana konti Indiast,

KOLLEEGI KOMMENTAAR



Cambridge'i ülikooli professor
TOOMAS KIVISILD

Tjah... Ega Maitu ole kerge paari lausega kirjeldada ning raamide vahele paigutada. Üht kui teist võib tema kohta siiski öelda. Temaga koos teadustööd tehes või siis muidu maast ja ilmast rääkides võib kindel olla, et koosveedetud aeg on hästi sisustatud ja igav ei hakka. Samuti võib keerukates situatsioonides panustada Maidu rahumeelsusele ja õiglaselt vaagivale loomusele, mis pakatab soovist loodu mehaanikat mõista ega tunne piinlikkust tunnistada puhke, mil tema arusaamisel on piirid. Kui temaga koos midagi teha, siis saavad kõik mõtted tavaliselt teoks, olgu see siis kindlate andmete alusel mingi konkreetse mõtteeksperimenti läbiviimine ja sellest teadusartiklini jõudmine, või siis mõne vimka lisamine artiklijoonis, et toimetajate valvsust kontrollida, või siis mõni plaan, mis seostub kõige sellega, mis on teadusest väljaspool. Mitme suure, kümneid laboreid haarava teadusprojekti täideviimisel olen näinud Maitu nii meeskonnatöölise kui ka tiimiliidri rollis. Ta on mees nagu orkester, kes oskab asju ette mõelda, et homsete tegemiste üle otsustada, aga ka mutreid keerata ja kasutada haamrit (mis on tal, muide, alati töölaua peal), sulge või pintsli alati seal, kus seda vaja on. •

milles on seesama DNA sees, mis paapualastel – ei saa me rändeteede kohta päris kindlaid väiteid esitada. Saame öelda, et täna on Paapua Uus-Guineas kahe erineval ajal Aafrikast välja rännanud populatsiooni segu, aga me ei tea, kas need populatsioonid segunesid seal, kus on täna Bagdad, ja jõudsid Paapuassee ühe rühmana, või läksid Paapuassee eraldi ja segunesid seal. Geeniuurimisega saab üsna täpselt välja selgitada, kas populatsioonid on lahknenu või segunenud ja ehk ka nende lahknemiste ja segunemiste ajad, aga mitte asukohta, sest geenides GPS-koodi ei ole. Kondile, mis maa seest välja tuleb, saab asukohakoodi aga külge panna küll.

Nii et teid abistavad arheoloogide avastused?

Ja vastupidi. Ja mitte ainult. Mängus on ka keeleteadlased, (paleo)klimatoloogid jt. Me kõik pakume üksteisele midagi ja kontrollime üksteise hüpoteese oma valdkonna vahendite ja andmetega. See interdistsiplinaarsus ongi selle teaduse, mida me teeme, üks põnevamaid aspekte.

Me teame, et inimene on teistele primaatidele geneetiliselt väga sarnane – meie genoom erineb šimpansi omast vaid paari protsendi jagu. Milles see erinevus seisneb?

Kõigepealt näitab see hästi, et ka kõige väiksemast tõrvatilgast piisab, et kogu mesi potis ära rikkuda (muigab). Kui erinevused paiknevad regulatsiooni- radades, siis võib isegi väga väike arv mutatsioone väga suuri erinevusi põhjustada. Kui kujutada ette näiteks tulekahju kustutamist nii, et kaks sajinimeselist ketti annavad edasi järveveega täidetud ämbreid, kuid ühes ketis on üks tüüp, kes valab iga kord ämbri sisu lihtsalt maha, on kahe inimketi erinevus 1%, aga tulemuse erinevus 100%.

Kui kiiresti meie genoomid üldse ajas lahknuvad? Kas 120 000 aastat tagasi olid erinevused nüüdisinimese ja šimpansi vahel väiksemad?

Mitte oluliselt. Šimpansi ja bonoboga oli meil ühine esivanem veidi vähem kui kuus miljonit aastat tagasi, neandertallase ja denisova inimesega umbes 500 000 aastat tagasi, nii et vahe on suurusjärgus. Neandertallase puhul on tänaseks selge, et nüüdisinimene temaga ristus. Küll toimub neandertali inimese genoomijuppide vastu meie genoomis looduslik valik. See, et väljaspool Aafrikat elavate inimeste genoomis on tänapäeval ainult ligemale 2% neandertallastelt päritud geene, ei ole seotud ainult sellega, et meie omavahelise segunemise proportsioon oleks olnud sedavõrd väike. Põhjus on ka selles, et looduslik valik on neandertallase osa meie genoomis vähendanud. Neandertallaste populatsioon oli nüüdisinimeste omast lihtsalt oluliselt väiksem ning mida väiksem on populatsioon, seda väiksem on loodusliku valiku jõud ning seda rohkem jääb populatsiooni sisse kahjulikke geneetilisi variante. Kui see väike populatsioon seguneb mõne suurema populatsiooniga, hakkavad need kahjulikud variandid suures populatsioonis looduslikule valikule kergemini „silma” ja looduslik valik hakkab neid, antud

Geeniuurimisega saab üsna täpselt välja selgitada, kas populatsioonid on lahknenu või segunenud ja ehk ka nende lahknemiste ja segunemiste ajad, aga mitte asukohta, sest geenides GPS-koodi ei ole. Kondile, mis maa seest välja tuleb, saab asukohakoodi aga külge panna küll.

juhul siis neandertali ja denisova inimese genoomijuppe, kõrvale tõrjuma. Samas on mõned neandertallastelt pärit geenivariandid osutunud meile hoopis kasulikuks ning sellisel juhul soosib looduslik valik nende sageduse tõstmist. Näiteks võib tuua tiibetlastel esineva geenivariandi, mis pärineb arvatavasti denisova inimeselt ja aitab tiibetlastel kõrgmäestikus, kus on vähe hapnikku, ellu jääda.

Kui siit nüüd meie endi juurte juurde tulla, siis kas eestlaste Eestimaale tuleku teekond ja ajakava on tänaseks teada? Palju on räägitud Uuralite piirkonnas asunud soomeugrilaste algkodust, kust meie kauged esivanemad siia rändasid.

Tegeleme sellega hetkel väga hoogsalt ja paistab, nagu ikka, et see on väga keeruline ja mitmetahuline küsimus. Inimesed on siia jõudnud mitme erineva lainena. Ehkki tänased eestimaalased ei tulnud siia kuskilt, näiteks Volga-Uurali piirkonnast, üheskoos ja ühel ajal, on mõned rühmad tulnud ilmselt ka sealtkandist. Kui eesti rahva muuseumi avaüritusel mängitud etenduses kõlas mõte, et meie, eestlased, oleme kogu aeg siin olnud, siis on sellel tegelikult oma iva sees. Sellistena, nagu me siin praegu oleme, ei ole me siia kusagilt tulnud, vaid oleme tekkinud mitme geneetiliselt erineva rändelaine segunemisel siinsamas kohapeal. Kui vaadata Euroopat laiemalt, siis tulid inimesed Euroopasse laias laastus kolme suurema rändelainena. Esimestena jõudsid Euroopasse kütid-korilased, kes tulid siia tõenäoliselt läbi Lähis-Ida umbes 40 000 aasta eest. Teise, neoliitiku- miaegse rändelainega saabusid põlluharijad, kes tulid samuti Lähis-Idast veidi vähem kui 10 000 aasta eest. Kui pikka aega vaieldi, kas Euroopasse jõudis ainult neoliitiline kultuur või tulid siia ka inimesed, siis tänaseks on selge, et tulid ka inimesed, ehkki Eesti aladele jõudsid neist vähesed. Kolmas, pronksiaegne laine, tuli tänaselt Lõuna-Venemaalt ja tõi kaasa nõorkeraamika. Põhimõtteliselt on Euroopa rahvastik tekkinud nende kolme laine segunemisel, küll erinevates proportsioonides.

Kui vaadata Eestit, siis näitab värske uurimus, mida me just praegu teeme, et meie genoomis on säilinud kõige rohkem kütide-korilaste komponente. Varaste põlluharijate geene on meis suhteliselt vähe ja see on üks selge eripära, mis sinse piirkonna inimesi iseloomustab.

Sellistena, nagu me siin praegu oleme, ei ole me siia kusagilt tulnud, vaid oleme tekkinud mitme geneetiliselt erineva rändelaine segunemisel siinsamas kohapeal.

Eestiseselt näeme täna üsna selget geneetilist jagunemist sisemaiseks (kui maakonniti jaotada, siis Valga, Tartu, Võru ja Põlva) ning meresidusaks (ülejäänud maakonnad) Eestiks. Need nimetused tulevad arheoloogilise leiumaterjali ruumilisest struktuurist. Seega näeme, et selles osas käivad geenid ja arheoloogilised leiud ühte jalga.

Kuidas seda kõike eestluse konteksti asetada, on muidugi iseküsimus. Kui tehnoloogiad liiguvad, siis jäävad neist maha näiteks erinevad potikillud. Kui liiguvad inimesed, siis jätavad nad maha konte, kust on võimalik võtta DNA-d ja uurida, kuidas neis sisalduv geneetiline varieeruvus on tekkinud. Kõige keerulisem on lugu keeltega, sest seda, mis keelt inimene rääkis, ei saa ei geenidest ega pottidest kuidagi kätte.

Palju geneetikud eestlaste etnogeensi uurimises üldse kaasa löövad? Kas olete selles osas arheoloogide ja keeleteadlastega koostööd teinud?

Meil käib viimastel aastatel väga tihe koostöö eriti just arheoloogidega, aga ka keeleteadlastega. Arheoloogidega koos saame formuleerida hüpoteese, mida seejärel geneetika vahenditega kontrollida. Näiteks, kas kammkeraamika üleminek nõorkeraamikaks on Eesti aladel seotud uute inimeste sisserrändega, ning kui jah, siis kui suures ulatuses. Mida me näeme, on see, et nõorkeraamika tuli tõepoolest koos uute inimestega, ehkki tulijaid oli vanade olijatega võrreldes vähe.

Täiesti asendamatud on Eesti arheoloogid kondikogu kokkupanemisel, millest meie üritame eraldada DNA-d – vanade kontide DNA uurimisel ilma arheoloogilise kontekstita poleks erilist mõtet. See kogu, mis ulatub Jakuutiast Eestini ja kiviajast keskajani, sisaldab juba praegu mitutsada proovi ja kasvab pidevalt.

Praegu tegeledki põhiliselt eestlaste geneetilise päritolu uurimisega?

Eestlaste päritolu on hetkel tõesti põhiline. Aga samuti küsimus, kuidas need kolm peamist rändelainet, millega Euroopa asustati, üksteisest funktsionaalselt erinevad – millised kohastumised erinevate rännetega kaasnesid ja kuidas need üksteist vastastikku mõjutavad. Üldiselt süveneb meie huvi just vana DNA uuringute suunas.

Töötasid mõne aja eest Californias, Berkeley ülikoolis. Millise kogemuse sealt kaasa töid?

See võib kõlada banaalselt, aga tänapäeva maailmas,

kus teadmised levivad suhteliselt vabalt, on kõige tähtsamad isiklikud kontaktid. Samuti on ülioluline, et sellises maailma tippülikoolis saab kõigist uutest arengutest teada juba vähemalt aasta enne, kui need teadusajakirjades avaldatakse. Seal ollakse ajast ees. Ma olen küll varsti juba neli aastat Eestis tagasi, aga olen endiselt selles meililistis, kus seminarid välja kuulutatakse, nii et ma vähemasti näen, millised teemad kuumad on, ja saan ka kohe algallikast nende kohta täpsemalt uurida.

Berkeley ma tegelikult hakkasingi kokku panema seda rahvusvahelist tiimi, mille koostöö tulemusena ilmus eelnimetatud artikkel ajakirjas Nature. Selle uurimuse peamine eesmärk oli tegelikult ülemaailmse genoomide paneeli koostamine. Samas Nature numbris ilmusid ka Harvardi ülikooli töörühma tulemused – me tegime muide ka nendega koostööd – nii et tänaseks on olemas kaks täiesti ainulaadset genoomide paneeli, mis katavad kõrglahutusega genoomidega ligemale 200 maailmas esinevat populatsiooni. Kokku on neis üle 700 väga hea kvaliteediga sekveneeritud inimese genoomi. Nii et Berkeley oldud aja põhitulemus oligi suuresti selle töörühma kokkupanek, kes projekti läbi viis. Muidugi kirjutasime selle aasta jooksul veel paar artiklit ja tegin mitmeid muid asju.

Uudistes on juttu olnud, et Tartu ülikool hakkab Eesti biokeskust, mille direktor sa oled, alla neelama. Mis edasi saab?

See ei ole ülikooli, vaid riigi initsiatiiv kaotada ära kõik haridus- ja teadusministeeriumi alluvuses olevad iseseisvad teadus- ja arendusasutused. Võin kõlada kallutatuna, sest olen ju ühe liidetava asutuse juht, aga ma ei näe Eesti teaduses hetkel sellist probleemi, mida lahendaks nende asutuste ülikooli(de)ga liitmine. Kaugelt vaadates võib tunduda, et nii väike asutus ei saa üksi hästi hakkama ja ülikooliga koos oleks sünergia suurem, ehkki sisuliselt teeme me juba praegu ülikooliga nii tihedat koostööd, et see sünergia on olemas. Kui me paikneme samas majas ja teeme koostööd, siis võib liitmine tunduda loogilise ruumikorrastamisena. Kui me aga mõtleme ökosüsteemi peale, siis töötab see ju seda paremini, mida suurem on selles valitsev mitmekesisus: kui seal on suured tammepuud, mis seisavad seal juba aastasadu – näiteks aastast 1632 (muigab) –, pisemad pihlakad, bakterid mullas. Peamine on see, et hetkel on kõigi mõõdupuude järgi näha, et iseseisev biokeskus töötab väga hästi. Kui võtta needsamad ajakirjad Nature ja Science, siis on neis viimase kümne aasta jooksul ilmunud Eestiga seotud artiklitest neljandik biokeskuse korvis, samas kui teadlaste hulgast moodustame vaid ümmarguselt ühe protsendi.

Loomulikult ei ole ülikool mingi koll, keda tuleks karta. Mingit katastroofi sellest liitumisest ei juhtu, inimesed tulevad hommikul samamoodi tööle ja teeme teadust edasi. Mis aga juhtub, on ilmselt see, et meieni jõudev teadusrahastus väheneb. Ülikool peab tegema paljusid asju, mida väike asutus tegema ei pea. Kui me oleme iseseisvad, siis meil on võimalik kogu raha, mis me teaduse tegemiseks saame,

otse teadusesse suunata. Ülikool peab aga üleval pidama – ja see on natuke anekdootlik näide – ka näiteks korvpallivõistkonda. Ülikoolil ilmselt peabki olema oma korvpallimeeskond ja veel palju muidki asju, aga need kõik nõuavad raha ja kuskilt peab see raha tulema.

Kindlasti võib ülikooliga liitumine avada ka uusi võimalusi, mida me täna ei oska ette näha. Eks meie vastuseisus on oma osa ka lihtsal inimlikul hirmul – praegu näeme, et süsteem töötab, aga me ei tea, mida tulevik toob.

Kas biokeskuse juhtimisega kaasnev administratiivtöö teaduse tegemist ei sega?

Elu ongi mitmekesine. Administratiivtöö sunnib sind mõtlema hoopis teistsuguste asjade peale kui teadustöö. Administreerimise käigus kujuneb lisaks laiem arusaam sellest, kuidas töötab Euroopa teadussüsteem, kuidas realiseerub Eesti teaduspoliitika, millised hoovused seal valitsevad, ning see on samamoodi huvitav maailm.

Teadustöö tegemise ja biokeskuse juhtimise kõrval teed veel sporti, mängid pilli, maalid, renoveerid maamaja. Kuidas sa selleks kõigeks aega leiad?

Korralikult maalisin viimati üksteist aastat tagasi. Kui ma eelmisel suvel korra pintsli kätte võtsin,

tuli kohe tunne, et seda tuleks märksa tihemini teha. Vot ei leiagi kõige jaoks aega, see ongi probleem. Ehkki muusika tegemisega kipub olema pigem nii, et see mitte ei võta, vaid hoopis annab energiat. Kui oled päev otsa intensiivselt tööd teinud ja tunded ennast õhtul surmväsinuna, siis just tulebki proovi minna. Võtad pilli kätte ja tunned, nagu oleks jälle alanud uus päev.

Mis maamajasse puutub, siis on lihtsalt vältimatu, et aeg-ajalt peab linnast ära saama. Tõenäoliselt on see tunne Eestis suhteliselt universaalne – Andres Mähari kuulus monoloog Eesti suurkogul oli ju selleski osas tabav, et heitis võitlevale noorsoole ette võitlemise asemel linnalähedases suvilas porgandipeenras istumist ja lootmist, et ometi head ilma peaks. Mina küll kohe tunnen, et mul peab maakodu olema ja et ma kohe pean seal pidevalt toimetamas käima. Muidugi on see täiesti irratsionaalne – selle asemel võiks näiteks raamatuid lugeda või selle raha eest, mis ma sinna panen, hoopis rohkem reisimas käia. Aga vot ei saa teisiti. Eks see mingi juurte ajamise värk ole. Augustis pikutasin korra maal tamme all ja teatasin Facebookis, et ei oska hetkel millegi üle kurta. Sain 90 laiki ja ise laikisin ka. •

➔ Mait Metspalu mõtteid lugemise kohta vaata lk 61.



**Värske õhk ja kaunis loodus,
toredad lood ja vanarahva eluolu**

EESTI VABAÕHUMUUSEUMIS

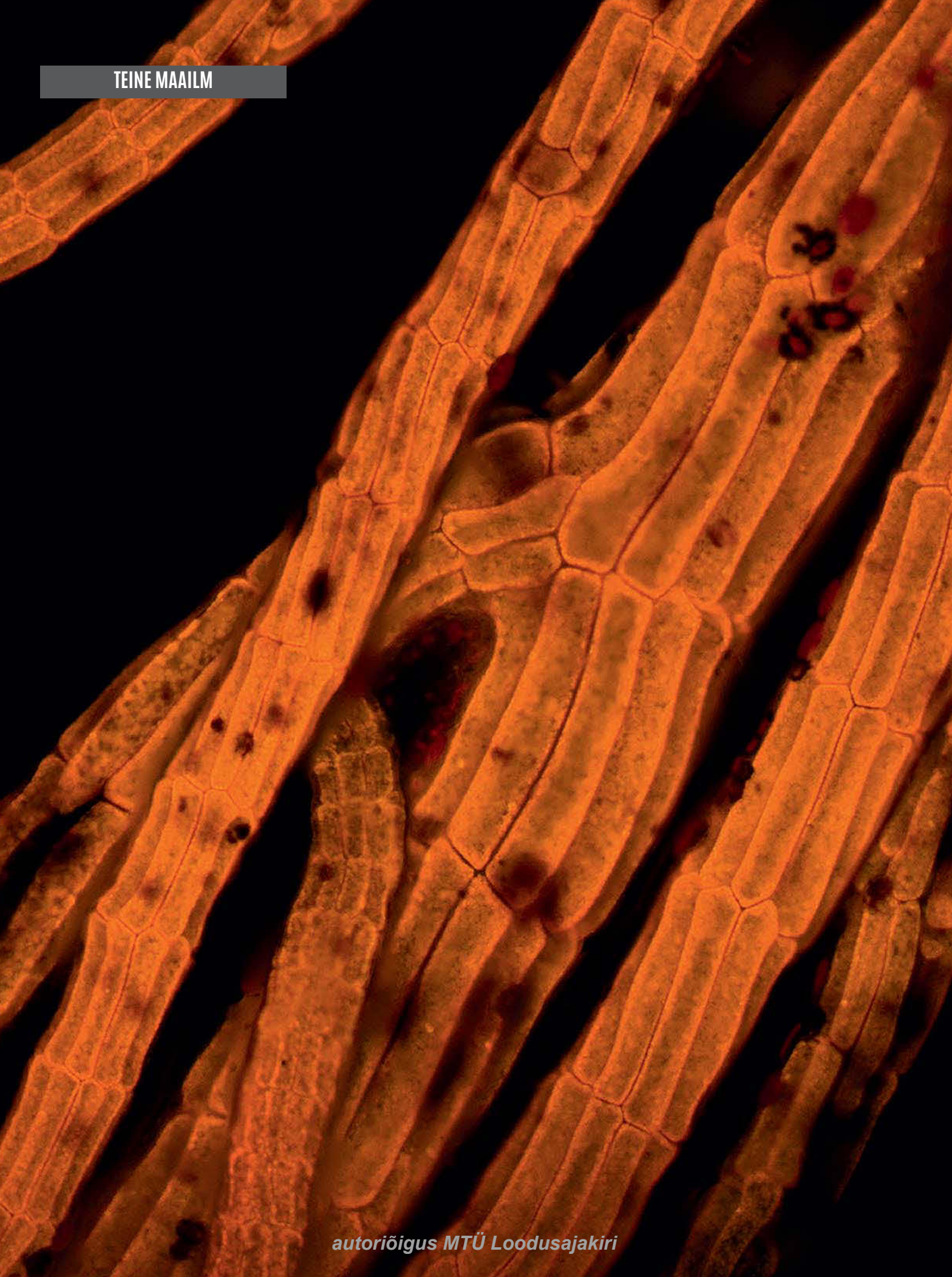
Rocca al Mares

20. november KADRIPÄEV
17. ja 18. detsember JÕULUKÜLA
26. detsember – 12. jaanuar Pühadetoimetused taludes
7. jaanuar SVJATKAD

Lisaks leivategu, käsitöölaupäevad, toidupühapäevad,
hobusoit, maitsvad toidud Kolu körtsis ja palju muud!

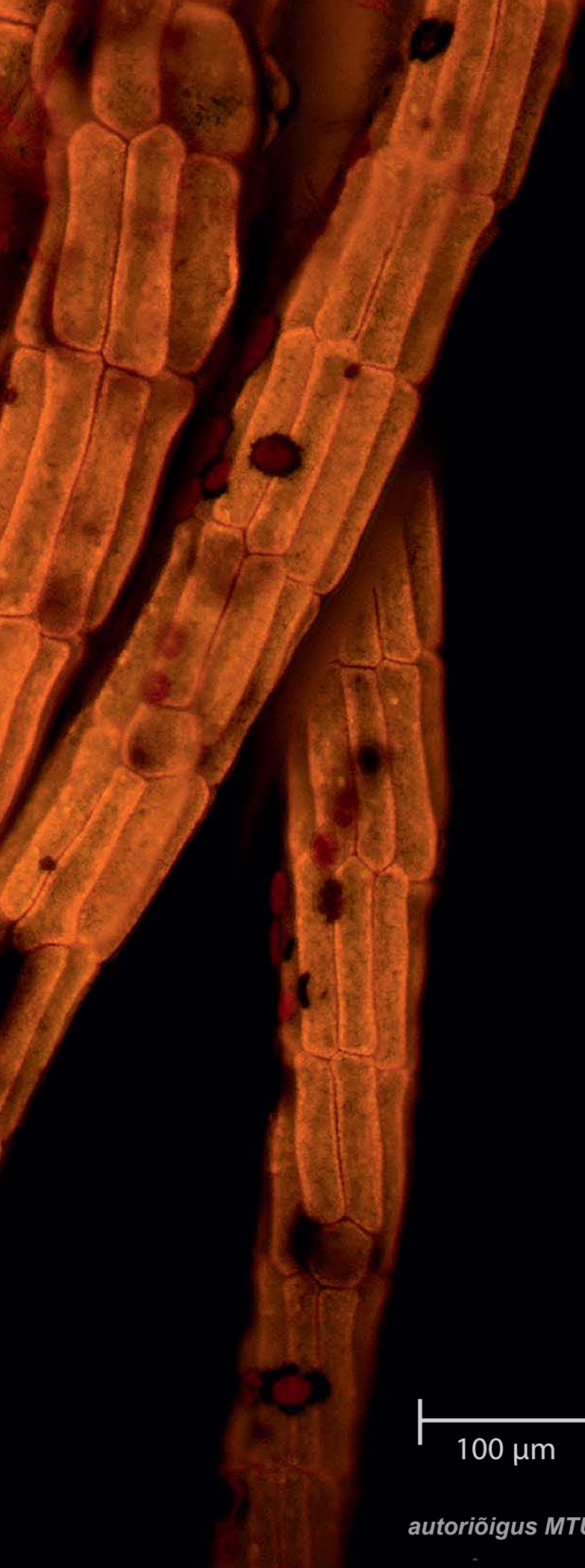
 **EESTI
VABAÕHUMUUSEUM**
AJAL ON LUGU

Muuseum on avatud iga päev!
(v.a. 24., 25. ja 31. detsember)
Uuri lisa: www.evm.ee



TEINE MAAILM

autoriõigus MTÜ Loodusajakiri



Rando Tuvikene

Punavetikas

Polysiphonia fucoides

Punavetikad moodustavad ühe vanima päristuumsete taimede rühma, kuhu kuulub enam kui 4000 peamiselt merevees elavat liiki. Nende nimetus tuleneb iseloomulikust talluse värvusest, mis olenevalt liigist ja kasvukohast varieerub enamasti roosast tumepunaseni. Sellise värvuse annavad punavetikatele nende rakkudes koos klorofüllide ja karotenoididega esinevad valgulised pigmendid – fükoeütriinid. Tänu nendele pigmentidele suudavad punavetikad fotosünteesiks kasutada väga nõrka valgust ja võivad elada meredes suurtes sügavustes.

Madala soolsuse tõttu esineb Läänemeres vaid ligi 160 punavetikaliiki. Fotol on Lääne-Eesti merevetes laialt levinud punavetikas *Polysiphonia fucoides* vaadelduna epifluorestsentsmikroskoobiga. Fükoeütriinide intensiivse fluorestsentsi tõttu paistab see päevavalguses punase värvusega vetikas ultraviolettkiirguses hoopis kollasena.

Paljud punavetikaliigid on suure töõndusliku väärtusega.

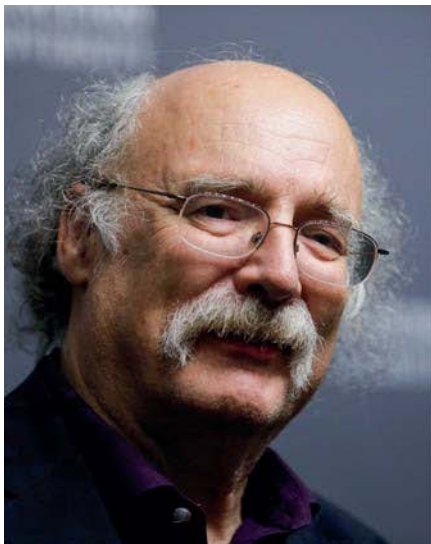
Fluorestseeruvate värvainetena leiavad punavetikatest pärinevad valgulised pigmendid laialdast kasutust meditsiini-diagnostikas ja molekulaarbioloogias. Viimasel ajal kasutatakse neid pigmente aga üha enam ka toiduainetööstuses. Seal on eriti väärtuslikud paljudes punavetikates sisalduvad geelistuvad polüsahhariidid (liitsuhkrud). Lisaks leiavad need tardained sageli rakendust ka mikrobioloogias ning farmaatsia- ja kosmeetikatööstuses.

Tallinna ülikoolis tegeletakse merevetikate keemilise koostise uurimisega aastast 1999. Sellesuunalise teadustöö põhi-teemaatika on seotud puna- ja pruunvetikate biomassis sisalduvate molekulide struktuuri ja omaduste vaheliste seoste selgitamisega, aga ka meetodite väljatöötamisega makrovetikatest (suured, sentimeetrites mõõdetavad mitmerakulised vetikad) erinevate töõndusliku väärtusega koostisosade eraldamiseks.

100 μm

AINE TOPOLOOGILISED OLEKUD

2016. aasta Nobeli füüsikapreemia pälvisid David Thouless, Duncan Haldane ja Michael Kosterlitz. Rootsi kuninglik teaduste akadeemia tunnustas laureaate topoloogiliste faasisiirete ja aine topoloogiliste faaside teoreetilise avastamise eest.



Duncan Haldane

Sündis 1951. aastal Londonis, Suurbritannias. Auhinnatud teadusavastused tegi Lõuna-California ülikoolis ja California ülikoolis USA-s. Praegu professor Princetoni ülikoolis USA-s



Michael Kosterlitz

Sündis 1942. aastal Aberdeenis, Suurbritannias. Auhinnatud teadusavastused tegi Birminghami ülikoolis Suurbritannias. Praegu professor Browni ülikoolis USA-s



David Thouless

Sündis 1934. aastal Bearsdenis, Suurbritannias. Auhinnatud teadusavastused tegi Birminghami ülikoolis Suurbritannias ja Washingtoni ülikoolis USA-s. Praegu emeriti-professor Washingtoni ülikoolis

SCANPIX

Üheks olulisemaks suunaks kondenseeritud süsteemide füüsikas on aine erinevate olekute ja nende omaduste uurimine. Sellised olekud, mis on oma olemuselt alati kvantmehaanilise iseloomuga, on valdavalt seotud mingi sümmeetria spontaanse rikkumise ja vastava kaugkorrastuse tekkega. Näiteks aine kristallilises olekus on rikutud pidev nihkesümmeetria. See tähendab, et kristall kui ruumis perioodiline struktuur ei ühti mitte igasuguse nihke korral iseendaga. Magnetiline korrastus, mis tekib ferromagneetikutes või antiferromagneetikutes, on seotud pöörd-sümmeetria rikkumisega, mille tulemusena üks ruumiline suund aines muutub eelistatumaks. Raskem on piltlikult ette kujutada ülijuhtivat olekut, kus on rikutud kalibratsiooni-

sümmeetria. Üleminekut konkreetse korrastatud ja korrastamata oleku (faasi) vahel nimetatakse faasisiirdeks.

Oma 1970.–1980. aastatel avaldatud uurimustes näitasid aga tänavuse Nobeli füüsikapreemia laureaadid, et kahe- ja ühemõõtmelistes kondenseeritud aine süsteemides on madalatel temperatuuridel võimalikud sellised korrastatud olekud, mis ei ole seotud mingi sümmeetria rikkumisega. Need olekud eristuvad oma topoloogiliste omaduste poolest ja neid nimetatakse topoloogilisteks faasideks. Tegemist on suurepärase näitega sellest, kuidas abstraktsed matemaatilised ideed (antud juhul topoloogilised kontseptsioonid) võivad olla olulisteks juhtmoteteks füüsikaliste probleemide lahendamisel ning nähtuste olemuse mõtestamisel. Topoloogia on matemaatika

haru, mis uurib kujundite selliseid omadusi, mis topoloogiliste teisenduste (piltlikult öeldes pidevate deformatsioonide) korral ei muutu. Neid omadusi nimetatakse topoloogilisteks invariantideks.

Berezinski-Kosterlitz-Thoulessi faasisiire ehk korrastus, mida poleks tohtinud olemas olla

1960. aastate lõpuks oli üldiselt välja kujunenud arusaamine, et kaugkorrastus on võimalik ainult kolmemõõtmelistes süsteemides. Madalamamõõtmelistes objektides (kiled, kihid, niidid) muutuvad soojuslikud fluktuatsioonid niivõrd suureks, et kaugkorrastuse teke peaks olema takistatud isegi nulltemperatuuril või vähemalt lõplike temperatuuride korral. Samal ajal oli aga teoreetilisi viiteid ka sellele,

et olukord ei pruugi olla nii lihtne ja faasisiire korrastatud olekusse võib kahemõõtmelise objekti puhul siiski aset leida. Kosterlitz ja Thouless pakkusid 1972–1973 välja idee, et korrastus sellistes süsteemides on seotud topoloogiliste defektidega, nagu seda on pöörised ülivoolava vedeliku kiles või magnetilises kiles ja dislokatsioonid kahemõõtmelises tahkises. Aasta varem osutas pöörise olulisusele siin ka Vadim Berezinski (1935–1980). Topoloogilised defektid on väga püsivad kompleksid, neid ei saa kõrvaldada keskkonna pideva deformatsiooni abil. Korrastatud olek madalal temperatuuril, mida Kosterlitz ja Thouless nimetasid topoloogiliseks kaugkorrakaks, seisneb selles, et kahemõõtmeline süsteem on asustatud paarideks ühinenud topoloogiliste defektidega. Kui temperatuur tõuseb, siis need paarid lagunevad individuaalseteks topoloogilisteks defektideks ja toimub Berezinski-Kosterlitz-Thoulessi faasisiire korrastamata olekusse. Selline topoloogilise faasisiirde mudel võimaldab seletada katseandmeid reas füüsikalistes süsteemides, nagu väga õhukesed ülivoolava ^4He kiled tahkel substraadil, erinevad õhukesed ülijuhtide kiled, kahemõõtmelised Josephsoni kontaktide süsteemid, tasapinnalised magneetikud, sulamispunktiga kahemõõtmelised materjalid jne.

Kvant-Halli efekti topoloogiline olemus

Halli efekt (avastaja E. H. Hall 1879. aastal) kajastab elektrijuhtivuse iseärasusi välises magnetväljas. 1980. aastal ilmus Klaus von Klitzingi artikkel, kus teatati täisarvulise kvant-Halli efekti avastamisest (Nobeli preemia 1985). Õhukeses kiles, mis on orienteeritud risti välise magnetväljaga, on elektrijuhtivuse (Halli juhtivuse) sõltuvus välja tugevusest astmekujuline, kusjuures juhtivus omandab astmetel täisarvkordseid väärtusi. Murdarvulises kvant-Halli efektis (avastati 1982, Nobeli preemia 1998) on astmetele vastavad juhtivuse väärtused teatavate harilike murdude kordsed. Oluline on, et need astmed on hämmastavalt suure täpsusega fikseeritud ja väga stabiilsed magnetvälja tugevuse ja muude faktorite muutumise suhtes. Fenomeenile andis seletuse Thouless koos kaasautoritega (1982, 1985), näidates muuhulgas, et Halli juhtivust saab kahemõõtmelises elektrongaasis tõlgenda-

da topoloogilise invariandina. Kvant-Halli efekt leiti kõigepealt väga madalal temperatuuril, kuid 2007. aastal jälgiti efekti toatemperatuuril grafeenis.

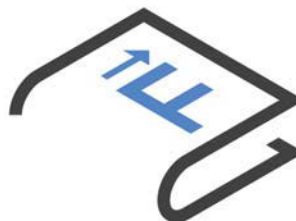
Täiesti uus kontseptuaalne areng kvant-Halli efekti teoorias toimus 1988. aastal, kui Haldane esitas mudeli, kus oli võimalik samasuguse oleku tekkimine nagu kvant-Halli efektis, ainult et ilma välise magnetväljata. Eksperimentaalselt õnnestus seda esmakordselt jälgida alles 25 aastat hiljem.

Kvant-Halli seisundis tsirkuleerib piki kahemõõtmelise elektronsüsteemi äärt dissipatsioonivaba vool, mille silmapaistvaks omaduseks on topoloogiast tulenev stabiilsus. Sellest sai idee line lähte koht viimasel kümnel aastal kiirelt arenevale topoloogiliste isolatorite uurimissuunale. Topoloogiline isolator on kahe- või kolmemõõtmeline materjal, mis oma sisemuses kujutab endast isolatorit, äärel või pinnal on aga elektri juht. Seejuures on kvant-olekud topoloogilise isolatori pinnal erinevalt analoogsest võimalikust olukorrast harilikus isolatoris väga stabiilsed – öeldakse, et need on sümmeetriaga kaitstud.

Haldane'i faas

1983. aastal publitseeris Haldane kaks põhjanevat tööd interakteeruvate spinnidega ahela (mudel, mida nimetatakse ka ühemõõtmeliseks Heisenbergi antiferromagneetikuks) omaduste kohta. Need laiendasid oluliselt arusaamist topoloogiliste faaside rollist kvantmehaaniliste paljuosakeseliste süsteemide füüsikas. Haldane oletas, et poolarvuliste spinnide ja täisarvuliste spinnide ahelad käituvad väga erinevalt. Poolarvuliste spinnide süsteemi saab ergastada ükskõik kui väikese energiaga häirituse abil. Täisarvuliste spinnide korral aga eraldab põhiseisundit ergastatud seisundist lõplik energiapilu (Haldane'i pilu). Selline ühemõõtmelise täisarvuliste spinnide süsteemi olek (Haldane'i faas) kujutab endast sümmeetriaga kaitstud topoloogilist faasi. Haldane'i faasi olemasolu on kinnitanud nii eksperimentid kui ka numbrilised arvutused. •

 **Teet Örd** (1954) on füüsik, Tartu ülikooli füüsika instituudi tahkisetooria labori professor.



füüsikaleksikon.ee

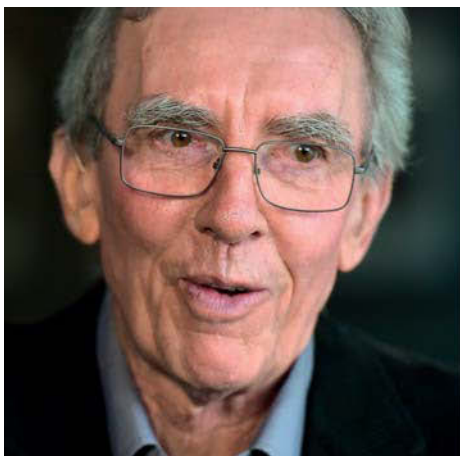
**Kõik vajalikud
füüsikamõisted gümnasistile**

- Üle 700 märksõna • Kiire otsing • Palju illustratsioone
- Valemid ja konstantide väärtused

MARGUS LOPP, RIINA AAV

KÕIGE VÄIKSEMAD MASINAD

Nobeli keemiapreemia 2016 pälvisid molekulaarmasinate konstrueerimise ja sünteesi eest Jean-Pierre Sauvage, Sir J. Fraser Stoddart ja Bernard L. Feringa.



SCANPIX

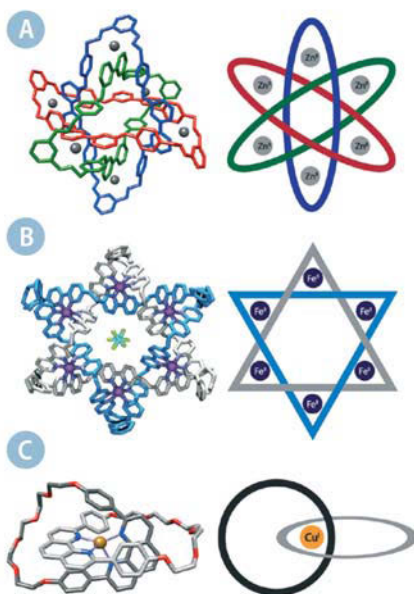
Strasbourg'i ülikooli emeritprofessor Jean-Pierre Sauvage, Northwesterni ülikooli professor J. Fraser Stoddart ja Groningeni ülikooli professor Bernard L. Feringa

Kas molekulidest saab kokku panna „suuri“ rõngaid? Kas saame neid rõngaid üksteisest läbi panna ja kette moodustada? Mis on selliste molekulikettide omadused? Milleks selline ahel kõlbab? Sellised keemilised mõttemängud hakkasid huvitama Jean-Pierre Sauvage'i, kui ta alustas pärast doktorikraadi omandamist teadlasekarjääri suurte tsüklite keemia rajaja ja visionääri Jean-Marie Lehni juures. Kindlasti andis tollase noore teadlase töö suurte tsüklite metalliioonide sidumise võime alal panuse sellesse, et tema tollane juhendaja Jean-Marie Lehn sai 1987. aastal Nobeli preemia keemias. Juba iseseisva teadlasena töötades suutis Sauvage ühendada erinevad tsüklilised molekulid mehaaniliselt ühte ketti, saades esimesena 1983. aastal katenaanid.

Selleks et ühest makrotsüklist teine läbi pista, võeti appi metalliioon, mis suudab teise tsükli ahela läbi esimese tsükli suunata. Jääb üle vaid teine ring sulgeda ja molekulaarse keti esimesed kaks lüli ongi valmis. Seda protsessi võib jätkata ja nii tekibki „molekulaarne kett“.

Siit edasi loodi üha uusi makrotsükliliste ühendite aineklasse: molekulaarseid sõlmi, kus molekulid on

nagu köiejupid kokku seotud; molekulaarseid tähti jm geomeetrilisi kujundeid.



JOONISED: KAAREL DAMIAN TAMRE

Joonis 1. Geomeetriliselt kujundatud makrotsükliid:

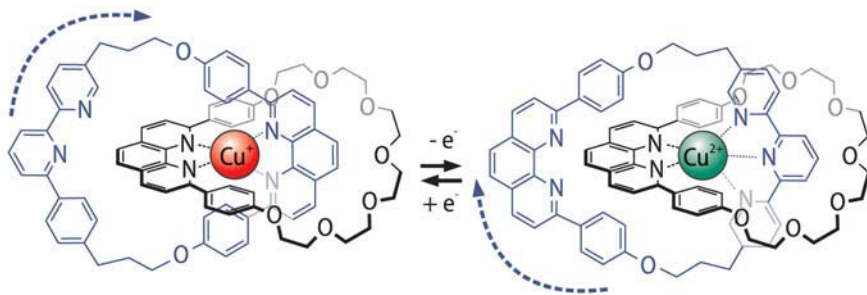
a) Saalomoni sõlm, b) Borromeani rõngas, c) katenaan Taaveti täht

Kõik need tulemused andsid hoogu uue keemiavaldkonna – supramolekulaarse keemia – arengule. Uudishimu tõukas teadlasi kõige uskumatute fantaasiate realiseerimisele. Muuhulgas ei unustatud ka loodud suurte molekulaarsete süsteemide omadusi. Kõige ootamatumaks leiuks oli sel alal avastus, et loodud suurtel molekulidel on võime molekulidevaheliste vastasmõjude kaudu luua iseorganiseeruvaid süsteeme.

Esimesed molekulaarmasinate sõlmed

Teine tänavune keemianobelist Fraser Stoddart vaimustus makrotsüklitest, uurides tsüklilisi suhkruid – tsüklodekstriine, mis on tänapäeval raketidest leidnud molekulaarsete mahuti-tena, ja Jean Pierre Sauvage'i loodud katenaane. Näiteks suutis ta üksteisega mehaaniliselt ühendada juba kolm molekulaarset ringi. Aga lisaks rõngaste omavahelisele sidumisele leidis Stoddart, et rõnga saab lukustada ka pulgakujujulise molekuli otsa: nii lõi ta rotaksaani.

Sauvage ja Stoddart suutsid mõlemad luua kontrollitult molekule, mis ei saanud üksteisest eemalduda, aga samas said üksteise suhtes liikuda. Esi-



Joonis 2. Jean-Pierre Sauvage'i katenaanist molekulaarmasin

mesed molekulaarmasinat sõlmed olid loodud! Samadel põhimõtetel sünteesiti nüüd erinevate molekulaarmasinat sõlmed: lülitid, rootorid, hammasrattad. Kui olid olemas kõik sõlmed, oli kõik valmis selleks, et sünniks molekulaarsed masinad.

Molekulaarsed mootorid ja molekulaarsed masinad

Nüüd tuli välja töötada viis, kuidas omavahel seotud molekulide vastastikust kontrollimata liikumist – Browni liikumist – talitseda ja sundida rotaksaanide ja katenaanide osad liikuma kontrollitult. Selleks võeti appi elektrostaatiliselt vastasmõjud ja „keemiline kütus“ – liikumist algatavad molekulid.

Stoddart defineeris molekulaarse masina järgnevalt: molekulaarne masin on molekulide kogu, mille koostisosad on disainitud teostama mehaanilisi liigutusi (väljund) mingi välise stiimuli mõjul (sisend).

Seda põhimõtet demonstreeris ta kõigepealt molekulaarse süstiku loomisega, kus rotaksaani molekulis liigub rõngas kas happe või aluse mõjul mööda molekulaarset nööri.

Happe toime liigub rõngas paremale, aluse toime tagasi vasakule, st loovutades elektroni, liigub rõngas joonisel paremale, elektroni liites aga vasakule. Seda molekulaarsel tasandil toimuvat mehaanilist liigutust saab korduvalt kontrollitult teostada.

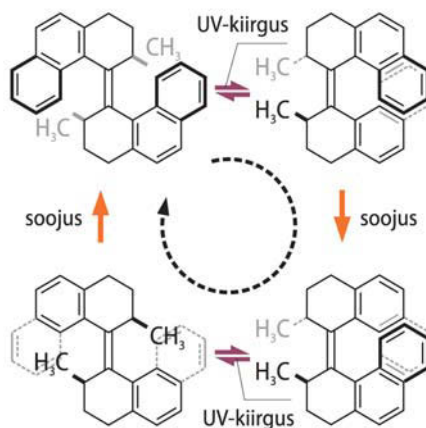
Analoogse molekulaarse masina konstrueeris Sauvage ka katenaanist, kus molekuli keskel oleva metalliooni oksüdatsioonistme muutmise saavutatakse rõngaid omavahel liigutada (vt joonis 2).

Olulise panuse molekulaarmasinat loomisele andis Bernard Feringa. Ta lähenes molekulide sisemise liikumise suunamisele teisest küljest, kasutades kaksiksideme kontrollitud isomerisatsiooni. Nii näitas ta, et mõned sobiva geomeetriaga ühendi osad võivad ultraviolettkiirguse ja kõrgendatud temperatuuri vaheldumisel hakata üksteise suhtes kontrollitult pöörlema (vt joonis 3).

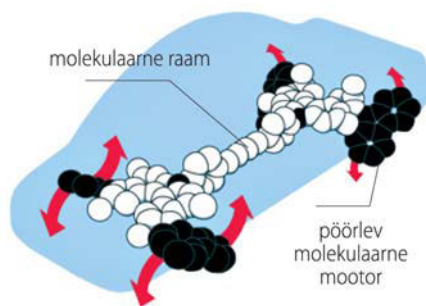
Sellise mootoriga võib liigutada asju, mis on mootorist endast tuhandeid kordi suuremad. On näidatud, et väikeste molekulide abil saab vedelkristallides panna ultraviolettkiirguse toime suunatuks liikuma kümme tuhat korda suurema klaaspulga.

Kasutades eespool toodud ideid, eriti aga Feringa panust supramolekulaarse keemia arendamisel, ehitati esimene pöörlevate ratastega molekulaarne auto (vt joonist 4).

Teadusmaailmas liiguvad kuulujutud, et peagi toimub eri uurimisrühmade sünteesitud molekulaarautode võidusõit – „nanovormel“.



Joonis 3. Feringa kaksiksideme isomerisatsiooni põhinev molekulaarmootor



Joonis 4. Feringa neljarattaveolise „nano-auto“ põhimõte

Klaaspärlimängust rakendusteni

Intellektuaalsetest mängudest kasvasid välja praktiliselt kasutatavad materjalid. Nii töötati rotaksaanide põhjal välja esimene kriimustusi iseparandav värv (tootja Advanced Softmaterials Inc; firma Nissan Motor kasutas seda mobiiltelefonide katetena). Selline iseparandav värv põhineb SRM-materjalidel (lühend sõnadekombinatsioonist *Slide Riding Material* ehk vabas tõlkes 'liugsõidu materjal'), kus nöörikujuline polümeeriahel on mehaaniliselt ühendatud liigutatavate makrotsüklitega.

Molekulaarsete masinaosade baasil loodi molekulaarne lihas, mis muudab oma pikkust samas suurusjärgus nagu inimlihas (27%), ja lift, mis tõstab jõuga 200 pN.

Aastakümnetepikkuse teadustööga näitasid 2016. aasta keemia Nobeli preemia laureaadid, et täiesti uue tehnoloogia loomiseks on vaja uudishimupõhist teadust. Selleks ei kõlba populistlik peavoolu õhinapõhisus ega tulemusi ette prognoosiv projektipõhisus.

Molekulaarmahutid ja nende uurimine Eestis

Ka Eestis tegutsetakse supramolekulaarse keemia alal. Käesoleva artikli ühe autori, Tallinna tehnikaülikooli dotsendi Riina Aava uurimisgrupp uurib molekulaarsete mahutite loomist. Neid ühendeid võib vaadelda kui põhjata ja kaaneta tünnikesi, milles väikesed molekulid püsivad sees mitte tänu raskusjõule, vaid elektrostaatilise ja geomeetrilise sobivuse tõttu. Seetõttu on võimalik teha nii, et iga nutikalt struktureeritud tünni jaoks sobib ainult üks kindel sisu – kindel tüüp molekule või ioone. See aga tähendab, et taolised mahutid võivad töötada tundlike sensorite ning kindlate ainete või ionide lõksudena, aga ka transportivahenditena ravimite, maitse- ja lõhnaainete jaoks, toimetades neid vajalikule „aadressile“ organismis. Seega on sellistel molekulaarsetel mahutitel lootus leida tee kasutusse ravimi- ja toiduainetööstuses. •

Margus Lopp (1949) on Tallinna tehnikaülikooli orgaanilise keemia õppetooli professor, Eesti teaduste akadeemia peasekretär.

Riina Aav (1972) on Tallinna tehnikaülikooli keemia-instituudi dotsent.

SULEV KUUSE, TOIVO MAIMETS

RAKU TAASKASUTUSSÜSTEEM

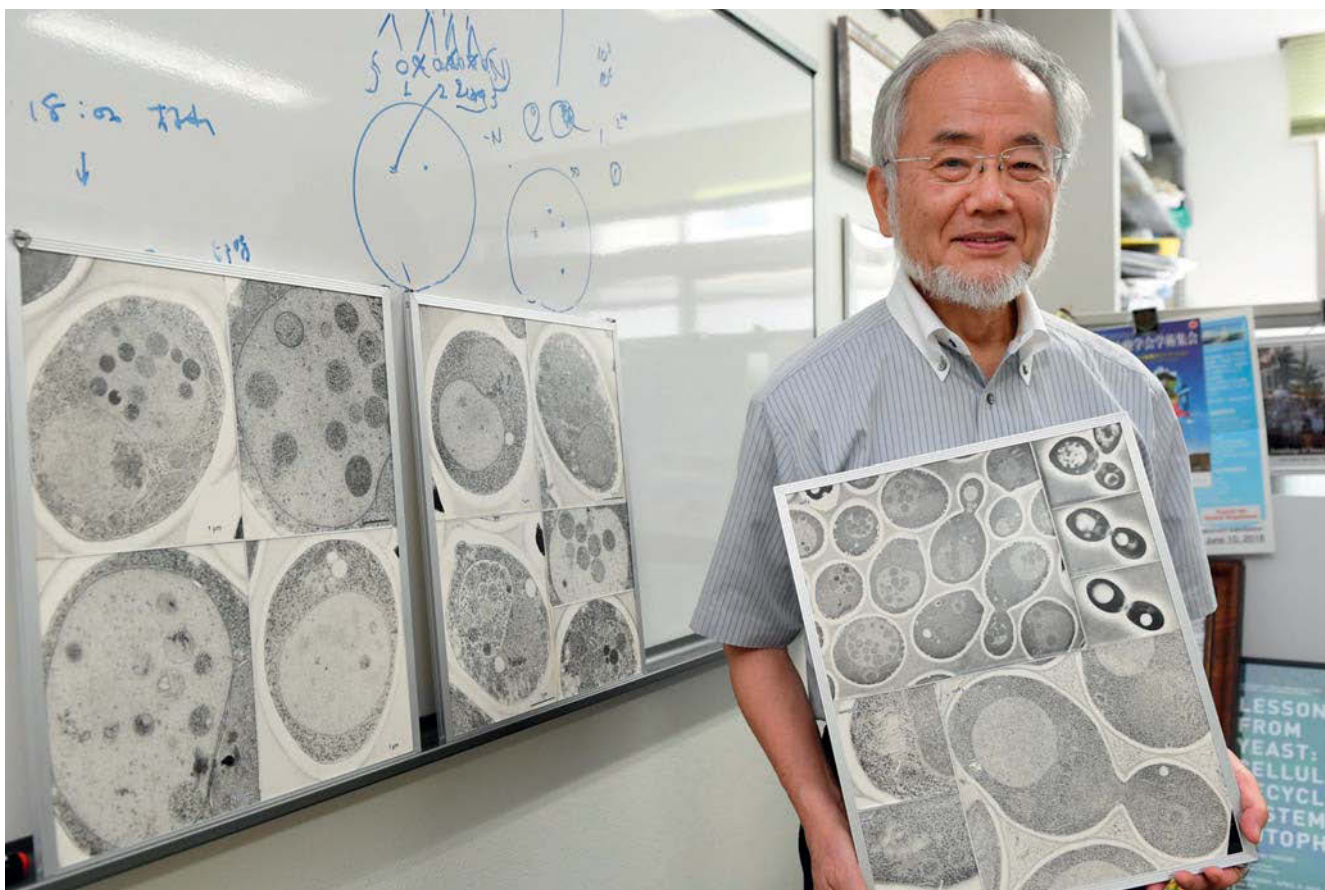
2016. aasta Nobeli auhinna füsioloogias ja meditsiinis tagas rakkude „taaskasutuse” protsesside uurimine.

Rakkude elutegevus on väga mitmepalgeline ning eriline. Rakud peavad suutma paljuneda, tootma vajalikkeprodukte ning toimima koostöös kõigi teiste rakkudega, et organism saaks tegutseda kui ühtne tervik. 1950. aastatel leidsid Christian de Duve ja Albert Claude ime-taja maksarakke uurides, et neis esinevad proteolüütilisi (valke lagundavaid) ensüüme sisaldavad membraaniga ümbritsetud struktuurid, mida hakati nime-tama lüsoosoomideks. Pärast mitmeid järgnevaid uuringuid jõuti järe-

dusele, et lüsoosoomides paiknevad tihti raku enda tsütoplasma struktuurid ning mitokondrid. 1963. aastal jõudis Duve järeldusele, et lüsoosoomides toimub rakuorganellide lagundamine, ja seda protsessi hakati nimetama autofaagiaks. Duve ja Claude said koos George Paladega 1974. aastal just nende avastuste eest Nobeli füsioloogia- ja meditsiinipreemia („rakkude struktuurse ja funktsionaalse organiseerituse avastamine”). 42 aastat hiljem, aastal 2016, omistati Nobeli auhind füsioloogias ja meditsiinis Yoshinori Ohsumile

(sünd 1945). Tema tööd olid „teedrajava autofaagia kui protsessi mehhanismide selgitamisel”.

Autofaagia või autofagotsütoos (kr *αὐτόφαγος* ehk *autóphagos* 'ise-õgimine' ja *κύτος* ehk *kýtos* 'õõnestama, uuristama') on kõikide organismide rakkudes pidevalt toimuv normaalne nähtus, mis on hädavajalik raku edukaks funktsioneerimiseks. Pidevalt töötavas raku tekib elutegevuse tagajärjel ju makromolekule, organelle või valgulisi komponente, mis on töötamisest „kulunud” ja mis tuleb seetõttu



Professor Yoshinori Ohsumi naeratamas Yokohamas Tokyo tehnoloogia instituudis juulis 2016, käes elektronmikroskoopiline kujutis bakterirakkudest. Ohsumi sündis 1945. aastal Jaapanis Fukokas. Auhinnatud teadusavastused tegi ta Tokyo ülikoolis

SCANPIX

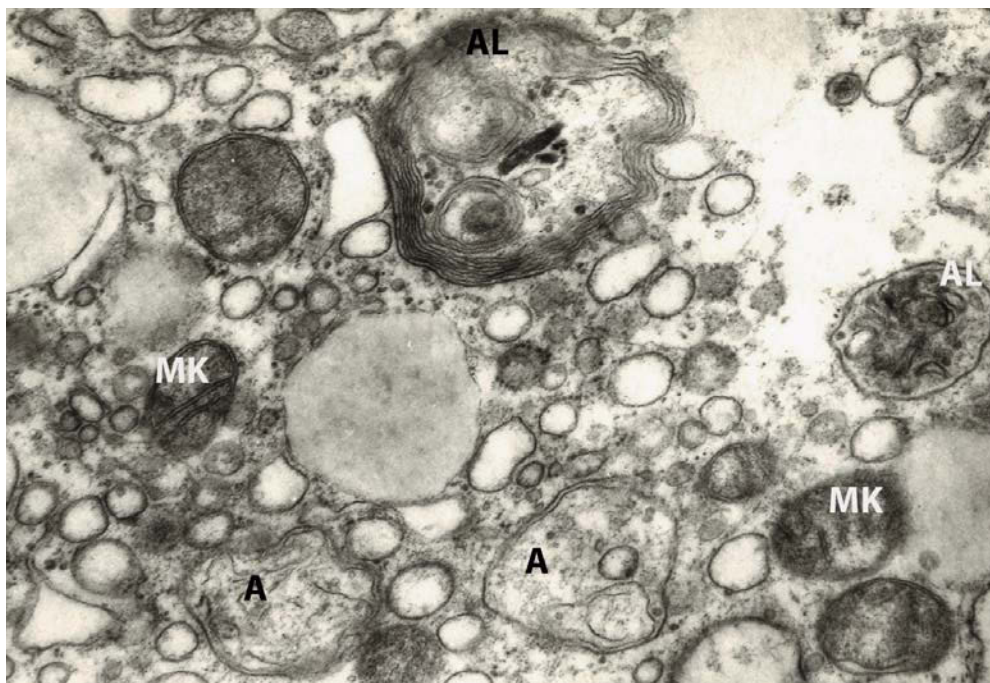
välja vahetada. Samas tungivad väliskeskkonnast raku temale võõrad ained (näiteks patogeenid – olgu need siis viirused või bakterid, aga ka erinevad signaalmolekulid ja teised ühendid, mille rakk on alla neelanud), mis lähevad samuti algosadeks lagundamisele.

Autofaagia valgud

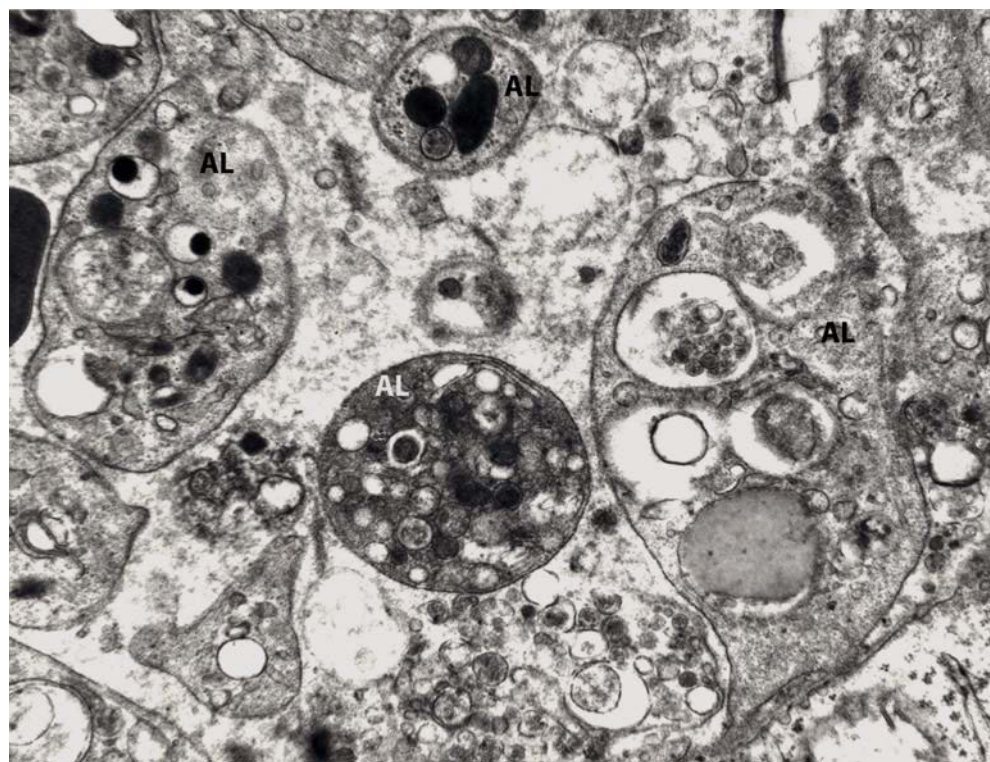
Esialgu arvati, et autofaagia on rakkude metaboolse stressi tulem, mis käib kaasas mingi haiguse kuluga. Kuigi autofaagia avastati juba 1960. aastatel, jõuti selle protsessi mehhanismide ja olulisuse selgitamiseni alles kolm aastakümnet hiljem. Tänapäevase Nobeli auhinna omaniku Ohsumi 1990. aastatel tehtud tööd pagaripärmiga (*Saccharomyces cerevisiae*) näitasid, millised geenid mängivad võtmerolli eukariootsete rakkude elutegevuse ühe tähtsa protsessi, autofaagia, korraldamisel. Kasutades pärmikultuuri mudelsüsteemi, näitas Ohsumi 15 geeni võtmerolli eukariootsete rakkude toimimises.

Ohsumi tööühm jõudis pärmikultuuri rakkude geenides juhuslikke mutatsioone esile kutsudes selleni, et kindlatel juhtudel hakkasid pärmirakkude vakuoolidesse (membraaniga ümbritsetud organelid nii taimedel, seentel, bakteritel kui ka loomadel, mis tagavad muude funktsioonide kõrval rakule ebasoovitava ning kahjuliku materjali isoleerimise ja lagundamise, etendades autofaagia toimumises peamist rolli) kuhjuma raku enda tsütoplasma fragmendid ja mitmed jääained, mis oleksid pidanud minema lagundamisele. Neid hakati nimetama autofaagia geenideks (ingl k *autophagy gene* ehk Apg; hiljem Atg) ja vastavalt autofaagia valkudeks (ATG1 – 15).

Enamasti leiab pärmirakkude geenide vasteid (homolooge) ka kõrgematest organismidest, näiteks imetajatest. Nii oli see ka siin: Ohsumi ja tema kaastöölised leidsid pärmi Atg geenidele homoloogseid geene ka inimese rakkudest. Tänapäevaks on näidatud, et imetaja Ulk1 geen (ingl *unc-51-like kinase*), mullas elava varbussi *Caenorhabditis elegans* *unc-51* geen (ingl *uncoordinated-51*) ja pärmi Atg1 geen, on kõik homoloogid. Ulk1 produkt on valk seriin/threoniini kinaas, millel on oluline roll just varases autofagosoomide biogeneesis. Lisaks on tema esinemine oluline närviraku jätkete (aksonite) õigeaegsel suunamisel ja neuronaalse arengu regulatsioonil.



Eesti taasiseseisvusaja esimese Tartu ülikooli rektori professor Jüri Kärneri doktoritöö oli teemal „Lüsoosomide osa rakkude diferentseerumises ja talitluses arenevates ja küpsetes kudedes” (1983). Oma töös uuris ta ka autolüsoosome. Elektronmikroskoobi fotol kana embrüo rakust on näha kahe membraaniga ümbritsetud autofagosoomi (A), mis sisaldavad hulgaliselt veel lagundamata raku membraanide struktuure ja rakuorganelle.
MK – mitokondrid, AL – autofagolüsoosoom

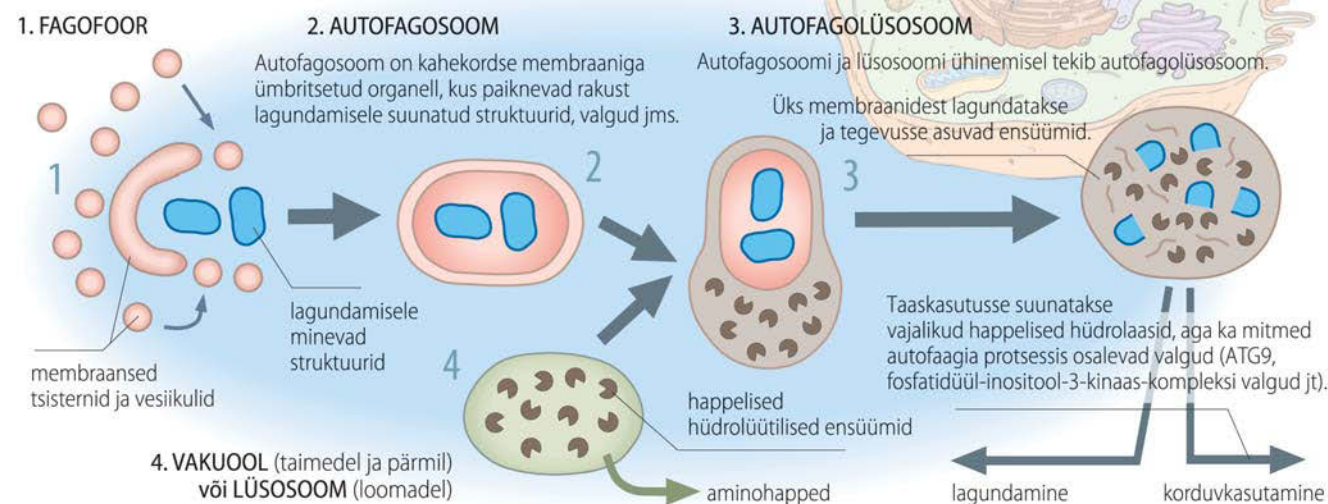


Sellel elektronmikrofotol on hulgaliselt autofagolüsoosome (AL), mis on ümbritsetud ühe membraaniga. Nendes autofagosoomidega liitunud lüsoosoomides toimub lõplik lagundamine ja erinevate valkude degradatsioon

FOTOD: JÜRI KÄRNER,
INTERPRETATSIOON SULEV KUUSE

Makroautofaagia rakus

Joonisel on kujutatud ühte autofaagia vormi ehk makroautofaagiat, mille käigus rakus tekkinud autofagosoomid ühinevad lüsoosoomidega ning toimub suure hulga rakuorganellide ja tsütoplasma struktuuride lagundamine. Nobeli preemia laureadi Yoshinori Ohsumi avastused aitavad nii mikro- kui makroautofaagia protsesse paremini mõista.



KAAREL DAMIAN TAMRE

Autofaagia kui pikaajalise võti

Selleks, et käivitada autofaagia masinavärk, on vaja rakkudes vastavaid stiimuleid. Nendeks võivad olla oluliste toitainete vähesus, erinevad infektsioonid, raku funktsioneerimise eest vastutavate parandusmehhanismide aktiveerumine, aga ka programmeeritud rakkude surma ehk apoptoosiga seotud sündmused. Autofaagia on tähtis organismi ja rakkude füsioloogilise seisundi/tasakaalu tekkeks, et sel moel tagada rakkudes organellide taastootmiseks vajalike peptiidide olemasolu. Pidevalt lähevad lagundamisele raku enda valgud ning terved organellid (mitokondrid, peroksüsoomid, tsütoplasma võrgustik jt).

Autofaagia võimaldab rakkude diferentseerumist teatud kindlas suunas, mis on vajalik rakkude eristumisel nii embrüonaalses arengus kui ka täiskasvanud organismis. Tänu Ohsumi ja kaasautorite töödele saame öelda, et autofaagia tagab tüvirakkude suunamise kindlalt määratletud eristumise teele. Autofaagia osatähtsus on suur immuunsüsteemi tegevuses. Loomulikult ei tohi unustada autofaagia olulisust rakkude vananemisel ja vigastustest paranemise protsessis. Mitmed haiguslikud seisundid on seotud autofaagia kaskaadi jaoks oluliste geenide defektidega. Näiteks rinnanäärme ja munasarja kasvaja teatud vormide puhul on leitud mutatsioone geenis *Becn1* (selle geeni produktiks on valk

BEKLIIN-1, kusjuures pärmis on geeni homoloogiks Ohsumi avastatud *Atg5*).

Juba 1999. aastal leiti, et autofaagia toimumise eest vastutavad geenid suudavad teatud juhtudel alla suruda kasvaja arengut. Diabeet, Huntingtoni tõbi ja parkinsonism võivad olla seotud häiretega autofagosoomide funktsioneerimises. Hiirtel on mitmete neurodegeneratiivsete haiguste juures leitud geenide *Atg5* ja *Atg7* ebanormaalsusi, mis viivad näiteks autosomaalsete retsessiivsete tunnuste ilmnemisele, need omakorda aga haiguslike seisundite väljakujunemisele (aju väärarengud, motoorikahäired, intellektuaalne ebastabiilsus, epilepsiahoogud jt). Võib öelda, et normaalselt funktsioneeriv autofaagia raku tasandil on pikaajalise võti.

Autofaagia erinevad vormid

Autofaagia vorme on mitmeid. Makroautofaagia eeldab, et rakus tekkinud autofagosoomides, mis ühinevad lüsoosoomidega, toimub suure hulga rakuorganellide ja tsütoplasma struktuuride lagundamine (vt joonist). Kõneldakse selektiivsest autofaagiast (selle tüübi puhul lähevad lagundamisele valgulisel agregaadid, rakuorganellid, rakku rünnanud viirused, bakterid jne) ning mitteselektiivsest autofaagiast (rakus toimub pidev mittevajalike struktuuride lagundamine). Lisaks räägitakse mikroautofaagiast, mis tähendab otsest raku tsütoplasmaatilise materjali sise-

nemist autofagosoomi, kus toimub viimase liitumine lüsoosoomiga ühiseks autofagolüsooomiks (vt fotosid). Esineb ka nn tsäperonide vahendatud autofaagiat, millega tagatakse rakule mittevajalike tsütosoolis lahustunud valkude kõrvaldamine ringlusest. Tänu spetsiifilistele valkude äratundmismehhanismidele suunatakse nad otse lüsoosoomidesse, kus toimub nende lagundamine (vanast vabanemine). Selle protsessi käigus tekkivaid „ehituskive“ kasutatakse uuesti rakule omaste valkude ja struktuuride tootmisel (uuendamine).

Tänavune Nobeli auhind füsioloogias ja meditsiinis on äärmiselt oluline, kuna töö autofaagia uurimisel selgitab eluslooduse üht olulist ja tähtsat eripära. Teame nüüd, et biogeneesi (elusorganismide kujunemine, so areng) ja degradatsiooni (ümbertöötlemine, so autofaagia) vahel peab valitsema kooskõla. Kui poleks taolist võimalust – autofaagiat – oleks väga keeruline hoida tasakaalu erinevate rakuliste substantside ning tekkivate struktuuride vahel. •

Sulev Kuuse (1962) on rakubioloog, Tartu ülikooli molekulaar- ja rakubioloogia instituudi vivaariumi juhataja.

Toivo Maimets (1957) on Tartu ülikooli rakubioloogia professor ja Tartu ülikooli molekulaar- ja rakubioloogia instituudi direktor.

L200

www.mitsubishi.ee



Keskmine kütusekulu 6,4–7,2 l/100 km,
CO₂ emissioon 169–189 g/km.



ARMASTAME SINU AUTOT SINUST ENAM.

LAUSA 1500€ VÕRRA!



LISAKS ARMASTAME ME KÕIKI AUTOSID JA MUIDUGI SIND!

Selle tõestuseks saad Silberautost nüüd sõiduautolikult mugava “kastika” eriti mõistlikult!
Too oma olemasolev auto Silberauto esindusse, võta Mitsubishi L200 asemele ja maksame
Sinu olemasolevale autole tagasiostukompensatsiooni 1500 €!
Mitsubishi ostjale kaasa ka 5-aastane garantii läbisõidupiiranguga 100 000 km!

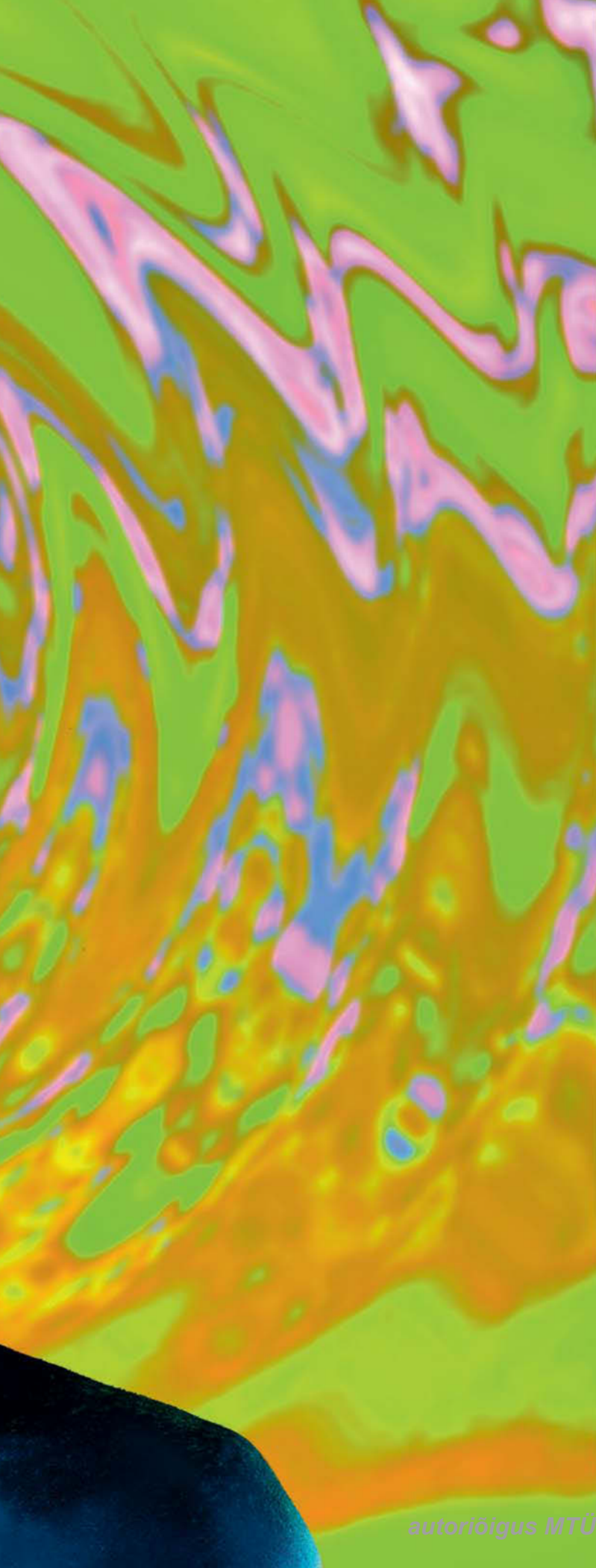
KOHTUMISENI SILBERAUTO ESINDUSTES!

Kampaania kehtib 2016.a detsembrini lõpuni.

SILBERAUTO

Mitsubishi Motorsi ametlikud esindused: Silberauto Eesti AS • TALLINN, Peterburi tee 50a, tel 605 6950 • TARTU, Ringtee 61, tel 730 0720 • PÄRNU, Riia mnt 231a, tel 445 1990 • JÕHVI, Jaama 42a, tel 611 9733 • KURESSAARE, Tallinna 82b, tel 453 1423 • VILJANDI, Pargi 3b, tel 435 4911 • RAKVERE, Haljala tee 1, tel 660 0152 • Metro Auto: TALLINN, Tammsaare tee 53, tel 6540 300 • Mitsubishi Motorsi peaesindus Eestis: AS Silberauto





PILLE TABA

PSÜHHOSTIMULANDID JA AJU

Psühhostimulandid – uimastid, mida eesti keeles võib nimetada närvi-ergutiteks – on olnud inimkonnale atraktiivsed juba sajandeid. Need on tuntud kui ajukoort aktiveerivad ja psühhomotoorset aktiivsust suurendavad ained. Ehkki psühhostimulandid on ohtlikud, kuna nad tekitavad narkootilist sõltuvust, on nende keelustamine tekitanud debatte ja üles puhunud kirgi. Psühhoaktiivsete ainete kasutamine näitab kasvutrendi ja arusaadavalt on sellega seotud huvigrupid, kelle jaoks tähendab nende ainete rahvusvaheline kaubandus olulist tuluallikat; lisaks on uimastikaubandusega seotud organiseeritud kuritegevus.

Minevikus suhtuti uimastitesse sootuks teisiti kui tänapäeval – veel sajandi eest peeti neid tõhusateks ja vahel isegi imelisteks ravimiteks, ning aja jooksul on neid käsitletud loomungulisuse, energia, rõõmu, julguse ja tervise allikatena. Ravimitena on psühhostimulante kasutatud selliste tervisprobleemide raviks nagu depressioon, ülekaalulisus, meeleolu- ja käitumishäired, aktiivsuse- ja tähelepanuhäire (ADHD), aga ka näiteks nina limaskestastursete raviks. Neist mõnegi raviks näeb ka kaasaegne meditsiin potentsiaali psühhostimulantides. Psühhostimulantide kasutamist pidurdavad aga ohtlikud aju mõjutavad kõrvaltoimed, mis võivad avalduda nii lühiajalise ägeda seisundi kui ka psühhostimulantide pikaajalisest kasutamisest tingitud kahjustusena. Seega võib närvi-erguteid käsitleda ühelt poolt kui ohtlike uimasteid ja teisalt kui võimaliku ravitoimega aineid, mis on ohtlike kõrvaltoimete tõttu kantud tänaseks keelatud ainete nimekirja.

Legaalsest „rõõmupillist” keelunimekirja

Klassikalisi psühhostimulante – amfetamiini, metamfetamiini, kokaiini ja katinooni – tunneb inimkond juba pikka aega. Amfetamiin sünteesiti esmakordselt 1887. aastal ning meditsiinis võeti see bensedriini nime all kasutusele 1920. aastatel, esialgu astma raviks ja limaskestastursete vähendamiseks. Bensedriini inhalaatoreid soovitati seetõttu ka näiteks lennureisijatele; neid reklaamiti 1940. aastatel kui vahendeid, mida kasutavad USA õhujõudude lendurid.

Ka amfetamiini „perekonda” kuuluv metamfetamiin on olnud oma stimuleerivate omaduste tõttu mitmetes riikides varem militaarkasutuses. Hiljem on amfetamiini soovitatud depressiooni leevendamiseks ning narkolepsia ja entsefaliidijärgse parkinsonismi raviks. Kui ajapikku ilmnesis nende ainete pikaajalisest kasutamisest tulenevad tõsised kliinilised probleemid ning sõltuvushäirete ohtlikku olemust aitasid mõista ka selles valdkonnas tehtud teadusuuringud, kanti amfetamiinid 1971. aastal keelatud ainete nimekirja.

Mida psühhostimulandid aju teevad?

Psühhostimulantide toimemehhanismide selgitamiseks on läbi viidud arvukalt teadusuuringuid, tehtud eksperimente ja analüüsitud loomudele (joonis 1). Tänu neurokeemia tundmaõppimisele on tänaseks teada, et psühhostimulandid mõjutavad impulsside ülekannet neuronite vahel, vabastades neuromediaatoreid ehk

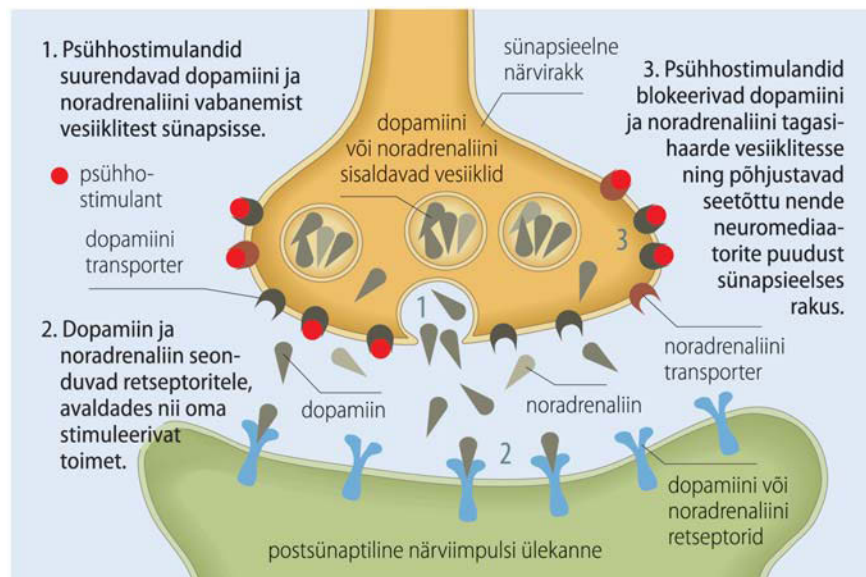
närviülekandeaineid – dopamiini, noradrenaliini ja serotoniini (joonis 2). Selle tulemusena tekivad stimulantide kasutamisel erutus ja eufooria, pidurdamatu liikumine ja vahel ka agressiivsus. Inimene tunnetab erakordset energiarikkust, suurt võimekust ja võimsust – ta ei taha süüa ega magada, vaid võib oma tegevusi väsimatult jätkata. Tundub, nagu oleks energia kehas „plahvatanud” ning inimene ei



Joonis 1. Parempoolsel pildil on näha, kuidas bensedriini manustamine harilikule ristämblikule (*Araneus diadematus*) mõjutab tema võrgukudumisvõimet. Vasakul on võrdluseks tavapärane ristämbliku võrk

Psühhostimulantide toime dopamiini ja noradrenaliini retseptoritele

Psühhostimulandid aktiveerivad närviimpulsside ülekannet, kuna suurendavad keemiliste närviülekandeainete vabanemist ajus. Selle tulemusena tunneb inimene energiatulva, muutub aktiivseks ja eufooriliseks ning vahel ka agressiivseks.



Joonis 2

mahu enam oma igapäevastesse raa-
midesse. Paraku järgneb sellele plah-
vatusele aga „tühjakssaamine”, mille-
ga kaasnevad omakorda psüühikahäi-
red, sh depressioon ja ärevushäire, käi-
tumis- ja mäluhäired ning nägemu-
sed. Psühhostimulantide kroonilisel
kasutamisel võivad tekkida aga väri-
nad ja vastutahtlised liigutused,
koordinatsiooni- ja kõnnakuhäired
ning halvematel juhtudel isegi insult.

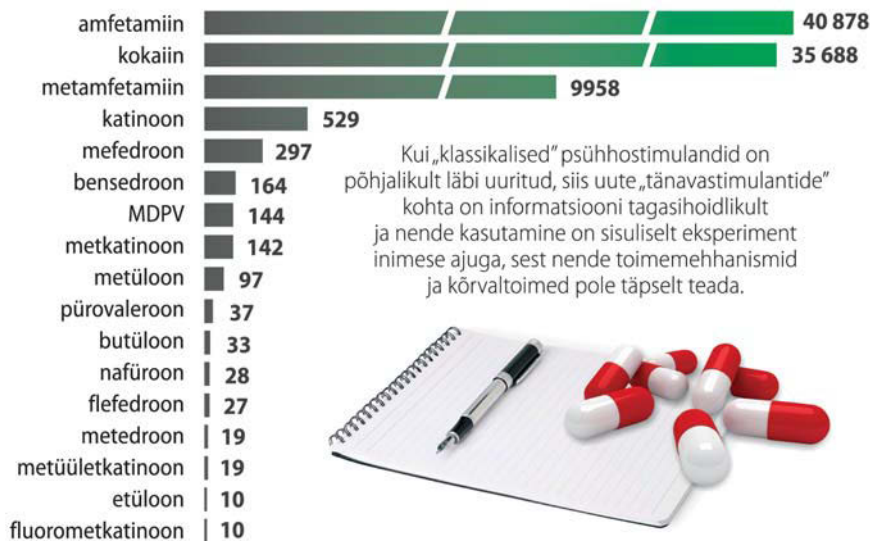
Kui „vanade” psühhostimulantide
mõju on põhjalikult uuritud, nii et me
teame, mis nende kasutamisel juhtub,
on 21. sajandi laborientusiastid too-
nud oma tegevusega neile ainetele kii-
rest liisa – kasutusele on võetud terve
rida uusi „tänavastimulante”, mida
kutsutakse inglise keeles ka *legal
highs* ideks, sest neid tekib juurde kii-
remini kui ametivõimud jõuavad neid
keelatud ainete nimekirja kanda. Uute
tänavastimulantide nimekiri on pikk:
mefedroon, metkatinoon (efedroon),
metülool, pürovaleroon, butülool,
nafüroon, flefedroon, metedroon, etü-
lool – ja see pikeneb üha.

Tegemist on ainetega, mille kasuta-
mist võib käsitleda kui eksperimenti
inimese ajuga, sest neid ei ole jõutud
dooside, toimete ega kõrvaltoimete
täpsustamiseks uurida. Kuivõrd me ei
tea, mis inimesega uute stimulantide
tarvitamisel tegelikult juhtub, võib
nende kasutamisel käivituda ka hal-
vim stsenaarium ehk järgneda surm.

Kui amfetamiini kohta on teadus-
artiklite andmebaasis PubMed indek-
seeritud üle 40 000 publikatsiooni, siis
kõige uuemate ainete kohta on artik-
leid napilt (joonis 3) ja nendegi hulgas
on vähe eksperimentaalseid uuringuid.

Mure Eestis – metkatinoon

Uute „kodutehtud” psühhostimulanti-
de kasutamisest ei ole puutumata jää-
nud ka Eesti. Teiste kodus valmistatud

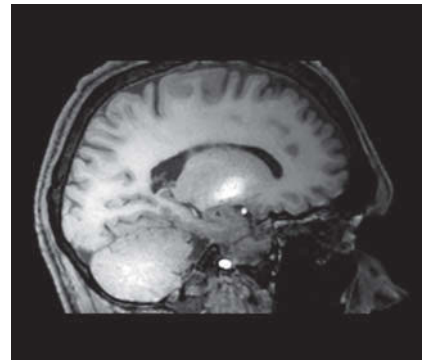
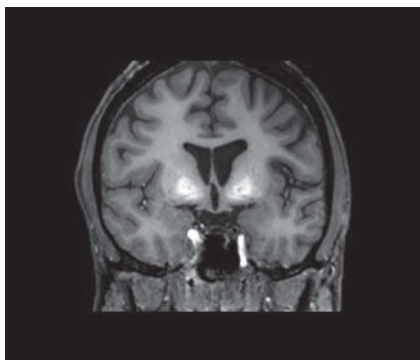
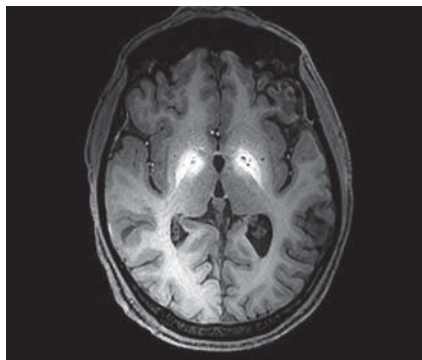


Joonis 3. Psühhostimulantide teemal publitseeritud artiklid teadusartiklite andmebaasis PubMed

ainete kõrval on meil odava valmista-
mishinna tõttu levinud metkatinoon,
mille eripäraks on selle kuritarvita-
jatel kõrvaltoimena tekkivad rasked
neuroloogilised nähud. Ida-Virumaa ja
Tallinna süstivate narkomaanide seas
kümnekond aastat tagasi läbiviidud
küsitlus näitas, et metkatinooni ise-
valmistatud segu on tarvitanud 11%
süstivatest narkomaanidest. Lisaks
psühhostimulandile annab isetehtud
metkatinooni süstimisel ajule täien-
dava hoobi selle segu valmistamisel
kasutatud kaaliumpermanganaat,
milles sisalduv suur mangaanikogus
ladestub aju hallaine tuumades. Met-
katinooni süstijatel tekkivad tõsised
ajukahjustuse nähud – liikumine aeg-
lustub ja tasakaal muutub kehvaks,
põhjustades sagedast kukkumist. Li-
saks tekkivad vastutahtlised liigutused
ja kõnehäire. Süveneva liigutushäire
tõttu võivad metkatinooni tarvitajad

jääda lõpuks ratastooli. Sõltuvushäire
on oma olemuselt aga selline, et süsti-
mist ei lõpetata sageli isegi siis, kui on
teada, et tarvitav stimulant põhjustab
väga tõsiseid tervisehäireid.

Eesti metkatinooni kuritarvitajate
jälgimisuuring näitas, et narkootilise
segu süstimise tagajärjel tekkinud aju-
kahjustus võib süveneda isegi pärast
seda, kui psühhostimulandi kasutami-
ne on lõpetatud, ning ravimite abil
pole neid haigusnähtusid võimalik
leevendada. Magnetresonantstomo-
graafial (MRT) nähtavad mangaanikol-
ded hallaine tuumades (joonis 4) viita-
vad kahjustuse ilmsele lähtekohale,
kuid täpsustavad radioloogilised
uurimused, mida nimetatakse morfo-
meetriaks, on näidanud veelgi laialda-
semaid ajukoe muutusi (nii hallaines
kui ka valgeaines). Tööpõld psühho-
stimulantide toimemehhanismide
uurimisel on lai, ja seda eriti osas, mis



Joonis 4. Metkatinooni kodus valmistatud segu kasutajatel tekkivad mangaaniladestused kuvatud magnetresonantstomograafia (MRT)

puudutab püsiva ajukahjustuse ja sellest tulenevate neuroloogiliste nähtude teket ja süvenemist.

Kas psühhostimulantide kasutamise tagajärjel võivad tekkida kroonilised ajuhaigused?

Psühhostimulantide, nagu üldse mõnuainete suurimaks ohuks peetakse sõltuvust selle erinevates vormides – psüühilist, füüsilist, käitumuslikku ja sotsiaalset. Vaimsete häirete klassifikatsioon (DSM) käsitleb sõltuvust kui võimetust lõpetada keemilise aine kasutamine vaimse ja füüsilise seisundi halvenemisele vaatamata, mille tulemusena võib lõpuks kogu elu keelduda üksnes mõnuaine tarvitamise ümber. Lisandunud on aga küsimus, kuidas mõjutab psühhostimulantide tarvitamine ajukude ehk neuronite võrgustikku, mis kannab edasi närviimpulsse ja reguleerib sellega inimese toimimist? Kas psühhostimulantide tarvitamisest võib tekkida püsiv ajukahjustus või isegi krooniline progresseeruv ajuhaigus?

VIDA PRES / ALAMY



Psühhostimulandid ei mõjuta üksnes „vaimu”, vaid nende kasutamisega kaasnevad muutused ajus, mis võivad põhjustada mitte ainult psühhiaatrilisi, vaid ka tõsiseid neuroloogilisi tervisehäireid.

Aju retseptoriuuringud spetsiifiliste radioaktiivsete märkainetega (SPECT) on näidanud, et metamfetamiini ja metkatinooni kasutajatel tekib dopamiini defitsiit, mis on sarnane parkinsonismile. Sellest omakorda tuleneb hüpotees, et psühhostimulantide kuritarvitamine võib olla üks võimalik risk hilisema Parkinsoni tõve tekkeks. See hüpotees ei ole meditsiinilistes uuringutes küll seni kinnitust leidnud, kuid loomuringutes ilmnenud dopamiini juhteteede kahjustus rakutasemel sellisele võimalusele siiski viitab.

Eeltoodud küsimused on juhtinud teadlased mõtteni, et vaimutegevuse häire – mida sõltuvushäire on – ei puuduta üksnes „vaimu”, vaid selle taustaks on nn „orgaaniline” ajukahjustus. See tähendab, et kahjustuda võib ajukude ja see kahjustus võib olla püsiv, kuna ajurakke elu jooksul juurde ei teki. Selline hüpotees on tõstatanud omakorda küsimuse, kas lisaks psühhostimulantidest tekkivale ägedale stimulatsioonile („kõrgustes lendamisele”) ja pikaajalisele sõltuvusseisundile võib nende ainete kasutajatel tekkida ajukoe kahjustusest tingitud neuroloogiline haigus?

Kuhu edasi?

Lisaks otsesele toksilisusele ehk kasutatava aine mürgisele toimele on metkatinooni puhul tähelepanu tekitanud liigutushäirete jätkumine ja vahel ka süvenemine isegi siis, kui isevalmistatud psühhostimulandi süstimine on lõpetatud. Intrigeeriv on seejuures asjaolu, et selline raske haigusseisund tekib vaid osal metkatinooni kasutajatest. Samas ei pruugi osal neist tekkida üldse mingeid sümptomeid, kuigi psühhostimulanti süstitakse samas ringis ja samades annustes. Küsimus, miks kõigil metkatinooni kasutajatel kahjustust ei teki, ootab alles vastamist – kas neil võivad olla aktiveeritud mingid aju kaitsvad mehhanismid? Vastuse leidmine oleks eriti aktuaalne nende uuringute jaoks, mille eesmärk on leida võimalusi neurodegeneratiivsete haiguste ehk ajurakkude vähenemisega seotud haiguste, nagu näiteks Parkinsoni või Alzheimeri tõve raviks. Vananevas rahvastikus on nende haiguste põdejate arv järjest kasvanud, olles koormaks nii haigetele, perekondadele kui ka ühiskonnale tervikuna. Hetkel me nende haiguste kulgu ravimite abil muuta ei

saa – kuna me ei tunne neuroprotektiivseid ehk aju kaitsvad aineid, mis võiksid neurodegeneratsiooni ehk närvirakkude vähenemist pidurdada, ravime neid haigusi sümptomaatiliselt, eesmärgiga haigusnähtusid leevendada. Seega võiks ehk just „pahade” ainete seotud mehhanismide väljaselgitamine anda meile suuna võimalike ravilahenduste leidmiseks närvirakkude vähenemisega seotud haiguste ravis.

Kokkuvõtteks:

psühhostimulandid ja aju

Psühhostimulante on küll palju uuritud, kuid palju on nende kohta veel teadmata. Nende ainete kroonilisel kasutamisel tekkiv narkootiline joove ja inimese elu ahistav sõltuvus on meile selged, kuid jätkuvalt on vaja uurida nende ainete toksilisi toimeid, mis muudavad ajukude ja tekitavad ajus neurodegeneratiivsetele haigustele sarnanevaid kahjustusi.

Selge on see, et psühhostimulandid on ohtlikud nii sõltuvuse kui ka närvisüsteemi kahjustuste tekitajadena. Samas võiks neil olla potentsiaali teatud haigusseisundite raviks, kui oleks võimalik kahjustavaid kõrvaltoimeid vältida. Sellega seostuvad omakorda ootused, et kahjustusmehhanismide selgitamine – ja eriti nende mehhanismide, mis aitavad kahjustusi ära hoida – võiks olla abiks uute ravivõimaluste leidmisel mitmele teisele haigusseisundile. Tänapäeval on selge, et psühhostimulandid ei mõjuta üksnes „vaimu”, vaid nende kasutamisega kaasnevad muutused ajus, mis võivad põhjustada mitte ainult psühhiaatrilisi, vaid ka tõsiseid neuroloogilisi tervisehäireid. •

Tänuavaldus:

Täna kõiki, kellega olen psühhostimulantide valdkonnas koostööd teinud ning kes on osalenud teadustulemuste publitseerimisel.

Taba, P., Lees, A., Sikk, K. (2015). *The neuro-psychiatric complications of stimulant abuse*. International Review of Neurobiology Vol 120. Elsevier Academic Press. Peatükkide autoritena Tartu ülikoolist: Jaanus Harro, Sulev Kõks, Katrin Sikk, Pille Taba, Anti Kalda, Aleksandr Žarkovski.

Sikk, K., Haldre, S., Aquilonius, S.-M. jt (2013). *Manganese-induced parkinsonism in methcathinone abusers: bio-markers of exposure and follow-up*. European Journal of Neurology 20, 915–920.

Asser A, Taba P. (2015). *Psychostimulants and movement disorders*. Frontiers in Neurology 6, 75.

Pille Taba, Tartu ülikooli neuroloogia professor

EESTI LOODUS  horisont Eesti  Mets

Foto: Sven Zatek

Naudi hetki kodumaiste teadus- ja loodusajakirjade seltsis!

Esita tellimus 1.11.–18.12.2016 ja võida ajakirjade kõrvale **Põhjala teetalu tee või Loodusväe kodumaiseid mahetooteid.**

Iga nädal loosime välja **5 teepakki!**

10 mahetoodete kinkekomplekti Loodusväelt
loosime kõigi tellijate vahel välja 19.12.2016

Kampaania tingimuste kohta loe täpsemalt
www.loodusajakiri.ee

LOODUSVÄGI

PÕHJALA



TEETALU

autoriõigus MTÜ Loodusajakiri



EVE KASK

KAUKSI ÜLLE KIRÄNIK

Kuis om tiidüs mu ellu mõotanuq – vastuss om, et kõikaig mõotas. Tiidüs, teedüs, tiidmine om olnu ja om ütlemädä tähtsä.

Kögõ halusambalt näütäs iinemisele tiidüse ja tehnika arõnõmise vajadust vai häädüst iks halu ja haigusõga kokkoputtumine. Kuis tiidüs om joudnu pääigu halulda hambaravini ja kõiksugu kihäosadõ parandamise vai asõndamiseni om uskmaldaq lugu.

Võro filosoof, kiränik Madis Kõiv juhtsõ kunagi tähelepanu võro vanasõnalõ „Targalõ tulõ tark hädä ka kätte” ja tuu om ütlemädä kõva tarkus. Tark hädä tulõ kätte kui märgutami kloonmise tagajärgi üle vai kui masinamõistusõ mõistami liig inemisest kõvõmbas tetäq. Kirjanik, nigu ma

olõ piät ma kuuh umasugustõga luulõtama vai romaanõ vai näidendit kiroutama just noistsamust targutamise tagajärjel kätte tulnu tarku hätiga.

Võtami psühholoogiatiidüse arengu. Olõ olnu kah katsõh kos kaias, et kuis inemine värve vasta võtt. Huvitav. Aga kui kõik tuu tarkus tarvitadas tuu jaost, et kuis alaealidsile rohkõmp siidrid mahaq müvväq, sis tuu inämp hää olõ-õi. Kõiksugu psühholoogia – inemise mõotamise kunstõ sakõstõ tarvitadas inemiste vasta – meelitedäs näid liialt tarbima, sokutadas ja härgütedäs pangalainuq kaala.

Olõ iks inämbüste tiidüse saavutuisi tarvitamise puult. Kui verinuur kiränikuhakatis Mika Keränen tull Tartu ülikuuli, sis üteli tä et arvuti taadõ tä ei lääq mingil juhul. Ma sis küsse, et määne olõs maailm olnuq ja inimkond kui kiviao inemiseq olõs keeldunuq kivikirvõst kätte võtmast. Mi olõs iks vast ümbre välgust palama lüüd tulõ külmetänüq.

Tiidüs või mõnõl tiidüsalal vastavalt võimuvahetusõlõ är ka muttudaq. Võtami aoluutiidüs. Mina olõ sjoo maa põliselänik ja umakultuuri kandja. Olõ saanu perändüses umaq lätte ja lätidepäälse, uma puu ja kivisõnaq, sünni ja surmausüq, elusõnaq. Umõtõ pidi ma opma aoluuõpikust koolih, et kuis mi venelästega kuuh sõdisimi vainulikõ saksa rüütlide vasta. Minu suurõq latsõq opsõ opikust kuis mi võitlust nimetedi iks vabadusvõitlusõst. Nüüd tsorgatas mu latsõlatsilõ ette aoluuõpik, kos selgitedäs, et tenu toolõ et tulõ ja mõõga ja ristiga meid är orjastõti, mõistsõmi nüüd Euruupa Liitu saiaq.

Või võtami majandustiidüs. Alla 5000 inemise ei toheq üttegi valda jättä. Ei olõ majanduslikult võimõkas. Aga kui mi maal taha elädä ummi hõimõ maie pääl ja ummi esivanõmbid mäleten, kuiss tohes tiidüsega vehkin mi uma riik meid takistada? Kuiss või inemisi, nuuri mingi majandusõ juttõga kapatadaq Austraaliid, Ameerikid ja Põhjamaid piteh?

Tiidüs om hää asi, kui tedä hää eesmärgil arõnda. Aga kui tiidüst tarvitada parembide pommõ, tankõ vai püsse vällämärkmises, või tuu tiidüse areng väega hallus ollaq.

Tuuperäst om väega vajja arõnda hingetiidüsi, kirändüst, luulõt, tiätret, psühholoogiat. Um vaja, et inimkond olõs võimõlinõ vastutama uma tiidüse saavutuisiga ümbre käümise tagajärgi iist.

Tiidüs piät tiinmä ello! •

Sakslanna võitlus kasakaga

Vene keisririigi mõjuvõimsaimate valitsejate ringi kuulub Peeter I kõrval kahtlemata Preisimaal sündinud ja üles kasvanud Sophie Friederike Auguste – tulevane keisrinna Katariina II, kes valitses Vene riiki enam kui kolmkümmend aastat (elas 1729–1796, valitses 1762–1796).

Sophie Friederike Auguste sündis Anhalt-Zerbsti vürsti Christian Augusti perre 21. aprillil 1729. aastal. Oma suureks õnneks oli väike Sophie prints Karl Augusti sugulane, kellega Vene valitsejanna Jelizaveta I kunagi abielluma pidi, kuid kes enne pulmi õnnetuseks ära suri. Kunagise armastuse mälestuseks soostus keisrinna Jelizaveta I Preisi kuninga Friedrich II ettepanekuga kutsuda 14-aastane Sophie Vene troonipärija Karl Ulrichi (õigeusku ristituna Pjotr Fjodorovitši) pruudi staatuses Venemaale. Enne Pjotr Fjodorovitšiga kihlumist astus Sophie Friederike õigeusku ja sai venepärase nime Jekaterina Aleksejevna.

Ehkki noored abiellusid juba 1745. aastal, tõusis Pjotr Vene troonile alles pärast oma tädi Jelizaveta I surma. 1762. aastal Peeter III nime all riiki valitsema asunud tsaar ei armastanud oma naist ja kavatses ta kloostriisse saata. Selle vältimiseks korraldas Jekaterina, kes ilmutas erinevalt oma saksameelsest abikaasast sügavat huvi vene õigeusu ja kultuuri vastu, kaardiväelaste toel sama aasta 28. juunil riigipöörde, mille järel Peeter III tapeti.

Katariina II viis Vene riigis läbi suuri sisepoliitilisi reforme, sõdis edukalt türklastega ning kindlustas Peeter I loodud impeeriumi positsiooni võrdväärse liikmena Euroopa riikide seas. Suurim siseriiklik vapustus, millega Katariinal tuli oma valitsusajal silmitsi seista, oli sõjaväeteenistusest ärakaranud Doni kasaka Jemeljan Pugatšovi ülestõus. See puhkes 1773.

aastal, kui Pugatšov ennast imekombel surmast pääsenud Peeter III-ks kuulutas ning venelased ja teised impeeriumi rahvad omavoliliselt võimu haaranud „sõnakuulmatu abi-kaasa Katariina II“ valitsemise alt vabastada lubas. Pugatšovi kuulutatud vabaduse ja võrdsuse ideed – ei mingit seisuslikku ühiskonda ega mõisnike orjastust enam! – läksid talurahvale hästi peale ja mäss hakkas Volga-äärsetel aladel ning Uuralimaal jõudsalt levima.

Katariina II tajus ohtu ja kirjutas oma sõbrale Voltaire'ile, et „markii Pugatšov“ – nagu ta kasakat naljapärast kutsus – võib sõjakäiguga Peterburi peale tulla. Tekkinud oli olukord, kus sakslannal tuli Vene impeeriumi trooni pärast sõdida kasakaga.

Mässu saadeti maha suruma eriüksus, mida juhtis ohvitser Johann von Michelson. Valitsusväed pidasid kasakate ning nendega liitunud baškiiride ja talupoegade vastu maha mitmeid edukaid lahinguid ning 1774. aasta sügisel õnnestus Michelsonil Tsaritsõni (tänapäeva Volgograd) all puruks lüüa Pugatšovi peajõud. Pugatšov ise jäi aga vabadusse, nii et ülestõus võis uuesti puhkeda. Lisajõudude eesotsas saadeti Michelsonile appi toonase Venemaa tuntuim väejuht Aleksander Suvorov, kes langetas tänu oma rikkalikule kogemustepagasile, mille ta oli saanud Poolas konföderaatide vastu sõdades, õige otsuse. Suvorov andis kasakatele valida: kui nad annavad oma mässumeelse ninamehe välja, antakse neile amnestia, vastasel juhul aga hävitatakse nende majapidamised ja pered. Pugatšovi lähikondlased otsustasid oma juhi kinni võtta ning 10. septembril 1775. aastal algas raudpuuri pandud Pugatšovi teekond Moskva poole, kus ta koos viie teise kasakapealikuga hukati.

Sakslanna võitis niisiis troonile pürginud kasakat ning seda võitu aitas vormistada väidetavalt Eestimaaalt pärit mees Johann von Michelson. •

✍ Jüri Kotšinev, ajalooürija



WIKIPEDIA

Vassili Perovi maal „Pugatšov mõistab kohut“ (1879)

FOTOVÕISTLUSE „PILVEPIIR 2016” PARIMAD PILVETABAMUSED

Selle aasta juulis kuulutas ajakiri **Horisont** koos ilmaportaali ilm.ee, ilmablogi „Ilm ja inimesed” ja riigi ilmateenistusega välja suure pilvefotojahi „Pilvepiir 2016”.

8. novembril Tallinna teletornis toimunud konkursi lõpuüritusel selgusid parimad pilvepildid. Auhinnad said kolm žüriile, publikule, ajakirjadele Eesti Loodus ja Eesti Mets ning fotograafia arendus- ja koolituskeskusele kõige enam meeldinud fotode autorit.

„Pilvepiir 2016” osutus üle ootuste populaarseks ettevõtmiseks: konkursil osales 117 pilvehuvilist, kes esitasid võistlustulle ühtekokku 770 fotot. Ootuspäraselt esines pilvepildidel kõige enam värvilisi ja silmailu pakkuvaid loojanguid, rünkpilvi ja optilisi nähtusi. Samas polnud puudust ka pealtnäha igavatest ja tavalistest pilvedest. Erilistest piltidest jäid mulle ja teistele konkursi korraldajatele ning žüriiliikmetele silma näiteks pilvelumestused ja helkivate

ööpilvede ehk polaarmesosfääripilvede fotod. Viimaste seas oli eriti muljetavaldav Janek Pärna foto, millele on õnnestunud haruldase nähtusena jäädvustada Kelvin-Helmholtzi laineid helkivates ööpilvedes.

Tuleb nõustuda žürii liikme, klimatoloog Ain Kallisega: „Seekord oli valiku tegemine väga raske: pärast esimest sorteerimist jäi sõelale üle 40 ilusa pildi, edasi umbes 30. Sealt püüdsin leida paremikku. Tänavu ei pandud rõhku pilvede määramisele. Palju oli pilvi, mis kunagi olid haruldased: helkivad ööpilvi, *mammatus*’i (udarat meenutav ümarate „rippuvate paunadega” rünk-sajupilv – *toim*), Kelvin-Helmholtzi pilvi (pilvelained – *toim*) ja isegi *asperatus*’i (lainelised kihtrünkpilved – *toim*). Valikut mõjutas kindlasti see, kui pildil oli määratud pilveliiik või -nähtus ja sel oli vaimukas allkiri. Efektse rull- või riulpilve pildistamisest ja pildi nimetamisest lihtsalt „Pilveks” jäi väheks.”

„Pilvepiir 2016” üldvõitjad sõeluti välja eelvalikust, kuhu jäi pisut alla 200 foto.

Nende hulgast valis iga žüriiliige 20 lemmikut ja andis neile punkte ühest kahekümneni. Iga liikme punkte kokku arvutades selgusidki võitjad.

Laekunud fotodest tegi eelvaliku kolme-liikmeline žürii koosseisus Ulvar Käärt (Horisondi peatoimetaja), Ellu Vibur (ilm.ee toimetaja) ja Jüri Kamenik (pilveekspert, blogi „Ilm ja inimesed” pidaja). Lõppvooru pääsenud pilte hindas fotograafidest ja pilveasjatundjatest koosnev žürii, kuhu kuulus lisaks siinkirjutajale fotograaf Arno Mikkor, fotograafia arendus- ja koolituskeskuse esindaja Jaak Kadak, keskkonnaagentuuri riigi ilmateenistuse peaspetsialist Ain Kallis ja ilmateenistuse ilmavaatluste osakonna peaspetsialist-meteoroloog Ene Tillmann.

„Pilvepiir 2016” võidufoto osas olid žüriiliikmed igati üksmeelel. Selleks osutus Janek Pärna „Kelvin-Helmholtz mesodel Simunas” – tõeliselt põnev, efektne ja ainulaadne pilt! •

 **Jüri Kamenik**, pilveekspert, Tartu ülikooli doktorant



Üldvõitja, 1. koht.
Kelvin-Helmholtz mesodel
(1.08.2016, Simuna). Janek Pärn.
Haruldane, väga põnev ja efektne pilt Kelvin-Helmholtzi lainetest helkivates ööpilvedes



2. koht. Pilvesau (18.10.2015, Hiiumaa, Kukka). Viuu Härm-Rummo.
Erakordselt jõulised ja säravad värvid, tabav pealkiri – see kandiline sauakujuline pilv on kiudrünkpilvede kogum, mis võib-olla on tekkinud lennukist (joonpilv)



3. koht. Äike (13.07.2014, Muhu, Simiste). Kalmer Saar.
Küllaltki dramaatiline vaatepilt – riulpilvega rünk-sajupilved (*Cumulonimbus arcus*), lisaks päevasel ajal fotole saadud välk, mis teeb selle tabamuse haruldaseks



Ajakirja Eesti Loodus auhind.

Pilvelaev (20.08.2016, Suurupi). Kadi Soo.

Suurepärane pilvelumestuse eksemplar. Fotol paistab silma muustrilisus; lumestuse alumise piiri kohal olevad pilvejätked (jääkristallid) meenutavad ilustulestikuga allalangevaid sädemetompe



Ajakirja Eesti Mets auhind.

Helkivad unenäod (14.07.2016, Ülenurme). Kadi Soo.

Pildil on helkivad ööpilved ehk polaarmesosfääripilved – vast üks suuri- maid vaatamisväärsusi Eestimaa suveöötaevas. Kadi on jäädvustanud kena panoraamvaate nendest öistest kaunitaridest, pildi väärtust tõstab ka peegeldus veepinnal



Fotograafia arendus- ja koolituskeskuse auhind.

Varjupaik (6.01.2016). Päivi Palts.

Ebamaine ja müstiline pilvepilt. Selline auramisudu (kihtpilved vee- pinna kohal) tekib väga suure veepinna- ja õhutemperatuurierinevuse korral – tavaliselt on siis õhus külma 20 kraadi ja enamgi. Taamal on näha kihtrümpilvi, ühtlane hallikassina on ilmselt selge taevast



Publiku esimene lemmikpilt.

Lõomav vaade Tallinnale (10.01.2016). Päivi Palts.

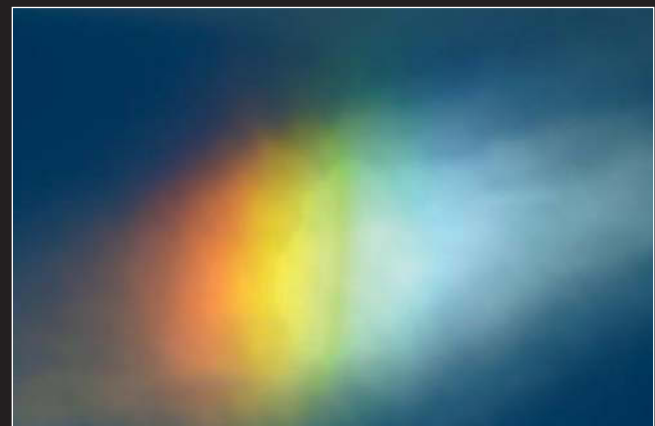
Loojangupildile lisab mitmekesisust Tallinna siluett, kõrgrümpilved, mis on foto ülaosas üle läinud ilmselt kõrgkihtpilvedeks, ja kihtpilved (auramisudu) pakaselise ilmaga avatud veepinna kohal – peen udu- romantika



Publiku teine lemmikpilt.

Positiivne pilv-maa-välg (3.07.2016, lisaku). Aigar Telling.

Kuigi pilt on sünye ja võib-olla ei jäta paljudele kuigi head visuaalset muljet, on välgu tabamine päevasel, st valgel ajal fotole (mitte video- kaadriks) haruldane sündmus. Lisaks on tegu selle suve tugevaima ja purustavaima piksega, mis tuiskas kõigest paari tunniga üle kogu Ida-Eesti



Publiku kolmas lemmik.

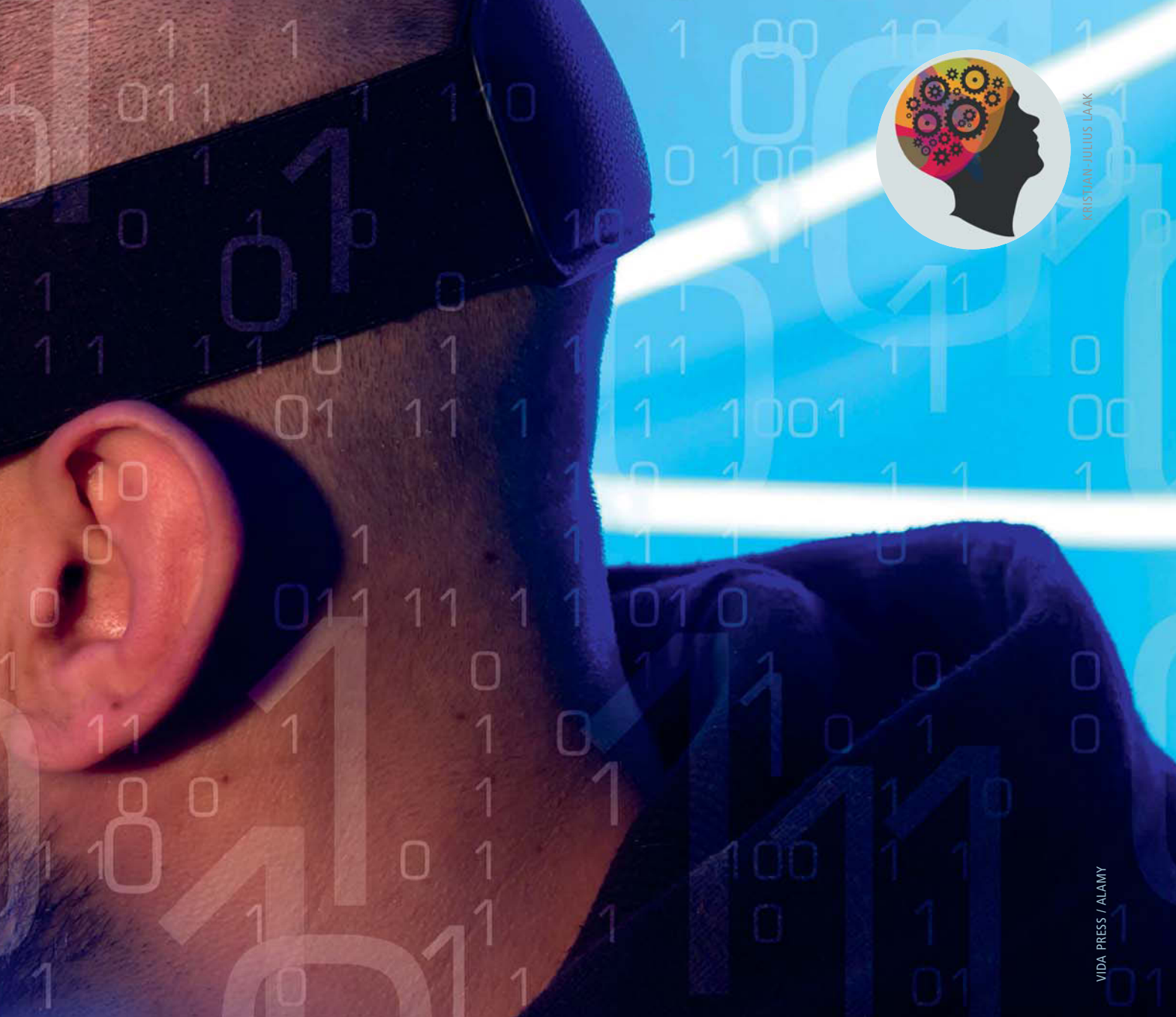
Ebapäike (6.09.2016, Jõgeva). Raikki Luik.

Mõnes mõttes ei ole tegu pilvepildiga, sest väga ilusate ja selgete värvidega on jäädvustatud optiline nähtus – ebapäike ehk valepäike ehk päikesesapp. See on üks halo vormidest. Foto taustal mängib põhirolli ikkagi pilvemass (kiudpilved), mis koosneb jääkristallidest. Valgus paistab neile peale ja tekibki selline kena nähtus



MADIS VASSER, KRISTJAN-JULIUS LAAK, JAAN ARU

VIRTUAALREAALSUSEGA AJU MÕISTATUSTE KANNUL



1968. aastal meisterdas ameerika arvutiteadlane Ivan Sutherland kummalise prillipaari, mis suutis jälgida selle kandja liigutusi ning kuvada vastavalt pea asendile õige perspektiiviga lihtsaid virtuaalseid stereokujundeid ehk kolmemõõtmelisi ristkülikuid ja kuupe. Tehnilistel põhjustel labori laest alla rippuv seadeldis sai hellitavalt Damoklese mõõga nime. Tegemist oli esimese sammuga täieliku meelepette ehk Sutherlandi sõnastuses „ülima kuva” suunas. Virtuaalreaalsus oli sündinud. Täna oleme jõudnud punkti, kus sarnase põhimõttega prillipaare on võimalik soetada juba igaühel, kel taolise teema vastu vähegi huvi. Kuigi laiatarbekauba staatuseni on veel pikk tee minna, on just 2016 see aasta, mil virtuaalreaalsus (VR) jõuab tasapisi inimeste teadvusesse. Aga ka vastupidi – teadvus jõuab virtuaalsusesse!

TEEKOND kohmakast Damoklese mõõgast tänapäevaste kompaksete keevitusprillilaadsete VR-seadmeteni ei ole olnud sugugi sirgjooneline. Tehnoloogia järjekindla progressi tulemusena olid üheksakümnendate aastate alguseks teadusringkondades liikvel umbes tänapäevase kujuga prillid, kuid nende sisu ning tarkvara lubasid kogeda vaid väga kandilist ning tavareaalsusega võrreldes märgatavalt madalama kaadrisagedusega tehistõelisust. See aga ei heidutanud mitmeid firmasid loomast sadadesse tuhandetesse dollaritesse ulatuva maksumusega seadmete kõrval ka taskukohasemaid, kuid tunduvalt kehvema kvaliteediga kommertsilahendusi.

Järgnenud paratamatu ebaedu kinistas uskumuse, et VR on kas odav ja äärmiselt halb või kallis ja keeruline kogemus. Olukord muutus aga käesoleva kümnendi alguses, mil nutitelefonide ekraanid ning nende pardal olev

arvutusvõimsus lubasid uurijatel hakata looma suurusjärgu võrra soodsamaid ning oluliselt inimsõbralikumaid süsteeme.

Uute VR-toodete peamised kasutajad ei ole muidugi ajuteaduse mõistatusi ründavad teadushuvilised, vaid videomängude arendajad ja mängijad. VR on viimastel aastatel olnud tõusuteel paljuskki tänu selle tehnoloogia populaar-

Umbes kolmandik inimajust on seotud nägemisteabe töötlemisega ja seega on VR-seadmete abil nägemismeelt osavalt pettes võimalik tekitada inimeses ehtne tunne kohalolust tehistõelisuses.



WWW.OCULUS.COM

Tänapäevased esimese generatsiooni kommertsseadmed kasutavad OLED-ekraane (orgaaniliste valgusdiodidega ekraanid, milles kiirgavaks elektroluminesentsseks kihiks on orgaaniline ühend) ning täpset optilist positioneerimist



HTTP://DL.ACM.ORG/CITATION.CFM?ID=1476686

1968. aastal Ivan Sutherlandi meisterdatud virtuaalseid stereokujundeid kuvanud prillid ehk nn Damoklese mõõk. Kasutaja pea asukohta jälgiti mitmel viisil ning parasjagu sobivat virtuaalset vaatenurka kuvati elektronkiiretorude abil

setele meelelahutuslikele rakendustele – VR-prillide abil on kosmoses lendamine, ameerika mägedel rappumine, zombidega võitlemine või köögiviljade hakkimine tuntavalt lõbusam ja tõelisem kui teleka- või arvutiekraani taga.

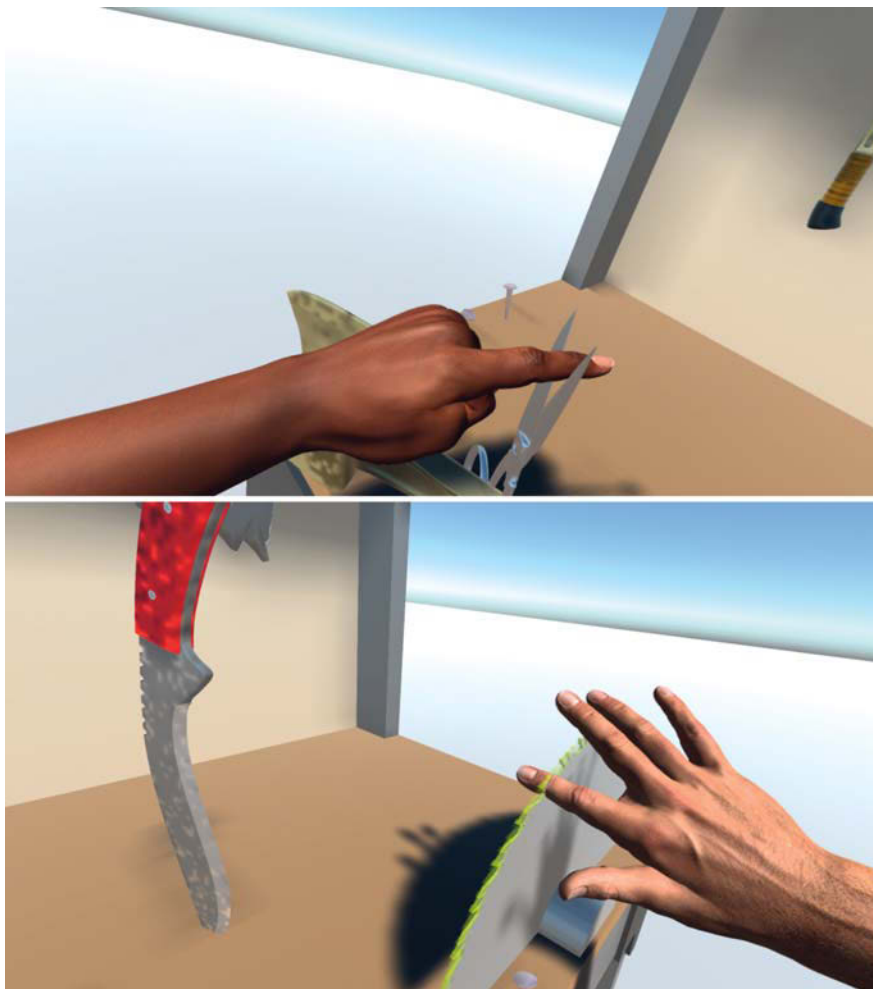
VR-tehnoloogial on ajuteadusega mitmeid vahetuid seoseid. Esiteks on muidugi just aju vastutav selle eest, et visuaalne VR-kuva on meile nii mõjus: umbes kolmandik inimajust on seotud nägemisteabe töötlemisega ja seega on VR-seadmete abil nägemismeelt osavalt pettes võimalik tekitada inimeses ehtne tunne kohalolust tehismaailmas. Teiseks on võimalik mängude loomist, VR-i ja ajuteaduse teadmisi ühendades luua uusi viise ajuhaiguste raviks ja neid võimalusi omakorda edasi arendada. Kolmandaks pakub VR võimaluse teha täiesti uut tüüpi eksperimente.

Saame virtuaalset kätt

Psühholoogilisi VR-eksperimente on ühes või teises vormis tehtud juba aastakümneid, ja seda väga erinevate nurkade alt. VR-ravimeetodite positiivset mõju on leitud näiteks erinevate psühholoogiliste häirete leevendamisel, olgu selleks posttraumaatiline stressihäire, depressioon või erinevad fobiaid. Ka meditsiinis on virtuaalseid maailmu rakendatud näiteks rehabilitatsioonis või alternatiivse valuleevendajana. Viimase puhul võib hea näitena välja tuua virtuaalse jäise ja lumise kanjoni, milles mängija avatar saab pidada lumesõda pingviinide ja lummemedega. Samal ajal on võimalik tohterdada patsiendi kehal valulikke põletushaavu. Sellistes olukordades ajuaktiivsuse pilte uurides on selgunud, et olles taolise kaasahaarava VR-meelelahutusega hõivatud, tajuvad inimesed selgelt väiksemat valutunnet.

On uuritud ka vastupidiseid olukordi. Andes näiteks kasutajale virtuaalsed käed ning matkides tõeliste jäsemete liikumist, on võimalik tekitada tunne, et digitaalsed käed ongi osa päris kehast. Üks viis selle testimiseks on küsimustiku täitmine, aga teine, (suhteliselt) ohutu variant on näiteks kasutaja virtuaalse käe mahasaagimine. Kui sellist teguviisi on juba lugeda üsna õõvastav, siis VR-katses on võimalik kõnealus olukorras päris käe pealt mõõta selgeid stressireaktsioone.

Kuna VR-tehnoloogia on viimastel aastatel üha kättesaadavamaks muutunud, on hakatud sarnaseid katseid tege- ma ka Maarjamaal. Esimesed doku-



Virtuaalreaalsus võimaldab tunda ennast veenvalt kellegi teise nahas

menteeritud tööd pärinevad möödunud aastast, kui uurisime Tartu ülikooli teadusrühmaga muuhulgas tähelepanu piiratud kolmemõõtmelises ruumis. Lõime poolrealistlikud virtuaalsed toad, kus katseisiku peapööramisega kaasnes mõne suure mööblieseme (tool, laud, kapp, lamp jne) kadumine või nähtavale ilmunine väljaspool nägemisulatust. Katses osaleja ülesanne oli toas ringi vaadata ning tuvastada, milline objekt mingis ruumis taolisi trikke teeb. Esmapilgul lihtsana kõlav ülesanne oli tegelikult üsnagi keeruline – neljandik muutusi jäi avastamata ning eduka tulemuseni kulus tavaliselt umbes pool minutit. Objektid, mille kadumist me oodata ei oska, võivadki märkamatult kaduma minna! Sel aastal kompasime aga virtuaalsetes koridorides teatud mäluhõlmade piire ning manipuleerisime inimeste kehataju, muutes nende jäsemeid nähtamatuks (vt teemakasti) või andes osalistele

virtuaalselt kaheksa kätt (hellitavalt sai see projekt nimeks „inimkaheksajalg“).

Virtuaalreaalsusega aju kallal

Virtuaalreaalsus lubab aga teha veelgi rohkemat. Olles vabad igasugustest füüsilistest ja finantsilistest piirangutest oma katsekeskkondade kujundamisel,

VR-ravimeetodite positiivseid mõjusid on leitud erinevate psühholoogiliste häirete leevendamisel, olgu selleks posttraumaatiline stressihäire, depressioon või erinevad fobiaid.



Virtuaalreaalsuse abil saab läbi viia psühholoogilisi katseid, mis polnud tehnoloogilistel põhjustel varem võimalikud. Jälgides käe asukohta ruumis, kuvasime käe taha jäävasse piirkonda liikuvaid objekte, kuid katseisikud oma kätt virtuaalmaailmas ei näinud

Tänaval inimeste vahel liiklemine või pubis klaasi tõstmine tunduvad lihtsad ja lausa igavad tegevused. Samas oleks häiriv, kui iga kord õlut rüübates oleksime hirmul meie suule hoogsalt läheneva objekti – õllekannu – ees. Kuidas aju eristab oma keha liikumist teiste põhjustatud liikumisest? Visuaalsele tajule toetumise asemel on ajal palju otstarbekam ennustada ette oma keha liikumist ja sellega põhjustatud muutusi maailmas. Teooria järgi kasutab aju sellist ennustust, pidurdamaks enda liikumisest põhjustatud muutuste taju. Näi-

teks on terve inimese aju jaoks ebahuvitav enda käe puudutus, mille tõttu on tervetel inimestel raske ennast kōiditada.

Tartu ülikooli arvutusliku neuroteaduse laboris läbi viidud VR-katsetes näitasime, et aju tõesti ennustab ette oma jäsemete liikumist ja pidurdab liikumise tunnetust vastavas visuaalse nägemisvälja piirkonnas. Katsealustele kuvati suur hulk horisontaalselt liikuvaid objekte, mille seast paluti võimalikult kiiresti tuvastada üks vertikaalselt liikuv objekt. Samal ajal pidid katseisikud liigutama kätt oma nägemisväljas.

Käeliikumise samal ajal jälgisime uudsete VR-seadmete abil käe asukohta ruumis ja kuvasime osadid vertikaalselt käe taha liikuvaid objekte. Seejuures on oluline, et katseisik ei näinud oma kätt virtuaalreaalsuse keskkonnas. Uuringust selgus, et katseisikud tuvastasid käe taha jäävaid objekte teiste objektidega võrreldes aeglasemalt, kuigi nägemisväli ei olnud kuidagi varjatud. Tänu VR-tehnoloogiale saime peita käe liikumise ja kuvada katseisikutele ainult katsekeskkonda. •

saame reaalsuse simuleerimise asemel minna ka teist teed, luues aju jaoks täiesti uusi ja ootamatuid olukordi.

Igapäevatoimetused tunduvad lihtsad, kuid nad põhinevad aastakümnete pikkusel kogemusel objektide, inimeste ja maailmaga. Teisisõnu, me ei sünni teadmisega sellest, millised objektid maailmas meid ootavad, mis häält nad teevad, mida ema-isa soovivad, kuidas inimesed solvamisele vastavad jne – suur osa kõigest, mis me teame ja oskame, on õpitud. Kuna maailm on laias laastus kogu aeg sama, on tavaolukorras hakkamasaamine inimeste jaoks kōikitegu. Tehistõelisuses saame aga muuta sealse maailma toimimise reegleid. Miks peaks gravitatsioon olema suunaga alla, kui see saaks olla hoopis

vasakule – astud päriselt sammu edasi, virtuaalreaalsuses liigud hoopis kaks tagasi; vaatad toas ringi ning näed, kuidas seinad kuju muudavad. Sellises olukorras on inimestel küll tohutult eelteadmisi maailma kohta, kuid need on suurel määral kasutud. Kuidas aju sellises väga uudses olukorras käitub? Just seda hakkame uurima praegu algavas projektis.

Virtuaalreaalsus annab teadlasele uusi võimalusi ajuteaduse suurte küsimuste avamiseks. Aimates paremini meie mõttemasina algoritme, saame arendada võimsamaid tehislukke süsteeme, aga ka seletada täpsemalt väga inimlikke nähtusi. Olgu nendeks siis meie tavaline ja teadvusküllane igapäevakogemus või selle häirunud versioo-

nid, nagu näiteks autism või skisofreenia. Teisisõnu rakendame keerulisi virtuaalseid maailmu selleks, et paremini mõista meie enda toimimist päriselus. •

 **MADIS VASSER** (1988) on Tartu ülikooli arvutiteaduse instituudi doktorant, kelle uurimisteemadeks on teadvusteooriad ja tähelepanu. Ta on osalenud mitmes tunnustatud teaduse populariseerimise projektis.

KRISTJAN-JULIUS LAAK (1991) on Tartu ülikooli arvutusliku neuroteaduse töörühma liige, kes uurib eksperimentaalselt ajufenomenide neuraalseid ja arvutuslikke korrelaate.

JAAN ARU (1984) on Tartu ülikooli teadur, kes uurib aju, tehismõistust ja inimese mõtlemist nii tööpostil kui ka kodus pere keskel.

NOPPIGEM VALKE!

Kuidas panna vabatahtlike abiga suures koguses „mürastest“ piltidest kokku kõrge lahutusega valgu mudel?

Elusorganismi tööks vajalike keemiliste protsesside sujuva kulgemise tagavad suures osas valgud. Valkude uurimisel on oluline teada nende kolmemõõtmelist kuju. Kogenud bioloog suudab huvialust valku vaadates tihti puhtalt viimase väljanägemise järgi üsna hästi ära arvata, millega too tegeleb.

Senini valgu kuju mõõtmiseks laialdaselt kasutatav röntgenkristallograafia on üsna kapriisne vahend, meetodi töölesaamisele kindla valgu peal võib teinekord kuluda aastakümneid.

Alternatiivina õnnestub teinekord valk kas arvuti või vabatahtlike abil käsitsi kokku voltida (vt „Voltigem valke!“ Horisont 3/2015) kuid sealjuures ei saa kunagi lõplikult kindel olla, et leitud kuju ka tegelikkusele vastab.

Selgub, et valgu kuju saab mõõta ka teistmoodi, pildistades elektronmikroskoobiga õhukese kihina jäätatud valke. Mõõtmise tulemuseks on palju uduseid ülesvõtteid kaamera suunas juhuslikult asetsevatest valkudest. Automatiseeritud andmeanalüüs nopib seejärel kaadritelt välja üksikud objektid ning vorbib nendest kokku kõrge lahutusega kolmemõõtmelise mudeli. Krüo-elektronmikroskoopia (ingl *cryo-electron*

microscopy, cryo-EM) sobib eriti hästi just bioloogide jaoks huvitavate suurte valkude mõõtmiseks ning on märksa kiirem ja töökindlam kui senimaani kasutatud röntgenkristallograafia.

Krüo-elektronmikroskoopia hiljutine edu on tingitud mitmest väiksemast läbimurdest. Näiteks eelmise sajandi 1980. aastatel leiti, et teatud viisil etaanis jäätamine jätab valgud terveks, hoides need samas pildistamise ajal paigal. Paar aastat tagasi suured elektronmikroskoopide tundlikkust märkimisväärselt parandada, mis tõstis tublisti meetodi lahutusvõimet.

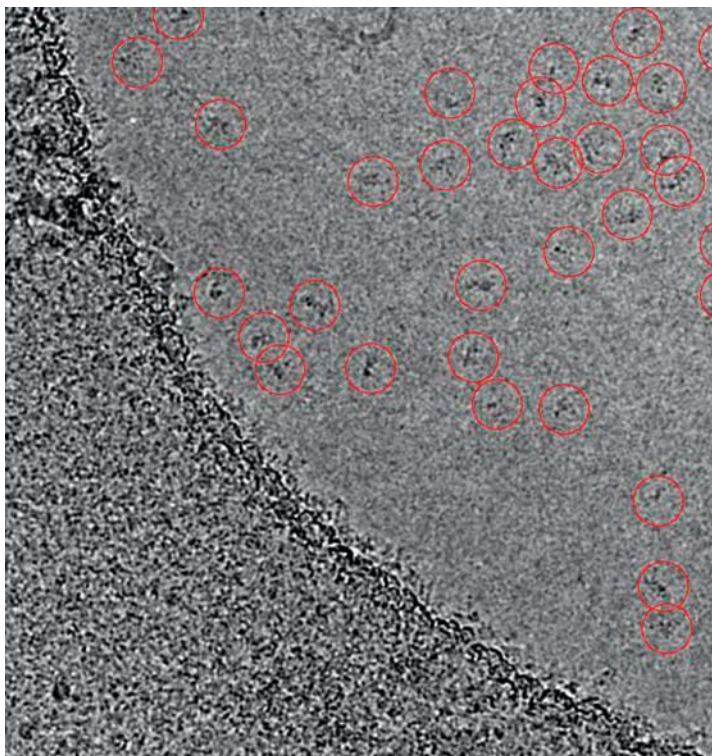
Krüo-elektronmikroskoopia arendatakse jätkuvalt edasi, näiteks uuritakse



erinevaid meetodeid pildile jäänud üksikute uduste valkude väljanägemiseks. Muuhulgas katsetatakse seda veebilehel „Microscopy Masters“ ka igameheteadlastega. Huvilisele näidatakse elektronmikroskoobi ülesvõtet, lastes neil ära märkida „eraldiseisvad väikesed tumedad kühmud“ (vt joonis). Tegu on üsna „müraste“ andmetega – ka kogenud bioloog nopib sama kaadrit kaks korda vaadates mõlemal korral üles umbes pooled kühmud. •

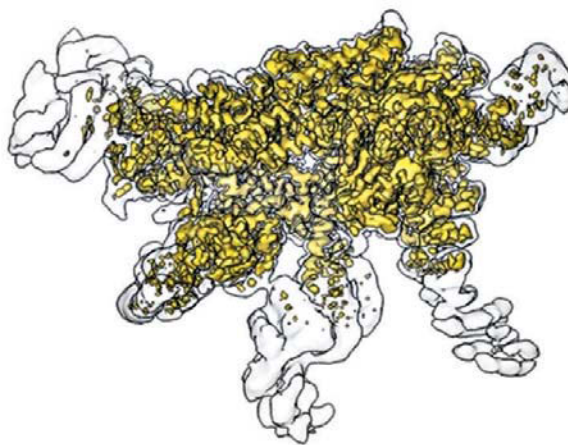
 Jürgen Jänes on arvutusbioloogia doktorant Cambridge'i ülikoolis.

<http://www.zooniverse.org/projects/jbrugg/microscopy-masters>



➊ Näidiskaader Microscopy Mastersi andmestikust, punased ringid tähistavad kolmemõõtmelise rekonstrueerimise jaoks sobilikke üksikuid eraldiseisvaid valke

ALLIKAS: MICROSCOPY MASTERS



➋ Näide krüo-elektronmikroskoopia abil saadud kolmemõõtmelisest mudelist (valke lagundava 26S proteasoomikompleksi „kaas“)

ALLIKAS: DAMBACHER ET AL. ELIFE 2016

VLADISLAV IVANIŠTŠEV, LONA-LIISA PRUKS

PIKK TEE VEEBIPÕHISE KEEMIAOLÜMPIAADINI

1993. aasta alguses tegi Riia tehnikaülikooli dotsent Gunnars Rumba ettepaneku korraldada Eesti, Leedu ja Läti koostöös Balti keemiaolümpiaad (BKO). See initsiatiiv pani alguse pikale traditsioonile ja viis meid tänapäevase Eesti keemiaolümpiaadi süsteemini.

2009. aasta BKO-l sattusid kokku Eesti, Leedu ja Läti noored mentorid (vastavalt Vladislav Ivaništšev, Bernardas Morkunas ja Kaspars Veldre), kes otsustasid käima lükata koolinoorte kaugolümpiaadi ehk Balti keemia-võistluse (BKV). Maailmas korraldatakse kaugolümpiaade nii rahvusvahelise keemiaolümpiaadi ettevalmistus-tsükli (näiteks Argentiinas ja Kanadas) ja rahvuslike olümpiaadide (Saksamaal, Taanis, Tšehhis, Slovakkias) osana kui ka iseseisva võistlusena (Интер-Химик-Юниор Venemaal).

Huvitavate pealkirjadega ülesanded
 Esimene kogemus 2009/2010. õppeaastal peetud Balti keemia-võistlusest

oli hea. Võistluse eesmärk oli anda keemiast huvitatud õpilastele täiendav võimalus oma võimeid proovile panna. Kuna ülesannete lahendamisel võis kasutada abimaterjale, koostati ebaseandardised ja tavalisest keerukamad ülesanded. Esimesel võistlusel osales 33 õpilast, neist 19 Eestist. Võitjaks oli Tallinna Õismäe vene lütseumi 12. klassi õpilane Gleb Široki, teine ja kolmas olid Vladimiras Oleinikovas Leedust ja Laura Avena Lätist. Järgnevad BKV-d koosnesid mitmest voorust, kuhu olid oodatud osalema nii põhikooli- kui gümnaasiuminoored. Eesti õpilaste tulemusi võeti arvesse ka BKO võistkonna valimisel. Parimatele BKV-l võistelnutele olid välja pannud hinnalised auhinnad peasponsorid Biosan ja Grindeks.

BKV-le on märkimisväärselt toetust avaldanud Eesti keemiaolümpiaadi pikaajaline žürii esimees, dotsent Uno Mäeorg. Tema 2010. aasta aprilli Horisondis ilmunud artikli pealkiri ilmestas kenasti BKV algusaastaid: „Uued tuuled hästi toimivas süsteemis“.

Autorid panid ülesannete koostamisel tõesti rõhku erilisele. Erinevalt tavalisest olümpiaadist anti iga BKV vooru ülesannete lahendamiseks nädalaid, sest ülesanded olid mahukad ja sisukad, mis tähendas, et õpilastel oli vaja vastavalt ülesande teemale otsida koolis õpitule juurde lisainfot. Mõned ülesanded olid eriti huvitavad, mis kajastus ka nende pealkirjades: *Chanel N5, Quantum observations due to laser cooling, Everyone loves spectra, Chemistry of Ice Hockey, Let's dissolve!, Hard rock café!, Charm of physical chemistry, Searching for secrets of superman* jpt.

Veebipõhine võistlus tõi palju osalisi

BKV ülesannete lahendused tuli algusaastail saata elektrooniliselt, kuid vastuseid kontrollisid ülesannete autorid ise. Kuna võistlusel osalejate arv on aasta-aastalt kasvanud, on kontrollimine muutunud aina aeganõudvaks. Just seetõttu jäi BKV aastatel 2014 ja 2015 toimumata. Tuleb mainida, et üks voorudest, mis kujutas endast testi, on toimunud veebipõhisel juba varemgi, ning selle vastuseid oli võimalik kontrollida automaatselt. Internetis on toimunud sarnaseid võistlusi ka teiste riikide eestvedamisel (näiteks *Cambridge Chemistry Challenge* Suurbritannias). Kuid seni on täielikult veebipõhine olümpiaad toimunud ainult 2016. aastal Lätis, kus tavalise olümpiaadi ülesanded kohandati Moodle-keskkonnale. See võimaldas ka süsteemipoolset automaatset hindamist. Niiviisi korraldati Lätis piirkonnavor, millest võttis osa üle 1000 õpilase.

Selle kogemuse põhjal otsustasid BKV algatajad muuta võistluse formaadi veebipõhiseks. Sel aastal toimub BKV uue näoga Moodle-keskkonnas, mis on kättesaadav aadressil <http://skolas.lv/course/view.php?id=1204>. Soovitame kõigil huvilistel kätt proovida, sest see on suurepärane võimalus teha tutvust natuke teistsuguse „maitsega“ ülesannetega.



ERAKOGU

Eesti võistkond XLII rahvusvahelisel keemiaolümpiaadil aastal 2011: (vasakult) Vladislav Ivaništšev (mentor), Eva-Lotta Käsper, Katrina Sepp, Julia Tšegjakova, Taivo Pungas ja Uno Mäeorg (mentor). Kõik õpilased osalesid ka esimesel ja teisel Balti keemia-võistlusel

BALTI KEEMIAVÕISTLUSE TULEMUSED AASTAIL 2009–2012

Osavõtja	Riik	BKV tulemus	BKO tulemus	RKO tulemus
2009/2010 ÕPPEAASTA				
Gleb Shiroki	Eesti	I	1	Kuld
Vladimiras Oleinikovas	Leedu	II	9	Kuld
Laura Avena	Läti	III	18	–
Emilis Bruzas	Leedu	IV	5	Pronks
2010/2011 ÕPPEAASTA				
Sigitas Mikutis	Leedu	I	8	–
Emilis Bruzas	Leedu	II	3	Pronks
Jurgis Kuliesius	Leedu	III	17	–
Taivo Pungas	Eesti	V	6	Pronks
2011/2012 ÕPPEAASTA				
Jevgeni Merežin	Eesti	I	–	–
Georgijs Trenins	Läti	II	1	Hõbe
Nikita Korhonen	Eesti	III	–	–
Taivo Pungas	Eesti	IV	8	Pronks

Esimese kuue Balti keemiaõistluse tulemused aastail 2009–2012 võrdlevalt Balti keemiaolümpiaadi ja rahvusvahelise keemiaolümpiaadi tulemustega. Alates teisest korraldusaastast osalesid Balti keemiaõistlusel ka õpilased väljaspoolt Baltikumi. Õppeaastal 2012/2013 polnud esikuues ühtegi Eesti, Leedu või Läti õpilast. Täpsemad tulemused koos ülesannete ja lahendustega on esil veebiaadressil <http://eko.olunet.org/rko/bchc/>

Eelmiste võistluste tulemuste tabelist on näha, et BKV võitjate hulgas on ka rahvusvaheliste olümpiaadide võitjaid. Traditsioonilistel olümpiaadidel on aeg piiratud, mistõttu on äärmiselt oluline ülesannete lahendamise kiirus ning praktilises voorus eksperimentide läbiviimise oskus. BKV on täielikult teoreetiline võistlus ning iga ülesande lahendamise käigus võib mõttetöö kesta nädalaid. Nii on BKV võitjate hulgas ka neid, kes pole nii edukad rahvusvahelistel olümpiaadidel, kuid meie teada jätkavad edukalt oma karjääri teaduses. •

 **Vladislav Ivaništšev**, Tartu ülikooli füüsikalise ja elektrokeemia teadur, 2007. aastast rahvusvahelise keemiaolümpiaadi mentor, 2016. aastast peamentor ja keemiaolümpiaadi žürii esimees.

Lona-Liisa Pruks, 2012. ja 2013. aasta rahvusvahelise keemiaolümpiaadi osavõtja, 2016. aasta rahvusvahelise keemiaolümpiaadi mentor ning 2016/2017 õppeaasta Eesti keemiaolümpiaadi korralduskomisjoni esimees. Õpilasesena osales neljal Balti keemiaõistlusel.



EVA-MARIA TÕN SON

13. RAHVUSVAHELINE GEOGRAAFIAOLÜMPIAAD SÖÖGIPULKADE KODUMAAL

Kolmeteistkümnes rahvusvaheline geograafiaolümpiaad (iGeo 2016) toimus 16.–22. augustil Hiinas Pekingis.

Eesti võistkond moodustati maikuus toimunud vabariikliku geograafiaolümpiaadi tulemuste alusel. Sinna kuulusid Paide gümnaasiumi 12. klassi lõpetanud Kaarel Siimut ning Hugo Treffneri gümnaasiumi 10. klassi õpilased Kati Iher, Joosep Kaimre ja 11. klassi õpilane Eva-Maria Tõnson. Võistkonda juhendasid Tallinna ülikooli maastiku-uuringute teadur Anu Printsman ja Tartu ülikooli geoinformaatika spetsialist Edgar Sepp.

Vastata tuli inglise keeles

Erinevalt paljudest teistest rahvusvahelistest olümpiaadidest ei tõlgita iGeo ülesandeid õpilaste emakeelde ning kogu võistlustöö kirjutatakse inglise keeles. See on väljakutse osalevatele õpilastele, sest ülesanded nõuavad mõtete loogilist seletamist, kasutades selleks erialast sõnavara. Eesti võistkonna liikmeil oli enne Hiinas

võistlemist avanenud võimalus võtta osa Balti geograafiaolümpiaadist ning end seal võõrkeeles proovile panna.

iGeo neljal võistluspäeval korraldati kolm olümpiaadivooru: kirjalik töö, välitöö ning multimeediat. Kirjalik töö koosnes kuuest alateemast, mis omakorda sisaldasid nii arutlevatele küsimustele vastamist, nähtuste näitlikustamist kui ka graafikute mõistmist ning loomist. Tegemist oli põhjaliku teoreetiliste teadmiste kontrolliga, sest vastustest eeldati valdkondade süvitsi tundmist ning oskust oma seniseid teadmisi uuest vaatenurgast rakendada. See oli ka ainuke voor, milles žürii pidas tekstiloome kiirust niivõrd määravaks, et inglise keelt võõrkeele-na õppivad inimesed said ülesandeid lahendada pool tundi kauem. Sellegipoolest ei olnud ajaga priisata.

Välitöö vihmasajus

Välitöö põhines Pekingi Wangjingi linnaosa elamurajooni, Beixiaohe jõe ning Hongchang-Hongtai ristmiku olukorra hindamisel ja planeerimisel.

Alade kaardistamine kujunes elamuseks, sest kolme tunni vältel sadas tugevat hoovihma. Sellistes oludes oli väga keeruline A3-suurustele läbivõetud paberkaartidele märkmeid teha. Korraldajad lubasid andmeid koguda riikide kaupa ning siin avaldus Eesti võistkonna ühtekuuluvus. Üksteist abistati vihma eest varju pakkudes hetkedel, mil ka vihmajoped vett läbi lasksid. Sama päeva tulemuste vormistamine toimus siiski kuivas klassiruumis, kuid selleski voorus polnud ajasurvest pääsu.

Järgmisel päeval said võistlejad ülesandeks planeerida uued, jätkusuutlikud ning elukvaliteeti parandavad lahendused, võttes arvesse eelmisel päeval tähele pandu. Transpordivaldkonnas pani eestlasi muhelema Eesti meediast tuttav info Hiina ummikust ülesõitvast bussist. Kirjelduse abil pidi hindama innovaatilise bussi sobivust sellesse piirkonda.

Viimane pingutus tuli teha multimeediat, kus 40 küsimusele vastamiseks anti 45 minutit. Iga küsimust



Eesti õpilased (vasakult) Kaarel Siimut, Kati Iher, Eva-Maria Tõnson ja Joosep Kaimre Keelatud Linnas

oli illustreeritud kas foto, graafiku või videoga, mis tihti andsid loogilisi vihjeid õige valiku langetamiseks. Siiski leidis ka selliseid ülesandeid, mis panid suure osa võistlejaid kukalt kratsima. Üheks neist oli näiteks küsimus alasikujulise pilve koostise kohta.¹

Kodutöödki tuli esitleda

Tiheda võistlusgraafiku vahelduseks tutvustati osalejatele kohaliku piirkonna turismipärlid: Tiananmeni väljakut, Keelatud Linna, keisrite suvepaaleid ja Suurt Hiina müüri. Omal käel avastasime ka 2008. aasta suveolümpia kompleksi, Konfutsiuse templit, kohalikkude turgu ja kunstiapiirkonda. Esmase kultuurielamuse saime saabumispäeval ühes Pekingi restoranis õhtust süües. Seal sai selgeks, et

söögipulkadega söömisest (või selle oskuse omandamisest) pääsu ei ole. Olümpiaadi lõpuks oli juba välja kujunenud vilumus neid kasutada ning ka teadmine, et ahvatlev magushapukaste võib Hiinas tähendada lihtsalt suhkruga segatud ketšupit.

iGeo-l osalevatele õpilastele oli antud ka kodutöö, nimelt tuli postrina esitleda ühte oma riigis rakendatavat jätkusuutliku arengu lahendust. Eestlased tutvustasid Tartu linna transportisüsteemi ning korraldajad valisid selle rahvusvahelise geograafiauniooni (IGU) kongressi väljapanekule. Eesti IT-lahenduste üle olime uhked ka taasiseseisvumispäeval, 20. augustil peetud kultuuriõhtul, mil esitlesime ID-kaarti ja selle rakendusi.

Rahvusvahelisel geograafiaolüm-

piadil osales 173 õpilast 45 riigist. Eesti võistkond tõi iGeo-lt koju kaks medalit: Eva-Maria (34. kohaga) hõbe- ja Kaarel (51. kohaga) pronksmedali. Sel korral medalita jäänud 10. klassi lõpetanud Katil ja Joosepil on veel võimalus näidata oma geograafiateadmisi tulevast riiklikel olümpiaadidel ning säravate tulemuste korral esindada Eestit iGeo-l kas 2017. aastal Serbias või 2018. aastal Kanadas. Eesti õpilaste lähetamist rahvusvahelistele võistlustele rahastab haridus- ja teadusministeerium ning korraldab Tartu ülikooli teaduskool. •

<http://www.igeo2016.org/dct/page/1>
<http://www.geoolympiad.org>
kooligeograafia.ut.ee

Eva-Maria Tõnson, Hugo Treffneri 12. klassi õpilane, iGeo 2016 hõbemedalist.

AASTA ÕPPUR ON TUBLI OLÜMPIADIST RICHARD LUHTARU

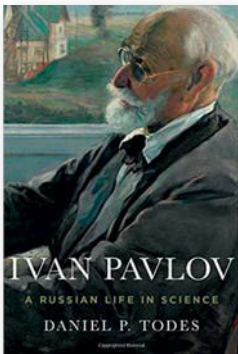
8. oktoobril Jõhvis toimunud aasta õpetaja galal kuulutati aasta õppuriks Hugo Treffneri gümnaasiumi 10. klassi õpilane Richard Luhtaru.

Eelneva aasta jooksul võitis Richard kuldmedali rahvusvahelisel loodusteaduste olümpiaadil Koreas, võistkondliku kuldmedali Euroopa Liidu loodusteaduste olümpiaadil Eestis, hõbemedali rahvusvahelisel bioloogiaolümpiaadil Vietnams, aukirja rahvusvahelisel matemaatikaolümpiaadil Hong Kongis ning võistkondliku 3. koha rahvusvahelisel matemaatikavõistlusel „Balti tee“ Rootsisis.

Palju õnne ja edu uutel olümpiaadidel, Richard!



Richard Luhtaru galapärasel koos Hugo Treffneri gümnaasiumi direktori Ott Ojaveeri (vasakul) ning inglise õpetaja Marcus Hildebrandtiga



Daniel P. Todes
IVAN PAVLOV:
A Russian life in science
 880 lk
 Oxford University Press, 2014

Daniel Todes on meditsiini-ajaloo professor Johns Hopkinsi ülikoolis, mis on andnud maailmale 36 Nobeli preemia laureaati. Tegu on kõige põhjalikuma (855-leheküljelise) ja asjatundlikuma Ivan Pavlovi elulooga, mis kunagi on kirjutatud. On märkimisväärne, et selle autoriks ei ole Pavlovi kaasmaalane, vaid ameerika ajaloolane, kes õppis ära vene keele ja veetis aastaid Venemaal, uurides allikaid, mis peale Nõukogude Liidu lagunemist muutusid korra kättesaadavaks. Tavaliselt teevad Venemaad uurivad lääne autorid vigu, mis tulevad halvast keeleoskusest või teise tsivilisatsiooni kehvast tundmisest. Ma lugesin Todesi tööd väga tähelepanelikult, kuid ei leidnud mitte ühtegi vääratust, mida tasuks ära märkida.

Pavlov oli kahtlemata väga värvikas isik ja väljapaistev teadlane. Tavaliselt elulookirjutajad armuvad oma kangelasesse, mis on peamiselt seletatav vajadusega õigustada kõiki neid aastaid oma elust, mis nad oma uurimisobjektile on pühendanud. Todesi kiituseks tuleb ütelda, et ta ei idealiseeri Pavlovit. Kohati on ta isegi väga kriitiline, andes lisaks kainele ülevaatele edasi ka värvika buketi veidrustest, eksimustest või isegi laustotrustest.

Katsed koertega

Minimaalne, mida lugejal on vaja Pavlovi kohta teada, on see, et ta sündis 1849. aastal Rjazani maavaimuliku noorima, üheteistkümnenda lapsena. Ta õppis Peterburis ülikoolis ja meditsiiniakadeemias, asudes peale õpinguid välismaal tööle eksperimentaalse meditsiini instituudis. 1904. aastal sai ta neljandal katsel Nobeli preemia meditsiini alal (tihedas rebimises Robert Kochiga, kes sai preemia järgmisel aastal). Eelmistel kordadel jõudis Pavlov küll lõppvooru, kuid kuna hindajad ei osanud nimetada temalt ühte konkreetset preemia väärilist avastust, siis lükkus preemia saamine järjest edasi. Nobeli preemia vääriliseks osutusid Pavlovi koerte peal tehtud katsed, mis selgitasid välja, kuidas toimub toidu seedimine. Mõnikord mainitakse, et Pavlovi edu tuli sellest, et ta leiutas parima viisi, kuidas kõhust välja toodud toru abil koguda maomahla. Kuid meditsiiniajaloolase Ilo Käbini abiga me teame, et õõnessondid võtsid kasutusele Tartu ülikooli professorid Friedrich von Bidder ja Carl Schmidt, kes kirjeldasid meetodit 1852. aastal ilmunud ühismonograafias¹.

Lihtsurelik tunneb Pavlovit anekdootide järgi, mis jutustavad koerast, kellel hakkab kellahelina peale sülg jooksuma. Tõepoolest, see tähelepanek, et sekretsiooni võib esile kutsuda mitte ainult toit, vaid ka mingi tinglik toiduga otseselt mitte seotud signaal, saab Pavlovi kogu järgneva elu sisuks. Kuid ka siin väidab Ilo Käbin, et „psühholoogilise“ sekretsiooni avastasid ammu enne Pavlovit tartlased Bidder ja Schmidt. Olgu selle prioriteediga kuidas on, kuid tingrefleksist (условный рефлекс) on saanud sümbol, mis identifitseerub üheselt Pavloviga².

Pavlov oli 69-aastane, kui võimule tulnud bolševikud konfiskeerisid tema Nobeli

preemia raha koos medaliga. Pavlov üritas Venemaal lahkuda, kirjutades uutele võimudele sellekohase palve. Lunatšarski toimetas Pavlovi kirja Leninile, kes leidis ilmselt õigusega, et ega Pavlov ka välismaal oma suud kinni ei hoiaks. Tulemuseks oli kuulus dekreet akadeemik Pavlovi elamistingimuste parandamiseks. Kuid ka see ei pannud Pavlovit vaikima. Ta jäi kogu eluks nõukogude võimu ja korra avalikuks kritiseerijaks, keda vangi ei pandud. Näiteks Lev Trotski püüdis Pavlovit õpetada, soovitudes oma kirjas akadeemik Pavlovil liita Freudi õpetus tema füsioloogia teooria üheks osaks (lk 500). Teisel päeval peale Trotskit kirja saamist oli Pavlov torisenud, et miks Trotski topib oma nina asjadesse, millest ta aru ei saa. Kolmandal päeval aga vangutas pead, et ikka huvitav, et esibolševik tema tööde vastu huvi tunneb.

Pavlov suri 27. veebruaril 1936. aastal. See juhtus aasta pärast seda, kui Leninigrad ja Moskva olid võõrustanud maailma füsioloogia kongressi, mille presidendiks Pavlov mõistagi oli. Seesama maailmakongress oli üheks peaprooviks nendele näidisüritustele, mida Nõukogude Liidus aeg-ajalt korraldati, et näidata, kui hea on elu tööliste ja talupoegade riigis. Nagu sellistel näidisüritustel ikka, voolas viin ojadena ja kalamarja söödi supilusikatega.

Väljapaistev psühholoog

Kuid Pavlovi vaim või see, mida mõned selleks pidasid, elas edasi ka peale tema surma. 1950. aastal toimus nn Pavlovi sessioon, mis kujutas endast kahe teaduste akadeemia – „suure“ teaduste akadeemia ja „väikese“ meditsiiniakadeemia – ühisistungit, mis suretas välja vähegi elujõulise teaduse, mida tehti füsioloogia või psühholoogia valdkonnas. Sisuliselt oli see teaduse tsenseerimine,

mis ütles, et Pavlovi terminitest tohib nähtuste kirjeldamiseks kasutada vaid tingreflekse ja paari teist kanoniseeritud mõistet. Minu kandidaaditöö juhendaja Vladimir Zintšenko – Tartu ülikooli audoktor – jutustas, et psühholoogiaüliõpilased aeti peale Pavlovi sessiooni koos arstitudengitega laipu lahkama. Mingit psühholoogiat polnud enam vaja, kuna kõik selektub niigi tingreflekside ja ajukoore tööga. Võib muidugi väita, et Pavlovi sessioon 1950. aastal ei saanud teadust väga pikalt mõjutada. Tegelikult oli selle laastav mõju psühholoogiale ikka veel tunda, kui ma Moskva ülikoolis 1976. aastal psühholoogia kandidaadikraadi kaitsesin. Minu VAK-i³ väljastatud psühholoogiakandidaadi diplom kannab numbrit 100, mis on tunnistus sellest, et Nõukogude Liidus oli psühholoogia just äsja taastatud iseseisva teadusvaldkonnana.

Kuna lühikeses arvustuses nii paksu ja sisukat raamatut ümber jutustada ei õnnestu, siis ma peatun valikuliselt kahel teemal, mis mulle muljet avaldasid.

Pavlovi Nobeli preemia järgne tegevus aju töö uurijana, tegelikult psühholoogina (mida näiteks eksperimentaalse neuroosi uurimine muud on kui psühholoogia), on kindlasti kõrgemalt hinnatud kui seedimisega seotud sekretsiooni uurimine, mis talle preemia tõi. Kahekümnenda sajandi kõige väljapaistvamate psühholoogide esisajas on Pavlov

¹ Käbin, I. (1998). *Eesti ajalugu arsti pilgu läbi*. Tartu: Ilmamaa, lk. 69.

² Todes (lk. 315) selgitas välja, kust sai alguse tingrefleksi viganne tõlge *conditioned* inglise keelde (õige on *conditional*). Nimelt on Pavlovi arvates olemas kahte liiki reflekse: tingimatud- ja tingrefleksid, mis tekivad tingliku, mitte loomuliku signaali peale.

³ VAK = kõrgem atestatsioonikomisjon, mis kinnitas või lükkas tagasi kõik juba kaitsstud Nõukogude Liidu teaduskraadid.

väga kõrgel 24. kohal⁴. Kusjuures eriti silmapaistev on Pavlovi staatuse psühholoogiaajaloost arvamusküsitluste tulemuste põhjal. Läänes oli ja on Pavlovi populaarsus psühholoogina kahtlemata suurem kui nende seas, kes teda originaalselt kuulda tahtsid, kuid sagedamini pidid lugema. Peale sunnitud armastuse tihtri kibe. Pean tunnistama, et ma pole kunagi Pavlovit ennast lugenud, kuigi tema „Valitud teosed“ ilmusid 1955. aastal ka eesti keeles. Kuid nüüd, rahulikumalt kauguselt vaadatuna, tundub Pavlov pigem kunstniku kui süstemaatilise teadlasena. Paljud tema teooriad põhinesid mõne staarkoera jälgimisel. Pavlov töötas sageli koos oma lemmikassistendiga, kellega koos nad sulgusid pikaks ajaks laboratooriumi. Kui teaduse tegemises on erinevaid stiile, siis Pavlov esindab kindlasti romantilist suunda, mis võib metoodilise perfektsuse järele janu- neva uurija ahistusse ajada.

Suveelu Sillamäel

Pavlovi sidemed Eestiga on arvatust palju tihedamad. Loomulikult on teada, et 1924. aastal valiti Pavlov Tartu ülikooli audoktoriks. Kindlasti on paljud mõelnud, miks on Sillamäel akadeemik Pavlovi tänav. Selleks on väga hea põhjus, kuna ajavahemikus 1892 kuni 1917 veetis Pavlov koos oma perega kõik suvekuud mere ääres Sillamäel (raamatus ka Silla-

miagi või Tiursel). Pavlovi suvila – datša (дача) – asus mitte väga kaugel Sõtkke (raamatus Sotke) jõest. Raamatus on kahel leheküljel neli pilti Pavlovi suveelust Sillamäel, kaasa arvatud majast, kus nad 26 aastat järjest kolm suvekuud veetsid. Tõdes pühendab Pavlovi suvekodu- le terve peatüki (lk 208–220).

Kuigi Sillamäe ei olnud nii noobel suvituskoht kui Meriküla ja Narva-Jõesuu (Gungenburg), siis ometi koondus ka sinna värvikas seltskond Peterburi suvitajaid. Tõdesi andmetel veet- sid oma suve Sillamäel näi- teks helilooja Pjotr Tšaikovski ja poeet Vjatšeslav Ivanov, kelle sama nimega pojapoeg on Tartu semiootikakool- konna üks kõige väljapaist- vamaid esindajaid. Pavlovi kõige lähemaks sõbraks ja Sillamäe kaassuvitajaks oli aga kunstnik Nikolai Du- bovskoi, kes oli üks esimesi peredvižnikuid, kes sai aka- deemikuks. Tema Eesti põh- jaranniku loodust kujutavad maalid – näiteks „Kodu- maa“ – võiksid olla kollekt- sionäride seas suures hin- nas. 2008. aastal müüdi Christie’si oksjonil üks tema pisike meremaal poole mil- joni dollari eest.

Datša ei ole lihtsalt maja, vaid nagu me Tšehhovi ja teiste vene kirjanike teostest teame, eluviis. Lisaks Pavlovi suurele perele kolis suveks mere äärde ka kokk ja kaks teenijat. Lisaks lakkamatule teejoomisele (samovaril ei lastud kunagi ära jahtuda) oli suveelu lahutamatuks

osaks kurnimäng (gorodki), aiatöö, lugemine, iga ilmaga meres ujumine, rattamatkad ja muud seltsielu vormid. Pavlov ostis kogu perele saksa rattad ja võttis vastu- meelselt vastu uuendusi, kui uutel mudelitel tekkis vaba- jook. Tõdes kirjeldab detail- selt, kuidas igapäevase rutii- ni käigus saabus esimesena piimamees, kellele järgnesid pagar, lihunik ja lõpuks kala- mees, kes tõi suitsukala. Hil- jem oli Pavlov veendunud, et tobeda revolutsiooni tõttu katkenud suvitamise traditsioon Sillamäel võttis talt ära võimaluse elada 100-aastaseks. Suvi oli pata- reide täitmise aeg!

Kuna kõigil mu sõpradel ja tuttavatel on suvekodud, mõnel isegi koos isikliku jär- vega, siis Tõdesi lugedes tek- kis mul mõte, et siin on üks joon, mis on meil venelaste- ga ühine. Igal juhul on see huvitav teema, kuidas võiks jagatud suvekultus integrat- sioonile kaasa aidata. •

 **Jüri Allik**, Tartu ülikooli eksperimentaalpsühholoogia professor

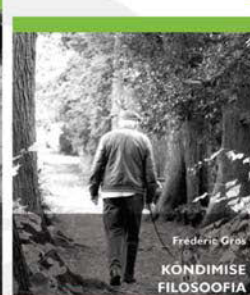
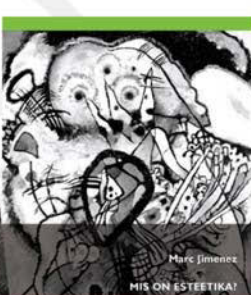
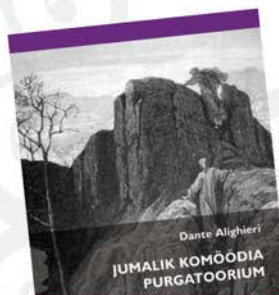
⁴ Haggbloom, Steven J. jt. (2002). The 100 most eminent psycholo- gists of the 20th century. *Review of General Psychology*, 6(2), 139–152. doi:10.1037/1089-2680.6.2.139



EESTI TUNDED. SÕNAPORTEED
Ene Vainik
327 lk
Eesti Keele Instituut/Eesti Keele Sihtasutus 2016

Eesti keele sihtasutuse (EKSA) asutas 1993. aastal eesti keele instituut. Siht- asutuse eesmärk on toeta- da ja soodustada eesti keele ja kultuuri uurimist ning aidata kaasa eesti keele kui riigikeele ja eest- laste identiteedi kandja iga- külgsele uurimisele ning hooldele. EKSA kirjastatud raamatutest enamiku moo- dustavad keeleteaduslikud teosed ja sõnaraamatud, lisaks on üllitatud ka eesti ilukirjandust ja maailma väärtkirjanduse tõlkeid. Nende enam kui 23 aasta vältel on EKSA välja and- nud sadu väärt raamatuid, mis on aidanud täita neid üllaid ja äärmiselt vajalikke eesmärgi.

Värskest on EKSA välja andnud poeetilise raamatu tunnetest ja sellest, kuidas me oma ja teiste tunnetest aru saame ning neid väljen- dame. Raamatu kirjutas suurepärane keele- ja kul- tuuritundja, keeleteadlane



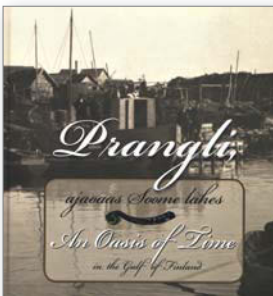
V Ä Ä R T U S T A T U D A E G

 **TALLINNA ÜLIKOO LI KIRJASTUS**

Ene Vainik, mis lisab teosele olulist teaduslikku kaalu. Juba see on nauditav, kuidas autor on valinud peatükkide ja alapeatükkide pealkirju – heas tasakaalus on poeesia ja teadus.

Raamatu tutvustuses kirjutab autor nii: „Mind paeluvad keele ja meele seosed. Need argised, kuid leidlikud viisid, kuidas me endi hinge salapärased sopid keele kaudu kuulda- vaks, nähtavaks ja mõni- kord lausa kombitavaks teeme. Näiteks tunnete piltlikud peegeldused ja kõverpeegeldused püsiväl- jendites, tundesõnade paaristantsud tekstis ning kõrvalehüpped teistesse tähendustesse. Sama põnev on minu jaoks ka tunde- sõnade päritolu jälgede ajamine, sõnade seiklused murretes või tähenduste transport läbi sajandite. Usun, et keelde peidetud minevikupärandid mõjutab meie arusaamu oma tunde- elust ning seeläbi kujundab meie võimalusi tänaseski maailmas.”

Igati paeluv ja mõtlema- panev raamat. •



Koostajad Külli Kuusk, Maivi Käräinen
PRANGLI, AJAOAAS SOOME LAHES
369 lk
Rannarahva Muuseum, 2016

Oktoobris esitles Viimsis asuv rannarahva muuseum järjekordset kogukat üllitist oma väikesaarte raamatu- sarjast. 2011. aastal ilmu- nud „Aksi – mereriik Tallin- na külje all” ja 2013. aastal välja antud „Kourduhed, pitskleidid ja meremiinid – mitmepalgeline Naissaar” järel on uues teoses üksik-

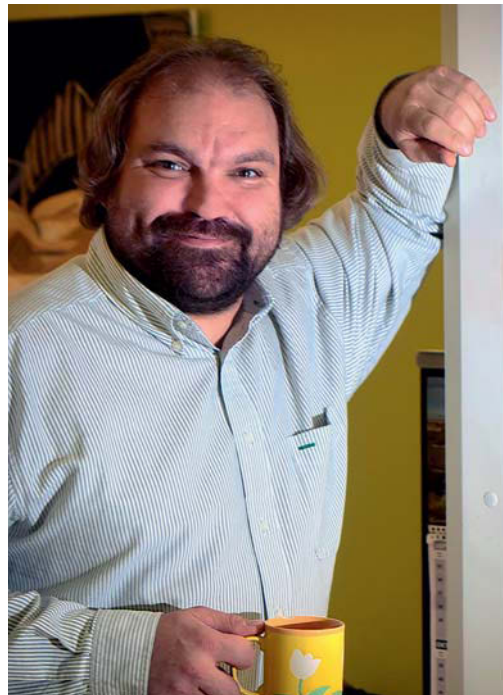
asjalikult luubi alla võetud järgmine Soome lahe saar – Prangli.

Saar on eriline selle poo- lest, et see oli ainus Põhja- Eesti saar, kust nõukogude- aegse piiritsooni tõttu elan- nikke ära ei aetud. Täpselt nii, nagu suletud piiritsoon aitas omal ajal inimtegevuse eest kaitsta Eesti ranniku- loodust, toimis see oma- moodi konservandina ka Pranglil. Paljuski just tänu pool sajandit kehtinud raud- sele eesriidele on saarel tä- naseni säilinud ehe ja oma- näoline väikesaare küla- miljöö, alles on muistsed talukohad ja -nimed. Väi- kese saare kohta on Prang- lil üllatavalt põnev lugu, mille kõikvõimalikest tah- kudest annab uus, mitmete oma ala asjatundjate kirju- tistest koosnev raamat seni- olematult põhjaliku tervik- ülevaate. Urve Ratas, Laimi Truus ja Kaija Käärnt tutvus- tavad lähemalt Prangli loodust, Tiia Möller eraldi ka saare rannikumere elustikku. Piret Norvikult on eraldi peatükk Prangli mur- rakust, Vello Mäss ja Einar Värä avavad saare meren- dusloolise pale. Raamatu koostajad, rannarahva muuseumi teadurid Maivi Käräinen ja Külli Kuusk kir- jutavad omakorda lahti saare ajaloo muinasajast kuni tänapäevani välja, kir- jeldades omaette lugudes näiteks mõisaaega, kalurite eluolu, salapiiritusevedu, nõukogude ja kolhoosi- aega, saare taluarhitektuuri ning usu-, haridus- ja kultuurielu.

Seejuures on raamatu kaante vahele koondatud väga rikkalik fotovalik. (Samas on kogumikust välja ununenud üks detailne Prangli üldkaart, millest oleks kohati ka sisu jälgi- misel palju abi.)

Raamatu väärtust allik- materjalina tõstavad kõi- kide tekstide juures välja toodud viidete loendid. Lisaks on iga teema kohta esitatud pea täielik paral- leeltõlge inglise keelde.

Huvilised saavad endale raamatu soetada rannarah- va muuseumist. •



LUGEMISELAMUS

Et kõik ausalt ära rääkida, pean tunnistama, et ilukirjandust loen häbiväärselt vähe. Ajaviite- kirjandust nagu kriminullid jms pole kunagi lugenud. Üks esimesi raamatuid, mis mind lii- gutas, oli Márquezi „Sada aastat üksildust”. Ega ma mäletagi, mis see oli, mis seal minu jaoks tööle hakkas. „Meister ja Margarita” on olnud ilmselt üks kõige lummavamaid raama- tuid, mida ma lugenud olen. Tagantjärele tun- dub, et kõige rohkem paelus mind seal Pontius Pilatus, tema aeg ja tema mure. Ammu olen mõelnud, et peaks seda raamatut uuesti lugema. Ka Camus oli omal ajal omal kohal.

Üks inspireerivamaid lugemisi on olnud Douglas Adamsi „The Hitchhiker’s Guide to the Galaxy”. Kui ma selle läbi lugesin, kirjutasin kohe ise jutu Opel Imperfectist (Hitchhiker’si üks peategelasi on Ford Perfect). See jutt pole õnneks vist säilinud.

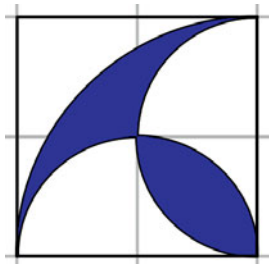
Švejk – pole vaja vist midagi lisada.

Üldiselt tundub, et eelistan pigem informa- tiivseid tekste ekspressiivsetele. Kõlab kuival, aga loen pigem ajalookäsitlusi (nt Tony Judt), sh elulugusid, ja teaduslikke käsitlusi (nt Thomas Kuhn). Jared Diamondi raamatut „Guns, Germs and Steel” julgen kõigile soovi- tada.

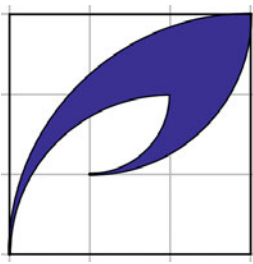
Arvan, et esimene raamat, mis mind loodu- se kütkestavuses veenis oli kooliraamatukogust juhuslikult laenatud Farely Mowati „Never Cry Wolf”, mille autor jutustab loo sellest, kuidas ta kolib Kanada põhjaossa hundipere- konna naabrusse elama, et nende tegemisi lähemalt uurida. Hundid võtavad Farely omaks ja see võimaldab tal kirjutada vahetu ja põöra- selt lõbusa sisveaate nende loomade ellu. •

Pindalad ilma integraalita

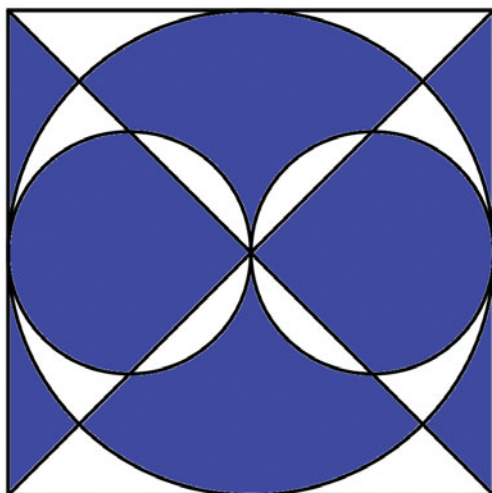
Kõverjoontega piiratud kujundite pindalade leidmisel saab kasutada integraale. Üllataval kombel oskas paljude selliste kujundite pindalasid leida juba Archimedes, kuigi ta integraali ei tundnud. Seekordsete ülesannete puhul tulebki ilma integraalita hakkama saada; piisab, kui osatakse leida ruudu, ringi, ringi sektori ja kolmnurga pindala.



Ü1. Ruudu, mille külje pikkus on 2 cm, sisse on ringjoonte kaarte abil joonistatud „arbalett”. Leia värvitud kujundi („arbaleti”) pindala.

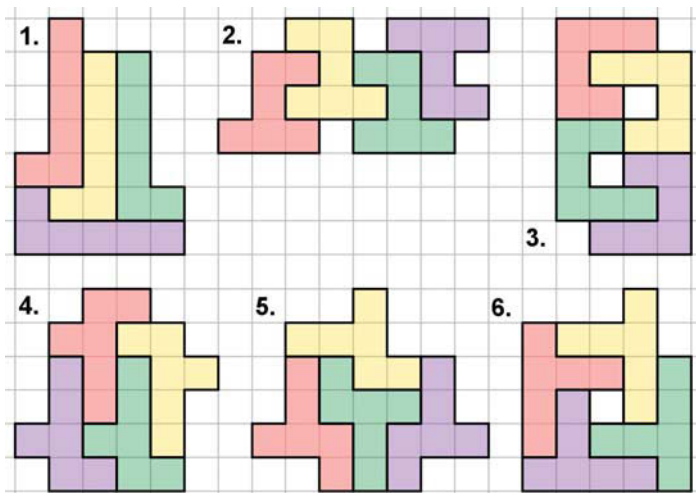


Ü2. Ruudu, mille külje pikkus on 3 cm, sisse on ringjoone kaarte abil joonistatud „hellebard”. Leia värvitud kujundi („hellebardi”) pindala



Ü3. Ruudu, mille külje pikkus on 1 ühik, sisse on ringjoone kaarte ja sirg-lõikude abil joonistatud „öökull”. Kui suur osa selle ruudu pindalast on värvitud?

5. vooru ülesannete vastused



Vastuste ärasaatmise tähtaeg on 10. detsember 2016.

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

2016. aasta parimale nuputajale
auhinnaks 100 euro eest raamatuid
Tallinna ülikooli kirjastuselt.



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

Viienda vooru tulemused

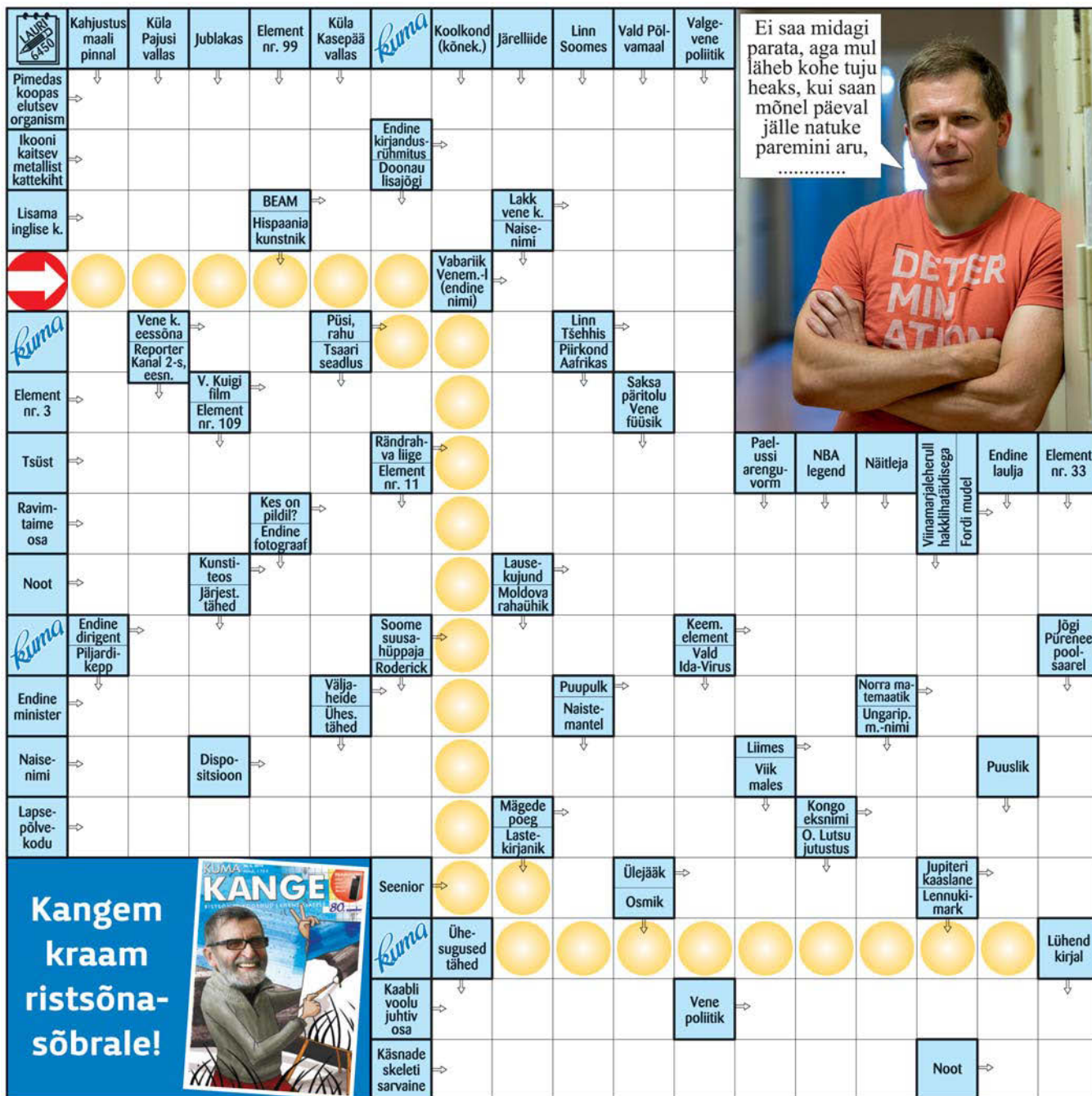
Horisondi 2016. a. viienda numbri iga ülesanne andis ühe punkti. Kõik ülesanded lahendasid õigesti ja 6 punkti teenisid Vladimir Jaanimägi, Toomas Lausmaa, Aira Lõhmus, Anti Sõlg, Gert Schults, Kuldar Traks ja Kevin Väljas. Nende hulgast osutus loosi tahtel vooru auhinna saajaks **Gert Schultz**. Palju õnne!

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

Vaata veebilehelt

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

Tõnu Tõnso, matemaatik, Tallinna ülikooli lektor



Lahendajate vahel läheb loosi „Kuma ristsõnaraamat nr 10“.

Eelmise ristsõna õige vastus „Nädalaid või kuid ette teatada, missugune tuleb ilm ühel kindlal päeval, veel enam ühel õhtul nagu jaaniõhtu, jõuluõhtu – seda MA KÜLL TÕSISELTVÕETAVAKS EI PEA“ viitab Taimi Paljaku ütlusele intervjuus, mis ilmus 2016. aasta neljandas Horisondis.

„Ristsõna rõõmude“ aastatellimuse võitis Jaan Viska.

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



Arva ära!

LUGEJATE LEMMIK
eelmises numbris:

„Kas mõtteid on võimalik lugeda?“,
autor Annika Kask.
Pole lugenud? Osta (e-)ajakiri e-poest
www.loodusajakiri.ee!

1 Kes on fotol olev Rootsi ja Saksamaa topeltkodakondsusega Suurbritannias elav Maarjamaa Risti kavaler? See mitmekülgne mees (filatelist, ajakirjanik, tõlkija, õppejõud, filantroop, keskkonnaaktivist) on õppinud Oxfordi ülikoolis ning olnud Euroopa Parlamendi liige.



2 Selle jõe delta on maailma suurim delta, mis suubub mageveekogusse (fotol keskel). Millise jõega on tegu?



3 Selle autonduse pioneri ja autotöösturi nime kannab 1893. aastal patenteeritud erilise kujuga jäiktelg, millel vedavate rataste paar on ühendatud lihtsa toruga ning diferentsiaal on kindlalt ühendatud šassii või kerega. Seda kasutatakse tänapäevalgi sportautodel. Kellest on jutt?

FOTOD: WIKIPEDIA



4 Selle Uus-Meremaa endeemse igihalja põõsa looduslikke kasvukohti on tänaseks säilinud vähe, kuid maorid on teda sajandeid oma elukohtades kasvatanud. Tugeva kestadega kaetud seemned säilitavad elujõu väga pikaks ajaks (kuni 30 aastaks), mis võimaldab neid väga lihtsalt hoida ja transportida. Praeguseks on see ilutaim jõudnud ka Eestisse. Tema võõrkeelsed nimetused tulenevad huvitava kujuga säravpunastest õitest, mis meenutavad papagoi nokka või vähi sõrga. Milline on aga selle taime ametlik eestikeelne nimetus?



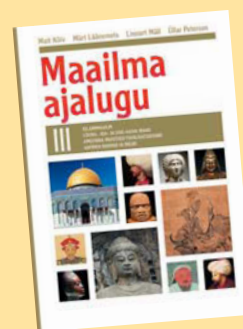
5 Ta on õppinud prantsuse keelt ning teatriajalugu. Praegu, 86-aastasena, tegutseb ta UNESCO hea tahte saadikuna. Kes on see daam, kelle fotot ning vappi näete?



MÄLUSÄRU 5/2016 VASTUSED

1. Jakob Pontus Stenbock
2. Tartu raudteejaam
3. Puhtulaid
4. Tunne Kelam
5. „Eile nägin ma Eestimaad“

● Mälusäru auhinnaraamatu „Maailma ajalugu III“ saavad loosi tahtel Urmas Kase, Epp Härm ja Aili Luik.



✍ Jevgeni Nurmla, Indrek Salis
mälumängurid



VASTA JA VÕDA RAAMAT!

Vastanute vahel loosime välja kolm raamatut „Viiskümmend relva, mis muutsid ajalugu“ kirjastuselt KOOLIBRI.

➔ Koos vastustega andke toimetusele teada ka selle numbrilemmiklugu.

VASTUSED

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

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

MÄLUSÄRU rubriiki
toetab
kirjastus Koolibri.





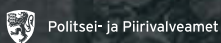
RAUDTEEL PILDISTAMINE

KEELATUD!

Raudteeseadus §81. Rongiliikluse takistamine.
Raudteel selleks mitteettenähtud kohas viibimise eest
karistatakse rahatrahviga kuni 50 trahviühikut.



www.ole.ee





RENAULT
Passion for life

Renault MÉGANE

PREMIUM eriseeria

Ärata kirj



Hind alates

14990€

Tehasegarantii 5 aastat või 100 000 km

Nüüd kohal ka unversaalkerega

Renault MÉGANE Grandtour

Hinna sees: automaatne kliimaseade, esiistmete soojendus, „Edge Light“ LED päeasõidu- ja tagatuled, udutuled, kiirusepiirajaga püsikiirusehoidik, mäeltstardi assistent, 16" valveljed, valgus- ja vihasensor, Bluetooth® ühenduse ning USB ja 3,5 mm audiosisendiga raadio, elektrilised aknatõstukid, nahkkattega rool, reguleeritava kõrguse ja nimmetoega juhiiste, toonitud tagumised klaasid, metallikvärv ja palju muud. Hinnad sisaldavad käibemaksu. Pilt on illustratiivne. Pakkumine kehtib, kuni kaupa jätkub. Keskmine kütusekulu 3,7-6,0 l/100km, CO₂ emissioon 95-134 g/km.

Renault soovitatav **elf**

f g+ in abcmotors.ee

 **Abc Motors**

TALLINN: Abc Motors AS - Paldiski mnt. 105, tel: 674 7700;
PÄRNU: Pereauto OÜ - Pärlimõisa tee 24, tel: 447 7300;
VILJANDI: Rael Autokeskus OÜ - Tallinna mnt. 97, tel: 433 0987;
HAAPSALU: Tradilo OÜ - Tallinna mnt. 73, tel: 473 1383;
RAKVERE: Wiru Auto OÜ - Kreutzwaldi 7, tel: 329 5560;