

Uus Nivus Full Pipe - NFP

– Nivus GmbH reoveehulgamõõtur survetorudele!

Lisaks suurele täpsusele
ja 2009. aasta erihinnale
ka lihtne paigaldada!

NIVUS
www.nivus.com

Reoveehulgamõõturi paigaldamine Valmis - läks!

1. Keevita jätk
 2. Puuri auk
 3. Sisesta andur
- 1-2 tundi hiljem:
teostatud, NFP töötab!



NFP | Magnet-
induktiiv-
mõõtur

1. Tühjenda toru
2. Toesta toru
3. Lõika toruosu välja
4. Eemalda toruosu
5. Keevita 2 äärikut
6. Paigalda toru tagasi
7. Sisesta magnet-
induktiivmõõtur
8. Kinnita palju polte

... ajakulu vähemalt
1 kuni 2 päeva



Tänu kompaktsel ehitusel
võimalik paigaldada praktiliselt
igale poole

Küsi julgelt hinda ja informatsiooni! Telefon: 683 1904, mobiil 503 0275, e-post: andres@lokaator.ee

Lisainfo:
www.lokaator.ee

Mala GeoScience maapinnaradarid:
www.malags.com

Radiodetection Ltd kaabliotsimisseadmed:
www.radiodetection.com



Eelistatum koostöö- partner



Onninen AS
Betooni 6, 11415 Tallinn
Tel 6105 500
Faks 6105 515
info@onninen.ee

Logistikakeskus
Taevavärava tee 2, Rae vald
75306 Harjumaa
Tel 6224 401, Faks 6224 405
ladu@onninen.ee

Onninen Express Tartu
Ringtee 37a, 51013 Tartu
Tel 7337 000
Faks 7337 010
tartu@onninen.ee

onninen

Onninen Express Mustamäe
Laki 13, 12915 Tallinn
Tel 6644 030
Faks 6644 031
mustamae@onninen.ee

Onninen Express Pärnu
Raba 19a, 80010 Pärnu
Tel 4451 940
Faks 4451 941
parnu@onninen.ee

Onninen Express Jõhvi
Linda 15c, 41536 Jõhvi
Tel 3364 260
Faks 3364 251
johvi@onninen.ee

O Ü R E I e o t e h n i k a

REI Geotehnika töösuunad on:

- ehitusgeoloogilised ja geotehnilised uuringud
- hüdro- ja ökogeoloogilised uuringud ning seire
- vaiade ja pinnase koormuskatsed
- keskkonnavalasid eksperthinnangud
- geoloogilised tööd merel
- kaevude projekteerimine ja puurimine
- vundamentide tugevdamine
- tehnoloogiliste aukude puurimine pinnasesse
- ehitusjärelvalve ja erialane nõustamine
- terastoruvaiale valmistamine ja süvistamine



REI Geotehnikal on töökoda põhivarustuse ehitamiseks ja remontimiseks ning vaiade ja manteltorude ettevalmistamiseks. REI Geotehnika töötleb uuringuandmeid ning koostab aruandeid litsentseeritud tarkvara (Office, AutoCad) toel. OÜ REI Geotehnika teeb koostööd paljude Eesti ning mitme Soome, Taani, Rootsi ja Läti firmaga. Aastate jooksul on koostatud üle 2000 uuringuaruande.

OÜ REI Geotehnika
Rävala pst 8, 10143 Tallinn
tel 660 4587
faks 660 4575
rei@reigeotehnika.ee
www.reigeotehnika.ee

Suur-Sõjamäe 36,
11415 Tallinn

juhatuse esimees:
Tiit Leinsalu
646 5137,
GSM 51 12 927
tiit@reigeotehnika.ee,

direktor: Uno Järve
646 5137, GSM 55 25 936

geoloogiaosakonna juhataja:
Peep Kildjer
646 5139, GSM 55 46 139

töökoja juhataja:
Margo Erk
646 5137, GSM 55 31 039

puurkaevude peaspetsialist:
Lemme Martin
646 5137, GSM 55 12 388

peahüdrogeoloog:
Kristjan Riet
646 5139,
GSM 55 71 213
kristjan@reigeotehnika.ee



15



22



29



34



44

TOIMETUS

Postiaadress: Pk 2195, 10402 Tallinn
Väljaandja: OÜ Kalendrike
Tel 672 5900, ajakiri@keskkonnatehnika.ee
<http://www.keskkonnatehnika.ee>

Keskkonnatehnika ilmub alates 1996. aastast. Aastas ilmub kaheksa numbrit. Järgmine number ilmub juunis. Trükkikoda: PRINTON.

Peatoimetaja:

Merike Noor, merike.noor@keskkonnatehnika.ee

Toimetajad:

Aleksander Maastik, (terminoloogia ja keel – A.M.),
Mailis Moora (keel), Argo Rosin (automaatika)

Reklaam ja levi:

Marika Rebane, keskkonnatehnika@starline.ee

Margis Veevo, margis.veevo@starline.ee

Reklaamide kujundus:

Raul Laugen

Küljendus: Mait Tooming



ehitus, geodeesia

- 15 Geotehniline kontroll – teadmised tegelikkusest.
M. Saavik, J. Kärk
- 21 Aeg õppida ja uurida... Geotehnikalaboris uuritakse pinnast ehitusgeoloogi, geotehniku, projekteerija ja ehitaja tarvis.
U. Lemberg
- 44 Kaubanduskeskuse nurgakiviks meteorit. H. Treial

energeetika, mäendus

- 5 Pressikonverents Väo Elektri jaamas. R. Veski
- 6 Seismoanalüüsiga võib tuvastada kaevandusvaringuid.
H. Soosalu, I. Valgma
- 10 Altkäevandatud maa tehnoloogilised erisused. E. Reinsalu
- 12 Graniidi süvakaevandamine Maardus, kas parim lahendus?
P. Siitam, A. Raukas
- 16 Valvur ja valvata ehk diktüoneemakilt ja fosforiit. V. Petersell
- 24 Eesti oma nafta ja gaasi allikas. V. Kattai
- 27 Diktüoneemakilt – Eesti tulevikumaavara. M. Niin, M. Rammo
- 40 Energiatõhususest. A. Taal
- 45 Eesti Gaasilüüsi käis Helsingis koolitusreisil Soome kogemustest õppimas. A. Saar

keskkond

- 46 Noored keskkonnauurijad võtsid mõtu. M. Solnson

mõõteseadmed

- 22 Gammakiirguse spektromeeter-andmeloger. V. Sinivee

vesi

- 29 Määratud kummipaati ja -saapad: kas see on tõesti looduskauis Purtsse jõgi? L. Kirs
- 32 Jõgede ökoloogilise seisundi parandamine. N. Laanetu ja T. Mugra
- 34 Ubja põlevkivikarjääri ärastusvee päritolu ja koguse määramine. R. Iskül jt
- 37 Eesti siseajalad 2008. A. Annus
- 39 Reoveepumpla *Walter* – eduline Eesti toode. M. Reinolt
- 41 Aktiivsüsi, kellele ja milleks? J. Bergmann



www.estanc.ee

Mahutite meister

- ❖ Survemahutid
- ❖ Erimahutid
- ❖ Kütusemahutid
- ❖ Korstnad
- ❖ Mahutiotsad
- ❖ Valtsimis- ja painutusteenus



PRESSIKONVERENTS VÄO ELEKTRIJAAMAS

REIN VESKI

Väo Elektrijaam ja AS Tallinna Küte korraldasid aprilli alguses ajakirjanikele pressikonverentsi ja ekskursiooni, tutvustades elektrijaama ja selle tähtsust Eesti energeetikas.

„Eesti elektrimajanduse arengukava aastani 2018“ ja „Energiamajanduse riiklik arengukava aastani 2020“ näevad ette põlevkivielektri tootmise olulist vähendamist muude energiaallikate arvel, 2023. aastaks planeeritakse ka oma tuumajaama. Aastaks 2014 kavatakse suurendada elektri ja soojuste koostootmist 200 MW-lt 300 MW-ni ning 2015. aasta lõpuks renoveerida kaks AS-i Narva Elektrijaamad plokki (kuni 600 MW). Tuulikute koguvõimsust (koos vajaliku reservvõimsusega) on kavas suurendada 900 MW-ni.

Riik üksnes ei kavanda, vaid loob ka eeldused oma energeetikakavade elluviimiseks, arvestades seejuures ka Euroopa Liidu seisukohti. Nii on Majandus- ja Kommunikatsiooniministeriumi energiamajanduse arengukava eelnõus paragrahv „Säästliku energia-varustuse ja -tarbimise tagamise meetmed“. Nende meetmete seas on taastuvenergeetika valla eesmärgi 2 indikaator 1: suurendada taastuvenergia osakaalu energia lõpptarbimises 17,5%-lt (2006) kuni 25%-ni (2020). Indikaator 2 sätestab koostootmise osakaalu suurendamise elektri brutotarbimises sama aja jooksul 10,2%-lt 20%-ni ning indikaator 7 näeb ette energiasektori CO₂-heite kahekordse vähenemise 15,7 mln ton-



Väo koostootmisjaam. Mida vähem lendub korstnast veeauru, seda suurem on suitsugaasides sisalduva veeauru kondenseerimisel saadav lisasoojusvõimsus Fotod: Rein Veski

nilt 7,85 mln tonnini.

Uued puitu ja turvast põletavad koostootmisjaamad, mis käivituvad Tallinna lähedal Väos ja Tartu lähedal Luunjas, viivad seatud eesmärgi praktikasse. Kavas on rajada koostootmisjaam ka Pärnu. Väo koostootmisjaama projekti toetas Euroopa Liit Eesti riikliku aren-

gukava Euroopa Liidu struktuurifondide „Keskkonnaalase infrastruktuuri arendamise“ meetme raames, projekti rakendusüksus oli SA Keskkonnainvesteeringute Keskus.

Prantsuse rahvusvahelise energia-kontserni *Dalkia International* tütar-ettevõttele AS Tallinna Küte täielikult kuuluv Väo Elektrijaam läks täisvõimsusel käima 2009. aasta märtsis. Enne ostutehingut kuulus 75% jaamast veel OÜ-le *BEN Energy*.

Väo hakkpuitu ja freesturvast (kuni 10%) põletav soojuste ja elektrienergia koostootmisjaama keevkihtaurukatla võimsus on 75 MW (~25 MW_e ja ~49 MW_s). Kavandatud elektritoodang on kuni 180 GWh/a ja soojustoodang kuni 450 GWh/a (eri allikate kohaselt ka kuni 380 või 500 GWh/a). Üks on selge: 40% niiske kütuse põlemisel tekkinud veeaur annab pesuris suitsugaaside kondenseerimisel jaamale juurde 18 MW soojusvõimsust ning kondensatsioonivesi kasutatakse jaamas ära. Lisavõimsuse suurus ja soojustoodang olenevad kütuse niiskusest.

Et paremini hinnata Väo jaama tähtsust, olgu öeldud, et „Kütuse- ja energiamajanduse pikaajalise riikliku arengukava aastani 2015“ kinnitamisel (Riigikogu 15. detsembri 2004. a otsus) kavandati suurendada taastuvelektri osatähtsust Eestis 2010. aastaks 5,1%-ni brutotarbimisest (300–360 GWh elektrienergiat). Väo jaama osatähtsus selles sihtarvus on 50–60%.

Jaamas töötab 22 inimest. Päevas kulub umbes 500 t hakkpuitu, mille hankimiseks asutati ettevõtte Väo Hake OÜ.

Soojus müüakse Lasnamäe-Kesklinna kaugküttevõrku teenindavale Tallinna Küttele. See ligi 250 töötajaga ettevõtte, mis haldab 400-kilomeetrist kaugküttevõrku ja kolme suurt ja kaheksat väikest katlamaja ning varustab soojustega kaht kolmandikku pealinna, müüs 2008. aastal 1613 GWh soojusenergiat. Tulevikus saab ta Väost ligi 30% soojusenergiast.

A.M.



Ühekorpuselise kondensatsioonivaheltvõtuturbiini Siemens SST600

SEISMOANALÜÜSIGA VÕIB TUVASTADA KAEVANDUSVARINGUID

HEIDI SOOSALU

Eesti Geoloogikeskus, Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut

INGO VALGMA

Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut

SEISMOLOOGID seiravad maakoores toimuvaid kõikumisi, nii looduslike maavärinaid kui ka inimtegevusest, näiteks lõhkamisest põhjustatud sündmusi. Digitaalsignaali põhjaliku analüüsi abil on võimalik üsna usaldusväärselt määrata, kas põrutuse on tekitanud maavärin, plahvatus või varing. Viimase võimaluse kohta on allpool näitena toodud kaks sündmust, mis toimusid mullu Estonia põlevkivikaevanduses.

SEISMILINE SÜNDMUS JA SELLE SÖRMEJÄLG

Seismomeeter mõõdab maa võnkumise kiirust pendli abil. Ajakohastes seismomeetrites on kolm komponenti: üks mõõdab vertikaalsuunas ja kaks horisontaalselt (orienteeritud põhja-lõuna ja ida-lääne suunas). Seismogramm kujutab seismilise sündmuse lainesisaldust ajavaldkonnas. Seismilisi laineid on kolme tüüpi. Kõige kiiremini liiguvad pikilained (P – primaarlained) ja pärast neid jõuavad kohale ristlained (S – sekundaarlained). P-laine kiirus maakoores on tüüpiliselt 2–6 km/s (sõltudes geoloogiast ja sügavusest), S-laine on sellest umbes 1,7 korda aeglasem. Piki- ja ristlaine kohalejõudmise vahe-

lise aja järgi on võimalik hinnata, kui kaugel seisvojaamast sündmus toimus. Ristlainetest aeglasemalt liiguvad veel pinnalained, mida on kahte liiki.

Registreeritud seismilisi signaale analüüsides saab määrata, millise

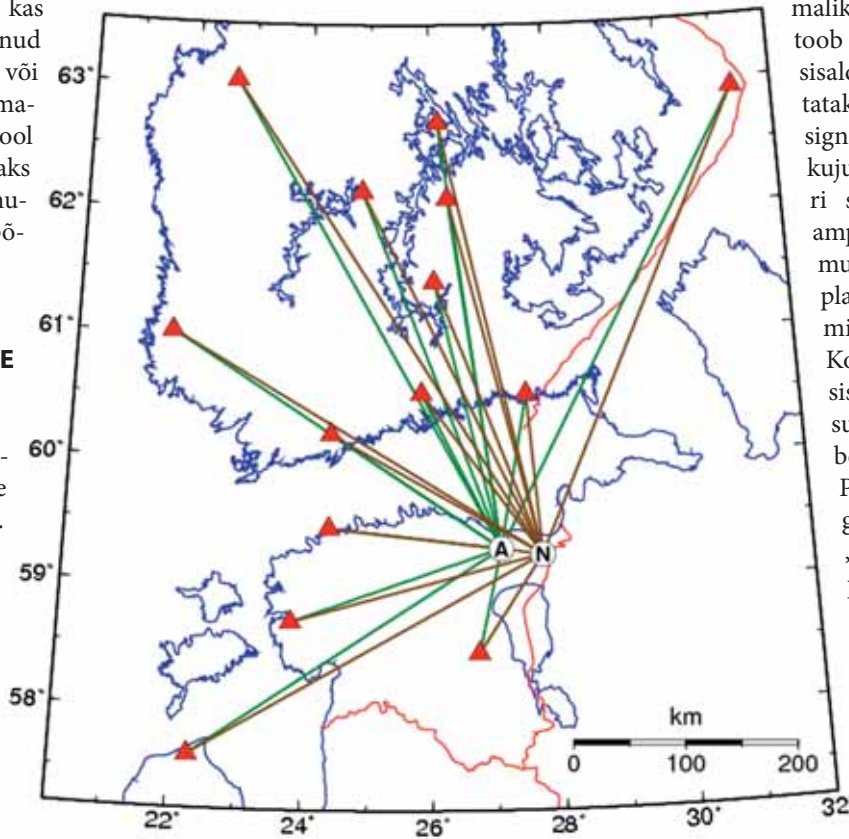
tuse puhul on aga esimene võnge igas vaatlussuunas tõuge.

Seismoanalüüsi käigus vaadeldakse signaale ka sagedusvaldkonnas. Sarnaselt valgusega või mis tahes lainekujulise signaaliga on seismogrammile võimalik arvutada spekter, mis toob esile signaali sagedusisalduse. Tavaliselt koostatakse spektrogramm, signaali „sörmejälg”, mis kujutab, kuidas spektri sagedused ja tippude amplituudid aja jooksul muutuvad. Maavärina ja plahvatuse spektrogrammid erinevad üksteisest. Kohalik väike maavärin sisaldab tüüpiliselt igasuguseid sagedusi umbes 2–20 Hz vahemikus. Plahvatuse spektrogramm näeb aga välja „triibuline”, koosnedes peamiselt mõnest teravast kõrge amplituudiga tipust.

MIS EESTIT KÕIGUTAB?

Eesti loetakse seismiliselt nõrgalt aktiivseks piirkonnaks. Keskmiselt registreeritakse Eesti territooriumil üks väike maavärin kahe aasta jooksul. Seismoloogile jätkub aga

vaatlusmaterjali ka siin, sest meie alal tehakse ühe kuu jooksul kindlaks keskmiselt 70 seismilist sündmust. Peamiselt on tegemist põlevkivi- ja paekivikarjäärides toimuvate lõhkamisega. Sellist tegevust registreeritakse ena-



Joonis 1. Eesti seisvojaamad ning meie seismoanalüüsis regulaarselt kasutatavad Soome ja Läti seisvojaamad. Märgitud on Aidu (A) ja Narva (N) karjääri asukohad seisvõrgu suhtes. Üldjuhul rahuldava lokaliseeringu tingimuse kohaselt asuvad sündmused võrgu sees, s.t kõige suurem kahe jaama vaheline nurk on <180. Aidu puhul on see tingimus täidetud, aga Narva puhul mitte päriselt.

sündmusega on tegemist. Maavärin toimub murrangus, kus kaks kivimiplokki nihkuvad teineteisest mööda. Vaatluspunkti asukohast olenevalt on maavärina tekitatud esimese võnke suund kas tõmme või tõuge. Plahva-

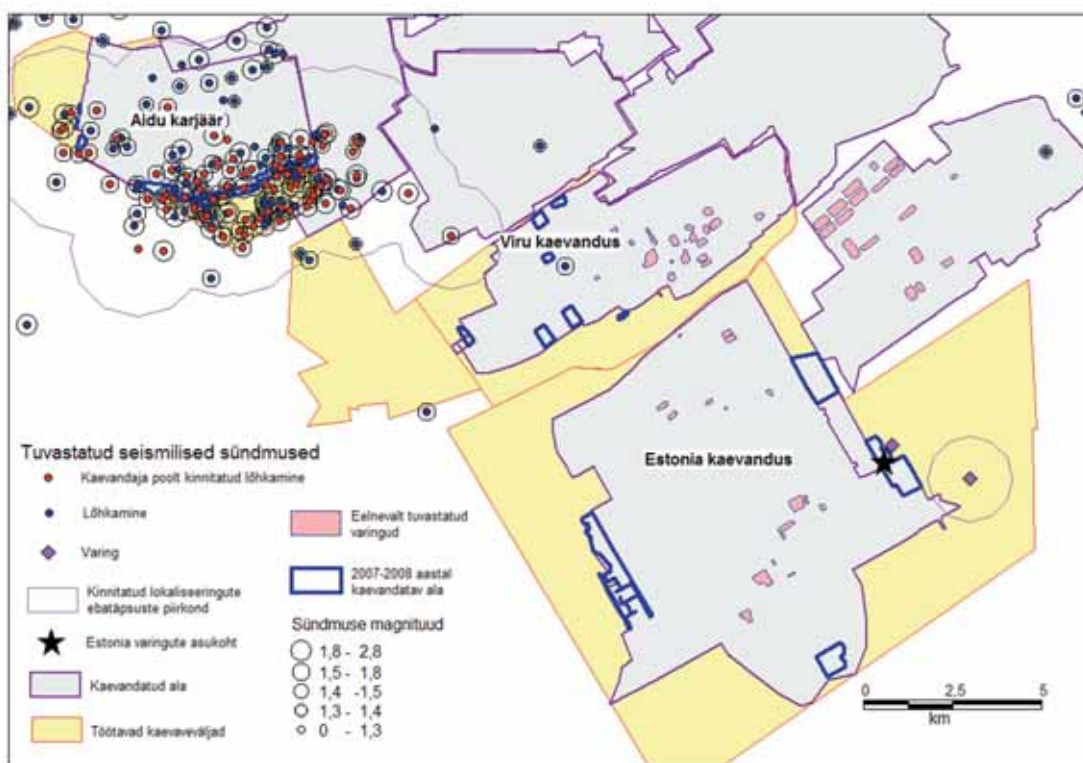
masti argipäeviti ja tööajal. Sündmuste magnituud on tüüpiliselt kuni 2.

Praegu töötab Eestis kolme seisvojaama võrk. Seismoanalüüsi tegemiseks on see absoluutne miinimum. Õnneks on abi koostööst naabermaadega: andmeid vahetatakse Helsingi Ülikooli seismoloogia instituudiga ning andmeid saadakse ka ühest Läti seisvojaamast. Kokku on kasutada 14 jaama võrk, mis võimaldab teha juba korraliku seismoanalüüsi. See võrk katab

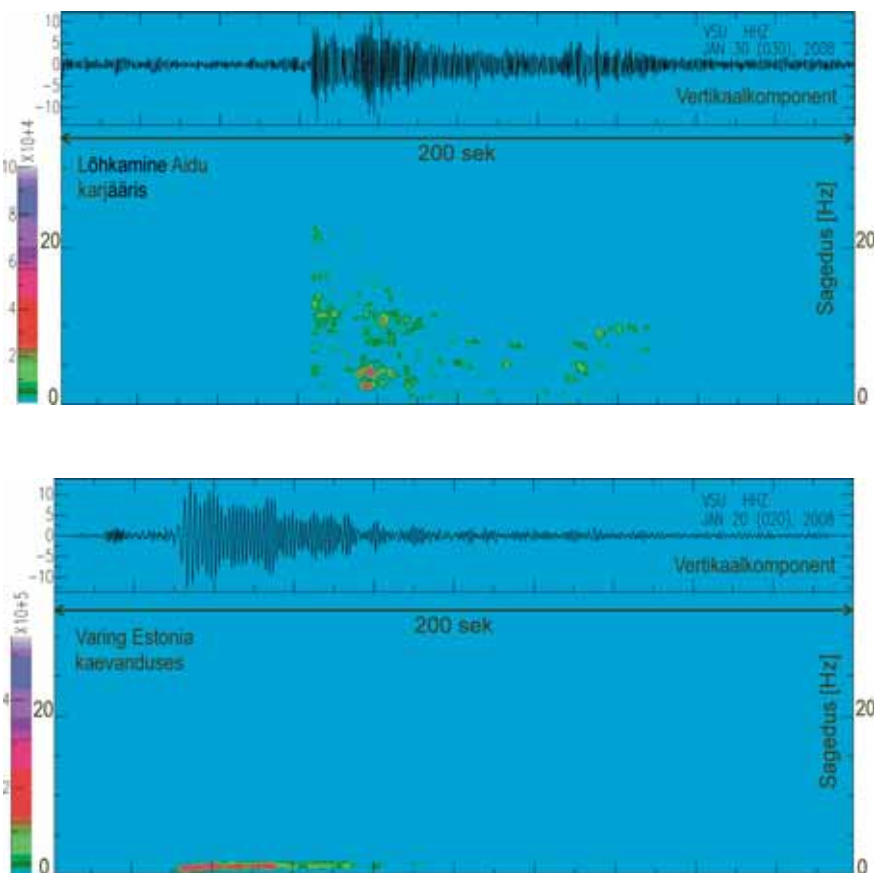
võrdlemisi hästi põlevkivi kaevandamise ala, kust registreeritakse enamik sündmustest, mida tekitavad löhkamised Aidu ja Narva karjääris. Paraku on jaamad põlevkivimaardlast võrdlemisi kaugel, kõige lähem, Vasula jaam, umbes 100 km kaugusel. Kõige väiksemad sündmused, mis selline võrk suudab põlevkivimaardla piirkonnast tuvastada, on magnituudiga umbes 1.

Seismilised lokaliseeringud on alati mõnevõrra ebatäpsed, seda rohkem, mida kaugemal on jaamad ja mida vähem neid on. Praeguses olukorras saab sündmuse asukohta Eestis pida rahuldavalt lokaliseerituks, kui selle statistiline ebatäpsus on ± 5 km. Kaevandajad, sh Eesti Põlevkivi, edastavad Eesti Geoloogiakeskusele regulaarselt oma löhkamiste nimekirju, hõlbustades sellega seismoanalüüsi ja sündmuste tuvastamist. Joonisel 1 on ära toodud Eesti seisvojaamad ja lähemad naabermaades kasutusel olevad jaamad.

Seismomeetriga ühendatud arvuti võrdleb automaatselt registreeritava seismilise signaali lühiajalist ja pikaajalist amplituudi. Kui nende suhe on piisavalt suur (künnisarvu on määranud seismoloog) ja vähemalt kolmes jaamas korraga registreeritud, teeb süsteem sündmuse kindlaks ja määrab automaatselt asukoha. Siiski läheb



Joonis 2. Põlevkivimaardla alalt lokaliseeritud seismilised sündmused (löhkamised ja varingud) jaanuaris ja oktoobris 2008



Joonis 3.

a) Tüüpiline Aidu löhkamise seismiline signaal (sündmuse magnituud 2,0) ja selle spektrogramm;

b) Estonia 2008. aasta jaanuarikuu varingu signaal (magnituud 1,8) ja selle spektrogramm. Esitatud on seismogrammide vertikaalne komponent.

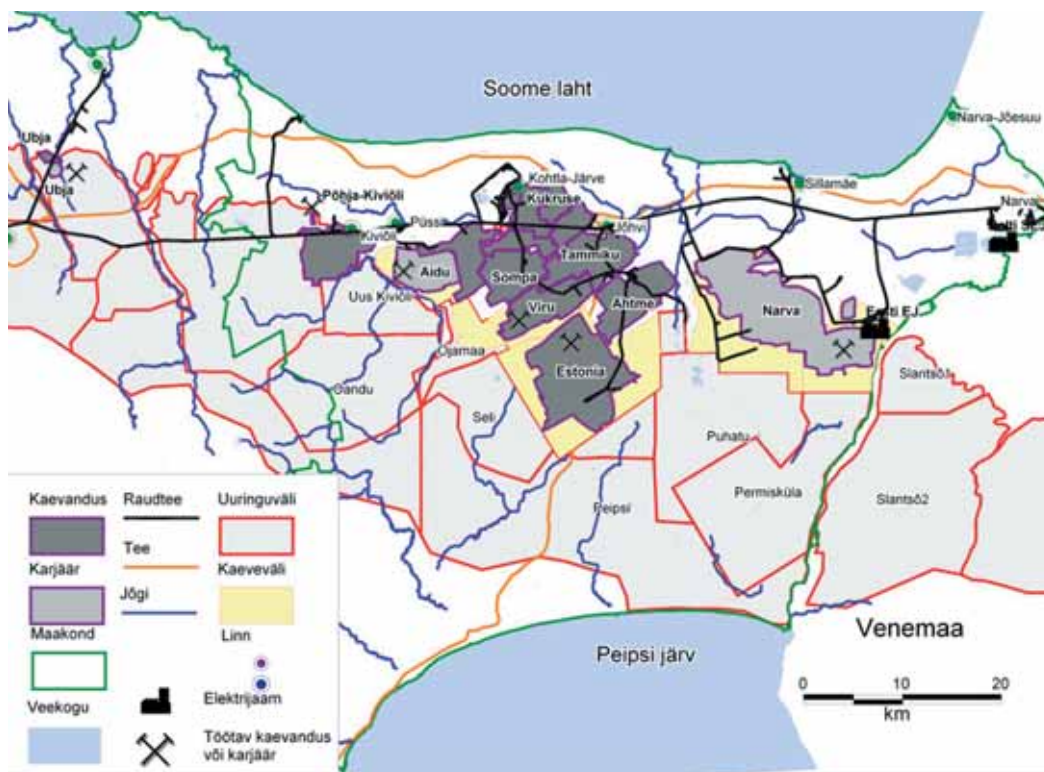
alati vaja inimest, kes kontrollib manuaalselt, kas tegemist on tõelise sündmuse või „valehäirega” ning täpsustab ka vaatlused. Joonisel 2 on esitatud väljavõte Eestis tuvastatud seismiliste sündmuste kaardist jaanuarist oktoobrini 2008.

ESTONIA KAEVANDUSES VARISES

Aastal 2008 registreeriti põlevkivimaardla alalt kaks ebaharilikku seismilist sündmust, mille asukohaks näitas seismoanalüüs Estonia kaevanduse (lillad rombid joonisel 2).

Esimene toimus esmaspäeva, 21. jaanuari ööl kell 01:30 ja selle magnituudiks määrati 1,8. Järgmine toimus teisipäeva, 2. juuli ööl kell 01:44 ja selle magnituud oli 2,0. Kohe tekitas kahtlust haruldane kellaaeg, sest karjäärides löhkamisi tehakse tavaliselt kindlaks tööaja raames. Seda et tegemist ei saanud olla tavapärase löhkamisega, kinnitasid signaalide kujud ja nende spektrogrammid. Need erinesid tunduvalt löhkamissignaali kujust, aga ei meenutanud ka maavärinasignaale. Joonisel 3 on näidatud ühe tüüpilise Aidu karjääri löhkamise seismiline signaal (a) ja võrdluseks Estonia kaevanduses jaanuaris 2008 toimunud varingu signaal (b). Mõlemad on registreeritud Tartu lähedal Vasula jaamas. Estonia varingu signaal sisaldab põhiliselt madalaid sagedusi, aga Aidu löhkamise signaali spekter on selgelt laiem. Löhkamisele tüüpiliselt on Aidu signaal ka triibuline, mida on sellelt spektrogrammilt nõrgalt näha.

Estonia kaevandus asub põlevkivimaardla sügavaimas osas – lõunaosas (joonis 4). Varingute toimumiskohas on kattekivimite paksus 52 meetrit ja kaeveõonte (kambrite) kõrgus 3,8 meetrit. Varingu keskmine ulatus maapinnal on 70 x 130 meetrit (joonis 5). Seega varises kivimimassiivi alumine osa kuni 3,8 meetrit, ülemine osa aga kuni 2 meetrit allapoole (joonis 6). Kattekivimid koosnevad sel alal enamasti lubjakivist ja osaliselt ka kvaternaarsest setetest. Kambriploki tervikute



Joonis 4. Põlevkivi kaevandamise ala Eestis ja Estonia kaevandus

purunemise tõttu varises korraga ligikaudu 1 miljon tonni katendikivimeid 3 meetrit allapoole.

KAS VARISEB LAGI VÕI PURUNEB TERVIK?

Kaevandusvaringul võib olla kaks põhjust – kas murdub lagi või puruneb tervik, mis lage üleval hoiab. Terviku purunemine toob kaasa lae murdmise. Lae varisemine on kaevanduses igapäevane nähtus. Need varingud on paiksed ja lubatud kohtades, kus inimesed ei tööta. Variseb vahetu

ehk kaeveõone laekivimitest koosnev lagi. Põhilagi, mis ka maapinda üleval hoiab, tavaliselt ei varise. Põhilagi võib variseda, juhul kui katendikivimid ei ole piisavalt paksud, nii et varing jõuab progresseerudes maapinnani, või kui purunevad tervikud, nii et põhilae kivimitest moodustuv tala murdub. Laekivimite varisemise korral kukuvad kivimiplaadid järk-järgult alla ja varing progresseerub maapinna suunas.

Kuna kaevandamisel jagatakse kaevandamisala plokkideks või jaoskondadeks, siis varingu korral ongi ohus üks jaoskond ehk kambriplakk. Kamb-



Joonis 5. Estonia varingu murdejoonel on näha puude kaldumist varingu suunas



Joonis 7. Tervikud hakkavad purunema külgpinnalt – kaeveõõne lae ja põranda vahelt, keskosast, kuna sinna kogunevad suurimad pinged (Estonia kaevandus)

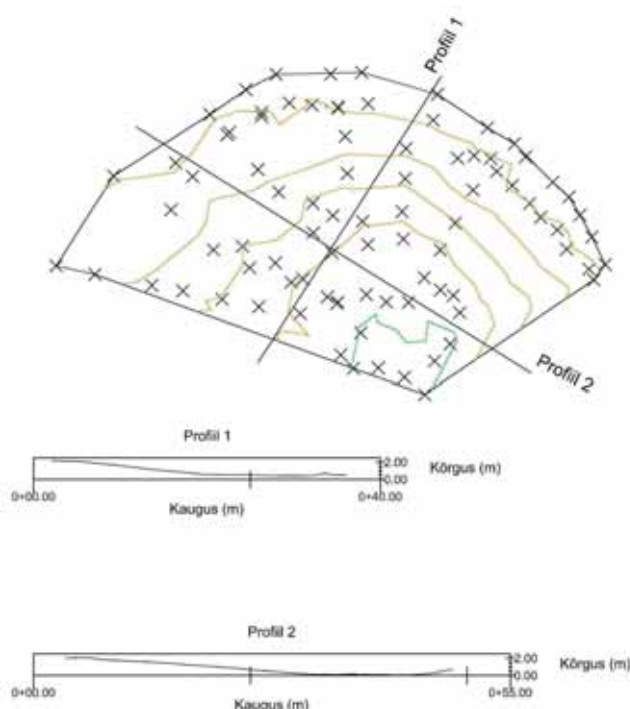
riploki sees olevad tervikud on plokki piiravatest tervikutest väiksemad ja võivad suurema tõenäosusega puruneda. Plokki piiravad tervikud on ette nähtud igavesti püsima ega purune. Estonia varingud toimusid ilmselt seetõttu, et kasutatud kambrite kõrguse (3,8 m) ja pudedala kohta olid valitud tervikute mõõtmed liiga väikesed (ca 40 m²). Lõhketööde mõjul on tervikute pinnakihid nõrgestatud (joonised 7 ja 8). Seespool on terviku kivim oluliselt tugevam.

Varingute ärahoidmiseks kasutatakse üledimensioneeritud tervikuid, toestikku või kaevanduste täitmist. Tänapäeval on otstarbekas kasutada täitematerjaliks elektriijaama tuhka ja aheraine lubjakivi. Selleks tuleb välja töötada uued täitmisega kaevandamise süsteemid, mis tagavad a) maapinna püsivuse, b) kadude vähendamise kuni 30%, c) CO₂ vähenemise, d) keskkonnatasude vähenemise (tuha ja aheraine ladustamine), e) maavara kaevandamisõiguse tasu parima kasutamise. Täitmisviis võib olla näiteks hüdrauliline, pneumaatiline, mehaaniline. Täitemassiiv võib olla kivistuv (elektriijaama tuhk + lubjakivi + vesi) või mittekivistuv (lubjakivi, elektriijaama SO₂-ga seotud tuhk).

Varingute ulatuse, nende põhjuste, vastumeetmete ja kaevanduste täitmise teemalisi uuringuid on tehtud Eestis läbi aegade. Eelmise sajandi alguses kasutati osalist käsitsi täitmist. Praegu vaetakse laustäitmise võimalikkust. Projektide viiteid leiate aadressilt <http://mi.ttu.ee/projektid>

MIDA PAKUB SEISMOLOOGIA KAEVANDUSVARINGUTE UURIMISELE?

Kui varing toimub tegutsevas kaevanduses või asustatud alal, avastatakse see tavaliselt varsti pärast tekkimist. Varingud mahajäetud kaevandustes, eriti kui need asuvad kõrvalistes kohtades, võivad hoopis kahe silma vahele jääda. Seismojasmade võrk teeb pidevalt ja reaajas kaugseiret, tuvastades nii maavärinaid ja lõhkamisi kui ka varinguid, juhul kui need on nii suured, et tekitavad mõõdetavaid seismilisi laineid. Seismoanalüüsiga saab varingu toimumisaja sekundi täpsusega paika panna ja soodsas olukorras ka asukohta nii täpselt kindlaks teha, et seda on võimalik maastikust üles otsima hakata. Retrospektiivselt võib salvestatud seismogrammidelt otsida ka varinguid, mille asukoht on küll teada kas maastikuuuringute või aerofotode järgi, aga mille toimumisaeg on ebakindlaks jäänud.



Joonis 6. Osa Estonia varingupinnast maapinnal ja profiil; suurim vajumine on 2 meetrit



Joonis 8. Pinge nõrgendab terviku pinda ja tervik hakkab kihthaaval murenema (Estonia kaevandus)

ALTKAEVANDATUD MAA TEHNOGEOLOOGILISED ERISUSED

ENNO REINSALU

TTÜ mäeinstituut

ON TEKKNUD uus rakendusgeoloogia haru, tehnogeoloogia, mis uurib inimtekkeliste alade, maastike ning pinnavormide ehitus- ja hüdrogeoloogilisi omadusi. Suund on eriti aktuaalne Eestis, kus ligikaudu 2 % pindalast on mõjutatud kaevandustest ja karjääridest, on hõivatud jääk-turbarabadega ning kaetud mineraalkütuse ja -toorme jääkidega. Suurem osa kaevandatud maast on paikkonnas, kus tuntakse puudust ehitusmaast. Tehnogeensete alade ja puistete geotehnilised omadused erinevad looduslikest. Kaevandatud alal ei kehti enamik tavalistest pinnasemehaanika valemist ega mudelistest. Tehnogeense põhjavee moodustumine, liikumine ja omadused erinevad looduslikust veerežiimist. Mitmed tehnogeensed setted, nagu põlevkivituhk, samuti puisted (tootmisjäätmed, täitepinnas) on kasutatavad mineraalsete ehitusmaterjalidena. Tehnogeoloogias kasutatakse enamasti samu uurimismeetodeid, mis rakendusgeoloogiaski, kuid paljude arenduste ja piirangutega.

Probleeme ja teadmatust on kogetud, kui projekteeriti rajatise altkaevandatud maale Sillamäe uraanikaevanduse ja Kukruse põlevkivikaevanduse peal. Neid võib tekkida ka Maardus, seonduvalt graniidikaevanduse ehitamisega Maardu fosforiidikaevanduse lähialal. Uuringute vähesusele ja teadmatusel viitavad erialased geotehnilised kirjutised [1], kuigi altkaevandatud alade ehitusgeoloogilistest omadustest ja kasutamise praktikast on üht-teist avaldatud [2...7]. Ilmselt tasub mõningaid tehnogeoloogia mäenduslikke aspekte veel täpsustada.

Kui põlevkivi kaevandamine kuulus NSV Liidu sisetööstuse ministereiumi alla, oli allmaakaevanduse peal olevate ehitiste hoidmine ja kaevandatud alale ehitamine rangelt reglementeeritud. Sama rangelt suhtuti allmaakaevandamisega ka maapealsetesse veekogudesse kui potentsiaalsetesse ohuallikatesse. Vähem nõudlik oli eeskiri loodusob-

jektide, kõlvikute ja looduskaitsealade suhtes, kuid see oli olemas. Eeskirjadest peeti kinni, sest mäeinsenerid ei kandnud kahjustuste eest vastutust seni, kuni nad tegutsesid eeskirjade raames. Sama kehtis ka ehitajate suhtes, seda enam, et kaevandatud alale või mäeeraldisele tohtis ehitada vaid kompetentse järelevalveorgani loal.

Iseseisvumisel tekkis vajadus eeskirju muuta, sest koos eraomandi tekkiga ja looduskeskkonna väärtustamisega laienes vastutusala. Aastal 1993 koostaski TTÜ mäeinstituut, toetudes Peterburi mäe-geomehaanika ja markseideriinstituudi (VNIMI), toonase Eesti TA Ökoloogia Instituudi Kirde-Eesti osakonna ja Eesti Põlevkivi markseideriteenistuse uuringutele ning kogemusele, Eesti geoloogilisele keskkonnale kohaldatud eeskirja pealkirjaga „Rajatiste, kõlvikute ja looduslike objektide kaitse juhend põlevkivi allmaakaevandamisega“. Juhend sätestas altkaevandatud maa püsivuse peamised kriteeriumid (tabel 1) ja püüdis klassifitseerida ka maapealseid objekte vastavalt nende tähtsusele ja tundlikkusele. Dokumendi esimene, kõige põhjalikum versioon jäi projekti tasemele ja taandus hilisemate kooskõlastuste käigus Eesti Põlevkivi kui meie ainukese allmaakaevandaja sisemiseks juhendiks. Enam ei ole dokumendil toetavat seost ei kaevandamiseseadusega ega ka maapõue-seadusega. Põhimõtteliselt õige käik, sest varasema eeskirjapõhise tegevuse ja vastutamise asemele oli tulnud ajakohasem, projektipõhine inseneritegevus. Kuid koos eeskirja projekti täitva veega visati sealt nagu vannist välja ka laps – juhised, kuidas insener peab projekteerima allmaa-hoidemeetmeid. Tõsi, need



Joonis 1. Maa Kukruse kaevanduse kohal. Taamal heki taga Narva maantee Kukruse–Jõhvi lõik. Esiplaanil – strekitervikute peal olev kvaasistabiilne maa, mida iseloomustavad põllukividega täidetud kohtvaringud. Kivikuhila taga näha olev vajum on ohtlik ala (tabel 1). Sellest kaugemal on langetatud maa, mis taamal toetub suhteliselt hästi laotud täiteriitadele

ei kadunud kuhugi, kuid jäid mäeinseneride ametkondlikuks teabeks, millest ehitusinsenerid, geotehnikud ja suurem osa rakendusgeoloogid pole kuulnudki.

TTÜ mäeinstituudi ja Ökoloogia Instituudi Kirde-Eesti osakonna edasised uuringud andsid juurde uusi olulisi juhiseid altkaevandatud maa käitlemiseks. Peamine oli püsiva, stabiilse, langetatud ja kvaasistabiilse ala sätestamine, jaotus, millest sõltuvad nii maa ehitus- kui ka viljeluspiirangud [2, 3]. Kindlaim on püsiv ja kõige salakavalam on kvaasistabiilne maa.

Kriteeriume, mille alusel maa olekut hinnata, sai väga palju ja mitmesuguseid. Olulisemaks osutus kaevandamis-sügavus. Näiteks kvaasistabiilsust tuleb karta nii madala (<12 m) kui ka sügava (>30–35 m) kaevanduse puhul. Määrav tähtsus on väljatud paksusel (1,6–3,2 m) ja kasutuses olnud laekäitlustehnoloogial (langetamine, osaline täitmine, tavalised tugitervikud, „igavesed“ tugitervikud, hoidetervikud). Kuid suurima määramatuse tekitavad raskelt tuvastatavad mõjurid, nagu maapõuelõhed ja karst, ee liikumise suund, laava (pikk koristusesi) sulgemise tehnika (pika või

lühikese konsooliga). Lisaks veel subjektiivsed, kuid kindlalt ilmsiks tulnud mõjurid, nagu mäetöö vahetu juhi julgus ja ausus, kaevurite kahenädalane palgaperiood ja paaniline plaani täitmine kuu lõpus. Täiesti kindel, et sügavad vett täis vajumid, nn Täku-metsa lombid Kukruse kaevanduse lõunaosas tekkisid

ajal, kui tööle hakkavale Eesti Elektri-jaamale võis müüa nii viletsat kütust, et kaevandatud ala täitmiseks ei jätkunud paasi.

Altkaevandatud maa oluline omadus on mitmekesisus. Eesti põlevkivimaardla põhjaosas valdab langetatud maa – ristkülikukujulise plaaniga mollid ja allmaakäikused hoidvate tervikute kohale jäänud vallid. Sellist maastikku nimetatakse vahvelmaa(stiku)ks. Langatused katavad kogu Jõhvi valla lääne- ja lõunaosa, Kohtla valla lõunaosa, Mäetaguse valla põhja- ja kirdeosa maa, ning väiksemaid alasid Maidla ja Sonda vallast ning Kohtla-Järve linnast. Langatuse sügavus on kuni 1,3–1,4 m. Erandiks on maa Maidla valla põhjaosas, kus Kohtla kaevandus rakendas lausväljast ja langatused on kuni 2 m sügavad. Langatusmoldide perve nõlvnurk on vahvelmaa lõunaosas 8° ning põhja pool, kus mäetöö toimus madalamal, kuni 12°. Maardla lõunaosas, kus võeti kasutusele kamberkaevandamine, on maa stabiilne või kvaasistabiilne. Kvaasistabiilsele alale on ilmunud vajumeid, mille sügavus on 1–1,5, erandjuhul 2 m. Sügavamad neist tekkisid erinevate kaevandamismooduste katsetamisel Ahtme, Tammiku ja Viru kaevanduses aastail 1970–1980, mil eesmärgiks oli seatud maavara kao vähendamine.

Kuna erinevaid kaevandamisviise kasutati ja katsetati kõikjal, ei saa maardla põhjaosa mitte mingil juhul käsitleda üheselt langetatud maana. On põhjendatud kartus, et Jõhvi linnast läänes, alal, kus eelmise sajandi keskel katsetati mitmeid laekäitlustehnoloogiasid, võib olla üsna suuri veel varisemata tühemikke. Kõige keerukam ongi määrata altkaevandatud maa püsivusomadusi seal, kus kõrvuti on erineva laekäitlusviisiga kae-

Tabel 1. ALTKAEVANDATUD MAA PÜSIVUSE KRITERIUMID

Ala	Ala iseloom	Piirtingimused	Nurk mõjutatud kivimiruumi piirpinnal ja vertikaali vahel	Nurga väärtus °	puistes
Mõjuala	Vähemärgatavad nihked	Nõlva kallakus ja horisontaalnihe $0,5 \cdot 10^{-3}$	Piirnurk, δ_0	60	50
Ohtlik ala	Möödetavad nihked ja vajumised	Nõlva kallakus $4 \cdot 10^{-3}$, horisontaalnihe $2 \cdot 10^{-3}$, maapinna kõverus $0,2 \cdot 10^{-3}$ 1/m (kõverusraadius 5000 m)	Nihkenurk, δ	70	50
Langatusala	Praod, lõhed, suured nihked	Ohtliku ala ja täieliku langatuse ala vahel	Rebenemisnurk, β	75	
Täieliku langatuse ala	Lõhed, nihked	Langatusnõo (vajumi, molli) põhi	Langatusnurk, ψ	50	

veõoned, näiteks osalise täitmisega laavad, tervikute vahel olevad käigud ja nende taga püsiva laega kambrid. Kuna mõjuala levib kaeveõonest eemale, siis kõrvutiste kaeveõonte mõjualad kattuvad. Samas on naaberkaeveõonte mõju oluliselt erinev (joonis 1). Sellises olukorras saab hinnangu anda vaid mäetehnilise eriharidusega vilunud ekspert (joonis 2).

SOOVI TUSED

1. Vajunud, stabiilsele ja kvaasistabiilsele maale võib ehitada kaevandamisest vastutava isiku tehtud ekspertiisi alusel.
2. Avakaevandamisega kaevandatud ala peab ehitusinsener käsitlema kui eripinnast või tehnogeenset puistet.
3. Kaevandatud alale ehitisi projekteerides ei tohi piirduda eeluuringuga.

Artikkel on seotud uuringutega ETF Grant7499 „Säästliku kaevandamise tingimused”.

Kirjandus

1. Kärk, J., Saavik, M. Geotehniline kontroll ja nõlvnähtused. Keskkonnatehnika 3, 2008, lk 50–51.
2. Reinsalu, E. Altkaevandatud maa kasutamise piirangud ja tingimused. Keskkonnatehnika 5, 2001, 40–43.
3. Reinsalu, E., Toomik, A., Valgma, I. Kae-



Joonis 2. Ala oleku tuvastamine Kukruse ümbersõidutee eeluuringul. Sülearvutis on mäetööde plaan, esiplaanil on kohtvaring, mille suhtes tekkis kahtlus, kas see on auk käigu laes või suure laekonsooli rebend. Tagaplaaniil olevat võsa läbib uus tee. Teehitajatel oleks kasulik teada, millisesse auku ehitusmasin võib vajuda

Foto: Helena Lind

vandatud maa. TTÜ mäeinstituut, Tallinn, 2002.

4. Karu, Veiko. Altkaevandatud alade püsivusarvutused üld- ja detailplaneeringu staadiumis. Keskkonnatehnika 4, 2005, 34–35.

5. Karu, V. Soovitusi põlevkivi avakaevandamiseks ning ala kujundamiseks Jõhvi vallas Tammiku–Kose väljal. Kaevandamine parandab maad (22–24). TTÜ mäeinstituut, Tallinn, 2007.

6. Karu, Veiko. Insenerilahendused kaevandusalade planeeringueelsete uuringute staadiumis. XIII Eesti geotehnika konverents: artiklid (13–18). TTÜ, Eesti Geotehnika Ühing, Tallinn, 2008.

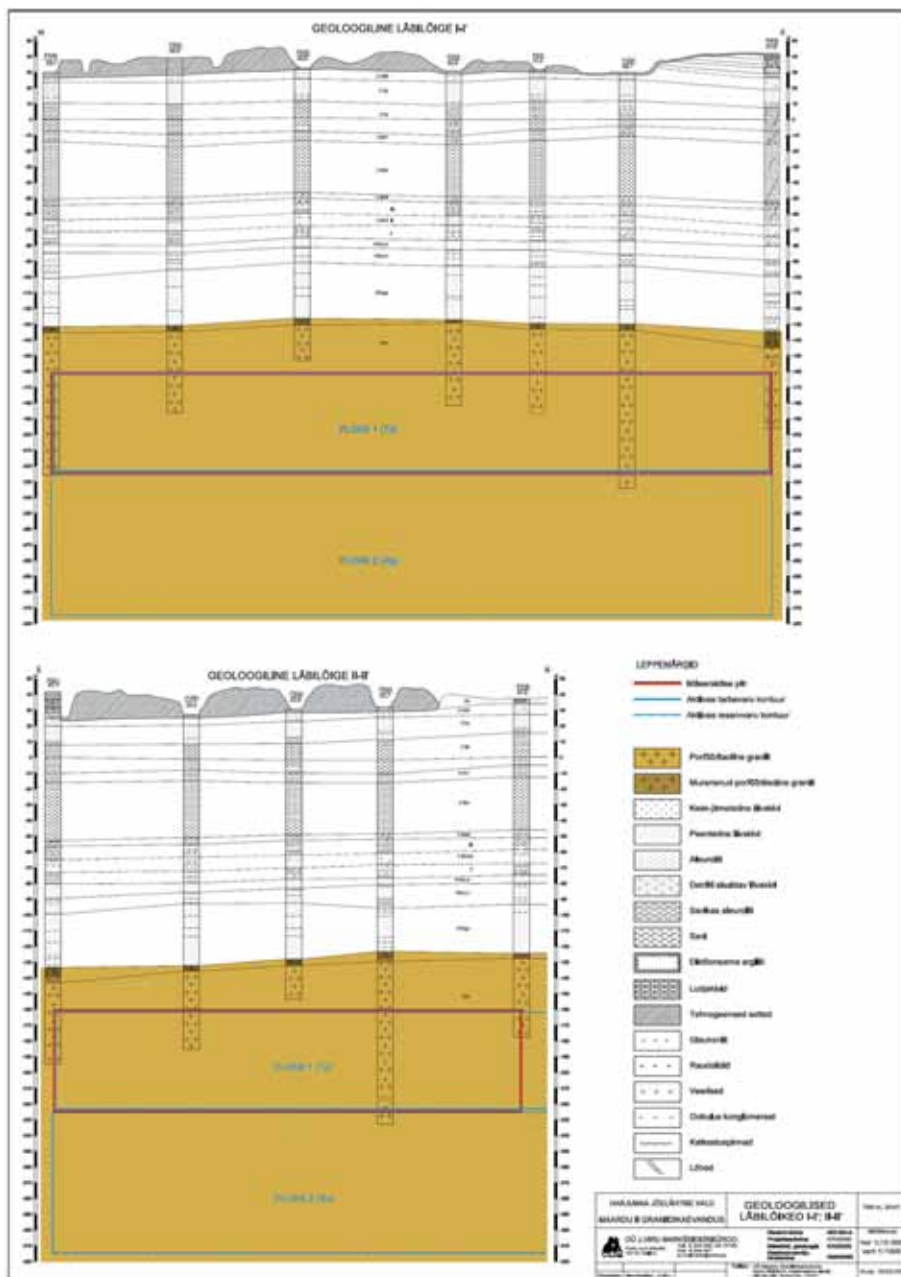
7. Karu, V. Võimalikud insenerilahendused Jõhvi valla kaevandatud alal. Talveakadeemia kogumik 2007: Talveakadeemia 23.–25.02.2007.

ja pakkunud terviklikke lahendusi näiteks ala hilisemaks kasutamiseks puhkemaastikuna, mille keskmes oleksid tehisveekogud. Muutmist vajavad ka õigusaktid, mis on praegu liialt omanikukesksed. Riik on suure osa oma ressursipealsest maast lühinägelikult loovutanud, esitamata uutele omanikele piiravaid tingimusi, mis tagaksid vaidlusteta juurdepääsu kaevandamiseks isegi riiklike maardlate puhul.

Teise võimaluse pakub aheraine ja lammutatavate hoonete purdmaterjali kasutamine. Kuid sellel on piirangud, sest killustiku puhul on oluline kvaliteet, eeskätt survetugevus ning külma- ja kulumiskindlus. Põlevkivi aheraine on küll taaskasutatav toore, kuid selle kvaliteet on üldjuhul madal, mistõttu ehituskonstruktsioonidesse see ei sobi.

Kolmas võimalus on võtta tooret kohtadest, kus igal juhul oleks otstarbekas süvendeid rajada. Näiteks Tallinna ringtee rajamisel avaneb lähitulevikus võimalus raudteelune maavara kogu trassi pikkuses väljaata, lastes sellega ohtlikud veosed süvendisse ja lahendades kahel tasandil kõik linnast radiaalselt väljuvate teede ristmikud.

Neljas ja parim võimalus on vähendada maavara tarbimise absoluutkogust, kasutades kõrgema kvaliteediga materjale. Selleks pakukuks häid võimalusi Maardu graniidikaevandus riigile kuuluva kasutusest väljas oleva tühermaa all. Lisaks maavara kaevandamiskoguste vähenemisele ei laseks graniidikaevanduse töölerakendamine rikkuda ulatuslikku ala madalate karjääridega, vaid laseks minna sügavuti, kaevandades pinnauhiku kohta lubjakiviga võrreldes suurusjärgude võrra enam materjali.



Geoloogiline läbilõige

Selle projekti elluviimisega kaasneks rohkesti majanduslikke võite: pikeneb ehituskonstruktsioonide ja maanteed kasutusega, mis kokkuvõttes tähendab

ehituskulude vähenemist, paraneb väliskaubandusbilanss ning väheneb sõltuvus välisriikidest, luuakse uusi töökohti ja eeldusi uutele äridele. Oluline



Keskkonna ja keskkonnaõiguse uudised.

Iga kuu keskkonnaõiguses toimunud muutuste kokkuvõtteid (ESTLEXi internetikogumik Keskkonnaõigus - lihtsustab oluliselt keskkonnaõiguse jälgimist).

Keskkonnaalaste tegevuste info ja kuulutused

www.keskkonnaveeb.ee



on ka ökoloogiline võit, sest graniidi kaevandamine on paekivi kaevandamisega võrreldes keskkonnakasutuse seisukohast vähem koormav, vähem on kulutusi materjaliühiku transpordile, paraneb materjalikasutus ning surve kriitilistele loodusvaradele (kruus, paekivi). Ainuüksi aktiivse tarbevaru maht on Maardus suur, prognoosvaru on aga piiramatult ning seetõttu jätkub tooret väga pikaks ajaks, võimaldades kogu imporditava graniitkillustiku asendada kodumaisega.

Vajadus kvaliteetse graniitkillustiku järele oli suur juba Nõukogude Eestis. Kõige perspektiivsemaks peeti kaevandamist Suursaarel. Lootusi andis ka Kärda meteoriidikraatri piirkond, kuid sealne toore osutus madalakvaliteediliseks. Geoloogilise süvakaardistamise käigus avastati 1970ndatel aastatel toorme kõrge survetugevuse, hea külmakindluse ja suure kulumiskindlusega Maardu graniidimaardla. Siinne keskmisekristalliline rabakivigraniit sobib nii killustiku kui ka dekoratiivplaatide valmistamiseks. Eeluuringutega selgitati aktiivne reservvaru 258 mln m³. Taasiseseisvunud Eestis kanti Maardu leiukoha tarbevaru (794 mln m³) Eesti maavarade registrisse, moodustati Ees-

ti Graniidifond, väljastati maavara kasutusluba ning hangiti tootmiseks tarvilikud kooskõlastused. Projekt soikus, kuna ehitusmahud vähenesid drastiliselt ning kapitali oli veelgi keerulisem kaasata kui praegusel kriisiajal.

Ehitusmahtude ajutisele vähenemisele vaatamata kasvab peagi taas vajadus uute ehitusmaavarade leiukohtade kasutuselevõtu järele, sest senised paekarjäärid ammenduvad. Seega on graniidimaardla kiire evitamine väga oluline. Karta kodumaise graniidi kõrgemat hinda võrreldes imporditavaga pole mingit alust, kaevanduse rajamine on otstarbekas tänasest turuhinnast olulisemalt madalama müügihinna puhul.

Graniidi lasumissügavus Neeme maardlas on ligikaudu 150 meetrit. Nüüdistehnoloogiat kasutades on maardlat suhteliselt lihtne evitada ning saab lahendada ka peamise tehnilise probleemi – Kambrium-Vendi veehorisondi läbimise. Arendaja Maardu Graniidikaevandus OÜ on teinud esmased menetlustoimingud, keskkonnamõju hindamine on ekspertidel lõppfaasis, avalikkusele tutvustatakse seda mai alguses. On koostatud ka kaevanduse rajamise majanduslik hinnang ja sotsiaal-majandusliku mõju hinnang.

Peamine osa tegevusest toimub maasügavuses, vaid osa purustamisest ning laadimine toimub maa peal. Tööstusplats asub olemasolevast hoonestusest eemal, nii et mõju elukeskkonnale on minimaalne.

Graniidimaardla evitamine pakub suurepärase võimaluse ka seni kasutusest väljas oleva ligi 7 km² suuruse ala kasutuselevõtuks. Maardu Graniidikaevandus OÜ on teinud Jõelähtme vallale ettepaneku hakata endise Põhjakarjääri põhjapoolset alal spordikeskust arendama ning on valmis ka seda projekti vedama. Ala mitmekesine maastik lausa kutsub sinna inimestele sobivat keskkonda looma.

Graniidikaevandust ettevalmistavate tegevustega rööbiti arendatakse graniidikaevanduse kaeveõonte baasil rajatava pumpehüdroakumulatsioonijaama projekti. Selle projekti edukas realiseerimine muudaks oluliselt Eesti energiasüsteemi senist paindumatut ülesehitust ning looks eeldused tuuleenergia senisest suuremas mahus kasutuselevõtuks.

Kaevanduse rajamisega seonduva teabega on võimalik tutvuda veebileheküljel www.vool.ee

EHITAMINE ALGAB UURINGUTEST!

1995-2009: 16 700 tööd, objekti, projekti

2009: 60 geodeesia, geoloogia, maamõõdu ja ehituse valdkondade spetsialisti kaasaegse uurimis- ja andmetöötlustehnikaga

GEODEESIA

- Geodeetilised tööd
- Ehitusgeodeesia
- Maamõõtmine
- Markseidertööd
- Ehitiste vajumisvaatlused ja deformatsioonide uuringud

PLANEERINGUD JA PROJEKTEERIMINE

- Detailplaneeringud
- Üldplaneeringud
- Ehitusprojekteerimine
- Ehitusprojektide ekspertiis

GEOLOGIA JA GEOTEHNIKA

- Ehitusgeoloogilised uuringud
- Geotehnilised uuringud ja ekspertiis
- Geotehniline järelevalve
- Geotehniline kontroll
- Geoloogilised uuringud
- Pinnase- ja pinnasevee reostusuuringud

EHITUS

- Väikevaidadest vundamendid
- Ehitusekspertiis

REIB



RAKENDUSGEODEESIA JA EHITUSGEOLOGIA INSENERIBÜROO OÜ

Koduleht: www.reib.ee

Peakontor: Tallinn, A. Adamsoni 26, tel 660 4568, reib@reib.ee

Tallinna Geodeesia: Tallinn, A. Adamsoni 26, tel 661 3742, 501 7685, andrus.arming@reib.ee

Ehitusgeoloogia ja geotehnika: Tallinn, Suur-Sõjamäe 34, tel 646 5113, 523 5688, indrek.heidema@reib.ee

Tartu Geodeesia: Tartu, Ujula 2a, tel 733 7140, 523 6164, tarmo.tonismae@reib.ee

Planeeringud: Tartu, Ujula 2a, tel 733 7142, 515 9975, kylli.kell@reib.ee

GEOTEHNILINE KONTROLL – TEADMISED TEGELIKKUSEST

MARGUS SAAVIK

Ehitusinsener

JUHAN KÄRK

Geotehnikainsener

Rakendusgeodeesia ja Ehitusgeoloogia Inseneribüroo OÜ (edaspidi REIB) on viimase ~15 aasta jooksul teinud ehitiste geotehnilist kontrolli/vajumisvaatlusi 635 korral. Veelgi enam – osa REIBi spetsialistidest on sellega tegelnud juba alates aastatest 1960–1970 ligemale 1000 objektile üle Eesti.

Ehituse ja geotehnika asjatundjad teavad, et projekteerimise aluseks olev ehitusgeoloogiline uuring ning selle põhjal loodav ehitusalune pinnasemudel on oma olemuselt väliuuringutele ja erialastele teadmistele tuginev prognoos. Ehitise projekt oma eeldatavate koormuste ning kasutustingimustega ei pruugi alati piisavalt adekvaatselt kajastada tegelikust, kuid projekti realiseerimine peab tagama inimsõbraliku lõpptulemuse. Ehitusaegne ja -järgne ehitiste geotehniline mõõtmine annab meile olulist tagasisidet nii pinnasemudeli tõesuse kui ehituskonstruktori projekteeritud konstruktsioonide töö kohta.

Sellest tulenevalt erineb geotehniline kontroll kui meetod põhimõtteliselt projekteerimisaegsetest uuringutest. Geotehnilise kontrolliga uuritakse ja mõeldakse konkreetset ehitist. Tulemusena saadakse selle tegelikud paigutised ja nende ajaline kulg. Ehitiste paigutised (vajumised) ja nende arenemise dünaamika võivad mitmetel asjaoludel oluliselt erineda projekteerimisel prognoositud vajumistest. Tegelike mõõtmistulemuste võrdlemine prognoositutega loob meile võimaluse vajaduse korral ehitusprojekti ehituse käigus korrigeerida.

Muidugi on geotehnilise kontrolli valdkond eespool kirjeldatust oluliselt laiem. Geotehniline kontroll on teretunud ehitustehnoloogiliste protsesside koostisosana (näiteks täidete tiheduse kontroll, tihendustehnoloogia kujundamine, vaiatööde järelevalve, vundamendivaiade kandevõime määramine).

Eraldi tuleks mainida geotehnilist seiret, mis suudab kirjeldada esmapilgul väliselt nähtamatuid looduslikke protsesse – maapinna omavajumisi, veereži-



mi muutusi, nõlvnähtusi. Kui loetletud looduslike protsesside arengud fikseerida, saab hinnata projektis kavandatud abinõude tõhusust.

Tänu geotehnilise kontrolli tegemisele oleme viimasel ajal kogenud huvitavat tendentsi: mida vaesem riik, seda väiksemad on tema ehitusnormide tagavarategurid. Rikkamatel riikidel on tagavarategurid suuremad. Rikas ühiskond, püüeldes mugavuste poole, püüdleb samas ka mugavama äri poole. Õnneks annavad geotehnilise kontrolli andmed ja nende interpreteerimise oskus teadmisi tegelikkusest. Sellega kaasneb ka näiteks looduslike materjalide ja energia märkimisväärne kokkuhoid.

Et mitte jääda üldsõnaliseks, toome näite REIBi uurimistöö praktikast.

Aastail 1999–2000 palgati meid Gruusia Vabariigis uuringuid tegema. Juhendasime ehitusgeoloogilisi töid ja ehituseelset geotehnilist kontrolli alal, kuhu projekteeriti neljarealine 240 m pikkune raudtee-estakaad. Ala ehitusgeoloogiliste uuringutega tuvastati kuni 23 m paksuse mudakihi olemasolu estakaadi all. Kahjuks ei olnud mudakiht ühtlase paksusega ning osa mudakihist oli turvastunud. Ehitusgeoloogilise aruande valmides edastati see mitme riigi projekteerimisfirmadele ja geotehnikutele palvega teha vajumisprognoos ning soovitada vundamendilahendusi.

Türgi geotehnikud ja ülikool – vaju-

misprognoosi ei tehtud, soovitati kasutada kohtvau pikkusega ~24 m.

Taani geotehnikud ja Kopenhaageni ülikool – soovitati kasutada vertikaal-dreene sammuga 1,2 m ja pikkusega ~20 m ning sellele lisaks ala eelkoormamist pinnasega. Prognoositi 160–200 cm suurust vajumit.

REIB OÜ, Eesti – soovitati ala eelkoormamist pinnasega. Vajumisprognoos 7–47 cm olenevalt geoloogilisest löikest ja asukohast. Lisaks soovitati vajaduse korral liipreid eksploatatsioonist tuppida.

Variantide tehniliste ja majanduslike aspektide kaalumise tulemusena valiti REIBi pakutud variant. Töö tehti geotehnilise kontrolli (vajumisvaatlused) kaitse all. Vajumised ala eelkoormamisel stabiliseerusid 70–130 päeva jooksul. Vajumid eelkoormatud alal olid asukohast olenevalt 8–60 cm.

Kõik firmad said ühesugused alganded ning seetõttu väärib toodud näite puhul tähelepanu estakaadi rajamiseks pakutud lahenduste märkimisväärne erinevus. Sellepärast julgeme soovitada, et geotehnilise kontrolli või seire tegemiseks, tulemuste analüüsimiseks, vajumisprognooside koostamiseks tasub palgata kogemustega firma. Tuhandeid kulutades on võit kümne- ja sajakordne.

Loodetavasti järgite siili soovitusi – ikka serviti.

VALVUR JA VALVATAV EHK DIKTÜONEEMAKILT JA FOSFORIIT

VALTER PETERSELL

Eesti Geoloogikeskus

MIS ON VALVUR?

Toolse piirkonna diktüoneemakildale kui fosforiidi kaitsjale omistati valvuri nimi 1970ndatel aastatel. Niikaua kui ei olnud fosforiiti katva kilda kompleksse kasutamise tehnoloogiat, polnud ka võimalik alustada Toolse fosforiidilandsundi kaevandamist. Põgusa ülevaate valvurist võib leida 2008. aasta Aprillikonverentsi materjalidest [1]. Käesolevas artiklis on antud ülevaade eelkõige valvatavast ehk fosforiidist.

MEELDETULETUSEKS

Fosforiiti läheb vaja fosforiühendite, esmajärjekorras fosforväetiste saamiseks. Fosforväetised on olulised inimese arengu, tervise ja vaimsete vajaduste rahuldamise seisukohast. Akadeemik A. Fersmani hinnangul on fosfor elu ja mõistuse element.

Bioloogilises elutegevuses on fosforiühendid geneetilise informatsiooni säilitajad ja edasikandjad kõikides elavates süsteemides, reguleerides näiteks ainevahetust

Fosfori vähesus inimorganismis põhjustab mitmeid raskeid haigusi. Nende

esimesed tunnused on osteoporoosi jt luuhaiguste, sageli ka näiteks psüühiliste häirete ilmingud.

Tarbimisest lähtuvalt moodustab fosfor looduses rea: muld – taim – (loom) inimene. Fosforisisaldus on taimede mineraalosas ligi 7%, inimese aju kudedes ligi 4%, luudes üle 5%, hambaemalises ligi 17%. Teravilja terade mineraalosas varieerub fosforisisaldus 10–20% piires. Taimede mineraalosas on koostiselementidest fosfori kontsentratsioon 87 korda, magneesiumi kontsentratsioon 11 korda ja kaltsiumi kontsentratsioon 2 korda suurem mulla keskmisest sisaldusest. Mikroelementidest kontsentreerub taimedes maksimaalselt tsink, selle kontsentratsioon on ligi 18 korda suurem mulla keskmisest. Toodud arvud näitavad üheselt, et fosfor on nii taimede kui ka loomsete elusorganismide üks olulisem toitelement. Taimede kasvukeskkond ehk muld peab olema suuteline tagama selle fosforihulga kättesaadavuse taimedele ja viimaste kaudu loomadele ning inimesele.

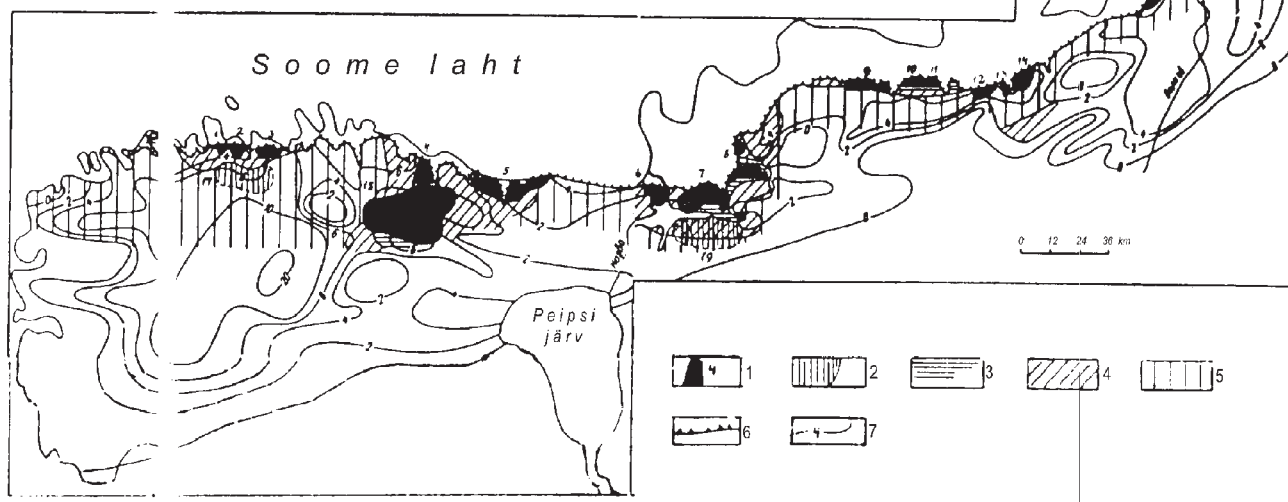
Fosfori keskmine sisaldus on maismaa mullas ligi 800 g/t, Eesti mullas 570 g/t, samas on see üksikpunktide

lõikes väga varieeruv. Ligi ühel kolmandikul Eesti maismaast on fosforisisaldus mullas väga madal, alla 300–400 g/t [2].

Möödunud sajandi 70ndatel aastatel kasutati Eestis põllumaa väetamiseks ligi 20 kg, Lääne-Euroops samal ajal 30–40 kg fosforit ühe ha kohta aastas.

MÕNI SÕNA EESTI FOSFORIIDI JA FOSFORIIDITÖÖSTUSE AJALOOST

Fosforitoore ehk fosforiit oli Eestis avastatud juba 19. sajandi II poolel. Fosforväetiste defitsiiti tunnetasid Eesti Vabariigi põllumehed kohe esimestel aastatel pärast iseseisvuse saavutamist. Seda defitsiiti asuti ka kiiresti (1919. a) likvideerima ning juba 1923. aastal hakkas AS "Eesti Vosvoriit" Ülglise allmaakaevandusest fosforiiti kaevandama [3]. Saadava fosforiidijahu või -kontsentraadi (P_2O_5 sisaldus ~25 – 27%) toodang kasvas kiiresti, ligi 700 tonnilt 1925. aastal 6500 tonnini



Joonis 1. Fosforiidi levik Balti basseinis

1 – fosforiidimaardlad: 1 Iru, 2 Maardu, 3 Tsite-Valkla, 4 Toolse, 5 Aseri, 6 Narva, 7 Kingissepa, 8 Koltovski, 9 Gljadinski, 10 Krasnoselski, 11 Dudergovski, 12 Feodorovski, 13 Popovka, 14 Uljanovski, 15 Tšaplinski, 16 Volhov-Sjas, 17 Maardu lõuna-ala, 18 Pakvere, 19 Kingissepa lõuna-ala; 2–5 – tinglikult tööstusliku varuga pindalad: 3 P_2O_5 sisaldus kuni 9%, 4 P_2O_5 sisaldus kuni 6%, 5 P_2O_5 sisaldus kuni 3%; 6 – klint; 7 – fosforiiti sisaldavate setete samapaksusjoon

1940. aastal ja ligi 20 500 tonnini 1943. aastal. Toodetud fosforiidijahu kasutati Eestis happeliste muldade väetamiseks. Osa fosforiidikontsentraadist müüdi välismaale superfosfaadiks ümbertöötamiseks. Aastal 1943 veeti kogu toodang Saksamaale. Alates 1958. aastast hakati Maardus fosforiiti kaevandama karjääri meetodil ja selle toodang jäi püsima 50 000–70 000 tonni P_2O_5 piiridesse aastas, kestes nii kuni 1991. aastani. Toodangu suurendamist takistas toodetava fosforiidikontsentraadi kõrge omahind.

Nõukogude Eesti põllumajandusteadlased väitsid 1960ndatel aastatel, et fosforiidijahu pole tõhus ka happeliste muldade väetamisel, kuna see ainult neutaliseerib mulda. Ei usu küll, et meie vanavana- ja vanaisad olid rumalad. Geokeemilisest seisukohast lähtudes pole fosforiidijahu väidetav madal efektiivsus tõene. Happelised mullad on fosforivaesed. Selleks et mulla happesust vähendada, peab fosforiidist eralduma kaltsium. See eeldab, et fosfaatsed mineraalid lagunevad ja fosfori kui taimede suhtes oluliselt aktiivsema elemendi tarbivad taimede ära enne, kui kaltsium suudab vähendada mulla happesust ja stimuleerida kasvu.

FOSFORVÄETISTEGA SEOTUD PROBLEEMIST EESTIS JA ENDISE NÕUKOGUDE LIIDU LOODEPIIRKONNAS

Eesti ja Nõukogude Liidu loodepiirkonna tarbeks toodeti superfosfaati Koola apatiidist. Apatiitõ maarla piires ületas tööstuslikult uuritud P_2O_5 varu

1,5 miljardi tonni piiri.

Kesk- ja Lääne-Euroopas ei ole olnud märkimisväärseid fosforitoorme varusid [4; 5]. Vajadus fosforväetiste järele kaeti nendes riikides ning kaetakse ka praegu peamiselt Põhja-Aafrika (Moroko) fosforiidivarudest toodetud fosforväetiste arvelt. Rahvademokraatiamaade vajadus kaeti suures osas apatiidist valmistatud fosforväetiste baasil ja apatiidi varu jätkus enam kui 100-ks aastaks.

KUID KUHU OLI KOER MAETUD?

Konflikt tekkis 1960ndatel aastatel, kui Nõukogude Liidu tervishoiutöötajad keeldusid andmast luba Bulgaarias kasvatatavate tomatite sisseveoks. Tomatite Sr-sisaldus oli terviseohtlikult kõrge. Bulgaarlased vastasid, et nad väetavad Nõukogude Liidu jaoks kasvatatavaid tomateid sealsamast saadud fosforväetistega.

Konflikt lahendati muidugi rahumeeli kitsas ringkonnas, kuid see tignis vajaduse muuta Nõukogude Liidus fosforväetise tootmise tehnoloogiat.

LIHTSA PÕHJUSE KOMPLITSEERITUD TAGAJÄRJED

Koola apatiit on väga kõrge Sr-sisaldusega (1,1–1,4%). Sr esineb apatiidis isomorfse seguna ja selle eraldamine superfosfaadist läheb väga kulukaks.

Lihtsuperfosfaadi tootmisel jääb sinna strontsiumi sama palju kui oli apatiidis, väetises ohustab Sr põllukultuuride kaudu inimese tervist (põhjustab Urovi haigust). Sr-sisaldust saanuks

superfosfaadis oluliselt vähendada, minnes üle madala Sr-sisaldusega Balti fosforiidibasseini fosforiidikontsentraadi kasutamisele või lihtsuperfosfaadi tootmisele Balti basseini fosforiidi ja apatiidi baasil. (Meeldetuletuks: selleks sobiv fosforiidivaru oli Nõukogude Liidu Euroopa osas ainult Balti basseinis).

Seega oli tarvis forsseerida fosforiidi tootmist Balti basseinist. Kõik võimalused selleks olid olemas. Tuli laiendada toodangut Maardus ja avada Balti fosforiidibasseinis uusi kaevandusi. Basseinis paiknevate maardlate (joonis 1) geoloogiliselt uuritud ja prognoositud fosforiidivaru ületas tolleks ajaks 150 000 tonni piiri P_2O_5 . Abistava käe ulatas Vene Föderatsioon Kingissepa fosforiidimaardla näol.

MAARDU SAASTEKOLDE KUJUNEMINE JA SELLE LIKVIDEERIMISE KATSED

Fosforiidi lahtisele kaevandamisele üleminek Maardus 1958. aastal oli nii teaduslikult, geoloogiliselt kui ka tehniliselt halvasti ette valmistatud või hoopis ette valmistamata. Diktüoneemakilda isesüttimise juhud olid laialt teada, kuid neid ei arvestatud. Mõne aasta möödudes hakkas kattekihvi puistangutesse ladustatav diktüoneemakilt lokaalselt soojenema, põhjustades isesüttimist ja kilda põlengukoldeid. Sellega kaasnes atmosfääri intensiivne saastumine väevliühenditega ja sademeveega raskmetallide (sh uraani) väljakanne. Kujunes võimas saastekolle, mis üha arenes ja laienes

TP-L4 Torulaser
muudab Sinu töö efektiivsemaks!
Võta ühendust ja küsi tasuta "DEMO" päeva!





www.topcon.ee

Pakume nii toru-, kald-, ehitus- kui interjööri lasernivelliire. Ka edasimüüjatele.

5 YEARS TOPCON GUARANTEE



Hades-Invest OÜ
Pärnu mnt 238 Tallinn
tel. 671 85 30
GSM. 52 93 755
hades@hades.ee

vastavalt kaevandatud territooriumi suurenemisele. Kõik see toimus Soome lahe kaldal vahetult Tallinna külje all.

Saaste oluline vähendamine eeldas kaevanduse sulgemist. Selleks oli ainult üks tee – rajada asenduskaevandus. Geoloogiliste, majanduslike ja keskkonnaseisundi andmete kohaselt sai 1960ndatel aastatel Maardut asendada ainult Toolse fosforiidimaardla.

Toolse maardla paiknes madala kvaliteediga põllu-, karja- ja metsamaal. Maardla pind oli rikutud, selle piiridesse jäid Kunda tsemenditehase töötavad ja perspektiivsed lubjakivikarjäärid. Kui Maardus saadi 1 m² pindalalt 0,24 tonni P₂O₅, siis Toolses oli see arv 2,5 korda suurem (0,61). Ühe tonni P₂O₅ tootmiseks tuli Maardus teisaldada ligi 36 tonni diktüoneemakilta, Toolses oleks piisanud vaid 6 tonnist. Kui arvestada veel seda, et Maardu piirkonnas hävitati kõigele lisaks ajaloolise väärtusega põllumaad, pidasid geoloogid Maardu vahetust Toolse vastu otstarbekaks.

GEOLOOGIDE ALGATUS EI ÖNNESTUNUD. MIKS?

Esiteks sellepärast, et vahetusega ei nõustunud tolle perioodi keskkonnakaitstjad. Pealegi kinnitas Toolse fosforiidimaardla fosforiidivaru GKZ (Riiklik Varude Komisjon) 1972. aastal (protokoll nr 6716, 22.11.72), kuid märkusega, et fosforiidi kaevandamist võib alustada ainult koos diktüoneemakilda kompleksse kasutamisega või selle taaskasutamisel keskkonnaohutu meetodikaga. Kuna kilda kompleksse

Tabel 1. FOSFORIIDI- JA APATIIDIKONTSENTRAADI KEEMILISEST KOOSTISEST

Bassein, maardla	P ₂ O ₅ , %	F, %	U, g/t	Cd, g/t	Sr, g/t	ΣTR,%
Floriida	29,1	3,6	90	10	780	0,04
Maroko	33	3,85	100-200	10-20	1000	0,067
Koola apatitõ	33,6	3,4	<10	<3	125 00	0,760
Toolse	28,7	2,7	50	<3	3000	0,145
Kabala	30,0	2,9	40	<3	3100	0,140
Ohutu PK		0,045		1	~600	

Tabel 2. FOSFORIIDI (KONTSENTRAADI) TOODANGU JA HINNA MUUTUSTE TREND [5]

Bassein, maardla	Mõõtühik	P ₂ O ₅ sisaldus, %	Aastatoodang ja keskmine hind				
			2001	2002	2003	2004	2005
Kogutoodang maailmas	Miljon tonni	29–31	126	133	138	141	148
Sh USA	Miljon tonni	29–30	31,9	35,8	33,3	35,8	38,3
Florida Kontsentraadi hind*	USD/tonn	29–30	26,82	27,47	27,01	27,12	27,89
Maroko kontsentraadi hind**	Euro/tonn	~30	50–60	50–60	54–64	54–64	54–64

* Basseinis toodetava ja müüdava kontsentraadi hind.

** Amsterdami fosforiidi (kontsentraadi) müügihind (valdavad veokulud).

kasutamise teholoogiat ei olnud ning matmise vastu seisis geoloogide südametunnistus, lükkus Toolse fosforiidimaardla kasutuselevõtt määramatuks ajaks edasi.

Edasised uuringud näitasid, et ka fosforiidi allmaakaevandamine ei oleks reaalne. Seda ei lubanud kaevanduskäikude lage moodustav kõrge radioaktiivsusega diktüoneemakilt.

Geoloogid lootsid, et diktüoneemakilda kompleksse kasutamise tehnoloogia väljatöötamine ja evitamine oleks täiesti reaalne ning põhjendatud keskkonna säästliku kasutamise seisukohalt. Rootsis töötati see tehnoloogia välja ning rajati tööstuslik katsetehas analoogse kilda (*Alum shale*) jaoks umbes 8 aasta jooksul. Eestis kahjuks ei suutnud teadlased kogu sotsialismi-





Tippkvaliteet mõistliku hinnaga.

Tegeleme üldgeodeesiatöödest spetsiifiliste detailide mõõdistamiseni.

OÜ Hades Geodeesia
Pämu mnt. 238 Tallinn 11624
Ärereg. Nr. 10570307
Tel. 6 718 530
www.hades.ee



aja jooksul selles valdkonnas midagi olulist korda saata.

Toolse fosforiidimaardla evitamisest loobuti. Nüüd endise Maardu kaevanduse puistanguvälju vaadates võib aru saada, kui suur viga omal ajal tehti.

FOSFORIIDIUURINGUTE UUS AJAJÄRK

Aastal 1972 avastati süvageoloogilise kaardistamise käigus Rakvere fosforiidimaardla. Kuigi fosforiit lasus maapinnast 50–200 m sügavusel, varieerus fosforiidilasundi paksus 3–8 m piirides ja P_2O_5 sisaldus 7–15 % piirides.

Maardla osutus Euroopa suurimaks, selle P_2O_5 prognoosvaru ületab kindlalt 700 miljoni tonni piiri ja maardla piires puudub diktüoneemakilt – fosforiidi tootmist segav või raskendav peamine tegur.

Detailuuringud, kuni katsešahti projekteerimise ettepanekuni, viidi läbi ligi 120 km² Rakvere maardla Kabala alal, kus tootliku kihi keskmine paksus ja P_2O_5 sisaldus olid vastavalt 6 m ja 12 %.

Uuringud näitasid, et lisaks Toolsele on ka Rakvere piirkonna fosforiit tänu madalale kaadmiumi sisaldusele [6] oluliselt loodussõbralikum kui maailma peamiste fosforiidibasseinide, Floiriida ja Moroko fosforiit (tabel 1).

Uuringute teine pool, katsekaevanduse projekteerimine ja rajamine, jäi tegemata. Algas fosforiidisõda.

Polnud lootustki, et GKZ oleks varu kinnitanud ilma katsekaevanduse tulemusi kajastamata ning andnud nõusoleku riskida sadu miljoneid maksva kaevanduse rajamisega tundmatutesse keskkonnatingimustes. Ei tohi unustada sedagi, et polnud ka fosforiidi kaevandamise majandusliku otstarbekuse garantiid.

Teiste mikroelementide sisaldus Eesti maardlate fosforiidis ei ületa maa-koore keskmise 2–3-kordset taset [7] ning keskkonnasaaste seisukohalt jääb loodusliku fooni piiridesse.

Tolleks perioodiks olid Nõukogude Liidu erialainstituudid koostanud ka Toolses ja Kabalas fosforiidi kaevandamise esialgsed majanduslikud arvutused. Need olid kaevandamist toetavad. Ka USA spetsialistidest koosnev ekspertgrupp avaldas juba 1992. aastal arvamust, et Toolse fosforiiti on sisseveetavatega võrreldes majanduslikult otstarbekam väetisteks kasutada. Eesti fosforiidi väärtust suurendab oluliselt

selle madal kaadmiumisisaldus [8]. Praeguseks on fosforiidi hind tõusnud 10–20 % ja tõus jätkub. Fosfori tarbimise kasvutempost annab ülevaate tabel 2.

Juba 1970ndatel aastatel ei olnud Nõukogude Liidu väetisetööstuse ministriumil raha Koola apatiidikaevanduse korrastamiseks ja laiendamiseks. Seda polnud ka katsekaevanduse, rääkimata uue kaevanduse rajamiseks tundmatutesse tingimustes. Teisalt oli avastatud oma tüüpi ja maailma suurimate hulka kuuluv fosforimaardla, mis tulevikus kindlasti käiku läheb. See oli peamine põhjus, mis geoloogia-ministeeriumi spetsialistide vaikival nõusolekul pani väetisetööstuse ministriumi ja ministriumi teadusastute juhtivaid töötajaid kuulutama, et juba mõne aasta pärast antakse maardla eksploatatsiooni. Kui nad seda poleks kuulutanud ega tegelikku olukorda afiseerinud, oleksid uuringuteks eraldatud rahasummad olnud tunduvalt tagasihoidlikumad. Kellele see oleks meeldinud? Kui need mõned aastad mööda läksid, lükkus lõpptähtaeg jälle mõne aasta võrra edasi. Rakvere maardla fosforiidi sai omamoodi lüpsilehm. Uuringutele pookisid end külge asjaarmastajad, keskkonnakaitsjad, ajakirjanikud ning ka tüüpilised kuulsusejahtijad. Uuringuteks vajalikke mäetöid aga ei tahtnud mitte keegi teha. See töö oli vastutusrikas ega sobind kokku valgekraede töekspidamistega.

Tänu fosforiidisõja avalikule etapile lõppesid Eestis fosforiidiga seotud mured Nõukogude Liidu väetisetööstuse ministriumi administratiivtöötajate jaoks rahuldavalt, paljudele teadlastele ja teadusasutustele aga kurvalt. Tõusis ka kommunistliku partei prestiiž. Võidi kinnitada, et fosforiväetiste defitsiiti taheti minimeerida, kuid seda ei saadud teha, sest me ei tohi ignoreerida rahva arvamust, me saame olukorrast aru, säilitame keskkonna ja külmutame määramata ajaks uuringud ja kaevanduste rajamise... Eesti jaoks lõppesid need mured ehk ka omamoodi kurvalt. Euroopa suurim fosforiidilade jäi lõplikult läbi uurimata. Kui uuringuid nüüd jätkataks, kestaksid need aastaid ning kulud ulatuksid sadadesse miljonitesse kroonidesse.

Fosforiidisõja tulemusena lõppes Eestis juba 1919. aastal alanud fosforiidikaevandamine. Oma töö lõpetasid fosforiidil põhinevad tööstusharud, lõppesid kaasnevad geoloogilised, teh-

noloogilised ja teaduslikud uuringud, likvideeriti ka fosforiidi valvuri ehk diktüoneemakilda kompleksse kasutamise uuringud.

Fosforiidist, selle majanduslikust tähtsusest ja kaasnevatest võimalustest ajakirjanduses enam juttu ei ole. Vaikivad nii võitjad kui kaotajad. Aga ometi peitub Eesti maapõues Euroopa suurim keskkonnalembeline fosforiidivaru, mille tarbimine on juba lähitulevikus möödapääsmatu. Kui tulevikku vaadata, siis aitaks ehk valvataval ning valvuril tuginev tööstus ja teadus Eesti oma Nokiat leida.

Viidatud kirjandus

1. Petersell, V., 2008. Diktüoneemakilt, energia ja keskkond. Keskkonnatehnika 4/08, lk 32–34.
2. Petersell, V., Ressar, H., Carlsson, M., Möttus, V., Enel, M., Mardla, A., Täht, K. Eesti mulla huumushorisoni geokeemiline atlas. Tallinn–Uppsala, 1997, Seletuskiri 75 lk + kaardid.
3. Luha, A. Eesti NSV maavarad. Rakendusgeoloogiline kokkuvõtlik ülevaade. RK "Teaduslik Kirjandus", Tartu, 1946, 178 lk.
4. Геология месторождений фосфоритов, методика их прогнозирования и поисков. Недра, Москва, 1980, 248 с.
5. U.S. Geological Survey, Minerals Yearbook, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006.
6. Петерсэль В., Лоог А., Минеев Д., Петунина, О. Фтор, стронций и редкие земли в фосфоритах Раквереского фосфоритоносного района. Tartu Ülikooli Toimetised, 1986, nr 759, lk 27–55.
7. Лоог А., Петерсэль В. Закономерности распределения малых элементов в фосфоритах Эстонии. Tartu Ülikooli Toimetised, 1990, nr 885, lk 68–83.
8. Preliminary Technical and Economic Assessment of Developing the Toolse Phosphorite Deposit, Estonia. Prepared For: International Fertilizer Development Center by: KBN Engineering and Applied Sciences, Tampa, Florida 33607, 51 p.

Geotehnikalaboris uuritakse pinnast ehitusgeoloogi, geotehniku, projekteerija ja ehitaja tarvis.

Uile Lemberg

Eesti Keskkonnauuringute Keskuse (EKUK-i) geotehnikalabori juhataja

Ehitusboom on möödas. Kiirustades ja vähesele uurimismaterjalile tuginedes projekteeritud sadamad, sillad, maanteed ei ole õnneks veel avariisid põhjustanud.

Aga just praegu on aeg õppida ning end pinnase uurimise valdkonnas täiendada, kasutada ära kõik võimalused, mida geotehnikalabor selleks pakub. Eesti tasane ja suhteliselt ühetaoline maastik on ehitusgeoloogi jaoks üllatusi täis. Kruus, liiv, viirsavi, moreen, sinisavi, lubjakivi – kõik need võivad olla ehitisele aluseks, neid kasutatakse täiteks ja ehitusmaterjaliks. Kuid kõik need pinnased erinevad tugevuse poolest, käituvad erinevalt ja vajavad uurimisel oma teinimismetoodikat.

Kõik algab muidugi proovist ja proovimisest: mida kvaliteetsem ja iseloomulikum on pinnaseproov, seda kvaliteetsemad on tulemused. Ainult üht pinnaseproovi objekti kohta uurides võime aga tekitada segadust ja teadmatust ning teha valesid järeldusi.

Geotehnikalaboris kasutatavad põhiseadmed – koonused, ödomeeter (foto 1), tasapinnaline nihkeaparaat (foto 2), kolmeteljeline drenitid ja drenimata süsteemiga survepress (foto 3), üheteljeline survepress (fotod 4 ja 5), liiv- ja savipinnase filtratsiooniseadmed, Proctor-seade (foto 6) – on ajakohased ning moodsaimad neist on muretsatud KIKi programmide toel.



Foto 1. Ödomeeter KPr-1



Foto 2. Tasapinnaline nihkeaparaat TSNIIS

Eesti Keskkonnauuringute Keskuse geotehnikalaboris tehtavad teimid

- 1. Pinnase liik ja koostis** – lõimimine (terastikuline koostis), lõimise- ja jaotustegur, plastsuspiirid (voolavuspiir rootsi ja Vassiljevi koonusega, plastsuspiir), plastsusarv, karbonaatide ja orgaanilise aine sisaldus, pinnase liigitus normdokumentide järgi
- 2. Füüsikalised omadused** – veesisaldus, mahumass, kuivmahumass, puistemahumass, erimass, maksimaalne ja minimaalne tihedus (Terzaghi meetod), poorsus, poorsustegur, lagunemisaste
- 3. Pinnase olek** – küllastusaste, konsistents, voolavusarv, tihedusaste, maksimaalne tihedus optimaalse veesisalduse juures (Proctor-teim), tihedusaste
- 4. Vesiomadused** – veejuhtivus (filtratsioonimoodul), pundumine, leondumine, kuivamisvajumine, kleepuvus, kapillaartõus, niiskusmahutavus, äkkvajumine, külma-kerge
- 5. Mehaanilised omadused** – ödomeeterteimiga kokkusurutavuse parameetrid: konsolidatsiooninäitajad, kompressiooniindeks, deformatsiooni- ja elastsusmoodul; tugevusparameetrid tasapinnalise nihkekatsetega, ühe- ja kolmeteljelise survetugevusteimiga: nihketugevus, nidusus, sisehõordenurk, kaljupinnase survetugevus; koonustugevus, varikalle, tundlikkustegur
- 6. Pinnase ja pinnasevee agressiivne toime** vundamentidele (sulfaatide, kloriidide, vaba ja agressiivse CO₂ ja teiste komponentide sisaldus, pH)

EKUKi geotehnikalabor on akrediteeritud Eesti Akrediteerimiskeskuses EVS-EN ISO/IEC 17025:2006 nõuete järgi kui katselabor geotehniliste katsete valdkonnas. Tunnistus registreerimisnumbriga 130 kehtib kuni 16.03.2013. Geotehnilisel uurimisel kehtivad Eestis normdokumendid EVS-EN 1997-1:2006 Eurokoodeks 7: Geotehniline projekteerimine. Osa 1: Üldeeskirjad ning EVS-EN 1997-1:2007. Osa 2: Pinnaseuringud ja katsetamine.

Geotehnikalaboris teimitakse ja liigitatakse pinnast eri riikide meetodikate ja normide järgi (CEN, GOST, BS, DIN, SGF, ASTM). Akrediteeritud teimid tehakse põhiliselt normide CEN ISO/TS 17892 osade 1–12:2004 (Geotechnical investigation and testing. Laboratory testing of soil) järgi. Pinnase liigituse aluseks on Eesti geotehnikas kehtiv EVS 1997-1:2003 (lisa 1), mis arvestab EVS-EN ISO 14688 osade 1 (2003) ja 2 (2004) põhimõtteid.



Foto 3. Kolmeteljeline survepress VJTech

Geotehniliste uuringute eesmärk on selgitada ehituskoha geoloogiline läbilõige ja olulised pinnaseomadused ning anda projekteerimiseks vajalikud lähteandmed. Uuringute iseloom ja maht on seotud ehitise geotehnilise kategooriaga. Laboris on viimastel aastatel uuritud paljusid objekte, näiteks Sillamäe radioaktiivsete jäätmete hoidla, Jõelähtme prügilat, Tallinna ja Ämari lennuväli, Narva tuhavälja tuulepark, Muuga konteinerterminal, Paldiski sadama 8. ja 9. kai, Eesti Rahva Muuseum, Tartu vangla, Pääsküla ja Nõmme raudteeülesõit, Tallinna-Tartu mnt, Rannu-Jõesuu sild,



Foto 4. Üheteljeline survepress WF

Läti Plavina HEJ. Välis-tellijatega seotud uuringud on enamasti põhjalikumad ja sisaldavad ka laboriuuringuid. Tavauuringutes kasutatavad andmed on tihti arhiivipõhised ja aastatetagused, määratud mitmesuguste tuvastamata seadmete ja meetodikatega ning neid on kajastanud autorid, kes geotehnilisi teadmisi piisavalt ei valda. Iga tulemus peab aga olema seotud konkreetse pinnase, meetodika, seadme ja objektiga.

Praeguse ehitusmööna ajal on sobiv aeg uurida mõnd pinnast, teimi või objekti põhjalikumalt – võrrelda erinevate meetodikatega saadud tulemusi, korreleerida tulemusi välikatsetega, ladudes sellega vundamenti tulevikuks.

Labor annab konsultatsioone pinnase omaduste määramisest (teimimisest) mitmesuguste teimimismetoodikate ja normide järgi (CEN, GOST, BS, DIN; SGF, ASTM), kuid ise pinnaseproove ei võta. Pinnaseproovide võtmiseks ja uurimisprogrammi koostamiseks soovitame kasutada geotehnikafirmade abi.



Foto 5. Üheteljeline survepress ELE (kalju)



Foto 6. Proctor-seade ELE

Eesti Keskkonnauuringute Keskuse geotehnikalabor
Suur - Sõjamäe 34, Tallinn
Tel: 646 5122, GSM: 5301 6519,
Faks: 646 5190
e-post: geotehnika@klab.ee

www.klab.ee

GAMMAKIIRGUSE SPEKTROMEETER-ANDMELOGER

VELJO SINIVEE

Tallinna Tehnikaülikooli füüsikainstituut

TEATAVASTI ESINEB ioniseerivat (foon)kiirgust looduses mõnevõrra peaaegu kõikjal. Sellega on inimene harjunud. Suuremates kogustes või lagusaaduste kogunemisel mõjub see aga kahjulikult tervisele. Oma osa on kahtlemata inimtegevusel, mistõttu võib kiiritusdoosi saada täiesti turvaliseks peetud paigas. Ajakirjandusest võib viimasel ajal üha tihedamini lugeda ioniseerivat kiirgust tekitavate (radioaktiivsete) ainete sattumisest inimeste elukeskkonda.

γ -kiirguse allika aktiivsuse mõõtmine, nagu seda teevad paljud tööstuslikud radiomeetrid, ei anna ühest informatsiooni kiirgusallika ohtlikkuse kohta. On mõeldud ja üldjoontes on teada, millistest komponentidest koosneb tavainimese igapäevane kiirgusdoos (nt kosmiline kiirgus, radoonist ja selle tütaruumadest lähtuv kiirgus, looduslik ^{40}K , tehnilik ^{137}Cs – pärit enamasti tuumajaamade äpardustest). Integraalselt kogunenud kiirgusdoose on mõõdetud ka individuaalsete dosimeetrite abil. Siiski ei anna sellised mõõtmised täit pilti kiirgusdoosi kogunemise mehhanismist ega selle ohtlikkusest. Vaja on veel teada näiteks seda, millised isotoobid kiirguse põhjustavad, kas on tegemist gaasi või vedelikuga, kas see moodustab vees lahustuvaid ühendeid, koguneb elusorganismidesse, kui suur on poolestusaeg.



Joonis 1. γ -Mapper ja vaade selle sisemusse

Kiirguse tervisekahjulik toime sõltub suuresti kiirguse kvandi energiast. Inimene on liikuv ja seetõttu võib ta saada olulise osa doosist suhteliselt lühikese aja jooksul. Integraalsete mõõtmismeetoditega (dosimeetrid) on selliseid iseärasusi raske märgata. Kasulik oleks teada kiirgusdoosi kogunemise ajalast ja energeetilist iseloomu. Sellise info saame, mõttes γ -kiirguse energeetilise spektri.

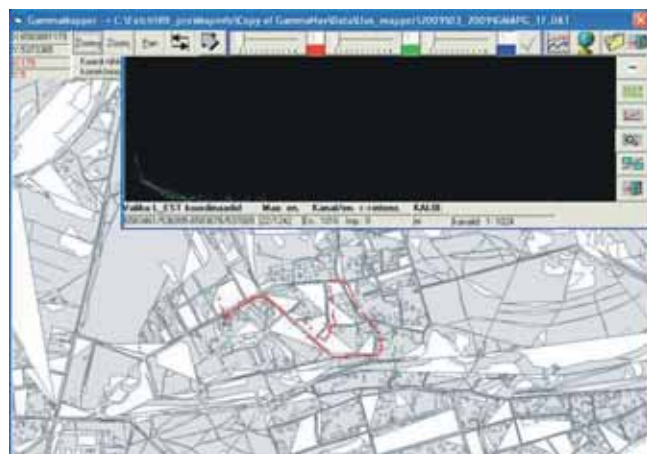
Enamik γ -spektromeetreid on väga hea lahutusvõimega, kuid paraku on need statsionaarsed seadmed, mis ei võimalda välimõõtmisi, rääkimata taskusse mahtumisest. Seetõttu tuleb objektidest võtta proovid, mida teatud juhtudel on isegi võimatu teha.

(Keskkonna)parameetrite mõõteseadmetes on tihti peale kasulik siduda mõõtmistulemused mõõtepaiga koordinaatidega. Selline võimalus on eriti soovitatav sel juhul, kui on tegemist mobiilse, tihti

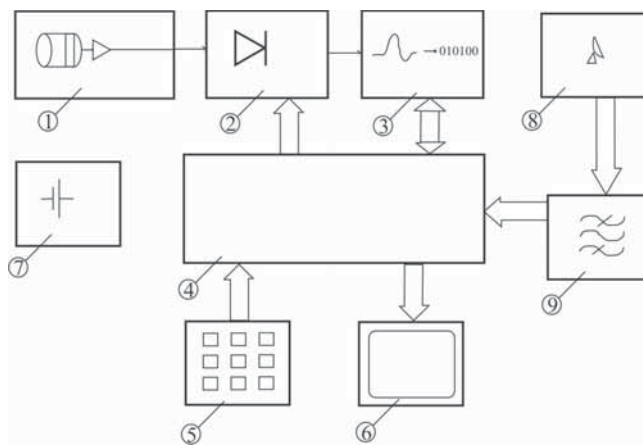
asukohta vahetava mõõteseadmega. Kui mõõtepunktid on eelnevalt määratud, taandub asukoha määramine lihtsalt kaardi lugemisele. Kaasaskantava ja pidevalt mõõtvat seadme puhul ei saa nii toimida, otstarbekam on lisada süsteemi GPS.

Üks võimalik keskkonna kiirgusfooni uurimise seade on TTÜ füüsikainstituudis välja töötatud autonoomse toitega portatiivne γ -kiirguse spektromeeter-andmeloger **γ -Mapper** (joonis 1). See praegu küll veel prototüübi staatuses olev seade on mõeldud eelkõige uurimistööks: eesmärk on välja selgitada „keskmise“ inimese kiirgusdoosi kogunemise iseloom ja kiirguse energeetilise koostise määramine.

γ -Mapper salvestab kiirgusinfo koos GPSilt saadud mõõtmiskoha geograafiliste koordinaatide ja täpse ajaga laialt kasutatavale SD-tüüpi mälukaardile. Seega saab eksperimenteerija pidevalt



Joonis 2. Mõõtmistulemuste visualiseerimise programm näitab läbitud teekonda kaardil. Kogu tee või huvipakkuvate löikude kohta saab kuvada gammakiirguse spektri (joonise üllemises paremas nurgas)



Joonis 3. γ -Mapperi plokk skeem. 1 kiirgusandur, 2 piikdetektor, 3 analoog-digitaalmuundur, 4 mikrokontroller, 5 nupustik, 6 LCD-ekraan, 7 toiteosa, 8 GPS-vastuvõtja, 9 GPSi info filter

jälgida oma liikumist kiirgusväljas ning analüüsida doosi akumulatsioonist. Arvutitarkvara seob mõõtmistulemused piirkonna kaardiga, kandes sinna läbitud teekonna joone ning kiirgusspektri tee suvalisest punktist (joonis 2). Saab ette anda enam huvi pakkuvaid kiirgusenergia vahemikke, mis kuvatakse kaardil soovitud värviga. Kahtlast piirkonda läbides muudab teekonna joon seega värvi, lihtsustades tunduvalt võimaliku kiirgusallika lokaliseerimist.

Seadmel on veel mitmeid lisafunktsioone. Näiteks saab mõõtmistulemusi krüptida. Kuigi info peaks olema kõikidele huvilistele vabalt kättesaadav, on mõnel juhul otstarbekas tulemusi kaitseda näiteks eksikombel kustutamise eest. Seadme protsessor keelab krüptitud failide kustutamise, kui ei ole sisestatud krüptovõtmena töötavat kunagise firma Dallas (nüüd Maxim) tablettvõtit (nn *I-button*). Failide visualiseerimise arvutitarkvara kasutab sama võtit info lahti-krüptimiseks.

Mõõteriista lihtsustatud plokkskeem on toodud joonisel 3. Kogu seadme tööd eest hoolitseb üliväikese voolutarbega mikrokontroller (4). Seadme tööd saab jälgida värvilise LCD-ekraani (5) kaudu. GPSilt saadud asukoha info püüab kinni vastuvõtja (8). Filter (9) kujutab endast

täiendavat mikrokontrollerit, mis jälgib positsiooni määramist, valib välja ja salvestab vaid huvipakkuva info, lihtsustades seeläbi põhikontrolleri tööd. GPS-filtrit on lähemalt kirjeldatud allikas [1].

Seade jälgib ka toiteploki (7) tööd ning aku tühenemisel lõpetab mõõtmised ja sulgeb failid automaatselt. Ühtlasi kirjutatakse tulemustefaili märkus mõõtmiste enneaegse lõpetamise kohta. γ -Mapperi analoogosa koosneb plokkidest 1–3.

Seadme kasutajaliides on väga lihtne: automaattalitusel piisab vaid seadme sisselülitamisest, edasine toimub automaatselt (joonis 4). Seega võib mõõtmise teha ka ilma täiendava väljaõppeta.

Mõõteriistal on ka LED-valgusti huvipakkuvate uurimisobjektide valgustamiseks hämaras.

γ -Mapper saab tulemusi jooksvalt sidetkanali kaudu arvutisse saata. Praegu toimub side üle „tavalise“ USB-liidese, seda eelkõige energia kokkuhoiu mõeldes. Tarkvara järgmine, GPRS-i toetav versioon on veel silumisel. Pideva andmeside omadust on artikli autor kasutanud tehnilise füüsika eripraktikumiga jaoks, kus tudengid saavad ülesande määrata kiirgusallikas kiirgusspektri põhjal. Tööd saab teha täielikult üle võr-



Joonis 4. γ -Mapperit on lihtne kasutada, see ei nõua eriväljaõpet. Pildil on seadme eelmine versioon

gu, kas või kodus.

Projekteerimisel on seadme järgmine versioon, mis lubaks sisseehitatud suuremal LCD-ekraanil kogutud spektreid kohe vaadelda ja võimaluse korral ka geokaardile kuvada. See vabastab eksperimenteerija vajadusest arvutit kaasas kanda – välitöödel ei pruugi see alati otstarbekas olla.

Viidatud kirjandus

V. Sinivee. A Simple Data Filter for the GPS Navigator.

Instruments and Experimental Techniques, 2006, Vol. 49, No. 4, p. 511.

EHITUSKESKUS

INFO KVALITEETSEST EHITAMISEST

Rävala pst 8, 10143 Tallinn
Tel 660 4555

Avatud E-R 9-17

ehituskeskus@ehituskeskus.ee
www.ehituskeskus.ee

- Alaline ehitusnäitus
- Koolitusseminarid
- Ehitusalane kirjandus

MAI

07.05.2009 Niiskus ja hüdroisolatsioon ehitistes.
Niisked ruumid

14.05.2009 Ehitiste renoveerimine ja restaureerimine.
Ökoloogiline ehitamine

Seminarid toimuvad Ehituskeskuses,
Rävala pst 8 (2.korrus), Tallinn

EESTI OMA NAFTA JA GAASI ALLIKAS

V. KATTAI

OÜ Inseneribüroo Steiger

PÕLEVMAAVARAD, eriti nafta ja maagaas mängivad majanduselus väga olulist rolli. Ilma nendeta on tänast industriaalühiskonda võimatu ette kujutada, need on asendamatud nii energiaallikana kui keemiatööstuse toormena.

NAFTA LEVIK BALTIKUMIS

Kõige varem andis Baltikumis nafta endast märku Eestis, sest siin Balti sünekliaasi äärealadel ei lasu naftat kandvad kihid kuigi sügaval. Naftalaadset vedelikku saadi esmakordselt 1905. aastal Hiiu maal Vaemla mõisas kaevu puurimisel umbes 18 m sügavuselt. Tõeline naftapalavik jõudis Eestisse 1920ndate alguses. Ainuüksi 1922. aasta 6 kuu jooksul esitati 66 taotlust nafta uurimis- ja ammutusõiguse saamiseks [1].

Vara-Paleosoikumi setendeid loeti naftakandvuse suhtes kaua täiesti perspektiivituiks, sest peaaegu kõik tollal teadaolevad naftamaardlad olid seotud nooremate kivimitega. Põhjalikumate uurinuteni jõuti Baltikumis alles 1950-ndate lõpus. Esimesed tööstuslikud naftamaardlad avastati pärast 10-aastasi otsinguid Leedus 1966. ja Kaliningradi oblastis 1968. aastal. Balti sünekliaasi keskosas – mandriosas ja Läänemere mandrilaval on avastatud üle 40 naftamaardla. Need on seotud põhiliselt Kesk-Kambriumi Deimena kihistu liivakividega, vähemal määral Ülem-Ordoviitsiumi rifimoodustistega. Oma suurusega maardlad ei hiilga. Kaliningradi oblastis kõige suuremate maardlate naftavaru jääb alla 10 mln t, Leedu omad on veel väiksemad [2]. Viimasel ajal on laekunud andmeid, mille kohaselt on Lätis Gudeni ki piirkonnas avastatud naftamaardla (levib maismaal ja akvatooriumis). Maardla varu hinnatakse kuni 700 000 t ja see võidakse kasutusele võtta lähiaastail.

Eestile kõige lähemad, Kuramaal paiknevad naftaleiukohad on loetud mittetööstuslikeks [3; 4].

Teine huvipakkuv tase on Ülem-Ordoviitsiumi Pirgu- ja Porkunialised rifilaadsed moodustised, mis Gotlandi saarel on osutunud naftat kandvaks. Gotlandil on välja selgitatud üle 10 väikese leiukoha, mille sügavus on kõigest 300–600 m. Selle piirkonna naftavaru on hinnanguliselt 200 000 tonni ja 1990ndate aastate alguses toodeti siin 3000–4000 tonni aastas. Olemasolevail andmeil ei ole nafta tootmine olnud

remaid naftailminguid Liivi lahes, Irbe väinas ja Sõrve läänerannikul, kuhu võivad ulatuda nii Balti naftabasseini Kambriumi Deimena (Ruhnu) kihistu liivakivi-naftakiht kui ka Ülem-Ordoviitsiumi (Pirgu–Porkuni lade) nafta sisaldavad rifivööndid, mis on teada Gotlandi saarel [3].

MAAGAASI ILMINGUD

Maagaasi ilminguid Eestis teatakse juba ammu ajast. Kõige tugevam on olnud gaasipurse Keri saarel 1902. aastal puuritud puurkaevust. Aastail 1907–1912 valgustati selle gaasiga Keri saare tuletorni, mis oli üldse esimene maagaasil töötav tuletorn maailmas. Prangli saarel tehti aastail 1946–1947 ja 1956–1961 sihipäraseid maagaasi otsinguid. Kahes gaasilasundis sügavustel 78–123 m hinnati kokku 17 mln m³ põlevat gaasi (metaani). Suuruselt ei anna see välja ka väikest gaasimaardlat (1–10 mld m³) [6]. Gaasikollektoriteks olid väikesed liivaläätsed savikates glatsiaalsetes setetes. Sealsetest puuraukudest imbub ka tänapäeval välja maagaasi. Ka paljudes teistes kohtades rannikul ja mandril on olnud gaasipurskeid ja gaasi väljaoolusid puuraukudest, meres on jälgitud gaasimullide erandumist. Kõiki teadaolevaid gaasilasundeid ei saa arvestada kui võimalikke gaasimaardlaid [7; 8]. Seega ei saa me Eestis loota oma loodusliku nafta ega maagaasi maardlale.

KUKERSIITPÕLEVKIVI – TEHISNAFTA- JA GAASIALLIKAS

Olemasolevail andmeil on maailma naftavarudest kättesaadava nafta kogus hinnanguliselt 140–170 mld t. Sellest piisaks praeguse tarbimise juures (üle 4 mld t aastas) vähem kui 40 aastaks.



Nafta- (1) ja gaasileiukohad (2) Baltikumis, loodusliku bituumeni (3) ja põleva gaasi (4) ilmingud Eestis [16]

majanduslikult otstarbekas ning see on lõpetatud.

Lääne-Eestis ning saartel Kesk- ja Ülem-Ordoviitsiumi ja Alam-Siluri karbonaatkivimites on avastatud rohkesti oksüdeerunud nafta ja eriti loodusliku bituumeni ilminguid kas siis õõnsustes (poorid, kavernid, lõhed, koralli tühimikud biohermses lubjakivis) või on impregnatsioonid ja immutuslaigud poorsemates kivimierimites [5].

Üldiselt võib Eestis leiduda ka suu-

Maagaasi jätkub enam kui kaks korda pikemaks ajaks. Naftasaaduste tarbimine suureneb aga üha kiiremini, kui võtta arvesse selliste suurriikide nagu Hiina ja India kiiret majandusarengut. Samas on uuringute kaudu saadav naftavaru juurdekasv aeglasem. Naftat pumbatakse ka järjest sügavamalt ja kaugematest piirkondadest, mis tõstab nafta hinda veelgi. Seega tuleb vedelkütuse tootmiseks peagi kasutusele võtta üha rohkem alternatiivseid allikaid. Olulisemate mittetraditsiooniliste süsivesinike allikate all vaadeldakse looduslikku bituumenit ja põlevkivi [9]. Maailma põlevkivivaru nn naftaekvivalendis (põlevkiviõlis) on maapõues hinnatud väga erinevalt – 530 kuni 1225 mld t. Seega ületab põlevkiviõli ehk tinglikult tehinafta kogus mitmeid kordi loodusliku naftavaru [10; 11].

Põlevkivis ei ole küll valmis naftalaadset ainet nagu looduslikus bituumenis (leiukohad Kanadas, Venezuelas), mida saab ammutada kuuma veega ekstraheerimise teel. Põlevkivi orgaanilise aine (OA) koostises on ülekaalus orgaanilistes lahustites lahustumatu aine – kerogeen. Vaid termilisel utmisel ja OA lagunemisel tekivad põlevkiviõli aurred. Need vedeldatakse jahutamise teel nn toorõliks, mis on olnud toormeks peamistele põlevkivitööstuse toodetele (kütte- ja määrdeõli, diisliõli, petrooleum, bensiin, parafiin, meditsiinilised preparaadid jt keemiatooted).

Põlevkiviõlid erinevad oma koostise poolest maardlati. Parafiini tüüpi põlevkiviõlid on koostiselt ligilähedased parafiinnaftadele ja neid saab kasutada kvaliteetsete mootorikütuste tootmiseks. Kukersiidist saadav põlevkiviõli on spetsiifilise koostisega, millele ei ole senijani leitud analooge teiste maardlate põlevkiviõlide seast. See õli sisaldab palju hapnikuühendeid ja selle omapära on eriti spetsiifiliste fenoolide – alküülresortsiinide kõrge sisaldus. Sellisest õlist ei ole võimalik saada kõrgemargilist mootorikütust ilma täiendava töötlemiseta [11; 12]

Eesti on saavutanud oma energetilise sõltumatus alates 1918. aastast tänu Eesti maardla kukersiitpõlevkivile. Käesoleval ajal on põlevkivi osatähtsus riigi kütusebilansis 60–65%, elektri-

Tabel 1. PÕLEVKIVIÕLI JA -GAASI SAAGIS PÕLEVKIVIST NING TOODANG

	GGJ (1921–2008)	TA (1928–1975)	TSK (1980–2008)	KA (1948–1987)	Kokku
Põlevkivi toorõli toodang, mln t/%	16,9/67,6	3,6 /14,4	1,8/7,2	2,7/10,8	25,0
Õli saagis põlevkivist, %	16–17	20–21	13–14	5	
Kamberahjugaasi toodang, mln/m ³				14154	14154
Põlevkivigaasi saagis põlevkivist, m ³ /t	400–500	20	50	350	
Põlevkivigaasi põlemissoojus, kcal/m ³	800–1000	6000–8000	11000–12000	3500–4000	

Tabel 2. EESTI PÕLEVKIVIMAARDLA KUI TEHISNAFTA JA GAASI ALLIKAS

	Arvel olev põlevkivivaru, mln t	Põlevkiviõli kogus maapõues, mln t	Õlitööstuse potentsiaal, mln t	Gaasitööstuse potentsiaal, mld m ³
Kogu maardla varu	4900	970	200	510
Sh energieetikas kasutatav varu	600	130		
Aktiivne varu	800	160	70	170
Majanduslikult passiivne varu	1600	300	130	340
Keskonnakaitsepassiivne varu	1900	380		

energia tootmises moodustab põlevkivi 90–95%.

Eesti maardlas on 90-aastase eksploateerimisejooksul kaevandatud üle 1 mld t põlevkivi, millest termiliseks töötlemiseks kasutati 180 mln t ja millest on saadud ligi 25 mln t põlevkivitoorõli. Kõige enam on saadud põlevkiviõli Kohtla-Järve (69%) ja Kiviõli (24%) tehases, palju vähem Narva õlitesehases Eesti SEJ juures (6%), Sillamäel ja Kohtla-Nõmmel (alla 1%). Põlevkiviõli kogutoodang utteseadmete järgi jaguneb järgmiselt: gaasigeneraatorites (GGJ) 67,6%; tunnelahjudes (TA) 14,4%; kamberahjudes (KA) 10,8%; tahke soojuskandjaga seadmetes (TSK) 7,2% [13; 14].

Põlevkivi termilisel töötlemisel tunnelahjudes **Kiviõlis ja Sillamäel** aastatel 1929–1975 saadi ka madalamargilist bensiini, mis moodustas kogu vedel-saadusest 10–15%. Kohtla-Järvele 1931. aastal ehitatud bensiinivabrik töötles generaatorite toorõli bensiiniks (oktaanarv 68) ja diisliõliks. Aastaks 1939 tõusis bensiini aastatoodang 20 000–22 000 tonnini. Kokku on Eestis põlevkivist toodetud ligi 450 000 t bensiini. Alates 1927. aastast eksporditi põlevkiviõli saadusi (nt kütteõli, bensiin, bituumen) paljudesse välisriikidesse (nt Soome, Rootsi, Norra, Saksamaa, Leedu). Kõiki-

des utteagragaatides saadi kõrvalsaadusena ka gaasi. Kuid see gaas oli kas siiski madala kütteväärtusega (generaatorigaas 800–1000 kcal/m³) või saadi seda tunnelahjudes väga vähe ning kasutati ettevõtetes küttegaasina.

Pärast Teist maailmasõda oli Nõukogude Liidus suur vajadus majapidamisgaasi järele. Aastal 1949. ehitati Kohtla-Järvele põlevkivi gaasistamiseks kamberahjud, mille peamine saadus oli gaas kütteväärtusega 3500–4000 kcal/m³. Gaasiga varustati alates 1949. aastast Leningradi ja 1952. aastast ka Tallinna. Majandusgaasi tootmisest sai põlevkivi töötlemise iseseisev tööstusharu. Kamberahjugaasi kogutoodang oli 14 154 mln m³, millest kaubagaas moodustas 90–95% (tabel 1). Kamberahjud likvideeriti 1987. aastal, kui Nõukogude Liidus evitati uued suured gaasimaardlad ja gaasi tootmine põlevkivist ei olnud enam majanduslikult otstarbekas.

Aastatel 1948–1949 katsetati Kiviõli kaevanduse põhjaosas põlevkivi maalust gaasistamist. Katsed olid edukad, kuna selleks oli valitud ebasoodne koht: väike sügavus (4–6 m), ümbriskivimite suur lõhelisus ja seoses sellega intensiivsed vee juurdevoolud ning tekkiva auru- ja gaasi suured kaod. Ometi tõestati, et tehnoloogiliselt on põlevkivi maalune

terminiline töötlemine tarbegaasi tootmiseks võimalik [15]. Tänapäeval on niisugune utmismeetod oma keskkonnamõju tõttu muidugi vastuvõetamatu.

Käesoleval ajal kasutatakse põlevkivi termilisel töötlemisel gaasigeneraatoreid (nn KIVITER-protsess) ja tahke soojuskandjaga seadmeid (GALOTER-protsess). GALOTER-protsessi peetakse tõhusamaks ja keskkonnasõbralikumaks, sest see lubab kasutada rikastamata ja madalama OA-sisaldusega peenpõlevkivi. Täielikum on ka OA õlipotentsiaali kasutamine ning tööstusjäätis on vähem keskkonnoahtlikud.

Viimastel aastatel on põlevkivist toodetud 350 000–400 000 t põlevkiviõli aastas, millest 2/3 on eksporditud kütteõlina, põhiliselt laevakütuse lisandina, kuna põlevkiviõli parandab naftamasuudi omadusi – alandab hangumistemperatuuri ja väävlisisaldust. Seoses nafta kõrge hinnaga on Eesti Energia viimastel aastatel teeninud õlitööstusest (Narva TSK tehastest) oluliselt rohkem tulu kui elektritootmisest. Statistikaameti andmeil impordib Eesti samas täielikult mootorikütuseid: bensiini 340 000 t, diislikütust 600 000 t ja kergest kütteõli 95 000 t aastas.

Arvutused näitavad, et Eesti maardla varu naftaekvivalendis on 970 mln t **põlevkiviõli ehk tehisnafta**. Põlevkiviõli tööstuse potentsiaali ehk teiste sõnadega maapõuest kättesaadava **põlevkiviõli** kogust võib hinnata, arvestades põlevkivivarust maha:

- keskkonnakaitseliste aladele (nt looduskaitsealad, asustatud piirkonnad, veekogud) jääva mittekaevandatava varu;
- teistesse kasutus suundadesse määratud põlevkivivarust (energeetikasse 25 aastaks 15 mln t aastas; tsemenditööstusse Ubja KV varu);
- kaod kaevandamisel (põlevkivi väljamisetegur avakaevandamisel 0,8, altkaevandamisel 0,6);
- utmistehnoloogia võimalused (tööstuslik õlisaagis laboratoorsest 70%).

Niisuguse arvutuse tulemus: aktiivsest põlevkivivarust on võimalik saada 70 mln t ja majanduslikult (energeetika kriteeriumite järgi) passiivsest varust 130 mln t põlevkiviõli (tabel 2). Seega on kättesaadav **põlevkiviõli kogus** vaid aktiivses varus ligi 3 korda suurem kui juba toodetud põlevkiviõli kogus (25 mln t). Õlitoodangu tänase mahu juures (350 000–400 000 t) piisaks seda varu ligi 200 aastaks. See võimaldab põlevkiviõli toodangu tulevikus oluliselt laiendada.

dada.

Maagaasi hinna pidevat tõusu arvestades oleks otstarbekas laiendada ka põlevkivigaasi tootmist ja kasutamist majapidamisgaasina, seda enam et TSK-des saadav gaas on kõrge põlemissoojusega üle 11 000 kcal/m³. Põlevkivi gaasistamisel on võimalik saada kogu maardla kaevandatavast (kadudeta) põlevkivivarust (560 mln t), arvestades gaasi keskmist saagist kamberahjudes, ligi 170 mld m³ gaasi.

Eesti põlevkiviõli tootvate ettevõtete esindajad väidavad nagu ühest suust, et põlevkivivarust on tarvis vääristada, s.t hakata tootma väärtuslikumaid tooteid – kvaliteetset kergest kütteõli ja mootorikütust (diisliõli), mis võimaldaks sisseveetavate naftasaaduste kogust oluliselt vähendada. Tehnoloogiliselt pidi see küsimus olema juba lahendatud. AS Eesti Energia kavatses oma kõige optimistlikuma variandi järgi tösta toorõli kogutoodangut uutes kavandatavates TSK-seadmetes 2016. aastaks kuni 1,6 mln tonnini. AS Viru Keemia Grupp juba ehitab uut TSK-tehast, et välja vahetada suure keskkonnamõjuga GGJ. OÜ Kiviõli Keemiatööstus juba katsetab TSK-seadme käivitamist.

Aga praegu, kui nafta ja kütteõli hind on järsku langenud ning oleme põlevkivitööstuse järjekordses mõnaperioodis, võivad kõik need kavatsused edasi lükkuda.

Eesti põlevkivimaardla on "tehisnafta" kättesaadava koguse poolest võrreldav suure nafta- või gaasimaardlaga [6]. Võrdlus Baltikumi naftamaardlatega: Kaliningradi oblasti suuremate maardlate naftavarust jääb alla 10 mln t, Leedu omad on veel väiksemad, Lätis ja Gotlandi saarel on vaid sadu tuhandeid tonni. Seega võib Eestit pidada nafta- (õigemini „tehisnafta“) ja gaasirikaks riigiks! Kui naftat ja gaasi võiks vaid pumbata ega oleks vaja töömahukat põlevkivi kaevandamist ja keerulist terminilist töötlemist; ei tekiks suuri jäätmekoguseid, millega ei osata midagi peale hakata, ning puuduks ohjeldamatu pinna- ja põhjavee reostamine ja õhu saastamine, mille eest peab tasuma üha suurenevaid saastemakse. Kahjuks ei tegeleta Eestis juba ammu uute ajakohaste põlevkiviõli tootmise tehnoloogiate väljatöötamisega.

Viidatud kirjandus

1. Kattai, V., Lokk, U., 1997. Kas Eestis võib leiduda naftat? Eesti Loodus, 1, lk 30–31.

2. Vosiljus, G. (red), 1987. Neftjanõje mestoroždenija Pribaltiki. Vilnius, 145 str.

3. Kattai, V., Mens, K., Nestor, H., 1995. Liivimaa naftaperspektiivisusest Baltikumi seniste naftalaidude taustal. Rmt: Liivimaa geoloogia. Tartu, lk 66–71.

4. Kattai, V., Lokk, U., Mokrik, R., 1998. Review of oil deposits in the East Baltic. Bull. of the Geol. Survey of Estonia, 4/1, p.12–16.

5. Kattai, V., Lokk, U., 1994. Eesti looduslike bituumenite esinemisvormidest ja päritolust. Eesti Geoloogiakeskuse Toimetised, 4/1, lk 17–22.

6. Kalinko, M. 1987. Geologija i geokemija naftidov. Moskva, Nedra, 242 str.

7. Kattai, V., 1996. Põleva maagaasi ilmingud Eestis. Eesti Loodus, 8, lk 265–267.

8. Kattai, V., Pihlak, A.-T., 1993. Maagaasi ilmingutest Eestis. Eesti Geoloogiakeskuse Toimetised, 3/1, lk 40–47.

9. Jakutcen, A., 1989. Netraditcionnõje istočniki uglevodorodnogo sõrja. Moskva, Nedra, 220 str.

10. Barbiroli, G., Mazzaracchio, P., 1981. Synthetic fuel technologies as strategic pathways. Energy Sources, 17/5, p. 595–604.

11. Tšerepovski, V. (red.) 1988. Mestoroždenija gorjučih slancev mira.. Moskva, Nauka, 263 str.

12. Kattai, V., 2003. Põlevkivi – õlikivi. Tallinn, Eesti Geoloogiakeskus, 162 lk.

13. Kattai, V., 2003. Kui palju võiks saada põlevkivist vedelkütuseid?. Eesti põlevloodusvarad ja -jätmed. Tallinn, lk 6–13.

14. Kattai, V., 2008. Ülevaade põlevkivitööstuse arengust. Keskkonnatehnika, 4/08, lk 26–30.

15. Jakovlev, V., Tellik, I., 1959. Itogi opõtnõh rabot po podzemnoi termičeskoj pererabotke slanca po kombinirovannomu metodu na kombinata "Kiviõli". V kn.: Voprosõ tehniki i ekonomiki podzemnogo polukoksovanija slancev. Leningrad, str. 398–420.

16. Kattai, V., Saadre, T., Savitski, L., 2000. Eesti põlevkivi: geoloogia, ressurss, kaevandamistingimused. Tallinn, 226 lk.

DIKTÜONEEMAKILT – EESTI TULEVIKUMAAVARA

MATI NIIN, MATI RAMMO

Eesti Geoloogikeskus

ALATES 2004. aastast on Eesti Geoloogikeskuses viie aasta vältel koostatud ja välja antud Eesti maavarade kaarte. Alustati aluspõhja ja pinnakatte maavarade kaartidest, neile järgnes muude potentsiaalsete maavarailmingute kaart. Eelmisel, 2008. aastal valmis maavarade kaardi 5. osa, kus uurimise alla on võetud diktüoneemakilt ehk graptoliit-argilliit [1]. Sellel kaardil on välja toodud Eesti diktüoneemakilda leviala, paksus ja lasumussügavus, aga ka tähtsamate seal sisalduvate mikroelementide – uraani, vanaadiumi, molübdeeni, plii ja tsingi anomaalselt kõrgete sisalduste-ga piirkonnad.

Kaardi ja selle juurde kuuluva seletuskirja koostamise aluseks oli aastakümnete vältel kogutud mahukas faktimaterjal sadade diktüoneemakilta sisaldavate puursüdämike ning suure hulga laborimäärangute näol.

Eesti diktüoneemakilta hakati uuri-

ma juba päris ammu. Esimesed andmed selle kohta on teada 18. sajandi lõpust, kui A. Hupel ja N. Fisher kirjeldasid diktüoneemakilda ja oobulusliivakivi paljandeid Põhja-Eestis. Diktüoneemakilda makro- ja mikrokomponentide täpsem uurimine algas aga 1950ndate lõpus Maardu fosforiidimaardla piires. Tõsisema hoo sai diktüoneemakilda uurimine sisse 1960ndate lõpus, kui päevakorda kerkis Maardu fosforiididega seotud maavarade kompleksne kasutamine. Eesti Geoloogia Valitsuses tehti uurin-guid mikroelementide (vanaadium, molübdeen, uraan, plii ja tsink) levikust diktüoneemakildas Põhja-Eestis. Toolse fosforiidimaardla kompleksseks kasutamiseks uuriti sealse diktüoneemakilda keemilist koosseisu ja tehnoloogilisi omadusi. Mure tekkis aga seoses keskonnakaitsega, kuna sai selgeks kilda isesüttimine aherainepuustangutes.

Tähelepanuväärne osa kõnealuse

kaardi materjalist on saadud eelmise sajandi 70ndatel ja 80ndatel aastatel tehtud fosforiidotsingute ja -uuringute käigus. Andmestikku on rohkesti kogunenud ka mitmesuguste eri mõõtkavas kaardistamistöõde käigus. Väga oluline lisa sellele saadi 1980ndate lõpus tehtud spetsiaalselt tööst Lääne-Eestis, kus diktüoneemakilda uurimise eesmärgil puuriti üle 200 puuraugu.

Kogu oluline teave Eesti maavarade, sealhulgas diktüoneemakilda kohta on talletatud Eesti Geoloogikeskuse geoloogide aastate jooksul koostatud arvukatesse uuringu-, otsingu- ja kaardistamistöõde aruannetesse, mis on koondatud Eesti Geoloogikeskuse Fondi (EGF).

Mida see diktüoneemakilt siis endast kujutab? Diktüoneemakilt on pruun või tumepruun, harvem ka must või hall kerogeenne argilliit, mis stratigraafiliselt kuulub Alam-Ordoviitsiumi Pakerordi

November 10–13, 2009

VII INTERNATIONAL WATER FORUM

AQUA UKRAINE 2009

INTERNATIONAL TRADE FAIR AND SCIENTIFIC & PRACTICAL CONFERENCE

THE FORUM IS HELD BY THE ORDER OF THE CABINET OF MINISTERS OF UKRAINE

ORGANIZERS:
Ministry for Environmental Protection of Ukraine
Ministry on questions of Housing and Communal Services of Ukraine
State Committee for Water Management of Ukraine
Messe Berlin GmbH
International Exhibition Centre

INTERNATIONAL EXHIBITION CENTRE
15 Brovarsky Ave., Kyiv, Ukraine

- Water resources conservation
- Water treatment, water supply, drainage
- Utility networks, pipes, pumps, fittings
- Exploration and extraction of ground water
- Water purifying, drinking-water quality management
- Wastewater treatment
- Water quality monitoring technologies and systems
- Bottled water

Scientific & Practical Conference "WATER & ENVIRONMENT"
Organizer: Ministry for Environmental Protection of Ukraine

Seminar "Ukraine - water supply - XXI century"
Organizer: Fund for the Development of Water Treatment Technologies

(044) 201-11-62, 206-87-84
e-mail: aqua-ukraine@iec-expo.com.ua
www.tech-expo.com.ua, www.iec-expo.com.ua

Information support:

VIII INTERNATIONAL INDUSTRIAL FORUM – 2009

International Trade Fairs and Conferences

ORGANIZERS:
Ministry of Industrial Policy of Ukraine
International Exhibition Centre Ltd
Ukrainian National Company "Ukrstankoinstrument"

November 24-27, 2009

INTERNATIONAL EXHIBITION CENTRE
15 Brovarsky Ave., UA-02660, Kyiv, Ukraine

Information support:

lademe Türisalu kihistusse. Türisalu kihistu on levinud Eesti põhjaosas umbes 250 km pikkuse vööndina. Vööndi laius on Lääne-Eestis kuni 80 km, Kesk-Eestis 30–60 km ja Ida-Eestis 10–50 km. Põhjas on Türisalu kihistu piiratud Põhja-Eesti klindiga, lõunas aga suidub see aeglaselt välja. Diktüoneemakiltal esineb maa-alal, mille suurus on ca 12 000 km².

Kihistu suurim paksus on fikseeritud Lääne-Eestis, kus see Ahtama puuraugus ulatub 8 meetrini. Ida suunas kihistu paksuse järk-järgult väheneb – Kiviõli ja Narva vahel on see vaid 1–2 m.

Türisalu kihistu lasumussügavus rannikuvööndis ja klindil on 10–20 m, leviku lõunapiiril Lääne-Eestis Järvakandi piirkonnas kuni 300 m, Kesk-Eestis kuni 200 m ja Ida-Eestis kuni 130 m.

Kivim on tekkinud merelistes aneeroobsetes tingimustes ja selle moodustumisest võtsid osa savikad või savikasaleuriitsed setted, vetikad, plankton ja rikkalik graptoliidifauna. Orgaanilise aine sisaldus diktüoneemakildas kõigub 10 ja 20 protsendi vahel. Seejuures asub tumedam orgaanikarikkam kilt üldjuhul kihistu allosas. Kõige orgaanikarikkam kilt on teada Eesti mandri äärmises loodeosas, Risti asula piirkonnas umbes 600 km² suurusel alal.

Orgaaniline aine on tahkete põlevmaavarade üks põhikomponente. On tehtud kindlaks, et orgaanilise aine sisaldus põlevkivides 10–15% annab selle kivimi kütteväärtuseks umbkaudu 1200 kcal/kg. Eesti põlevkivi (kukersiit), mille kütteväärtus on vahemikus 1200–1450 kcal/kg, arvatakse bilansiväliseks maavaraks. Sellest lähtuvalt tuleks ka meie diktüoneemakilda seda osa, mille kütteväärtus ületab 1200 kcal/kg, käsitleda graptoliitse põlevkivina. Kõige suurem on diktüoneemakilda kütteväärtus selle leviku lääneosas, ulatudes paljudes

puuraukudes 1400–1500 kcal/kg-ni. Alal tervikuna kõigub kiltade kütteväärtus aga üsna suurtes piirides – 400 kuni 1600 kcal/kg.

Kuigi kasutatav madalakvaliteedilise põlevkivina, on diktüoneemakilda tõeline väärtus märgatavalt suurem selles sisalduvate mikroelementide erakordselt kõrge sisalduse tõttu. Eesti diktüoneemakilt sisaldab näiteks uraani, molübdeeni, vanaadiumi, pliid, tsinki, reeniumi kordi ja kümneid kordi enam kui taoliste kivimite jaoks määratud statistiliselt keskmine sisaldus – klark.

Töenäoliselt on diktüoneemakildas kõige olulisem mikroelement **uraan**. Kõikvõimalikele vastuargumentidele vaatamata pole Eesti energeetika tulevik ilmselt mõeldav ilma tuumaelektrijaama(de)ta. Igasuguse alternatiivse, nn rohelise energia osakaal kogu energeetikas saab vaevast et eriti suureks kujuneda. Seda arvamust kinnitavad näited mitmetest arenenud riikidest, kus tuule- jms energiat intensiivselt ja oskuslikult kasutatakse. Seetõttu on väga tõenäoline, et tulevikus, põlevkivivarude ammendumises, ei saa me läbi ilma tuumaenergia ja selle tooraineta, uraaniga. Kõrgeimad uraanisisaldused on fikseeritud Kirde-Eestis ja kildavööndi edelaosas, kus need ulatuvad üle 300 g/t. Võrdluseks olgu öeldud, et uraani klark savides ja kiltades on 3,7 g/t.

Oluline mikroelement diktüoneemakildas on **molübdeen**. Kilda kõrgeimad molübdeenisisaldused on fikseeritud Aseri ja Toolse fosforiidimaardla piires, kus need ületavad sageli 600 g/t. Sisaldusi üle 100 g/t on aga teada paljudes kohtades kogu kildavööndi ulatuses. Molübdeeni klark kiltades on seejuures vaid 2,6 g/t.

Vanaadiumi sisaldused on kõige kõrgemad kilda leviala lääne- ja idaosas. Sisaldused üle 1000 g/t on iseloomulikud

Turba-Riisipere ja Vihterpalu ümbruses, samuti Hiiumaal. Väga kõrged on sisaldused ka Sondast põhja poole jääval alal, kus need mitmes läbilõikes on 1500–2000 g/t. Vanaadiumi klark kiltades ja savides on 130 g/t.

Tsingi sisaldused diktüoneemakildas on regiooniti üsna hüplevad, jäädes kohati isegi alla klargi (95 g/t). Samal ajal pole harvad juhud, kus need sisaldused selle tunduvalt ületavad. Kõige enam on kõrgendatud sisaldusi teada vööndi kesk- ja lääneosas.

Plii sisaldused on suuremad Lääne-Eestis, eriti Hiiumaal, kus need mitmetes puuraukudes ületavad 500–1000 g/t. Mitmel pool jõuavad sisaldused kuni 250 g/t-ni ka kilda leviala idaosas. Plii klark on 20 g/t.

Kokkuvõttes võib öelda, et Eesti diktüoneemakilt kujutab endast väärtuslikku ja unikaalset maavara, seda esmajoones mitmete tähtsate mikroelementide koos esinemise ja kõrge sisalduse tõttu. Olulised tegurid on siinjuures ka kilda tohutud varud ja selle suhteline lähedus maapinnale. Loomulikult on vaja lahendada kõikvõimalikud tehnoloogilised ja keskkonnamured, kuid need ei tohiks olla ületamatud.

Ei maksa unustada ka asjaolu, et praegu pakub diktüoneemakilt suurt huvi mitmete välisriikide (nt Austraalia, Kanada) mäetööstusfirmadele. Eesti riik ei tohiks oma eelisolukorda kergekäeliselt kasutamata jätta.

Viidatud kirjandus

1. Eesti maavarade kaart. Diktüoneemakilt (graptoliit-argilliit). Mõõtkava 1:400 000 (trükivariant), 1:200 000 (digitaalvariant). + Seletuskiri. Töö teostaja: Eesti Geoloogiakeskus. Geoloogilise kaardistamise osakond. Autorid: Mati Niin, Mati Rammo, Tõnis Saadre. Tallinn 2008.



Keskkonnaalased konsultatsioonid ja ekspertiisid
 Keskkonnamõju hindamine ja strateegiline hindamine ning keskkonnamõju eelhindamine
 Müralevi modelleerimine (SoundPlan)
 Keskkonnalubade (välisõhu saasteloa, vee erikasutusloa, jäätmeloa, keskkonnakompleksloa) taotlused
 Ühisveevärgi ja -kanalisatsiooni arendamise kavad
 Reoveepuhastite projekteerimine
 Jäätmekavad



Alkranel OÜ
 www.alkranel.ee
 info@alkranel.ee
 Riia 15b, 51 010, Tartu
 Telefonid: 7 366 676, 50 39 010

MÄÄRDUNUD KUMMIPAAT JA -SAAPAD: KAS SEE ON TÕESTI LOODUSKAUNIS PURTSE JÕGI?

LAURI KIRS

ASi Maves keskkonnaspetsialist

Purtse jõgi on Põhja-Eesti looduskunimaid jõgesid, mis pakub nii käänuliste kui ka sirgete kärestikuliste lõikude ning mõne väikese saarega loodushuvilisele silmailu ja aktiivse puhkamise võimalusi.

Läbi Ida-Virumaa mitmekesise maastiku voolava Purtse jõe, mille valgala suurus on 809 km², peamised lisajõed on Ojamaa, Hirmuse, Erra ja Kohtla. Jõe pikaajaline keskmine vooluhulk on 6,7 m³/s, millest suure osa moodustab kaevandusvesi – Purtse valgalal on üheksa suletud ja kaks töötavat kaevandust, kolm töötavat karjääri ning peagi tööd alustav Ojamaa kaevandus. Kaevandusvee osakaalu suurenemine on tõstnud jõevee sulfaatide sisaldust ning alandanud selle temperatuuri, mistõttu fütoplanktoni üldarvukus on vähenenud [1].

Praegu kaevandustest ja karjääridest jõkke juhitud vesi enamasti ohtlikke aineid ei sisalda (üksikutes proovides on neid siiski leidunud), mille tulemusena on Purtse jõe vee kvaliteet paranenud ja jõeveeproovide ohtlike ainete sisaldus vähenenud. Taastuma on hakanud ka Purtse jõe tähtsus lõheliste kudemisalana.

Peale kaevandus- ja karjäärivee mõjutavad Purtse jõe veel valgalal paiknevad suured tööstusettevõtted ja jääkreostuskolded. Ohtlike reoainete sissekandjatena on Purtse lisajõgedest tuntud Kohtla ja Erra.

Jõe reostatusel on mitu põhjust:

- 0–60 aastat tagasi sattus Kiviõli põlevkiviolitehase kraavi kaudu Erra jõkke palju õli;
- sel ajal, kui põlevkivigaas Lenigradi saadeti, katsetati kahes Kiviõli kaevanduse jaoskonnas põlevkivi maa-alust gaasistamist;
- Teise maailmasõja ajal lasti Kiviõli

raudteejaamas põlevkiviõli maha voolata, et see ei satuks vaenlase käte, ning õli imbus Kiviõli kaevandusse ja vanasse karjääri;

- põlevkiviolitööstustest pärineva kiviõli- ja sademeveega jõudis jõgede põhjasetitesse ohtlikke aineid.

Noukogude ajal prognoositi, et fe-

teel. Keskkonnaringkondade esimesi optimismipuhanguid reostunud jõgede korrastamise suhtes võis täheldada 1990ndate lõpus, mil turistide jaoks tähistati Uhaku karstiaala.

Selleks, et kindlaks teha, kas isepuhastumine on jõereostuse likvideerinud või läheb vaja inimese abi, tellis Keskkonnaministeerium 2008. aastal

Purtse jõe valgla jõgede setete uuringu [3], milles osalesid AS Maves ja Hamburgi labori *Bioanalytik mbH* töötajad (analüüsid proovide ohtlike ainete sisalduse määramiseks tehti selles laboris). Põhjasetteid uuriti 96-s uuringuprofilis, kus sondeeriti sette paksust, kirjeldati silmaga nähtavat reostust ning võeti 27 põhjasetteproovi ja viis veeproovi.

Uuritud jõgede reostatus oli kolmesugune:

- põhjas leidis vedelaid setteid, mille naftasaaduste ja polütsükliliste aroomaatsete süsivesinike sisaldus ületas elutsooni ja kohati ka tööstustsooni jaoks lubatud piirväärtusi;
- jõgede kallastel ja sängis leidis tahkestunud põlevkiviõlijääkide tükke;
- jõekallastel oli tahkestumata põlevkiviõlijääkide välju.

Erra jõe setteis Uuemõisa oja suudmest ülesvoolu reostustunnuseid ei täheldatud, ent ligikaudu 600 meetrit sellest allavoolu suubub Kiviõli linna poolt jõkke kraav, mida mööda voolasid 50–60 aastat tagasi Kiviõli tehase põlevkiviõli ja selle jäägid. Kraaviserval on siiani näha koos pinnasega välja tõs-



Joonis 1. Purtse jõe valgla vooluveekogud ja nende seisund (rohelised on heas, kollased kesises ning oranžid halvas seisundis)

noole lagundavad bakterid lagundavad Purtse valgla vooluveekogude põhjasetetes leiduvad ja põlevkiviõli tootmisreoveest pärit reoained üsna kiiresti [2]. Jõgede reostatus oli 1970ndate aastate keskel praegu jälgitavaga võrreldes märksa suurem ning reostusala ulatus Soome lahes mitme kilomeetri kaugusele Purtse jõe suudmest.

Erra jõe äärsel Uhaku karstiajal piüti õli jääkidest jagu saada põletamise

tetud tahkestunud põlevkiviõlijääkide tükke. Selle kraavi suudmest allavoolu on Erra jõgi kuni Purtsesse suubumiseni tugevasti reostunud. Jõe kallastel leidub tahkestunud põlevkiviõlijääkide (nn pigi) tükke ning reostunud vedela settekihi paksus on aeglase vooluga jõelõikudes kuni üks meeter. Jõe lammil on tahkestumata põlevkiviõlijääkide 10–20 m laiuseid välju, kus pigi keskmine paksus on 0,2 m ringis. Enamik neist väljadest paikneb kaitsealusel Uhaku karstialal (joonised 2 ja 3), kaks neist karstialast ülesvoolu.

Pigiväljad muutuvad suvel päikese käes pehmeks ning ohustavad jõe ääres liikuvaid inimesi ja loomi. Kohalike elanike sõnul on esinenud õnnetusi kodu- ja metsloomadega, kes on sõna otseses mõttes pigisse jäänud. Kohati on pigiväljad kattunud mulla ja taimestikuga.

Uhaku karstialal neeldub reostunud jõevesi Ordoviitsiumi Lasnamäe-Kunda veekihti.

Enamik **Kohtla jõe** veest pärineb keskjooksul jõkke suubuvast Vahtsepa kraavist, mis toitub Käva kaevandusest voolavast veest. Jõe ülemjooksu vanas jõesängis (Kohtla-Nõmmel) uuringu ajal vett ei olnud, sest vesi kadus suletud Kohtla kaevandusse. Põlevkivimuuseumi ja Vanaküla karjäärist välja pumbatav vesi imbub põhjavette tagasi.

Kohtla jõe põhjasetted on reostunud Vahtsepa peakraavi suudmest kuni suubumiseni Puritse jõkke, ühtekokku ligikaudu 11,5 km pikkusel lõigul. Reostunud on ka Kohtla jõkke suubuva Vahtsepa peakraavi 1,8 km pikkune lõik allpool kunagise Kohtla-Järve põlevkivikeemia kombinadi avariiväljalaskekraavi. Kohtla jõge on juba aastakümneid reostanud Kohtla-Järvel tegutsev põlevkiviõlilütõöstus.

Aeglase vooluga jõelõikudes leiduva vedela reostunud settekihi paksus on kuni üks meeter, kohati on kallastel näha tahkestunud naftasaadusejääkide tükke. Kuna jõe säng ja lamm on enamasti vee all, on suur osa põlevkiviõlijääkidest jõesängis vedelad. Vähem reostunud kohtades on näha kobraste tegevuse jälgi, mis annab tunnistust nende loomade suurest kohanemisvõimest.

Purtse jõgi ülalpool Hirmuse jõe suuet reostuse all ei kannata. Küll oli aga Hirmuse jõkke suubuva endise Kiviõli kaevanduse kraavi kallastel näha tahkestunud naftasaadusejääkide tükke. See viitab võimalusele, et



Joonis 2. Tahkestumata põlevkiviõlijääkide väljad Erra jõe kallastel Uhaku karstialal

Kiviõli kaevanduses katsetatud põlevkiviõli maa-aluse utmise saadused võisid jõuda kaevanduse töötamise ajal pinnavette. Kraavi põhjasete on reostunud tänaseni.

Püssi linnas suubub Puritse jõkke Repo vabrikute jahutus- ja sademevee väljalaskekraav, mille põhjas on kuni 0,8 m paksune kiht naftasaadustega tugevalt reostunud setet. Repo vabrikute väljalaskmest allavoolu kuni Püssi paisuni on Puritse jõe põhjasetted reostunud kuni 1,2 m paksuselt. Püssi paisust allavoolu on jõevool kiire ning põhjas reostunud setet pole. Alates kohast, kus Erra jõe maa-alune säng Uhaku karstialal Puritse jõkke avaneb, võib jõe kallastel leida üksikuid tahkestunud naftasaadusejääkide tükke.

Lüganuse aleviku juures suubub Puritse jõkke **Kohtla jõgi**, mis on reostanud Puritse jõe põhjasetteid ligikaudu 400 m pikkusel lõigul kuni 0,8 m paksuse settekihiga. Osa Kohtla jõest kandunud setteist on Puritse jõe äärde moodustunud ca 200 m pikkune lamm, mida katavad kuni 1,8 m paksune reostunud settekiht. Sellest jõelõigust allavoolu on jõgi karestikuline ning põhjasetet enamasti pole, reostunud pinnast võib leida vaid kohtades, kus setet on kogunenud jõe sängi või kalda serva.

Võetud proovide analüüsid näitavad, et Erra ja Kohtla jõe ning AS-i Viru Keemia Grupp heitveekraavi vees leiduvad polütsükliilised aromaatsed süsivesinikud võivad pärineda kokkupuu-



Joonis 3. Ohtlike aineid sisaldav vee proovide võtmine nõuab põhjalikku varustust

test reostunud põhjasetetega. Puritse jõe vees oli neid nii vähe, et jäid alla labori määramispiiri.

Uuringu tulemus ei kinnitanud, et kunagi jõkke jõudnud ja põhjasetteisse pidama jäänud reoained on lahustumise või ärakande (nt jäämineku ja suurvee ajal) tõttu kadunud. Püsivalt vee all olevate jõelõikude (selliseid lõike oli 16,5 km) põhjas on üllatavalt palju säilinud vedelat naftasaaduste (põlevkiviõlis on veest raskemaid fraktsioone) ja polütsükliiliste aromaatsete süsivesinikega reostunud setet. Jõgede ja kraavide põhjas olevate ohtlike ainetega kokku puutuv vesi kannab neid aineid nii merre kui ka põhjavette, ohustades joogivee kaudu inimesi, mõjutades kalu ja teisi veest sõltuvaid elusorganisme ning mis võivad nende kaudu ka meie toidulauale jõuda.

Uuritud jõgede reostatus pani imestama neid loodussõpru, kes pole Ida-Virumaa keskkonnamuredega kokku puutunud. Jõepõhjas ja -kallastel varitsevad ohtlikud ained võivad paha-



Joonis 4. Purkse alamjooksul on jõgi suhteliselt puhas, nii et koera hele karv jääb jõevees puhtaks, ometi sai peoga kinni püüda uimaseid noorkalu



Joonis 5. Uhaku karstiaala karstilehtrite servad olid kaetud tahkestunud põlevkiviõlilijääkidega ning veepinnal oli õililaik

aimamatu loodussõbra või turisti sõna otseses mõttes pigisse jätta. Kohalikud elanikud suhtusid reostusse tunduvalt leplikumalt ning ei olnud maha matnud lootust, et kunagi jõuab puhastus-

tööde järg ka nende kodukanti. Uhaku kaitsealale pigiväljad päris kindlasti ei sobi ning on aastakümneid vähendanud kaitseala külastajate usku looduskaitse tõhususesse (kui just ei taheta

kaitsta pigiväljade ja karstivormi kooslust – joonis 5).

Suured reostunud alad tuleks kanda jääkreostuskollete nimistusse ning tähistada sellekohaste siltidega. Aastal 2009 käivitub ulatuslik Eesti jääkreostuskollete ohutustamise projekt, mille raames tegeldakse ka Ida-Virumaaga ning loodetavasti pööratakse tähelepanu ka Purkse, Erra ja Kohtla jõgedele.

Vedelate reostunud setete eemaldamine nõuab ilmselt teostatavusuuringut, ent külma ilmaga tahkestuvate pigiväljade koristamine peaks küll jõukohane olema.

Uuringus osalenud autoril jäid vaatlusalustest jõgedest eredad mälestused, mida ilmestavad jäädavalt määrduvad kummipaad ja nurgas seisvad pigised kummissaapad. A.M.

Viidatud allikad

1. Aavo Rätsep, Elga Rull, Valdo Liblik. Heitvee mõju Purkse valgala jõgede vee kvaliteedile. – Rmt: Keskkond ja põlevkivi kaevandamine Kirde-Eestis. TLÜ Ökoloogia Instituut, 2005.

2. L. P. Sokolova. Lenini-nimelise Kohtla-Järve Põlevkivikombinaadi heitveega reostunud Kohtla, Erra ja Purkse jõe põlevkiviõlilist ja fenoolidest isepuhastumise kiiruse prognoos. NSVL Teaduste Akadeemia Siseveekogude Bioloogia Instituut, 1972.

3. Indrek Tamm, Katrin Ritso, Lauri Kirs. Purkse jõe põhjasetete ohtlike ainete uurimine Purkse jõe majandamise kavaks. AS Maves, 2008.

PUMBAD VENTIILID LAADIMISSEADMED



www.pump.ee Pärnu mnt 153, 11624 Tallinn, tel 697 2572, faks 697 2570

JÕGEDE ÖKOLOOGILISE SEISUNDI PARANDAMINE

NIKOLAI LAANETU

Loodushoiu Ühing LUTRA

TÕNU MUGRA

Projekteerimisbüroo Maa ja Vesi

VIIMASTEL AASTAKÜMNETEL on Euroopa teadlaste ja praktikute hulgas üha enam süvenenud arusaam jõgede ja märgalade seisundi halvenemise põhjustest ja tagajärgedest ning taastamisvajadusest. Terviklike looduslike jõestike tähtsust ning hüdrooloogilisi ja biogeokeemilisi elutähtsaid funktsioone mõistetakse paremini. Üha laiemalt praktiseeritav jõgede seisundi parandamine keskendub kaotatud ökoloogiliste funktsioonide taasloomisele, aidates kaasa elupaikade ja liikide taastumisele, vee kvaliteedi parandamisele, aga ka puhkevõimaluste suurendamisele. Paljudes riikides on algatatud väiksema või suurema mahuga riiklikke ja piiriüleseid projekte.

Jõgede ökoloogilise seisundi taastamise aktuaalsus on suurenenud seoses Euroopa Liidu direktiividega – selles vallas on eriti oluline veeökosüsteemide seisundi parandamisele otseselt suunatud veepoliitika raamdirektiiv 2000/60/EÜ. Jõgede loodusliku seisundi taastamisele aitab kaasa ka mitme muu direktiivi, nt nitraadidirektiivi 91/676/EMÜ, loodusdirektiivi 92/43/EMÜ, suplusvee direktiivi 2006/7/EÜ ja üleujutuste direktiivi 2007/60/EÜ, nõuete täitmine.

Reguleeritud veejuhtmete ökoloogilise seisundi parandamine tuli Eestis päevakorda kümnekond aastat tagasi. Seda mõjutasid meie vooluveekogude halvenenud seisund, vaesunud kalastik ja vähkide arvukuse vähenemine ning Põhjamaade saavutused selles vallas. Julgustasid ka kontaktid Soome Keskkonnainstituudi (SYKE) spetsialistidega ning nende edusammud veekogude tervendamisel.

Esimesi sellelaadseid projekte olid Hiiumaa kalakoelmute taastamise kava (2001), mis hõlmas 13 jõe ja oja ning jäänukjärve korrastamist, ning Amme jõe tervendamise projekt. Järgnesid analoogilised tööd Leisi, Taebla, Paadremaa ja Ilmatsalu jõe kohta. Viimastel aastatel on valminud Kullavere ja Laeva jõe ning Männiku oja tervenduspro-



Foto 1. Kaiavere järve väljavoolule rajatud tehiskosk, mis reguleerib järve veetaset ja võimaldab kaladel Amme jões liikuda nii üles- kui ka allavoolu

jektid, mis enamasti on ka ellu viidud. Projektide tehnilise osa koostasid AS Projekteerimisbüroo Maa ja Vesi ning veelustikku uuris Loodushoiu Ühing LUTRA. Nende tööde põhjal anti ka soovitusel veejuhtmete ökoloogilise seisundi parandamiseks.

Saadud kogemuste põhjal asusid Keskkonnaministerium ja KIK toetama sellelaadsete tööde rahastamist ning leidis ka aktiivseid keskkonna- ja maaparandusspetsialiste, kes koostasid saneerimist vajavate veekogude projektid. Mitut tööd õnnestus ühitada maaparanduslike veejuhtmete korrastamise ja veekeskonda parandavate meetmete rakendamisega, tänu millele alanes ehitustööde maksumus.

Esimeste tööde juures pöörati kõige enam tähelepanu veejuhtmete hüdro-morfoloogiliste näitajate parandamisele põhjapaisude ja kalda äärde rajatud voolutõketega ning veekogu põhja katmisega veelustikule soodsa substraadiga. Vee uhtainekoormuse vähendamiseks kavandati settebasseini ning sobivatesse kohtadesse projekteeriti haudmikke, et veejuhe kuival aastaajal kogu ulatuses kuivaks ei jääks. Hiiumaa ojade korrastamisel peeti oluliseks, et merre laskuvate ojade suudmed saaksid vabaks ning et koelmute seisund paraneks. Nagu Saaremaalgi, pöörati ka siin erilist tähelepanu heade

tingimuste loomisele jõevähi asurkondadele. Nii saartel kui ka Lääne-Eestis ohustab väikeste vooluveekogude ökoloogilist seisundit pikaks ajaks kuivaks jäämine põuaperioodidel. Selle nähtuse leevendamiseks on projekteeritud voolutõkkeid ja sängikitsendusi, mis peavad vett veevaesel ajal kinni.

Taebla jõe rajatud voolutõkked soodustavad jõe looklevuse taastumist ja võrendike teket. Kaiavere järve väljavoolule rajatud tehiskosk (foto 1) ei lase järve veepinnal alaneda ning toimib suurvee ajal kalapääsuna. Amme jõel tegeles Eesti Maaülikooli veemajanduse osakond vee kvaliteedi seirega ning mõõdistas 2005. ja 2006. aastal Taebla jõe hüdro-morfoloogilisi muutusi. Samal perioodil tehtud kalastiku seire andis tunnistust koprapaisude negatiivsest mõjust kalade rändele (foto 2) ning tervendusrajatiste oodatud toime vähenemist kobraste paisutatud jõelõikudel.

Kullavere jõe korrastamisel püüti jõesängi kujundada nii, et jõgi ujutaks suurvee ajal luha üle ning jätkaks sinna maha setteid, et sel moel vähendada allavoolu jäävate paisjärvede settekoormust.

Laeva jõel korrastatakse kaks paisjärve, kusjuures üks pais ehitatakse ümber tehiskoseks ning teise juurde rajatakse kalapääs. Nii Laeva kui ka muude jõge-

de korrastamisel on oluline likvideerida koprapaisud.

Veejuhtmeid on kõige rohkem korrastatud Jõgevamaal, kus selle tegevuse eestvedaja Jõgeva Maaparandusbüroo juhataja Ilmar Tupist on teinud head koostööd keskkonnateenistuse ja kohalike omavalitsustega.

Veekogusid korrastades tuleb arvestada iga veekogu veelustiku eripära ja hüdro-morfoloogilisi tingimusi. Siirdelkalade kudeveekogudel tehtavate tööde tulemusena peaksid kalad paremini pääsema koelmutele ning sealt tagasi. Veelustiku liigirikkuse ja bioproduktiooni kasvu tagamiseks on oluline voolusängi eriilmelisuse ja selle püsistruktuuride osakaalu suurendamine, aga ka veekogu kallaste ja kaldakaitsevööndite kujundamine, mis võimaldab vähendada voolusängi risustumist. Vee valgustingimuste ja hapnikurežiimi parandamine soodustab primaarproduktiooni, milles omakorda sõltub toitumisahela kõrgemate astmete heaolu. Tuleb arvestada kõigi liikide elutsükli eripära ja nõudmisi elupaiga suhtes, kuigi kõige olulisemaks peetakse jõevähile ja kaladele vajalikke tingimusi. Võib küll luua kaladele (nt lõhelistele) sobivad kudemistingimusi, kui aga jääb vajaka kaladele sobivatest varjetest ja



Foto 2. Taebla jõe suudmeroostikus takistab koprapais kalade pääsu jõkke ning löikab ära ühe Haapsalu lahe olulisema kalakoelmu

toidust koorumisjärgsel perioodil, siis on tehtud töö tulemuslikkus kesine.

Veekogu eesmärgipäraseks korrastamiseks on vaja kõigepealt selgeks teha, milline on veekogu ökoloogiline seisund. Järgneb veelustiku elupaiganõudmisi arvestava projektlahenduse kavandamine ning elluviimine. Järelikult on vaja tihedat koostööd teadlaste, projekteerija ja projekti elluviija vahel.

Tänapäeval on veekogude tervendamisel kujunemas suundumus eelistada hüdrotehniliste rajatiste ehitamisel looduslike materjale, anda voolusängile võimalikult looduslik ilme ja suurendada vooluveekogu isepuhastusvõimet.

Vooluveekogusid ja ka järvi ohustab mudastumine, seetõttu tuleb piirata setete juurdevoolu valgalalt, korraste tegevuse ja veekogude risustumisega kaasnevat kaldaerosiooni ning kaldapuistutest ja veetaimestikust pärit orgaanilise aine kogunemist voolusängi. Väikeste ja keskmise suurusega vooluveekogude

hüdro-morfoloogiliste tingimuste kujundamisel on koprapaisude osatähtsus arvestatavalt suur ning nende mõju paiguti negatiivne.

Eelöeldut arvestades tuleb veekogude korrastamise projektlahenduste koostamisel arvestada peale voolusängi kujundamise ka seda, kuidas kõrvaldada setted ning kuhu nad panna. Selleks tuleb kavandada settetiike ja kohti, kus saab tulvavett luhale juhtida. Eriti on vaja rajada settetiike ja -loodusid uute kuivenduskraavide ja eesvoolude rajamisel ja vanade korrastamisel. Projekteeerijad ei tohi ka unustada, et kavandatud rajatised enamasti tõstavad suurveetaset, ning et see võib vähendada kuivendussüsteemide tõhusust.

Vooluveekogude ökoloogilist korrastamist käsitleti Kuremaal Jõgeva Maaparandusbüroo 29. jaanuaril 2009 korraldatud seminaril, kus pöörati erilist tähelepanu kalapääsude projekteerimisele. Ettekannetega esinesid Jukka Jormola ja Lasse Järvenpää SYKE-st, Harri Aulaskari Uudenmaa Keskkonnakeskusest, Olev Krist Põllumajandusministeeriumist, Heiki Tuus Keskkonnaministeeriumist, Nikolai Laanetu Loodushoiu Ühingust LUT-RA, Peeter Napp OÜst Vesiaed, Kalev Raadla AS-st Projekteerimisbüroo Maa ja Vesi. Osalejaid oli nii palju, et saal kippus kitsaks jääma.

Veekogude tervendamisest huvitatud veemajandusspetsialistid asutasid 10. märtsil 2009. aastal Jõgeval Jõgedes Tervendamise Ühingu, mille eesmärk on jagada erialast teavet ning osaleda Euroopa Jõgedes Taastamise Keskuse (*European Centre for River Restoration* – ECRR) tegevuses.

A.M.

MAA JA VESI

PROJEKTEERIMISBÜROO

TEEME

- valdade üldplaneeringuid ning maastikuhoiu, puhkemajanduse, veekaitse jms teema-planeeringuid;
- vesiehitusprojektide keskkonnamõju hindamisi;
- üleujutusala kaarte ja vesiehitiste kasutusjuhendeid;
- ehitusprojektide ekspertiise ja ehituse omaniku-järelevalvet.

PROJEKTEERIME

- veehoidlaid, pumplaid, kanaleid, väikesadamaid jms rajatisi;
- põllu-, metsa-, tee-, platsi- ja krundikuivendust;
- veekogude tervendamise- ja taastamisprojekte;
- jääksoode korrastusprojekte;
- põllu-, metsa- ja turbatootmisalade teid.

PROJEKTEERIMISBÜROO MAA JA VESI

Mustamäe tee 33, 10616 Tallinn
Tel 652 8408, GSM 50 77 391, faks 656 5109
e-post: maajavesi@maajavesi.ee, www.maajavesi.ee

UBJA PÕLEVKIVIKARJÄÄRI ÄRASTUSVEE PÄRITOLU JA KOGUSE MÄÄRAMINE

RIHO ISKÜL¹, ERVIN KAEVAL², KARIN ROBAM³, ÜLO SÕSTRA³, INGO VALGMA³

¹AS Kunda Nordic Tsement, ²AS Hotronic, ³TTÜ mäeinstituut

UBJA põlevkivikarjäär asub Pandivere kõrgustiku põhjanõlval Ubja asula vahetus läheduses, Rakvere-Kunda raudtee ja Toolse jõe vahelisel alal (joonis 1).

Piki karjääri idapiiri ja Toolse jõe kulgeb Pandivere riikliku veekaitseala piir. Karjääri hüdrogeoloogilised tingimused on määratud aluspõhja geoloogili-



Joonis 1. Ubja põlevkivikarjääri asukoht



Joonis 2. Ubja põlevkivikarjäär ja settebassein 2006.a suvel

se ehituse ja Pandivere kõrgustikuga, kus toimub intensiivne põhjaveevarude täiendamine sademeveega [1].

Ubja karjääri põlevkivi, mida kaevandatakse keskmiselt 150 000 tonni aastas, kasutatakse Kunda tsemenditehase klinkriahjude kütmiseks. Põlevkivi lasub karjääri piirides 5–10 m sügavusel. Kaevandatakse allpool põhjavee taset, seetõttu tuleb karjäärivett ära juhtida. Karjäärist pumbatakse vesi settebasseini, kust ta voolab Toolse jõkke (joonised 2, 3 ja 4). Toolse jõkke juhitakse ka Aru-Lõuna lubjakivikarjäärist väljapumbatav vesi, tänu millele on Ubja karjäärist allvoolu jões kogu suve jooksul vett jõeelustikule vajalikul hulgal. Muidu oleks jõgi suurema osa suvest kuiv.

Kunda piirkonnas esindab geoloogilist aluspõhja Ordoviitsiumi läbilõige, kus Kukruse lademe põlevkivi tootuskiht lasub Ülem-Ordoviitsiumi alumiinil piiril. Kihindi alla jäävad Kesk-Ordoviitsiumi Uhaku lademe savikad lubjakivid, mis moodustavad Kukruse lademe all suhtelise veepideme. Kõik aluspõhja settekivimite kihid on lõuna suunas nõrgalt kaldu (keskmiselt kolm meetrit kilomeetri kohta), Pandivere kõrgustiku nõlv on aga keskmiselt

sama palju kaldu põhja suunas. Ubja karjäär asub kaheastmelisel aluspõhja seljandikul, kus absoluutkõrgused kasvavad lõuna suunas 58-st meetrist 70 meetrini. Ordoviitsiumi põhjaveekompleks toitub peamiselt Pandivere kõrgustiku keskosas infiltreerunud sademete veest, mille hulgaks hinnatakse 300 mm aastas. Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi piesomeetriline tase (survekõrgus) võib siin tõusta 100 m ja rohkemgi üle merepinna [2, 4]. See kõrge „veemägi“ valgub laiali igas suunas. Sellest veest väljub nõlvaallikate kaudu jõgedesse hinnanguliselt 59%, ülejäänud toidab alumisi põhjaveekihte [1]. Põhjanõlval ei ole veekihte kuigi palju: Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi Keila-Kukruse põhjaveekiht (segab Ubja karjääris põlevkivi kaevandamist ja vesi pumbatakse ära), Lasnamäe-Kunda Uhaku veepidemega eraldatud põhjaveekiht (segab lubjakivi kaevandamist Aru-Lõuna karjääris) ning Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleks, mida eraldab Ordoviitsiumi veekihtidest Hunnebergi-Pakerordi suhteliselt hea veepide. Ligi 25 m paksust Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksi lahutab Kambriumi-Vendi põhjaveekompleksist Lontova lademe umbes 60 meetri paksune vettpidav savilasund. Kambriumi-Vendi veekompleksi veevarusid Pandivere toiteala ei täienda. Ordoviitsiumi-Kambriumi ja Kambriumi-Vendi veekompleksil on suur tähtsus piirkonna elanike varustamisel joogiveega ning seda väljapumbatav karjäärivesi ega veeärastus ei mõjuta.

Ubja põlevkivikarjäär ja Aru-Lõuna paekivikarjäär paiknevad Kunda ja Selja jõe vahelisel massiivsel loodesuunalisel



Joonis 4. Väljavool settebasseinist

sel tektoonilisel plokil. Piirkonna kõige suuremad jõed on Selja ja Kunda, mille sirgjoonelised 20–40 m sügavused murranguorud löikuvad Pandivere kõrgustiku kirdenõlva aluspõhja kivimitesse. Jõed toituvad nii sademetest kui ka rohketest nõlvaallikatest [3]. Vee väljakiilumise tõttu orgude lõheliste kivimite kaudu on Ordoviitsiumi veekompleksi põhjaveekihtide piesomeetriline tase (survekõrgus) 15–20 m madalamal kui orgudevahelisel alal [5]. Mõlema jõe org on paralleelne Pandivere kõrgustiku kirdeservaga (suund NW 336–337°) ning orust oruni väheneb maapinna absoluutkõrgus kirde suunas umbes 20 m kõrguse astangu võrra. Lõunapoolne Ubja põlevkivikarjäär jääb kõrgusvahemikku 60–80 m, Aru-Lõuna paekivikarjäär 40–60 m. Tektoonilise plocki

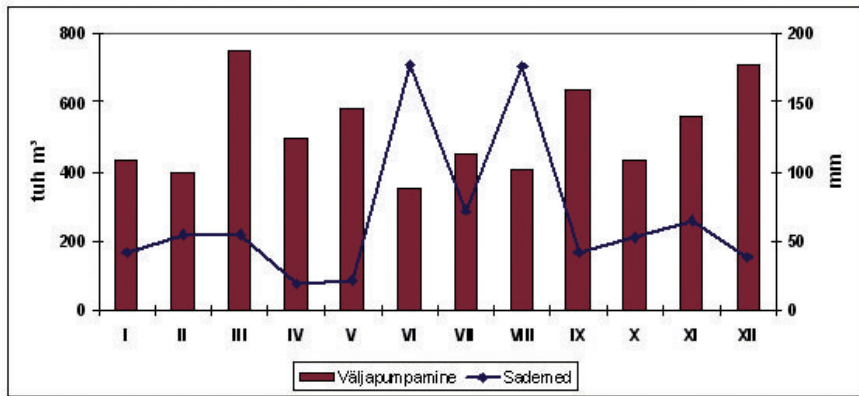
keskosas voolab suhteliselt madalas orus põhja poole läbi metsade, soode, soostunud alade ja võsastunud heinamaade Toolse jõgi (pikkus 23,9 km ja valgla pindala 84,7 km²).

Peamine osa Ubja karjääri voolavast veest pärineb Ordoviitsiumi põhjaveekompleksi Keila-Kukruse veekihtist. Kogu see vesi tuleb põlevkivi kaevandamisel kõrvaldada. Väljapumbatava vee hulk ei ole otseses seoses sademetega. Aasta 2008 oli sademeterikas, Kunda meteoroloogiajaama andmeil oli sademete hulk tavalisest suurem – 811,9 mm. Karjäärivee ja sademete hulga võrdlemine näitas, et suur suvine sademehulk (juunis ja augustis 176 mm) hakkas mõjutama vee sissevoolu karjääri alles septembris. Oktoobris sissevool mõnevõrra vähenes ja hakkas uuesti suurenema novembris-detsembris, kui sademete hulk oli keskmise lähedane või mõnevõrra väiksemgi (joonis 5).

See näitab, et Ubja karjäärist pumbatakse välja Pandivere kõrgustiku lael infiltreerunud sademete vett, mis jõuab maa-aluse äravooluna kaks kuni kolm kuud hiljem karjääri. Vee pikaajalisele kokkupuutele aluspõhja kivimitega viitavad ka vee suhteliselt suur kiivjääk (490–680 mg/l) ja mineraalainete sisaldus. Kaevandatavast põlevkivist ja katendikivimitest väljapumbatav vesi ei ole reostunud – ühegi aine sisaldus ei ületa elurajoonis ega põllumajandusmullas lubatavat piirväärtust – seega ei ohusta keskkonda ega inimeste tervist. Kohalike elanike soovi arvestades ei toimu karjääris ka lõhkamist. Põhjavee väljapumpamist karjäärist ei saa



Joonis 3. Pumpade survetorud ja settebassein



Joonis 5. 2008. aasta sademed ja Ubja karjäärist välja pumbatud vee hulk

pidada põhjaveevarude raiskamiseks, sest see vesi jõuab maapinnale nii või teisiti. Rannaastangul maapinnale avanev Lontova savi ei lase vett sügavemale imbuda ja Pandivere kõrgustiku paks põhjaveekogum, mille piesomeetriline tase tõuseb rohkem kui 100 m üle merepinna [4], surub põhjavee kõrgustiku äärealadele, Kundas mere poole. Väljapumbatav vesi parandab oluliselt Toolse jõe veerežiimi ja ühtlustab aastaringseid vooluhulki.

Et karjäärivee väljapumpamine võib oluliselt mõjutada ümbruskonna põhjavee seisundit, on põhjavee seisundit, on põhjavee seisundiks Ubja põlevkivikarjääri ümbruse eri veekihtidesse puuritud mitu vaatluspuurauku. Viimase kahe aasta jooksul tehtud mõõtmised näitavad, et Ubja asula juures olevates puuraukudes U-8-1,2 on Keila-Kukuruse ja Lasnamäe-Kunda

veekihid omavahel hüdraulilises seoses, ent karjäärist ida poole jäävates puuraukudes U-9-1,2 teineteisest isoleeritud. Veetasemete kõikumine ei ületa tavalisi sademetest põhjustatud muutusi [2] ja jäävad 0,6 kuni 2,6 m piiridesse.

Siiani on väljapumbatud veekogust arvestatud pumpade töötusikli järgi, ent see ei anna täpset hinnangut Toolse jõkke juhitud veekoguste kohta, sest osa vett imbub läbi settebasseini seinte karjääri tagasi. Uus Toolse jõkke heidetava vee hulga mõõtmise süsteem põhineb multifunktsionaalsetel seireseadmetel. Ubja karjääri settebasseinist voolab vesi välja läbi 600 mm raudbetoonitoru. Vee taset ja voolukiirust toru sees mõõdetakse 4...20 mA /HART mõõtesisendi abil. Arvutused tehakse, andes seireseadmele ette voolusängi kuju. Seiresüsteem salvestab jooksvalt mõõdetud

vooluhulgad ning summeerib nad kuu lõpus. Täpne mõõtmine uue mõõtesüsteemiga peaks lihtsustama ärastatud vee hulga määramist ja vähendama kulutusi veeärrastusele, kui karjääri tagasi-voolava vee kogus on suur.

Artikkel on seotud uuringutega ETF Grant 7499 „Säästliku kaevandamise tingimused” ja ETF Grant 6558 „Mäendusriiskide haldamise kontseptsioon ja meetodid”. A.M.

Viidatud allikad

1. Eesti põhjavee kasutamine ja kaitse. Põhjaveekomisjon. Tallinn, 2004, 80 lk.
2. Perens, R. (toim). Põhjavee seisund 1999.–2003. aastal. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, 2005, 100 lk.
3. Tavast, E., Raukas, A. Eesti aluspõhja kivimite reljeef. Valgus, Tallinn, 1982, 194 lk (vene k).
4. Vallner, L.K. Eesti hüdrodünaamiline liigestus ja põhjavee balanss. Eesti NSV Teaduste Akadeemia, Tallinn, 1980, lk 11–120 (vene k).
5. Vallner, L., Jõgar, P., Karise, V. Perspektiivse Lääne-Kabala fosforiidikaevanduse mõju Pandivere veeresurssidele. ENSV TA Geoloogia Instituudi aruanne. 1984, EGF 4143.

JOOGIVEEPUHASTUSSEADMETE MÜÜK, PAIGALDUS, HOOLDUS, NÕUSTAMINE.

Veetehnoloogia OÜ

Kadaka tee 5, 10621 Tallinn
 Tel 6575 752
 Faks 6575 753
 GSM 5107 704
 e-post: hoh@hot.ee

EESTI SISEUJULAD 2008

Kokkuvõte TKI järelevalve tulemustest

AUNE ANNUS

Tervisekaitseinspeksioon

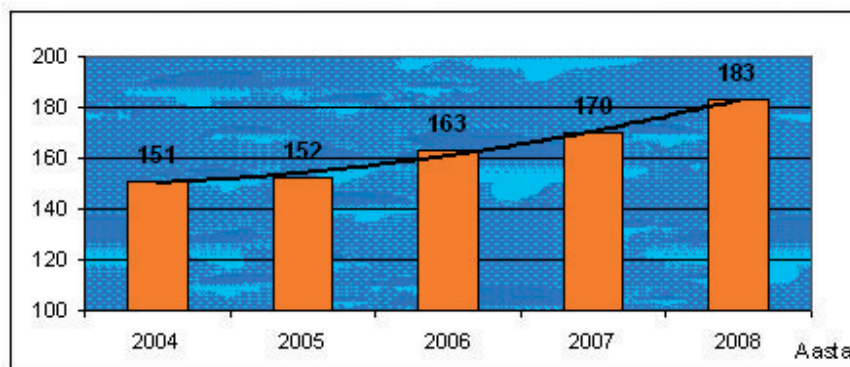
Siseujulate, veekeskuste ja SPA-de populaarsus on Eestis aasta-aastalt kasvanud. Kuna külastajate arv pidevalt suureneb, siis tuleb neid üha juurde (joonis 1).

Tervisekaitseinspeksiooni järelevalve all oli 2008. aastal 183 ujulat 283 basseiniga. Kooliujulaid oli 32, koolieelsete lasteasutuste omi 41, üldkasutatavaid 84 ning muid (nt haiglate, sanatooriumide, puhkeasutuste) ujulaid 26. Viimaste seas oli kaheksa Soome ja Rootsi vahet sõitva laeva basseini. Aastal 2008 avati üheksa uut ujulat.

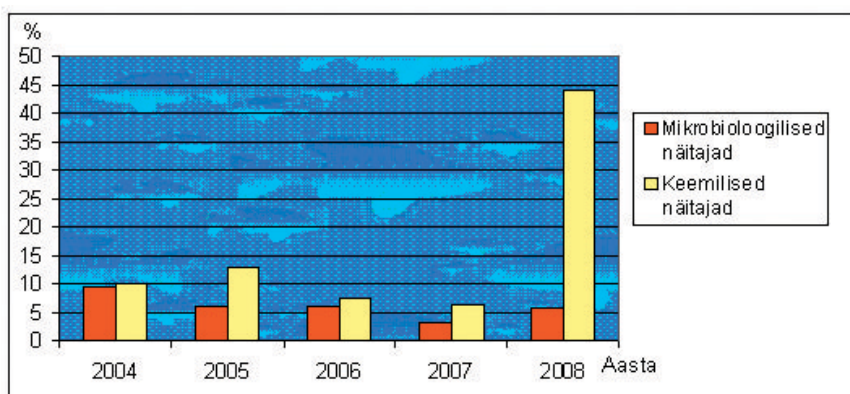
Vabariigi Valitsuses 15. märtsil 2007. a vastu võetud uus määrus nr 80 „Tervisekaitseinspeksiooni järelevalve all olevate ujulate, basseinide ja veekeskuste”, mis jõustus 1. jaanuaril 2008, kehtestas ajakohased nõuded ujularuumidele, siseviimistluses kasutatavatele materjalidele ja pindadele, basseinidele, basseiniveele ning teenuse osutamisele. Uues määruses arvestati ka WHO soovitusi ja Saksa DIN-standardeid. Selleks et vähendada basseinikasutajate terviseriske ning tagada basseinivee hea kvaliteet, muudeti veekvaliteedi uuritavaid näitajaid, basseinivee vahetamise nõudeid ja proovivõtusagedust, viimast vaid laborianalüüsiga seoses. Kui varem võeti ja uuriti laboris veeproove kord kuus üksnes lasteasutuste ujulais, siis alates 1. jaanuarist 2008 peavad seda tegema kõik ujulad. Täpsemalt on reguleeritud veevahetuse nõuded, nt on kindlaks määratud, kui palju peab lisama basseini puhastatud ning kui palju värsket vett. Kui varem uuriti basseinivee jääkkloorisisaldust, siis nüüd tuleb uurida nii vaba kui ka seotud kloori sisaldust.

BASSEINIVEE KVALITEET

Basseinivesi peab olema epidemioloogiliselt (nakkushaiguste levimise suhtes) ohutu ning keemiliselt kahjutu. Mikroorganismide hävitamiseks, orgaaniliste ainete jääkide kõrvaldamiseks ja vetikate vohamise takistamiseks on vaja basseinivett desinfitseerida. Basseinivee töötlemiseks kasutatakse



Joonis 1. TKI järelevalve all olevate ujulate arv Eestis



Joonis 2. Basseinivee nõutavatele mikrobioloogilistele ja keemilistele näitajatele mittevastavate basseinide arv Eestis

mitmesuguseid desoaineid, nt kloori, kloori koos osooniga, broomi ja ultraviolettkiirgust, Eestis enamasti kloori.

Vaba kloor on see osa vees olevast kloorist, mida algselt vette lisatakse, mille desinfitseerimisvõime on suur, mis hoiab vee puhta ja selgena ning mis ei ole veel reageerinud vees leiduvate orgaaniliste ainetega. Vaba kloor ei põhjusta naha ega silmade ärritust, seda peab vees olema vähemalt 0,5 mg/l, kuid mitte üle 1,5 mg/l.

See osa kloorist, mis on reageerinud nt higi, uriini, surnud naharakkude, bakterite või päevituskreemiga vette sattunud ammooniumiühenditega, on seotud kloor. Kloori sidumisel tekkivad kloroamiinid, mis ärritavad silmi, nahka ja hingamisteid ning põhjustavad nn kloorihaisu, mis ekslikult arvatakse olevat tingitud liigest kloorist. Mida suurem on basseini koormus ja reostatud vesi ning mida vähem värsket vett

juurde antakse, seda suurem on vee seotud kloori sisaldus. Basseinides, kus vee temperatuur on alla +31 °C, tohib seotud kloori olla kuni 0,4 mg/l, ning kui vesi on soojem, siis kuni 0,5 mg/l.

Aastal 2008 tegi ujulates kõige rohkem muret basseinivee nõuetekohase vaba ja seotud kloori sisalduse hoidmine. Mittevastavust normidele põhjustasid enamasti basseini suur koormus, puudulik veevahetus ja -tõotlus. Sageli ei lisatud ka piisavalt värsket vett. Mitmes ujulas ei ole vaba ja seotud kloori mõõtmise seadmeid ega veearvestuse pidamiseks vajalikke veemõõtureid. Vee vaba ja seotud kloori sisalduse kõikumist võivad põhjustada ka vanad seadmed, kemikaalide käsitsi annustamine ning töötajate puudulik väljaõpe või lohakas.

Uute rangemate nõuete järgi on basseinivee kvaliteet keemiliste näitajate poolest eelmiste aastatega võrreldes

halvenenud. Peaaegu poolte basseinide vees oli ülemäära seotud kloori, mõnes ei olnud normikohased vaba kloori, nitraatide või ammoniumi sisaldus. Seetõttu hakkas Tervisekaitseinspeksioon 2008. aastal varasemast põhjalikumalt uurima basseinivee kvaliteeti ja seda mõjutavaid tegureid. Basseinivee mikrobioloogiline kvaliteet on viimastel aastatel püsitud suhteliselt stabiilsena, norme mitte rahuldavaid mikrobioloogilisi näitajaid on igal aastal olnud 3–6%-s basseinides.

Vee halva kvaliteedi tõttu peatati ujulate tegevus viiel korral seniks, kuni näitajad vastasid normidele. Aasta lõpuks olukord paranes ning mitu basseini suutis vee vaba ja seotud kloori sisalduse nõuetekohaseks viia.

SISEUJULATE SEISUKORD 2008. AASTAL

Aastal 2008 kontrollisid TKI inspektorid ujulaid 399 korral. Järelevalve tulemuste põhjal võib öelda, et nende seisukord ja nõuete vastavus on väga erinev. Umbes 20% ujulaid vastas kogu aasta jooksul kõikidele normidele, ülejäänutes oli väiksemaid või suuremaid nõuete rikkumisi. Aasta lõpuks ei vastanud nõuetele umbes 17% ujulatest. Aasta jooksul renoveeriti või remonditi osaliselt mitut ujulat ning uuendati ja soetati uusi seadmeid. Renoveerimist vajaks veel umbes 10% ujulatest.

Siseujulates teevad sageli muret ventilatsiooni ebatõhusus ja ehituslikud puudused – vananenud siseviimistlus, halb ruumijaotus, vananenud seadmed ja libedad põrandad. Basseiniruumi ventilatsioon peab tagama siseõhu hea kvaliteedi. Vee desinfitseerimisel klooriga tekib mitmesuguseid kloorühendeid, kõige sagedamini kergesti lenduvaid trihalome-

MESSIREISID

<p>International Building & Construction Trade Fair Shanghai, 25.-28.05.2009 Ehitusmaterjalide, ehitustehnika ja siseviimistluse mess</p> 	<p>WasteTech Moskva, 26.-29.05.2009 Jäätmekäitluse ja keskkonnakaitse mess</p> 
<p>Ecocity Barcelona, 27.-29.05 Linnaplaneerimise mess</p> 	<p>Intersolar München, 27.-29.05 Päikeseenergeetika, taastuvenergia ja energeetika mess</p> 



KAROL
REISIBÜROO

Tel 614 3086, 085, 087, Faks 614 3088,
info@karol.ee; www.karol.ee,
Narva mnt 13, 10151 Tallinn

taane (THM), neist kõige enam kloroformi. Seetõttu on hea ja töökorras ventilatsioon eriti oluline. Õhu THM-sisaldus oleneb ka ruumi suuruselt ja õhuringlusest.

Aastal jooksul tegid TKI inspektorid 118 ettekirjutust ning 97 juhul kontrollisid nende täitmist. Tervisekaitseinspeksioonile esitati ujulate kohta 11 kaebust, millest seitse olid põhjendatud. Inspektorid tegid ka suulisi või kirjalikke ettepanekuid ujulate kvaliteedi parandamiseks. Paljude ujulatega tehakse head koostööd.

A.M.




Reoveepuhastussüsteem GRAF Picobell
Lihtne tehnoloogia - suur puhastusvõime **38 900.-**

Biopuhasti 2 - 4 elanikule nüüd soodushinnaga

GRAF septik Carat S
3750-liitrine septik nüüd soodushinnaga **19 600.-**



15-aastane garantii reoveereservuaaridele



3-aastane garantii tehnoloogiale

Lisainformatsioon ja kontaktandmed:
ECCUA OÜ, Kadaka tee 32, Tallinn, Tel +372 523 6745, marek.reinolt@eccua.ee, www.eccua.ee

REOVEEPUMPLA *Walter* – EDULINE EESTI TOODE

MAREK REINOLT

ECCUA Group OÜ

Müügi- ja turundusjuht

TÄNAVUNE innovatsiooniaasta ning ülemaailmne majanduskriis nõuavad ettevõtluskeskkonnas võimalikult tõhusat, kvaliteetset ja kulusäästlikku töökorraldust. Kuigi innovatsioon hõlmab kõike, tootmise juhtimisest klienteendinduseni, pööratakse Eestis kõige rohkem tähelepanu tööstusinnovatsioonile. Konkurents on selles valdkonnas tihe, seetõttu peavad uued tooted vastama kõige uuematele suundumustele ning olema tõhusad ja kasutajasõbralikud. Ainult siis võib võita üha nõudlikumate tarbijate tähelepanu ja usaldust.

Ühe sellise tootena tõi ECCUA hiljuti turule reoveepumpla *Walter*, mille töökindlusse, funktsionaalsusse ja kasutusmugavusse on panustatud Eesti ekspertide teadmisi, inseneride ja arendajate aega ning tootmistehnoloogia väljatöötamiseks ka hulk raha. Pumpla plastkere valmistatakse rotatsiooni-valumeetodil: selleks Itaaliast tellitud seadmes keerlevat polüetüleenpulbrit sulatades saadakse koorik, mis on kerge, jäik, löögi- ja ilmastikukindel.

Teatavasti mõjutavad maa sisse paigutatud objekte pinnase- ja põhjaveesurve. Pumpla kere tugevusarvutused tegi Tallinna Tehnikaülikooli ehitusteadlane emeritprofessor Ülo Tärno. Pumpla on iseankurdav – kindlalt pinnases püsimist tagab eenduv jalg, millel lasuv tagasitõitepinna hoiab pumpla paigal ka kõrge põhjaveetaseme korral. Tavalisest betoonist ankurdusplaati vaja ei ole.

Ühes tükis olevat pumplat on lihtne paigaldada, sest juurde- ja survetoruotsakud, käepidemed, kinnitused ja muud osad on kere küljes ning midagi valesti teha on peaaegu võimatu. Paigaldamise teeb mugavaks ka pumpla teleskoopne ülaosa, millega saab pumpla kõrgust parajaks reguleerida.

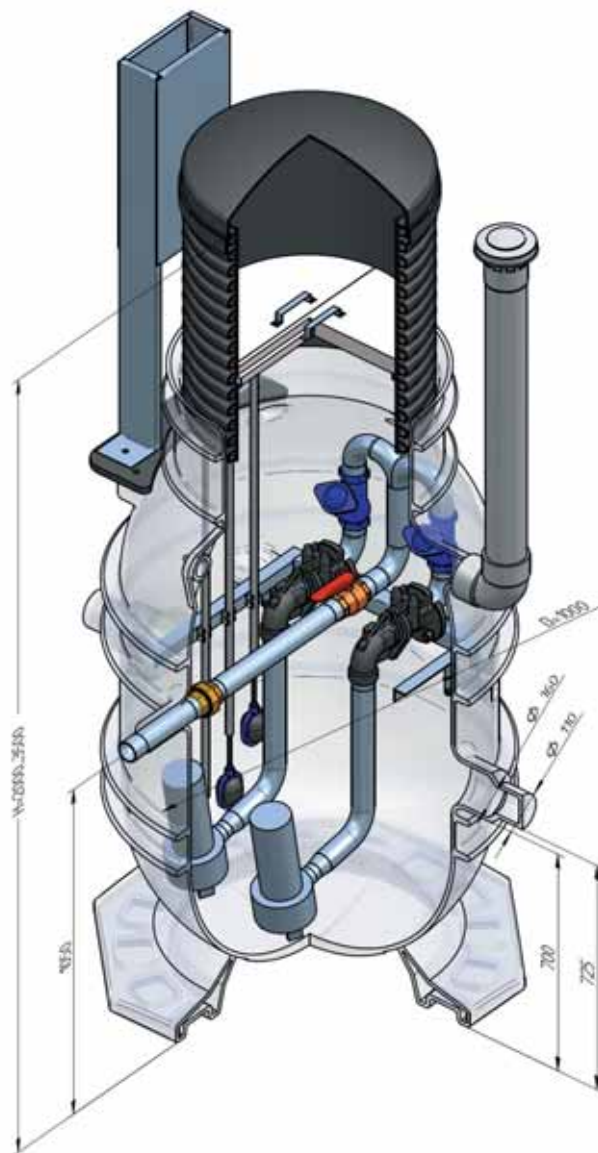
Walterit saab komplekteerida kas ühe või kahe pumbaga, mis paiknevad pumpla põhjast kõrgemal. Nii on põhjasete pidevas liikumises ja pumbatakse tõhusalt ära. Majapidamistele, kus

äravoolutoru ummistuma tikub või kus kiputakse liiga tahkeid asju torudest alla laskma, soovitame kasutada *Flygti* löikurpumpa *DXG*.

Walteri puhul on hooldisetud ka selle eest, et pumplat oleks võimalikult lihtne kasutada ja kontrollida. Üks olulisemaid uuendusi on seestpoolt valgeks värvitud kere, tänu millele on ka kolme meetri sügavusel olevad vead hästi näha. Pumba või pumpla kere kontrollimiseks ei ole vaja pumplasse laskuda. Pumba liidese veepidavus on ülalt näha ning pumba on võimalik trossi abil kiiresti ja lihtsalt välja tõsta.

Oma mahu ja jõudluse poolest on *Walter* eriti sobiv väikestele korteriühistutele ja eramajadele. Käituse lihtsustamiseks saab lisada seiremooduli, mis võimaldab pumpla toimimist eemalt jälgida ning pumpasid sisse ja välja lülitada. Kaugseiresüsteem annab (nt mobiiltelefonile) teada pumbariketest, voolukatkestusest, pumpla luugi avamisest või muudest häiretest. Pumpla omanik vajab abi vaid pumbarikke korral, muude häirete kõrvaldamisega saab iga inimene (kui ta just tehnikas täielik võhik ei ole) vähese vaevaga ise hakkama.

A.M.



ENERGIATÕHUSUSEST

ARLES TAAL

Schneider Electric Eesti

ENERGIATÕHUSUSEST räägitakse palju, kuigi sellest eriti palju ei teata. Kui taust välja jätta, peitub energiatõhususe taga väidetavalt väiksem elektriarve. Energiatõhususel on mitu olulist osist, millest mõnel on elektriarvele või seadmete elueale otsene mõju. Kõige enam annavad tunda **reaktiivenergia** (nähtav elektriarvel eraldi real), energia **kogukulu** (arve lõppsumma) ning **võrguhäiringud** (mõjutavad võrgu-seadmete eluiga).

REAKTIIVENERGIA

Mitmed elektritarvitid (nt mootorid, alaldid) tarbivad või genereerivad reaktiivenergiat. Seda on võimalik tasakaalustada **reaktiivenergia kompensatoriga**, vähendades sellega otseseid kulusid. Kompensatoreid on mitmesuguseid, neist **lihtsaimad** sobivad ainult ühetaoliste olukordadele, pisut **keerulisemad väldivad** ka **häirete genereerimist** võrku ning täiuslikumad jälgivad **võrgus** toimuvat ja **reageerivad** sellele. Seega võib projektlahenduse järgselt paigaldatud kompensator olla kasulik vaid 25% ajast (ülejäänud osa ajast on kasu vaid osaline, sest tarbimine on erinev). Tihti valitaksegi kompensator pärast ülejäänud seadmete paigaldamist.

Juba paigaldatud kompensatoritele tuleb sõltuvalt tootjast kord 1–5 aasta järel teha kontrollmõõtmine, sest kõige soodsamad lahendused kaotavad paari esimese aasta jooksul kuni poole oma

nimiandmetest ning saavutatav kokkuhoid on vaid näiline.

VÕRGUHÄIRINGUD

Normaalse tarbimise korral on vool elektrivõrgus sama kujuga kui keskkooli füüsikaõpikus. Kõik seadmed töötavad ettenähtud eluea ning tarbijad ei kaeba. Tegelikult on olukord keerulisem. Näiteks arvutite taga olevad **UPS-id**, **printerid** ja **arvutid** ise, **gaaslahenduslambid** ning paljud muud seadmed tekitavad elektrivõrku **häiringuid**. Normaalse pinge korral annavad sellest kõigepealt märku tihti **läbi põlevad lambid**. Järgmisena **hakkavad streikima elektroonikaseadmed**, nende rikkiminekuks kulub enam aega. Ilmeka näite pakuvad arvutite tihti vahetamist vajavad toiteplokid.

Kõige lihtsam on häiringutest vabaneda, kui **paigaldada võrku filtreid** – kas koos reaktiivenergia kompensatoritega või eraldi seadmetena.

LIIGNE ENERGIAKULU

Elektrienergiat on peaaegu alati võimalik kokku hoida. Peab vaid teadma, kus on **mõistlik piir** – tuledekustutaja palkamine oleks küll liialdus. Põhimõtteliselt on mitmesugustes rajatistes võimalik kulusid kokku hoida **kuni 30% arvesummast**, seda tavaliselt suurtes tööstustes. Energia kokkuhoid tähendab ennekõike **tänase tarbimise ning vajaduste analüüsi**. Analüüsi tulemusi

arvestades saab ka talupojatarkusega otsustada, mille arvelt kokku hoida.

Ühest artiklist või telefonivestlusest saab parimal juhul teada vaid mõne probleemi olemasolust. Kõige mõistlikum on investeerida esialgsesse analüüsi. See annab ettevõttele ülevaate tema paigaldises toimuvast. Saab ka hinnata, kas tasub teha täiendavaid investeeringuid või piisab vaid mõne lihtsa käitumisharjumuse või tüüpsegevuse omaksvõtmisest. Hea analüüs koosneb kahest osast – tehnilistest andmetest ja kirjeldustest ning arusaadavast kokkuvõttest.

KOKKUVÕTE

Nagu eespool kirjas, **ei ole energiatõhusus võluvits**, vaid hulk lihtsaid toiminguid ning nende põhjal tehtud järeldused. Pärast iga sammu ning enne investeeringut on mõtlemiskoht, sest investeering peab olema kooskõlas tasuvusajaga. Täna on olukorras on investeering põhjendatud, kui selle **tasuvusaeg on 1–2 aastat** tavahoones ning kuni 4 aastat tööstuses.

Veaparandus

Keskkonnatehnikas 2/2009 oli sisukorralehel viga. Leheküljel 32 oleva artikli "Tehnoruumide kliimaseadmed ning nende energiakulukus" autor on Allan Suurkask. Toimetus vabandab.

Tel: 5669 4310 WWW.PUURVESI.EE

Puurvesi

KÕIK TÖÖD ALATES PUURKAEVU PROJEKTEERIMISEST KUNI KRAANIKAUSSI PAIGALDAMISENI.

OLEMASOLEVATE PUMPLATE JA VEPUHASTUSSEADMETE RENOVEERIMINE.

SERINUS
Torusi Asutajad

Tel: 5624 1259 WWW.SERINUS.EE

AKTIIVSÜSI, KELLELE JA MILLEKS?

JAAK BERGMANN

Bercarbon OÜ

AJALOOST

Puusöe puhastavasse toimesse usuti ilmselt juba antiikajal. Umbes 200. aastast eKr on pärit sanskritikeelne juhhis, kus soovatakse vett hoida päikese käes (UV desinfitseeriv mõju) vasknõus (vase bakteritsiidne toime) ja filtrida läbi söe. Kolumbuse aegadest alates võtsid meresõitjad veevarud laevadele kaasa seest söestatud puitanumates.

Teadlikult on puusöe **adsorptsioonivõimet** – omadust neelata gaase ja vedelikke – uuritud 18. sajandist alates. Aastal 1773 teatas tuntud Rootsi apteeker ja teadlane Scheele gaaside adsorptsioonist puusöes ja 1785. aastal tegi Lowitz kindlaks puusöe võime kõrvaldada vedelikest värvust. Viimast avastust rakendati esimest korda 1794. aastal Inglismaal suhkru rafineerimisel. Aastal 1811 märkas Figuer musta kingaviksi väljatöötamisel kondisöe värvust kõrvaldavat toimet ja kuna kondisöe adsorptsioonivõimet oli kuumutamiseega võimalik taastada, jäi puusöe uurimine teatud ajaks tagaplaanile. 1850ndatel aastatel rakendati värvuse kõrvaldamisel kasutatava söe tootmisel ka saepuru töötlemist magneesiumkarbonaadiga ja turba töötlemist veeauruga. Need materjalid aga ei suutnud kondisöega võistelda.

Esimesed kaks patenti spetsiaalselt aktiveeritud söe tootmise kohta sai *Ostrejko* aastail 1900/1901. Üks neist kirjeldab taimse materjali kuumutamist koos metallkloriididega, teine puusöe aktiveerimist veeauru ja süsinikdioksiidiga. Praktikasse jõudsid patenteeritud meetodid aastal 1909, kui *Chemischen Werken Ratibor* valmistas esimest korda *Ostrejko* meetodil puuderaktiivsütt. Järgnevatel aastatel hakati tööstuslikult rakendama mõlemat aktiveerimismeetodit ning enamikku toodetud aktiivsöest kasutati keemia- ja suhkrutööstuses.

Esimese maailmasõja ajal kasutati esimest korda suurtes kogustes gaasitorbikute adsorberina kookospähklikoorest valmistatud aktiivsütt. See ning

pressitud aktiivsöe tootmistehnoloogia väljatöötamine 1930ndatel aastatel võimaldasid hakata aktiivsütt laialdaselt kasutama gaaside tööstuslikuks puhastamiseks. Tänapäeval üha karmistuvad keskkonnanõuded on suurendanud aktiivsöe kasutamist õhu ja vee puhastamisel. Aktiivsöe puhastav roll on oluline ka looduslike ja sünteesmaterjalide keskkonnasõbralikus tootmises.

AKTIIVSÖE OMADUSED

Aktiivsüsi (ingl. *activated carbon*, saks. *Aktivkohle*, pr. *charbon actif*, hisp. *carbón activado*, soome *aktiivhiili*, vene *активированный уголь*), mis erineb oluliselt tavalisest söest, on poorsust süsinikust materjalide üldnimetus. Aktiivsöe toormel (nt kivisüsi, kookospähklikoor, puit) ei ole kindlat sisestruktuuri ega ka märkimisväärselt adsorptsioonipoore. Soovitavat grafiitset struktuuri on võimalik tekitada, kuumutades toormaterjali umbes 800 °C juures inertses keskkonnas.

Selline täielikult söestatud looduslik materjal koosneb põhiliselt süsinikust ning selle struktuur on ruumiline – korraldatult paiknevate süsinikuplaadike vahel on amorfne aine. Aktiveerimise käigus suur osa amorfsest ainest kõrvaldatakse, nii et alles jääb vaid süsinikuplaadikestest koosnev karkass, mille vahel on soovitud kuju ja suurusega tühikud – poorid. Elektronmikroskoobi pildil meenutab aktiivsüsi vahtkummi. Selline söeterakeste sisemiste mikroskoopiliste pooride struktuur annabki aktiivsöele tema unikaalsed omadused.

Aktiivsöe kasutamine põhineb adsorptsioonil – sütt moodustavate süsinikuplaadikeste võimel gaasi- või vedelikumolekule enda külge „kleepida“. **Füüsikaline adsorptsioon** on pööratav protsess – temperatuuri tõustes võib osa adsorbeerunud molekulide vabaneda, s.o desorbeeruda. Seda omadust rakendatakse praktikas nii aktiivsöe reaktiveerimisel kui ka lahustite taaskasutamisel. **Keemilise adsorptsiooni** puhul tekitavad ainete vahel keemilised seosed ning

protsess ei ole pööratav. Seda protsessi rakendatakse nt klooriühendite sidumisel veepuhastuses.

Aktiivsütt toodetakse põhiliselt puudrina (*powder*, *порошковый*), teralisena (*granular*, *дробленый*), pressituna (*extruded*, *гранулированный*) ja kangana (*carbon textile*, *тканевый*). Mõningat segadust tekitab nimetuse *granuleeritud* erinev kasutus inglise ja vene keeles. Mõnikord on aktiivsütt segi aetud varem katlamajades laialt pruugitud nn sulfosöega. Tänapäeval toodetavate aktiivsüte sisepooride eripind (*specific surface area*) on tavaliselt vahemikus 500–2000 m²/g (erandjuhudel kuni 5000 m²/g), see tähendab, et ühe teelusikatäie aktiivsöeterakeste aktiivne sisepind on sama suur kui jalgpalliväljak.

AKTIIVSÜTT ISELOOMUSTAVAD MEHAANILISED JA KEEMILISED NÄITAJAD

Terasuurus (*particle size*). Puudersöel on see suurusjärgus 50–200 µm, teralisel (korrapäratu kujuga tükikesed) 0,5–5 mm. Pressitud aktiivsöe silindrikestel läbimõõt on 1–4 mm ja pikkus 2–3 läbimõõtu. Millimeetrites terasuurse asemel on käibel ka nn **sõelaava suurus** (*mesh size*). Mida väiksem on terasuurus, seda parem (suurem) ja kiirem on adsorptsioon.

Puistetihedus (*apparent density*), mitte segi ajada tihedusega (*density*). Olenevalt toormest on see 300 (puiduaktiivsüsi) kuni 550 kg/m³ (kivisöe-aktiivsüsi).

Aktiivsöe niiskus ja tuhasisaldus (*water content* ja *ash content*) on tavaliselt vahemikus 5–10%. Tuhas võib olla ka rauda ja kaltsiumoksiidi.

Purunemiskindlus (*abrasion number*).

Joodiarv (*iodine number*), metüleensinise arv (*methylen blue titer*) ja molasiarv (*molasses number*) iseloomustavad aktiivsöe võimet adsorbeerida neid aineid, s.o mitu milligrammi neid suudab adsorbeerida 1 gramm aktiivsütt. Ena-

masti on joodi- ja metüleensinise arvud 800–900 mg/g ja 100–250 mg/g.

Eripind (BET) iseloomustab samuti aktiivsöe adsorptsioonivõimet ja on vahemikus 900–2000 m²/g.

Oluline on arvestada, et viimased neli näitajat kehtivad kindlate ainete adsorbeerimise kohta ning ei ole muudele ühenditele otseselt ülekantavad.

Sobivaima aktiivsöe valikul on kõige õigem teha lihtsad katsed, kuna paljudel juhtudel on oluline ka **pooride jaotus** ava suuruse – efektiivse ava – järgi, nii et oleks piisavalt kitsaid adsorbeerivaid poore ja samas ka küllaldaselt just antud rakenduses vajaliku suurusega avaramaid transpordipoore.

Sõltuvalt aktiivsöe kasutamistarbusest on olulised veel mitu täiendavat näitajat, gaaside puhastamisel nt aktiivsöe adsorptsioonivõime mitmesugustel tingimustel (kirjeldatakse sellekohaste isotermidega) ning vedelike puhastamise korral teralise söe abil filtrimiskiiruse sõltuvus rõhulangust filtris ning söekihi „paisumine“ (*bed expansion*) filtripesu (*back washing*) ajal.

Aktiivsöe omadused olenevad peamiselt toormaterjalist. Tänapäeval on enimkasutatavad toormaterjalid kivi-süsi, kookospähklikoor, puit, pruunsüsi, turvas ja aprikoosikivid. Nt puidust toodetud aktiivsöe poorid on oluliselt suuremad ja süsinikuplaatide üldpindala ruumiühikus (seetõttu ka aktiivsus) tunduvalt väiksem kui kivisöest toodetud. Puidust saadud aktiivsüsi on ka üks mehaaniliselt pehmemaid. Mehaaniliselt tugevaim ja aktiivsem on kookospählikoorest toodetud aktiivsüsi (kookosesüsi). Samas on kookosesöe poorid pikad ja kitsad.

AKTIIVSÖE TOOTMINE

Aktiivsöe **tootmine koosneb üldjuhul järgmistest astmetest**: toormaterjali valimine ja ettevalmistamine, söestamine e karboniseerimine, peenestamine, sideainega segamine, pressimine, aktiveerimine, jahvatamine, söelumine ja pakendamine.

Tootest olenevalt on nende astmete sisu erinev. Nt kivisöe korral segatakse tihti kokku kuni kümme erinevatest kaevandustest tarnitud sütt, puidu puhul valitakse aga sobiv puiduliik. Toote erinevad ka pressimine ja jahvatamine.

Karboniseerimisel ja aktiveerimisel on kasutusel kaks meetodit:

- vee keemiline eraldamine (dehüdreerimine)

rimine) tsinkkloriidi või fosforhappe abil, millele järgneb söestunud materjali kuumutamine temperatuuril +400–600 °C nendesamade kemikaalide juuresolekul;

- kuivdestillatsioon 500–900 °C juures, millele järgneb aktiveerimine temperatuuril 700–1000 °C veeauru ja süsinikdioksiidi keskkonnas.

Aktiveerimise käigus kujundatakse lõplik mikrokoopiliste sisepooride struktuur. Mida kõrgem on temperatuur ja pikem aktiveerimisaeg, seda rohkem süsinikuplaadikesi põleb ära. Poorid muutuvad avaramaks, samas väheneb nende üldpind. Aktiivsöe suurus pluss ongi see, et seda saab valmistada tellijale sobiva poorisuuruse ja -jaotusega. Tootmise käigus jääb aktiivsöe pooridesse natuke tuhka, seepärast pestakse pH-tundlikes protsessides kasutatavat aktiivsütt veel happega.

Kangakujulist aktiivsütt toodetakse kahte moodi: ühel juhul viiakse pulbriline aktiivsüsi valmis kanga kiududesse, teisel söestatakse ja aktiveeritakse kogu kangas. Viimase meetodiga valmistatud 100% aktiivsöest kanga iga niit koosneb tuhandetest poorsetest aktiivsöekiududest ning tänu väga suurele eripinnale on adsorptsioon selles ülikiire.

Aktiivsöe **impregneerimisel**, „uputatakse“ süsi kemikaalilahusesse, seejärel kuivatatakse või piserdatakse kemikaalilahusega aktiivsöe kuumutamise ajal pöördahjus või kuivatis.

Praktikas on oluline aktiivsöe aktiveerimine. Reaktiveeritakse teralist ja pressitud aktiivsütt. Protsessi käigus tõstetakse temperatuur esialgu aeglaselt 800 °C-ni ning eemaldatakse (desorbeeritakse või lagundatakse termiliselt) pooridesse kogunenud ained. Seejärel taastatakse sisepinna adsorptsioonivõime – aktiveeritakse temperatuuril umbes 900 °C veeauru ja süsinikdioksiidi keskkonnas.

AKTIIVSÖE KASUTAMINE

Aktiivsöe kasutusvaldkondadest on olulisemad vee- ja gaasipuhastus.

Vee puhastuses (joogivesi, reovesi, kondensaad, akvaariumivesi) on üldjuhul söe ülesanne kõrvaldada kõige peenemad võõrised e soovimatud ained. Nt kõrvaldatakse aktiivsöe abil veele halba lõhna ja värvust andvad orgaanilised ühendid, naftasaadused, ammonium ja lämmastik, kloori- ja osoonijäägid, raskmetallid ning arstimid ja mürgained jäägid.

Orgaanilised ühendid eemaldatakse adsorptsiooniga söe poorides ning selleks vajalik kontaktaeg on 5–10 minutit. Desinfektandid (kloor, kloramiinid, osoon) kõrvaldatakse katalüütiliselt. Aktiivsüsi eemaldab veest ka trihalometaanid (THM) – joogivee kloorimise sagedased ja väga ohtlikud kõrvalsaadused.

Osoonijäägid (O₃) redutseeritakse ohutuks hapnikuks (O₂). Osoonimise kõrvalsaadused aldehüüdid ja ketoonid on suurepäraselt toitained bakteritele. Seepärast tuleb need veest aktiivsöega kindlasti kõrvaldada, et vältida veetoortike kiiret ja tugevat saastumist.

Ulatusliku herbitsiidide kasutamise tagajärjel põhjavette jõudnud mürkide ja nende ohtlike kõrvalsaaduste kõrvaldamisel on aktiivsüsi asendamatu.

Puudersütt annustatakse vette vastavalt vajadusele, mõni gramm kuupmeetri vee kohta, ning segatakse. Kui aktiivsüsi on võõrised adsorbeerinud, filtritakse ta vedelikust välja. See meetod sobib vee puhastuses eriti siis, kui vesi vajab aktiivsöe lisamist vaid perioodiliselt (sesoonselt).

Teralist aktiivsütt kasutatakse vee pidevaks filtrimiseks. Vesi voolab läbi filtris oleva aktiivsöekihi üldjuhul ülalt alla. Kuna aktiivsüsi adsorbeerib oma sisemusse, tuleb selle välispind hoida võimalikult puhas, st et söe välispinnal olevate pooride suudmed peavad olema avatud. Seepärast tuleb aktiivsöeterade pinda filtrites perioodiliselt puhastada. Puhastamisel (filtripesul) uhitakse filtrid vastu filtrimissuunda läbi vee või vee ja õhu seguga. Projekteerimisel on oluline arvestada seda, et filtripesul aktiivsüsi „paisub“, seetõttu tuleb filtri ülaossa jätta piisavalt vaba ruumi, et aktiivsüsi filtrist välja ei kanduks. Filtripesu seisukohast on oluline aktiivsöe mehaaniline tugevus, selle vastupidavus hõõrdumisele. Tugevaim on kookosesüsi.

Oluline on, et filtris oleks mitme suurusega söeterakesi, siis sadestuvad erisuurused terakesed pärast tagasipesu oma kihti tagasi ning aktiivsüsi täitub järkjärgult ülevalt alla. Kui ka kõige alumise aktiivsöekihi adsorptsioonivõime on ammendunud, tuleb aktiivsüsi saata reaktiveerimisele või vahetada uue vastu. Aktiivsöe kasutusiga filtris on võimalik hinnata teoreetiliselt, kuid parem on seda teha lihtsa katsega, mille kirjelduse saab aktiivsöe tootjalt või tarnijalt.

Eestis kasutatakse joogiveepuhastuses enamasti 0,5–2,5 mm jämedust te-

ralist kookosesütt ja kivisöest toodetud pulberaktiivsütt.

Akvaariumivette satub väga palju orgaanilist ainet, mis vähendab vee läbipaistvust, langetab pH-d, nõuab hapniku lisamise intensiivistamist ning soodustab ohtlike bakterite kasvu. Aktiivsöega filtrimine on tõhusaimad mooduseid orgaaniliste ainete kõrvaldamiseks akvaariumiveest.

Reovee bioloogilisel puhastamisel kaitseb puudrilise aktiivsöe lisamine aktiivmuda mürgiste ühendite eest.

Paljud õlle- ja karastusjoogitootjad desinfitseerivad toorvett klooriga ning eemaldavad seejärel klooriühendid aktiivsöe abil. Viinatööstuses puhastatakse aktiivsöega toorpiiritust või viina puskariolideid. Venemaa viinavabrikud pruugivad enamasti kasepuidust valmistatud aktiivsütt. Mõneti üllatav on valgete veinide värvuse korrigeerimine aktiivsöega. Sama ülesanne on aktiivsöel heledate mahlade valmistamisel. Vedelike töötlemiseks kasutatakse rohkesti aktiivsütt veel roosuhkru valgendamisel; glükoosi, toiduõli, äädika ja sidrunhappe tootmisel, kõrgpastöriseeritud piima maitse parandamisel ning parafiini, seebi ja biodiisli kõrvalsaaduse glütseriini puhastamisel.

Suurtes kogustes kulub aktiivsütt naftatööstuses – nii rafineerimisel kui ka naftasaadusi sisaldava reovee puhastamisel. Ka õlitööstuste ümbruses saastunud põhjavee puhastamisel kasutatakse aktiivsöe abil.

Vedelike töötlemise alla võib liigitada ka aktiivsöe kasutamise **kulla- ja hõbedatootmises**, kus purustatud maak lahustatakse naatriumsüaniidid ning saadud kulla või hõbeda tsüaniidühendid adsorbeeritakse sobivalt valitud aktiivsöes.

Eriline roll on aktiivsöel meditsiinis. Seda, et aktiivsöest on abi kõhuhädade leevendamisel, on paljudele teada, kuid aktiivsüsi on oluline ka vere kehavälises puhastamises (dialüüsis) ja väga paljude ravimite tootmisel.

Gaasi puhastamisel aktiivsöega on eelkõige vaja arvestada konkreetse aktiivsöe adsorbeerimisvõimet mingi aine suhtes. Selleks kasutatakse isoterme – graafikuid, mis kirjeldavad ainete neeldumist (massiprotsentides) mingit ainet eri kontsentratsioonides sisalduvas gaasis kindlal temperatuuril. Sõltuvalt kasutatavast tehnoloogiast on oluline ka aktiivsöe terasuurus ja -kuju. Mida peenem tera, seda kiirematomeline on aktiivsüsi, ent ka seda suurem on rõhu-

kadu filtris.

Gaaside töötlemisel kasutatakse aktiivsütt enamasti nende puhastamiseks, nt süsihappegaasi, lämmastiku jt gaaside tootmisel ning lahustite taaskasutamiseks (*solvent recovery*).

Paljusid heitgaase tuleb enne atmosfääri laskmist puhastada kahjulikest ühenditest. Seda tuleb teha nt plastpaatide ja -mahutite valmistamisel, kummitööstuses, liimide tootmisel, värvimistöökodades, bensiinijaamades, trükistööstuses ja ohtlike jäätmete põletustehastes. Selleks juhitakse heitgaas läbi pressitud aktiivsöega täidetud filtri või lisatakse heitgaasi puuderaktiivsütt, millele järgneb filtrimine. Üha rohkem kasutatakse aktiivsütt ka igasugustes õhufiltrites, alates köökidest ja suitsetamisruumidest ning lõpetades muuseumidega. Puudrilist aktiivsütt lisatakse sigaretilfiltritesse sadu tonne aastas.

Järjest enam pruugitakse aktiivsütt autodes. Salongiõhufiltrites kõrvaldab aktiivsüsi välisõhust tulevad heitgaasijäljed ja muud ebameeldivad lõhnad. Selleks otstarbeks kulus 2007. aastal maailmas 5000 tonni pressitud aktiivsütt. Ka biogaasi puhastatakse enne gaasimootorisse või maagaasivõrku suunamist väävliühenditest aktiivsöega. Aktiivsöesse koguneb sel juhul puhas väe.

Tüüpilise näite aktiivsöe kasutamisest lahustite taaskasutamisel pakub kunstkiu tootmine. Kunstkiutoorme (plasti) terakesed lahustatakse atsetoonis ning lahus lastakse langeda kõrgel asetsevast peenest düüsist. Õhu käes atsetoon aurustub ning moodustub kiud. Õhu ja atsetooni segu juhitakse läbi filtri, kus atsetoon adsorbeerub pressitud aktiivsöel. Kui aktiivsüsi on atsetooni „täis“, lülitatakse õhuvool teise filtrisse ning esimeses desorbeeritakse atsetoon aktiivsöest kuuma auruga. Seejärel eraldatakse atsetoon tekkinud vesilahusest ja juhitakse uuesti tootmisse.

Tihti on tarvis (heit)gaase neutraliseerida või puhastada mingist konkreetsest võõrisest. Siis **immutatakse e impregneeritakse aktiivsütt** kemikaalidega, mis muudavad töödeldava gaasi paremini adsorbeeruvaks, või katalüsaatoritega, mis soodustavad gaasi oksüdeerumist ja ohutuks muutumist. Gaaside puhastamiseks happeaurudega kasutatakse tihti leelise või happega immutatud aktiivsütt, päevavalguslampide utiliseerimisel lenduva elavhõbeda püüdmiseks aga väävliisandiga aktiivsütt. Eriliselt töödeldud aktiivsöega täi-

detakse gaasimaskide padruneid.

Tomateid, banaane jm suvivilju saame nüüd aasta ringi süüa, selleski on oma osa aktiivsöel. Tomatite riknemise „käivitab“ selles protsessis eralduv etüleen. Pakkides tomatid vähe hapnikku ja rohkesti süsihappegaasi sisaldavasse keskkonda ning vähendades aktiivsöe abil selle etüleenisisaldust, tagataksegi tomatite pikk säilimine.

Perspektiivikaks võib osutada automootoreid käitava gaasi salvestamine aktiivsöes. Lootustandev on ka peenest (0,3–0,7 nm) aktiivsöest molekulaarvõrkude kasutamine, eriti gaaside puhastamisel. Aktiivsöe eelis on odavus ning happe- ja leeliskindlus.

Ülikiire adsorptsioonivõime ning suure tõhususe, mahutavuse ja paindumise tõttu kasutatakse **kangakujulist aktiivsütt** rohkesti erivahendite valmistamisel. Aktiivsöekangas on üks olulisi mürke neelavaid kihte keemiakaitseühendite ja respiraatorites. Medikamentidega töödeldud aktiivsöe baasil valmistatakse haavaplaastreid, mis raskesti paranevates haavades tekkinud laguaineid adsorbeerides kiirendavad oluliselt haavade paranemist.

Põnevaid laborikatseid on tehtud kolloidse aktiivsöega. Eesmärk on saada aktiivsöe „kvaasilahus“, mida saab juhtida nt saastunud põhjaveekihtidesse.

Aktiivsöe kasutusvaldkondi tuleb pidevalt juurde ning selle tootmismahud üha suurenevad – aastatoodang läheneb miljonile tonnile. Viimastel aastatel on aktiivsöetootjate esiritta tõusnud Hiina Rahvavabariik. Seda küll mahu, mitte kvaliteedi poolest.

Euroopas on arvestatavad kvaliteetse aktiivsöe tootjad *Chemviron Carbon*, *Jacobi*, *Norit* ja *Silcarbon*, 100%-list aktiivsöekangast valmistab *Charcoal Cloth International* (CCI). Balti riikides kasutatakse enamasti Saksa firma *Silcarbon* toodangut. Aktiivsöe hinnaskaala on lai – 30 kuni 500 kr/kg ning enamgi. Eriti kallid on mitme ühendiga impregneeritud aktiivsöekangad.

Internetis on aktiivsöe nimetustena käibel *activated charcoal*, *active charcoal*, *active carbon*, jm. Artiklit kirjutades on kasutatud peamiselt kaht raamatut: H. Kienle, E. Bär “Aktivkohle und ihre industrielle Anwendung” (1980) ning H. Marsh, F. R. Reinoso “Activated Carbon” (2006).

Aktiivsöest olen pikemalt kirjutanud Internetis veebileheküljel www.bercarbon.ee.

KAUBANDUSKESKUSE NURGAKIVIKS METEORIIT

HARRI TREIAL

METEORIIDIST RÄÄKIDES on tõsi taga. Nimelt avastati 1983. aastal Laagna tee süvendi kaevamisel 4 m paksuse turba- ja poole meetri paksuse järvelubjakivi alt paljastunud paeplaadil ilmselge löögijalg. Avastatud uurides jõudsid geoloogid järeldusele, et tegu on enne viimast jääaega, seega umbes 20 000–25 000 aastat tagasi siia langenud meteoriidiga. Selle kukkumiskohale tekkis umbes 10–15 m läbimõduga väikekraater. Teadagi pakkus avastus selle ala asjatundjatele suurt huvi. Leidu lähemalt uurinud geoloogide seas oli ka praegune TTÜ mäe-instituudi emeriitprofessor Enn Pirrus (uurimise tulemustest pikemalt vt Keskkonnatehnika 2008, 4).

Sündmusest lähemalt rääkides arwab Enn Pirrus, et Maale lähenedes „juhtis” meteor end maanduma praeguse Lasnamäe Mustakivi ja Laagna tee ristmiku lähedale. Langevad meteoriit pakus kindlasti laimat huvi ja nii tegigi Eesti TA meteoriitika komisjon pärast leiu uurimist linna administratiiv- ja looduskaitseorganitele ettepaneku taevakeha langemiskoht mingil moel tähistada. Selleks pakuti ka mitmeid ideid. Tolleaegsetel ametnikel asja vastu huvi ei olnud ning kõik jäi sinnapaika. Samas on siiski hea, et väikekraater kaeti paari meetri paksuse tehispinnasega, kuigi selleks oleks pidanud kasutama pehmet liivast kattekihti. Meteoriidi langemiskoht on täpselt teada ning see ootab endiselt esiletõu. Enn Pirruse sõnul on geoloogid Lasnamäe kaubanduskeskuse detailplaneeringuga tegelnud arhitektidega väikekraatri teemal vestelnud ning neile nimetatud kohast teada andnud. Tänu sellele on teadlikud loovinimesed pannud kõik ehitised paika nii, et meteoriidijalg jääks igal juhul puutumata. Äkki panevad nüüd Tähesaju Citys asuvad firmad raha kokku ja avavad meteoriidi langemiskoha, nii et seda saaksid kõik näha. Tegutses oleks esimese taolise nurgakiviga, mis meelitaks kohale paljusid uudishimulikke.



Selline on arhitektide nägemus ühest linna suurima kaubanduskeskuse III ehitamisetaapis valmivast kaubandushoonest

HOONEID TULEB 20 JA KAUBANDUSPINDA 100 000 m²

Kui Lasnamäele 24 hektari suurusel väikese meteoriidikraatriga krundile kavandatavale kaubanduskeskusele hakati nime otsima, siis ei olnud vaja kaua mõelda. Meteoriidi meenutamiseks sai kompleks nimeks Tähesaju City. Ostukeskuse keskel liiguvad sõidukid, jalgratturid ja jalakäijad mööda Tähesaju teed.

Arendajafirma tegevdirektor Hindrek Leppsalu rääkis, et kuni 1,7-miljardisel ettevõtmisel on kaks investorit. Üks neist on Tähesaju City OÜ ja teine Capfield OÜ. Kaubanduslinnaku ehitamisel koondusid need ühise nime (Tähesaju City) alla.

Hindrek Leppsalu selgituse kohaselt on Lasnamäel tegu 20 hoonest koosneva kaubanduslinnakuga, kuhu pärast kolme ehitusetappi tuleb kokku üle 100 000 m² müügipinda (praegu Tallinna suurimas Rocca al Mare kaubanduskeskuses on käsil suur laiendamine, mille lõppedes saab seal olema pinda 70 000 m²). Kui Tallinna senistes müügikeskustes on firmad üürinud endale kauplemiseks ka väikesi pindu (alates isegi 20 m², vaid üksikud üle 1500 m²), siis Tähesaju Citys väikese müügipinnaga kohti pole. Firmade müügipinnad on vähemalt 250 m² ja ulatuvad kuni

3000 m².

Külastajate sõidukitele tuleb kokku üle 2000 parkimiskoha, mis asuvad vahetult ärihoonete kõrval. Sõidukite arvu puhul lähtuti sellest, et iga müügipinna 30 ruutmeetri kohta oleks üks autokoht. Mida suurem on kaubanduskeskus, seda rohkem nähakse ette käepäraseid parkimiskohti ja võimalusi jätta sõiduk ostukoha lähedale.

Ärimeeste arvates on enam kui 112 000 elanikuga Lasnamäel taolise suure kaubanduskompleksi järele tõsine vajadus. Müügiga tegelevad arendajad teavad, et selles elurajoonis on ühe elaniku kohta kaubanduspinda ligi 40% vähem kui näiteks Mustamäel või Öismäel. Kuid uus keskus ei paranda mitte üksnes Lasnamäe linnaosa elanike heaolu. Kui kavandatud uued tänavad ja liiklussõlmed valmis saavad, muutub see kant atraktiivseks ka lähinaabrite jaoks, olgu siis tegu Pirita ja Meriväljaga või Maardu, Kallavere, Viimsi ja teiste Harjumaa pealinnalähedaste paikadega. Ostjaid arvestatakse ligi poole miljoni asuka hulgast. Plaanis on ehitada Peterburi maantee ja Tallinna ringtee ristmik mitmetasapinnaliseks ning pikendada Mustakivi tee Pirita suunas Vana-Narva maanteeni ja sealt edasi Kose teele. Need teehitised muudavad Tähesaju City liikluse mõttes veelgi mugavamaks. Tänu Laagna teele jõuab

kesklinnast Tähesaju Citysse 9–10 minutiga. Kui esimese ehitise valmimise eel vajati palju aega detailplaneeringu koostamiseks, siis kompleksi järgmiste etappide ehitamisele asjaajamise ajakulu on üsna väike. Õnneks asub suur krunt ärimaal, kus ei ole vanu hooneid ega segavaid erakrunte. Praegust huvi ehitatavate äripindade vastu ja sellel alal tegutsemise reipust ei paista majanduse üldine langus eriti segavat.

ARENEB MAJANDUSLANGUSE KIUSTE

Suure keskuse esimest etappi hakati ehitama 2005. aastal. Aasta hiljem oldi töödega nii kaugel, et ostjate tarbeks avati tuntud firma Prisma Peremarket. Esimesed autokauplused tulid Lasnamäele 2007. aastal. Valmis said sõiduautode Opel ja Chevrolet' maaletooja Ascari esindus ning Mustakivi Auto Toyota keskus.

Tähesaju City ehitajaile oli möödunud aasta edukas. Uksed avas ONOFFi koduelektroonikakauplus, mitu hoonet ehitati mööbli ja kodusisustustarvete jaoks. Neis asuvad Home4you sisustukaubamaja, mis on oma 3000 m² müügipinnaga müügiketi suurim kauplus Tallinnas, ning Sisustus5, mille väljapanek võtab enda alla 800 m², samuti suure pinnaga mööbliäri Common. 2008. aastast on Tähesaju Citys sellised tuntud firmad nagu Omega, Itek, Hektor Light ja Diivaniparadiis. Valmis ka pealinna suurim, 2000 m² müügipinnaga mänguasjakeskus Juku. Kolme aastaga võeti kaubanduslinnakus kasutusele kolmandik müügipinnast (35 000 m²).

Ehitajad ei ole aga suure kaubanduskeskuse territooriumilt veel lahkunud. Järgmisel aastal hakatakse taas linte lõikama. Kevadel valmib linna suurim, 19 000 m² müügipinnaga ehitusmaterjalikauplus Bauhaus, kaks hoonet mööblikaupluste jaoks (neist üks 9000 m²) ning sõiduautosid Seat, Isuzu, Suzuki ja Hyundai pakkuv Topauto kauplus. Teise ehitusetapi valmimine kavandati aastatesse 2009–2010 ning see siht on veel praegugi.

Kolmanda etapi töödega (30 000 m²) tahetakse lõpule jõuda aastail 2011–2013. Kõik sõltub majanduse arengust ja seega inimeste ostujõust. Kaubanduslinnakusse võib tulla ka näiteks toitlustusasutusi, sporditarvete kauplusi ning mitmeid sportimise ja vaba aja veetmise võimalusi pakkuvaid kohti.

EESTI GAASILIIT KÄIS HELSINGIS KOOLITUSREISIL SOOME KOGEMUSTEST ÕPPIMAS

ANDRES SAAR

Eesti Gaasiliidu tegevdirektor

EESTI GAASILIIT korraldas jaanuaris ühepäevase koolitusreisi Helsingisse (osales 10 juhtivspetsialisti 4 äriühingust), et tutvuda Soome kogemustega maagaasi kasutamisel mootorsõidukite kasutusega. Soome gaasiettevõtte Gasum OY eestvõttel kuulati 4 ettekannet, mis käsitlesid maagaasi kasutamist Soome ja maailma teiste riikide autotranspordis, maagaasi iga aastaga üha suurenevat tarbimist ning surumaagaasi (CNG) autotanklate projekteerimist ja ehitamist. Peale selle külastati üht surumaagaasitanklat Helsingi lähedal Vermolas. Soomes on praegu 11 surumaagaasitanklat (sel aastal valmib veel 2) ja neid kasutab 450 sõidukit (sõiduautod, autobussid jt). Soome energiamajanduse arengukava eelnõus on kavandatud suurendada maagaasi osa autokütuste kogutarbes.

Võrdluseks võib öelda, et Euroopas kasutavad surumaagaasi 850 000 autot, kogu maailmas 9 miljonit autot (2008. aasta andmed). Autoomanike huvi surumaagaasi kasutamise vastu on tõstnud maagaasautokütuse madalam hind (60–70% ölikütuse hinnast) ja heitgaaside vähene keskkonnareostus (mis on eriti oluline linnade liikluses). Soovitatakse kasutada uut tehaseelise surumaagaasi varustusega autot. Enamik suuri autotootjaid lasevad turule CNG-autosid,

mis on ölikütusel töötavatest uutest autodest mõnevõrra kallimad. Hinnavahe tasub end suurema aastakasutuse korral ära kahe aastaga. Selleks et surumaagaasi autokütusena rohkem kasutataks, on vaja igas riigis välja ehitada surumaagaasitanklate võrk, kusjuures kaugus tanklate vahel ei tohiks olla üle 200 km (ühe surumaagaasi tankimisega saab sõita 250–300 km, kuid vajaduse korral saavad surumaagaasi kütusel sõitvad autod üle minna ölikütuse kasutamisele).

AS-il Eesti Gaas on plaanis ehitada Eesti esimene surumaagaasitankla Tallinnasse Suur- Sõjamäe piirkonda. Tankla peaks valmima käesoleva aasta sügisel ja seal saavad tankida sõiduautod, bussid ja prügiveokid (pikemalt selle kohta vt selle aasta 18. veebruari Päevalehe lisas). Esimese maagaasi-autotankla Tallinnas projekteeris Gaas-Soojus Projekti OÜ, kes projekti koostades arvestas Saksamaa (töötab 780 surumaagaasi autotanklat) ja Soome tanklate projekteerimise ja ehitamise kogemusi ning kasutab projektis ajakohast tipptehnoloogiat ja seadmeid. Võib arvata, et gaasitanklat kasutama hakkavate sõidukiomanike arv kasvab kiiresti ning peagi läheb vaja uusi surumaagaasi tanklaid ka teistes suuremates Eesti linnades.



European Environmental Press

The EEP is a Europe-wide association of 18 environmental magazines. Each member is the leader in its country and is committed to building links between 400,000 environmental professionals across Europe in the public and private sectors.



- ★ EcoTech (Greece)
- ★ ekoloji magazin (Turkey)
- ★ EkoPartner (Poland)
- ★ Environnement Magazine (France)
- ★ Hi-Tech Ambiente (Italy)
- ★ Industria & Ambiente (Portugal)
- ★ Keskkonnatehnika (Estonia)
- ★ Környezetvédelem (Hungary)
- ★ milieuDirect (Belgium)
- ★ MilieuMagazine (Netherlands)
- ★ Miljø Horisont (Denmark)
- ★ MiljøRapporten (Sweden)
- ★ MiljøStrategi (Norway)
- ★ Residuos (Spain)
- ★ Umwelt Perspektiven (Switzerland)
- ★ UmweltJournal (Austria)
- ★ UmweltMagazin (Germany)
- ★ Uusiouutiset (Finland)

More information on the EEP and advertising:
www.eep.org | sec@eep.org

NOORED KESKKONNAUURIJAD VÕTSID MÕÖTU

MALLE SOLNSON

Tallinna Mustamäe Gümnaasium

TALLINNA ÕPILASTE keskkonnankeemiaalaste uurimistööde võistluse lõppüritus, sel aastal juba kaheksandat korda, toimus 26. märtsil 2009 Tallinna Mustamäe Gümnaasiumis. Esimesel kahel õppeaastal korraldasid võistluse Tallinna Haridusameti ja linna keemiaõpetajate aineseksioon, järgmistel aastatel olid korraldajad Tallinna Õpetajate Maja ja Tallinna Mustamäe Gümnaasium.

Tänavuse võistluse teema oli „Eelista eestimaist. Mets. Puidutööstus”. Uurimistööde eesmärk oli:

- äratada huvi keemia ja keskkonnaprobleemide vastu;
- tõsta teadlikkust ja informeeritust metsa töötlemisest, puidutööstusest ja energiaprobleemidest;
- uurida, analüüsida ja kirjeldada Eesti keemiatööstuse ja energiamajanduse arengusuundi;
- omandada ja kinnistada säästva arengu põhimõtteid, suunata tähelepanu jääkideta tootmisele ja energia säästlikule kasutamisele;
- innustada õpilasi lahendama jõukohaseid tehnoloogia- ja majandusprobleeme, leidma rakenduslikke lahendusi;
- süvendada oskust näha probleeme integreeritult;
- uurida sotsiaalprobleemide seost majanduse arenguga;
- suurendada õpilaste keskkonnateadlikkust ja motiveeritust siduda oma edasine haridustee ning töö looduse ja reaalineteega, kujundada ja suurendada õpilastes kodanikuvastutust ning anda võimalus osaleda loodushoiutöös, et väljendada oma kodanikuhoiakut, võideldes puhtama ja säästlikuma keskkonna eest;
- kujundada meeskonnatöö- ja koostööoskust;
- arendada kirjalikku ja suulist väljendusoskust.

Võistlusele laekus 24 tööd kokku 8 koolist – viiest vene õppekeelega ja kolmest eesti õppekeelega koolist. Töid oli ligi kolmandiku võrra vähem kui eelmisel aastal. Korraldajate arvates võis selle



Konkursil osalenud Tallinna Mustamäe Gümnaasiumi õpilased Hanna-Liis Joala (vasakul üleval) ja Kerli Kaljuste (paremal üleval) ja Emil Vinkman (alumisel fotol)

üks põhjus olla uurimistööks vajaliku katselise osa läbiviimiseks vajalike vahendite leidmise kohapealsed võimalused. Aastaid on sisukamad tööd olnud need, mida on tehtud ja seostatud praktiliste katsete või tegevustega. Õpilaste ja õpetajate jaoks on esimene mure leida valitud teemaga töö juhendaja. Kuigi uurimistööd on keskkonnankeemia vallast, on korraldajad kutsunud osalema kõikide loodusainete õpetajaid. Nii on Tallinna Mustamäe Gümnaasiumis aastaid olnud õpilastöödega seotud ka füüsika-, maateaduse, bioloogia- ja keemiaõpetajad. Väga häid töid on esitanud Haabersti Vene Gümnaasiumi õpilased õpetajate Liidia Teska ja Ruslana Sergejeva juhendamisel. Nende koolist on igal aastal laekunud töö ka huviringilt „TRIZ”. Loodusainete integreeritud käsitlemine ja aineülene õpetamine on tegelikult ülim tulemus, mida TMG taotleb. Sel õppeaastal esitatud töödest

olid kaks kooli – Tallinna 21. Kool ja Mustamäe Gümnaasium – saanud väga head juhendamist ja tuge Tallinna Tehnikaülikooli puidutöötlemise õppetooli teadureilt.

Sisukad ja kodanikuvastutusest kantud olid Lasnamäe Gümnaasiumi ja Haabersti Vene Gümnaasiumi õpilaste tööd, milles uuriti põhjalikult paberi kasutamist reklaamiks ning vanapaberi tekkimist ja taaskasutamist.

Asjalikkuse ja südamesoojusega olid Eesti metsadega seotud muresid käsitlenud Tallinna 53. Keskkooli ja Mustamäe Realgümnaasiumi õpilased. Puidu kasutamist ehitusmaterjalina ja puidukaitset käsitleti Tallinna Õismäe Vene Lütseumi õpilaste töödes.

Metsa ja puidu tähtsust ning inimese suhet nendega oli vaadeldud väga huvitavatest vaatenurkadest (näiteks saun kui lõõgastav ja raviv koht, seenekasvatuse puupakkudel, puidulaastud – jäätmed või tooraine).

Tööd on iga aastaga üha sisukamaks muutunud, need on ka paremini vormistatud. Tööde hindajad tõstsid vormistuse poolest esile Jakob Westholmi Gümnaasiumi õpilaste Steven Jerkku ja Maria-Helena Naaritsa uurimistöö.

Sel aastal valiti lõppüritusel esmakordselt välja ka parim esineja. Korraldajate eesmärk on tõsta keskkonnateadmisi ning arendada peale esinemis- ja väljendusoskuse ka muid sotsiaalseid oskusi. Iga aastaga on paranenud õpilaste esinemisoskus. Ettekanded on illustreeritud asjakohaste ja huvitavate slaididega ning esinemine on muutunud ladusamaks. Sel aastal valiti parimateks esinejateks Hanna-Liis Joala ja Mihkel-Jüri Feld Tallinna Mustamäe Gümnaasiumist.

Töid hindasid korralduskomisjoni liikmed ja lõppvooru pääsenud tööd selgitas välja Tallinna Tehnikaülikooli asjatundjatest komisjon TTÜ Keskkonnatehnika Instituudi teaduri Ülle Leiski juhtimisel.

Valiti välja 10 tööd, mille autorid ja juhendajad said igauks kingituse Tallinna Õpetajate Majalt ja nimelise raamatu Tallinna Keskkonnaametilt. Kingitusraamatu ja TMG tänukirja said kõik võistlusel osalenud. Projekti finantseerib Keskkonnainvesteeringute Keskus.

Uurimistöde konkursi toetasid:

Keskonnaministeerium
Tallinna Keskkonnaamet
Tallinna Õpetajate Maja
Tallinna Tehnikaülikool
Kirjastus Koolibri
Kirjastus Valgus
Kirjastus Ilo
Kirjastus Varrak
Kirjastus Maalehe Raamat
KirjastusTen-Team
Teabekirjanduse OÜ
OÜ Reves Grupp
Marmiton AS

Tavakohaselt on kevaditi toimunud õppekäik, milles osalevad kõikide võistlusel osalenud koolide kaheliikmelised esindused. Õppekäik on kavas ka selle aasta maikuus.

Järgmise õppeaasta teema on „Vesi ja elu”. Lõppvoor on 25. märtsil 2010 kell 15.00 Tallinna Mustamäe Gümnaasiumis.

2009/2010. õ/a Tallinna õpilaste keskkonnakeemia uurimistöde võistlusele oodatakse töid, millel on peale paberikandjal variandi ka elektrooniline variant. Venekeelsetele töödele tuleks lisada eestikeelne tiitelleht.

2008/2009. õ/a Tallinna õpilaste keskkonnakeemia uurimistöde võistlusele esitatud töödest valiti esiletõomiseks ja ettekanneteks välja alljärgnevad tööd.

- Metsapuud kui küttematerjal.** Steven Jerkku, Maria-Helena Naarits, Jakob Westholmi Gümnaasium (juhendaja Larissa Kvašnina)
- Puidu immutamine.** Maarja Välimaa, Marilin Laud, Liis Naptal, Tallinna 21. Kool (juhendaja Ilona Lille)
- Puidu anatoomiline ehitus, tamme ja ebatsuuga vaatlus.** Marko Uiibo, Tallinna Mustamäe Gümnaasium (juhendajad Üllar Luga, Tiiu Saava)
- Puit paadiehituses.** Mihkel-Jüri Feld, Tallinna Mustamäe Gümnaasium (juhendaja Malle Solnson)
- Majavamm.** Hanna-Liis Joala, Tallinna Mustamäe Gümnaasium (juhendaja Tiiu Saava)
- Puu meie elus.** Tatjana Surkova, Anastassia Protasejeva, Tallinna 53. Keskkool (juhendaja Vladimir Ossipov)
- Makulatuur.** Marianna Jevdokimova, Jekaterina Suhhanova, Haabersti Vene Gümnaasium (juhendajad Ruslana Sergejeva, Liidia Teska)
- Saun – lõõgastav ja raviv koht (rahvatraditsioonid).** Vladislav Matvejev, Haabersti Vene Gümnaasium (juhendajad Liidia Teska, Ruslana Sergejeva)
- Paber.** Vladimir Mirkin, Tallinna Mustamäe Reaalgümnaasium (juhendaja Irina Žikina)
- Reklaam postkastis – mitu kuupmeetrit metsa?** Polina Demtsenko, Anastasija Telkova, Lasnamäe Gümnaasium (juhendaja Olga Zvereva)

Uurimistöde võistlusele esitati ka järgmised tööd.

- Puit. Puidu kasutamine uste valmistamisel.** Dmitri Rand, Evgeni Terekhov, Tallinna Õismäe Vene Lütseum (ju-

hendaja Pelageja Ozerova)

- Puit. Puidust materjalide kaitse.** Aleksandr Morjakov, Tallinna Õismäe Vene Lütseum (juhendaja Pelageja Ozerova)
- Puitmööbel.** Fred Elhi, Tallinna Mustamäe Gümnaasium (juhendaja Malle Solnson)
- Puidugraanulid.** Sander Ilves, Tallinna Mustamäe Gümnaasium (juhendaja Malle Solnson)
- Puidu taaskasutamine.** Marileen Vierland Tallinna Mustamäe Gümnaasium (juhendaja Tiiu Saava)
- Biomaja – mugavus ja lihtsus.** Maksim Kutšerov, Vjatšeslav Sements, Jekaterina Teterjatnik, Haabersti Vene Gümnaasium (juhendajad Liidia Teska, Ruslana Sergejeva)
- Puidutööstuse väliskaubandus.** Huviring „TRIZ”, Haabersti Vene Gümnaasium (juhendajad Liidia Teska, Ruslana Sergejeva)
- Puidutöötlus ja -kaitse.** Olga Dorofejeva, Svetlana Streltsova, Tallinna Mustamäe Reaalgümnaasium (juhendaja Irina Žikina)
- Eesti metsad.** Zlata Barkova, Maria Lepilina, Sofija Zahharova, Tallinna Mustamäe Reaalgümnaasium (juhendaja Irina Žikina)
- Puit kaubandusartiklina.** Emil Vinkman, Tallinna Mustamäe Gümnaasium (juhendaja Malle Solnson)
- Mets. Puit. Täispuidust pörandad.** Kerli Kaljuste, Tallinna Mustamäe Gümnaasium (juhendaja Malle Solnson)
- Seenekasvatus.** Marit Kadopa, Tallinna Mustamäe Gümnaasium (juhendaja Malle Solnson)
- Meie ehitame maja.** Sergei Kravtšenko, Lasnamäe Gümnaasium (juhendaja Olga Zvereva)
- Puidulaastud – jäätmed või tooraine?** Aljona Pronina, Viktoria Satšuk, Lasnamäe Gümnaasium (juhendaja Olga Zvereva)

Tartu Näitused messikeskuses

15. TARTU EHTUSMESS

15-th Tartu Building Fair

TÖÖRIIST 2009

6-th Tartu Tool Fair

15.–17. oktoober

INFO JA REGISTREERIMINE:

AS Tartu Näitused

Kreutzwaldi 60, 51014 Tartu
tel 742 1662, faks 742 2538
e-post: andres@tartunaitused.ee

www.tartunaitused.ee

TARTU NÄITUSED





Põrandaküte – mugavus pealaest jalatallani

Danfossi infrapuna põrandaanduriga juhtmevaba ruumitermostaat CF-RF sobib ideaalselt põrandapinna temperatuuri mõõtmiseks ja piiramiseks näiteks vannitubades või teistes kiviplaatidega või puidust põrandatega ruumides.

Infrapuna põrandaanduriga juhtmevaba ruumitermostaat

- » Mõõdab põrandapinna temperatuuri infrapuna põrandaanduriga
- » Optimaalselt komfortne põrand
- » Reguleerib toatemperatuuri vastavalt madalaimale ja kõrgeimale põrandatemperatuuri seadistustele
- » Turvaline ja usaldusväärne kahesuunaline juhtmevaba teabeedastus
- » Ajatu disain – sobib kokku mistahes miljööga

Rohkem teavet kohalikul küttesüsteemide paigaldajalt.

www.kyte.danfoss.ee



Juhtmevaba heaolu Danfossilt