

vesi • õhk • jäätmed • energia • ehitus • õiguskaitse, seadused
pumbad • torud, liitmikud • küte, ventilatsioon • automaatika

3/11
2,85 EUR

Mõõtetehnika reoveekoguste- ja taseme mõõtmiseks, andmeedastuseks ja süsteemide juhtimiseks



www.nivus.com

TULIUS!



!TULIUS

www.lokaator.ee

Lokaator OÜ, Pärnu mnt 131b-40, Tallinn, tel. 683 1904, mobiil 50 30 275, andres@lokaator.ee



Septek aeration systems - Septeki aeratisioonisüsteemid- ja lahendused



Hyxo Oy, Septek designs, builds and renovates aeration systems for industrial and municipal wastewater treatment plants.

PRODUCTS AND SERVICES

- Fine bubble disc diffusers
- Fine bubble tube diffusers
- Coarse bubble diffusers
- All systems can be designed as fixed grids on tank ground or as lift-out systems
- Jet aerators and self aspirating mechanical aerators
- Wide selection of membrane materials for all kinds of wastewater
- Wide range of spare parts
- Optimization of electricity consumption
- Aeration performance tests and testing supervision
- We can also help with blower selection and oxygen instruments
- Please ask for project references operating right now!

PLEASE CONTACT

Faris Alkhleel
Specialist, Aeration systems
tel. +358 40 757 2873
faris.alkhleel@hyxo.fi



Hyxo Oy, Septek projekteerib, ehitab ja renoveerib tööstus- ja olmereovee puhastusjaamade aeratisioonisüsteeme.

TOOTED JA TEENUSED

- Peenmullketasdifuuserid
- Peenmulltorudifuuserid
- Jämemullidifuuserid
- Võimalik on projekteerida terviklahendust mahuti põhjas komplekteeritavana või ühtse tervikuna paigaldatava süsteemina
- Jugaõhustid ja iseimavad mehaanilised aeraatorid
- Lai membraanimaterjalide valik erineva reovee jaoks
- Suur valik varuosi
- Protsessi energiakulu optimeerimine
- Aeratisioonisüsteemide kontroll, katsetused ja järelvalve
- Õhupuhurite valik läbi lahustunud hapniku kontrolli
- Küsige infot referentsprojektide kohta!

KONTAKT/KOOSTÖÖPARTNER EESTIS

Urmas Vill
tel. +372 60 66 666
urmas.vill@filter.eu



www.septek.com

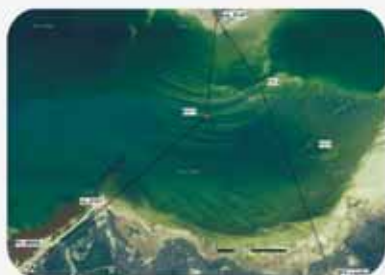
FILTER



energeetika, tööstus, mäendus



6



31



36



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)

Reklaam ja levi:

Marika Rebane, keskkonnatehnika@starline.ee
Margis Veevo, margis.veevo@starline.ee

Reklaamide kujundus:

Raul Laugen

Küljendus: Mait Tooming



- 24 Aastal 2050 saadakse meil 100% elektrist taastuvenergia-
allikast. **T. Kasonen**
- 25 Projekt Upwind – 20 MW tuulikud on teostatavad. **C. Uudam**
- 27 Bioenergia kasutamise edendamine Lõuna-Eestis: projekt
BIO-EN-AREA. **M. Kikas**
- 40 Paiksete kaudsoojusvahetite vedelad soojuskandjad. **H. Viinalass**

keskkond

- 18 Eesti Keskkonnauuringute Keskuse geotehnikalaboris uuritakse
pinnast ehitusgeoloogi, geotehniku, projekteerija ja ehitaja
tarbeks. **U. Lemberg**, Eesti Keskkonnauuringute Keskuse
reklaamartikkel
- 31 Tuumajaama võimaliku asukoha geoloogilis-geotehnilistest
uuringutest Suur-Pakril ja selle ümbruses. **K. Suuroja jt**
- 36 Sadamarajatiste mõju rannajoone arengule lääne pool Toila
sadamat. **A. Kask, J. Kask**
- 38 Karbonaatsete kivimite füüsikalisi-mehaanilisi näitajaid oleks
vaja ühtlustada. **M. Aigro, V. Jürgenson**
- 41 Helle Perensi personaalnäitus „Paerännak“ Harju muuseumis.
R. Einasto, M. Koldits
- 42 Vaadates kivi sisse. Pilguheit paesse: Trepp-kalk (kiht 36)
Lasnamäe ehituspaestus. **R. Einasto, J.-L. Justi**
- 44 Keskkonnakultuurist kultuurikeskkonnas. Ökosotsiaalse
(loodus- ja inimsõbraliku) kaevandamise võimalustest
Jõelähtme piirkonnas. **R. Einasto, M. Kalmu**

seadused

- 29 Euroopa Liidu kiirgus- ja tuumaohutusalane õigusloome ja
selle mõju Eestile. **E. Pesur**

vesi

- 6 Püsiva veetasemega annuspuhasti (CWSBR). Uus lahendus Eesti
reoveepuhastuses. **A. Dederichs, Dr. T. Koeckritz**
- 8 Uudne tehnoloogia fosfori kõrvaldamiseks reoveest põlevkivi-
tuhasette abil. **M. Kõiv, Ü. Mander, K. Kirsimäe**
- 12 Veekeskkonna kaitse Eestis – ohtlikud ained (I osa). **O. Roots**
- 20 LIFEi projekt BaltActHaz. **O. Roots**
- 21 Kui kaugel karjäärast võivad kaevud kuivada? **E. Reinsalu**
- 47 Summary

OÜ KESKKONNAEKSPERT
**PUURKAEVUDE JA
MAASOOJUSAUKUDE**

- projekteerimine
- puurimine
- hooldus

www.veeleidja.eu



VEELEIDJA

OÜ KESKKONNAEKSPERT

tel 522 3843, tel/faks 737 4981

info@veeleidja.eu

www.veeleidja.eu

Põhjaveeuuringute litsents nr 295

KAESER
KOMPRESSORID

www.kaeser.ee

**Rohkem suruõhku
vähema energiakuluga ...**

... ülemaailmselt tunnustatud SIGMA PROFILE'ga



KAESER KOMPRESSORID

Kesk tee 23, Jüri Tehnopark, Aaviku, 75301 Rae vald, Harjumaa • Estonia
Tel. +372 606 4290 • Faks +372 606 4297 • E-post: info.estonia@kaeser.com

Kaeser'i lai ja kõrgevaliteediline
tooteprogramm sisaldab:

- Kruvikompressorid
- Kolbkompressorid
- Teisaldatavad diiselkompressorid
- Juhtimiskeskused
- Rootor-puhurid
- Vaakumpumbad
- Suruõhu kuivatid ja filtrid
- Suruõhu käsitööriistad

ALATES JUULIST MUUTUB KESKKONNATASUDE ARVESTAMINE

Keskkonnatasude seaduse ja maksukorralduse seaduse muutmise seadus jõustus 1. aprillil. Keskkonnatasu maksva isiku jaoks toimub sisuline muudatus juulikuus, kui ettevõtte peab deklareerima oma II kvartali keskkonnakasutuse mahtu. Seadusemuudatuse tõttu muutub keskkonnatasu arvutuste esitamine, suureneb seda tasu maksjate vastutus ning tasude haldamisse kaasatakse peale Keskkonnaameti ka Maksu- ja Tolliamet.

Muudatuse kohaselt maksab isik keskkonnatasu enda deklareeritud andmete alusel ning võrreldes varasemaga ei väljasta Keskkonnaamet enam tasu maksmise alusena makseteist – nii keskkonnatasu arvutamine kui ka deklareerimine on keskkonnaloa omaja kohustus.

Alates juulist saadetakse keskkonnatasu deklaratsioon hiljemalt aruandekvartalile järgneva kuu 25. kuupäevaks Keskkonnaametisse. Tasumisele kuuluva summa kannab keskkonnaloa omaja Maksu- ja Tolliameti ettemaksukontole. Keskkonnatasude arvestust hakatakse pidama samadel põhimõtetel nagu teiste riiklike maksude puhul.

Seadusemuudatus puudutab saastetasude, vee erikasutusõiguse ja maavara kaevandamisõiguse tasu maksmise korraldust ning ei hõlma kalapüügiõiguse ja jahipiirkonna kasutusõiguse tasu maksmist.

Ümberkorraldusega ei muudeta varem kehtestatud tasumäärasid ning keskkonnatasu maksjatele täiendavaid kulutusi ei tekitata. Ka tasu arvutamise alused ei muutu ning alusandmete kogumise põhimõtted jäävad samaks. Edaspidi muutub keskkonnatasu deklareerimine ettevõtetele mugavamaks, sest Keskkonnaametis valmib kliendile suunatud e-keskkond ja esimese teenusena pakutakse võimalust keskkonnatasu deklaratsiooni esitamiseks. Teavet e-teenuste portaali ja selle kasutustingimuste kohta ning sellekohased juhendid leiab Keskkonnaameti kodulehelt alates maikuust. Keskkonnatasude seaduse ja maksukorralduse seaduse muutmise seaduse leiab Riigi Teatajast <https://www.riigiteataja.ee/akt/114032011038>

Allikas: Keskkonnaamet

Veaparandus

Ajakirjas Keskkonnatehnika 2/2011 (lk 5) avaldatud uudistepähe "Sweco Projekt teeb Rakke lubjatehase rekonstrueerimisprojekti" on tekstis toimetuse süül viga. Rakke lubjatehase kahe lubjaahju ja täidismaterjali liini rekonstrueerimisprojekti ei investeeri mitte projekteerimisfirma Sweco Projekt (8,1 miljonit eurot), vaid tehase omanik Nordkalk.

Keskkonnatehnika toimetis vabandab vea pärast.

ABB GROUP INVESTEERIS PÄIKESEENERGIA-ETTEVÕTTESSE



ABB Group jõudis märtsis kokkuleppele Saksamaal Karlsruhe asuva päikeseenergia valdkonnas tegutseva firma Novatec Solar (varem Novatec Biosol) 35% aktsiate ostmiseks. Investee-

ringud hõlmavad eesõigust 100% osaluse omandamiseks Novatec Solaris ja kokkulepet koostöö tegemiseks tulevikus päikeseelektrijaamade projekteerimisel.

Novatec Solar on juhtiv Linear Fresnel CSP-tehnoloogia (päikeseenergia kontsentreerimiseks auru tootmiseks ettenähtud vastuvõtuseadmetel kasutatakse lineaarseid Fresneli peegleid) tarnija. Auru tootmine päikeseenergia abil vähendab vajadust fossiilkütuste järele elektrienergia saamiseks olemasolevates või rajatavates elektrijaamades, aga ka töötlevas tööstuses ja muude soojusenergiat vajavate tööstuslike rakenduste puhul.

Allikas: ABB AS

Eesti Geoloogiakeskus
Geological Survey of Estonia

- geoloogilised uurimistööd
- kaardistamine
- maavarade uuringud
- keskkonnaseire
- põhjavee uuringud
- mere ja ranniku uurimine
- keskkonnamõju hindamine
- eksperthinnangud
- laboriteenused

Kadaka tee 82, 12618 Tallinn
Tel 672 0094, Faks 672 0091
e-post: egk@egk.ee

Tartu regionaalosakond
Rõõmu tee 1, 51013 Tartu
Tel 733 9004

www.egk.ee

PÜSIVA VEETASEMEGA ANNUSPUHASTI (CWSBR)

Uus lahendus Eesti reoveepuhastuses

AXEL DEDERICHS, Dr. TIM KOECKRITZ

G.A.A. Ges. für Abwasser- und Abfalltechnik mbH

MOODNE annuspuhastustehnoloogia on Balti- ja muudes maades laialt levimas. See kogu maailmas tunnustamist leidnud tõhus reoveepuhastusviis on toimekindlam kui nt pideva läbi-vooluga puhastites ning saab juurde-vooluhulga suure kõikumise puhul neist paremini hakkama. Biotiikides ei osatud aga annuspuhastust rakendada seni, kuni hansalinnade Lübecki ja Hamburgi lähedal paiknev GAA mbH töötas välja püsiva veetasemega annuspuhasti (CWSBR – *Constant Waterlevel Sequential Batch Reactor*).

Varem ei olnud tõhusad reoveepuhastid väikeste linnadele ega muudele asulatele jõukohased ning kõrget puhastusastet suudeti saavutada vaid suurtes, oskuspõhjaliga puhastites. Kuigi annuspuhastust tunti juba 20. sajandi algul, võimaldas alles programmjuhtimine muuta selle püsiläbi-vooluga puhastite suhtes konkurentsivõimeliseks. Maapiirkondades jätkus aga reovee puhastamine lihtsates biotiikides, mille tõhususest ei piisanud

karmistuvate keskkonnanõuete rahuldamiseks, mistõttu loobuti uute biotiikide rajamisest. CWSBR-tehnoloogia võimaldab seda suhtumist nüüd muuta.

PÜSIVA VEETASEMEGA ANNUSPUHASTI

Püsiva veetasemega annuspuhastuse tehnoloogia ja selle eelised on samad, mis tavalise annuspuhastuse korral. Biotiikides sai see programmjuhitav protsess võimalikuks seoses moodsate sünteesmaterjalide ja geotekstiilide loomisele. Püsiva veetasemega annuspuhastites on standardse maapealse annuspuhasti positiivsed omadused kokku saanud tavapärase biotiigi rajamisodavusega.

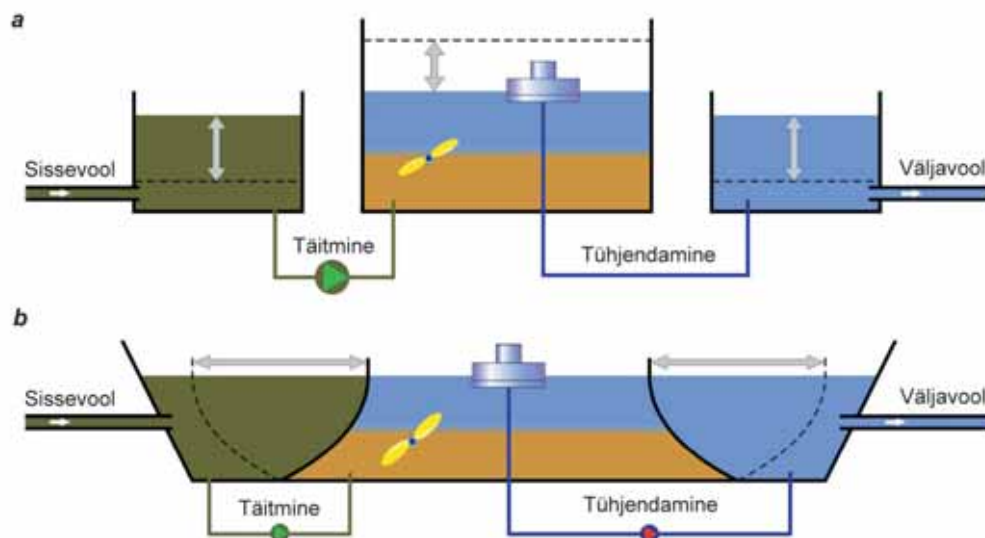
Et veetase tava-annuspuhastites perioodiliselt muutub, koosnevad nad suurt hulka reovett mahutavatest betoon- või muust materjalist mahutitest. Selleks et asendada betoonmahu maasse kaevatud tiigiga, on vaja

veetaseme kõikumisest lahti saada. Püsiva veetasemega annuspuhastustiigid varustatakse põhja kinnitatud „kardinatega“. Ülaservas olevad ujukid hoiavad kardinaid püsti nõnda, et nad jagavad tiigi kui reaktori eri osadeks, mille maht muutub rõht-, mitte püstsuunas (joonis 1).

Reovesi pumbatakse ühest tiigisektsioonist teise ning kardinaid järgivad mahumuutust, liikudes kord ühele, kord teisele poole. Et vesi on mõlemal pool kardinaid samal tasemel, siis mingit koormust ta neile ei avalda ning et vee sügavus on alati ühesugune, ei ole probleeme ka tiigi põhja voodrile mõjuda võiva üleslükkejõu ega tiiginõlvade püsivusega. Püsiva veetasemega annuspuhasti arendamine ei olnud lihtne ülesanne, ent GAA 20-aastane kogemus annuspuhastite alal lubas luua odava reoveepuhasti, mis paistab silma ka suure lämmastiku- ja fosforiärastusvõimega. Püsiva veetasemega annuspuhasti vastab viimastele Saksamaa ja Euroopa reoveepuhastusstandarditele (ATV-standarditele) ning see lubab neid kasutada igal pool maailmas. CWSBR-puhastustsüklit on võimalik jälgida Internetiaadressil www.g-a-a.de.

ARENDUSTÖÖ JA EHITATUD PUHASTID

Saksamaal ehitati esimene CWSBR-puhasti aastal 2000, kohandades selleks olemasoleva biotiigisüsteemi. GAA kümne aasta kogemusi biotiikide ümberseadistamisel võib kokku võtta järgmiselt: tiikides kulgeb täielik annuspuhastusprotsess, kaasa arvatud nitrifikatsioon, denitrifi-



Joonis 1. Veemahtude muutumine tava- (a) ja püsiva veetasemega (b) annuspuhastis

Tabel 1. PUHAUSTUSTULEMUSED, SH LÄMMASTIKUÄRASTUS PÜSIVA VEETASEMEGA ANNUSPUHASTIS

	Sissevooluvesi mg/l				Väljavooluvesi mg/l			
	KHT	BHT	NH ₄ -N	NO ₃ -N	KHT	BHT	NH ₄ -N	NO ₃ -N
6. august	240	128	39,1	2,1	19,6	4	1,3	2,2
13. august	398	363	32,1	2,5	21,0	6	1,3	2,8
20. august	344	122	32,0	2,6	14,9	4	0,6	4,6
26. august	105	52	11,2	1,7	20,8	11	0,9	3,1

katsioon, bioloogiline fosforiärastus ja sette täielik stabiliseerimine. Nagu tava-annuspuhastitelgi, ei ole CWSBR-puhasti suurus millegagi piiratud. Praegu on juba projekteeritud ja ehitatud uusi püsiva veetasemega annuspuhastusteid koormusele 800 kuni 210 000 ie (joonis 2). Ümberseadistatud ja laiendatud on olemasolevaid biotiike koormusega kuni 5 000 ie.

SUUR TÖÖKINDLUS
NING VÄIKESED
EHITUS- JA
KÄITUSKULUD

CWSBR-puhasti ehitamiseks on kulunud keskmiselt kolm kuud. Biotiikide ümberseadistamisel saab olemasolevaid ehitisi ja rajatisi kasutada seadmete paigutamiseks. CWSBR-seadme kasuks räägib investeeringute väiksus, annuspuhasprotsessi täiuslikkus ning see et kulud on alla poole väiksemad kui maapealse annuspuhasti puhul. Eeliseid on muidki: käituslihtsus, väike energiatarve tänu GAA õhustustehnoloogiatõhususele ning väiksemad pumpamiskulud veeringlusele (et veetase ei muutu, peavad pumbad tekitama vaid hõõrdetakistuse ületamiseks vajalikku survet, staatiline tõstekõrgus puudub). Tava-annuspuhastiga võrreldes kulub vähem aega aktiivmuda sadestumisele ja reaktsioonisektsiooni tühjenemisele. Klassikalise annuspuhastuse korral on reaktsioonikambris homogeenne reovee ja aktiivmuda segu. Pärast õhustuse katkestamist setib aktiivmuda põhja ning pinnale tekib selginud vee kiht, mis lastakse välja sette alanevat taset jälgiva



Joonis 2. CWSBR on täistehnoloogilise annuspuhasti tiigivariant, mis rahuldab reovee kõrgeid puhastusnõudeid isegi -30 °C juures Sise-Mongoolias

ujukülevoolu kaudu seni, kuni vee ja aktiivmuda piir on reaktoris vajunud ettenähtud miinimumtasemeni. CWSBR-puhastis voolab selginud vesi reaktsioonisektsioonist välja ilma et veetaset oleks vaja alandada. See tähendab, et ülevool on selginud vee ja settinud aktiivmuda piirist kaugel ning väljavooluvesi jääb selgeks ka suure äravoolukiiruse korral. CWSBR-puhastid rahuldavad hästi Saksamaal kehtivaid nõudeid lämmastikuärastuse kohta. Aktiivmuda stabiilne mikrobioloogiline koostis võimaldab lämmastikku tõhusalt ärastada isegi siis, kui juurdevooluvee BHT on madal (tabel 1). Tänapäeval on suurimad (kuni 210 000 ie) CWSBR-puhastid ehitatud Hiinas. Need maailma suurimad annuspuhastid on leidnud tee maapiirkondadest suurte linnade reovett käitlema. Et selliseid puhasteid ehitati just Hiinas, seletub sellega, et tiigimajandusel on

seal pikk ajalugu. Hiljaaegu telliti ja on praegu koostamisel projekt CWSBR-le koormusega 130 000 ie. Suurte puhastite heitvee kvaliteet on olnud niisama hea kui väikestel.

KOKKUVÕTTEKS

CWSBR-puhasti on esimene valik, kui on vaja väikeste kuludega ehitada uut reoveepuhasti või ümber seadistada olemasolevaid biotiike, nii et puhastus oleks niisama tõhus kui suures annuspuhastis. Kümneaastased kogemused on näidanud, et see odav lahendus rahuldab kõiki moodsale reoveepuhastile seatavaid nõudeid. Maailmas rajatud püsiva veetasemega annuspuhastid, mille koormus on 800 kuni 210 000 ie, on osutunud sobivaks olmereovee puhastamiseks nii maal kui ka linnas. Nad on olnud töökindlad ning suutnud reovee nõuetekohaselt vabastada kõigist võõristest.

A.M.

UUDNE TEHNOLOOGIA FOSFORI KÕRVALDAMISEKS REOVEEST PÕLEVKIVITUHASETTE ABIL

MARGIT KÕIV^{1,3,4}, ÜLO MANDER¹, KALLE KIRSIMÄE²

FOSFOR on üks tähtsaimaid toiteelemente, mille puudumine pärsib taimede kasvu. Samas on fosfor ka oluline biogeen, mille liig keskkonnas põhjustab veekogude eutrofeerumist [1]. Puhta jõevee fosforisisaldus on tavaliselt alla 0,05 mg P/l ning reostatuks soovitatakse seda lugeda siis, kui fosforit on üle 0,10 mg/l. Üleliigne fosfor pärineb enamasti inimtekkelistest allikatest, nt olme- ja tööstusreoveest, prügilatest ning põllumajandusest, seetõttu on looduslike süsteemide ökoloogilise tasakaalu säilitamiseks ülioluline üleliigse fosfori kõrvaldamine.

Suurem osa Eesti umbes tuhandest olmereoveepuhastist on tavapärased väike-biopuhastid, mis taimetoitaineid, eriti fosforit, piisavalt ei ärasta. See on nii ka mitmel pool mujal maailmas. Eestis on olmereoveepuhastitest loodusesse juhitava vee P-sisalduse piirväärtuseks kehtestatud 1,0 ning prügilanõrgvee korral 2,0 mg P/l [2]. Enamik väikesi olmereovee- ning ka prügilanõrgvee puhasteid on võimelised ärastama ainult ~30 % fosforist. Suurte asulate ja tööstusettevõtete puhastites kõrvaldatakse üleliigne fosfor reoveest kallite kemikaalide abil, mille kasutamine väikepuhastites ei ole ökoloogilisest ega tehnilisest vaatevinklist otstarbekas.

Üha enam kasvab vajadus väheenergiat kulutavate, ökonoomsete, ökoloogiliste ja vähest hooldust nõudvate reoveepuhastite järele. Väiksemate reostusallikate korral on soovitatav kasutada looduslähedasi, keskkonna-

sõbralikke ja ökonoomsemaid tehismärgalasid ja pinnasfiltreid [3]. Neid puhastussüsteeme liigitatakse kõige sagedamini vee voolusuuna või vaba veepeegli järgi vertikaal- ehk püst- ja horisontaal- ehk rõhtvoolseteks tehismärgaladeks ja pinnasfiltriteks ning vabavee- e avaveesüsteemideks [4]. Eesti kliimas on avaveesüsteeme talvel raske kasutada, seetõttu eelistatakse hübriidsüsteeme, mis koosnevad kas rõht- või püstvoolsest tehismärgalast (taimestikpuhastist) ja/või pinnasfiltrist.

Ka üldiselt väikeste käituskuludega ning orgaanilise aine ja lämmastiku ärastuse poolest tõhusates tehismärgala-puhastites on fosforit raske siduda, sest enamasti sadestatakse fosfor filtermaterjalis raua-, magneesiumi-, alumiiniumi- või kaltsiumiioonidega. Tehismärgalades on seni püütud fosforit kinni pidada filtermaterjalis – liivas, kruusas või killustikus, mille veejuhtivus on hea ning milles orgaaniline aine ja lämmastik nõuetekohaselt ärastatakse, fosfor aga mitte.

Fosfori tõhusaks kõrvaldamiseks tehismärgala-puhastites on seega oluline leida sobiv filtermaterjal. Muijal maailmas kasutatakse fosfori ärastamiseks kaltsiumirikkaid tööstusjääke (nt rauaräbu), tehise (nt kergkruus) või looduslikke materjale [5]. Hea fosforisidumisvõimega Ca-rikkad materjalid muudavad aga enamasti vee aluseliseks (pH 10–13) ning seetõttu ei saa neid tehismärgalas kasutada kompleksseks orgaanilise aine lagundamiseks ja lämmastiku kõrval-

damiseks. Fosfor on soovitatav reoveest ärastada puhastuse lõppetapis – pinnasfiltris.

Otsides võimalusi fosfori tõhusaks ärastamiseks reoveest on Tartu Ülikooli ökoloogia ja maateaduste instituudi geoloogia ja geograafia osakonnas viimase kümne aasta jooksul fosforisidumisvõime suhtes põhjalikult uuritud mitmesuguseid kohalikke materjale [6]. Esialgsetes laborikatses saadi kõige paremaid tulemusi kaltsiumirikka põlevkivituhasetega e hüdratiseerunud põlevkivituhaga, mille fosfaatse fosfori ärastusvõime ulatus 99,9 protsendini ning maksimumne sidumisvõime kuni 65 mg P/g [7, 8]. Põlevkivi põletamise algusest peale on Eesti soojuselektrijaamade tuhalademettesse, nn tuhaplatoole kuhjunud juba ligikaudu 300 miljonit tonni hüdratiseerunud tuhka, millele ei ole seniajani leitud mingit kasulikku rakendust.

Eesti põlevkivi (tuhasus 45–50 %) põletamisel tekkiva tuha lubja- (CaO) ja muude kaltsiumi sisaldavate mineraalide sisaldus on suur, mistõttu tuhasete vee ja atmosfäärse süsihappegaasiga reageerides kivistub (joonis 1). Filtermaterjalina kasutamiseks peab platoolt kaevandatud tuhasette purustama ja sõeluma (soovitatav fraktsioon 5–20 mm), et peentuhk filtrit ei ummistaks.

Fosforiärastuse seisukohast on olulised tuhamassi hüdratiseerumisel ja tsementeerumisel moodustunud reaktiivsed Ca-mineraalid – ettringiit $\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12} \cdot 26\text{H}_2\text{O}$, portlan-

¹ Tartu Ülikool, Ökoloogia ja Maateaduste Instituut, geograafia osakond

² Tartu Ülikool, Ökoloogia ja Maateaduste Instituut, geoloogia osakond

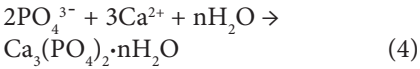
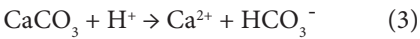
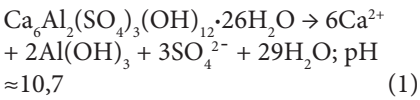
³ Ecole Polytechnique of Montreal, Department of Civil, Geological and Mining Engineering

⁴ University of Montreal, Plant Biology Research Institute



Joonis 1. Põlevkivituhasete: a platool ja b mitmes katses kasutatud 5–20 mm jämedune filtermaterjal

diit $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ja kaltsiit CaCO_3 (tabel 1; võrrandid 1–3), mille aeglasel lahustumisel vabanevad Ca -ioonid seovad reovees leiduva fosfori [8, 9]. Selle, nn aktiivse filtratsiooni käigus sadeneb fosfaat rasklahustuvate Ca -fosfaatsete vormidena, millest tähtsaim on kaltsiumfosfaat $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (võrrand 4):

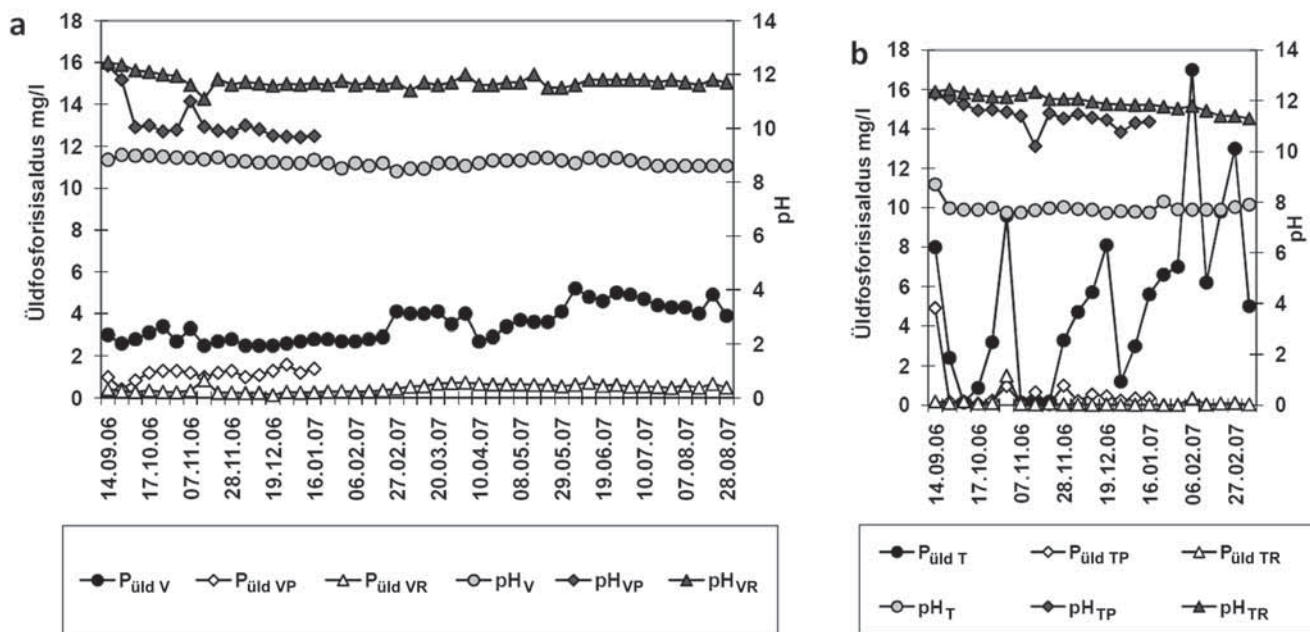


Joonis 2. Prügilanõrgvee järelpuhastuskatse aastatel 2006–2007: tagaplaanil püst- ning ees vasakul rõhtvoolufiltrid

Tabel 1. PÕLEVKIVITUHASETTE KESKMINE KEEMILINE JA MINERAALNE KOOSTIS [8, 9]

Keemiline koostis		Mineraalne koostis (wt %)	
SiO_2	25,96	Kvarts	9,6
Al_2O_3	6,25	Ortoklass	6,9
Fe_2O_3	3,56	Savimineraalid	3,1
MgO	3,42	Ca/Mg -silikaadid	16,6
CaO	29,22	Periklass	2,1
Na_2O	0,11	Meliliit	5,3
K_2O	2,97	Kaltsiit/vateriit	28
TiO_2	0,36	Portlandiit	6,8
P_2O_5	0,13	Ettringiit	15,2
MnO	0,04	Hüdrokalumiit	4,1
Tuhasus	27,98	Kips	2,3

Laborikatsetulemuste kinnitamiseks korraldati tuhasetega mitu pilootkatset fosfori sidumiseks eelpuhastatud olmereoveest [6, 10] ja prügilanõrgveest [11]. Selgus, et tõhusus on kõige suurem, kui tuhasettefilter on veega küllastunud (soodsaim on seega rõhtvoolufilter) ning reovee viibeag optimaalne (selle katse puhul viis ööpäeva). Aastatel 2006–2007 korraldati Ettevõtluse Arendamise Sihtasutuse (EAS) finantseeritava projekti „Põlevkivitööstuse jäätmaterjalide perspektiivne kasutamine fosfori sidumiseks reoveest“ (vastutav juht prof Kalle Kirsimäe) raames katseid suuremõõ-



Joonis 3. a – Vätsa prügila biopuhastatud nõrgvee üldfosforisisaldus enne ($P_{\text{üld V}}$ ja pH_V) ja pärast fosforiärastust püstvoolse tuhasettefiltris ($P_{\text{üld VP}}$ ja pH_{VP}) ning sellele järgnevas rõhtvoolse tuhasettefiltris ($P_{\text{üld VR}}$ ja pH_{VR});

b – samad näitajad Tapa biopuhastatud olmereovee kohta (vastavalt $P_{\text{üld T}}$ ja pH_T , $P_{\text{üld TP}}$ ja pH_{TP} ning $P_{\text{üld TR}}$ ja pH_{TR}) [12]

meliste rõht- (maht 1,24 m³) ja püstvoolsete (maht 0,86 m³) tuhasettefiltritega (joonis 2).

Projekti eesmärk oli kindlaks teha hüdratiseerunud põlevkivituhale või me ärastada fosforit prügila nõrgveepuhastis (katse Vätsa prügila, kestus üks aasta) ning tavapärase olmereoveepuhastis (katse Tapa veepuhasti juures, kestus kuus kuud) bioloogiliselt puhastatud veest. Hüdratisee-

runud tuha fosforisisaldustõhusus oli suur mõlemas katses (joonis 3) – rõhtvoolufiltrites üle 90 % (viibeaeg 5–7 päeva, koormus 0,05 m³/(m²·d); PO₄-P-sisaldus vähenes keskmiselt 98–99 %) ja püstvoolufiltrites üle 50 % (väiksema tõhususe põhjustas arvata- vasti lühike viibeaeg). Stabiilne ja suur tõhusus ei olenenud reovee päritolust ega reostusastmest (joonis 3).

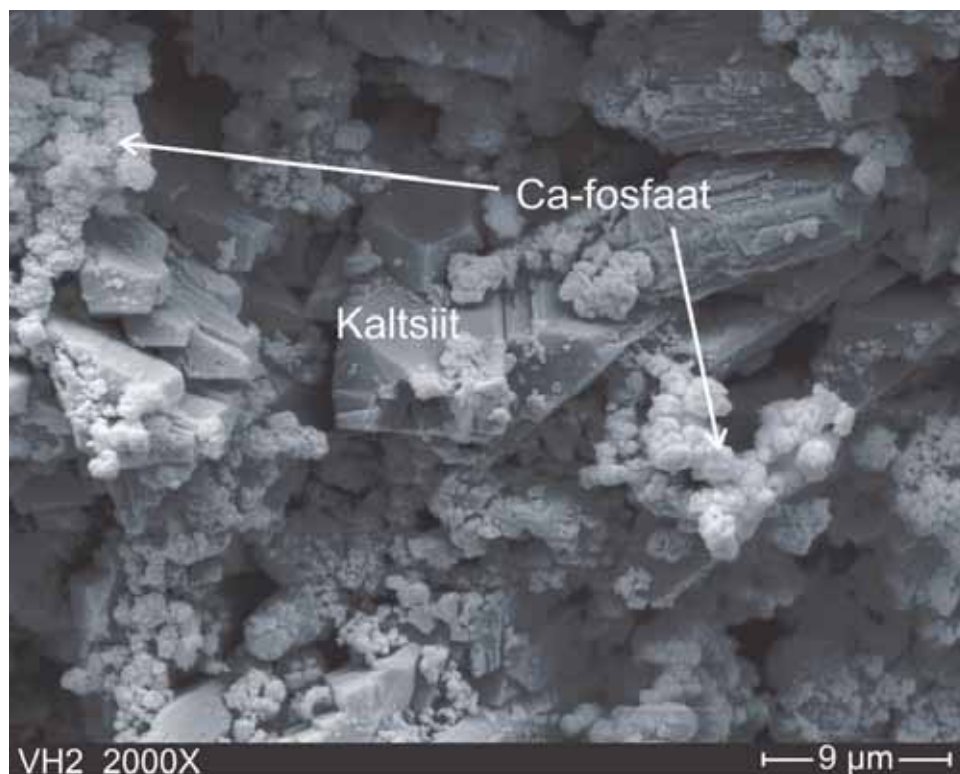
Veeanalüüside tulemusi kinnitas

ka filtermaterjalide keemilise koostise muutumine: tuhasse akumulatsioon keskmiselt 100–180 mg P/kg ning selle P-sidumisvõime aastase katse kestel ei vähenenud [12]. Kinnitust leidis ka fosfori keemiline sadestumine tuha- filtrisse kaltsiumfosfaadina (joonis 4), nii nagu see toimus eelnenud labori- katsetes [8, 9].

Uue puhastussüsteemi ainsaks probleemiks võib pidada hüdratisee- runud põlevkivituhast filtris puhastatud vee lubatust (6–9) kõrgemat pH-d (10–12), vt joonist 3. Selle probleemi lahendamiseks prooviti tuha- filtrist tulevat aluselist vett järelpuhastada mineraliseeru- nud turbast filtris. Tulemus oli hea – vee pH alanes lubatud tasemeni (< 9) [9]. Minerali- seerunud turbast on koos tuha- settega edukalt katsetatud ka mitmes TÜ-s sooritatud prügilanõrgvee ja olmereovee järelpuhastusele pühendatud uuringus [13, 14, 15]).

KOKKUVÕTE

Tehtud uuringute tulemuste põhjal saab järeldada, et fosfori keemiline sadestamine hüdratiseerunud põlevkivituhale ning muude samasuguste omadustega Ca-rikaste materjalidega (nt metallurgilised räbid, kivisöetuhk, purusta-



Joonis 4. Skaneeriva elektronmikroskoobiga tehtud foto Vätsa prügila rõhtvoolufiltri hüdratiseerunud põlevkivituhale moodustunud kaltsiumfosfaadist [12]

tud gaasbetooni ja Filtralite®-P-tüüpi kergkruusad), milles kaltsium on materjalis CaO-na (lubjana) ja/või Ca-silikaatidena, on tõhus ja odav meetod eri tüüpi ja reostusastmega reovee puhastamiseks [5]. Kõige tõhusama fosforiärastuse ja parima heitvee kvaliteeti tagaks puhastussüsteem, kus veega küllastunud rõhtvoolse põlevkivituhasestest filtrile järgneb perioodiliselt koormatav mineraliseerunud turbaga täidetud püstvoolufilter, mis tagab puhastatud vee pH vastavuse heitveenormidele.

Senitehtud katsed on kestnud kuni aasta ning pilootpuhastite maht oli vaid kuni kuupmeeter. Selleks et lõplikult veenduda põlevkivituhasette fosforisidumisvõimes tuleb uudne filtersüsteem proovile panna ka pikema aja jooksul ning täissuuruses prügila-nõrgvee- või olmereoveepuhastis.

Viidatud allikad

1. Schindler, D.W. Carbon, nitrogen, and phosphorus and the eutrophication of freshwater lakes. *Journal of Phycol-ogy* 7 (4), 1971. 321–329.
2. Heitvee veekogusse või pinnasesse juhtimise kord. Vabariigi Valitsuse 31. juuli 2001. a määrus nr. 269. RT I 2001, 69, 424.
3. Kadlec, R.H. and Wallace, S.D. Treatment Wetlands, 2nd Edition, CRC Press, Boca Raton, U.S.A, 2008. 952 pp.
4. Vymazal, J., Brix, H., Cooper, P.F., Haberl, R., Perfler, R., Laber, J., Removal mechanisms and types of constructed wetlands. In: Vymazal, J., (Ed.),

Constructed Wetlands for Wastewater Treatment in Europe. Backhuys Publishers: Leiden, 1998. 17–66.

5. Vohla, C., Kõiv, M., Bavor, H.J., Chazarenc, F., Mander, Ü. Filter materials for phosphorus removal from wastewater in treatment wetlands – a review. *Ecological Engineering*, 37(1), 2011. 70–89.
6. Vohla, C.. Phosphorus removal by various filter materials in subsurface flow constructed wetlands (Fosfori sidumine pinnasfiltersüsteemides erinevate filtermaterjalide abil) Doktoritöö keskkonnatehnoloogia erialal, Tartu Ülikool, 2008.
7. Vohla, C., Pöldvere, E., Noorvee, A., Kuusemets, V., Mander, Ü. Alternative filter media for phosphorous removal in a horizontal subsurface flow constructed wetland. *Journal of Environmental Science and Health. Part A-Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering*, 40(6-7), 2005. 1251–1264.
8. Kaasik, A., Vohla, C., Mõtlet, R., Mander, Ü., Kirsimäe, K. Hydrated calcareous oil-shale ash as potential filter media for phosphorus removal in constructed wetlands. *Water Research*, 42, 2008. 1315–1323.
9. Liira, M., Kõiv, M., Mander, Ü., Mõtlet, R., Vohla, C., Kirsimäe, K. Active filtration of phosphorus on Ca-rich hydrated oil shale ash: does longer retention time improve the process? *Environmental Science and Technology*, 43(10), 2009. 3809–3814.
10. Vohla, C., Alas, R., Nurk, K., Baatz, S., Mander, Ü. Dynamics of phospho-

rus, nitrogen and carbon removal in a horizontal subsurface flow constructed wetland. *Science of the Total Environment*, 380(1–3), 2007. 66–74.

11. Kõiv M., Kriipsalu, M., Vohla, C., Mander, Ü. Hydrated oil shale ash and mineralized peat as alternative filter materials for landfill leachate treatment in vertical flow constructed wetlands. *Fresenius Environmental Bulletin*, 18(2), 2009. 189–195.
12. Kõiv, M., Mõtlet, R., Liira, M., Vohla, C., Mander, Ü., Kirsimäe, K. Phosphorus removal with Ca-rich hydrated oil-shale ash as a filter material - effect of different wastewater compositions. *Water Research*, 44(18), 2010. 5232–5239.
13. Kõiv, M., Kriipsalu, M., Mander, Ü. After treatment of landfill leachate in peat filters. In: Martin-Duque, J.F., Brebbia, C.A., Emmanouloudis, D., Mander, Ü. (Eds.), *Geo-Environment and Landscape Evolution II*. WIT Press: Southampton, Boston, 2006. 93–103.
14. Kõiv, M., Vohla, C., Mõtlet, R., Liira, M., Kirsimäe, K and Mander, Ü. The performance of peat-filled subsurface flow filters treating landfill leachate and municipal wastewater. *Ecological Engineering*, 35(2), 2009. 204–212.
15. Kõiv, M. Treatment of landfill leachate and municipal wastewater in subsurface flow filters using mineralized peat and hydrated oil shale ash (Prügila nõrgvee ja olmereovee puhastamine pinnasfiltrites mineraliseerunud turba ja hüdratiseerunud põlevkivituha abil). Doktoritöö keskkonnatehnoloogia erialal, Tartu Ülikool, 2010.



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

www.veetehnoloogia.ee

VEEKESKKONNA KAITSE EESTIS – OHTLIKUD AINED (I OSA)

OTT ROOTS

Keemiakandidaat, Eesti Keskkonnauuringute Instituut (Eesti Keskkonnauuringute Keskuse OÜ koosseisus)

MAAILMAS toodeti 1990ndate aastate keskel 400 miljonit tonni kemikaale aastas. Suurim tootja (38 %) oli Euroopa ning seal olid esimeste hulgas Saksamaa – 26 %, Prantsusmaa ja Inglismaa – 19 % ning Itaalia – 12 %.

Euroopa Liit hakkas 1990ndate alguses hindama 100 000 olemasoleva ja 2000 nn uue kemikaali ohtlikkust, kui nende toodang ületas 1000 tonni aastas. Raha ja inimjõu vähesuse tõttu suudetakse aastas anda hinnang vaid 20–30 kemikaalile [1].

Eestis alustati ohtlike ainete, raskmetallide [2] ja püsivate kloororgaaniliste saasteainete (POS) [3] süstemaatilist seiret Läänemeres 1970ndate aastate keskel. Seirati merevee, planktoni, kalade, põhjaloomade ja -taimede POS- ja raskmetallisisaldust. Saadud tulemuste põhjal hinnati nende elementide ja ühendite põhjustatud riski Eesti elanikkonnale [4, 5].

Eesti riiklikku keskkonnaseireprogrammi (ERKP) hakati Keskkonnaministeeriumis välja töötama 1993. aastal ning esimest korda finantseeriti seda riigieelarvest 1994. aastal [6].

VEEPOLIITIKA RAAMDIREKTIIV

Veepoliitika raamdirektiiv (VRD, Eu-

roopa Parlamendi ja nõukogu 23. oktoobri 2000. aasta direktiiv 2000/60/EÜ) kehtestas ühenduse veepoliitikaalase tegevusraamistiku ja õiguslikud alused puhta vee kaitsmiseks ja taastamiseks kogu Euroopas. Direktiiv sätestab küll ühtse lähenemisviisi vee kvaliteedi hindamisele kõikides liikmesriikides, ent ettekirjutusi kasutatavate meetmete kohta ei sisalda. Liikmesriigid valivad ise parima meetodi, arvestades kohalikke tingimusi ja riigisiseseid tavasid. Kehtestati uuenduslik lähenemine veemajandusele, mis põhineb vesikondadel, s.o looduslikel, geograafilistel ja hüdroloogilistel üksustel, ning nähakse liikmesriikidele ette konkreetsed tähtjad veeökosüsteemide kaitseks. Vee raamdirektiivi on tänaseks täiendatud direktiividega 2006/11/EÜ ja 2008/105/EÜ, mis kehtestavad piirangud veekeskonda lastavate ohtlike ainete põhjustatud saaste kohta ning ka keskkonnakvaliteedi standardid prioriteetsete ainete suhtes. Veepoliitika valdkonna prioriteetsete ainete nimistu kehtestati Euroopa Parlamendi ja nõukogu 20. novembri 2001. aasta otsuses 2455/2001/EÜ. Kolmekümne kolmest prioriteetsest kemikaalist on kolmteist nende püsivuse, bioakumuleeruvuse

ja toksilisuse tõttu määratletud prioriteetseks ohtlikeks aineteks. Euroopa Komisjon vaatab nimistu üle iga nelja aasta tagant, et võimaldada probleemsete ainete lisamist. Enamik VRD-i ohtlikke aineisse puutuvast nõudeist on viidud Eesti õigusaktidesse. Veepoliitika raamdirektiiv seab lõppeesmärgiks veekeskonna tugevdatud kaitse ja parandamise, muu hulgas erimeetmed prioriteetsete ainete vettejutimise, heite ja kao järkjärguliseks vähendamiseks ning prioriteetsete ohtlike ainete vettejutimise, heite ja kao lõpetamiseks või järkjärguliseks kõrvaldamiseks. VRD nõuete kohaselt peavad liikmesriigid saavutama pinna- ja põhjavee hea ökoloogilise seisundi ja vee hea kvaliteedi aastaks 2015.

MIS ON OHTLIK JA PRIORITEETNE OHTLIK AINE?

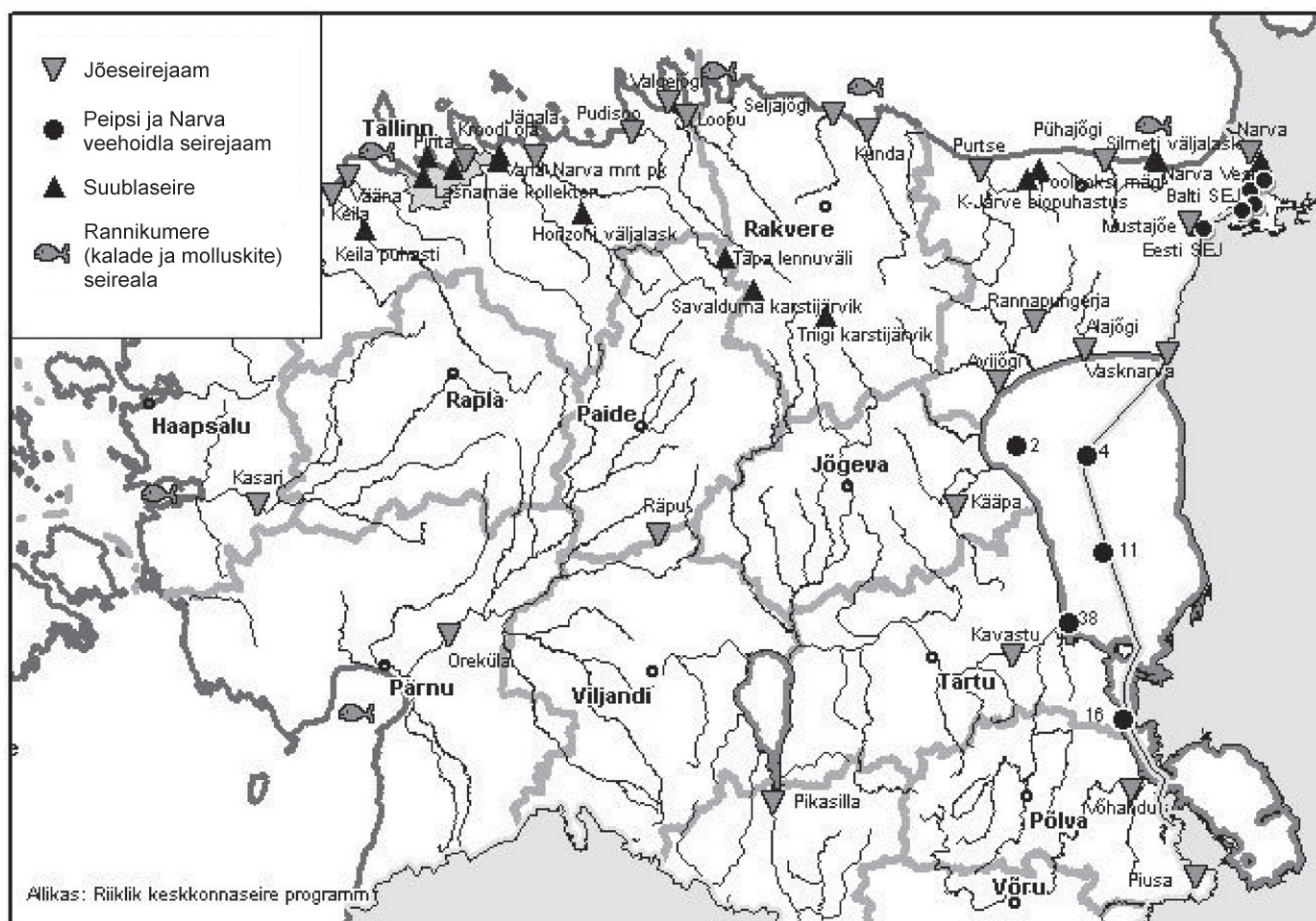
Kemikaali ohtlikkust määratakse ja selle põhjustatud riski hinnatakse kemikaali füüsikaliste ja keemiliste omaduste ning tervise- ja keskkonnohtlikkuse alusel. Veeseaduse kohaselt on ohtlik aine element või ühend, mis mürgisuse, püsivuse või bioakumuleeruvuse tõttu põhjustab või võib põhjustada ohtu inimese tervisele ning

OÜ Alkranel keskkonnavalaselt konsultatsioonid alates 2000. a

- Projekteerimine (veevarustus ja kanalisatsioon, reoveepuhastus)
- Ühisveevärgi ja -kanalisatsiooni arendamise kavad ning jäätmekavad
- Riigihangete ja rahastustootluste ettevalmistamine (vee- ja jäätmemajandus)
- Keskkonnakvaliteedi taastamine, keskkonnavalaselt
- Planeeringud (koostamine ja analüüsimine)
- Keskkonnauuringud, -konsultatsioonid ja -ekspertiisid
- Keskkonnamõju hindamine, strateegiline hindamine ja eelhindamine
- Müra hindamine ja müralevi modelleerimine



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



Joonis 1. Ohtlike ainete seirevõrk Eesti veekogudel [11]

kahjustab või võib kahjustada teisi elusorganisme või ökosüsteeme. Kemikaaliseaduse kohaselt on kemikaal ohtlik, kui ta võib kahjustada tervist, keskkonda või vara.

Ohtlike kemikaalide arvestuse kord on kehtestatud sotsiaalministri 17. detsembri 2004. aasta määrusega nr 131 „Ohtlike kemikaalide arvestuse kord“. Ohtlikud ained jaotatakse ohtlikkuse järgi kahte nimistusse. Nimistusse 1 kantakse ained, mille veeheidet või muul viisil vette sattumist peab vältima, ning nimistusse 2 ained, mille veeheidet või vette sattumist peab piirama. Ohtlike ainete nimistud 1 ja 2 kinnitab keskkonnaminister oma määrusega (vt 21. juuli 2010. aasta määrust nr 32).

Rootsi Keskkonnaagentuuri aruan- des *Environmental Quality Criteria for Contaminated Sites* klassifitseeritakse ohtlikke kemikaale, tooteid ja segusid nende ainesisalduse järgi:

- ohtlikkus on väike, kui nad sisal- davad rauda, kaltsiumi, magneesiumi, mangaani;
- ohtlikkus on mõõdukas, kui nad sisal- davad alumiiniumi, atsetooni, tsinki, alifaatsed süsivesinikke;
- ohtlikkus on suur, kui nad sisal- davad

vad koobaltit, vaske, niklit, vanaa- diumi, fenoole, jääkõli, ammoo- niumi, formaldehüüdi, aroomaatseid süsivesinikke, glükooli, stüreeni;

- ohtlikkus on väga suur, kui nad si- saldavad arseeni, pliid, kaadmiumi, benseeni, tsüaniide, elavhõbedat, klorofenoole ja -benseeni, dioksi- ine, polüklooritud bifenüüle.

Prioriteetne ohtlik aine on aine, mis põhjustab märkimisväärset ohtu vee- keskkonnale või veekeskonna kaudu inimese tervisele, mis kahjustab või võib kahjustada teisi elusorganisme või ökosüsteeme ning mille veekesk- konda juhtimist piirab veeseadus.

Veepoliitika valdkonna prioriteet- sete ohtlike ainete nimistu kehtestati Euroopa Parlamendi ja nõukogu 20. novembri 2001. a otsusega 2455/2001/ EÜ ning prioriteetsete ainete ja tea- tavate muude saasteainete keskkon- nakvaliteedi standardid (EQS) ning veepoliitika valdkonna prioriteetsete ainete loetelu direktiiviga 2008/105/ EÜ. Direktiivis on loetletud priori- teetsed ohtlikud ained ja elemendid: antratsen, polübrodifeniületrid (PBDE), kaadmium ja tema ühendid, lühikese ahelaga kloroalkaanid (C10- 13), endosulfaan, heksaklorotsüklo-

heksaan (HCH), heksaklorobutadien, heksaklorobenseen, nonüülfenool, 4- nonüülfenool, pentakloro-benseen, polüaromaatsed süsivesinikud (PAH), elavhõbe ja tema ühendid.

Toome võrdluseks Helsinki Komis- joni (HELCOM) prioriteetsete ohtlike ainete nimekirja: dioksiinid (PCDD), furaanid (PCDF) ja dioksiinisarna- sed PCB-d (DL-PCB), tribütüültina (TBT), trifeniültina (TPHT), pen- tabromodifenüületrid (pentaBDE), oktabromodifenüületrid (oktoBDE), dekabromodifenüületrid (decaBDE), perfluorooktaanhape (PFOA), per- fluorooktaansulfonaat (PFOS), heksa- bromotsüklododekaan (HBCDD), nonüülfenoolid (NP), nonüülfenoo- lide etoksülaadid (NPE), oktafenoo- lid (OP), oktüülfenoolitoksülaadid (OPE), lühikese ahelaga kloroalkaanid (SCCP), keskmise ahelaga kloroalkaa- nid (MCCP), endosulfaan, elavhõbe ja kaadmium.

ÜLEVADE EESTIS TEHTUST AASTANI 2004

Aastani 2004 oli Eestis uuritud ligi poolte Euroopa Parlamendi ja nõuko- gu 6. detsembri 2008. aasta direktiivis

Tabel 1. JÕGEDE VEE HÜDROKEEMILISE SEIRE ANDMED 2000. AASTAL [12]

Jõgi	Cu µg/l	Cd µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Hg µg/l	Ni µg/l	Cr µg/l
Keila	0,4–1,3	< 0,2–0,02	< 0,2	< 2,0–6,0	< 0,1	< 1,0	0,2
Kasari	0,5–2,0	< 0,02 –0,02	< 0,2	< 2,0 –7,0	< 0,1	< 1,0	0,4
Jägala	0,4–10,0	< 0,02	< 0,2–0,3	< 2,0–17,0	< 0,1	–	–
Pirita	0,3–9,0	< 0,02 –0,02	< 0,2–0,6	< 2,0–2,0	< 0,1	–	–
Vääna	1,6	< 0,02	< 0,2	3,0	< 0,1	–	–
Pudisoo	0,9	< 0,02	< 0,2	4,0	< 0,1	–	–
Valgejõgi	0,5	< 0,02	< 0,2	3,0	< 0,1	–	–
Loobu	0,5	< 0,02	< 0,2	2,0	< 0,1	–	–
Kunda	0,7–2,0	< 0,02–0,13	< 0,2–0,3	< 2,0–11,0	< 0,1	< 1,0	< 0,2
Narva	1,0–2,1	< 0,02–0,2	< 0,2–0,4	< 2,0–4,0	< 0,1	< 1,0	< 0,2
Purtse	1,0–4,0	< 0,02–0,1	< 0,2 –0,3	< 2,0–6,0	< 0,1–0,1	2,0	0,3
Pühajõgi	2,0	0,04	< 0,2	4,0	< 0,1	–	–
Selja	0,8–2,0	0,02	< 0,2	< 2,0–4,0	< 0,1	< 1,0	< 0,2
Pärnu	0,4–3,0	< 0,02–0,02	< 0,2	< 2,0–3,0	< 0,1	< 1,0	0,3
S-Emajõgi (Kavastu)	1,0	0,02	< 0,2	< 2,0	< 0,1	< 1,0	< 0,2
Võhandu (allpool Räpinat)	1,0	0,02	< 0,2	< 2,0	< 0,1	< 1,0	< 0,2

Tabel 2. EESTI KALAJÕGEDE VEE RASKMETALLISISALDUS (µg/l) 2003. AASTAL [13]

Jõgi	Kalaliik	Hg	Cd	Cu	Pb	Zn
Kasari	Karplased	0,1	0,03	1,5	0,2	4,0
Keila (suue)	Lõhelised	< 0,1	0,05–0,54	8,0–19,0	< 0,2–0,8	3,0–22,0
Pirita	Lõhelised	< 0,1	0,29	2,6	0,2	19,0
Pärnu	Lõhelised	< 0,05	< 0,1	3,0	< 1,0	< 10
Selja (suue)	Lõhelised	0,15	0,06	2,0	1,0	10,0
Kunda (suue)	Lõhelised	0,1–0,65	0,06–0,08	10,0–33,0	1,0–4,0	< 10–21,0
Narva jõgi	Lõhelised	0,13	0,09	36,0	< 1,0	< 10
Emajõgi	Karplased	< 0,1	< 0,1	< 1,0–2,5	0,4–1,0	3,0–9,0

2008/105/EÜ loetletud prioriteetsete ainete sisaldust veekeskkonnas. Keskkonnaministri 9. septembri 2010. aasta määruses nr 49 loetletud ainetest on teavet raskmetallide As, Zn, Sn, Cu, Cr, Cd, Pb, Hg, Ni ning mitme orgaanilise ühendi (naftasaadused, PCB, ühe- ja kahealuselised fenoolid, benseen, fluoranteen, heksaklorobenseen (HCB), heksaklorotsükloheksaan (HCH), naftaleen, PAH, triklorometaan (kloroform), DDT, dieldriin, endriin, isodriin) kohta.

Alljärgnevalt on esitatud lühikokkuvõtte Eesti veekeskkonnas sisalduvaid ohtlikke aineid käsitlevatest aruannetest.

OHTLIKE AINETE ÜLEESTILINE INVENTUUR 1999–2001 [7, 8, 9]

Inventuuri, mis hõlmas 90 % vee-reostajatest, eesmärk oli saada ülevaade Eestis veekeskkonda heidetud ohtlikest ainetest. Proovivõtukohtade koordinaadid määrati GPS-seadmega ning tulemused kanti kaardile.

Inventuuri tegemisel põimusid kaks tööeesmärki:

- määrata heitveeproovide ohtlike ainete sisaldus;
- saada ülevaade ohtlike ainete heitvette ja veekeskkonda sattumise allikatest.

Esimese, 1999. aastal Tallinnas ja Harjumaal tehtud inventuuri käigus võeti heitveeproove 28-st ning 2000. aastal Lääne- ja Ida-Virumaal 34-st punktist (mõnest võeti ka kordusproov). Kolmanda, 2001. aastal kaheteistkümnes maakonnas tehtud

PUMBAD VENTIILID LAADIMISSEADMED



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

inventuuri ajal võeti heitveeproove 42-st heitveeväljalaskmest või kanalisatsiooniga ühinemise punktist.

Proovid võttis Eesti Keskkonnanuuringute Keskus OÜ, kes tegi ka enamiku keemilistest analüüsides. Osa proove saadeti analüüsimiseks Hollandisse (*Analytical Laboratories in Breda*).

Sooritatud inventuuride andmete kohaselt sattus aasta jooksul pinna- või põhjavette üle 100 kg järgmisi ohtlikke aineid [10]:

- Nimistust 1
- naftasaadusi

15 771 kg,
- süsiniktetrakloriidi

304 kg.
- Nimistust 2:
- baariumi

7 531 kg,
- niklit

4 980 kg,
- tsinki

2 566 kg,
- ühealuseliseli fenooli

866 kg,
- kroomi

451 kg,
- vaske

398 kg,
- arseeni

104 kg.

Veepoliitika raamdirektiivis loetletud prioriteetsetest ohtlikest ainetest (POA) jäid inventeerimisel määramata alakloor, pentabromodifenüüleeter (PBDE), klooralkaanid, kloorfenviinfos, metüleenkloriid, diuron, isoproturoon, nonüül- ja oktüülfenoolid. Alakloori, kloorfenviinfos, diuroni ja isoproturooni polnud põhjust määrata, sest Eestis neid ei kasutata. Muid POA-sid, nagu PBDE, klooralkaanid, metüleenkloriid ning nonüül- ja oktüülfenoolid, ei määratud laborivõimaluste puudumise tõttu.

Kokkuvõttes tõdetakse, et inventuur andis edasiseks tööks kindla suuna. Saadud tulemuste põhjal on võimalik kokku tõmmata uuritavate ainete nimistut ettevõtete kaupa, ent ka lisada aineid, mida töös ei määratud.

Jõgede hüdrokeemilise seire ja HELCOM PLC-4 programmi raames analüüsiti 2000. aastal kuueteistkümne jõe vee raskmetallisaldust (tabel 1). Kokku võeti 95 proovi ja tehti 493 analüüsi. Peale raskmetallide Cu, Cd, Pb, Zn ja Hg analüüsiti veebruaris ka üheksa jõe veeproovide Cr- ja Ni-sisaldust. Proovide arv jõgedest koikus ühest proovist kuni 11 proovini aastas. Vees oli raskmetalle vähe – enamasti allpool määramispiiri või selle lähedal. Andmed vääriskalajõgede vee raskmetallisalduse kohta on tabelis 2.

Tabel 3. HEITVEESUUBLATEST VÕETUD VEEPROOVIDE OHTLIKE AINETE SISALDUS 2002. AASTAL [11]

Määratud aine	Ühik	Proovivõtukoht					
		Viru Keemia, Kohtla jõgi allpool Viru Keemia heitveelaset	Viru Keemia, Kohtla jõgi Lüganusel	Viru Keemia, Purtse jõgi allpool Kohtlat	Viru Keemia, Purtse jõe suue	Narva Vesi, Narva jõgi allpool Narva heitveelaset	Pljussa jõe suue
Aldriin	ng/l	< 10	< 10	< 10	< 5	< 10	< 10
Dieldriin	ng/l	< 10	< 10	< 10	< 5	< 10	< 10
Endriin	ng/l	< 10	< 10	< 10	< 5	< 10	< 10
DDT	ng/l	< 10	< 10	< 10	< 5	< 10	< 10
Lindaan	ng/l	1	< 10	< 10	< 5	< 10	< 10
HCB	ng/l	< 10	< 10	< 10	< 5	< 10	< 10
1,2-dikloroetaan	µg/l	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Triklorometaan	µg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Trikloroetüleen	µg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Tetrakloroetüleen	µg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Tetraklorometaan	µg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
e süsinik-tetra-kloriid							
Hg	µg/l	0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cd	µg/l	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	< 0,02
PAH	µg/l						0,011
Naftasaadused	µg/l					87,6	
Sulfiidid	mg/l					< 0,02	
Sn	µg/l					< 0,005	
Ni	mg/l					< 0,001	
Cu	mg/l					0,018	
Pb	µg/l					0,002	
Zn	µg/l					< 0,01	
Cr	mg/l					< 0,001	

Tabel 4. HEITVEESUUBLATEST VÕETUD VEEPROOVIDE DIREKTIIVI 92/446/EMÜ NIMEKIRJA 1 KUULUVATE PRIORITEETSETE OHTLIKE AINETE SISALDUS AASTATEL 2002–2004 (SULGUDES PROOVIDE ARV)

Prioriteetne ohtlik aine	2002 ¹	2003 ²	2004 ³
Elavhõbe	< 0,05–0,05 µg/l (5)	< 0,05 µg/l (10)	< 0,05 µg/l (10)
Kaadmium	0,28 µg/l	0,15 µg/l	0,27 µg/l
	< 0,1–1,0 µg/l (5)	0,02–0,46 µg/l (10)	< 0,1–0,4 µg/l (10)
Heksaklorotsükloheksaan (HCH)	< 10 ng/l (5)	< 10 ng/l (2)	
Tetraklorometaan (tetrakloorsüsinik)	< 0,1 µg ng/l (5)	< 0,1 µg/l (4)	
DDT	< 10 ng/l (5)	< 10 ng/l (2)	
1,2 Dikloroetaan (EDC)	< 1,0 µg ng/l (5)	< 1,0 µg/l (2)	
Aldriin	< 5 ng/l (5)	< 10 ng/l (2)	
Dieldriin	< 5 ng/l (5)	< 10 ng/l (2)	
Endriin	< 5 ng/l (5)	< 10 ng/l (2)	
Isodriin	ei määratud	ei määratud	
Heksaklorobenseen (HCB)	< 10 ng/l (5)	< 10 ng/l (2)	
Trikloroetüleen (TRI)	< 1,0 µg ng/l (5)	< 1,0 µg/l (2)	
Triklorometaan (Kloroform)	< 0,1 µg ng/l (5)	< 0,1 µg/l (4)	

¹ Proovivõtupiirkond ja -koht – Ida-Virumaal Kohtla ja Purtse jõgi (Viru Keemia Grupp) ning Narva jõgi allpool Narvat (Narva Vesi)

² Proovivõtupiirkond ja -koht – Harjumaal Kroodi oja, Lasnamäe ja Vana-Narva mnt kollektorid, Mustaoja (Paldiski mnt) ja Keila puhasti heitveelase

³ Proovivõtupiirkond ja -koht – Harjumaal Vana-Narva maantee piirkond ning Põlvamaal AS Räpina Paber

Tabel 5. MEREORGANISMIDES MÕÕDETUD KEEMILISTE ELEMENTIDE JA ÜHENDITE SISALDUS [14]

Liik	Organ või kude	Määratud elemendid ja ühendid
Räim (<i>Clupea harengus membras</i>)	Lihaskude	DDE, DDD, DDT, PCB (IUPC No. 28, 52,101, 118, 138,153, 180), α-HCH, γ-HCH, Hg
	Maks	Cu, Pb, Cd, Zn, Hg
Põhjaloorm <i>Macoma baltica</i>	Pehmed koed	Cu, Pb, Cd, Zn, Hg
Põhjaloorm <i>Saduria entomon</i>	Kogu organism	Cu, Pb, Cd, Zn, Hg

Tabel 6. PÕHJASETETE OHTLIKE AINETE SISALDUS 2002. AASTAL [11]

Määratud aine	Ühik	Proovivõtukoht					
		Viru Keemia, Kohtla jõgi, Viru Keemia heitveelase	Purtse jõgi, Eesti SEJ*	Mustajõgi allpool Eesti SEJ jahutusvee-kanalit	Narva Vesi, Narva jõgi allpool Narva heitveelaset	Balti SEJ, jahutusvee väljavoolu- kanal	Pljussa jõe suue
Aldriin	µg/kg	< 5	< 5	< 5	< 5	< 1	< 1
Dieldriin	µg/kg	< 5	< 5	< 5	< 5	< 1	< 1
Endriin	µg/kg	< 5	< 5	< 5	< 5	< 1	< 1
DDT	µg/kg	< 5	< 5	< 5	< 5	< 1	< 1
Lindaan	µg/kg	< 5	< 5	< 5	< 5	< 1	< 1
HCB	µg/kg	< 5	< 5	< 5	< 5	< 1	< 1
Hg	mg/kg	0,03–0,04	0,05–0,43	0,02–0,04	< 0,02	0,045–0,047	0,131–0,132
Cd	mg/kg	0,196–0,331	< 0,25 –0,484	< 0,25	< 0,25	0,119–0,123	0,329–0,331
PAH	mg/kg						0,15
Naftasaadused	mg/kg				36,9		
Sn	mg/kg	0,283–0,724	0,255–1,026		< 0,25		
Ni	mg/kg	3,54–3,84	5,14–15,5		1,44		
Cu	mg/kg	6,11–11,7	5,1–17,5		2,8		
Pb	mg/kg	< 2,5–4,01	10,0–15,8		< 2,5		
Zn	mg/kg	14,1–25,2	19,0–61,4		9,06		
Cr	mg/kg	10,3–11,6	5,56–6,96		< 1,25		
Ühealuselised fenoolid	mg/kg					0,14	
Kahealuselised fenoolid	mg/kg					2,0	
PCB	µg/kg						< 5

Aastal 2002 alustati Kirde-Eestis – Eesti kõige saastatumas tööstuspiirkonnas – siseveekogude vee ohtlike ainete sisalduse kolm aastat kestnud rotatsioonseiret. Seireprogrammi ülesanne oli hinnata ka suublate saasteseisundit, teha kindlaks suublate probleemsed piirkonnad ning nende vee prioriteetsete ohtlike ainete sisaldus.

Seirepunktide asukohad valisid Keskkonnaministeeriumi, Tartu Ülikooli ja OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskuse eksperdid (joonis 1). Analüüsitulemused on tabelites 3 ja 4.

ELUSTIKUS SISALDUVATE OHTLIKE AINETE SEIRE.

Eesti rannikumere organismide ohtlike ainete sisalduse ajaliste muutuste hindamisel järgib Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituut [14] Euroopa Liidu veekaitsenormides seatud kvaliteedieesmärki – ohtlike ainete sisaldus ei tohi aja jooksul oluliselt suureneda. Eesti Riikliku Keskkonnaseire allprogrammi „Ohtlike ainete seire ja uuringud rannikumeres“ eesmärk oli ja on ohtlike ainete sisalduse pikaajaliste muutuste jälgimine, veekeskkonna

saasteseisundi hindamine ning Eesti rannikumere probleemsete piirkondade kindlakstegemine. Seiretöid kavandades ja neid tehes lähtuti HELCOMi Läänemere seire programmi COMBINE (*Manual for Marine Monitoring in the COMBINE Programme of HELCOM*) soovitustest. Eestis on võetud proove räimede ohtlike ainete sisalduse määramiseks 1970ndatest aastatest peale, ent usaldusväärsed andmed on alates 1994. aastast. Allprogrammi raames mõõdeti räime lihaskoe toksiliste kloororgaaniliste ühendite ja elavhõbeda ning räime-maksa raskmetallisaldust, põhjalooma *Macoma* pehmete kudede ning kogu põhjalooma *Saduria entomon* organismi raskmetallisaldust (tabel 5).

Proove koguti kord aastas – räimedelt septembris-oktoobris ja põhjaloomadelt juulis-augustis. Räimeproove võeti peamiselt Soome lahe ida- ja lääneosa (Kunda ja Tallinna piirkond) ning Liivi lahe töönduslikest püükidest, mõnel aastal ka Läänemere avaosast Saaremaa ja Hiiu-maa lääneranniku lähedalt. Räim on ohtlike ainete seire levinuim indikaatorliik – HELCOM-programmi raames analüüsivad räime ohtlike ainete sisaldust peaaegu kõik Läänemere-äärsed riigid. TÜ Eesti Mereinstituudi ohtlike ai-

nete seire tulemused [14] näitavad, et organismide raskmetallisaldus on Soome lahes üldiselt mõnevõrra suurem kui Liivi lahes ja Läänemere avaosas. Peaaegu kõigi uuritud organismide raskmetallisaldus oli aastail 2001–2004 väiksem kui 1990ndatel. Räimelihaste orgaaniliste saasteainete (HCH, DDT, PCB) sisaldus oli Liivi lahes mõnel aastal väiksem, enamasti aga sama suur kui Soome lahes. Räimede aastatel 1999–2003 määratud suhteliselt suur DDT- ja PCB-sisaldus olid aastaks 2004 üldiselt vähenenud. Uurimistulemuste põhjal analüüsisid

Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituudi eksperdid aastate 2005/2006 seireprogrammi vastavust kehtivatele Euroopa Liidu ja Eesti õigusaktidele ning koostasid põhjendatud soovitusi selle muutmiseks [14].

Põhjaloomaproove võeti viielt Soome lahe lõunarannikualalt – nii Soome lahe lääne- (Klooga, Kakumäe) kui ka idaosast (Käsmu, Kunda, Sillamäe, Narva) Andmerida nende organismide raskmetallisaldus kohta, kahjuks küll mõningate lünkadega, algab juba aastast 1988.

SETETE OHTLIKE AINETE SISALDUSE SEIRE.

Andmed põhjasetete prioriteetsete ohtlike ainete sisalduse kohta on tabelis 6.

OHTLIKE AINETE SEIRE EESTIS (2005. AASTA ARUANNE EUROOPA LIIDULE)

Direktiivi 92/446/EMÜ alusel koostas Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ 2005. aastal aruande [15] nii vees (prioriteet), põhjasetetes kui ka elustikus, sh väikeses lemmes (*Lemna minor*) sisalduvate prioriteetsete ohtlike ainete seire kohta Eestis aastatel 2002–2004. Andmeid anti ohtlike ainete keskmise, minimaalse ja maksimaalse sisalduse ning aastast tehtud analüüside arvu kohta.

KOKKUVÕTE

Kuni aastani 2010 on uuritud ligi poolte Euroopa Parlamendi ja nõukogu 6. detsembri 2008. aasta direktiivis 2008/105/EÜ loetletud prioriteetsete ainete sisaldust Eesti veekeskkonnas. Keskkonnaministri 9. septembri 2010. aasta määruses nr 49 loetletud ainetest on teavet raskmetallide As, Zn, Sn, Cu, Cr, Cd, Pb, Hg ja Ni ning orgaanilistest ühenditest naftasaaduste, PCB, ühe- ja kahealuseliste fenoolide, benseeni, fluoranteeni, heksaklorobenseeni (HCB), heksaklorotsükloheksaani (HCH), naftaleeni, PAH, triklorometaani (kloroformi), DDT, dieldriini, endriini ja isodriini kohta. Ohtlike ainete seireprogrammi ülesanne on jälgida siseveekogude vee (prioriteet), elustiku ja setete ohtlike ainete sisaldust. Viimase kahe kohta ei pea Euroopa Liidule aruannet esitama. Nõutud on, et nii põhjasetete

kui ka bioloogiliste objektide prioriteetsete ohtlike ainete sisaldus peab aastatega vähenema. Eestis võib lugeda prioriteetseteks ohtlikeks aineteks, mille sisaldust veekeskkonnas on vaja edasi uurida, ühealuselisi fenooli (p-, m-, o-kresool, 3,4-, 3,5-, 2,3-, 2,6-dimetüülfenool, fenool) ja kahealuselisi fenooli (resortsiini, 2,5-dimetüülresortsiini, 5-metüülresortsiini), raskmetalle kroom, vask, nikkel ja tsink ning baariumi (ainult põhjavees) [16]. Varasemate tulemuste põhjal koostasid Eesti Keskkonnauuringute Keskuse OÜ eksperdid 2006. aastal soovitusel siseveekogude ohtlike ainete kehtiva seireprogrammi täiendamiseks [17]. Rannikumere seireprogrammi kohta andsid Euroopa Liidu ja Eesti õigusaktidel põhinevaid soovitusi [14] Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituudi eksperdid.

A.M.

Viidatud allikad

1. Roots, O. Kemikaalid – tõsine oht loodusele. – EUROsil, Eesti Keskkonnaministeerium, Perioodika AS, 2002, nr 3, lk 46–48.
2. Jankovski, H., Simm, M., Roots, O. Harmful substances in the ecosystem of the Gulf of Finland. (Ed. H. Jankovski). Trace metals. EMI Report Series No 4, Estonian Marine Institute, Tallinn, 1996, 158 p.
3. Roots, O. Toxic chlororganic compounds in the ecosystem of the Baltic Sea. Tallinn, Estonian Environment Information Centre, 1996, 144 p.
4. Roots, O. The effect of environmental pollution on human health in the Baltic States (Assessment and regional differences). Tallinn, 1999, 120 p.
5. Roots, O., Zitko, V. Health concerns in the Baltic States, Nordic countries, and Russia. – Proc. Estonian Acad. Sci. Biol. Ecol., 2004, v. 53, No. 3, 194–207.
6. Roots O., Saare, L. Structure and Objectives of the Estonian Environmental Monitoring Program. – Environmental Monitoring and Assessment (Kluwer Academic Publishers), 1996, v. 40, No. 3, pp. 289–301.
7. Ohtlike ainete emissioonide uuring Tallinnas ja Harjumaal. Aruanne (Koostajad Otsa, E., Tang, H., Tamm, I.). Eesti

Keskkonnauuringute Keskus OÜ, Tallinn, 2000, 42 lk (+lisad).

8. Ohtlike ainete heidete inventuur Lääne- ja Ida-Virumaal. Aruanne (Koostajad Otsa, E., Tang, H., Tamm, I.). Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, Tallinn, 2001, 78 lk.

9. Ohtlike ainete heidete inventuur ja heidete vähendamise kava Hiiumäe, Jõgeva, Järva, Lääne, Tartu, Põlva, Pärnu, Rapla, Saare, Valga, Viljandi ja Võru maakonnas. Aruanne (Koostajad Otsa, E., Tang, H., Tamm, I.). Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, Tallinn, 2002, 42 lk (+lisad).

10. Tamm, I. Ohtlike ainete seminar. Ettekanne, Tallinn, 15. märts, 2005.

11. Ohtlikud ained Eesti keskkonnas (Toimetajad Roose, A., Otsa, E., Roots, O.), Keskkonnaministeerium, 2003, 112 lk.

12. Jõgede hüdrokeemiline seire ja HELCOM PLC-4 programmide raames vajalike raskmetallide analüüside tegemine jõgedest. Aruanne (Koostajad Kolk, R., Sõukand, Ü.), Keskkonnauuringute läbiviimise kohustus KU-2/5. OÜ Tartu Keskkonnauuringud, 2000, 5 lk.

13. Hannus, M., Leisk, Ü., Loigu, E. Ohtlikud ained jõgedes. – Ohtlikud ained Eesti Keskkonnas (Toimetajad Roose, A., Otsa, E., Roots, O.), Keskkonnaministeerium, 2003, lk 35–38.

14. Rannikumere seire vastavuse analüüs Eesti ja rahvusvahelistele normatiivdokumentidele ja ettepanekud seireprogrammi muutmiseks (Koostajad Martin, G., Jaanus, A., Simm, M., Kotta, J., Kutsar, T.), TÜ Eesti Mereinstituut, Tallinn 2006:45lk + lisad.

15. Euroopa Komisjoni otsuse 92/446/EMÜ alusel ohtlike ainete seire aruande koostamine 2002–2004 aasta kohta. Aruanne (Koostajad Otsa, E., Roots, O.). Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, Tallinn, 2005, 1–18.

16. Roots, O. Proposal for selection of national priority hazardous substances for Estonian surface water bodies. Ecological Chemistry, Thesa, 2008, Vol.17, No. 1, 22–34.

17. Ohtlike ainete seireprogrammi uuendamine. Aruanne (Koostajad Kõrt, M., Roots, O.), Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, Tallinn, 2007, 61 lk.



EKUK-i hoone Suur-Sõjamäe tn 34 (FOTO 1)

EESTI KESKKONNAUURINGUTE KESKUSE GEOTEHNIKALABORIS UURITAKSE PINNAST EHITUSGEOLOOGI, GEOTEHNIKU, PROJEKTEERIJA JA EHITAJA TARBEKS



Filtratsiooniseade KF-00 (FOTO 2)



Filtratsiooniseade Sojuzdomii (FOTO 3)

Uile Lemberg

Eesti Keskkonnauuringute Keskuse geotehnikalabori juhataja

OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskuse (EKUK) geotehnikalabor, selle valdkonna suurim Eestis, asub juba viisteist aastat Tallinnas, Suur-Sõjamäe tänaval (foto 1). Peale geotehniliste katsete tehakse laboris pinnaseuuringuid maanteede projekteerijate ning ehitusmaterjali- ja maavarauurijate tarvis.

OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskus vastab EN ISO/IEC 17025:2005 nõuetele kui katselabor vee-, pinnase-, toiduainete-, õhu- ja naftasaaduste analüüside valdkonnas ning on Eesti Akrediteerimiskeskuse (EAK) akrediteerimistunnistuse L008 valdaja.

Geotehniliste uuringute eesmärk on teha kindlaks ehituskoha geoloogiline läbilõige ja olulised pinnaseomadused ning anda projekteerimiseks vajalikke lähteandmeid. Geotehnikafirmad koostavad uurimisprogrammi ja võtavad pinnaseproovid, pinnaseomadused määratakse aga geotehnikalaboris.

Geotehnikalaboril on akrediteering järgmiste pinnaseomaduste määramiseks:

- veesisaldus – ingl *water (moisture) content*;
- mahumass – *bulk density*;
- plastsuspiirid (Atterbergi piirid) – *consistency limits (Atterberg limits)*;
- lõimis, sõel- ja pipettanalüüs – *particle size distribution (PSD), sieving and sedimentation*;
- maksimaalne tihedus optimaalse veesisalduse juures (Proctoriteim) – *dry density/moisture content relationship (Proctor test)*;
- filtratsioonimoodul (liiv- ja savipinnas) – *modulus of permeability (sandy and clayey soil)*;

- ödomeeterteim (kokkusurutavus ja konsolidatsioon) – *oedometer test (compressibility and consolidation)*;
- tasapinnaline (otsene) nihketugevus – *direct shear strength*;
- kolmetelgne surveteim (konsolideeritud-dreenitud, konsolideeritud-dreenimata ja konsolideerimata-dreenimata teim) – *triaxial compression test (consolidated-drained (CD), consolidated-undrained (CU), unconsolidated-undrained (UU) tests)*;
- ühetelgne surveteim (dreenimata nihketugevus, savi- ja kaljupinnas) – *unconfined compressive strength (undrained shear strength – soil, rock)*;
- pinnase liigitamine – *soil classification*.

Peale selle tehakse laboris mitmesuguseid akrediteerimata teime pinnase liigi, koostise ja oleku iseloomustamiseks ning füüsikaliste, vesi- ja mehaaniliste omaduste määramiseks. Hinnatakse ka pinnase ja pinnases oleva vee agressiivset toimet vundamentidele.

Pinnaseomaduste määramisel on oluline proovivõtmisviis ja laborisse toodud pinnaseproovide kvaliteet. Mida kvaliteetsem ja iseloomulikum on proov, seda kvaliteetsemad on tulemused. Üheainsa objektilt võetud pinnaseproovi uurimine võib tekitada segadust, teadmatust ning uurija hoopis valedele järeldustele viia.

Viimastel aastatel on laboriuuringute maht oluliselt vähenenud ning seda isegi väga vastutusrikastel objektidel. Tugevusomadusi ei määrata ning uuritakse põhiliselt pinnase lõimist, plastsust ja veesisaldust. Tihti pööratakse tähelepanu ainult ühele pinnaseomadusele, praegu on aktuaalne filtratsioonimoodul. Ei arvestata seda, et filtratsioonimoodul ei ole kindel suurus, vaid sõltub pinnase lõimisest, tihedusest, orgaanilise aine sisaldusest ning eri seadmete ja meetoditega määramises saadakse erinevad tulemused. EKUK-i geotehnikalaboris uuritakse liiv- ja kruuspinnaeid väikesemõõtmeliste filtratsiooniseadmetega *KF-OO*, *Sojuzdornii* ja *Controls* ning savipinnaeid survekambri *Petech* ja ödomeetri *Controls* abil (fotod 2–6).

Ehitustegevus hakkab mõõnast üle saama. Ei tohi unustada, et geotehnilised tingimused ei ole Eestis lihtsad ega pinnased homogeensed. Ühel objektil töötavad koos mitmesuguse taustaga firmad, kes kasutavad mitme maa ja eriala normdokumente. Midagi ei tohi teha kiirustades. Pinnase puudulik uurimine toob alati kaasa objekti kallinemise.

EKUK-i geotehnikalabor on koostööks valmis.

Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ
www.klab.ee

OÜ EKUK-i geotehnikalabor
Suur - Sõjamäe 34, Tallinn 11415,
telefon 6112122, faks 6112190,
GSM 5301 6519, e - post geotehnika@klab.ee

Kesklabor
Marja 4d, 10617 Tallinn,
tel 611 2900
faks 611 2901
info@klab.ee

Pärnu filiaal
Roheline 64, 80035 Pärnu
tel / faks 443 4210
parnu@klab.ee

Virumaa filiaal
Pargi 15, 41537 Jõhvi
tel / faks 332 4470
virumaa@klab.ee

Rapla filiaal
Alu tee 13a, 79515 Rapla
tel / faks 489 4403
rapla@klab.ee

Tartu filiaal
Vaksali 17a,
50410 Tartu
tel / faks 730 7279
tartu@klab.ee



Filtratsiooniseade Controls (FOTO 4)



Survekamber Petech (FOTO 5)



Ödomeeter Controls (FOTO 6)

LIFEi PROJEKT BaltActHaz

OTT ROOTS

Keemiakandidaat, Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ

KOLM AASTAT kestev projekt „Balti riikide tegevus Läänemere ohtlike ainetega reostamise vähendamiseks“ (Baltic actions for reduction of pollution of the Baltic Sea from priority hazardous substances, BaltActHaz) (LIFE07 ENV/EE/000122) sai alguse 2009. aastal. Projektis, mida Euroopa Liit finantseerib programmi LIFE+ kaudu ja mille kaasfinantseerijad on Keskkonnainvesteeringute Keskus, Läti ja Leedu keskkonnaministeeriumid ning Eesti Sotsiaalministeerium, osaleb 19 partnerit kolmest Balti riigist, sh Keskkonnauuringute Keskus OÜ. Juhtpartner on MTÜ Balti Keskkonnapoorum Eesti. Üheks projekti eesmärgiks seati saada ülevaade Eesti veekeskkonnas esinevatest ja seda saastavatest ohtlikest ainetest. Selleks analüüsiti maismaa-pinnaveekogude ja rannikumere vee ja põhjamuda ning roveepuhastite heitvee ja roveesette keskkonnoahtlike aine

ja ainerühmade nimistutesse 1 ja 2 kuuluvate ning muude saasteainete sisaldust [1]. Proove võeti 2010. a kevadel (20.04 –03.05) ja sügisel (13.09–14.09.) kolmekümne kolmest kohast (kaheksast roveepuhastist, üheteistkümnest jõest, Peipsi järvest, kahest rannikumerealast ning intensiivse põllumajandustegevusega piirkondadest – joonis 1). Analüüsid tehti Eesti Keskkonnauuringute Keskuse OÜ ja GALAB-i (Saksamaa) laborites, kusjuures viimases analüüsiti ühendeid, mida Eestis ei olnud võimalik määrata. Kokku määrati üle 120 aine või ühendi sisaldus Eesti veekeskkonnas. Ohtlikest ainetest ja ainerühmadest määrati raskmetallid, fenoolid ja nende derivaadid, polüaromaatsed süsivesinikud, lenduvad orgaanilised ühendid, tinaorgaanilised ühendid, ftalaadid, polübroomitud difenüleetrid, naatriumtripolüfosfaat, lühi- ja keskmise ahelaga klooritud parafiinid,

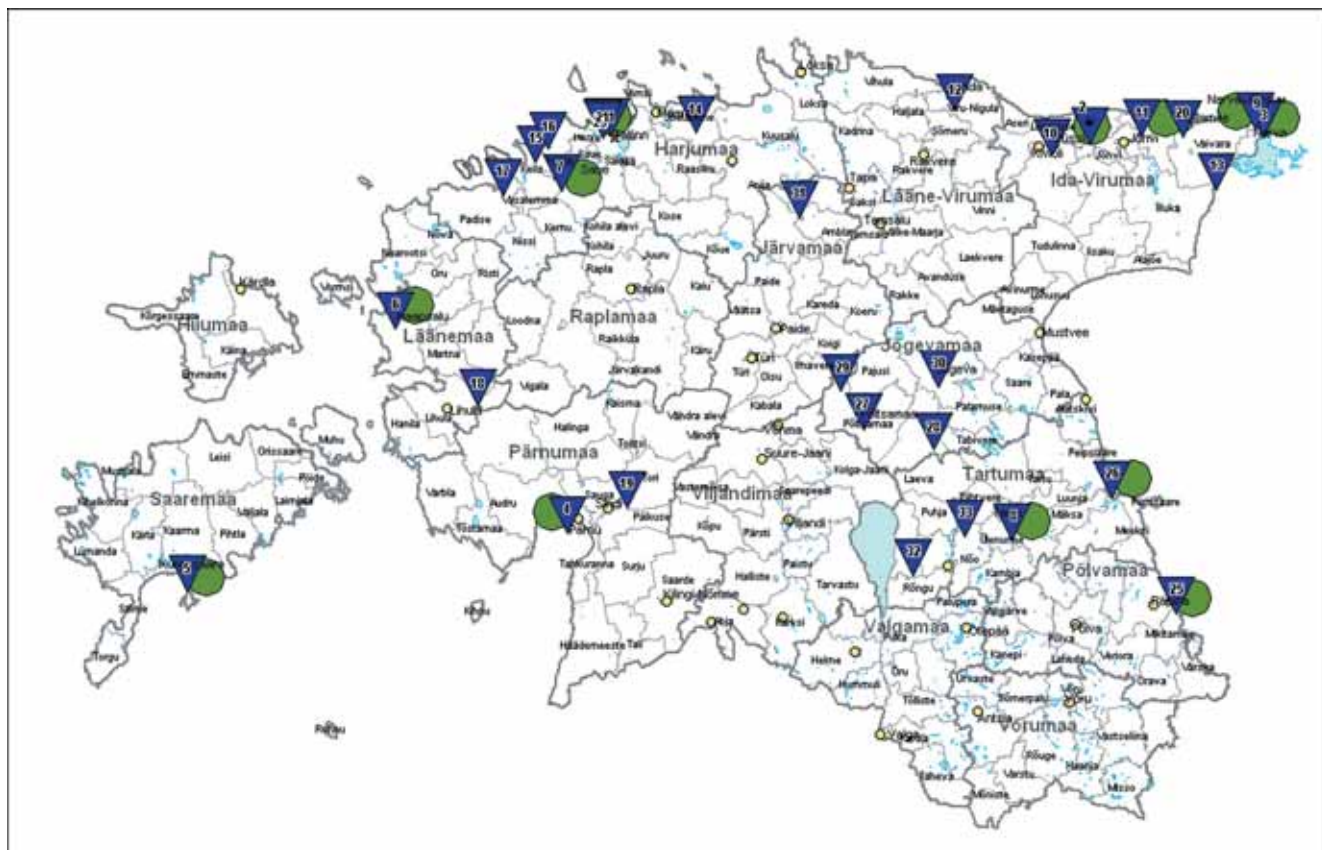
perfluorüühendid, pentaklorofenool, tsüaniidid ja pestitsiidid.

Uuringutulemused avaldatakse 2011. aasta juunis-juulis ilmuvas trükises. Kogutud teave võimaldab arendada seireprogramme, tõhustada ohtlike aine heite alast kontrolli ja olla abiks Eesti aruannete koostamisel ohtlike aine kohta nii Euroopa Komisjonile kui ka HELCOM-ile.

A.M.

Viidatud allikas

1. Eesti keskkonnaministri 9. septembri 2010. aasta määrus nr 49 „Pinnavee ohtlike aine, sealhulgas prioriteetsete aine ja prioriteetsete ohtlike aine ning teatavate muude saasteainete keskkonna kvaliteedi piirväärtused, pinnavees prioriteetsete aine ja prioriteetsete ohtlike aine keskkonna kvaliteedi piirväärtuste kohaldamise meetodid“ (RT I 2010, 65, 484).



Joonis 1. Proovivõtukohad: sinine kolmnurk ▼ – pinna- või heitveest, roheline ring ● – pinnaveekogu põhjamudast või roveesettest

KUI KAUGEL KARJÄÄRIST VÕIVAD KAEVUD KUIVADA?

ENNO REINSALU
TTÜ mäeinstituut

MAAVARADE kaevandamine, maa- viljelus ja ehitustegevus alandavad põhjavee taset. Kõige sügavamale ula- tuvad kaevandused, seetõttu on mäe- tööstuse mõju põhjaveele ka kõige suurem. Ometi mitte nii suur, et kuu- lutada tuhandete kaevude kuivamist alal, kus kuivamistundlikke kaeve ei olegi. Siiski on hirmul alust, sest kae- vandamisalal on kaevusid kuivanud ja nii mõnigi kord on selle pahanduse heastamisega hiljaks jäädud. Kaevan- dajate teadlikkus ja seaduskuulekus pole enam võrreldav aastakümnete tagusega ning harva on karjääri või kaevanduse mõjuraadius osutunud ar- vutatust suuremaks. Kuidas sellist viga vältida?

Karjääri kuivendusemõju määrami- seks on mitmeid eri keerukusega vale- meid. Enamasti võtab arvutaja valemi sellest õpikust, mida tema õppejõud ülikoolis on soovitanud. Selle õpiku järgi valemit ka nimetatakse. Empii- rilises valemis kasutatavad arvväär- tused varieeruvad laiades piirides ja vastavalt sellele hõlbib ka arvutustu- lem. Seepärast on üsna ükskõik, millist meetodikat kasutada. Tulemus ei sõltu mitte niivõrd valemist ega metoodi- kast, kuivõrd valemisse oskuslikult val- litud teguritest.

Enamik valemist, mille abil arvuta- takse karjääri (nt kaevu, kraavi, vunda- mendisüvendi) põhjavee taset alandav mõju, formaliseerivad lihtsa loogika: kuivendusemõju ulatub seda kaugema-

le, mida paremini kivimid vett juhivad, mida sügavam on karjäär ja mida pak- sem on veekiht, millest kuivendamise- ohus kaev vett saab.

Kivimite veejuhtivus. Siinkohal on veejuhtivuse mõõduks võetud karjää- ri ümbritsevate kivimite filtratsioo- nimoodul. Moodul on seda suurem, mida poorsem, sõredam, lõhelisem, pragulisem ja kihilisem on kalju- või purdpinnas (tabel 1). Arvutama haka- tes tuleb aga kõigepealt arvestada seda, et kivimid ja setted lasuvad mitme kihina ja iga kihi veejuhtivus on eri- sugune. Teiseks, juba 10–15 meetrist sügavamal on maapõuel hoopis tei- sed hüdrogeoloogilised omadused kui maalähedases pinnases. Kolmandaks ei tohi kõrvale jätta asjaolu, et vett juhtivad lõhed, praod ja karstirikked on maapõues üsna kindla suunaga. Seepärast on oluline ka karjääri ning ohustatud kaevu vaheline suund. Nel- jandaks ei tohi lasta end eksitada käi- betööst, et karst juhib vett. Mäemehed, kes on näinud karsti seestpoolt, teavad, et suur osa karstimoodustistest on täis savi ja savikaid setteid. Selline karst mitte ei juhi vett, vaid moodustab vee- tõkke. Vahemärkusena olgu öeldud, et maapealne mõõteseade (georadar) ei näita täpselt, mis tüüpi karst maa sees on. Seega on kivimite veejuhtivus väga juhuslik suurus ja selle mõõtarvuna kasutatav filtratsioonimoodul võib erineda miljon korda. Kindel saab olla vaid ühes – veejuhtivust ei saa mõõta

negatiivse arvuga. Tabeliarvud on illustratiivsed ning kivimimääratlused verbaalsed. Arvu- tusi peab aga tegema mõõtmisandme- te, nt maapõue sondeerimis- ja põhja- vee proovipumpamistulemuste põhjal. **Karjääri sügavus** näib esmapilgul olevat filtratsioonimoodulist kindlam suurus, aga nii see ei ole. Arvutustes võetakse aluseks karjääri projektsüga- vus, milleni ta lõpuks jõuab. Mõned mäerajatised, nt karjääri põhjas olevad veekogurid ja -kraavid ulatuvad aga sü- gavamale. Kui kaevandamise ajal lao- tatakse karjääri ammendatud alale ja külgedele katendit, kaevandamisjääke ja muud täidet, siis karjääri põhjavett dreniv sügavus hoopis väheneb. See- ga on ka karjääri sügavus üsna juhus- lik suurus, mille väärtused rajatise eri külgedel võivad üksteisest mitu korda erinevad olla. Paradoksaalselt võib karjääri sügavus olla isegi negatiivne, juhul kui sisepuistang on kõrgem kui karjääri ümbritsev maapind. Sel juhul voolab kaevandisse sadanud vesi kae- vandilähedase kaevu poole. **Veekihi paksus**, seega ka põhjavee tase on kõige muutlikum suurus, sest ta on sesooniti erinev. Suurvee ajal ula- tub põhjavesi maapinnani, veevaesel ajal võib aga arvutusobjektiks olev kaev kuivada veel enne, kui karjääri rajama hakataksegi. Sellisel juhul peaks vale- mis veekihi paksus olema negatiivne, sest kui karjääri sajab vett, hakkab see toitma veekihti ja selle kaudu kaevu.

Tabel 1. FILTRATSIOONIMOODULI VÕIMALIKUD VÄÄRTUSED

Kivim, sete	Veejuhtivus, veeand	Filtratsioonimoodul m/d
Jäme kruus, klibu, karstitühemikega paepõhi, jäme tehnogeen (nt tasandatud karjäärivaalud)	Väga suur	100–1000
Liivasegune kruus, jäme liiv, tehnogeen	Suur	10–100
Liivakas ja savikas kruus, kesk- ja peeneteraline liiv, lõheline lubja- ja dolokivi, tihe ja tambitud puiste	Keskmine	1–10
Peenliiv, saviliiv, monoliitne paas	Mõõdukas	0,1–1
Liivsavi, mergel, savikas dolokivi	Peaaegu puudub	0,001–0,1
Savi, nt tihe mergel	Puudub	< 0,001



Joonis 1. Geoloogiatudeng Martin Liira Tuhala Nõiakaevu toitvas Virulase koopas 2003. aasta suvel [1]



Joonis 2. Juulis 2004 oli Virulase koopa suu suvejärve põhjas

Autori foto

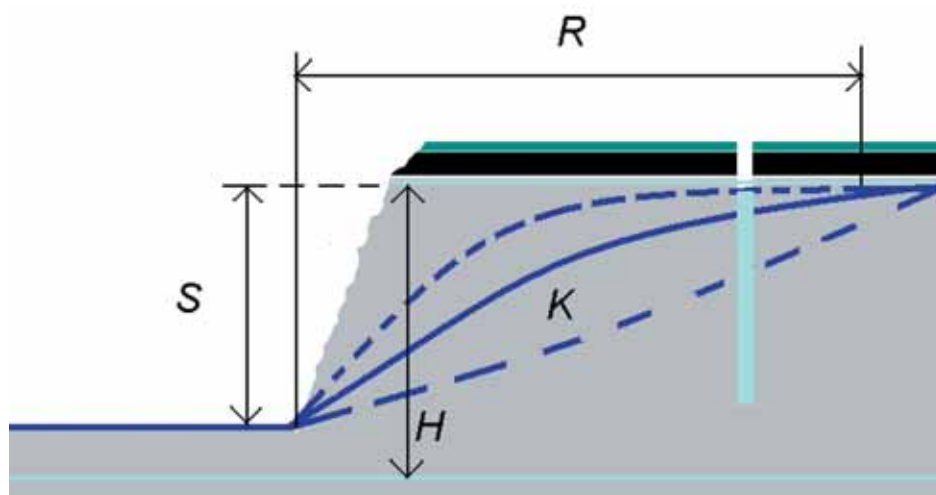
Põhjavee taseme muutlikkuse hea näide on viimase aja spekulatsioonide meelisobjekt – Tuhala Nõiakaev. Üks kaevu toitekanalitest, Virulase koobas, oli 2003. aasta põuasel suvel nii kuiv, et Tartu ülikooli tudengid roomasid selle viimase võimaluseni läbi (joonis 1). Aasta hiljem oli koobas pärast juulikuist paduvihma sügaval vee all (joonis 2) ja Tuhala Nõiakaev „kees“. Viimase poolsajandi vältel on meil aastasademete hulk kasvanud keskmiselt 4–5 mm aastas. Kui see tendents jätkub, siis hakkab Tuhala Nõiakaev üha sagedamini üle ajama ning kümnendite pärast kaob nähtuse erakordsus ja „keemine“ lakkab olemast meediasündmus.

Karjääri kuivendusemõju raadius arvutatakse tavaliselt valemiga:

$$R = 2 S (k H)^{0.5},$$

kus R on veetaseme alanemisraadius m, s.o kaugus, milleni karjääri mõju ulatub, S veetaseme alandus m, H põhjaveekihi paksus m ning k filtratsioonimoodul m/d (joonis 3). Astendaja 0,5 (ruutjuur) pärineb eeldusest, et ümber karjääri leviva mõjuringi ulatus suureneb võrdeliselt raadiuse ruuduga. Valemil oli mugav kasutada ammustel aegadel, kui juurimine oli tavaarvutajate aritmeetiliste võimete piir. Tänapäeval võiks kasutada ka astendaja muid väärtusi, mida skeemil illustreerivad katkendjooned, kuid nagu varem mainitud, maapõue omaduste suur määramatus muudab valemi täpsustamise mõttetuks.

Tallinna Tehnikaülikooli mäe-instituudis õpetatakse insenere käsitlema maapõue kui loodusobjekti, mida iseloomustavad mõõtavad on juhuslikud suurused. Selle paradigma kohaselt korraldatakse üht ja sama arvutust sadu kordi, iga kord lähteandmete uue, juhusliku kombinatsiooniga. Seda võtet tuntakse kui stohhastilist modelleerimist ehk Monte Carlo meetodit. Vaadeldaval juhul võiksime võtta sama valemi ja triviaalseid Exceli protseduure kasutades genereerida



Joonis 3. Karjääri kuivendusemõju raadiust kirjeldav skeem

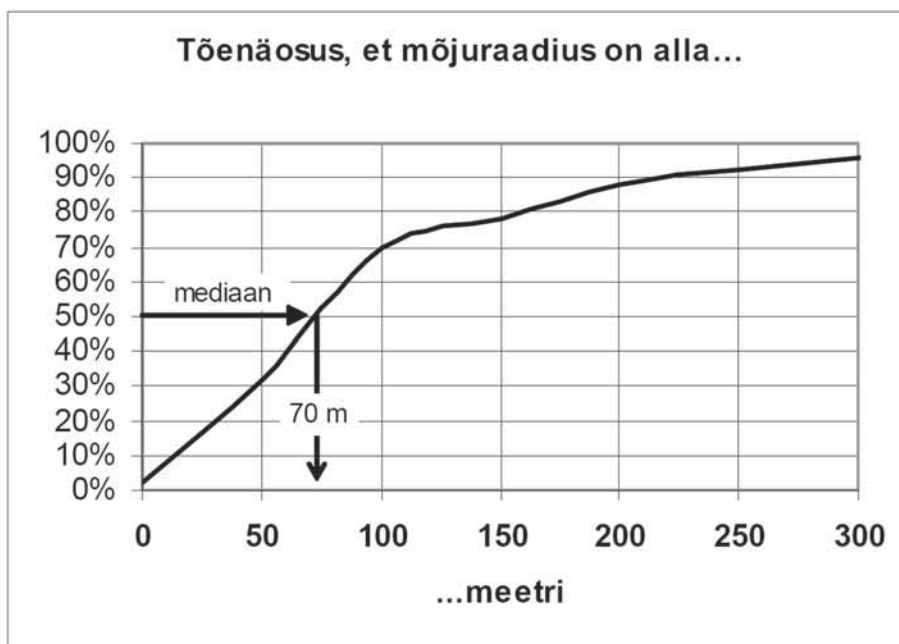
sadu juhuslikke S , k ja H väärtusi ning teha nendega sadu arvutusi. Uurides sadade arvutustulemuste (R) statistilist jaotust, võiksime hinnata, kui kaugele ulatub karjääri 95 %-lise tõenäosusega kuivendusmõju. Teisisõnu, kui kaugel asuva krundi omanik võib kindel olla, et tema kaev ei kuiva ka kõige halvemate tingimuste kokkusattumisel ehk tõenäosusega 5 %.

Joonis 4 kujutab graafikut, mis on arvutatud Monte Carlo meetodil tingimusel, et $H = S = 9 \pm 1$ m ning filtratsioonimoodul k on lognormaalse jaotusega arv vahemikus 1–20 m/d. Joonisel on näha, et tõenäosusega 5 % ulatub arvutuslik kuivendusmõju kaugemale kui 250 m. Või teisiti – 95 % kindlusega saab väita, et kuivendusmõju ei ulatu kaugemale kui 250 m. Kui teha arvutusi, nagu tavaliselt, S , k ja H keskäärtustega, siis saame väiksema tulemuse. Seejuures arvutustulem (kas 205 m või 134 m) sõltub sellest, millise statistilise jaotuse filtratsioonimooduli jaoks valime. Graafikul on nooltega näidatud, et kuivendusmõju statistiline keskäärtus ehk mediaan oleks hoopis 70 m. See tähendab, et kui arvutaja ütleb, et kaevu jaoks on ohutu 70 m, siis selle väite usaldatavus on vaid 50 % – sama suur kui kulli ja kirja viskamisel.

Samalaadseid arvutusi võiks teha ka põhjavee taset kirjeldava logistilise funktsiooniga

$$T = S / (1 + \exp(b - aR)) + A \text{ m,}$$

kus A on veetase karjääri põhjas m , a ja b iseloomustavad alanduslehtri kuju, kusjuures suhe b/a näitab kaugust karjääri keskpunktist seal, kus alanduskõver muutub intensiivsest laugeks. Seda



Joonis 4. Karjääri kuivendusmõju Monte-Carlo meetodil arvutatud tõenäosus sõltuvalt kaevu kaugusest. Arvutustulemus on konstruktiivne ning seda ei tohi kasutada ühegi konkreetse karjääri puhul

valemit kasutades võiks ette anda lubatava veetaseme alanemise kaevus (kas või 1 cm) ning hinnata sellest lähtuvalt mõjuraadiust. Stohhastilise modelleerimisel kujunenud rusikareegli kohaselt $k = 0,15 b/a$, kuid mitte alati.

Tavalisel hüdrogeoloogilisel modelleerimisel [2, 3], kasutatakse põhimõtteliselt sama laadi seoseid, ent käsitletakse maapõue ülalkirjeldatust palju põhjalikumalt. Mudelites vaadeldakse maapõue ruumilisena ja igas suunas muutuvana, keerukamatel juhtudel ka ajaliselt muutuvana. Mudeli lähteandmed ei ole juhuslikud, vaid valitakse oskuslikult. Seepärast võibki öelda, et tavalised hüdrogeoloogilised mudelid ei lähene probleemile tõenäosuslikult. Selleks et näha seost ruumilise hüdrogeoloogilise mudeli arvutustulemi ja mingi kaevu kuivenemisohu vahel, tuleb modelleerida kauem kui

asi väärt on. Lihtsam on iga kaev üksikult ülalkirjeldatud meetodit rakendada läbi arvutada.

Kirjutis põhineb ehitusmaavarade mäeeraldistel tehtud TTÜ mäeinstituudi uuringutoetuse ETF 7499 „Säästliku kaevandamise tingimused“ raames tehtud uuringutel ja arvutustel. A.M.

Viited

1. http://et.wikipedia.org/wiki/Virulase_koobas
2. Perens, R., Truu, M. Põhjavee kasutamisest ja kaitsest Eestis, Keskkonnatehnika 3/10, lk 18–20.
3. Lind, H., Valgma, I., Robam, K. Põhjavee modelleerimise võimalused mäetööde piirkonnas, Keskkonnatehnika 3/10, lk 36–39.

OÜ RAKENDUSGEOLOOGIA

- Ehitusgeoloogilised uuringud
- Maavarade uuringud
- Hüdrogeoloogilised uuringud
- Puurimistööd

OÜ Rakendusgeoloogia, Ilmatsalu 3b, 51014 Tartu
 Tel./faks. 742 0067
 e-post: rakendusgeoloogia@gmail.com

www.rakendusgeoloogia.ee
Litsents nr EEG-000131

AASTAL 2050 SAADAKSE MEIL 100% ELEKTRIST TAASTUVENERGIAALLIKAST

TUULIKI KASONEN

Eesti Tuuleenergia Assotsiatsiooni tegevjuht

“KUI ME EI RÄÄGI energia-tarbimisest üldse, vaid ainult elektrienergiasektorist, siis on minu arvates meil Euroopas 2050. aastal 100% taastuvenergia. Arvan, et see on täiesti võimalik,” ütles **Euroopa Komisjoni kliimavolinik Connie Hedegaard** märtsis Brüsselis toimunud EWEA 2011 pressikonverentsil.

Euroopa Komisjon avalikustas märtsi alguses edene-miskava [1], mis aitab järgmise 40 aasta jooksul muuta Euroopa majanduse kliimasõbralikumaks ja vähem energiat nõudvaks. Kliimavolinik Hedegaard põhjendas sellekohaseid kõnelusi vajadusega liikuda õiges suunas ning vältida energiasüsteemi liigset sõltuvust fossiilkütustest. “Ma leian, et tuuleenergia tööstusharu mängib siin lähiaastatel väga olulist rolli,” lisas ta.

Edenemiskavas leitakse, et aastaks 2050 on võimalik Euroopas kasvuhoonegaasiheide peaaegu täielikult lõpetada. Toonitatakse seda, et tulevikus on Euroopa majanduse aluseks keskkonnasäästlikud tehnoloogiad. Tegevuskava näitab ka, kuidas enim heitgaase tekitavad sektorid (elektrienergia tootmine, tööstus, transport, hooned ja ehitus ning põllumajandus) saavad eelolevatel aastakümnetel üle minna vähese CO₂-heitega majandusele.

Euroopa Tuuleenergia Assotsiatsiooni (EWEA) tegevjuht Christian Kjaer juhtis Brüsselis toimunud Euroopa suurimal tuuleenergiakonverentsil tähelepanu sellele, et transpordi- ja põllumajandussektor heidavad ka veel 2050. aastal õhku kasvuhoonegaase. Seetõttu peab energeetikasektor olema selleks ajaks täielikult üle läinud süsinikuvabadele tehnoloogiatele.



Foto: Euroopa Tuuleenergia Assotsiatsioon

Selleks aga läheb kohe vaja senisest konkreetsemaid otsuseid ning kokkuleppeid, seega täiendavaid õigusakte veel praeguse Euroopa Komisjoni koosseisu ajal.

“Kuna fossiilkütuse elektrijaamad töötavad 30–45 aastat, siis määravad tänased investeeringuotsused meie energialiikide kasutamise ja süsinikdioksiidi heitkogused aastaks 2050,” ütles Kjaer. “See tähendab, et saavutamaks süsinikuvaba energeetikasektorit aastaks 2050, ei tohiks teoreetiliselt pärast 2015. aastat süsinikku emiteerivaid elektrijaamu enam ehitada.”

Lisa EWEA ettepanekutest Euroopa Liidu energiapoliitikale saab lugeda EWEA 2011 konverentsil avalikustatud raportist “EU EnergyPolicy 2050”[2]. EWEA usub, et tuuleenergia üksi võiks 2050. aastal katta 50% Euroopa Liidu energiavajadusest ning ülejäänud 50% tuleks teistest taastuvenergia tehnoloogiatest.

Euroopa Liit on alates 1997. aastast edukalt liikunud taastuvenergia osa-

kaalu suurendamise ja seeläbi ka kasvuhoonegaaside vähendamise ning energiapoliitika ja EL-i riikide konkurentsivõime tõstmise poole. Täna toodab Euroopa umbes 20% protsenti oma elektrist taastuvatest energiaallikatest, järgmiseks kümneks aastaks on seatud selge siht suurendada see number 34 protsendini, kusjuures 496 TWh ehk 14% tarbimisest peaks tulema tuuleenergiast. Sinna jõudmiseks on vajalikke meetmeid võetud nii meil kui mujal, kuid 2009. aastal vastu võetud taastuvenergia direktiiv näeb ette ka tökete eemaldamist taastuvenergia arengu teelt ning siin on Eestil veel palju ära teha.

Viidatud allikad

1. http://ec.europa.eu/clima/documentation/roadmap/docs/com_2011_112_et.pdf
2. http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/reports/EWEA_EU_Energy_Policy_to_2050.pdf

PROJEKT *UPWIND* – 20 MW TUULIKUD ON TEOSTATAVAD

CRISS UUDAM

Tuuleenergia klasteri arendusjuht

EUROOPA LIIT on võtnud sihiks energiatarbimist järk-järgult CO₂-vabamaks muuta. Üks elektrienergia keskkonnasõbralikke allikaid on tuul. Euroopa Tuuleenergia Assotsiatsiooni andmeil saadakse praegu tuulest 5 % Euroopa elektritoodangust. Euroopa Komisjon kava kohaselt peaks tuuleenergia osakaal aastaks 2020 kasvama 20 protsendini ning 2030. aastal kolmandikuni Euroopa elektritarbimisest. Aastaks 2050 näeb Euroopa Liit ette rahuldada koguni 50 % elektritarbimisest tuulest toodetud elektriga. Selleks on vaja paigaldada elektrituulikuid koguvõimsusega 600 GW, 250 GW maismaale ja 350 GW merre. Neid julgeid ideid on võimalik ellu viia vaid siis, kui elektri genereerimine tuuleenergiast oluliselt odavamaks muutub. See kehtib eelkõige mere- tuuleparkide kohta, ent ka maismaatuulikute olemiseakulusid on võimalik praegusega võrreldes tunduvalt vähendada. Mingi tehnoloogia odavamaks muutmiseks on kaks võimalust. Üks neist on nn mastaabisääst, mis tuleneb tootepartiide suurenemisest ja sellega kaasnevast arengust. Teise võimaluse pakub innovatsioon – tuulikute (seeläbi ka toodetud energiahulga) oluline suurendamine.

Euroopa kuuendast raamprogrammist toetati projekti *Upwind*, mille üks peamisi eesmärgi oli uurida tuuleenergia odavamaks muutmist tuulikute tunduva suurendamise teel. Orienteeriks seati tuulik võimsusega 20 MW, mis oleks praegu enim ehitatavaid tuulikuid (ca 3 MW) ja lähiajal olulist turuosa haaravaid 5–6 MW tuulikuid arvestades lausa suurusjärgu võrra võimsam. Kui tänapäeval 5 MW

tuuliku rootori läbimõõtu suurendada kaks korda, muutub selle haardeulatuse neli korda suuremaks ning tuuliku võimsus kasvab 20 MW-ni. Projekti alguses proovitigi nõnda teha, ent rahuldava tulemuseni ei jõutud. Tuuliku mass kasvaks koguni kaheksakordseks, mis teeks selle valmistamise ja paigaldamise liiga kalliks, tänapäevase tehnoloogiaga isegi võimatuks. Järelikult peab nii suurt tuulikut arendades otsima uusi lahendusi.

Projekti *Upwind* raames tegeldigi kõigi tuulikuosade ümberkujundamisega. Tähelepanu koondus tuuliku kandekonstruktsiooni ja rootorilabade, tuulemõõtmisandurite ja tuuliku juhtimissüsteemi koosmõju ning tehnilise seisundi seire arendamisele. Projekti käigus tehtud töö tulemused on avaldatud mahukas raportis (vt: <http://www.upwind.eu/default.aspx>). Siinkohal tasub kirjeldada mõnd praegu kasutatavast tehnoloogiast erinevat lahendust, milleni projekti käigus jõuti.

Et neid oleks võimalik transportida, peavad suurte tuulikute labad koosnema mitmest sektsioonist. Tõestati, et labasid, mille kaks sektsiooni on ühendatud nii liimi kui ka poltliite abil, on võimalik suurtele koormustsüklitele vastupidavaks kujundada. Tänapäevastest pikemate ja kergemate labade väsimuskoormus alaneb 10 %.

Suurte ja äkiliste koormuste (nt tuuleilid) talumiseks peab suuremõõtmelisel tuulikul olema arukas lahendus mehaaniliste jõudude ja nendest tulenevate pingete ohjamiseks. Leiti, et lennukitelt tuttavad tiivaklapid pakuvad nutika viisi kogu laba pööramise vältimiseks, kui koormus äkki

suureneb. See võimaldaks muuta laba kuni 25 % kergemaks. Info tuulekiiruse muutumise kohta saadakse laseril põhinevalt mõõtesüsteemilt *LIDAR*, mis mõõdab tuulekiirust tuuliku rootori ees mitmel kaugusel. *LIDAR*i kasutamine võimaldaks juba praegu kasutusel olevate tuulikute juhtimismehhanisme täiustada ning muuta labade pööramist sujuvamaks. Sellega väheneks tuuliku kandekonstruktsiooni koormus ning energiatootmine oleks ühtlasem.

Upwind lükkas ümber ka kehtivaid standardeid. Projektis peeti väga tähtsaks mitmesuguste süsteemide koostoimimist ja vastastikust mõju. Tõestati, et tuuliku võimsuskövera koostamise praegune meetod ei ole ülipikkade labade puhul kasutatav. Suurte rootorite puhul on vaja mõõta tuult laba mitmes punktis, sest õhuvool ei ole kogu suure haardepinna ulatuses ühtlane. Mitmes punktis mõõtmine annab tegelikkusele lähedasema keskmise tuulekiiruse ja seega ka täpsema sisendi keskmise tuulekiiruse ja tuuliku võimsuse vahelist sõltuvust kirjeldava graafiku koostamiseks.

Projekti *Upwind* selge sõnum on see, et 20 MW tuulikud on teostatavad ning nad võivad ükskord pakkuda väga kulusäästliku lahenduse. Samas nõuab sellise tuuliku ehitamine kõigi tuulikuosade ja -süsteemide täiesti uut laadi konstruktsioone ja novatorlikke lahendusi. Ülisuure tuuliku prototüübi projekteerimist projekti eesmärgiks ei seatud, peaeesmärk oli leida uuenduslikke lahendusi, mida saaks juba praegu ehitatavates tuulikutes järk-järgult kasutusele võtta.

A.M.



Foto: Eesti Arengufond

ARENGUFOND INVESTEERIB VÄIKE- TUULEGENERAATORITE ARENDAJASSE my!WIND

Eesti Arengufond ja Sibo Invest OÜ investeerisid väiketarbijatele mõeldud tuulegeneraatorite arendajasse my!WIND OÜ 34 000 eurot. Firma tegeleb väikeste tuulegeneraatoritega, mis sobivad hästi suvilatesse või maakohtadesse, kus põhivõrguga liitumine võib osutuda kalliks. Esimene my!WINDi mudel on nominaalvõimsusega 5 kW, firmal on plaanis välja töötada ka mudelid võimsusega 2 kW ja 10 kW. my!WIND OÜ demonstreeris oma generaatorit 17. kuni 20. märtsini 2011 Saksamaal Husumis toimunud New Energy messil. Aprillis esitles my!WIND OÜ generaatoreid Eesti ettevõtete ühisstendil Hannoveri tehnoloogiamessil. My!WIND generaatori eelis paljude seni turul saadavate väikegeneraatorite ees on originaalne konstruktsioon, mille tõttu on generaator lihtsama ehitusega, vastupidav, minimaalse hooldusvajadusega ja selle hind on konkurentsivõimeline.

Professor Ed Spooneri (Durhami ülikool, UK) loodud ja TTÜ doktorandi Ants Kallaste edasiarendatud originaalset elektromagnetilist lahendust kasutades disainis esimese my!WIND OÜ generaatori insener Ott Pabut. Generaatori laboritestid viidi läbi TTÜ-s. Esimesed my!WIND OÜ turbiinid loodetakse välitestimiseks püsti panna suvel 2011.

Allikas: Eesti Arengufond

VIRUMAALE KERKIB LÄHIAASTATEL KAKS TUULIKUPARKI

Keskkonnainvesteeringute Keskuse (KIK) juhatus kiitis märtsi lõpus heaks kaks tuuleenergeetika arendamise projekti, tänu millele rajatakse tuulikupargid Ida- ja Lääne-Virumaale. Tuulikuparkide rajamist toetatakse Eesti ja Hispaania vahel sõlmitud aastekvoodi müügitehingu tulust ning investeeringutoetus kahele projektile on ligi 12,4 miljonit eurot.

OÜ Raisner rajab Varja tuulikupargi Ida-Virumaale Lüganeuse valda. Rohelise investeerimisskeemi toel püstitatakse kuus 2 MW võimsusega tuulikut ning luuakse vajalik taristu. Projektile eraldatud toetus on 7,23 miljonit eurot ning tuulegeneraatorid peaksid olema töövalmis 2013. aasta alguseks.

Lääne-Virumaa Viru-Nigula valda rajab Oceanside OÜ Ojaküla tuulikupargi, kuhu püstitatakse kolm 2,3MW tuulikut ning rajatakse pargi toimimiseks vajalikud teed, elektrikaablid ja liitumispunktid. Projektile eraldatud toetus on veidi üle 5,13 miljoni euro ning park peaks hakkama elektrit tootma 2012. aasta alguses.

Kahe projekti tulemusena oodatakse hinnanguliselt 50 000 tonni CO₂ kokkuhoidu aastas. Vastavalt elektrituru seadusele antud investeeringutoetuste raames rajatud elektritootmisüksused taastuvenergia dotatsiooni ei saa.

Allikas: SA Keskkonnainvesteeringute Keskus



KESKKONNAVEEB

keskkonnainfo internetis

Keskkonna- ja keskkonnaõiguse uudised

Iga kuu keskkonnaõiguses toimunud muudatuste kokkuvõtted (ESTLEXi internetikogumik Keskkonnaõigus - lihtsustab keskkonnaõiguse jälgimist)

Keskkonnavalaste tegevuste info ja kuulutused

2010. a avaldati Keskkonnaõiguse uudiskirjas kokku infot 46 jõustunud, 117 muutunud, 39 lisandunud ja 33 kehtetu õigusakti kohta.

www.alkranel.ee/keskkonnaveeb

BIOENERGIA KASUTAMISE EDENDAMINE LÕUNA-EESTIS: PROJEKT *BIO-EN-AREA*

MARTIN KIKAS

Tartu Regiooni Energiaagentuur

TARTU Regiooni Energiaagentuuri (TREA) üks olulisi tegevusi on osalemine projektis „*Improve regional policies for bioenergy and territorial development*” („Bioenergia ja territoriaalse planeerimise piirkondlike strateegiate täiendamine”) ehk lühidalt *BIO-EN-AREA*. Rahvusvahelist projekti (partnereid on seitsmest riigist) rahastatakse programmist *INTERREG IVC*.

Projekti *BIO-EN-AREA* eesmärk on edendada bioenergia laialdast teadlikku kasutamist, suurendada partnerite võimekust ning täiustada piirkondliku ja kohaliku tegevust Euroopa piirkondade kogemuste ja teadmiste toel. Selleks tuleb kaasata kohalikke omavalitsusi, asjatundjaid, valdkonna arengut mõjutavaid organisatsioone, huvitatud

isikuid ja arvamusi liidreid, viia teavet ja uusi teadmisi kohalikule tasandile – omavalitsuste ja ettevõtjateni – ning tõhustada projektipiirkondade kogukondade, asutuste ja organisatsioonide vahelist koostööd. Peaesmärk on täiustada ja täiendada bioenergia kasutamise seotud strateegilisi (arengule suunatud) dokumente ning valmistada koos partneritega ette või viia ellu biomassi piirkondlikke arengukavasid kui projekti üht eriti olulist tulemust.

Projekt *BIO-EN-AREA* hõlmab Hispaanias Castilla y Leóni, Kreekas Põhja-Makedoonia, Slovakkias Košice ja Iirimaa Kagu-Iirimaa piirkonda, Itaalias Trento provintsi ning Rootsis Kagu-Rootsi ja Eestis Lõuna-Eesti piirkondi.

Projektis on oluline koht piirkon-

dadevaheliste organisatsioonide miniprojektikonkursil. Konkreetsetele organisatsioonidele ja kohalikele omavalitsustele suunatud miniprojektide eesmärk on sama, mis kogu projektil – soodustada bioenergia laialdast kasutamist rakenduspiirkonnas. See tähendab tegevuskavade koostamist ja elluviimist, meetoodilisi juhendeid, täiendatud teavet ja uusi teadmisi. Miniprojekti tulemused peavad olema piirkonna jaoks uuenduslikud ning võimaldama tagasisidet, et välja töötada kohaliku või regionaalse arengupoliitika uusi näitajaid ja hindamisviise.

Miniprojektikonkurss toimus juunist septembrini 2010. Kokku laekus üksteist projektitaotlust, millest kuues osaleb viis Eesti organisatsiooni – Ees-



PURMO RADIAATORID
TOOVAD SUVE
SINU KOJU

KÕIGE USALDUSVÄÄRSEMAD KESKKÜTTERADIAATORID

Rettig Radiaator AS
Tallinn, Liimi 3
Tel. +372 670 6906
www.purmo.ee

PURMO

ti Maaülikool, Tallinna Tehnikaülikool, MTÜ Piiriäärne Energiaarendus, SA Põlvamaa Arenduskeskus ja Tartu linn.

Eesti Maaülikool ja MTÜ Piiriäärne Energiaarendus on osalised kahes ning Tallinna Tehnikaülikool, Tartu linn ja SA Põlvamaa Arenduskeskus ühes projektis. Miniprojektid tuleb ellu viia jaanuarist 2011 septembrini 2012. Miniprojektidele pühendatud tegevus sai alguse Hispaanias, Burgoses peetud pidulikult avakonverentsil, kus projekti-partnerid tutvustasid oma projektidega seotud tegevusi ja eesmärgi. Burgoses tutvustati konverentsikülalistele korraldatud õppevisiidil kohalikkude reoveepuhastit, mis saab suure osa tarbitavast energiast reoveesettest toodetud biogaasist. Sellised energiasäästlikud reoveepuhastid on ka Eestis huvi äratanud – Tallinnas biogaasi juba kasutatakse ning Tartus seda kavandatakse. Miniprojektides pakutavate lahenduste tutvustamine ja üldtuntuks tegemine on osa projekti BIO-EN-AREA eesmärkidest – aidata suurendada taastuvenergia osakaalu energiatarbimises. Edukaks osutunud miniprojekte rahastatakse kokku 1,4 miljoni euro ulatuses, sellest 200 000 eurot on mõeldud Eesti projektidele.

Kõige rohkem on osalejaid (seitse osalejat viiest riigist) projektis „*Biogas and networks*“ (BaN). Peaesmärk on luua biogaasiga tegelevate organisatsioonide võrgustik, mille eesmärk on korraldada teabe ja tehnoloogia siiret, koostada biogaasi kasutamise strateegia ning edendada gaasi laialdast kasutamist. Eestist osalevad selles projektis Tartu linn ja Eesti Maaülikooli tehnika-instituut.

Projekt „*Evaluation of biomass resources for municipalities*“ (ERIMUN, samuti seitse osalejat viiest riigist) keskendub biomassi kasutamisele kütteks. Eestist osaleb selles MTÜ Piiriäärne Energiaarendus. Projekti eesmärk on aidata omavalitsustel kavandada ja

koostada energiamajanduskavasid, pakkuda selleks uusi lahendusi ning koostada energiabilansse. Külustatakse huvipakkuvaid piirkondi ning tutvustatakse hästi toimivaid bioenergialahendusi.

Energiasüsteemide tootjatele ja pagaldajatele mõeldud projekt „*Regional bioenergy business development*“ (RBBD, kuus osalejat kolmest riigist) seab eesmärgiks sihtühmade (lõpptarbijate ning kaugkütetkatlamajade ja -võrkude omanike) pädevuse suurendamise ja ressursside optimaalse kasutamise. Projekt keskendub energiatõhususele, seda nii tootjate kui ka lõpptarbijate seadmetes. Korraldatakse sihtühmade täiendusõpet ning koostatakse igas piirkonnas, sealhulgas ka Lõuna-Eestis, vähemalt viis tasuvusanalüüsi üleminekuks soojusenergia tootmisele taastuvatest allikatest.

Laialdast huvi peaks pakkuma miniprojekt „*The bioenergy system planners handbook*“ (akronüüm BISIPLAN), mille eesmärk on koostada bioenergia kasutamise käsiraamat. Sellesse miniprojekti on kaasatud viis osalejat viiest riigist, Eestis tegeleb sellega Tallinna Tehnikaülikooli soojustehnika instituut. Hästi illustreeritud käsiraamatus käsitletakse bioenergiaressursse (nt puit, rohtne biomass, jäätmed), energiatootmistehnoloogiaid ja majandusarvutusi.

Projektis „*Development of local policies among local governments that encourage the use of biomass*“ (POLY-BIOMASS, neli osalejat neljast riigist) osaleb Eestist SA Põlvamaa Arenduskeskus. Projekti eesmärk on piirkonna energiamajanduse strateegiline planeerimine ning otsustajate ja ametnike täiendusõpe; biomassi kasutamise tegevuskava koostamine kolmele regioonile; mitmesuguste valdkondlike näitajate võrdlemine ja arendamine tegevuskavade tulemuslikkuse hindamisel; kogemuste vahetamine ja levitamine ka

projektis mitteosalevate omavalitsuste seas; finantstoetuste andmine kohalikes omavalitsustes; biomassi kasutamise seotud täiendusõpe ning teemakohase võrgustiku loomine biomassi laialdase kasutamise edendamiseks.

Energiataimede komplekssele kasutamisele suunatud projektis „*Potential of integral use of the energy crops – analysis and its importance within biomass action plans*“ (BIOREF) (neli osalejat neljast riigist) osaleb Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut. Uuritakse energiataimede laialdast kompleksset kasutamist tööstuses ning energia tootmist nende jääkidest. Tulemustest teavitatakse põllumajandusettevõtteid ja maaomanikke.

Tänu projektile BIO-EN-AREA ja miniprojektidele suureneb Lõuna-Eesti piirkonnas taastuvenergeetika-alane teadlikkus ja kohalike asjatundjate pädevus ning parandatakse uute tehnoloogiate rakendamise tingimusi energiamajanduses.

Tartu Regiooni Energiaagentuur on valmis igakülgeks koostööks kohalike omavalitsuste, ettevõtete ja organisatsioonidega. Koostöövõimaluste kohta saab täpsemat teavet kodulehelt <http://www.trea.ee>. TREA asub Tartu Teaduspargi Inkubatsioonikeskuses aadressil Riia 181a.

A.M.



www.rentacar-estonia.eu
AUTORENT

Tel 5625 0951



EUROOPA LIIDU KIIRGUS- JA TUUMAOHUTUSALANE ÕIGUSLOOME JA SELLE MÕJU EESTILE

EVELYN PESUR, McS

Keskkonnaministeerium

KIIRGUS- ja tuumaohutuslast tegevust korraldab Eestis Keskkonnaministeerium Keskkonnaameti ja Keskkonnainspektiooni kaudu. Lisaks pädevate asutuste süsteemile on olemas ka vajalikud õigusaktid. Eestis on peamine valdkonda reguleeriv õigusakt kiirgusseadus, mis suures osas põhineb rahvusvahelistel nõuetel. Eesti on Rahvusvahelise Aatomienergia Agentuuri (IAEA) liige ja mitmete konventsioonide osaline. Kõige olulisem on siiski kooskõla Euroopa Liidu (edaspidi EL) õigusaktidega.

Eesti võttis Euroopa Liiduga liitudes kohustuse järgida kõiki liidu õigusakte. Seetõttu tuli kiirgusohutuse õigusloomet 2004. aastal oluliselt täiendada. Peamised muudatused olid seotud Euroopa Liidu

Nõukogu (edaspidi nõukogu) direktiivi 29/1996/Euratom ülevõtmisega kiirgusseadusesse. Direktiiviga sätestatakse põhilised ohutusnormid töötajate ja muu elanikkonna tervise kaitsmiseks ioniseerivast kiirgusest tulenevate ohtude eest. Muudatuste järel kaotasid Eestis kehtivuse kõik selleks ajaks välja antud 500 kiirgustegevusluba ja tuli välja anda uued load täpsustatud tingimustel. ELiga liitumisel võeti üle rida teisigi direktiive ja soovitusi, muuhulgas nõukogu direktiiv 89/618/Euratom elanikkonna teavitamise kohta kiirgushädaolukorra puhul rakendatavatest tervisekaitsemeetmetest ja kasutatavatest abinõudest; nõukogu direktiiv 97/43/Euratom, mis käsitleb üksikisikute kaitset ioniseeriva kiirguse ohtude eest

seoses meditsiiniikiiritusega, ning nõukogu direktiiv 2003/122/Euratom kõrgaktiivsete kinniste kiirgusallikate ja omanikuta kiirgusallikate kontrollimise kohta.

Mõni aeg valitses Euroopas uute õigusaktide osas vaikus. Välja töötati küll terve rida Euroopa Komisjoni (edaspidi komisjon) soovitusi ja nõukogu järeldusi, kuid need ei ole liikmesriikide jaoks otseselt siduvad, vaid vajaduse korral järgitavad dokumendid. Aastal 2005. prooviti küll jõustada tuumaohutust, radioaktiivseid jäätmeid ning kasutatud tuumkütust puudutav direktiiv, kuid liikmesriigid ei jõudnud teksti osas üksmeelele. Aastal 2006 jõuti kokkuleppele nõukogu radioaktiivsete jäätmete ja kasutatud tuumkütuse vedude järelevalve ja kont-

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

05.05.2011 **SOOJUSTUSPÄEV**

19.05.2011 **HOONETE RENOVEERIMINE JA RESTAUREERIMINE**

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

rolli direktiivi osas ja see jõustati (2006/117/ Euratom). Eesti võttis direktiivi küll üle, kuid sisulisi muudatusi ei toimunud, kuna radioaktiivsete jäätmete ja kasutatud tuumkütuse veod on Euroopas väga harvad ning Eestis selliseid rahvusvahelisi vedusid ei olegi toimunud.

Kuna endiselt puudus tuumaohutust käsitlev ühtne ELi õigusakt, kuid riikide huvi uute tuumatehnoloogiate ja nende kasutuselevõtu vastu suurenes, siis intensiivistus uuesti ka komisjoni töö. Aastal 2008 tuldis uuesti välja tuumaohutuse direktiivi eelnõu. Tegemist oli küll väga üldise dokumendiga, kuid oluline edasimineku oli see siiski. Pärast nõukogus toimunud põhjalike arutelusid, mille käigus direktiiv kaotas veel üksjagu oma sisu, õnnestus see 2009. aasta suvel vastu võtta. Eestil tuleb nõukogu direktiiv 2009/71/Euratom, millega luuakse tuumaseadmete tuumaohutust käsitlev ühenduse raamistik, üle võtta 2011. aasta suvel. Direktiivi eesmärk on luua tuumakäitiste tuumaohutust käsitlev ühenduse raamistik, et säilitada ja edendada tuumaohutust ning selle reguleerimise jätkuvat parandamist. Eestil on direktiivi keeruline üle võtta, kuna meie territooriumil ei asu ühtki töötavat tuumaelektrijaama, puuduvad ka õppe- ja uurimisreaktorid ning tuumkütuse tsükliga seotud rajatised. Samas on Paldiskis Nõukogude Liidu ajal kasutusel olnud kahe

reaktoriga tuumaallveelaevnike õppekeskus, milles olnud tuumkütuse eemaldas Vene Föderatsioon 1995. aastal. Samas on komisjon seisukohal, et uus direktiiv kohaldub Paldiski rajatisele ja selle juures asuvalle radioaktiivsete jäätmete vaheladustuspaigale. Direktiivi ülevõtmisel teeb eelkõige muret asjaolu, et see nõuab reaalse tuumaohutuse raamistiku loomist, kuid ühe rajatise jaoks ei ole mõistlik olemasolevat ja toimivat süsteemi põhjalikult muuta. Paldiski objekti haldavale ASile A.L.A.R.A. on väljastatud dekomisjoneerimistöödeks ja jäätmete käitlemiseks kiirgustegevusluba kiirgusseaduse alusel. See tähendab, et juba olemasoleva õigusliku regulatsiooniga on tagatud objektis kiirgus- ja tuumaohutus. Seetõttu täiendatakse 2011. aasta suveks kiirgusseadust üldisel tasemel, mööndusega, et kui Eesti soovib kasutusele võtta uusi tuumarajatisi, näiteks tuumajaama, siis tuleb selleks luua põhjalik raamistik, mis hõlmab pädeva asutuse määramist ning uute õigusaktide väljatöötamist.

Pärast tuumaohutuse direktiivi jõustumist sai komisjon kinnitust, et riigid on nõus vastavasisuliselt koostööks ning 2010. aastal esitati nõukogule kasutatud tuumkütuse ja radioaktiivsete jäätmete käitlemise direktiivi eelnõu. Selle dokumendi lõpliku sõnastuse osas läbirääkimised alles käivad ning nendes osaleb aktiivselt ka Eesti. Ko-

misjoni ettevalmistatud eelnõu kohaselt peavad kõik liikmesriigid looma raamistiku, et tagada kasutatud tuumkütuse ja radioaktiivsete jäätmete vastutustundlik käitlemine. Eestil on võimalik üle võtta ainult direktiivi radioaktiivseid jäätmeid puudutav osa, sest kasutatud tuumkütust meil ei ole. Seetõttu tegi Eesti nõukogule ettepaneku teha tuumkütust mitteomavatele riikidele direktiivis vastavasisuline erand. Praguseks on nii nõukogu kui komisjon erandiga nõustunud. Direktiivi jõustumine peaks jääma 2011. aastasse ja liikmesriigid peavad selle üle võtma kahe aasta jooksul pärast jõustumist.

Aastal 2011 plaanib komisjon esitada nõukogule veel 5 kiirgus- ja tuumaohutusalast raamdirektiivi muutva direktiivi eelnõu. Samuti on oodata komisjoni aktiivset tööd uute hädaolukordade ennetamisel ning nendele reageerimist käsitlevate õigusaktide eelnõude väljatöötamisel. Viimane teema tõusetus seoses märtsikuus Jaapanis juhtunud tuumaõnnetusega. Juhtum paneb maailma riike tegutsema tuumaohutuse tagamise süsteemi parandamise nimel. Uute regulatsioonide väljatöötamisel osaleb aktiivselt kindlasti ka Eesti.

Eesti Vabariigi õigusaktidega on võimalik tutvuda internetileheküljel <https://www.riigiteataja.ee/> ning Euroopa Liidu õigusaktidega <http://eur-lex.europa.eu/>

European Environmental Press

The EEP is a Europe-wide association of 17 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.

- ★ CSR (Denmark) ★
- ★ Ecotec (Greece) ★
- ★ ekoloji magazin (Turkey) ★
- ★ Environnement Magazine (France) ★
- ★ Hi-Tech Ambiente (Italy) ★
- ★ Industria & Ambiente (Portugal) ★
- ★ Infomedi Europe (Romania) ★
- ★ Keskkonnatehnika (Estonia) ★
- ★ Környezetvédelem (Hungary) ★
- ★ milieuDirect (Belgium) ★
- ★ MilieuMagazine (Netherlands) ★
- ★ MiljøStrategi (Norway) ★
- ★ Residuos (Spain) ★
- ★ UmweltJournal (Austria) ★
- ★ UmweltMagazin (Germany) ★
- ★ Umwelt Perspektiven (Switzerland) ★
- ★ Uusioutiset (Finland) ★



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

TUUMAJAAMA VÕIMALIKU ASUKOHA GEOLOOGILIS-GEOTEHNILISTEST UURINGUTEST SUUR-PAKRIL JA SELLE ÜMBRUSES

KALLE SUUROJA, STEN SUUROJA, REIN PERENS, KULDEV PLOOM, KATRIN KALJULÄTE

Eesti Geoloogiakeskus

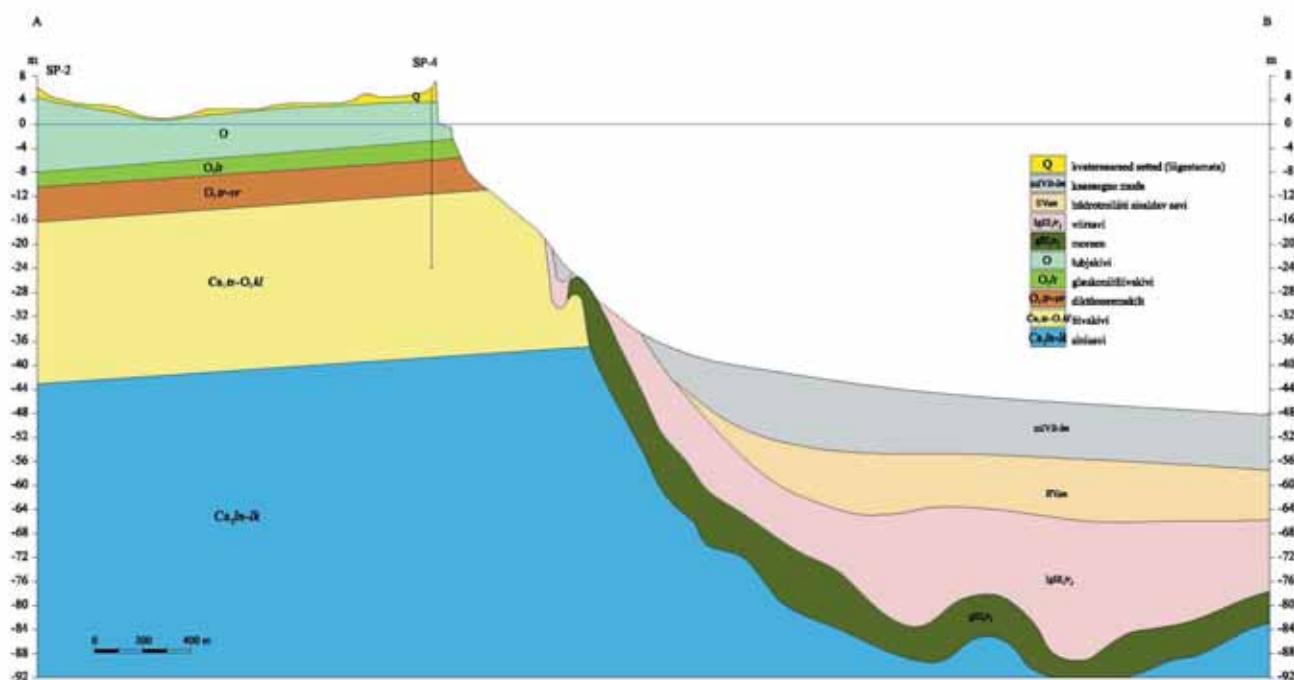
AASTAL 2010 tegi OÜ Eesti Geoloogiakeskus AS Eesti Energia tellimusel geoloogilis-geotehnilise suunitlusega uurimistööd Suur-Pakril ja saare lähiumbruse merepõhjas, et välja selgitada selle piirkonna geoloogilist sobivust tuumajaama ehitamiseks. Lähteülesande kohaselt hõlmas töö algul üksnes Suur-Pakrile rajatud ühe sügava (300 m) ja kolme madala (30 m) puurau-gu südame [1] detailset geoloogilis-geotehnilist uurimist. Täiendavate ülesannete lisamine laiendas uuringute spektrit. Algul uuriti seismilise profileerimise meetoditega Suur-Pakri ümbrisa merepõhja. Järgnes Suur-Pakri ja selle lähiumbruse settekivimilasundi

lõhelisuse uuring, et saada ülevaadet võimaliku tuumajaamaala settekivimilasundi püsikindlusest ja võimalikest seismilistest riskidest. Kolmandana uuriti geoloogilis-geotehniliselt Kurkse väina merepõhja [2], et selgitada püsiühenduse rajamise võimalusi. Puurimise ajal ette nähtud katsepumpamised jäid millegipärast tegemata ning Eesti Geoloogiakeskus (EGK) võttis täiendava lähteülesande alusel hüdrogeoloogiliste uuringute lõpuleviimise enda kanda [3]. Lõhetäiteid uuris mikrokoopiliselt TTÜ geoloogia instituut [4]. Kivimite petrofüüsikalisi omadusi uuriti TÜ geoloogia osakonnas ning kivimite geotehnilisi omadusi Keskkon-

nauuringute Keskuse geotehnikalaboris. Käesoleva uuringutöö koostamisel olid suureks abiks siinses piirkonnas varem sooritatud geoloogiliste kaardistamiste materjalid [5, 6, 7, 8, 9, 10].

Uuringute käigus kogutud teave ja selle põhjal tehtud järeldused koos kõigi lisadega koondati tellija palvel ühisaruandesse „Suur-Pakri saare ja selle lähiumbruse geoloogilis-geotehnilis-hüdrogeoloogilised uuringud“. Autorikollektiivi kuulusid Kalle Suuroja, Sten Suuroja, Rein Perens, Mati Niin, Kuldev Ploom, Katrin Kaljuläte, Aado Talpas ja Valter Petersell.

Uuringute tulemused on lühidalt järgmised.



Joonis 1. Suur-Pakri põhjapoolse rannanõlva geoloogiline läbilõige A-B

1) paeklibust pinnakate – paksus 0,2–2,5 m;

2) ülem- ja kesk-ordoviitsiumi lubjakiivi (tugev kaljukivim) – 10–12 m (alumine piir tasemel 3 kuni 8 m alla merepinna);

3) alam-ordoviitsiumi glaukoniitliivakivi ja bentoniitsavi (väga nõrk kivim) – ca 7 m;

4) alam-ordoviitsiumi diktüoneemakilt (keskmiselt tugev kaljukivim) – 4,7–5,5 m;

5) alam-ordoviitsiumi oobolusliivakivi
(väga nõrk kivim) – ca 5 m;

6) alam-kambriumi Tiskre liivakivi
(väga nõrk kivim) – ca 26 m;

7) alam-kambriumi sinisavilasund (väga nõrk kivim), mis on tuntud ka regionaalse veepidemena – kuni 70 m;

8) ülem-vendi ehk ediacara ca 55 m paksune väga nõrga liivakivi lasund;

9) kristallilise aluskorra ca 1,9 Ga (*giga-annum*, s.o miljard aastat) vanused moondekivimid – kurrutatud (kih-tide kallakus keskmiselt 70°) ja mig-matiidistunud keskmisekristallilised amfiboliidid vaheldumisi peenekris-talliliste kvarts-päevakivigneissidega (väga tugev kaljukivim sügavusel 180,5–302,0 m). Sügavusel 180,5–188,5 m on murenemiskoorik, st et kristallilise aluskorra kivimid on 8 m ulatuses murenenud.

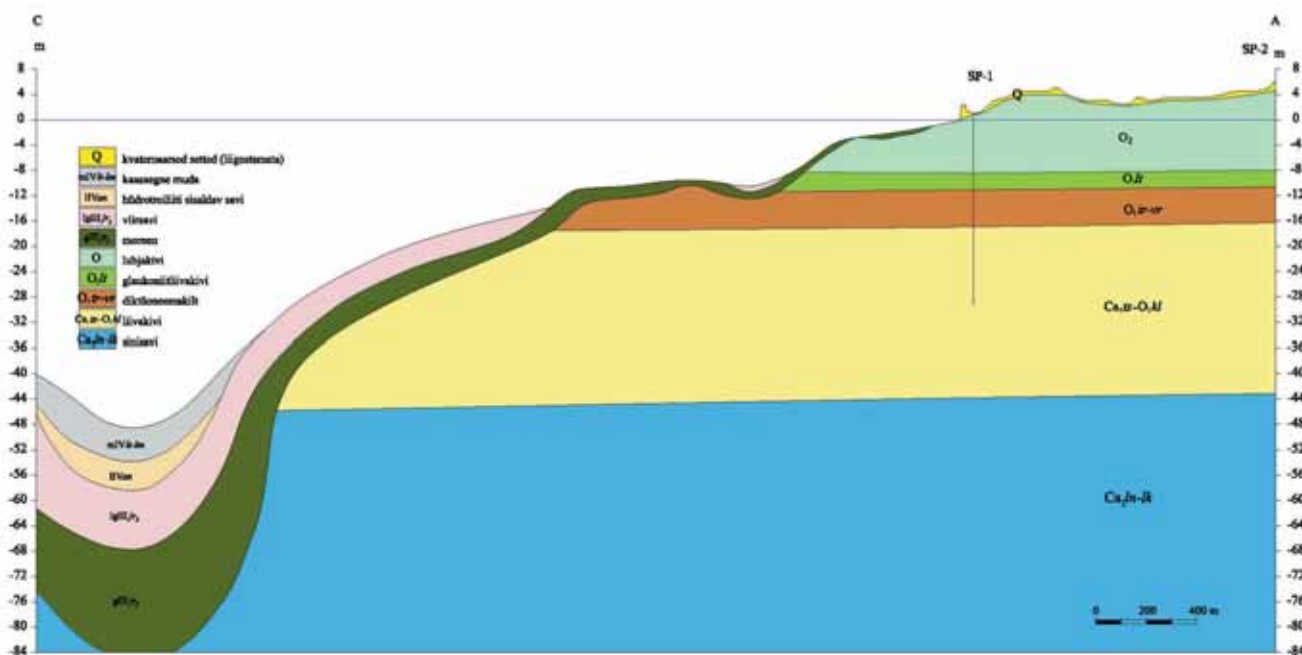
2. Puurauguga SP-2 avatud kristal-



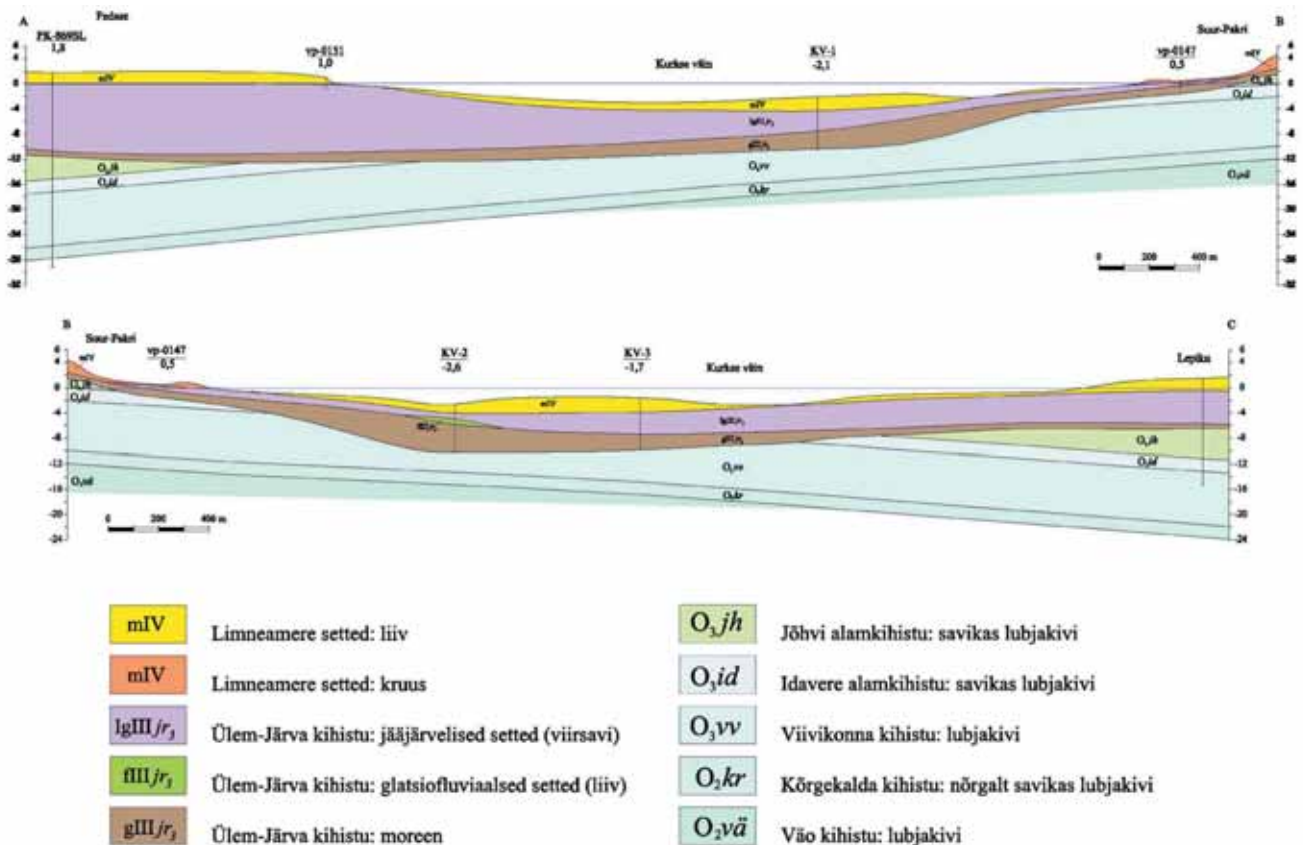
Joonis 3. Kurkse väina uuringuala geoloogiliste läbilõigete paiknemine

lilise aluskorra kivimite rikutuse aste sügavusel 190–232 m on lähiümbruse puuraukude (Põllküla, Ristna, Vihterpalu) omast mõnevõrra kõrgem, kuid purustusnähtude iseloom on üldjoontes sama. Purustuse intensiivsus väheneb ajas ja kõige laiemalt on levinud ca 1,5–1,6 Ga vanused kataklass ja müloniit. Sellele järgnevad umbes 420 Ma (*megaannum*, s.o miljon aastat) eest kaledoonia kurrutusega seonduvate tektooniliste liikumiste initsieeritud lõhelisus ja epidoot-kaltsiit-klooriit-kvartsi-kooslusega hüdrotermide sissetung. Kõige vähem on läbilõikes kaltsiitsete soonte ja nihkepeeglitega

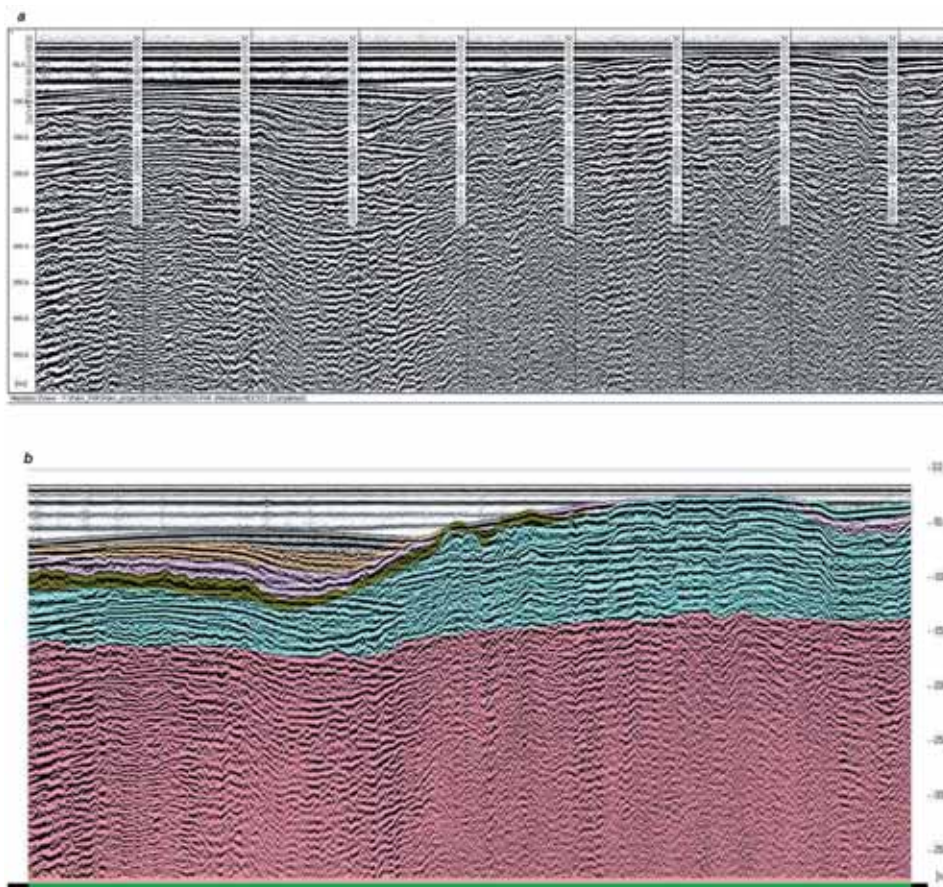
seotud lõhesid. Kindlasti ei ole puuraugu SP-2 läbilõikes kõige vanematel „armistunud“ deformatsioonidel ega ka noorematel täheldatud seost Paldiski–Pihkva struktuurse võõndiga. Sellele viitab ka asjaolu, et kristallilist aluskorda avavatest võrdlusalustest puuraukudest kõige väiksema lõheliisusega Põllküla puurauk (F-317) asub oletatava süvamurrangu telgjoonest, mis kulgeb kagu-loode suunas üle Lahepere lahe pära, kolme kilomeetri kaugusel edelas, samas kui kõige enam deformeeritud kristallilise aluskorra läbilõikega uuringuala puurauk SP-2 paikneb Paldiski–Pihkva struktuurse



Joonis 2. Suur-Pakri läänepoolse rannanõlva geoloogiline läbilõige C-A



Joonis 4. Kurkse väina uuringuala geoloogilised läbilõiked A–B ja B–C



Joonis 5. *Airgun*-meetodil profileeritud seismilise pidevsondeerimise seismogramm piki Suur-Pakri saare põhjapoolset rannanõlva: *a* dešifreerimata; *b* dešifreeritud (kristalne aluskord on punane ning aluspõhja settekivimid sinkjasrohelised)

vööndi telgjoonest koguni 13 km edela pool.

3. Suur-Pakri ja Väike-Pakri põhjaosa ning nende lähikümbruse klinditsoonis avanevate settekivimite (põhiliselt lubjakivi) lasundi lõhelisuse uurimine näitas, et ei lõhelisuse tiheduse (üks lõhe keskmiselt 3–5 m tagant) ega suuna (ca 315°) poolest ei erine võimaliku tuumajaama piirkond millegi poolest Põhja-Eesti klinditsooni rikkumata lasuvusega aladest.

4. Pakri saarte rannanõlvadel tehtud seismilised pidevprofilerimised madalsagedusliku (250–500 Hz) nn *Airguni* ja kõrgema (kuni 3,5 kHz) sagedusega nn *Chirpi* abil ning maismaal tehtud vaatlused ja puuraukude läbilõigete võrdlev analüüs kinnitavad, et uuringualal ega selle lähikümbruses ei ole minneid tunnuseid, mis viitaksid aktiivse rikketsooni olemasolule selles regioon. Võimalik tuumajaamaala ei erine seismilise riski taseme poolest (see on minimaalne) millegagi ülejäänud Eesti piirkondadest.

Tabel 1. SUUR-PAKRI UURINGUALA LÄBILÕIGETE SETETE JA KIVIMITE HÜDROGEOLOOGILIS-GEOTEHNILISI OMADUSI

Jrk nr	Kihikompleksi tingnimetus ja litostratigr. indeks	Paksus m	Hüdrogeoloogiline iseloomustus ja filtratsioonimoodul K	Pinnase geotehniline kirjeldus
1.	Kruusliivane klibu (Q)	0–3	Sporaadiline keskmine veekiht, $K = 5 - 10 \text{ m/d}$	Kohev liivane kruus (klibu)
2.	Nüüdisaegne muda (mIVlt-lm)	< 7	Sporaadiline väga nõrk veekiht, $K = 10^{-2} - 1 \text{ m/d}$	Voolav möllmuda
3.	Savi hüdro-troiliidiga (IIVan)	< 10	Lokaalne keskmine veepide, $K < 10^{-4} \text{ m/d}$	Voolav möllsavi
4.	Viirsavi (IglIIlr ₃)	< 10	Lokaalne keskmine veepide, $K < 10^{-4} \text{ m/d}$	Voolav möllsavi
5.	Moreen (gIIIlr ₃)	< 10	Sporaadiline väga nõrk veekiht, $K = 10^{-2} - 1 \text{ m/d}$	Keskmise karbonaadisaldusega väheplastne saviliivmoreen
6.	Ordoviitsiumi lubjakivi (O)	ca 20	Ordoviitsiumi keskmine veekiht, $K = 2 - 5 \text{ m/d}$	Tugev kaljupinnas
7.	Glaukoniitliivakivi (O ₁ lt)	ca 4	Leetse lokaalne nõrk veekiht, $K = 1 - 2 \text{ m/d}$	Äärmiselt kuni väga nõrk kaljupinnas
8.	Diktüoneemakilt (O ₁ tr-vr)	ca 6	Alam-ordoviitsiumi keskmine veepide, $K = 10^{-5} - 10^{-3} \text{ m/d}$	Keskmiselt tugev kaljupinnas
9.	Liivakivi (Ca ₁ ts–O ₁ kl)	ca 25	Ordoviitsiumi-kambriumi nõrk veekiht, $K = 1 - 3 \text{ m/d}$	Äärmiselt kuni väga nõrk kaljupinnas
10.	Sinisavi (Ca ₁ ln-lk)	> 50	Tugev regionaalne veepide, $K = 10^{-7} - 10^{-5} \text{ m/d}$	Nõrk kaljupinnas

5. Suur-Pakri saare põhjapoolne veealune rannanõlv tasemeni ca 30 m amp on kvaternaarisetetega katmata või nende kiht on üsna õhukene (1–2 m). Seal paljanduvad terrigeensed kivimid alates alam-kambriumi Tiskre liivakividest (all) kuni alam-ordoviitsiumi glaukoniitliivakivideni (ülal).

6. Suur-Pakri saare läänepoolne veealune rannanõlv on enamasti 1–10 m paksuselt kaetud kvaternaarisetetega (moreen, viirsavi). Umbes tasemelt 20 m amp hakkab rannanõlv laskuma Suur-Pakri saarest lääne pool asuvasse kuni 60 m sügavusse Krässgrundi klin-diorgu.

7. Puurtöid Kurkse väinas tegi OÜ REI Geotehnika, kes puuris sinna kolm kuni kümne meetri sügavust puurauku. Nende ja mitme nii merepõhjas kui ka maismaal asuva vaatluspunkti andmetel lasuvad ca 3 km laiuse ja kuni 2 m sügavuse Kurkse väina põhjas:

- 1) 1–2 m paksune kiht merelist liiva. Selle lasundi ülemine osa on kohev, alumine kesktihe;
- 2) liivalasundi all on 1–11 meetrit jääjärvesetteid (voolavat viirsavi);
- 3) järgneb kuni 5 m plastset saviliivmoreeni;
- 4) ca 8 m paksuse pinnakatte all, tasemel ca 10 m amp, avanevad keskordoviitsiumi savikad lubjakivid (tugev kaljukivim).

8. Uuringuala läbilõikes on eristatavad kolm põhjaveekompleksi: ordo- viitsiumi, ordoviitsiumi-kambriumi ja



kambriumi-vendi, õhukeses (0,5–2 m) klibuses pinnakattes püsivat veekihti ei moodustu (tabel 1). Ordoviitsiumi veeladestu on kohapealse toitega, merevee sissetung on võimalik ja suur-
tarbijale see ei sobi. Ordoviitsiumi-kambriumi veekiht levib kogu saare ulatuses ja vettandva 25–30 m paksuse liivakivikompleksi filtratsioonimooduli väärtused on üsna ühtlaselt 1–5 m/d, erideebit $q = 0,1–0,3 \text{ l/(s·m)}$ ning veejuhtivustegur $20–25 \text{ m}^2/\text{d}$. Vesi on survealine ja selle tase on enam-vähem merepinna tasemel. Tänu maapinnalähedasele lasumisele ja looduslikule kaitstusele on see veekiht saare peamine joogiveeallikas, kuid selle üleksploateerimine võib kergesti kaasa tuua merevee sissetungi. Lontova ja Lükati kihistu ca 50 m paksune sinisavilased, mille filtratsioonimoodul on enamasti $10^{-7}–10^{-5} \text{ m/d}$, on regionaalne veepide. Kambriumi-vendi veeladestu vesi on hea kvaliteediga ning ta on Harjumaa ja Paldiski linna oluline joogiveeallikas. Paldiski linna põhjavee kinnitatud tarbevaru on $4000 \text{ m}^3/\text{d}$, millest 2008. aastal kasutati $1040 \text{ m}^3/\text{d}$. Seega oleks tuumajaama toekssaamise korral võimalik kasutada ka kambriumi-vendi veeladestu põhjaveeressurssi. Kristallilisest aluskorrast pumpamisel saadi erideebitiks $0,006 \text{ l/(s·m)}$, mis on väga väike. Tõenäoliselt põhjustas nii väikest juurdevoolu puurauguga avatud kristalse aluskorra ülemise osa tugev lõhelisus ning puuraugu ebakvaliteetne manteldus. Murenemiskooriku veepidemeomaduste üle on raske otsustada, sest 7,5-meetriseist lõigust tõsteti välja vaid kolm meetrit südamikku ning veepidemenas arvesse tulla võiva murenemiskooriku tugevamalt murenenud ning savikas osa puudub üldse.

A.M.

Viidatud allikad

1. Kotenjov, R Suur-Pakri saare võimaliku tuumaelektrijaama asukoha ehitus- ja hüdroteoloogiliste puurtööde aruanne. OÜ Inseneribüroo Steiger. Tallinn, 2009.
2. Leinsalu, T. Kurkse väina (Harjumaa, Padise vald) puurtööd. OÜ REI töö nr 2749-10 aruanne. Tallinn, 2010.
3. Perens, R., Suuroja, K. Suur-Pakri täiendavatest hüdroteoloogilistest uuringutest. Eesti Geoloogiakeskus. Tallinn, 2010.
4. Soesoo, A., Voolma, M., Kallaste, T.



Joonis 7. Puuraugu SP-2 kristalse aluskorra kivimitest survetugevuse määramiseks võetud katsepalad enne ja pärast surveteimi Eesti Keskkonnauuringute Keskuse geotehnikalaboris

Lõhetäite materjali uurimine Pakri puuraugus: mineraloogiline ja keemiline koostis. TTÜ Geoloogia Instituut, 2010.

5. Suuroja, K., Kadastik, E., Ploom, K., Saadre, T. Loode-Eesti 1:50 000 (1:25 000) geoloogilise kaardistamise aruanne. Tallinn, EGF 5920, 1998. 203 lk.
6. Suuroja, K., Morgen, E., Mardim, T., Otsmaa, M., Kaljuläte, K., Vahtra, T., All, T., Kõiv, M. Eesti geoloogilise baaskaardi Paldiski (6333) leht. Seletuskiri. Tallinn, 2010.
7. Suuroja, K., Suuroja, S., Talpas, A. The marine geological investigations of the structures between Osmussaar and Pakri Islands. Maps with explanatory note (in Estonian). Geological Survey of Estonia. Tallinn, EGF 6119, 1999.180 pp.

8. Talpas, A., Väling, P., Kask, J., Mardla, A., Sakson, M. The geological mapping of the shelf area of the Baltic Sea at a scale of 1:200 000. Report of Investigations (in Russian). Geological Survey of Estonia. Tallinn, EGF 4586, 1994. 152 pp.

9. Suuroja, K., Koppelmaa, H., Kivisilla, J., Niin, M., Gromov, O., Klein V. Geoloogiline süvakaardistamine Nõva-Haapsalu piirkonnas mõõtkavas 1:500 000 (topoalusel 1:200 000) 1985.–1987.a. Tallinn, EGF 4259, 1987.

10. Koppelmaa, H., Gromov, O., Kivisilla, J., Klein, V., Lodjak, T., Mardla, A., Niin, M., Suuroja K. Aruanne geoloogilisest süvakaardistamisest Keila-Riisipere piirkonnas (Põhja-Eesti) mõõtkavas 1:500 000 (topoalusel 1:200 000) 1982.–1985.a. Tallinn, EGF 4115, 1985.

SADAMARAJATISTE MÕJU RANNAJOONE ARENGULE LÄÄNE POOL TOILA SADAMAT

ANDRES KASK, PhD

TTÜ Küberneetika Instituut

JÜRI KASK, PhD

TTÜ Meresüsteemide Instituut

RANDA ulatuvaid rajatisi kavandades on vaja analüüsida nende võimalikku mõju rannajoone arengule. Kui tavaliselt on looduslik tasakaal ühes või teises rannalõigus juba välja kujunenud, siis rannajoonega ristuvad hüdrotehnilised rajatised võivad seda oluliselt muuta. Ilmeka näite tasakaalu rikkumise tagajärgedest võib leida Ida-Virumaalt Toila valla Kalaranna ja Pühajõe suudme piir-

konnast (joonis 1). Ajuveeranda iseloomustavad seal valdavalt lubjakiviklibu-, mille hulgas on ka liivakivitükke, vallid. Rannajoone piirkond on suuremalt jaolt kaetud liivaga. Rannavööndis on hajusalt veeriseid ja munakaid, mis viitab siin paiguti esinevale moreenile. Kohati on ajuveerand kitsas ning seda piirab maa poolt kambriumi sinisavi pank.

Rannavallides oleva materjali liikuma panemiseks on vaja kõrget veeseisu ja intensiivset tormilainetust. Voolukiirus, mis suudab liigutada näiteks 10 cm läbimõõduga veerist, peab olema üle 1 m/s, selline kiirus on võimalik vaid tugeva tormilainetuse ajal. Toila alevikust mere pool, Kalarannas, oli eelmise sajandi esimesel poolel rohkesti hooned (joonis 2) – katastrikaardile (aastad 1930–1944 [1]) on neid märgitud kaheksateist ning 1961. aastal koostatud kaardile [2] kaksikümne. Suuremad neist paiknesid rannajoonest kaugemal olevatel taimestunud klibuvallidel. Rannajoonele lähemal oli taimestumata klibuvallidel väiksemaid, ilmselt ajutisi ehitisi – paadi- ja võrgukuure (joonis 3). Mitmest merepoolsest hoonest viis merre puitvaiadele rajatud paadisild. Kalapüügi kõrghooajal oli rannajoone

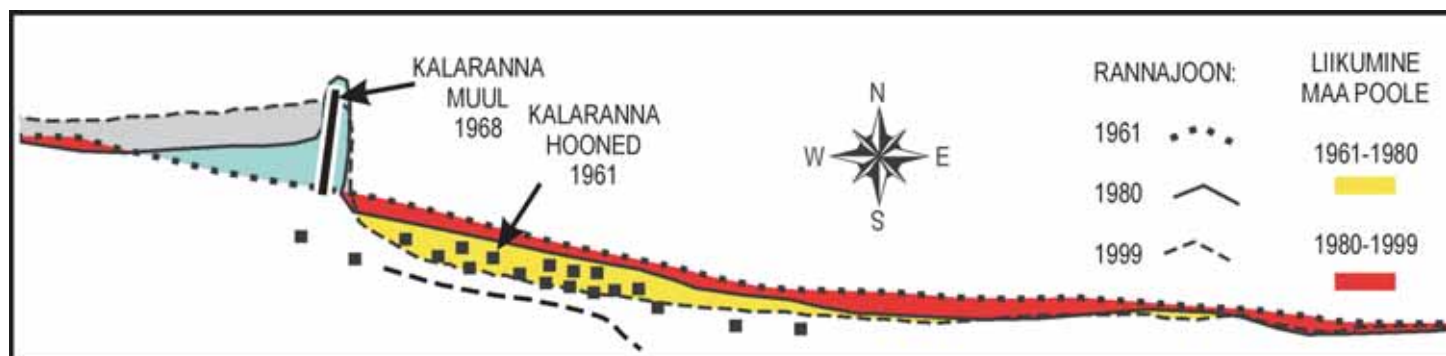
piirkonnas mitu lautrit.

Hea kalasaak innustas merele juurdepääsu võimalusi paremaks muutma ning aastatel 1967–1968 hakati Kalaranna küla läänepiirile sadamat rajama. Töö jäi pooleli, valmis jõuti ehitada vaid 95 meetri pikkune munakatest ja rahnudest muul (joonis 2). Rannajoonega risti rajatud muul hakkas takistama setete idasuunalist liikumist ning muulist läänes algas rannajoone meresuunaline ja idas maasuunaline liikumine. Kalarannast kaks kilomeetrit ida pool – Pühajõe suudmes tekkis samasugune olukord: eelmise sajandi alguses jõe suudmesse rajatud muulidest läänes hakkas rannajoon liikuma mere ning idas maa poole.

Muulide mõju rannajoone arengule on näha, kui võrrelda aastatel 1961 [2], 1980 [3] ja 1999 [4] koostatud kaartidele märgitud rannajooni. Nende kaartide mõõtkava (1:10 000) võimaldab rannajoone asendit analüüsida 5 m täpsusega (5 m looduses on kaardil 0,5 mm). Vaatluse all on rannalõik Kalaranna külast Toila sadama läänemuulini. Kolme rannajoone alusel saab eristada kaht perioodi (1961–1980 ja 1980–1999), kumbki 19 aastat pikk.



Joonis 1. Vaatlusalala



Joonis 2. Rannajoone muutumine ajavahemikus 1961–1999

Esimesel perioodil (aastatel 1967 ja 1968) rajati Kalaranda muul. Aastaks 1980 oli muulist läänes rannajoon liikunud kuni 40 m mere poole (joonis 2) ning moodustunud oli neem, mida hakati rahvasuus sadama rajamise eestvedaja nime järgi kutsuma Kuninganeemeks. Toila sadama lääneküljel nihkus rannajoon samal perioodil 30 m mere poole. Maa poole oli rannajoon liikunud kõige rohkem Kalaranna muuli idaküljel ja 500 meetrit muulist ida pool (vastavalt 15 ja 20 m).

Teisel perioodil (aastaks 1999) oli rannajoon liikunud Kalaranna muulist läänes 30 m ning Toila sadama lääneküljel 20 m mere poole (joonis 2). Suurim rannajoone maa suunas liikumine (30 m) toimus 200 m pikkusel rannalõigul 30–230 m Kalaranna muulist idas, 500 m kaugusel oli liikumine märksa väiksem – kuni viis meetrit.

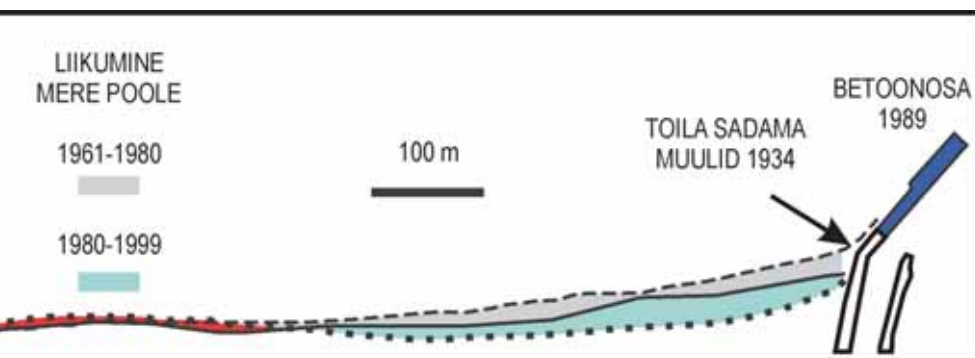
Vaadeldud perioode võrreldes selgub, et esimesel neist liikus rannajoon maa poole pikemas lõigus, ent aeglasemalt kui teisel.

Kirjeldata näitab ilmekalt randa ulatuvate rajatiste mõju rannajoone arengule. Vaadeldud piirkonna rannavööndis valitses enne muulide rajamist setete kuhjumise ja rannasetete kulutuse vahel tasakaal, mistõttu rannajoon kuigi palju ei muutunud. Rajatud muulid takistasid setete idasuunalist liikumist ning see põhjustas muulide läänekülgedel setete kuhjumist ning muulidest idas rannasetete kulutamist, mistõttu rannajoon liikus vastavalt mere ja maa poole. Tekkis uus neem ning seal, kus olid kunagi Kalaranna küla hooned, on nüüd meri ning tormiperioodidel jätkuvad seal rannapurustused (joonis 4).

A.M.

Viidatud allikad

1. Eesti Vabariigi aegne (1930–1944) katastrikaart. Maa-ameti kaardiserver: ajaloolised kaardid.



Joonis 3. Kalaranna küla hooned aastatel 1936–1937

Foto M. Mõtuste kogust



Joonis 4. Rannapurustus Kalarannas 2002. aastal

Foto: Andres Kask

2. Nõukogude Liidu 1:10 000 topograafiline kaart (1961). Kaardileht o3520va. Maa-ameti kaardiserver: ajaloolised kaardid.

3. Nõukogude Liidu 1:10 000 topograafiline kaart (1980). Kaardilehed C5929Va3 ja C5929Va4. Maa-ameti kaardiserver: ajaloolised kaardid.

4. Eesti põhikaart (1999). Kaardileht 64992. Maa-ameti kaardiserver: maainfo teenus.

KARBONAATSETE KIVIMITE FÜÜSIKALIS-MEHAANILISI NÄITAJAID OLEKS VAJA ÜHTLUSTADA

MARLEEN AIGRO, VOLDEMAR JÜRGENSON

OÜ Mäemees

KARBONAATKIVIMID on Eesti tähtis loodusvara, paekivi peame lausa oma rahvuslikuks aardeks. Aegade jooksul on Eestimaa pinda uuritud ja puuritud ning selle omadusi määratud küll üht- ja teistpidi. Riigikorra ja standardite vahetumisest ei ole jäänud aga puutumata ka igipõline settekivim.

Karbonaatsete kivimite omadusi uuriti Eestis põhiliselt aastatel 1947–1991. Et seda tööd rahastas riik, oli uuringuid võimalik teha nõuetekohaselt ja põhjalikult. Sageli tehti katseid karbonaatsete kivimitega rohkemgi kui tarvis. Uuringuid tehti näiteks Vasalemma, Rummu, Harku, Kunda, Pajusi ja muudel nn vanadel maardlatel, mis on kasutuses tänapäevani. Kõik katsed tehti tolleaegse riikliku standardi (GOST) kohaselt,

praegu aga rakendatakse ehituses (sh teehituses) kasutatavate materjalide omaduste määramisel Eesti standardis (EVS-EN) kehtestatud katsemetoodikat (joonis 1).

Eestis kaevandatakse karbonaatkivimeid peamiselt killustiku tootmiseks ja seepärast on allpool juttu just killustiku omaduste määramise metoodikast. Majandus- ja kommunikatsiooniministri 13. mai 2004. aasta määruse nr 132 „Teehoiutööde tehnoloogia nõuded“ lisas 11 (kivimaterjali kvaliteedinõuded pindamisel) on kirjas nõuded killustikuklasside I kuni IV kohta. Määruse lisas kirjeldatakse ka katsemetoodikat, mille kasutamisel saadud tulemusi aktsepteeritakse, st mille põhjal killustik klassifitseeritakse. Muu hulgas on klassifitseerimiseks vaja Los An-

gelesi katsega määrata purunemiskindlus (EVS-EN 1097-2 metoodika kohaselt) ja külmakindlus vahetul külmutamisel (EVS-EN 1367-1 metoodika kohaselt). Eesti standardites kehtestatud karbonaatkivimite füüsilis-mehaaniliste omaduste määramise metoodika erineb mõnevõrra GOST-i kohastest.

Karbonaatkivimite geoloogilisel uurimisel tuleb lähtuda keskkonnaministri 26. mai 2005. aasta määrusest nr 44 „Üldgeoloogilise uurimistöö ja maavara geoloogilise uuringu tegemise kord“. Selle määruse kohaselt loetakse karbonaatkivim ehitusotstarbeliseks, kui selle **külmakindlus** on vähemalt 15 tsükli. Kivimi murgi määramiseks on aga vaja kindlaks teha, kas selle külmakindlus on 25 tsükli. Seetõttu on karbonaatkivimi



EESTI STANDARD

EVS-EN 1097-2:2007

**TÄITEMATERJALIDE
MEHAANILISTE JA FÜÜSIKALISTE
OMADUSTE KATSETAMINE**
Osa 2: Purunemiskindluse määramise
meetodid

Tests for mechanical and physical properties of
aggregates
Part 2: Methods for the determination of
resistance to fragmentation

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

**ЩЕБЕНЬ ИЗ ПРИРОДНОГО
КАМНЯ,
ГРАВИЙ И ЩЕБЕНЬ ИЗ ГРАВИЯ
ДЛЯ
СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ**

Методы испытаний

Crushed aggregate of natural rock, gravel and
crushed-gravel aggregate for construction work.
Testing methods

ГОСТ
8269-87

(СТ СЭВ
5446-85,
СТ СЭВ 5975-87,
СТ СЭВ 6317-88)

Joonis 1. Võrdlusalused standardid purunemiskindluse määramise kohta

Tabel 1. KÜLMAKINDLUSE MÄÄRAMISE METOODIKATE VÕRDLUS

Näitaja	GOST 8269-87	EVS-EN 1367-1
Kaalutiste arv proovis	2	3
Kaalutiste mass:		
fraktsioon 10–20 mm	1,5 kg	–
fraktsioon 8–16 mm	–	2,0 kg
Proovi veega immutamise kestus	48 tundi	24 tundi
Proovi külmutamine:		
veega immutatult 15 ja 25 tsükli	Lubatud massikadu 10 %	–
vees 10 tsükli	–	Massikao (%) järgi määratakse
		külmakindluse mark
Külmutamistsükli kestus	4 tundi	4 tundi
Massikao määramisel kasutatava sõela-ava	10 mm	4 mm
läbimõõt		

Tabel 2. PURUNEMISKINDLUSE (KULUMISKINDLUSE) MÄÄRAMISE METOODIKATE VÕRDLUS

Näitaja	GOST 8269 (riiultrummel)	EVS-EN 1097-2 (Los-Angelesi trummel)
Trumli läbimõõt	700 mm	711 mm
laius	500 mm	508 mm
Katseproovi mass: fraktsioon 10–22 mm	5 kg	
fraktsioon 10–14 mm		5 kg
Trumli pöörlemissagedus katsel	500 min-1	500 min-1
Kuulide arv	11	11
materjal	Malm või teras	Teras
kogumass	4455-4950 g	4690-4860 g
Massikao määramisel kasutatava sõela-ava	1,25 mm	1,6 mm
läbimõõt		
Kaalutiste arv proovis	2	3

võimaliku kasutusala määramiseks vaja rakendada GOST 8269 metoodikat, sest Eesti standard seda ette ei näe – killustikumaterjali massikadu määratakse kümne külmutamis- ja sulutamistsükli järel. Karbonaatkivimite **purunemiskindluse** määramist määrus nr 44 ei nõua, ometi on killustiku klassifitseerimiseks vaja seda teada. Paljude varasemate uuringute tegemisel on **kulumiskindlus** määratud standardi GOST 8269 järgi.

Selleks et saada vajalikke näitajaid, nii geoloogilise uuringu korra kohaselt GOST-i järgi kui ka killustiku klassi määramiseks EVS-EN-i järgi, peavad uuringu tegijad tegema enamiku füüsikalise-mehaanilise katseid toepelt. Sellise toepelttöö vältimiseks võiks määrata üleminekutegurid, mis võimaldaksid, kui katsetetoodika lubab, uute standardite kohase metoodikaga saadud näitajaid viia üle GOST-i klassifikatsiooni. Loomulikult on tarvis teha ka vastupidist – hinnata materjali võimalikku sobivust killusti-

kuks nende andmete põhjal, mis saadi GOST-i metoodikat kasutades.

KÜLMAKINDLUSE MÄÄRAMINE

Laborikatsetega on kindlaks tehtud, et külmakindluse määramisel EVS-EN 1367-1 järgi vastab 2–4 %-ne massikadu (külmakindluskategooria F-4) GOST-8269 25-tsüklilisele külmakindlusele. Eesti standardi EVS-EN järgi saadud katsetulemuste üleviimiseks GOST-i 15-tsüklilisele külmakindlusele ei ole teadaolevalt katseid tehtud. On aga arvutatud, et 15-tsükliline külmakindlus on ligikaudu võrreldav standardi EVS-EN 1367-1 8 %-lise massikaoga (F-8) ehk GOST-8269 järgsele 15-tsüklilisele külmakindlusele. Mõlemad vastavused vajavad võrdluskatsetega kinnitamist.

PURUNEMISKINDLUSE MÄÄRAMINE

Võrrelda on võimalik (tabel 2) ka

Eesti standardi EVS-EN 1097-2 Los-Angelesi katsel (trumli killustik kuulutatakse, mitte ei purustata) saadud killustiku purunemiskindluse tulemusi GOST 8269 kulumiskindluse määrangutega riiultrumliis.

Nagu tabelist 2 näha, on katsetamismetoodika riiultrumli ja Los-Angelesi trumli puhul üsna sarnased. Üleminekuteguri leidmiseks Eesti standardilt GOST-ile on vaja teha võrdluskatseid.

Karbonaatkivimi füüsikalise-mehaanilised omadused olenevad loomulikult kivimist endast. Meie hooletaks jääb vaid valida metoodika, mille kohaselt hinnata kivimi omaduste vastavust rakendusotstarbele. Võrdluskatsete tegemine on küll suur ja kulukas töö, kuid aitaks olemasolevat uuringumaterjali paremini ära kasutada ning väldiks liigseid kuulutusi tulevikus. Kivim peab ehutama silla olnu, oleva ja tuleva vahel.

A.M.

PAIKSETE KAUDSOOJUSVAHETITE VEDELAD SOOJUSKANDJAD

HEIVO VIINALASS

Telko Estonia OÜ

KÜTTE-, ventilatsiooni- ja kliimaseadmeid (ingl *heating, ventilating and air-conditioning*, HVAC) projekteerides, paigaldades või hallates puututakse paratamatult kokku mitmesuguste soojusvahetusvedelike ja külmutusagensitega (jahutusgaasidega).

Siinkohal võetakse vaatluse alla paiksed kaudsoojusvahetid (ingl *secondary cooling heat exchanger*). Neid soojusvahetiteid kasutatakse mitmesuguses vastastikuses paigutuses ning igasugustes hoonetes, sh elamutes, kontorites, kaubamajades, poeruumides, tehastes, vabrikutes, külmhoonetes, restorani- des, baarides, haiglates, koolides, liuväljadel ja suusaradadel. HVAC-seadmed ja soojuspumpad põhinevad ühesugusel termodünaamilisel protsessil ning on täidetud soojuskandjaga. Neid seadmeid võib nimetada ka soojustransformaatoriteks, milles soojus liigub üht- või teistpidi sõltuvalt sellest, kas seade jahutab või soojendab.

Ehituslikult võib soojusvaheti olla ühe- või mitmeastmeline. Soojusvahetites kasutatavad soojuskandjad on kas gaasid või vedelikud. Gaasi e. külmutusagensit (ingl *refrigerant*) tähistatakse harilikult tähega R ja sellele järgneva numbriga, nt R-134a. Markeeringu ees võib olla ka tootja- või kaubanimi. Jahutus- ja kliimaseadmetel ning soojuspumpadel, milles ringleb fluori sisaldav gaas (F-gaas), peab olema etikett tekstiga „Sisaldab Kyoto protokolliga hõlmatud fluoritud kasvuhoonegaase“ ning F-gaasi tüüp ja kogus (kui seda etiketil pole, peab teave leiduma seadme kasutusjuhendis või tehnilistes näitajates). Teabe saamiseks võib pöörduda ka tarnija, tootja või seadmete hooldamisega (teenindamisega) tegeleva äriühingu või hoolduspersonali poole. F-gaasimääruse (EÜ 842/2006) kohaselt vastutab õigusaktidest kinnipidamise eest seadme käitaja, s.o „füüsiline või juriidiline isik, kes kontrollib seadmete ja süsteemide tehnilist toimimist“. Selle määramise kohaselt ei pruugi F-gaasi sisaldava seadme omanik automaatselt olla seadme käitaja.

Kasvuhoonegaaside vähendamise kohustus suunab tootjaid ja tellijaid üha enam kasutama mitmeastmelist kaudsoojusvahetussüsteemi ning seepärast tasub võtta vaatluse alla vedelad soojuskandjad. Nende kohta seadmetel markeerimist ei ole ning enamasti leidub teave seadmele kaasa antavas tehnilises kirjelduses. Sageli märgitakse selles vaid vedeliku baasaine nimetus ja soovitatav kontsentratsioon, seetõttu võib ette tulla arusaamatusi ja probleeme, mis halvemal juhul võivad rikkuda süsteemi ja tuua kaasa täiendavaid kulutusi selle taaskäivitamiseks.

Ükskõik kus selline soojusvaheti ka ei asuks, on vaja kuum- või külma transportimiseks soojuskandvedelikku. Mida ohutum see vedelik (kemikaal) on, seda parem. Seni Keskkonnatehnikas

(7/09 ja 4/10) ilmunud artiklites tutvustati peamiselt **glükoolipõhiste soojusvahetusvedelike** stabiilsust ja töötemperatuuri, käesolevas on vaatluse all soojusvahetusvedelikud, mis põhinevad **naatriumpropionaadil** ja **kaaliumdivesiniksulfiidil**.

Ideaalne soojusvahetusvedelik peab hästi soojust juhtima ning selle erisoojus olema suur ja viskoossus väike. Vedelik peab olema inim- ja keskkonnasõbralik ning ei tohi olla tuleohtlik ega süsteemiosadele agressiivne. Naatriumpropionaadil ja kaaliumdivesiniksulfiidil põhinevad soojusvahetusvedelikud on uued alternatiivid glükoolidele, kuid eelkõige kaltsiumkloriidi (CaCl_2) jm soolade vesilahustele. On üldteada, et peamiselt toiduainetetööstuses levinud CaCl_2 -põhises soojusvahetusvedelikus sisalduv söövitav klooriioon (Cl^-) põhjustab tugevat nn piting- e rõugelist korrosiooni. Katsed näitavad, et juba paari kuuga tekitab 50 ppm Cl^- sisaldav vesilahus terasest SS304 katseplaadil keskmiselt 3 mm sügavu-

The  ASPO Company

Soojusvahetusvedelikud
POLARTHERM, FREEZIUM, ZITREC

Tööstus-, büroo- ja eluhoonete, kaupluste, koolide, haiglate, spordirajatiste jpt. objektide kütte- ja ventilatsioonisüsteemide, kliimaseadmete ning soojuspumpade optimaalsed lahendused.

Spetsiaalsed soojusvahetusvedelikud:

- tagavad suurepärase soojusvahetuse;
- kaitsevad seadmeid külmumise eest;
- kaitsevad seadmeid korrosiooni eest;
- annavad seadmele pika ja muretu kasutusea.

Telko pakutavad soojusvahetusvedelikud sobivad ka külmhoidlatele, vedelikjahutitele, serverite jahutussüsteemidele, päikesepaneelidele, kiirgusseadmetele ning muudele üksik- või kombineeritud kütte- ja jahutussüsteemidele.

Telko Estonia OÜ
Mõisa 4
13522 Tallinn
Tel 654 88 33
www.aspokem.ee



si auke, roostevabast terasest SS316 plaadil aga samasugust korrosiooni siis, kui Cl^- -sisaldus on 100 ppm. Kuna kasutatavate soojusvahetusvedelike CaCl_2 -sisaldus on üsna suur (20–30 %), siis on nendega kokku puutuvad metallpinnad pideva ja agressiivse korrosiooni mõju all ning isegi parimad manused ei suuda seda pidurdada. See on ka peamine põhjus, miks üha rohkem tööstusharusid on CaCl_2 kasutamisest loobumas, minnes üle vähem agressiivsetele analoogidele.

Telko Estonia pakutavad uued soojusvahetusvedelikud *Freezium* ja *Zitrec S* on oma omaduste poolest sarnased CaCl_2 sisaldavate jahutusvedelikele, ent erisoojuse, viskoossuse ja soojusjuhtivuse poolest isegi paremad. Seetõttu on juba kasutusel olevaid vedelikke lihtne uutega asendada. Mõningaid ettevaatusabinõusid tuleb üleminekul *Freezium*ile ja *Zitrec*ile siiski silmas pidada. Esimene ja kõige tähtsam eeltingimus on süsteemi korralik läbipesemine ja puhastamine – süsteem tuleb kloriidist võimalikult puhtaks teha. Läbipesu ajal tuleb kontrollida pH-d ja vajaduse korral kasutada neutralisaatorit.

Freezium ja *Zitrec S* sobivad kohtades (nt külmhoonetes, toiduainetööstusettevõtetes, toidukauplustes, lasteasutustes), kus soojusvahetusvedelik võib kokku puutuda inimeste või toiduainetega. Nad sobivad ka ettevõtetele, kus nõutakse karme keskkonnatingimusi (nt keemiatehastes) ning objektidele, mida hooajati tühjendatakse, nt jää-, liu- ja tehissuusaradadele ning spordiväljakutele. *Freezium*i kasutatakse maailma suurimas reisilaevas *Queen Mary II*, aga ka märksa tavalisemates ja lihtsamates süsteemides.

Selleks et otsustada, millist soojusvahetusvedelikku kaudsoojusvahetussüsteemis kasutada, tasub nõu pidada asjatundjatega. Alginvesteeringud õigesti valitud vedelatele soojuskandjatele on tunduvalt väiksemad kui hilisemad kulud jahutite, pumpade, torustike ja muude süsteemiosade remontimisele. Süsteemi jõudluse, pikaajalisuse ja hilisemate hoolduskulude arvestamine aitab valida kõige sobivama soojuskandja. Tehnilistes üksikasjades võib alati pöörduda *Telko Estonia* poole, kes pakub peamiselt vedelaid soojusvahetiteid.

A.M.

HELLE PERENSI PERSONAALNÄITUS „PAERÄNNAK“ HARJU MUUSEUMIS

REIN EINASTO, MAIE KOLDITS

MEIE AUSTATUD PAELEEDIL, nelja paeraamatu autoril Helle Perensil on õnnestunud kujundada erakordselt huvitav ja meelikõitev paekiviekspositsioon läbi Eesti geoloogilise aja ja maakondade ruumi. Näituse avamisega 31. märtsil Keilas Harju muuseumis tähistati Helle Perensi 70. juubelisünnipäeva. Paas ja puit – meie kaks pärandkultuurilist kohalikku ehitusmaterjali – on esitatud maitsekas kooskõlas. Tekstide ja piltidega varustatult on kivi, leiukoht ja ehitis esitatud sedavõrd harmooniliselt, et vaataja hakkab kivilooduse hääli ka kuulma. Selle kunsti ja teaduse piirimail mõjuva loomingu tundemälli talletamiseks on vaja aega varuda ja korduvalt külla minna. Kogu ekspositsioon on kergesti transporditav ja väärrib rändnäitusena esitamist kõikides paemaakondades, looduskoolides ja keskkonnaüritustel.

Tuhat tänu ja kestvate loomesära armastatud juubilarile!



Näituse üldvaade



Eesti Geoloogiakeskuse Tartu geoloogid Anne ja Ain Põldvere ekspositsiooniga tutvumisel vaimustust jagamas



Kivisse lõigatud kunst üllatab

VAADATES KIVI SISSE

PILGUHEIT PAESSE: TREPP-KALK (KIHT 36) LASNAMÄE EHITUSPAESTUS

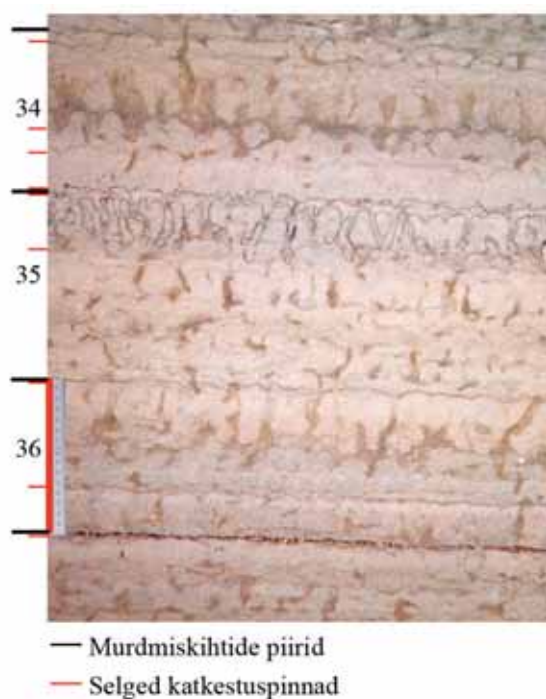
REIN EINASTO, JANNE-LIIS JUSTI

Tallinna Tehnikakõrgkool

VAADELDAV kiht (täpsemalt *murdmiskiit*, vt allpool) on Lasnamäe ehituspae lasundis merkivikelmeliste vahekihtidega selgelt eralduv keerulise siseehitusega komplekskiht ehk *kihind* (joonis 1; Einasto, 2007, lk 32, H. Baueerti foto). Välisvaatlused Tallinna ümbruse paljandites – Laagna teesüvendis, Lasnamäe põhjamürrus, Valkla, Vao ja Harku karjääris – kinnitavad murrutööliste sajanditepikkust kogemust kihi paksuse (20–21 cm) ja sisemise kolmikjaotuse püsivusest („väljapeetusest“) ulatuslikul alal. Alumine ja ülemine osa koosnevad pruunikashallist kõvast puhtast lubjakivist (*kihisiüdamed*), keskmine osa rohekashallist, nõrgalt savikast, sagedaste katkendlike merkivikelmetega lubjakivist sarnaselt *sauekordadele*. Tallinnast lääne pool on Trepp-kalk monoliitne kihind, ida pool jaguneb keskmise kihi alumises osas esineva pideva tasase merkivikelme järgi kaheks, mis Valklas kannavad nime vastavalt *Trepikord* ja *Kalk-kord* (vt Einasto, 2002, joonis 2). Trepp-kalk on saanud nime keskajal selle murdmiskihi sihipärasest kasutamisest nii sise- kui välistreppides ümberpööratult, kus Kalk-kord on astme pealispind. Dekoratiivse püstakulise ristlõike tõttu on seda kasutatud akna- ja uksepieretes (Niguliste ja Kaarli kirik).

Kivi sisse vaatamisel kasutame taas Vao Paasi puursüdamiku lihvitud piki lõiget (Einasto, Rähni, 2006) nii nagu eelmisteski sissevaadetes (Einasto, Justi 2011a, b), pöörates seekord peatahelepanu kihindi sisemisele liigestusele kolmeks kihiks, tõstes alumises ja ülemises kihis omakorda esile selgelt eristuvaid *kihikese* koostise, mudasöö-

jate elutegevuse intensiivsuse alusel (joonis 2). Tasub veel kord rõhutada kogu Lasnamäe ehituspaele omast eripära. Nimelt on kihid üksteisest eraldatud katkestuspindadega (kp), mis tähistavad tekkekeskkonnas (kõvastunud merepõhjal) settimise lühema- või pikemaajalist katkemist vee püsiva liikumise tagajärjel. Settelünga ajal toimunud organismide elutegevuse



Joonis 1. Trepp-kalk koos lamami ja lasuvate kihtidega Vao karjääri kagunurgas tross-saega lõigatud seinas iseloomulike katkestuspindade ja püstakutega

tulemuseks on mitmesuguste kihikeste sette segunemine (bioturbatsioon) ja kaevumiskäikude, püstakute tekkimine. Allpool on kihte ja katkestuspindu vaadeldud ajalises järgnevuses alt üles.

ALUMINE KIHT (5–7 cm) on Kalk-kord koos lamamiga, milles eristuvad kolm kihikest.

Alumine kihike on lamav, suhteliselt paks (koos lubjakivi läätsedega kuni

3 cm, enamasti 1 cm) pidev ja tasane *merkivi vahekiht* – murdmiskiitide selge loomulik piir, üks kogu ehituspaele väljapeetumaid merkivi vahekihte, mis pehmuse tõttu puurimisel üldjuhul kulub ja puursüdamikus puudub.

Keskmine kihike on õhuke (kuni 1,5 cm) ja katkendlik, kohati ka väljakiilduv sinakashall peendetriitjas *savikas* lubjakivi, mille ülemisel pinnal on ebaselge, sageli märkamatuks jääv impregnatsioonita konarlik kp, tähistades üleminekut vaheveelisele liikuvaveelisele kesk-konda.

Ülemine kihike – Kalk-kord (5 cm) koosneb pisut pruunikast tumehallist *lauspeendetriit*st lubjakivist, nagu Hall arssin (Einasto, R., Justi J.-L. 2011a). Osa detriiti on tugevalt püriidistunud, must. Pesiti esineb peeni (kuni 1,5 mm) ussikäike, mis on täitunud helehalli lubimudalise materjaliga. Kihikese ülemine pool (3 cm) koosneb beežikashallist sortimata-detriitjast ussikirjalisest (tugevasti bioturbeeritud) *puhtast* lubjakivist, mis sisaldab üksikuid väikesi (kuni 0,4 cm) lamavast lausdetriitist kivimist koosnevaid hästi ümardatud püriidistunud *veeriseid*, viidates ühemõtteliselt kihisisesele kulutusele ja varjatud lõnga esinemisele.

Kihi ülemisel pinnal on sile lainjas püriitne kp püstakute ja taskutega, mis enamasti ulatuvad läbi kogu kihi ja on täitunud kahes järgus: sügavamal on urbane dolomiitne savikas täidis, mis niiske õhu käes mõne aastaga roostepruuniks värvub; kõrgemal on hall savikas lasuva kihi lubjakivi.

KESKMINE KIHT (4–7 cm) on Trepikorra alumine osa ning moodustub sinakashallist sortimata-detriitjast us-

sikirjalisest nõrgalt savikast lubjakivist sagedaste katkendlike merkivikelmatega. Pesiti kohtab tugevalt püriidistunud detriiti. Alumisest piirist pisut kõrgemal esineb katkendlik, nõrgalt fosfaatne kp. Kihi ülemine pind on laineline fosfaatne, tippudel ka nõrgalt püriitne kp.

ÜLEMINE KIHIT (7–12 cm) on Treppikorra ülemine osa, koostiselt lähedane alumise kihi Kalk-korrale: pruunikashall tombulis-detriitne puhas lubjakivi hajusa jämedama püriidistunud detriidiga. Alumine osa eristub sinakashalli mudalis-detriitja täitega ussikäikude rohkusega, mis on ilmselt settinud iseseisva kihikesena, aga tugeva bioturbatsiooni tagajärjel segunenud lasuva lausteralise settega. Ülemise kihi siseehituse põhiline eripära on kogu kihti läbivad väga sagedased selgepinnaalised püstakud, mis on täitunud kahes järgus nagu Kalk-korra ülemine kp (vt ülal). Selle karstistumistunnustega kp vahetu lasum, ülemine kihike (2 cm) kuulub sedimentoloogiliselt juba lasuva kihi koosseisu, analoogselt alumise kihi keskmise kihikesega (joonis 2).

Selline sai sissevaade Trepp-kalki, kolmekümne kuuendasse murdmiskihti.

Kirjandus

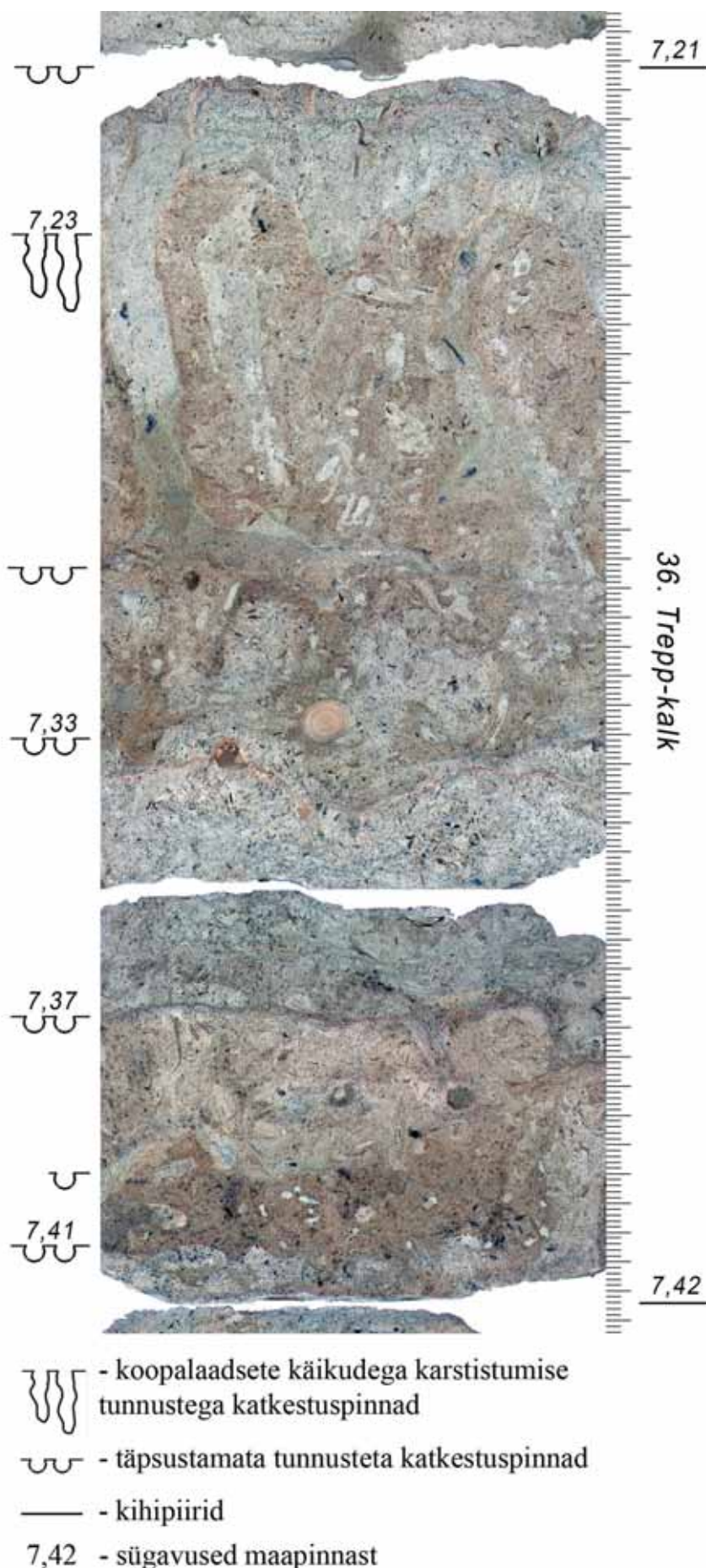
1. Einasto, R. Lasnamäe ehituspaekivi ajaloolised murdmiskihid Tallinna ümbruses. Tallinna Tehnikakõrgkooli Toimetised, 1, 2002, lk 56–69.

2. Einasto, R. Vao limestone quarry. Georesources and public policy: research, management, environment. 15th Meeting of the Association of European Geological Societies. Excursion Guidebook (eds Anne Pöldvere & Heikki Bauert). 2007, p. 30–34.

3. Einasto, R., Justi, J.-L. 2011a. Vaadates kivi sisse. Pilguheit paesse: Hall Arssin (kiht 38) Lasnamäe ehituspaestus. Keskkonnatehnika, 1/11, lk 40–41.

4. Einasto, R., Justi, J.-L. 2011b. Vaadates kivi sisse. Pilguheit paesse: Kirju kärn ja Laksu punane (kihid 35 ja 34) Lasnamäe ehituspaestus. Keskkonnatehnika, 2/11, lk 42–44.

5. Einasto, R., Rähni, A. 2006. Vao kihistu digitaalselt töödeldud kiht-kihiline tüüpilõige. Keskkonnatehnika, 3/06, lk 51–55.



Joonis 2. Trepp-kalk (36 murdmiskihti) Vao Paasi puursüdamiku pikilõikes. Värvide kontrastsust on suurendatud. Tingmärgid: 1 - sügavate püstakutega karstistumise tunnustega katkestuspind, 2 - tavaline katkestuspind, 3 - kihtide piirid, 4 - sügavus maapinnast

Keskkonnakultuurist kultuurikeskkonnas

ÖKOSOTSIAALSE (LOODUS- JA INIMSÕBRALIKU) KAEVANDAMISE VÕIMALUSTEST JÕELÄHTME PIIRKONNAS

REIN EINASTO, MALLE KALMU

TTK professor, EMÜ magistrant



Kaevandusmaastik vanas Maardu fosforiidi Põhjakarjääris Fotod: Malle Kalmu

JÕELÄHTME vald hõlmab mitmeid loodusharulduste maailmapärandisse esitatud Põhja-Eesti pankranniku olulisi omanäolisi kaitsealuseid löike, Jägala joa ja kanjonoru ning selle veergudel paljanduvad aluspõhjakihiid, pangapealse loomaastiku ja klindimetsavööndi. Paeplatool on ulatuslik **Rebala** loopealne muinaspõldude kaitseala, mille piiresse jääb Eesti kõige esinduslikum **Kostivere** karsti kaitseala ning pärandkultuuriliselt väärtuslikud külad vanade kivihoonete ja kiviaedadega, paest võlvidud Jõelähtme sillaga. Samas on veel hulgaliselt loodus- ja kultuuriväärtusi, mis pole kaitse all. Nimetagem **Ruu** küla loopealse kõrgendiku lael ja nõlvadel hästi säilinud kahe generatsiooni kiviaedu ja ainulaadseid paehoonetega talusid looduslikesse paekihtidesse murtud keldritega. Kõik see tuleb maastiku- ja

kultuurikaitseliseks piirkonnaks kujundada. Kaitset vajab ka vaheldusrikka reliefiga männimetsaga kaetud luideistik, mis tasasel paeplatool loob vahelduvailmelise puhkemaastiku olulise osa.

Teisalt on mõistetav, et see piirkond Viru-Harju paeplatool on üks **suurema paekaevandamise survega alasid**, kust loodetakse Tallinna laienemisel linna piiresse jäävate **Väo** ja **Harku** mammutkarjääri lõppema hakkavaid kinnitatud varusid täiendada. Neil loopealseil avanev Lasnamäe ehituspaas on üks Eesti kvaliteetsemaid (survetugevus küünib kihiti marmori lähedale: 1000–1200 kg/cm²) ja kaevandamistingimused igati soodsad – põhjavesi pankranniku läheduse tõttu suhteliselt sügaval, teedevõrk tihe, linn lähedal. Senise vabaturumajandusliku suurtootmise kasvutingimustes, kus **kaevandajad on**

pandud sundseisu, ise omal kulul uusi kaevandusalasid otsima ja uurima, eelistanakse riigimaad, mis loodetakse oluliselt odavamalt kätte saada ja kaevandusluba võimalikult pikaks ajaks (kuni 40 aastaks!) kindlustada, kaevandusala järk-järgult laiendades. Sellist pikaaegset kaevandamiskeskonda ei soovi oma kodu naabrusse ükski kohalik elanik, kui talle isegi mitte keskkonnakahjusid ei hüvitata. **ÜRO põlisrahvaste õiguste deklaratsiooni** alusel, millele Eesti valitsus on 2007. aastal allkirja andnud, aimamata, et ka Eesti maaelanikkond kuulub põlisrahvana selle seaduse kaitse orbiiti, ei saa kaevandaja kohalike nõusolekuta kaevandama hakata. Kohalikel elanikel on õigus valida, kust on kõige sobilikum kaevandada, nii et see oleks vastuvõetav vallaelanikele ja järgiks üldisi rahvusvahelisi keskkonnanõudeid.

Kohalikud **kodanikuühendused** eesotsas Ruu Heakorra Seltsiga (esimees **Jaan Tepp**) on aastaid koos vallavalitsuse ja külanematega võidelnud säästliku ressursikasutuse eest, põhjendades vajadust maanteealune kvaliteetne paas tee kapitaalse ümberehituse käigus vältata, süvistades tee kõrgemal paeplatool Pirita jõest Jägala jõeni Laagna tee eeskujul, millega täidetakse ka naftatransiidid ohtlike vedude rahvusvahelised nõuded Muuga sadamani. **Rikkudes raskelt säästva arengu seadust ja vedelkütuste transiidi elementaarseid ohutusnõudeid, on valitsus lasknud teetammi projekteerida riiklikku paeressurssi väljamata**, seda veelgi tõstes. Sellega liiklusohud vaid suurenevad ja ristmike väljaehitamine kallineb. Rahvusvaheliste ohutusnõuete eiramine toob riigielarvesse suuri trahvisummasid, mis jäetakse muidugi maksumaksja õlgadele. Kui kaua veel? Alates loomisest on

Eesti Roheline Rist president **Arnold Rüütli** eestvedamisel taotlenud valitsuselt konkreetseid meetmeid võimaliku keskkonnakatastroofi ohu vältimiseks naftatransiidil. Traagiliselt lahkunud looduskaitse kauaaegne juht **Heino Luik** ja rahva seas merekaruks kutsutud **Sulev Roosma** on aastakümneid mitmete kodanikuühenduste kaudu tagajärjetult võidelnud selle ülisuure keskkonnohu kõrvaldamise eest, vabakapitalistlik valitsus on võimetu suuromanikelt seaduskuulekust nõudma.

Hetkeolukorras saab lahendus olla vaid **tee kõrvalt hinnalise paekivi kiirkaevandamine pehmete meetoditega, kujundades raudteetransiidile ohutuse nõudeid rahuldava süvise**. Kuni need varud pole kaevandatud, ei saa juttugi olla puutumata loodusse kaevanduslubade väljaandmisest. Teine **roheline eetika** juhtpõhimõte säästva elulaadi elluviimisel ja selle kaevandamisvajadusega harmoonilisel kokkuviiimisel on **prioriteetide muutmine: esmaeelistuseks peab saama maastikukultuur, kus kasuliku maavara kaevandamine oleks vahendi rollis, kogu kultuuri**



lidsed muinaspõllud Rebalas

prioriteetsus majanduse kui vahendi ees. Põlisrahvast saab veenda vaid positiivsete näidete tekitamisega **väikekarjäär**ide põhimõttel, kus puhkemaastiku kujundamise üks eesmärk on puhtaveelise veekogu rajamine kiirmee-

todil kaevandades, põhjaveetasest aastaid alandamata. **Puhta vee kui inimkonna ühe olulisema loodusressursi kaitse** on Eesti keskkonnastrateegias ahastamapanevalt algjärgus. Senise tee jätkamine on hukatuslik.

RAHVUSKIVI XIX SÜNNIPÄEV 4. MAIL 2011 TALLINNA ÜHISGÜMNAASIUMIS

Eesti Paeaasta (4.05.2011–4.05.2012) avamine

14.00 Avamine

Enne algust Jaak Nõlvaku ja Helje Pärnaste slaidiprogramm (muusika Urmas Sisaskilt)

Õpilaste etteaste: Eesti muld ja eesti süda (Lydia Koidula, muusika Rein Rannapilt)

Koreograafia, rahvatants

Vaadates varvaste ette (Maie Kolditsi luule, rahvatantsijad)

Mis maa see on (Peeter Volkonski, muusika Siiri Sisaskilt)

Kooli direktori Mehis Peveri avasõnad

Pilk paeprobleemidele (President Arnold Rüütel)

Tervitused (EGK, TTÜ GI, TTÜ MI, TÜ ÖMI jt asutuste esindajad)

Virumaa paetõrviku üleandmine (Aivar Niinemägi)

Kivisõbrad klaveriansambelisest (Allegro kahel klaveril)

Kohvipaus. Näitused ja trepikirjed

Loodusfotod (Heiki Bauert)

Paekunstitaiesed (Küllil Aus)

Raamatud ja fotod (Kalle Suuroja, Tõnis Saadre)

Paemuusika (Viivi Aavik)

Kivisõbrad klaveriansambelisest (Allegro kaheksal käel)

Ettekanded aulas

Tulevase põlvkonna kaasamine (Liivia Kivit)

Tallinna Reaalkooli paetreppide uurimisest (Heilike Toming)

Puhkemaastikke kujundav kaevandamine (Heini Viilup)

Helle Perens 40 aastat paarännakut

Sajailmne rahvuskivi (Kalle Suuroja)

Eesti paeaasta künnisel (Rein Einasto)

Arutelu

Õpilased tegutsevad samal ajal töötubades ja tööõpetuse klassis

Ringkäik töötubades 4. korrusel

Paepõnnide tuba: kivide joonistamine, meisterdamine

Mündi mõisaproua kunstituba

Porkuni paemuuseumi tuba Virumaa laste joonistega

TTÜ Geoloogia- ja Mäeinstituudi tuba

TTK paetuba: Lasnamäe murdmiskihid, kivinäidised, trükised

Tootjate tuba: Gildemann, Lossikivi, Pärtli Paas, Revalstone jt

Lõpetamine. Tamme istutamine kooli aeda

Korraldajad: Tallinna Ühisgümnaasium

Eesti Paeliit

Tallinna Tehnikakõrgkool

Eesti Geoloogiakeskus

TTÜ Geoloogia Instituut

TTÜ Mäeinstituut

RAAMAT

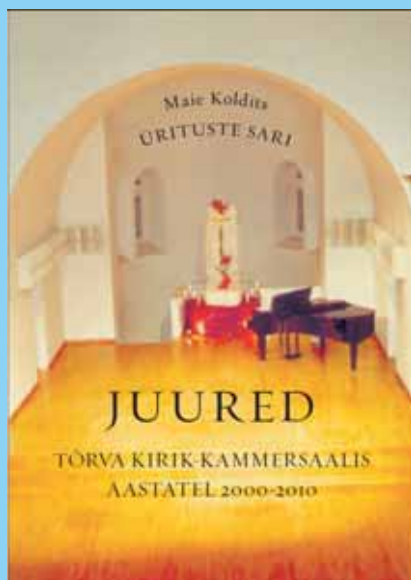
ÜRITUSTE SARI JUURED TÕRVA KIRIK-KAMMERSAALIS 2000–2011

Autor Maie Koldits, Tallinn 2011, 215 lk.

TÕRVA kirik-kammersaali juhataja Ilmar Kõverik algatas üle 10 aasta tagasi ürituste sarja *Juured – tuntud inimesi Helme kihelkonnast*. Maie Koldits, G. Otsa nim Tallinna Muusikakooli klaveriõpetaja ja *Juurte* üritustel aktiivne osaleja pidas oluliseks Ilmar Kõveriku püüdlusi tunnustada, ürituste sarja *Juured* ülevaate näol jäädvustada ning see kultuurilooline kokkuvõte raamatuna välja anda. Raamat ilmus käesoleval aastal Eesti Kultuurkapitali ja mitme eraisiku toel.

Sarja *Juured* alguseks loeb Ilmar Kõverik 2000. aasta 10. juunit, mil skulptor Erna Viitoli tütar, kirjandusteadlane ja luuletaja Livia Viitol tahtis Tõrva kirik-kammersaalis oma ema 80. juubelisünnipäevaks näituse korraldada. Selleks Tõrvas kohta otsides sattus ta kammersaali, kus ta lahkelt vastu võeti ja näitus ka üles pandi. Ürituste sarjas on aastatel 2000–2010 korraldatud kontserte, kohtumisi, meenutusõhtuid, raamatuesitlusi, väljasõite, etendusi omakandi autorite loomingu põhjal. Raamatus on need esitatud ajalisel järjestuses. Algu-aastatel, kui puudus võimalus *Juurte* üritusi filmida, salvestati ettekanded CD-dele, hiljem hakati neid ka filmima. Maie Koldits koostas CD-de, VHS-de ja DVD-de registri, mis on samuti raamatus ära toodud.

Kronoloogiline ülevaade on antud ka Tõrvas korraldatavast loodusfestivalist *Las jääda ükski mets*. Esimesest



ühapäevasest festivalist 2000. aastal kasvas aastatega välja mitmepäevane loodus- ja kultuuripidu, mis toob igal suvel kohale Helme kandist pärit inimesi.

Ürituste sarja korraldajat Ilmar Kõverikku meenutavad raamatus tema kaasteelised. Aastal 2011, Eesti Vabariigi 93. aastapäeva eel omistati Ilmar Kõverikule kui kultuurielu edendajale presidendi otsusega *Valgetähe V järgu teenetemärk*.

Maie Kolditsi koostatud Helme kihelkonna päritoluga inimeste *Juurte* raamat on tunnustust vääriv algatus paikkonna kultuurisündmuste jäädvustamiseks ja huvipakkuv infoallikas Helme kihelkonnast huvitatud koduloo huvilisele.

EESTI GAASILIIDUS

ANDRES SAAR

EGL-i tegevdirektor

1. Eesti Gaasiliidu (EGL) üldkoosolekul 15. veebruaril 2011 kinnitati liidu 2010. majandusaasta aruanne ning seoses vana juhatuse (2009–2011) liikmete põhikirjaliste volituste lõppemisega valiti uus juhatus (2011–2013).

EGL-i 2010. majandusaasta aruanne kinnitati kõigi üldkoosolekul osalenud liikmete (osalus 74%) poolthältega. **Tegevusaruande** põhjal juhatuse poolaastate perioodiks kinnitatud tegevuskavad põhiliselt täideti. Suur osa liikmetest osales aktiivselt liidu töös. Tulemuslik oli gaasialaga seotud õigusaktide muutmine. Muudatuste algataja oli Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium (kokku 15 õigusakti). Nende menetlemisel arvestati enamikku liidu esitatud ettepanekutest. Mitmed liidu liikmete tõstatatud küsimused lahendati liidu kaasabil riigiasutustes. Korraldati kolm teabepäeva – energeetika, gaasimajanduse ja õigusaktide teemal. Lektoritena esinesid ka juhtivad riigiametnikud ja teadlased. Toimus kolm ümarlauarutelu. Trükitist ilmus igaaastane teaberaamat ja infoteataja. Tõlgiti neli eurostandardit ja koostati üks EGL-i juhend. Liidus tegutsesid aktiivselt kolm toimkonda (koolituse, vedelgaasi, tööstusgaaside toimkond), normdokumentide nõukoda ja võrguettevõtjate töögrupp. Samas tuleb aga märkida, et aasta jooksul lõpetasid oma EGL-i liikmelisuse omal soovil mitu liidu liiget, tuues põhjuseks majandusraskused või gaasialase tegevuse lõpetamise. Üldkoosolekul **valiti uus Eesti Gaasiliidu juhatus (perioodiks 2011–2013)** 10-liikmelisena järgmises koosseisus: Tiit Kullerkupp, Teet Eelme, Peet Parikas, Sandor Tabo, Sergei Jefimov, Simo Lahe-salu, Urmas Kuusik, Arvi Hamburg, Andrus Laur ja Hardi Sui. Eelmise perioodi juhatuse liikmetest valiti uude juhatusse tagasi 8 esimestena nimetatud isikut.

2. Teaberaamatu EGL 2010–2011 koostamine on Eesti Gaasiliidu direksioonis lõppenud (trükkivalgust näeb see 2011. aasta mais). Teaberaamat sisaldab 11 artiklit, mis käsitlevad maagaasi, vedelgaasi ja tööstusgaaside tarbimist Eestis 2010. aastal. Artikleid on ka näiteks taastuenergeetika arengukava ja biogaasi tootmise kohta. Raamatus on esitatud EGL-i liikmete register, reklaamid, pikem aruanne EGL-i tegevusest 2010. aastal, teave gaaside kasutamise ja tarbimise kohta arvudes ja protsentides Eestis, Euroopas ja maailmas.

3. Maagaasi ja vedelgaasi tarbimine Eestis 2010. aastal suurenes. Äriühingutelt saadud andmete põhjal kasvas Eestis 2010. aastal maagaasi tarbimine võrreldes 2009. aastaga 10,6% (kokku tarbiti 702 mln kuupmeetrit), vedelgaasi tarbimine 11,2 % (kokku tarbiti 12 626 tonni). AS-i Eesti AGA ja AS-i Elmer Messer Gaas andmetel suurenes 2010. aastal võrreldes 2009. aastaga ka **tööstusgaaside müük** nende äriühingute tarbijatele.



Osale Euroopa
Keskkonnapressi auhinna
konkursil

EEP Award 2011
“Environmental
Innovation
for Europe”

Lisateave
www.keskkonnatehnika.ee

SUMMARY

CONSTANT WATERLEVEL SEQUENTIAL BATCH REACTOR (CWSBR) NEW SOLUTION IN ESTONIAN WASTEWATER TREATMENT

Axel Dederichs, Dr. Tim Koeckritz
G.A.A. Ges. für Abwasser- und Abfalltechnik mbH



The article introduces a batch plant with constant water level developed in Germany. Modern sequential batch reactor technology is quickly spreading in the Baltic countries and elsewhere. This efficient wastewater treatment is recognised worldwide and is more functional than in continuous flow plants, for it is more efficient in case of great fluctuations of inflow.

Pg. 6

NOVEL TECHNOLOGY FOR REMOVING PHOSPHORUS FROM WASTEWATER BY MEANS OF OIL SHALE ASH SEDIMENT

Margit Kõiv^{1,3,4}, Ülo Mander¹, Kalle Kirsimäe¹

¹University of Tartu

³Ecole Polytechnique of Montreal, Department of Civil, Geological and Mining Engineering

⁴University of Montreal, Plant Biology Research Institute



Searching for possibilities of efficient removal of phosphorus from wastewater, the Department of Geology and Geography of the Institute of Ecology and Earth Sciences of Tartu Univer-

sity has, within the last ten years, thoroughly examined the ability of several local materials to bind phosphorus. The initial lab tests yielded the best results with the calcium-rich oil shale ash sediment, i.e. hydrated oil shale ash, where the ability of removal of phosphatic phosphorus reached 99,9 % and the maximum ability to bind was up to 65 mg P/g. Most small domestic wastewater and waste disposal site leachate plants are able to remove only ~30% of phosphorus.

Based on the results of the research, it can be concluded that chemical precipitation of phosphorus with hydrated oil shale ash and other calcium-rich materials of similar qualities (e.g. metallurgical slag, oil shale ash, crushed aerated concrete and Filtralite®-P-type lightweight gravel), where calcium occurs as CaO (lime) and/or Ca silicates, is an efficient and inexpensive method for treating wastewater of different type and degree of pollution.

Pg. 8

PROTECTION OF AQUATIC ENVIRONMENT IN ESTONIA – HAZARDOUS SUBSTANCES

Ott Roots

Eesti Keskkonnauuringute Instituut

Estonia started systematic surveillance of hazardous substances, heavy metals and persistent organochlorine pollutants (POP) in the Baltic Sea in the middle of the 1970s. Sea water, plankton, fish, bottom fauna and flora POP and heavy metals content were monitored. Based on the results, the risk caused by these elements and compounds to Estonian population was assessed. In the article, the author presents a short summary of reports that discuss hazardous substances in Estonian aquatic environment.

Pg. 12

THE EUROPEAN UNION LEGISLATIVE DRAFTING CONCERNING RADIATION AND NUCLEAR SAFETY AND ITS IMPACT ON ESTONIA

Evelyn Pesur

The Ministry of the Environment

The article gives an overview of legislation regulating radiation and nuclear safety in the European Union and Estonia.

Pg. 29

GEOLOGICAL AND GEOTECHNICAL RESEARCH OF A POSSIBLE LOCATION OF A NUCLEAR POWER PLANT IN SUUR-PAKRI AND ITS SURROUNDINGS

Kalle Suuroja, Sten Suuroja, Rein Perens, Kuldev Ploom, Katrin Kaljuläte

Geological Survey of Estonia

The article introduces geological and geotechnical research conducted in 2010 by the Geological Survey of Estonia on the island of Suur-Pakri and in the seabed of its closest surroundings to find out the geological suitability of this region for building a nuclear power plant.

Pg. 31

IMPACT OF HARBOUR STRUCTURES ON THE EVOLUTION OF COASTLINE TO THE WEST OF TOILA HARBOUR

Andres Kask, PhD, Institute of Cybernetics at TUT

Jüri Kask, PhD, Institute of Marine Systems at TUT



When designing the structures reaching to the beach, it is necessary to analyse the possible impact of the structures on coastline evolution. Usually, natural balance is established in individual beach segments, but hydrotechnical structures running perpendicular to the coastline may change it significantly. The article discusses the impact of building piers on the evolution of coastline in the region of Kalaranna and Pühajõe estuary of Toila rural municipality in Ida-Viru county. The piers prevented the eastward movement of sediments and therefore caused accumulation of them on the western side of the piers and the erosion of beach sediments to the east of the piers, so that the coastline shifted accordingly towards the sea and land. A new cape was formed and where once Kalaranna village buildings were, there is now the sea and during stormy weather the beach destruction continues.

Pg. 36



AS J.I.T. PAKUB LAHENDUSI:

- ☑ haljastus- ja biojäätmete kompostimiseks
- ☑ kasvumulla ja selle aluskihi valmistamiseks
- ☑ väljakaevatud pinnase käitlemiseks
- ☑ reoveesette käitlemiseks
- ☑ põllumajandusjäätmete ja sõnniku käitlemiseks
- ☑ olmejäätmete mehaaniliseks ja bioloogiliseks käitlemiseks
- ☑ saastatud pinnase puhastamiseks



Kompostimine ilmast sõltumata – tunnel-kompostipöorel (Lane Turner) Backhus LT 45 50 DC töötamas kompostimistunnelil

Firma Backhus kompostimisseadmed ja -tehnoloogia – seadmete müük ja hooldus. Komplektsed lahendused reoveesette aunkompostimiseks.



Tunnel-kompostipöorel (Lane Turner) Backhus LT 45 50 DC



Backhus LT 45 20 DC firma kompostimiskeskuse tunnelil