

KESKKONNATEHNIKA

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

3/12

Nivus GmbH – vooluhulgamõõturid mistahes ristlõikega reoveejuhtmete ja voolusängide jaoks



www.nivus.com



Vooluhulga mõõtmine 16 ruutlipu kohta täpselt täpselt mõõtmisega



Erilise konstruktsiooni korraldada ja täpselt mõõtmiseks mõõtmiseks



Nivus OCM (P) – mõõtesõlm (AS Tallinn Vesi)



Nivus Gndelt (P) – mõõtesõlm (AS Tallinn Vesi)

Unusta kaabliparandused!
Radiodetection Ltd unikaalne SWIVEL-ühendus kaameratraktori ja kaabli vahel kaitseb kaablit ühenduskohast purunemise eest

P350 ▶

Uus, parem ja lihtsam aruandevorm otse kontrollkeskuses ning kaldegraafik (tasuta!)
Süsteem on nii vastupidav, et sobib ka igapäevaseks 24/7 teenustööks.

- ▶ Kompaktne ja portatiivne traktorkaamerasüsteem
- ▶ Sobib 100 kuni 1000 mm läbimõõduga torude sisemuse filmimiseks
- ▶ Kaldeanduriga kaameratraktor sobib nii otsevaatava, pööratava kui ka suurendusega kaamerapea jaoks
- ▶ Kontrollkeskus P350 ühildub ka lükatava kaamerakomplektiga P340

TEE OMA P350
OSTUOTSUS ENNE
25.06.2012
JA VÕIDA RAHAS
ÜLE 3000 EURO!



Hinnad alates 16 000 eurost (lisandub käibemaks)

Küsi lisateavet!

Telefon: 683 1904, mobiil 503 0275, e-post: andres@lokaator.ee

Lisainfo:
www.lokaator.ee

Mala GeoScience - maapinnaradarid
www.malags.com

Radiodetection Ltd -
kaabliotsimiseadmed ja torukaamerad
www.radiodetection.com



Tuleohutuses loeb kogemus ja koostöö!



Kui otsid kvaliteetseid tuleohutuslahendusi, vali FläktWoods.

FläktWoods toodete peale saad kindel olla – meie tuleohutuslahendused tuginevad tuletõrjelaboris tehtud katsetustele, aastakümnepikkustele kogemustele ning ladusale koostööle projekteerijate ja päästeteenistusega.



- **CE-tähisega** tuletõkkeklapid ning suitsueemaldus- ja ülerõhuventilaatorid tagavad kindlustunde nii kasutajale, paigaldajale kui ka kindlustusfirmale.

- Kaugjuhitavad suitsu- ja tuletõkkeklapid koos juhtimisautomaatika ja ajamitega.

- Autoparklate, tunnelite ja muude maa-aluste ruumide õhuvahetus- ja suitsueemalduslahendused.



Fläkt OÜ

Tel 662 2780

flakt.ee@flaktwoods.com

www.flaktwoods.fi

FläktWoods



16



24



27



36



40

Toimetused

Peatoimetaja: Merike Noor
merike.noor@keskkonnatehnika.ee

Toimetaja: Aleksander Maastik (terminoloogia ja keel - **A.M.**)
ajakiri@keskkonnatehnika.ee

Reklaam:
Marika Rebane, keskkonnatehnika@starline.ee
Reklaamide kujundus: Raul Laugen
Küljendus: Mait Tooming

Väljaandja: OÜ Keskkonnameedia
Postiaadress: Pk 2195, 10402 Tallinn

Tel 672 5900
ajakiri@keskkonnatehnika.ee
www.keskkonnatehnika.ee

Keskkonnatehnika ilmub alates 1996. aastast
2012. aastal ilmub 6 numbrit
Aastatellimus maksab 21 EUR
Järgmine number ilmub septembris
Trükkikoda Printon AS



KESKKONNATEHNIKA

ehitus, planeeringud

- 31 GIS – tõhus abi projekteerimisel. [V. Tammin](#)
- 32 Kas planeerimis põhimõtete täielik ümbersõnastamine on omavalitsuste ja pädevate planeerijate huvides? [K. Lass](#)
- 34 Asustuse säilitamine on regionaalse arengu ja ettevõtluse alustala. [K. Lass](#)

energeetika, automaatika

- 8 Põlevkivituha kasutamise laiendamiseks on käivitunud mitu uut projekti. [R. Kuusik](#), [T. Meriste](#), [A. Pototski](#)
- 9 Rahvusvaheline elektritoite kvaliteedi ja elektrivarustuskindluse konverents – PQ2012

geoloogia

- 10 Kildagaas – kas Eesti kolmeteistkümnnes maavara? [E. Uibopuu](#)
- 40 Kui tugevad on nõrgad kivimid? [E. Reinsalu](#)
- 43 Meremuda (ravimuda) uurimisest Haapsalu Tagalahes. [J. Kask](#), [A. Kask](#)

keskkond

- 26 Teadus- ja arendustöö keskkonnakaitse- ja -tehnoloogiaprogramm KESTA. [A. Vellak](#)
- 36 Keemiaõnnetused ja nende tõrje Eestis. [P. Randoja](#), [H. Käerdi](#)

küte, ventilatsioon

- 22 Ventilatsioonisüsteemi uued tuleohutusstandardid. [K. Kirspuu](#)
- 24 Tuba jahedamaks põrandaküttesüsteemi abil! [M. Plaamus](#)
- 27 Kaugkütte soojuskaod. [K. Ingermann](#)

vesi

- 12 Tõhustatud lämmastikuärastus püsiva veetasemega annuspuhastis. CWSBR-tehnoloogia aitab Läänemerd kaitsta. [A. Dederichs](#), [T. Koeckritz](#)
- 16 Tarbevesisüsteemi kavandades mõtle vee kvaliteedile. [I. Pärn](#)
- 19 Kohtla-Järve biopuhasti heitvee ja reoveesette ohtlike ainete sisalduse uuring. [O. Roots](#)

NIB laen suure läbilaskevõimega ülekandeliinide rajamiseks Lõuna-Eestis

Põhjamaade Investeeringispank (NIB) ja Eesti riigile kuuluv elektrivõrgu operaator Elering AS allkirjastasid aprilli lõpus 20-aastase laenu 330 kV ülekandeliini ehitamiseks Lõuna-Eestis. Laenu kogusumma on 15 miljonit eurot. Uus 160-kilomeetrine ülekandeliin rajatakse Tartu, Viljandi ja Sindi vahele ning see ühendab Kagu- ja Edela-Eestit. Uue liini läbilaskevõimsus tagab suurema varustuskindluse Pärnumaal (Edela-Eesti), mis võimaldab ühendada potentsiaalsed uued Lääne-Eesti tuulepargid. Ehitus algas 2011. aasta alguses ja peaks lõppema 2014. aastal.

Euroopa komisjon toetab keskkonnasõbralike lahenduste turuletoomist

Euroopa Komisjon käivitas 34,8 mln eurot maksva konkursi ökoinnovatsiooni projektide saamiseks. Uute keskkonnaprojektide turuletoomise toetuseks võivad rahastamist taotleda ettevõtted ja ettevõtjad kogu Euroopast. Taotlusi oodatakse selliste projektide rahastamiseks, mis on seotud ökoinnovatiivsete toodete, tehnika, teenuste ja protsessidega ja mille eesmärk on vältida või vähendada keskkonnamõju või millega toetatakse ressursside optimaalset kasutamist. Taotlusi saab esitada kuni 6. septembrini 2012 ning rahastamiseks valitakse välja ligikaudu 50 projekti, millele pakutakse kaasrahastamist kuni 50% ulatuses projekti kuludest.

Tänavune konkurss hõlmab viit eelisvaldkonda: materjalide ringlusse võtt, vesi, säästvad ehitusmaterjalid, keskkonnasäästlik ettevõtlus, toiduainete- ja joogisektor.

SWECO PROJEKTI TÖÖ „TASKU” VÕITIS ARHITEKTUURIKONKURSI

Eesti Arhitektide Liit koostöös Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi ning Tallinna Linnavalitsusega korraldas Kristiine ühistransporditerminali ideekonkursi. Võitjaks osutus Sweco Projekti võidutöö „Tasku”, mille autorid on Evelin Sipp, Romet Virkus ja Martin Allik.

Martin Alliku, Sweco Projekti maastikuarhitekti sõnul on töö lähteseisukoht raudteearsele alale kergliiklejate seisukohalt kvaliteetse ja atraktiivse linnaruumi loomine. Kavandatud on mugavad, kiired ja turvalised ühendused ümbritseva tänavavõrgustiku, ühistranspordipeatuste ja kaubanduskeskuse ümber. Lilleküla piirkonnas elab tuhandeid inimesi, kelle võimalused õues huvitavalt aega veeta on hetkel võrdlemisi piiratud. Nii on Tehnika tänava promenaadi äärde

kavandatud erinevale kasutajaskonnale suunatud taskupargid. Perspektiivselt oleks projektis ette nähtud promenaad üks osa Põhja-Tallinnast Ülemiste ja Nõmmeeni kulgevast kergliiklusteest. Lisaks eelnevalt mainitud kergliiklusteedele pakuti ideelahendusega välja ettepanek Mustamäele suunduvate troliliinide asendamise kiirema, mugavama ja kaasaegsema alternatiivi, trammiga.

Ideevõistlusele, mille raames tuli leida linnaehituslikke ideelahendusi Tallinnas Endla tänava raudteeviadukti piirkonnas, laekus 19 võistlustööd. Teise koha saavutas võistlustöö „Värv”, mille autorid on Jaan Port, Neeme Tiimus ja Markus Nimik (OÜ Pin Arhitektid) ja kolmanda koha sai töö „Ajavõit”, mille autorid on Hans-Peter Isand, Laura Linsi ja Roland Reemaa.



Joonis: Sweco Projekt



**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.veetechnologia.ee



Professor Harald-Adam Velnerile Elutöö auhinna üleandmine

Foto: EVEL

EESTI VEE-ETTEVÕTETE LIIT PÄRGAS PARIMAI

Eesti Vee-ettevõtete Liit otsustas 23. märtsil toimunud üldkoosolekul anda tänavuse elutöö auhinna Tallinna Tehnikaülikooli emeritprofessorile, tehnikadoktor Harald-Adam Velnerile, ja aasta veeteo auhinna ASile Tallinna Vesi kogu Ida-Euroopas ainulaadse biopuhasti rajamise eest.

Professor Velneri sulest on ilmunud enam kui 100 teadustööd Läänemere ja selle vesikonna veekogude kaitsest ja veemajanduse korraldamisest. Tema juhendamisel on kaitstud rida kandidaadi- ja doktoriväitekirju, rääkimata temalt koolituse saanud sadadest veemajandusinseneridest. Professor Velneril oli ka oluline osa Läänemere keskkonnakaitse konventsiooni ettevalmistamisel ja allkirjastamisel 1974. aastal. 1988. aastal valiti professor Velner taasasutatud Eesti Inseneride Liidu presidendiks, selles ametis oli ta kuni

1994. aastani.

ASi Tallinna Vesi eelmisel suvel valminud biofilter vähendab märkimisväärselt Tallinna lahte suubuva lämmastiku kogust ning parandab heitvee kvaliteeti. 9 miljonit eurot maksmaläinud biopuhasti puhul võib esile tuua neli olulist keskkonnasäästu aspekti:

- uue protsessi rakendamine võimaldas vähendada kemikaalivajadust 5% võrra;
- biofilter on ehituslikult väga kompaktne, kergesti laiendatav moodulsüsteem;
- biofiltri kaks põhiprotsessi kasutavad vaheldumisi samu seadmeid ja torustikke;
- protsessi pesuveena kasutatakse väljundi heitvett ning hoone sisetemperatuuri hoidmiseks plusstemperatuuril kasutatakse ära reoveest vabanev soojus.

Maa-ameti geoportaali on lisandunud andmed 37 000 geodeetilise punkti kohta

Maa-ameti geoportaali kõige uuema kaardirakendusega saab vaadata andmeid geodeetiliste punktide kohta, et tagada näiteks planeeringute koostamisel või piirkonna kaardistamisel asukoha täpsus. Geodeetiliste punktide kaardirakenduse leiab geoportaali kaardiserverist aadressil <http://geoportaal.maaamet.ee/>. Kaardirakenduses kuvatakse iga geodeetilise punkti nimi, asukoha koordinaadid, kirjeldus, punkti tähistava märgi liik, klass ning punkti seisukord. Kokku on Maa-ametil andmed ligi 37 000 punkti kohta.

Iga kaardil kujutatud punkti juurde on lisatud ka viide geodeetiliste punktide riiklikule elektroonilisele andmekogule (<http://www.maaamet.ee/rr/geo/>), kust leiab punktide kohta lisainfot, näiteks jooniseid ja fotosid. Samuti saab andmekogust punkti otsida nime või koordinaatide järgi. Olemas on ka geodeetiliste tööde käigus kogutud mõõdistus- ja arvutusandmed, kuid nendega tutvumiseks tuleb Maa-ametile esitada kirjalik taotlus.

Geodeetilisi punkte hakati Eestis looduses märgistatama juba enam kui sajand tagasi. Vanim kasutuses olev punkt on paigaldatud 1891. aastal ja asub Kuremäe kloostri juures. Geodeetilised punktid on riikliku kaitse all, nende ümber paiknevas 3–5-meetrise raadiusega kaitsevööndis on keelatud tegevused, mis võivad märki kahjustada, takistada sellele ligipääsu või sellega seotud mõõtmisi. Rikutud märkidest tuleks teada anda Maa-ametile või kohalikule omavalitsusele.

RÕHUME ÕHULE

KOMPRESSORIKESKUS



Suruõhu- ja vaakumtehnika

terviklahendused

TALLINNAS:
 Kadaka tee 5 Tel 615 5550
 10621 Tallinn Faks 615 5551
info@kompressorikeskus.ee

TARTUS:
 Vasara 52d Tel 730 3500
 50113 Tartu Faks 730 3501
tartu@kompressorikeskus.ee

VIRUMAAL:
 Tel 50 79 750

www.kompressorikeskus.ee



Foto: AS ABB

ABB TÕI TURULE LÄBIMURDELISE ELEKTRISÕIDUKITE KIIRLAADIJA

Juhtiv energeetika- ja automaatikatehnoloogia kontsern ABB Grupp teatas 27. märtsil elektrisõidukite kiirlaadija Terra Smart Connect (SC) turuletöö-

misest. Terra SC tuleb Euroopas müügile teises kvartalis, hinnad algavad väikesemahuliste tellimuste korral 9988 eurost.

Terra SC on säästlik alalisvoolulaadija (DC), mis on mõeldud mugavaks kiirlaadimiseks äri- ja büroopiirkondades. Terra SC laeb elektriauto aku täis 30–120 minutiga ning sobib ka inimestele, kellel pole tingimata vaja akut täis laadida – praeguste elektrisõidukite aku saab laadida 30–80 protsendi ulatuses vähem kui poole tunniga.

Terra SC standardvarustuses on välistingimustesse sobiv roostevabast terasest korpus, täisvärviline puutekraaniga kasutajaliides ning kõik nutika ühenduse funktsioonid. Tänu õhukesele disainile ning lihtsatele põranda- ja seinäühendustele saab seda kiiresti ja ruumisäästlikult paigaldada paljudesse kohtadesse. Terra SC kasutab üldlevinud kolmefaasilist 32 A sisendit, mis kaotab vajaduse kulukaks võrguühenduse uuendamiseks.

Terra SC on veebiühendusega laadija, millel on olemas kõik ühendusfunktsioonid, sealhulgas kaugabi, -haldus ja -teenindus ning nutikas tarkvara uuendamine. Olulisemate lisafunktsioonide hulgas on RfID ja PIN-koodi abil autoriseerimine, arveldusliides parkimisoperaatoritele ning veebistatistikamoodul kasutajapõhiste andmetega, mis võimaldab koostada energiakasutuse aruandeid.

KAESER'i abiga reovesi puhtaks!

Suur valik kõrgekvaliteedilisi Saksa rootorpuhureid

Loe lisa www.kaeser.ee

HEITKOGUSTEGA KAUPLEMINE 2011. AASTAL

ELi heitkogustega kauplemise süsteemis (HKS) osalevate käitiste heitkogused vähenesid liikmesriikide registrite andmetel möödunud aastal rohkem kui 2%.

ELi HKS hõlmab rohkem kui 12 000 elektrijaama ja tööstuskäitist 27 ELi liikmesriigis, Norras ja Liechtensteinis. Alates sellest aastast lisandusid ka selliste lennuettevõtjate heitkogused, kelle lennukid lendavad nende riikide lennujaamade vahel.

Alates 2008. aastast võivad käitised tagastada rahvusvahelisi heitkoguste vähendamise ühikuid Kyoto protokollil paindlike mehhanismide kaudu, et kompenseerida osa oma heitkogustest. Rahvusvaheliste arvestusühikute rekordiline kasutamine eelmisel aastal on suurendanud kasutamata saastekvootide hulka ligikaudu 450 miljoni võrra. See tähendab, et ringlusse on lastud üle 900 miljoni saastekvoodi

rohkem kui neid on aastatel 2008–2011 nõuete järgimiseks tagastatud.

Tõendatud heitkoguste vähendamise ühikud (THVd) moodustasid 5,8 % kõigist aastatel 2008–2011 tagastatud arvestusühikutest. ELi HKSis on kasutatud kokku 456 miljonit THVd, millest 267 miljonit on pärit Hiinast (59%) ja 79 miljonit (17%) Indiast. Muud THVd olid pärit Lõuna-Koreast (13%) ja Brasiiliast (6%) ning ülejäänud veel 20 riigist (6%).

Alates 2008. aastast on ELi HKSis kasutatud kokku 100 miljonit heitkoguste vähendamise ühikut (HVÜd). HVÜd moodustasid ainult 1,2% kõigist alates aastast 2008 tagastatud arvestusühikutest. Alates 2008. aastast tagastatud THVde ja HVÜde osakaal kokku on umbes 39% neist umbes 1,4 miljardist ühikust, mis on lubatud aastate 2008–2012 kauplemisperioodiks.

Puhta elektritootmise osakaal kasvab

Keskkonnaminister Keit Pentus andis 25. aprillil valitsusele ülevaate põlevkivi kasutamisest 2010. aastal. Aruande järgi on õnnestunud põlevkivi kaevandamist hoida allpool 20 miljoni tonni piiri, kuid kaevandamisel tekkivaid kadusid ja jäätmete hulka ei ole ettevõtteid suutnud vähendada.

Põlevkivi töötlemisel tekkiva poolkoki ja koldetuha hulka ei ole suudetud 2010. aastal vähendada, samuti ei ole suurenenud ka nende taaskasutus. Näiteks poolkoki tekkis 2007. aastal 0,981 mln tonni, 2010. aastal aga miljon tonni. Põlevkivi kaevandamise ja kasutamise efektiivsuse tõstmise vajadust näitab kadude kasv põlevkivivaru kaevandamisel. Seetõttu tuleb senisest enam tähelepanu pöörata põlevkivi kaevandamise ja kasutamise tehnoloogiate arendamisele.

Viimastel aastatel on jõuliselt kasvanud teiste energiaallikate osakaal. 2007. ja 2010. aasta võrdluses vähenes põlevkivi osakaal elektrienergia tootmises üle 8%, mis aitab elektrimajanduses võetud eesmärgile lähemale jõuda ja vähendada põlevkivist toodetava elektri osatähtsust.

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) ★
- ★ Infomediul Europa (Romania) ★
- ★ Keskkonnatehnika (Estonia) ★
- ★ Környezetvédelem (Hungary) ★
- ★ milieuDirect (Belgium) ★
- ★ MilieuMagazine (Netherlands) ★
- ★ MiljøStrategi (Norway) ★
- ★ Przegląd Komunalny (Poland) ★
- ★ Residuos (Spain) ★
- ★ UmweltJournal (Austria) ★
- ★ UmweltMagazin (Germany) ★
- ★ Umwelt Perspektiven (Switzerland) ★
- ★ Uusioutiset (Finland) ★

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

PÕLEVKIVITUHA KASUTAMISE LAIENDAMISEKS ON KÄIVITUNUD MITU UUT PROJEKTI

REIN KUUSIK¹, TÕNIS MERISTE² ja ALEKSANDER POTOTSKI³

¹Tallinna Tehnikaülikool, anorgaanilise materjalide teaduslaboratoorium,

²Eesti Energia AS, ³Eesti Energia Narva Elektri jaamad AS

EESTIL on unikaalne põlevkivi tööstusliku kaevandamise (algas 1918) ning kasutamise kogemus. Oli on põlevkivist toodetud peaaegu sajand ning energiat 1959. aastast peale. Põlevkivi kasutamisega on alati kaasnenud tootmisjääkide ladestamise vajadus, huvi on tuntud ka nende kasutamise vastu. Tänapäeval püütakse kogu maailmas ressursse võimalikult tõhusalt ära kasutada ning tootmisjääkmeid peetakse teiseks toormeks. Nii on see ka Eestis. Käesolevas kirjutises antakse lühikokkuvõtte lähiminevikus käivitunud uute ettevõtmiste ja projektide sisust ja eesmärkidest, mis on suunatud põlevkivi põletamisel tekkiva tuha kasutamisele toormena, sealjuures laialdaselt kodumaises ning rahvusvahelises koostöös.

Põlevkivi põletamisel tekib suurel hulgal tuhka – 0,45–0,47 tonni põlevkivitonniga. Ladestuspaikadesse (nn tuhaväljadele) on seda juba kogunenud 280 miljonit tonni ning aastas lisandub 4–5 mln tonni. Kui 1986. aastal kasutati enam kui pool tuhat ära, siis viimastel kümnenditel on kasutusmaht olnud üsna tagasihoidlik – vaid 3–6 %. Et põlevkivituhha keskkonnasäästliku ladestamisega kaasnevad suured kulutused tõstavad elektri hinda, on tuha kui teise toorme kasutusvaldkonna laiendamiseks viimastel aastatel nii riiklikul kui ka ettevõtete tasandil tehtud märgatavaid jõupingutusi. Euroopa Liidu vahenditest toetatava ja 2010. aastal käivitatud riikliku energiatehnoloogiate programmi arendussuuna „Põlevkivitehnoloogiad“ prioriteetide loetelus on tähtsal kohal nii põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine, põlevkivielektri CO₂-vaba tootmise arendamine kui ka põlevkivi töötlemisel tekkivate jäätmete – tuha ja aheraine rakendusala arendamine. Ka Eesti keskkonnakaitse riikliku programmi keskkonnatehnoloogia arendusteemade loetelus on jäätmete

kahjutustamine ja kasutamine olulisel kohal.

ALUSTATUD PROJEKTID

Projekti „Põlevkivitööstuse tahkete jäätmete uute kasutusala alused, 2011–2014, taotleja Tallinna Tehnikaülikool“ alusuuringuga töötatakse neljas töögrupis. Kuna üks toetusmeetme eesmärkide saavutamise tingimusi on vajaliku pädevuse maksimaalne kaasamine ja uurimisgruppide koostöö, siis osalevad selles projektis TTÜ (anorgaaniliste materjalide teaduslabor, mäeinstituut, ehitustööstuse instituut, polümeerimaterjalide instituut, soojustehnika instituut), Tartu Ülikool, Keemilise ja Bioloogilise Füüsika Instituut, Eesti Maaviljeluse Instituut ning Eesti Energia.

Töörupi TG1 ülesanne on teha selgeks probleemi füüsikalise-keemilised ja keskkonnakaitsealised alused ning uurida seda, kas põlevkivi käitlemisjääkmeid on võimalik kasutada maa-aluste kaevanduste tagasitäitmiseks (nn maa-alaga-tagasi). Kui vastus on positiivne, võimaldaks selline lahendus suurendada maavara väljamisastet, kaitsta veekeskkonda, vähendada ladestamiskulusid ning kasutada ära suurt osa põlevkivi tahketest töötlemisjääkidest.

TG2 ülesanne on töötada välja alused põlevkivituhast valmistatava, tänapäevasesse agrotehnoloogiasse sobiva ning mullas laguneva tõhusa granuleeritud mullamodifikaatori saamiseks, mis võimaldaks tahkeid jäätmeid mõõdukalt määral kasutada põllumajanduses.

Kolmanda töörupi ülesanne on selgitada füüsikalise-keemilised alused põlevkivi lendtuha kasutamiseks mitmesugustes polüolefiinide baasil valmistatud komposiitide täiteainena. Ka see võimaldaks mingi osa tahkeist jäätmetest kasutusele võtta.

TG4 ülesanne (projekti kõrvaltee-

mana) on koostada põlevkivi hapnikus põletamise laboristaadiumi uuringutes tekkivate tahkete jäätmete esmane füüsikalise-keemiline iseloomustus.

Projekti „Fosforiärastustehnoloogiad märgalapuhastites: põlevkivituhhasette filtersüsteemide omadused ja pikaajaline toimimine, 2012–2015, Tartu Ülikool“ on tegevad ka Tallinna Tehnikaülikool, Eesti Maaülikool ja Eesti Energia AS. Projekti otsene eesmärk on selgitada põlevkivitööstuse jääkmaterjali – hüdratiseeritud põlevkivituhha – kasutamise võimalusi lahustunud fosfaatide aktiivfiltrina märgalapuhastites. Projekti raames kavandatud alus- ja rakendusuuringud keskenduvad reovees hüdratiseeritud põlevkivituhha osavõtul toimuvate lahustunud fosfori sadestus-/adsorptsiooniprotsesside seaduspärasuste, mehhanismi ja saaduse füüsikalise-keemiliste omaduste selgitamisele. Uuritakse ka selle filtermaterjali fosforisidumistõhususe dünaamikat muutuvate koormuste korral ning sadestusprotsessi eri inhibiitorite juuresolekul. Selgitatakse filtermaterjalisse seotud fosfori võimalikku liikuvust mullalahuses.

Projekti „Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine, 2012–2015, Tallinna Tehnikaülikool“ partnerid on Eesti Energia AS ja AS Kunda Nordic Cement. Eesmärk on töötada välja põlevkivi säästliku kaevandamise, töötlemise ja kasutamise kriteeriumid ning tehnoloogiad, lähtudes geoloogilistest, tehnoloogilistest ja mäenduslikest tingimustest ning pidades silmas keskkonnahoidlikkust ja ressursisäästlikkust. Selleks koondatakse mitmesisulisi andmebaase, töötatakse välja uurimismetoodikad, digitaalmodelid kaevanduste ja kaevandamismeetodite ja -tehnoloogiate kohta ning üldmäenduslik mudel oma paljude alamudelitega.

Olukorras, kus viimastel aastatel on

ära kasutatud vaid 3–6 % nn kaubanduslikust põlevkivituhast, s.o sellest tühast, mille väljastamine on tehniliselt võimalik, teeb Eesti Energia AS sihipäraseid jõupingutusi tuha kasutamise laiendamiseks. Selleks toetab ta igati ülalnimetatud projektide täitmist ning osaleb nii mitme enda algatatud kui ka mitmes rahvusvahelises projektis. Esimestest tuleks nimetada projekti „Põlevkivituhha taaskasutamine maan-

teede ehitustootena, 2011–2014“ (EL programmi *LifePlus* rahastatav projekt OSAMAT), milles osalevad Eesti Maanteeamet ja Nordecon AS. Projekti eesmärk on välja töötada tingimused ja seadmetik põlevkivituhha ja kaevandamise aheraine kasutamiseks Eesti teedehituses pehmete pinnaste massstabiliseerimiseks. Kavas on ehitada ja katsetada vastavaid näidisloike. Partnerlusprojektidest on oluline „Saas-

tatud pinnaste jätkusuutlik käitlemine Balti mere sadamates, SMOCS, 2009–2012“, milles koostöös firma *Ramboll Finland* ja Lappeenranta Tehnikaülikooliga tegeldakse naftasaadustega saastatud sadama-alade pinnaste stabiliseerimise ja ohutustamisega. Eesti Energia AS investeerib käesoleval ajal veel mitmesse väiksemasse projekti nii Eestis kui ka mujal Euroopa Liidus ja Venemaal. A.M.

RAHVUSVAHELINE ELEKTRITOITE KVALITEEDI JA ELEKTRIVARUSTUSKINDLUSE KONVERENTS – PQ2012

TTÜ elektrotehnika aluste ja elektrimasinate instituut

11.–13. juunini 2012 toimub Tartus hotellis London Tallinna Tehnikaülikooli elektrotehnika aluste ja elektrimasinate instituudi korraldatav, järjekorras kaheksas konverents „Electric Power Quality and Supply Reliability“ (elektritoite kvaliteet ja elektrivarustuskindlus).

Konverentsi ajalugu ulatub aastasse 1996 ning konverentsi on korraldatud reeglina üle ühe aasta. Eelmine sama nimega konverents, järjekorras seitsmes, toimus 2010. aastal Kuressaares.

Tänavusel konverentsil on IEEE (Elektri- ja Elektroonikainseneride Instituut) tehniline tugi, mis on konverentsi kõrge taseme ja positsiooni tunnistuseks. Samal ajal on see ka ainuke elektrikvaliteedi ja varustuskindluse probleeme käsitlev konverents meie regioonis.

Käesoleval aastal on konverentsi lisateemaks elektrimasinad, muuhulgas käsitletakse uudsete tuulikugeneraatorite ja teiste elektrimasinate töökindluse küsimusi. Sel korral ootame konverentsile ligi 60 tippspetsialisti kogu maa-

ilmast. Konverentsi osavõtjad saavad seeläbi väga hea võimaluse hankida nii kogemusi ja teavet kui ka luua vahetuid kontakte mitmete riikide tippteadlaste ja ettevõtete esindajatega.

Peale ettekannetega esinejate ootame konverentsi külastama ka antud valdkonna vastu huvi tundvaid spetsialiste, kes soovivad olla kursis uusimate arengute ning suundadega. Täpsem info konverentsi kodulehel <http://pq2012.ttu.ee>, e-posti aadressil pq2012@ttu.ee või telefonil 620 3800.



KILDAGAAS – KAS EESTI KOLMETEISTKÜMNES MAAVARA?

ETHEL UIBOPUU

Keskkonnaministeerium

EESTIS on elektri tootmisel vaja vähendada põlevkivi kasutamise osakaalu ja selle alternatiiviks võiks olla maagaas. Praegu ei teata meil maagaasi tööstuslikus koguses leiduvat, ent kas see teadmine on ikka tõene?

Teadusasutuste ja energiagigantide hiltjutised teated annavad lootust, et elektritootmises on võimalik gaasi osakaalu vähemalt osaliselt suurendada, võttes kasutusele Euroopast pärit kildagaasi.

Kildagaasiks nimetatakse teatud tüüpi moondekivimite (kiltade) suletud poorides leiduvat metaani, butaani, etaani, propaani ja muid gaase. Sellist gaasi esineb kivimeis, mis sisaldavad orgaanilist ainet – kunagiste elusorganismide jäänuseid. Kilt ise on peeneteraline moondekivim, mille lähtekivimiks on enamasti suure savisisaldusega settekivim. Et orgaanilisest ainest tekiks gaas ning settekivimist kilt, on vaja kõrget temperatuuri ja rõhku ning palju aega.

Kildagaasi nimetatakse ebatavaliseks e mittekonventsionaalseks maavaraks, sest gaas on suletud kivimi väikestes pooridesse ning kuni viimaste aastateni ei suudetud seda tööstuslikus koguses

ammutada. Tavapäraseks gaasimaardlaks on orgaanilist ainet sisaldava kivimi kohal paiknev poorne kivim – nn reservuaar, kuhu gaas on oma tekkekivimist eraldudes kogunenud. Gaas pumbatakse maapõuest välja maardlasse ulatuvate puuraukude kaudu. Pärast kildakivimini jõudmist pannakse puurpea (enamasti 300–2000 m ulatuses) liikuma piki kildakihti. Puurauke ning neist hargnevaid rõhtsaid harusid on puurväljal mitu ning see võimaldab gaasi koguda laialt alalt.

Et gaasi kildast kätte saada, tuleb poorid avada. Võimalikult paljusid poore läbivate pragude tekitamiseks pumbatakse puuraugu kaudu kivimisse suure rõhu (kuni 101 MPa) all liiva ja kemikaale sisaldavat vett. Liivaterade ülesanne on hoida tekitatud praod lahti, et nad lasuvate kivimikihtide raskuse all kokku ei vajuks. Enamasti kasutatakse looduslikku, vahel ka tehislüüa – keraamilisi või alumiiniumhelmeid, paagutatud boksiti või materjale. Vabanenud gaas koguneb väljavoolutorusse.

Üle 98 % maakoore pumbatavast segust on vesi ja liiv, kemikaale on selles vaid 1–2 protsenti. Kemikaalide seas on

hapet ning vett geeliks muutvaid, pindaktiivseid, hõõrdumist ja seadmete korrosiooni vähendavaid, pH reguleerivaid ja bakteritsiidseid aineid [1]. Kuigi kemikaalid soodustavad gaasi ammutamist, suurendavad nad keskkonnariske, sest kui segu on oma otstarbe maapõues täitnud, pumbatakse ta uuesti maapinnale. Peale lisatud kemikaalidele on väljapumbatavas vees ka teatud määral gaasi ümbriskivimist väljalahustunud keemilisi ühendeid. Kildagaasi ammutamiseks on vaja tohutul hulgal vett. Ameerika Ühendriikides, seni maailmas kõige enam kildagaasi tootval riigil, kulub gaasi ammutamiseks keskmiselt kuni 15 tuh m³ vett puuraugu kohta [2]. Sellest 25–75 % on maapõuest väljapumbatavat vett, mida on vaja puhastada.

Arvatavasti võiks Eestis kildagaasi leida graptoliitargilliidid. Graptoliidid olid vanaaegkonna meredes laialdaselt levinud kinnistunud või planktiliste kolooniatena elanud poolkeelikloomad. Graptoliitargilliiti on nimetatud ka diktüoneemakildaks või diktüoneemaargilliidiks, ent need nimetused on kahes mõttes ebatäpsed. Esiteks ei ole tegemist



KOLMEKS

KOLMEKS OY Tallinna kontor • Ehitajate tee 110 • 12618 Tallinn

Tel. 600 20 15 • Fax 672 74 00 • Mob. 56 564 457

E-post: tl@kolmeks.ee • www.kolmeks.com

ehtsa, moondekivimite hulka kuuluva savikildaga, sest savilasund on läbinud vaid moonandumisele diagenesi ning kivimile mõju avaldanud temperatuur ja rõhk ei ole olnud piisavalt kõrged. Teiseks ei sisalda kivim graptoliitide *Dictyonema*, vaid hoopis selle sugulase *Rhabdinopora* kivistisi.

See tume, mustjas- või hallikaspruun peeneteraline tihenend savi kivim sisaldab 10–20 % orgaanilist ainet. Argilliidikihi paksus on kõige suurem Lääne-Eestis (kuni 8 m), Hiiumaa ja Ida-Eesti suunas lasund õheneb ning Lõuna-Eestis ja Saaremaal puudub. Lasund paikneb klindil ja rannikuvööndis 10–20 m, leviku lõunapiiril kuni 300 m ning Kesk- ja Ida-Eestis kuni 200 m sügavusel [3].

See, et graptoliitargilliit ei ole ehtne moondekivim, seab kahtluse alla ka selle gaasisalduse. Need kivimid, milles on seni leitud tööstuslikult kasutaval hulgal kildagaasi, sisaldavad oma poorides termogeense tekkega gaasi, s.o gaasi, mis tekkis kivimis leiduvast orgaanilisest ainet suure rõhu ja kõrge temperatuuriga keskkonnas. Eesti graptoliitargilliidis, mis korreleerub Lõuna- ja Kesk-Rootsi kambriumi ja ordoviitsiumi ladestu maarjaskilda (*alum shale*) läbilõike ülemise osaga [4], võiks leiduda vaid biogeense tekkega gaasi. Rootsis on viimastel aastatel tehtud

sellise gaasi varu hindamiseks geoloogilisi uuringuid ning arendatud kildast biogeense gaasi ammutamise tehnoloogiat. Keskkonnariskid on termogeense gaasiga võrreldes oluliselt väiksemad, sest kivim ei ole moonunud, looduslik lõhelisus on säilinud ning kivimit ei ole vaja maa all purustada. Oluline on, et argilliidi kohal oleks piisava tihedusega lasund (nt savi), mis hoiaks ära kildast tekkiva gaasi lendumise läbi poorse liivakivikihi ja lõhelise lubjakivi atmosfääri. Oletatavasti võib gaasi leiduda ka Ida-Virumaa aluskorra grafiitgneissides ja alam-siluri merglites.

Seega vajab võimaluse kindlakstegemine, et Eestis lisandub keskkonnaregistri maardlanimistusse põlevkivi, lubja- ja dolokivi, kristalliinse ehituskivi, liiva, kruusa, savi, turba, järve- ja meremuda, järvelubja ning fosforiidi sekka kolmeteistkümnenda maavarana ka maagaas, mahukaid üldgeoloogilisi ja geoloogilisi uurimistöid.

Ebatavaliste gaasimaardlate kasutuselevõtt on võimaldanud Ameerika Ühendriikidel viimase kümne aasta jooksul saada gaasitarnetest täielikult sõltumatuks ning muutuda importijast gaasi eksportivaks riigiks. Gaas on seal viimase kolme aasta jooksul neli korda odavamaks muutunud. Geoloogilisi eeldusi suletud poorides leiduva gaasi esinemiseks on

tõenäoliselt paljudes riikides. Euroopas arutletakse praegu kildagaasi ammutamisega kaasnevate võimalike keskkonnariskide ärahoidmise ja leevendamise ning vastavate õiguslike regulatsioonide tõhususe üle. Saksamaa tegi hiljuti teatavaks, et Schleswig-Holsteini piirkonnas on gaasi tootmiseks kivimi hüdrosurvega purustamise tehnoloogiat arendatud ning seda kasutatud juba 1955. aastast alates. Poolas ja Rootsis on kildagaasi otsimiseks ja uurimiseks välja antud mitu uuringuluba. Arutelud kildagaasiuuringute üle käivad Leedus, Bulgaarias, Prantsusmaal, Inglismaal ja mujalgi. A.M.

Viidatud allikad

1. <http://fracfocus.org/chemical-use/what-chemicals-are-used>
2. Plan to Study the Potential Impacts of Hydraulic Fracturing on Drinking Water Resources: http://www.epa.gov/hfstudy/HF_Study_Plan_110211_FINAL_508.pdf
3. Heinsalu, H., Viira, V. 1997. Pakerort Stage. In: Raukas, A., Teedumäe, A. (eds.). Geology and Mineral Resources of Estonia: 52–58.
4. Andersson, A., Dahlman, B., Gee, D.G., Snäll, S. 1985. The Scandinavian Alum Shales. *Sveriges Geologiska Undersökning*, No.56: 50.






OÜ NTM BALTIC
Mustamäe tee 44a
10621 Tallinn

Tel: 654 6999
Tel: 654 6663
Faks: 656 2719

Prügiveok NTM Hübriid

Soome ettevõtte NTM (AB Närpes Trä & Metall OY) ja VOLVO Truck Corporation on linnade magalarajoonide teenindamiseks ühiselt välja töötatud keskkonnasõbraliku, eriti vähe müra tegeva hübriidprügiveoki. Stockholmi lähedal paiknevas Solna väikelinnas töötab niisugune kahemehelise meeskonnaga prügiauto väga tõhusalt ööpäev ringi. Varahommikul kell viis algava töö-ööpäeva jooksul kogutakse neli koormat prügi. Hübriidprügiveokile paigaldatud diisielektrilekanne muudab auto müra väru kuuldavaks. Prügiveoki võimsad liitium-ioonakud võimaldavad probleemideta teenindada kaubakeskusi ja magalarajoone, kus suurte veokite heitgaasid ja müra on alati ebameeldivusi põhjustanud. Diiselmootorit kasutab autojuht veoki liikumatahakkamise momendil ning, kui vaja, ka veoki liikumise ajal, pidurdamisel tekkiv energia aga kogutakse akudesse ning taaskasutatakse.

NTM OY tütarettevõtte NTM Baltic OÜ pakub suurt valikut mitmeotstarbelisi NTM-prügiveokeid ja VDL-konteinerivahetusseadmeid. Firma teeb ka prügiveokite hooldus- ja remonditöid.



www.ntmbaltic.ee

TÕHUSTATUD LÄMMASTIKUÄRASTUS PÜSIVA VEETASEMEGA ANNUSPUHASTIS

CWSBR-TEHNOLOOGIA AITAB LÄÄNEMERD KAITSTA

AXEL DEDERICHS ja TIM KOECKRITZ

G.A.A., Gesellschaft für Abwasser- und Abfalltechnik mbH, Saksamaa

ANNUSPUHASTID hakkava tasapiisi läbivoolupuhasteid välja vahetama, sest nende puhastustulemused on paremad. Lämmastikuärastus, üks Läänemere tegevuskava prioriteete, on läbivoolupuhastitega võrreldes märksa tõhusam – kuni 80 % suurem. Annuspuhastuse suured eelised on õhutanud otsima tehnilisi lahendusi, mis sobiksid nii üksikmajapidamisele kui ka sadade tuhandete elanikega linnadele.

Püsiva veetasemega annuspuhasti (ingl CWSBR – *Constant Waterlevel Sequential Batch Reactor*) – üks G.A.A. meelislahendusi – võimaldab annuspuhastust kasutada veetasel püsivana hoides, nii nagu tavalistes läbivoolupuhastites. Annuspuhasti kujuneb siis lihtsaks ning kulutõhusaks, nagu on näidanud Põhja-Saksamaal, Lääneme-

re ääres saadud kogemused.

ANNUSPUHASTUSE TÕHUSUS

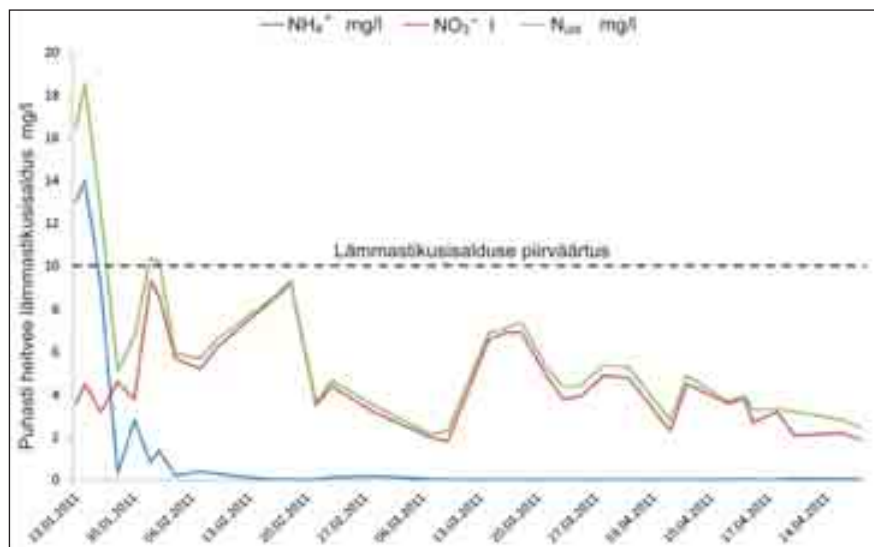
Annuspuhastuse vastu on huvi kogu maailmas üha suurenenud. Vastupidi läbivoolutehnoloogiale ei voola reovesi kontrollimatult läbi puhastusastmete, vaid viibib neis kindla, reovee koostisest oleneva kontrollitava aja vältel. Annuspuhastuse puhul saab juurdevoolu kõikumisi arvesse võtta ning protsessi maksimaalse tõhususe saavutamiseks reguleerida. Et läbivoolutehnoloogia seda ei võimalda, on hakatud seda kogu maailmas asendama annuspuhastusega.

See suundumus ilmneb viimasel ajal ka Läänemere-äärsetes riikides, kus reoveepuhastus peab olema erakord-

selt tõhus. Põhja-Saksamaal töötavad lähestikku ja ühesugustes tingimustes nii läbivoolu- kui ka annuspuhastid, mis on ehitatud ühtede ja samade DWA (*Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall E.V.*) nõuete kohaselt. Need termodünaamilisele tuginevad nõuded määratlevad näitajad, nt biokeemilise hapnikutarbe või õhustuskambri vajalikkuse mahu olenevalt aktiivmudasisaldusest ning sätestavad ka seda, mida peab puhasti kavandamisel silmas pidama. Ometi võivad Saksamaa läbivoolupuhastid, kuigi lahenduse, konstruktsiooni ja kuju poolest õige erinevad, olla lämmastikuärastuse suhtes üsna ühesugused.

Läbivoolupuhastite piiratud võimalustest andis ülevaate Tallinnas 2011. a märtsis peetud (linnade põhjustatud veekogude eutrofeerumise vähendamisele pühendatud) PURE konverentsil J. Einfeldt [1]. Ta rääkis suurtest kulutustest, mida on selliste puhastite lämmastikuärastuse tõhustamiseks vaja teha Flensburgis, Ratzeburgis ja Hansalinn Lübeckis. Nende Põhja-Saksamaa Läänemere-äärsete puhastite heitvee lämmastiksisaldus on umbes 10 mg NO₃-N/l. See tulemus klappib Saksamaa keskmisega (8,3–10,9 mg N_{ld}/l), mille DWA sai 5949 reoveepuhasti andmete analüüsimise tulemusena [2]. Oma ettekandes [1] teatasid Einfeldt jt, et Lübecki puhasti (640 000 ie) lämmastikuheite vähendamiseks poole võrra, s.o 5 milligrammini liitris, oleks vaja kaheastmelist biofiltrit.

Annuspuhastid on võimelised lämmastikku ilma täiendavate biofiltriteta ärastama tänu tõhustatud denitrifikat-



Joonis 1. G.A.A. annuspuhasti (Dorf Güll, 3700 ie) käikuandmine 2011. aasta talvel, kui reovee temperatuur oli 6 °C. N-ärastusnõuete rahuldamiseni jõudis puhasti seitsme päevaga ning kolme kuu pärast oli heitvee lämmastiksisaldus alla 2 mg/l, st et ärastustõhusus oli üle 96 %



Joonis 2. Hiinas paiknev CWSBR-puhasti (jõudlus 130 000 ie) koosneb neljast moodulist, millest igaüks jaguneb kogumissektsiooniks, CWSBR-reaktoriks ja ühtlustussektsiooniks. Iga moodul võib töötada omaette või koos teistega. Kui piirkonna rahvaarv peaks kasvama, on võimalik mooduleid lisada

sioonile. Erinevalt läbivoolupuhastitest, kus nitrifikatsioon ja denitrifikatsioon kulgevad puhasti eri osades, toimuvad need reaktsioonid ka annuspuhastis järjestikku, ent samas mahutis. Selline lahendus tõhustab tunduvalt denitri- fitseerimisjõudlust. Joonisel 1 on kujutatud ühes G.G.A. CWSBR-puhastis toimunut käikuandmise ajal 2011. aasta talvel, kui reovee temperatuur oli 6 °C. Protsessi käivitamiseks toodi juuretiseks aktiivmuda ühest töötavast läbivoolupuhastist ning sellest piisas biopuhastuse käimaminemiseks nõnda, et heitvee lämmastiksisaldus langes seitsme päevaga tasemini 10 mg/l.

Hiljem jõuti õhustuskestuse ja aktiivmudapuhasti annustamist reguleerides selleni, et heitvee lämmastiksisaldus alanes 2 mg/l-ni ilma mingeid lisavõtteid rakendamata ja lisakulusid tege-mata. Väikese CWSBR-puhasti lämmastikuärastustõhusus osutus suurepäraseks. On ju teada, et läbivoolupuhastitel oleneb see puhasti suurusel ning on seda väiksem, mida väiksem on puhasti. Saksamaal näitas DWA korraldatud uuring [2], et lämmastikuärastus kõikus 80,1 (puhasti jõudlus üle 100 000 ie) ja 76,7 protsendi (1000 – 5000 ie) vahel, ent ei ulatunud kuskil 96 %-ni, nagu

G.A.A. Dorf Gülli CWSBR-puhastis. See ei olnud üksikjuhtum, sama suur oli ärastusprotsent ka Läänemere-äärsetes Krummesse (3000 ie) ja Maasholmi puhastites. CWSBR-puhastite üldist tõhusust kirjeldavad tabeli 1 andmed. Euroopas suuri CWSBR-puhasteid veel rajatud ei ole, sest kõik suuremad linnad olid läbivoolupuhastitega juba varustatud, kui annuspuhastid 20 aastat tagasi turule jõudsid.

CWSBR: PÜSIVA VEETASEMEGA ANNUSPUHASTUSTEHNOLOOGIA

Kui on vaja rajada uus reoveepuhasti

Tabel 1. SUURE (HIINAS) JA VÄIKESE (SAKSAMAAL) CWSBR-PUHASTI TÕHUSUSE VÕRDLU

		KHT mg/l	BHT ₅ mg/l	Heljum mg/l	NH ₄ ⁺ -N mg/l]	N _{üld} mg/l	P _{üld} mg/l
Hiina	Sissevool	150–485	70–240	80–310	8–25	15–43	1,3–4,8
> 100 000 ie	Väljavool	32	4	8	0,1	1,8	0,23
Saksamaa	Sissevool	464–1510	300–1000	26–80	56–93	60–97	11–29
< 5 000 ie	Väljavool	15	3	0	0,1	2,2	0,6

või olemasolevat uuendada, ehita-takse tänapäeval sageli juba annus-puhasteid jõudlusega üle 50 000 ie. G.A.A. püsiva veetasemega annus-puhastust on rakendatud ka Lää-nemere piirkonna uuendatavate reoveepuhastite tõhustamiseks [3]. Nagu alglahendusegi puhul, puhas-tatakse reovesi annusekaupa, ent nii juurde- kui ka väljavool on CWS-BR-puhastite puhul ühtlane, nagu on omane läbivoolupuhastitele. Ta-valise annuspuhastuse bioreaktor tühjendatakse portsukaupa ning suublasse heidetava puhastatud vee vooluhulga ühtlustamiseks on vaja eraldi mahutit. CWSBR-puhastile sellist mahutit vaja ei ole.

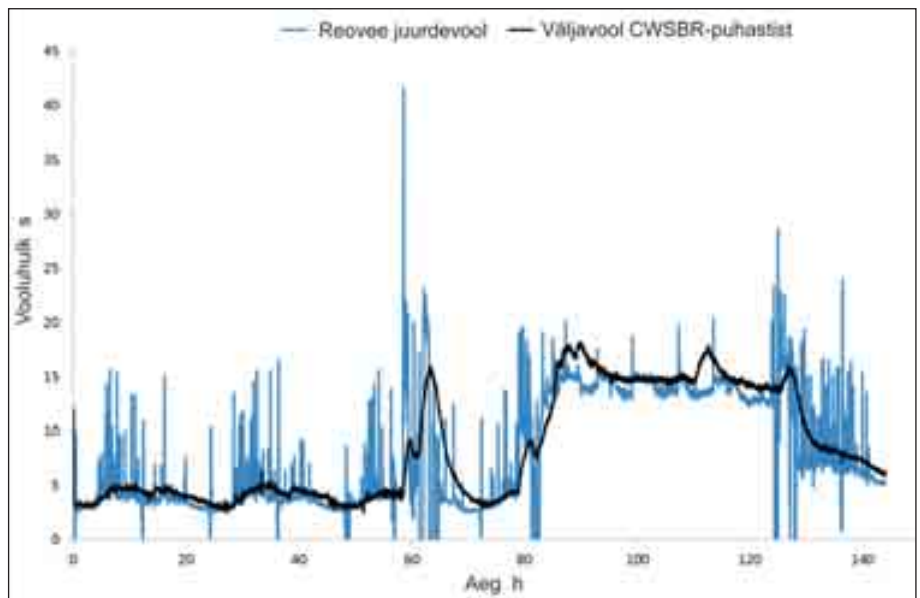
CWSBR-puhastile ei ole vaja ka juurdevoolu ühtlustavaid mahuteid. Ühemahuline puhasti on varus-tatud mahuti põhja ja seinte külge kinnitatud elastsete „kardinatega“. Ülaservas olevad ujukid hoiavad kar-dinat püsti nõnda, et nad jagavad pu-hasti eri osadeks (joonis 2), mille maht muutub rõht-, mitte püstsuunas, nagu tavalises annuspuhastis.

CWSBR toimib niisama moodi kui tavaline annuspuhasti (vt G.A.A. ko-dulehekülge www.g-a-a.de). Kogune-missektsioonist pumbatakse reovesi aktiivmudapuhastussektsiooni (CWS-BR-reaktorisse). Pumpamine veetaset ei muuda – esimene vahekardin lihtsalt jälgib mahumuutust. Teine kardin jääb CWSBR-reaktori täitmise ajal paigale. Pärast aktiivmudasektsiooni täitmist lülituvad pumbad välja ning toorreovesi sinna enam ei pääse. Reovee juurdevool kogumissektsiooni jätkub, teine kar-din nihkub ühtlustussektsiooni poole ning tõrjub sellest nii palju puhastatud vett suublasse, kui kogumissektsiooni juurde voolab. Aktiivmudasektsioonist pääseb puhastatud vesi ülevoolu kaudu kogumissektsiooni settimisfaasi ajal. Kuidas vesi puhastis liigub, näitab kar-dinate asend reoveepuhastis.

Joonisel 3 on näha, kuidas CWSBR-puhasti tasandas kuue päeva jooksul vooluhulki. Nii nagu läbivoolupuhasti-tegi puhul, ei jõua valingvee põhjusta-tud tippvooluhulk otse suublasse.

CWSBR MAKSUMUS

Tavalise annuspuhastusega võrreldes räägib CWSBR kasuks see, et investee-rimiskulud võivad olla isegi üle poole väiksemad. Kahe või kolme mahuti asemel on ju vaja vaid üht. Aktiivmu-



Joonis 3. CWSBR-puhasti juurdevoolu ühtlustumine reovee annuspuhastamisel kuue päeva, mille jooksul sadas ka paduvihma, kestel. Tippvooluhulgad tasanduvad ning väljavooluhulk ühtlustub

da stabiilne mikrobioloogiline koostis võimaldab tõhusat denitrifikatsiooni ilma ujumuda tekkimiseta isegi siis, kui juurdevooluvee BHT on väike. Energiakulu reovee õhustamiseks on võrreldav tava-annuspuhastite omaga, pumpamisenergiat veeringlusele kulub aga 35 % vähem (pumbad peavad teki-tama vaid hõõrdekistuse ületamiseks vajalikku survet, staatiline tõstekõrgus puudub). Tava-annuspuhastiga võr-reldes kulub vähem aega aktiivmuda sadestumisele ja reaktsioonikambri tühjenemisele. Nagu klassikalise annus-puhastuse korral, on reaktsioonikamb-ris homogeenne reovee ja aktiivmuda segu. Pärast õhustuse katkestamist se-tib aktiivmuda põhja ning pinnale te-kib selginud vee kiht, mis lastakse välja sette alanevat taset jälgiva ujukülvoo-lu kaudu seni, kuni vee ja aktiivmuda piir on reaktoris vajunud ettenähtud miinimumtasemeni. CWSBR-puhastis voolab selginud vesi aktiivmudasekt-sioonist välja ilma et veetaset oleks vaja alandada. Et ujukülvool on selginud vee ja settinud aktiivmuda piirist kau-gel, jääb väljavooluvesi selgeks ka suure valingvihmaeegse äravoolukiiruse kor-ral.

CWSBR-süsteemid tasandavad reo-vee väikepuhastite heitveetippe ja ta-gavad ühtlase väljavoolu. Sellised pu-hastid toimivad usaldusväärselt väga erineva kangusega reovee puhul ning rahuldavad rangeimaidki keskkonna-nõudeid. Saksamaal ja Hiinas, kus on rajatud CWSBR-puhasteid koormusele 800 kuni 200 000 ie, saadud kogemu-

sed tõestavad, et need lihtsa ehitusega puhastid sobivad nii maa-asulatele kui ka linnadele. Kümne aastaga on selgeks saanud, et püsiva veetasemega annus-puhastid rahuldavad kõiki tänapäeva-nõudeid. Tänu lihtsusele ja otstarbeka-le lahendusele võib kokkuhoid ulatuda 50 protsendini. A.M.

Viidatud allikad

1. Einfeldt J., Günter H., Silem A. 2011. Multistage Biological Wastewater Treatment in Northern Germany. Tallinn, 16th March 2011. PURE-Seminar „Local actors as forerunners - concrete achievements and links to international covenants in Baltic Sea protection“: http://www.itamerihaaste.net/files/300/Einfeldt_PURE_Tallinn_seminar_2011_03_16.pdf.
2. 23. Leistungsvergleich kommunaler Kläranlagen 2010: <http://www.dwa-st.de/nb/kan/leistungen/lv2010-bund.pdf>.
3. Axel Dederichs, Dr. T. Koeckritz 2011. Püsiva veetasemega annuspuhasti (CWS-BR). Uus lahendus Eesti reoveepuhastus-es. – Keskkonnatehnika, 3: 6–7.

KONTAKT

G.A.A.
Gesellschaft für Abwasser- und Abfall-technik mbH
Grambeker Weg 157
23879 Mölln, Germany
Tel.: +49-4542-8278-25
Fax: +49-4542-8278-29
info@g-a-a.de
www.g-a-a.de



Näe rohkem,



uue LOGO!ga see on võimalik!

LAHENDUSED TÖÖSTUSELE

SIEMENS Osakeühitis Eesti filiaal, Väike-Paala 1 Tallinn 11415
Tel: 630 4777, email: automaatika.ee@siemens.com

SIEMENS

Uuri täpsemalt:
www.siemens.com/logo

TARBEVEESÜSTEEMI KAVANDADES MÕTLE VEE KVALITEEDILE

IVAR PÄRN

Firma Oventrop tehniline esindaja Eestis

JOOGIVEETA EI TULE INIMKOND KUIDAGI TOIME

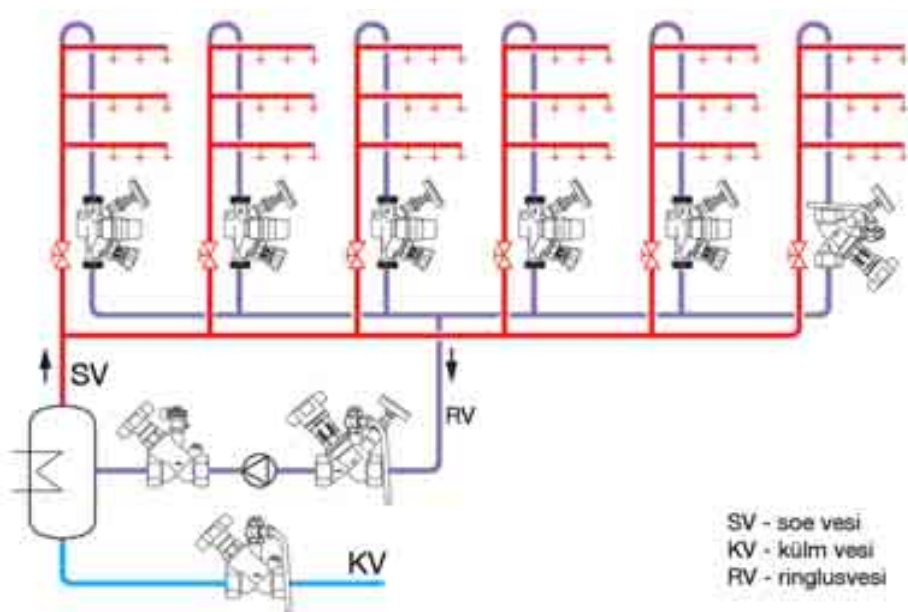
Puhtal veel on erakordne tähtsus meie igapäevatoitumises ja kehahoolduses. Vee töötlemise ja edastamise kohta kehtivad väga ranged nõuded. Iga era-, avalik või kommertstarbija eeldab, et ta saab veevõrgust kvaliteetset ja igati ohutut joogivett. Mis aga juhtub veearestist tagapool? Boilerites või mahupaakides seismine või halvas seisundis torustik võib sooja tarbevee kvaliteeti sel määral halvendada, et see muutub soodsaks kasvukeskkonnaks mitmesugustele, sh tõvestavatele mikroorganismidele. Sotsiaalministri määruses „Joogivee kvaliteedi- ja kontrollinõuded ning analüüsimeetodid“ on öeldud, et joogiveega kokku puutuvad veevarustussüsteemide seadmed, vahendid ega materjalid ei tohi halvendada joogivee kvaliteeti ega ohustada inimese tervist otseselt ega kaudselt. Seetõttu tuleb projekteerimisel ja ehitamisel pöörata tõsist tähelepanu sellele, et süsteemis ei oleks kohti, kus võiksid tekkida bakterite ja mikroorganismide paljunemiseks soodsad tingimused.

Sooja tarbevee ringlussüsteemi (joonis 1) **projekteerimise ajal** tuleb pöörata tähelepanu sellele, et:

- kõigis süsteemiosades liiguks piisav vooluhulk;
- kuumade vee temperatuur oleks veevõtukohtades vähemalt 57 °C ja ringlustorustikus vähemalt 55 °C ning et soojaveetoru kõrval asuvas külma veetorustikus ei tõuseks vee temperatuur üle 25 °C (torustikud olgu hästi soojusisoleeritud!).

KUIDAS SAAVUTADA NEID EESMÄRKE PRAKTIKAS

Firma Oventrop pakub tasakaalusta-



Joonis 1. Sooja vee ringlussüsteem

mis- ja tarbevee ringlussüsteemi jaoks ventiile ja filtreid, mis aitavad tagada:

- joogivee vajaliku kvaliteedi ja hügieenilisuse;
- optimaalse vooluhulga ringlussüsteemi kõigis harudes;
- vee õige temperatuuri kogu süsteemis;
- vee automaatse „aruka“ termilise desinfitseerimise sel moel, et temperatuur tõuseb igas süsteemi osas vähemalt kolmeks minutiks üle 70 °C.

PRONKS TÄHENDAB KVALITEETI

Firma Oventrop juhindub joogivee kvaliteedi suhtes kehivatest rangetest DIN 1988 nõuetest, mille kohaselt ei tohi süsteemi eri osade materjalid vee kvaliteeti mõjutada ka pikema aja jooksul. Just sellistele tingimustele vastab pronks, mis on:

- hügieeniliselt ohutu;
- korrosioonikindel;
- vananemisekindel;

- kuumuskindel;
- 100 % taaskasutatav.

Kõik tarbeveesüsteemides kasutamiseks mõeldud, DVGW-sertifikaati omavad Oventrop-ventiilid on tehtud pronksist ning vastavad kõikidele normidele ja nõuetele.

VENTIIL AQUASTROM C

Ringlustoru tagasivoolule paigaldatav reguleeriv ventiil *Aquastrom C* (joonis 2) on ette nähtud tarbevee ringluskontuuride tasakaalustamiseks. Tasakaal saavutatakse vooluhulga eelseadeväärtuse reguleerimisega. Kui *Aquastrom C* kasutatakse koos termostaatventiiliga *Aquastrom T plus*, tuleb ta alati panna kõige kaugemale ja vooluhulgaga kõige vähem kindlustatud püstikule. Siis saab vooluhulka reguleerida, kui temperatuur on torustikus liialt madal. Ventiili *Aquastrom C* saab varustada ka proovivõtukraaniga *Aquastrom P* (joonis 3), mis võimaldab aegajalt kontrollida vee kvaliteedi vastavust



Joonis 2. Ventiil Aquastrom C

kehtestatud normidele.

Plussid:

- lihtne paigaldada ja seadistada;
- võimaldab täpselt seadistada isegi väga väikesi vooluhulki;
- ventiilil on viis funktsiooni: eelseadistamine, sulgemine, temperatuuri kontrollimine (mõõtepiirkond 20–100 °C) ja vooluhulga mõõtmine;
- neli sertifikaati: DVGW, SVGW, KIWA ja ACS.

VENTIIL AQUASTROM T PLUS

Kuuma vee ringlussüsteemides ja jaotustorustikes ei tohi tekkida soodsaid tingimusi ohtliku bakteri *Legionella* arenemiseks. Selleks peaksid toruga, milles pidevalt on kuum vesi, veevõtukohaga ühendatud jaotustorud olema



Joonis 3. Proovivõtukraanid Aquastrom P

võimalikult lühikesed. Kogu soojaveetorustik tuleks ehitada nõnda, et selles pidevalt voolaks 55–60-kraadine vesi ning et soojuskadu selles ei ületaks kütteallikasse tagasi jõudmisel 5 °C. Desinfitseerimise ajal, mil vee temperatuur tõuseb üle 70 °C, peavad torusulgurid tagama, et selle temperatuuriga vesi jõuaks süsteemi igasse punkti. Termostaatventiilid Aquastrom T plus (joonis 4) on valmistatud just seda silmas pidades. Need ventiilid tagavad, et nõutud temperatuuriga vesi jõuab kõigisse ringlusveeharudesse, toetavad süsteemi desinfitseerimist ning võimaldavad ka süsteemi eri harude vooluhulki omavahel tasakaalustada.

Temperatuuri kontrollimine (joonis 5). Ventiil Aquastrom T plus on



Joonis 4. Ventiil Aquastrom T plus

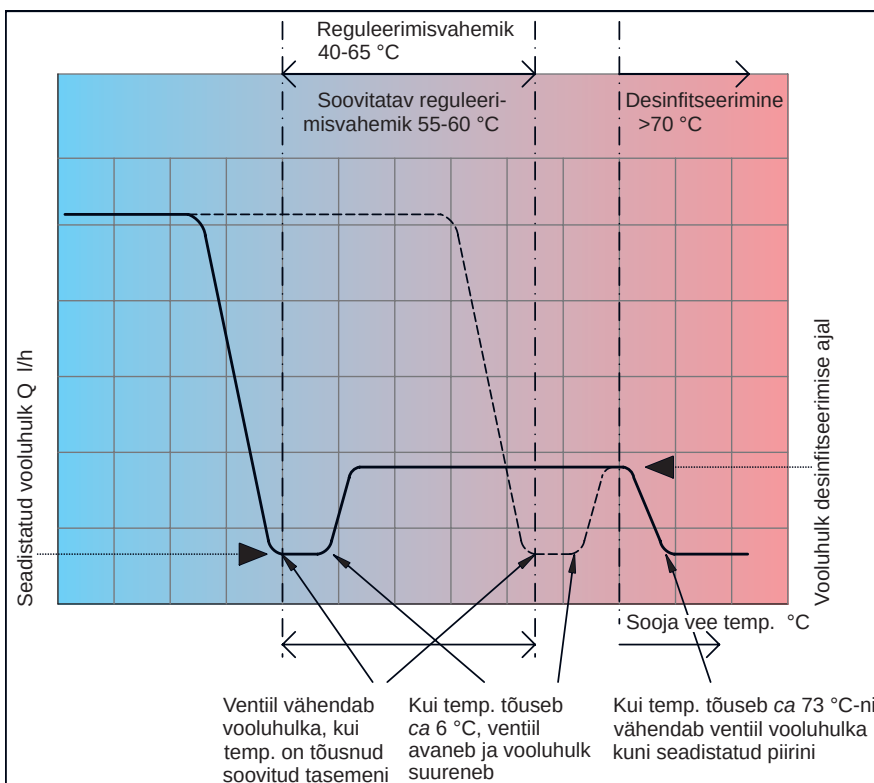
eelseadistatud töötamiseks temperatuuril 57 °C ning enamasti lisaseadistamist ei vaja. Kui siiski vaja, saab ringlusvee temperatuuri seadistada vahemikus 40–65 °C (soovitav vahemik 55–60 °C). Kui temperatuur ületab eelseade, jääb vooluhulk selliseks, nagu eelnevalt seadistatud.

Termiline desinfitseerimine (anti-*Legionella* funktsioon). Termilist desinfitseerimist, milleks vee temperatuur tõstetakse süsteemis üle 70 °C, juhib tarbevee soojendusseadmesse sisestatud programm. Kui temperatuur tõuseb ventiilis ca 6 °C, suureneb miinimumvooluhulk automaatselt desinfitseerimiseks vajaliku vooluhulgani, ning kui temperatuuri jõuab 73 °C-ni, keerab ventiil vooluhulga jälle minimaalseks. Siis on hüdrauliline tasakaal tagatud ka desinfitseerimise ajal.

Vooluhulga reguleerimine. Ventiil Aquastrom T plus töötab täiesti iseseisvalt. Seda on küll võimalik komplekteerida vooluhulgaregulaatoriga, mis tasakaalustab omavahel eri ringluskontuuriharusid. Regulaator võimaldab ka ringluskontuure nt hooldustööde ajaks sulgeda. Ventiilile on võimalik paigaldada termomeeter või tühjendusotsik.

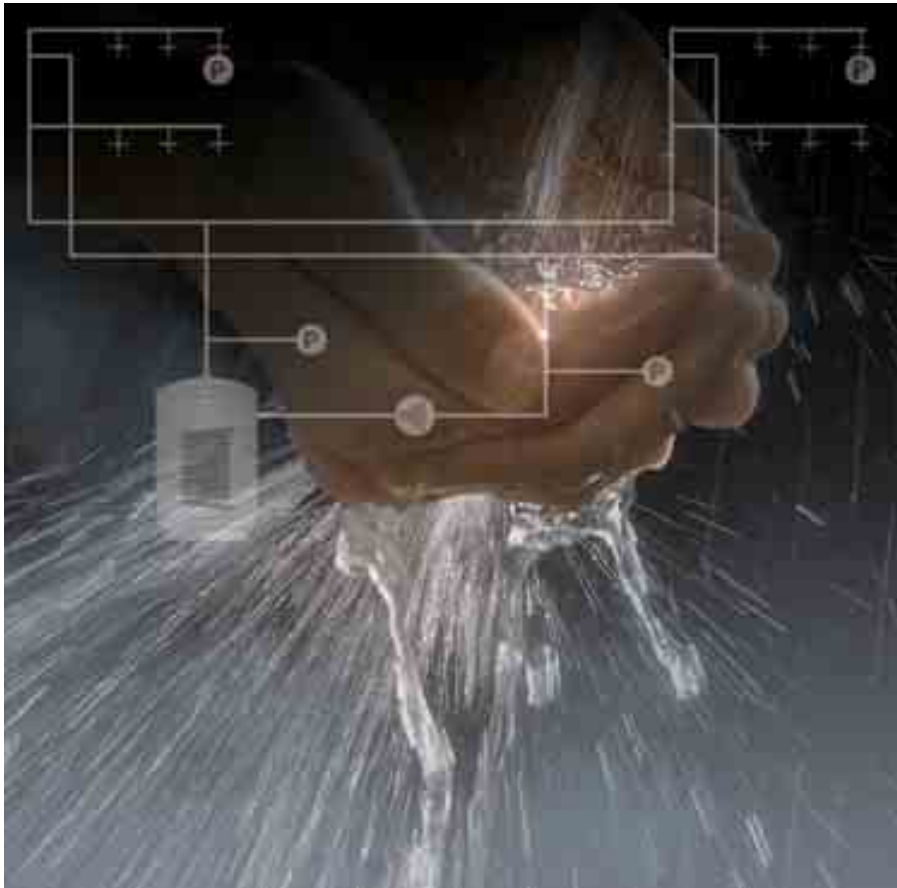
Mudelid. Ventiilid Aquastrom T plus on saadaval suurustes DN15, DN20 ja DN25. Neid on nii sise- ja väliskeermega kui ka pressliitmikega. Ventiil (vooluhulgaregulaatori ja termomeetriga) tarnitakse koos soojusisolatsiooniga. A.M.

Rohkem teavet tarbeveeventiilide ja muude firma Oventrop toodete kohta: Ivar Pärn
Tartu maakond 60216;
tel.: +372 5108662;
faks: +372 53070722;
e-mail: ivar@abterm.ee
Internetiaadress www.ventrop.com.



Joonis 5. Ventiili Aquastrom T plus temperatuurigraafik

j ^ab=fk
dbo j ^kv



J=pì ðÖÉîÉãíááÇ
J=oÉÖì ðÉÉêîÉãíááÇ
J=sÉÉîááíáÇ
J=bêáîÉãíááÇ
J=oíãÖììêîÉÉëöíãÉÇ
J=pççàìêî~ÜÉíáÖ~ëöíãÉÇ~ëççà~í~êÄÉîÉÉ
ë~ãíëÉãë
J=h~ëã~ÇëüëíÉÉã~ëççà~í~êÄÉîÉÉ
ë~ãíëÉãë
hõíã~ãÉã~íççíÉÇ~çã~í~ãíëí~íìÇ~é~ëã~ãíëí
íççêãÉãí~p~ãë~ãöëÖÉí~ãí~ëíÉÉí~ëëã~ë
éãÇ~ÇÉë~

íë~ãáíç~ë~ãíëÉãë~íóíãÉ~üÜÉãÇìéíí
fí~é~mëëã
qÉÜãááãÉ~ÉëíãÇ~ã~bÉëííë
mÉ~íëãíí~ãÜã~í~íëãíí~í~ãÇ
q~éíí~ã~ãçãÇ~SMONS
qÉ= H=PTO=RN=USO
c~ãë= H=PTO=RPMT=MTOO
bjã~ãáí~êJ~ÁíÉêãKÉÉ
íííKÇîÉãíëçéKÄÇã



KOHTLA-JÄRVE BIOPUHAHASTI HEITVEE JA REOVEESETTE OHTLIKE AINETE SISALDUSE UURING

OTT ROOTS

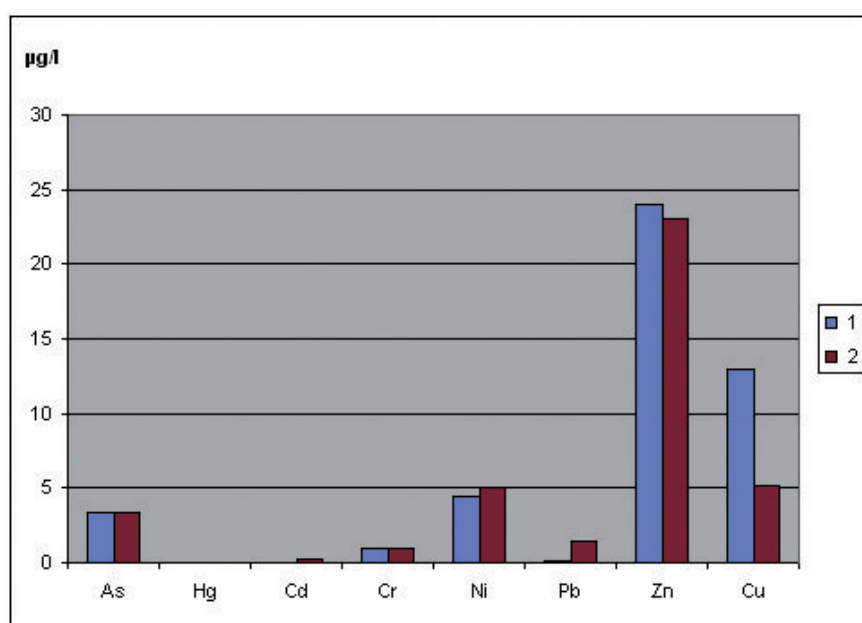
Keemiakandidaat, Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, BaltActHaz projekti vanemeksper

IDA-VIRU maakonda iseloomustab pikaajaline tööstustraditsioon ning suurte tootmisettevõtete rohkus: Kirde-Eestisse on koondunud põlevkivi kaevandamine, põlevkivile tuginev keemiatööstus ning elektri ja soojuste tootmine. Et tootmisel tekkiv reovesi sisaldab mitmesuguseid ohtlikke aineid, on vaja teada, millisel hulgal ja vormis neid keskkonda pääseb.

LIFE+BaltActHaz (Balti riikide tegevus Läänemere reostamise vähendamisel ohtlike ainetega) projekti (LIFE 07 ENV/EE/000122) kolmandas ringis valiti uurimisobjektiks Ida-Virumaal asuv Kohtla-Järve reoveepuhasti, mida haldab Järve Biopuhastus OÜ. Kuna puhastatud vesi juhitakse Soome lahte, on oluline teada, mida heitvesi sisaldab. Uuritavad ained ja proovivõtumaatriksid valiti varem – projekti ohtlike ainetes sõeluuringu [1, 2] ajal võetud heitvee ja reoveeseteproovide analüüsimistulemuste põhjal. Ohtlikest ainetest ja ainerühmadest võeti vaatluse alla raskmetallid, fenoolid, alküülfenoolid ja nende etoksülaadid, polüaromaatsed süsivesinikud, lenduvad orgaanilised ühendid, tinaorgaanilised ühendid, ftalaadid, polübroomitud difenüülid, difenüüleetrid ja polübroomitud orgaanilised ühendid, lühi- ja keskmise ahelaga klooritud parafiinid, perfluorühendid, naftasaadused, kloororgaanilised pestitsiidid, polüklooritud bifenüülid ning heksaklorobenseen. Proovid analüüsiti Eesti Keskkonnauuringute Keskuse OÜ ja GALAB Laboratories GmbH (Saksamaa) laboratooriumides, mis on mõlemad tunnistanud vastavaks standardi EN ISO/IEC 17025 nõuetele.

HEITVESI

Uuringu tulemuste tõlgendamisel peeti



Joonis 1. Kohtla-Järve biopuhasti heitveeproovide raskmetallisaldus: 1 on 24-tunni-proov ning 2 üksikproov

silmas Vabariigi Valitsuse määruses nr 269 „Heitvee veekogusse või pinnasesse juhtimise kord“ toodud veekogusse või pinnasesse juhitava heitvee ohtlike ainetes sisalduste piirväärtusi. Polübroomitud difenüülid, difenüüleetrid, polübroomitud orgaaniliste ühendite, lühi- ja keskmise ahelaga klooritud parafiinide ja perfluorühendite sisaldus oli alla kasutatud analüüsimetodite määramispiiri.

Raskmetallid. Kahes veeproovis ei ületanud ühegi analüüsitud raskmetalli sisaldus veekogusse juhitava heitvee kohta kehtestatud piirväärtust (sulgudes): 24-tunni-proovis oli arseeni 3,4 µg/l (200 µg/l), kaadmiumi 0,06 µg/l (200 µg/l), pliid 0,17 µg/l (500 µg/l), niklit 4,4 µg/l (1000 µg/l), tsinki 24 µg/l (2000 µg/l), vaske 13 µg/l (2000 µg/l) ja kroomi 0,94 µg/l (100 µg/l) ning üksikproovis arseeni 3,4 µg/l, kaadmiumi

0,19 µg/l, pliid 1,5 µg/l, niklit 5 µg/l, tsinki 23 µg/l, vaske 5,2 µg/l ja kroomi 0,98 µg/l. Ka elavhõbedasisaldus oli mõlemas proovis alla määramispiiri (0,05 µg/l). 24-tunni-proovi ja üksikproovi analüüsitulemused olid suuresti erinevad vaid Pb (üksikproovis 8,8 korda suurem), Cd (üle kolme korra suurem) ja Cu (2,5 korda suurem) puhul, muude raskmetallide sisaldus oli enam-vähem ühesugune (joonis 1). Kõik analüüsitulemused olid sõeluuringu [2] aegsetega sama suurusjärku, ainult vaske oli siis kümne korra rohkem – 59,4 µg/l.

Fenoolid, alküülfenoolid ja nende etoksülaadid. Kohtla-Järve reoveepuhasti heitvee alküülfenoolide ja nende etoksülaatide sisaldus ei ületanud kasutatud analüüsimetodite määramispiiri. Kui ühe-aluseliste fenoolide, s.o p-, m- ja o-kresoolide, 3,4-, 3,5-,

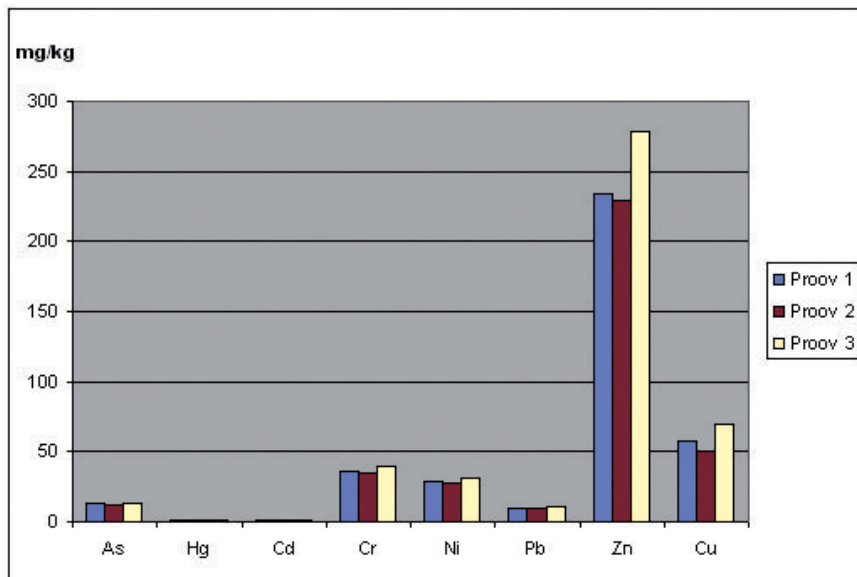
2,3-, 2,6-dimetüülfenoolide ja fenooli summaarne sisaldus (esimeses proovis 12,4 µg/l ja teises 40,9 µg/l) piirväärtust (100 µg/l) ei ületanud, siis kahealuselisi fenole, s.o resortsiini, 2,5-dimetüülresortsini ja 5-metüülresortsini, oli eriti teises proovis tunduvalt rohkem – vastavalt 14,2 ning 273 µg/l. Heitvee pentaklorofenooli sisaldus lubatavat (0,2 µg/l) ei ületanud.

Polüaromaatsed süsivesinikke ei olnud heitvees lubatavast (10 µg/l) rohkem.

Tinaorgaanilised ühendid. Enamiku tinaorgaaniliste ühendite sisaldus ei ületanud kasutatud analüüsimetodite määramispiiri, üksnes monobutüültina (MBT) oli 3,9 ng/l. Et heitvee jaoks ei ole tinaorgaaniliste ühendite sisalduse piirväärtusi kehtestatud, on võimalik analüüsitulemusi võrrelda vaid pinna-vee kohta kehtivatega (piirväärtus on olemas ainult TBT-le: aasta keskmine 0,2 ng/l ja suurim lubatud 1,5 ng/l).

Ftalaadid. Heitvee ftalaatidesisaldus jäi alla kasutatud analüüsimetodite määramispiiri (0,05 µg/l).

Lenduvad orgaanilised ühendid. Enamiku lenduvate orgaaniliste ühendite sisaldus jäi allapoole kasutatud analüüsimetodite määramispiiri. Üle määramispiiri leidis esimeses heitveeproovis ainult triklorometaani (kloroformi – 0,32 µg/l), 1,2-dikloroetaani (2,1 µg/l) ja diklorometaani (2,4 µg/l) ning teises triklorometaani (kloroformi – 0,17 µg/l). Triklorometaani ei tohi veekogusse juhitavas heitvees olla üle 1000 µg/l, 1,2-dikloroetaani üle 3 µg/l ning triklorometaani üle 1000 µg/l. Neid piirväärtusi ei ületatud.



Joonis 2. Kohtla-Järve reoveepuhasti setteproovide raskmetallisaldus

Polüklooritud bifenüülid. Mõlema heitveeproovi polüklooritud bifenüülide summaarne sisaldus oli suur (vastavalt 43,4 ja 35,5 ng/l), ent piirväärtust (50 ng/l) ei ületanud.

Muud ained. Naftasaaduste sisaldus jäi mõlemas heitveeproovis allapoole määramispiiri (20 µg/l).

REOVEESETE

Ohtlikest ainetest ja nende rühmadest oli reoveesette analüüsitud polübroomitud difenüülide, difenüüleetrite, ja polübroomitud orgaaniliste ühendite, lühi- ja keskmise ahelaga klooritud paraafiinide ja perfluoroühendite sisaldus alla kasutatud analüüsimetodite määramispiiri.

Raskmetallid. Suuri erinevusi kolme

setteproovi raskmetallisalduses ei leitud (joonis 2): kuivaines oli tsinki 229–279, vaske 50–70, kroomi 35,1–39,4, niklit 27,6–31,4, arseeni 12,4–13,2 ja elavhõbedat 0,69–0,84 mg/kg. Kõigi kolme reoveesetteproovi kaadmiumisisaldus jäi alla määramispiiri (1 mg/kg k.a).

Fenoolid, alküülfenoolid ja nende etoksülaadid. Kõigi kolme reoveesetteproovi alküülfenoolide ja nende etoksülaatide sisaldus jäi alla määramispiiri (nende ühendite määramispiirid on vahemikus 10–100 µg/kg k.a), nõnda nagu ka varasema sõeluuringu [2] ajal. Analüüsiti ainult ühe- ja kahealuseliste fenoolide summaarset sisaldust. Ühealuselistel jäi see kolmes proovis vahemikku 2,84–9,53 ning kahealuselistel 30,1–73,1 mg/kg k.a. Pentaklorofenooli

PUMBAD VENTIILID LAADIMISSEADMED

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

oli 3,4–10,6 µg/kg k.a, s.o veidi rohkem kui sõeluuringu ajal, mil selle sisaldus jäi alla määramispiiri (1 µg/kg k.a) [2].

Polüaromaatsed süsivesinikud. Polüaromaatsetest süsivesinikest oli reoveesetesse üle kasutatud analüüsimetodite määramispiiri antratseeni, benso(a)püreeni, benso(b)fluoranteeni, fluoranteeni, benso(ghi)perüleeni, indeno[1,2,3-cd]püreeni ning benso(g,h,i)perüleeni + indeno(1,2,3-c,d)püreeni summat. Alla määramispiiri oli naftaleeni ja benso(k)fluoranteeni. Polüaromaatseid süsivesinikke oli järgnevalt: antratseeni 15 (üle määramispiiri ühes setteproovis), benso(a)püreeni 50–73, benso(b)fluoranteeni 24–26, fluoranteeni 29–85, benso(ghi)perüleeni 17–39 ja indeno[1,2,3-cd]püreeni 6,4–12 µg/kg k.a; benso(g,h,i)perüleeni + indeno(1,2,3-c,d)püreeni summa oli 23–51 µg/kg k.a.

Tinaorgaanilised ühendid. Tinaorgaanilistest ühenditest oli settes üle kasutatud analüüsimetodite määramispiiri monobutüül-, dibutüül-, monooktüül- ja dioktüültina, muude tinaorgaaniliste ühendite sisaldus jäi sellest allapoole. Monobutüültina (MBT) oli 249–308, dibutüültina (DBT) 57–68, monooktüültina 41–58 ja dioktüültina 88–191 µg/kg k.a.

Ftalaadid. Kuigi kõigis uuritud setteproovides leiti di(2-etüülheksüül)(DEHP)ftalaati ja diisononüülftalaati, oli nende sisaldus suurusjärgelt väiksem kui sõeluuringu [2] ajal. Muude ftalaatide sisaldus ei ületanud kasutatud analüüsimetodite määramispiire. Kõige rohkem oli di(2-etüülheksüül)ftalaati esimeses ja teises setteproovis (kummaski 2,8 mg/kg k.a), kolmandas oli seda veidi vähem – 2,0 mg/kg k.a. Diisononüülftalaadis sisaldus olid mõnevõrra väiksem: 0,63–0,73 mg/kg k.a.

Kloororgaanilised pestitsiidid ja polüklooritud bifenüülid. Üle kasutatud analüüsimetodite määramispiiri leiti settes ka vähesel määral DDT lagunemissaadusi: p,p'-DDE-d ja p,p'-DDD-d (kumbagi mitte üle 2 µg/kg k.a), ühest setteproovist ka 2,9 µg/kg k.a lindaani (gamma-heksaklorotsükloheksaani). Kolme setteproovi polüklooritud bifenüülide sisaldus oli üsna erinev: 4,6; 34,3 ja 121 µg/kg k.a. Nende ühendite sisaldust peab jälgima siis, kui reoveesetesse peaks kasutatama põllumajanduses, haljastuses või rekultiveerimisel [2–4]. Heksaklorobenseeri oli settes vähe ning selle sisaldus ületas määramispiiri (1 µg/kg k.a) vaid ühes proovis (1,4 µg/kg k.a).

Reoveesette puhul on oluline teada, kas seda on võimalik mingil moel kasutada. Eestis reguleerivad settekasutatut Euroopa Liidus 1986. aastast pärit direktiiv ja sellele vastav keskkonnaministri määrus, mis mõlemad on aga kahjuks ajast põhjalikult maha jäänud ning sätestavad vaid seitsme raskmetalli sisalduse piirväärtuse. Reguleerimata on kõik orgaanilised saasteained ning raskmetallidest tina ja kõik tinaorgaanilised ühendid, mida teatud reoveesetetes meil üsna märkimisväärt kogustes leidub. Kui seitsme raskmetalli sisaldus lubab, võiks setet õigusaktide poolest teatud tingimustel põllule laotada või haljastuses kasutada. Käsitatud uuringu tulemused aga näitavad, et reoveesette kasutamise põllumajanduses, haljastuses või rekultiveerimisel tuleb olla väga ettevaatlik, sest peale nende raskmetallide, mille sisaldus on õigusaktidega reguleeritud, võib selles leiduda õige mitmesuguseid ohtlikke aineid: tinaorgaanilisi ühendeid, alküülfoenoole ja nende etoksülaate, ftalaate, polüklooritud bifenüüle ning dekabromodifenüületrit [2]. Edaspidi tuleks keskkonnaseireprogrammi lülitada ka need (ja biota), sest paljude prioriteetsete ohtlike ühendite seire

puhul eelistatakse veeproovide asemel maatriksina kas setteid või biota [5].

Kohtla-Järve reoveepuhasti juurdevooluvee uuringut on käsitlenud autori ettekandes [6].

TÄNUAVALDUS

BaltActHaz projekti finantseerisid Euroopa Liidu programm LIFE+, Keskkonnainvesteeringute Keskus ja Sotsiaalministeerium.

A.M.

Viidatud allikad

1. Roots, O. LIFEi projekt BaltActHaz. Keskkonnatehnika, 2011, 3. 20–21.
2. Aruanne veekeskonnale ohtlike ainete sõeluuringu tulemustest Eestis (koostanud O. Roots ja H. Nõmmsalu, toimetanud M. Viisimaa), Tallinn, 2011, 96 lk. (ISBN:)
3. Roots, O. Kas polüklooritud bifenüülid on Eestis tulevikuprobleem? Keskkonnatehnika. 2002, 5. 30–31.
4. Roots, O. Proposal for selection of national priority hazardous substances for Estonian surface water bodies. Ecological Chemistry, St. Petersburg University and Thesa, 2008, 17, 1. 22–34.
5. Common implementation strategy for the water framework directive (2000/60). European Union. Guide document No. 25 on chemical monitoring of sediment and biota under the water framework directive, Technical report – 2010, No 041, 74 p.
6. Projekt BaltActHaz. Ettekanne „Ohtlike ainete allikate uuringu tulemustest Ida- Virumaal“. OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskus: (<http://www.klab.ee/firma/eesti-keskkonnauuringute-instituut/>)



75 aastat Eesti geoloogiateenistust



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

temperatuuri tõusule reageerivad sulavkaitsmed. Täiturmootoriga klapid ühendatakse automaatse tulekahjusignalisatsiooni süsteemiga (ATS), mis tulekahju korral juhib tulekaitseklappe ning tõkestab tule levimist ventilatsioonisüsteemi kaudu.

Ka **suitsutõkkeklappide**, mis tule algaasis tõkestavad suitsu, kuumuse ja leekide levimist eri tuletsoonide vahel, jaoks on olemas uued standardid. Suitsu tulekahju puhul inimese vaenlane number üks ning suurema osa tulekahju hukkunud inimeste surma on põhjustanud vingumürgitus. Mürgeine suits tekitab kohest uimasust ning teadvusekaotus võib saada mõne minuti jooksul [3]. Lisaks ränkadele inimkaotustele tekitab suits ka hoonele olulist materiaalselt kahju. Seetõttu on suitsu levimise tõhus tõkestamine ülioluline ning uued peagi rakenduvad

EL standardid pööravad erilist rõhku suitsujuhtimissüsteemide toimimisele. Alates 1.2.2013 peavad Euroopa Liidu liikmesriikides kasutatavad suitsutõkkeklapid vastama harmoneeritud tootestandardi EN 12101-8:2011 (*Smoke and heat control systems – Part 8: Smoke control dampers*) nõuetele. Klappid peavad olema testitud standardi EN 1366-10 nõuete ning klassifitseeritud standardi EN 13501-4 kohaselt.

Oma innovaatiliste ja põhjalikult testitud toodete poolest on üks juhtivaid ventilatsioonilahenduste tootjaid ISO 9001 ja 14001 kvaliteedijuhtimissertifikaate omav Soome ettevõtte Halton OY. Haltoni tuletõkkeklapid on testitud, klassifitseeritud ja CE-märgistatud uusimate Euroopa standardite EN 1366-2, EN 13501-3 ja EN 15650 kohaselt. Tootevalikus on isoleeritud kesta EIS- ja isolatsioonita ES-tuletõkkeklapid

tulepüsvusklassiga kuni 120 minutit. Haltoni tule- ja suitsutõkkeklappe võib peale betoon- ja tellisteinte paigaldada ka kergseintesse ja lagedesse. Varasemaist tunduvalt karmimate seaduste valguses, millest juhinduvad kahjukäsitlusjuhtumite korral ka kindlustusettevõtted, võib Haltoni usaldusväärseid klappe valinud projekteerija ja ehitaja end kindlalt tunda. A.M.

Viidatud allikad

1. Siseministeeriumi aruanne „Turvalisuspoliitika põhisuunad aastani 2015“ täitmisest 2010.aastal: <https://valitsus.ee/UserFiles/valitsus/et/valitsus/arengukavad/siseministeerium/Turvalisuspoliitika%202010.%20a%20aruanne.pdf>.
2. EV Päästeteenistuse koduleht: <http://www.rescue.ee/19668>.

Haltoni CE-märgistuse ja tüübikinnitusega tule- ja suitsutõkkeklappe müüb Eestis Onninen AS

www.onninen.ee

Soojusisoleeritud ja suitsutihedad EIS-tähisega tuletõkkeklapid:



FDI
EI 60 (ve ho i<-->o) S



FDC
EI 120 (ve ho i<-->o) S



FDT
EI 60 (ve ho i<-->o) S



FDR
EI 120 (ve ho i<-->o) S

Suitsutihedad ES-tähisega suitsutõkkeklapid ja tuletõkkeplafoon:



FDE
E 120 (ve ho i<-->o) S



FDV
E 120 (ve ho i<-->o) S



FDS
E 60 (ve ho i<-->o) S

Enabling Wellbeing

Halton

TUBA JA HEDAMAKS PÕRANDAKÜTTESÜSTEEMI ABIL!

MAREK PLAAMUS

Uponor Eesti OÜ

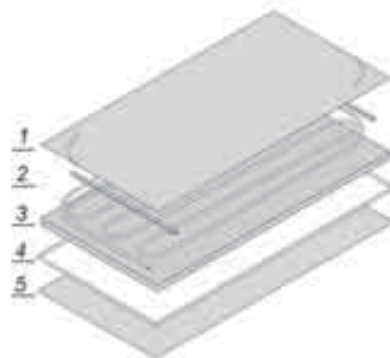
VÄIKE ENERGIATARVE ning energiaallikate üha suurenev tõhusus on selged tulevikusuunad. Soojuspumpade kasutamine on tänapäeval üsna endastmõistetav. Kuigi nende areng algas juba 18. sajandil, mil tehti esimesi õnnestunud katseid kunstliku külmutamiseks, siis peamised edusammud pärinevad viimasest kümnendist. Me ei oska ette näha, kui suurte sammudega soojuspumpad või teised energiaallikad arenevad, ent selge on see, et sisekliima reguleerimine muutub üha tähtsamaks. Õigesti seatud küte, ventilatsioon ja vajadusel ka jahutus säästavad energiat ja hoiavad kokku raha.

Väikese kütteenergiatarbega maju on vaja ka jahutada. Kuidas seda teha kõige mugavamal ja märkamatul viisil? Olgu kütmissiis milline tahes, on kõige otstarbekam temperatuuri reguleerida võimalikult suurte pindade kaudu. Üks paremaid mooduseid on ära kasutada ehitise tarindeid – põrandat, seinu ja lage. Põrandaküte, mis võimaldab küttekulusid vähendada seetõttu, et soojuskandja madalam temperatuur tagab parema kütteallika kasuteguri, on laialt levinud, ent veel pole harjutud mõttega, et kütetorus-tikku saab kasutada ka ruumi jahutamiseks. Kuigi algul kardeti liigsooja põrandat, mis pidi jalad paiste ajama, ning on arvatud, et jahe põrand võib põhjustada külmatunnet, on moodsad energiasäästlikud majad nõnda ehitatud, et seda ei panda tähelegi. Ka jahutamisel tekkivat kondensatsioonivett ei ole põhjust karta, sest liigse niiskuse kogunemist väldib hea ventilatsioon.

Sisekliimat, nii kütmist kui ka jahutamist, on võimalik soodsaks reguleerida Uponori

paneelide *Comfort Panel* abil. Neid mitmekihilisi paneele, mille mõõtmed on 590 x 590 x 20 ja 590 x 1190 x 20 mm ning millesse on sisse ehitatud 10 x 1,5 millimeetrine torustik (joonis 1), saab paigaldada põrandale, seintele või lakke ning kasutada nii ruumi kütmiseks kui ka jahutamiseks. On teada, et mida madalamal temperatuuril köetakse, seda tõhusamalt töötab kütteallikas, olgu see soojuspump või päikesenergiaal töötav süsteem. Jahutusseadme ökonoomsuse tagab võimalikult vähe jahutatud vesi. Põrandat, lage või seinu on vaja soojendada või jahutada nii vähe kui võimalik ja vajalik. Kui kütte- ja jahutusvee temperatuur on võimalikult lähedane ruumitemperatuurile, tuleb see kasuks ka elanike tervisele.

Vabajahutussüsteem on kasutust leidnud



Joonis 1. Kütte- ja jahutuspaneel *Comfort Panel*: 1 on lausriie, 2 PEX-torustik (q 10 mm), 3 soojusjuhtiv grafiitplaat (15 mm), 4 tšingitud terasleht (0,5 mm), 5 valge lausriie (*Parafon Fjord Classic*)

peamiselt suuremates äri- ja kaubandushoonetes, ent sobib ka eramutele. Ruume köetakse ja jahutatakse õhk-vesi-soojuspumpade abil ning jahutatakse öise jaheuse arvel. Energiat kulutavad vaid ventilaatorid ja ringluspumpad. Soojusenergia salvestatakse põrandas, laes või seinas paiknevatesse kütte- ja jahutuspaneelidesse. Kui võimsusest jääb puudu ja on vaja täiendavat jahutus- või kütteseadet (nt ventilaatorikonvektorit), on see tavasüsteemiga võrreldes tunduvalt väiksem.

Ruumide kütmine ja jahutamine tarindite kaudu soodustab sisekujundust, sest nähtaval pole ühtki tehnilist seadet (joonis 2). Ei ole kuulda ka heaolu häirivat müra.

Hotellides võib kasutamata hotellitubade kütmine või jahutamine tarindite kaudu tunduda liigse inerttsuse tõttu ebaotstarbekana. Kui aga ruum lülitada säästurežiimile, on klientide saabumisel sisekliima baastase olemas ning seda saab lisaseadme abil kiiresti soovitavaks seada. Nõnda vähendatakse energiakulu ning hotellitoad on meeldivalt vaiksed. Temperatuur on kogu ruumi ulatuses ühtlane. Pole tõmbetuult ning ei ole vaja karta, et keegi võiks jahutusseadme läheduses end külmetada ja haigeks jääda. Vähemoluline pole ka see, et kirjeldatava süsteemi hooldusvajadus on väike.

Vabajahutussüsteemi kavandades peab arvestama mitut asjaolu, sh:

- kliimat;
- hoone asendit ilmakaarte suhtes;
- ruumi kütte- ja jahutusvajadust;
- värske õhu osakaalu õhuvahetuses;
- ventilatsioonisüsteemi kogumahtu;
- siseruumide niiskust;
- klaaspindade osakaalu, kvaliteeti ning soojus- ja päikesekiirgusjuhtivust;
- ruumigeomeetriat.

Projekteerija asjatundlikkus välistab eksperimenteerimise ja süsteemiosade juhusliku kombineerimise. Hoone sisekliimalahenduse kavandamisel tuleb tähelepanu pöörata tootja usaldusväärsusele, vastutusele ja garantiile. Uponor, kellel on kvaliteetsete külmumuskindlate PEX-torustike tootmisel juba 40-aastane kogemus, annab kõigile torustikele kümneaastase garantii. Kui valida hea toode ja nutikas süsteem, saab kauakestva ja säästliku sisekliimalahendusega maja.

A.M.



Joonis 2. Kui sisekliimat reguleerida Uponori moodi, ei ole ruumis peale seinal oleva termostaadi midagi näha



Kerge, painduv ja uskumatult vastupidav. Uponor Pe-Xa torusüsteem.

Õige vee- ja kütetorustiku paigaldamine on maja ehitamisel tähtsamaid otsuseid. Sellest valikust sõltub nii joogivee kvaliteet kui ka torustiku lekkekindlus. Uponor Pe-Xa torusüsteem on mitmekülgne ja juba 40 aastat praktikas testitud. Selle kõik komponendid toimivad koos laitmatult. Kvaliteetne tarbeveesüsteem lisab majale väärtust ja on pikaajaline investeering.

Eelised:

- Lihtne ja kiire Quick&Easy ühendusmeetod
- Lai tootevalik – kollektoritest torude ja liitmikeni
- Tunnustatud Rootsi kvaliteet
- 10 aastat garantiid

www.uponor.ee

uponor
simply more

Teadus- ja arendustöö keskkonnakaitse- ja -tehnoloogiaprogramm KESTA

AIN VELLAK

Programmi KESTA juht, Eesti Teadusagentuur

UUENEVAD keskkonnatehnoloogiad saavad järjest selgemalt üheks ühiskonna sotsiaalmajandusliku arengu võtmevaldkonnaks. Keskkonnatehnoloogia mõistet kasutatakse sagedasti ning mõtestatakse väga erinevalt: sisuks mõnel juhul kõik tegevused, mis aitavad vähendada koormust keskkonnale või vältida saastet. Mis tahes uue tehnoloogia edendamine või olemasoleva täiustamine vajab üsna suuremahulist teadus- ja arendustööd. Euroopa Liidu keskkonnatehnoloogia tegevusplaan rõhutab keskkonnatehnoloogia vaba arengut ning tulemuste toomist turule. Prioriteetideks on teadus- ja arendustegevuse soodustamine, rahaliste vahendite leidmine, nõudluse edendamine ja turutingimuste parendamine. Ilmselt vajab ka Eesti sarnaseid arenguid ning tegevusplaan, et püsida keskkonnatehnoloogilises teadus-arendustöös esirinnas.

Vastavasisuline riiklik programm „Keskkonnatehnoloogia ja -kaitse programm” ning selle meede „Keskkonnakaitse ja -tehnoloogia teadus- ja arendustöö programm (KESTA)” toetab teadus- ja arendustööd just keskkonnakaitse ja -tehnoloogia arenduse alal. Struktuuritoetusi jagati programmi KESTA alusel ning alameetme „Keskkonnatehnoloogiaalase teadus- ja arendustegevuse toetamine” avatud taotlusvooruga. Meede oli suunatud evalveeritud teadus- ja arendusasutustele eesmärgiga toetada riigile sotsiaalmajanduslikult vajalike keskkonnatehnoloogiate arendusi. Eelnevalt toimusid põhjalikud läbirääkimised teadusgruppidega. Avatud voorus toimus konkurss vabades konkurentsitingimustes.

Tegevuste elluviimiseks oli programmis määratud ligikaudu 6 miljonit eurot. Programmi raames laekus aga kokku 12 taotlust kogusummas ligikaudu 12 miljonit eurot. Taotlustega kajastati teemasid alates aineringe uuringutest kuni keskkonnaseire arendusteni. Programmi raames toetati 8 projekti, mille tegevused olid seotud Eesti Keskkonnanobservatooriumi rakendamisega, keskkonnavalaste akadeemiliste ja riiklike andmebaaside sidususe uurimisega, keskkonna riskianalüüsiga, kliimamuutuste mõjude hindamisega ning looduskaitse teaduslike otsuste arendamisega.

Alameetme avatud voorus, mille eelarve oli ligikaudu 3 miljonit eurot, laekus 43 taotlust kogusummas ligikaudu 15 miljonit eurot. Avatud vooru taotlused keskendusid peamiselt saastet vähendavate tehnoloogiate arendamisele ning elurikkuse- ja selle säilitamise alastele uuringutele. Tabelis on toodud esitatud taotluste valdkonnad märksõnade kaupa.

Analüüsides taotluste teemasid eelnevalt tehtud teadus- ja arendustööde raames, selgub, et täiesti uusi projektile

TABEL ESITATUD TAOTLUSTE JAOTUSEST VALDKONNITI

AVATUD VOOR			PROGRAMM	
	Arv	%	Arv	%
aineringe	3	7	1	8
elurikkus	4	9	1	8
energiatöhusus	3	7	0	0
infosüsteemid	2	4	2	17
kiirgusuuringud	1	2	0	0
kliima	3	7	1	8
looduskaitse	4	9	2	17
maakasutus	1	2	0	0
mereuuringud	3	7	0	0
ressursikasutus	2	4	1	8
riskianalüüs	0	0	1	8
saastumise vähendamine	10	22	1	8
seire	3	7	1	8
siseveed	6	13	1	8
KOKKU	45	100	12	100

iseloomulikke (väga konkreetne probleem, mis lahendatakse kindla ajaperioodi jooksul) teemasid ja lähenemisi ei lisandunud. Pigem taheti jätkata tegevust juba tuttavates valdkondades. Peamiselt esitasid taotlusi tuntud teadlastest koosnevad ülikoolidevahelised teadusgrupid. Kuigi töögrupid olid taotluses ühtse teema all, siis sisuliselt oli tegemist iseseisvate individuaalsete teadusgruppide tegevustega. Teadus- ja arendustööna võimaldati nii alus- kui ka rakendus-uuringuid, kuid eeldati, et mõlema uuringu puhul suudetakse välja tuua võimalikud rakendused. Targu jääd i taotlustes siiski pigem teoreetiliste lahenduste juurde.

Taotlustest ilmnes, et keskkonnatehnoloogia arengu eesmärgid olid ebamäärased. Kindlasti tuleneb see ühelt poolt keskkonnatehnoloogia enda mõiste laialivalgusest ja suurest mahust. Teiselt poolt aga näitab see, et üsna palju on vaja teha, et selgitada välja konkreetse keskkonnatehnoloogia valdkonnad, kus on hädasti vaja riiklikku teadus- ja arendustoetust. Selleks aga on vaja uut lähenemist ministeeriumite, teadusarendusasutuste ja eraettevõtluse vahelises koostöös.

Programmi KESTA elluvijaks on Eesti Teadusagentuur ning programmi tegevusi toetab Euroopa Regionaalfond.



KAUGKÜTTE SOOJUSKAOD

KARL INGERMANN, PhD

Emeriitdotsent, TTÜ soojustehnika instituut

KAUGSOOJUSVARUSTUS (kaugküte) sai alguse rohkem kui sada aastat tagasi – esimene kaugküttesüsteem ehitati 1877. aastal Ameerikas, Lockportis. Venemaal rajati esimene Peterburis 1903. aastal, kusjuures energiakandjana kasutati elektrijaama turbiinide töötanud auru. See oli teadaolevalt ka esimene katse soojuse ja elektri koostootmise alal.

Endises Nõukogude Liidus pöörati suurt tähtsust elamute varustamisele soojusega kaugkütte baasil ning Eestis siiani kasutatavad kaugküttesüsteemid ehitati põhiliselt nõukogude ajal. Kuigi iseseisvunud Eestis on kaugkütte alal toimunud olulisi muutusi, ei ole kõik tollest ajast pärit probleemid veel lahendust leidnud. Praegu ulatub kaugkütte osakaal meie elukondlikus soojusvarustuses umbes 60 %-ni.

KAUGKÜTTE TÖHUSUS

Kütuste ja elektri kallinemine on Eestis kohati tõstnud kaugkütte hinna nii kõrgeks, et see tekitab paljudele tarbijatele tõsisid toimetulekuprobleeme. Kaugkütte hinnatõusu peamine põhjus on kütuste hinna tõus. Mida kõrgem on kaugkütte katlamajas kasutatava kütuse hind, seda olulisemaks osutuvad kaugkütte soojuskaod. Sellele, et soojuskaod on lubamatult suured, on korduvalt tähelepanu juhtinud Eesti Riigikontroll ja Eesti Konkurentsiamet.

Swedbanki analüütiku Annika Paabuti andmetel (<http://uudised.err.ee>) on kaugküttesoojus Eestis viimase aastaga kallinenud keskmiselt 16,7 % ning elektrienergia 13,7 %. Mitmes Eesti linnas ja muus asulas on kütuse (eriti maagaasi ja põlevkiviõli) hinna tõus tõstnud kütuse osakaalu soojuse tootmiskuludes 70–80 protsendini.

Kaugkütte kasutegurit võib hinnata järgmiste üldistatud näitavudega:

- soojuse tootmise (energia muundamise) kasutegur, s.o katelde kasutegur, mis sõltub kasutatavast kütusest ja põletamistehnoloogiast. Maagaasi põletava tänapäevase katlamaja kasutegur on vähemalt 90 %, tahkeid kütuseid põletaval mõnevõrra väiksem;
- kaugküttevõrgu soojuskadu; mida analüüsitakse täpsemalt allpool;
- kaugkütte energiaahela kasutegur (tarbijatele väljastatud soojushulga ja kasutatud kütuse primaarenergia suhe). Eestis on see näitav vahemikus 50–75 %, suurte linnade soojusvõrkude puhul peaks see olema 80 % lähedal. Kui katlamaja soojuskadu on 10 % ning soojuskadu kaugküttevõrgus 20 %, saab kaugkütte energiaahela üldiseks kasuteguriks $0,9 \times 0,8 \times 100 = 72 \%$, mis tähendab, et tarbijad kasutavad 72 % kütuseenergiast. Suveperioodil on kaugkütte energiaahela kasutegur tavaliselt märksa väiksem;
- elektrienergia omatarve $\text{kWh}_{\text{elektr.}}/\text{MWh}_{\text{väljast.soojus}}$, mis sõltub suurel määral kaugküttevõrgu ulatusest ja tehnilisest tasemest. Väiksemate ja paremate kaugküttevõrkude korral on see 5–6, enamasti aga suurusjärgus 8–12 $\text{kWh}_{\text{el.}}/\text{MWh}_{\text{väljast.soojus}}$;
- veevahetuskordade arv aastas. See jaotusvõrgu vee erikadu arvestav suurus leitakse jagades aasta jooksul soojusvõrku

antud lisavee koguse kaugküttevõrgu torustiku mahuga. Soomes on see näitav 0,9–1,1, Eestis tihti tunduvalt suurem (3–4) ning on taasiseseisvumise ajal ulatunud isegi 20-ni.

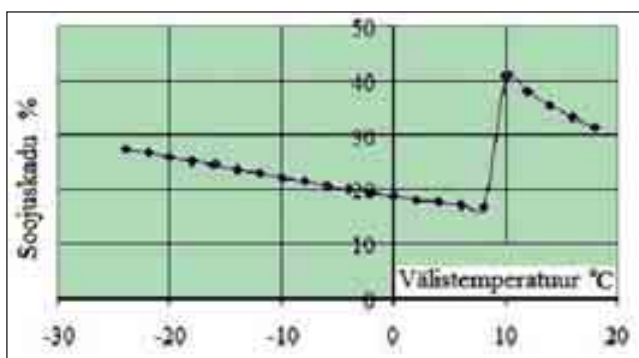
Väga hea ülevaate Eesti kaugküttevõrkude olukorrast, kasutegurist ja probleemidest annab A. Hlebnikovi doktoritöö [1].

KAUGKÜTTEVÕRGU SOOJUSKADU

Soojuskadu kaugküttevõrgu torustikust võib iseloomustada mitme näitavuga. Kõige sagedamini antakse soojuskadu protsentides katlamajast kaugküttevõrku antavast soojushulgast. Soojuskaod arvutamisel on sobiv seda väljendada ka soojuskaona torustiku pikkusühiku kohta (W/m) või soojuslähikandeteguri ($\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$) kaudu.

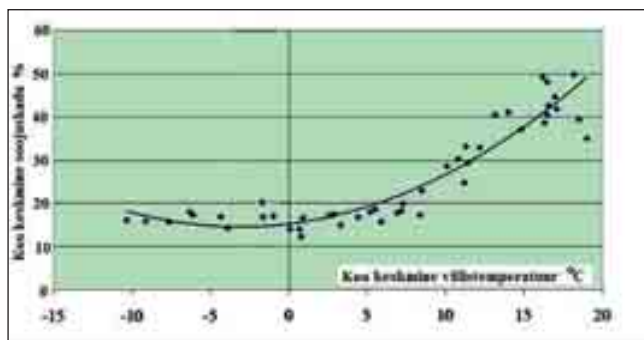
Meie põhjanaabrite juures on aastane soojuskadu kaugküttevõrkudest suhteliselt väike: Soomes ja Rootsis 6–8 % katlamajast väljastatud soojushulgast, seevastu Taanis, kus kaugküte hõlmab ka hajali paiknevaid väikeelamuid, ulatub see tihti 12–16 %-ni.

Korrektsete lähteandmete korral kujuneb kaugküttevõrgu soojuskaod sõltuvus välistemperatuurist selliseks, nagu näidatud joonisel 1. See graafik on arvutuslik – soojuskaoprotsent on arvutatud katlamajast (või katlamajadest) väljastatava soojushulga suhtes. Kuna suveperioodil väljastatakse soojust ainult tarbevee soojendamiseks, on soojuseväljastus väike ning protsentides väljendatud soojuskadu hüppab pärast kütteperioodi lõppemist üles ning väheneb mõnevõrra siis, kui välisõhu temperatuur tõuseb.

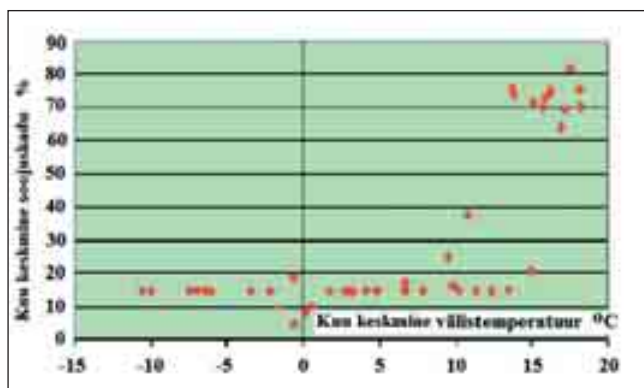


Joonis 1. Soojusvõrgu soojuskao % (katlamajast väljastatud soojushulgast) sõltuvana välisõhu temperatuurist

Joonised 2 ja 3 on koostatud 2009. aastal korraldatud uuringu [2] põhjal kahe kaugküttestorustiku soojuskadude sõltuvuse kohta kuu keskmisest välistemperatuurist. On näha, et kadu soojusvõrgust võib olla väga suur. Joonisel 3 esitatud graafiku kohaselt läheb soojuskadu suvekuudel järsult suuremaks kahel põhjusel – soojustarbimine on väga väike ning torustik üledimensioneeritud. Kui soojuskadu võrgust oli suvekuudel näiteks 70 % ja katlamajas 10 %, siis jõudis selle kaugküttevõrgu kaudu tarbijateni ainult 27 % katlamajas



Joonis 2. Soojusvõrgu soojuskadu (% katlamajast väljastatud soojushulgast) sõltuvana välisõhu temperatuurist



Joonis 3. Soojusvõrgu soojuskadu (% katlamajast väljastatud soojushulgast) sõltuvana välisõhu temperatuurist

põletatud kütuse soojusest. Eestis ongi paljude kaugküttevõrkude probleemiks see, et torustiku läbimõõt on liiga suur. Järeldus: kui suvine soojustarbimine on väike, pole mõtet anda elanikele sooja tarbevett üledimensioneeritud kaugküttevõrgu kaudu.

SUURE SOOJUSKAO VÕIMALIKUD PÕHJUSED

Kaugküttetorustik võib paikneda kas raudbetoonkanalites (nõukogudeaegne lahendus), estakaadil (õhus) või olla maasse kaevatud (eelisoleeritud torud). Igale paigaldusviisile on iseloomulikud teatud mõjurid, millest sõltub soojuskao suurus. Kui kaugküttetorud on ühtemoodi soojustatud, siis on soojuskadu kõige suurem estakaadil paiknevast torustikust, kõige vähem kaob soojust eelisoleeritud torudest.

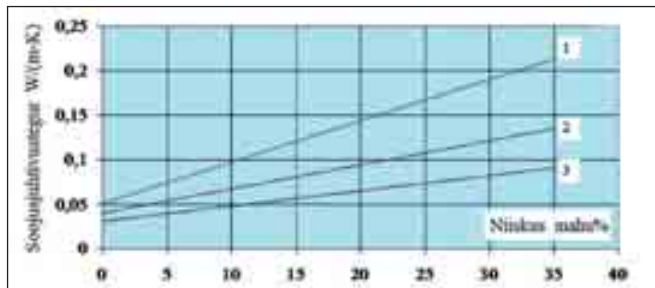
Joonisel 4 on näha, kuidas näevad pahatihti välja soojusvõrgu torustikud. Katkine kattekiht avab tee sademeveele ning läbiligunenud soojusisolatsiooni soojusjuhtivus suureneb märgatavalt. Vee soojusjuhtivustegur on teatavasti pari-



Joonis 4. Viletsas seisukorras kaugküttetorustik [3]

ma kuiva soojustusmaterjali (vahtpolüuretaan) omast umbes 20 korda suurem (vt allpool esitatud andmeid materjalide soojusjuhtivuse kohta). Talvisel ajal on paljudes linnades ja muudes asulates selgelt näha, kus kulgevad kaugküttetorustikud – lumi sulab nende pealt ära ning niiske pinnas suurendab soojuskadu veelgi.

Ka osaliselt niiskunud soojustusmaterjali soojusjuhtivus on kuiva omast oluliselt suurem (joonis 5).



Joonis 5. Mineraalvati soojusjuhtivusteguri sõltuvus mineraalvati tihedusest ja niiskusest [4]:

**1 – mineraalvati kuivmassi tihedus 350 kg/m³,
2 – 200 kg/m³ ning 3 – 120 kg/m³**

SOOJUSKAO SUURUST MÕJUTAVAD TEGURID

Soojuskadu kaugküttetorustikust sõltub paljudest teguritest, neist olulisemad on:

- kahe keskkonna – torudes voolava kaugküttevee ja torusid ümbritseva õhu või pinnase temperatuuride vahe;
- kahe keskkonna vaheliste kihtide summaarne soojustakistus, mis oleneb kihtide paksusest ja nende materjali soojusjuhtivusteguritest. Tasapinnalise kihi soojustakistus võrdub teatavasti kihi paksuse ja soojusjuhtivusteguri jagatisega;
- toru sisepinna ja isoleeritud toru välispinna konvektiivse soojusülekande tegurid.

Estakaadil paikneva torustiku konvektiivse soojusülekande tegur on suhteliselt väike – sõltuvalt tuule kiirusest 10–16 W/(m²·K). Küttevee voolamisel torustikus on see tegur oluliselt (kuni 2 suurusjärku) suurem, seetõttu võib soojustakistuse soojuse ülekandmisel küttevool metalltoru siseseinale jätta lihtsustatud käsitlemise korral väiksuse tõttu arvestamata. Ka metalltoru enda õhuke sein ja terase suur soojusjuhtivustegur lubavad ligikaudse arvutuse korral jätta arvestamata ka metalli soojustakistuse. Niisiis – olulisteks jäävad isolatsioonimaterjali ja selle kattekihi soojustakistus ning takistus soojuse ülekandel soojustatud toru välispinnalt ümbritsevasse keskkonda.

Kui toru on paigaldatud pinnasse, tuleb arvestada ka pinnase soojustakistust. Teatud sügavusel pinnases olevas raudbetoonkanalis paikneva kaugküttetorustiku puhul muutub arvutus tunduvalt keerukamaks, sest arvestada tuleb ka betoonkanali soojustakistust.

Arvutusteks on vaja palju lähteandmeid ning nende tulemuse tõepärasus sõltub kasutatavate lähteandmete täpsusest.

MATERJALIDE SOOJUSJUHTIVUS

Iga keskkonda või materjali iseloomustab soojusjuhtivustegur. Tahkete materjalide soojusjuhtivus sõltub nende niiskusest, struktuurist ja poorsusest, temperatuurist ning sellest, mida poorid sisaldavad. Soojuskao arvutamisel kaugküttevõrgust pakuvad huvi järgmised keskmised soojusjuhtivustegurid:

Keskkond või materjal	Soojusjuhtivustegur $W/(m \cdot K)$
Vesi	0,6
Õhk	0,024
Mineraalvatt (kuiv)	0,050
Vahtpolüuretaan	0,03
Kivivill (Paroc)	0,034–0,049
Vahtpolüpropüleen	0,04
Polüvinüülkile (tihedus 1650 kg/m ³)	0,10
Ruberoid	0,17
Süsinikteras	65
Raudbetoon (2200 kg/m ³)	1,6
Silikaattellis (1900 kg/m ³)	0,80
Kuiv liiv (1500 kg/m ³)	0,33
Märg pinnas	1,5–3,0

Siin on kohane selgitada, miks on soojusjuhtivusteguri ja eespool kõneks olnud soojuslähikandeguri sama mõõtühik – $W/(m \cdot K)$. Soojuslähikandegur arvutatakse tavaliselt pinnahüki kohta ja selle ühik on $W/(m^2 \cdot K)$, torude puhul aga pikkusühiku kohta ning siis kujuneb ühikuks $W/(m \cdot K)$. Kuigi torude korral avaldatakse mõlemad tegurid formaalselt samades ühikutes, on nende füüsikaline sisu erinev – soojuslähikandeguri mõõtühiku nimetajas olev m (meeter) tähistab toru pikkust, materjali soojusjuhtivusteguri aga kihi paksust. Kui korrutada soojuslähikandegur torudes voolava küttevee ja soojust neelava keskkonna (õhu või pinnase) aasta keskmiste temperatuuride vahel, saab aasta keskmise soojuskao torustiku pikkusühiku kohta (W/m), mille kaudu saab omakorda arvutada soojuse allpool käsitletava aastakao (MWh).

SOOJUSKAONORMATIIVID

Endises NL-s olid kaugküttetorustiku soojuskadude kohta normatiivid olemas (joonis 6) ning neid tuli kaugküttevõrgu projekteerimisel arvestada. Võrkude käitamisel oli neid normatiive küll tihti raske täita.

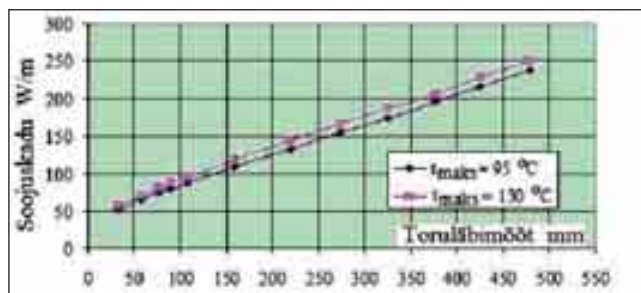
Eestis riiklikul tasemel kehtestatud normatiivi praegu pole. Mingil määral asendavad seda spetsialiseeritud firmade andmed eelisoleeritud torude soojuskadude kohta (joonis 7). Tegelik soojuskadu sõltub torustiku paigaldustehnoloogiast ja tingimustest (torustiku paiknemissügavus, pinnase niiskus ja temperatuur), milles need torud asuvad.

Kui võrrelda jooniseid 6 ja 7, on selge, et raudbetoonkanalites olevate torude asendamine eelisoleeritud torudega annaks soojuskadude vähenemise arvel olulise säästu. Asendamise otsustamiseks peab selgitama olukorra detailne analüüs ja tasuvusarvutus.

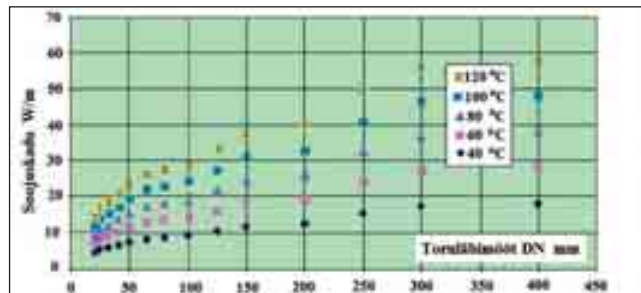
SUURE SOOJUSKAO VÕIMALIKUD PÕHJUSED

Raudbetoonkanalites paiknev torustik

- Torustiku halb soojusisolatsioon, mida põhjustab:
 - isolatsioonimaterjali suhteliselt suur soojusjuhtivustegur;
 - niiskunud isolatsioonimaterjal;
 - laialivajunud (halvasti kinnitatud) isolatsioonimaterjal;
 - isolatsioonimaterjali katkine (purunenud) kattekiht (ruberoid);
 - isolatsioonita reguleerimis- ja/või sulgearmatuur jaotuskambrites;
 - kevadeti (sügiseti) võivad kaugküttekanaalid olla kohati vett täis (nn uppunud torustikud);



Joonis 6. Endise NL normatiivide kohane soojuskadu paaristorulisest kaugküttevõrgust: t_{maks} on võrku pumbatava vee maksimumtemperatuur



Joonis 7. Soojuskadu firma ABB II kategooria eelisoleeritud torudest sõltuvalt toruläbimõõdest ja küttevee keskmisest temperatuurist

" pinnase suur niiskus ja soojusjuhtivus.

- Kaugküttetorustiku halb paigaldusviis:
- " ehitamata on jäetud (või on korrast ära) kanalite drenaaž.

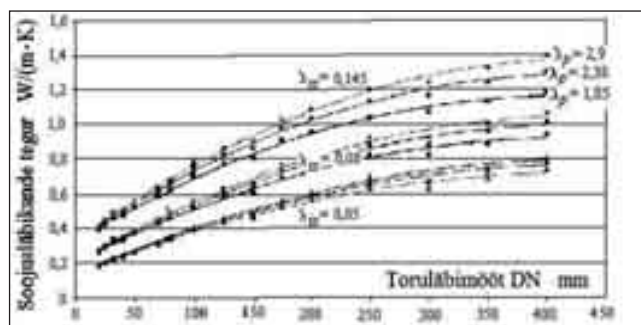
Estakaadil (tugedel) paiknev torustik

- Torustiku soojusisolatsioon korrast ära, kattekiht katki (sademeevesi pääseb sisse), kiirgussoojusülekanne.

Pinnases paiknevad eelisoleeritud torud

- Niiskunud isolatsioon (kaitsekesta hermeetilisus kadunud).
- Pinnas väga niiske ning seetõttu selle soojusjuhtivus suur, drenaaž ehitamata.

Joonisel 8 on näha, kui olulised on kanalites paikneva kaugküttetorustiku korral nii pinnase kui ka soojusisolatsiooni niiskus. Mida suuremad nad on, seda suurem on ka soojuskadu kaugküttetorustikust. Kui lumi talvel kaugküttetorustiku peal sulab, suurenevad pinnase niiskus ja soojusjuhtivus ning soojuskadu suureneb veelgi.



Joonis 8. Raudbetoonkanalises paiknevate kaugküttetorude soojuslähikandeguri sõltuvus soojusisolatsiooni niiskusest (λ_g) ja pinnase niiskusest (λ_p) [1]

SOOJUSKAO VÄHENDAMISVÕIMALUSED

Et soojuskadu kaugküttevõrgust oleks võimalikult väike, on vaja

hoolitseda selle eest, et torusid kataks väikese soojusjuhtivusega kuiv soojusisolatsioon. Kanalid peavad olema veevabad (drenaaž olgu korras). Kanalites paiknevate torude niiskunud ja katkine isolatsioon tuleb asendada kuivaga. Teine võimalus on rajada uus võrk pinnases paiknevatest eelisoleeritud torudest (joonis 9, a), millel on hermeetiline kaitsekest ja signalisatsioonijuhtmed isolatsiooni seisundi (kuivuse) kontrollimiseks. Eelisoleeritud torude kasuks tuleb otsustada ilmselt siis, kui olemasolevate torude tehniline seisukord on halb (nt isolatsioon katki või vettinud, metalltoru korrodeerunud).



Joonis 9. Eelisoleeritud toru (a) ja kivivillast isolatsioonikoorikud (b)

Eelisoleeritud torude kasutamine kaugküttes nõuab väga suurt investeeringut, seetõttu võiks kaaluda ka nende torude, mille isolatsioon on probleemne, ent metalltorud veel korras, katmist isolatsioonikoorikutega. Firma *Paroc* pakub fooliumiga kaetud koorikuid torudele läbimõõduga kuni DN200, ilma fooliumkateta aga ka jämedamate jaoks.

SOOJUSESÄÄSTU NING KAUGKÜTTEVÕRGU RENOVEERIMISE TASUVUSE ARVUTAMINE

Soojuskadude vähendamisest saadav soojusesääst sõltub võrgu algsest olukorrast ja rakendatavatest meetmetest.

Kui on mõõdetud või arvutatud soojuskadu torustiku pikkusühiku kohta enne ja pärast renoveerimismeetmete rakendamist, saab aastase soojuskao arvutada valemist:

$$Q_{kaod,a} = \Sigma(q_l \cdot L \cdot \Delta\tau) \cdot 10^{-6} \text{ MWh/a,}$$

kus q_l on aasta keskmine soojuskadu torustiku pikkusühiku kohta (aasta keskmine soojuskaovõimsus) W/m, L vaadeldava võrguosa pikkus m ning $\Delta\tau$ soojusvõrgu töötundide arv.

Soojusetootja rahaline aastasääst soojuskao vähenemise tõttu:

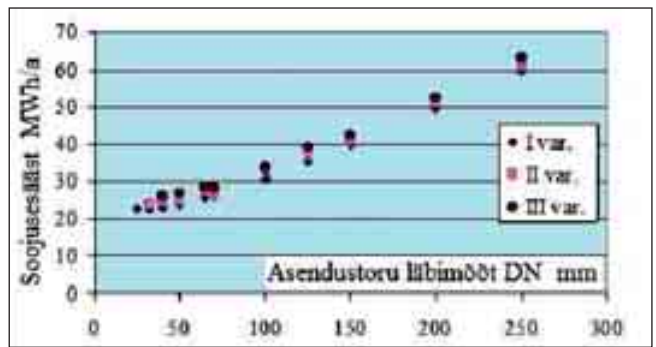
$$\Delta H = (q_{l,enne\ renov} - q_{l,pärast\ renov}) \cdot L \cdot \Delta\tau \cdot 10^{-6} \cdot \Delta h \text{ €/a,}$$

kus Δh on soojusetootja kulude vähenemine tänu väiksemale soojuskaole, €/MWh.

Kulude vähenemine Δh on sisuliselt muutuvkulude (kütus, vesi, elekter) osa soojuse tootmiskuludes, millest põhiosa moodustavad kulutused kütusele. Kui on arvutatud soojuskao vähendamise tõttu saavutatav rahaline sääst, saab arvutada nn lihttasuvusaja, jagades investeeringu maksumuse aasta jooksul soojuskao vähendamise arvel saadava rahalise säästuga.

Arvutused on näidanud, et kui olemasolev torustik vastab nõukogudeaegsetele normatiividele, soojusisolatsioon on kuiv, selle kattekiht terve ning isolatsioon ei ole alla vajunud, siis ei ole selle asendamine eelisoleeritud torudega mõistliku tasuvusaja vältel majanduslikult tasuv. Kui aga isolatsioon on halvas olukorras, tuleb muidugi valida sobiv meede soojuskao vähendamiseks.

Joonisel 10 on näidatud, kui suurt aastast soojusesäästu annab nõukogudeaegse kaugküttetorustiku asendamine eelisoleeritud torudega. Sääst sõltub muidugi algingimustest. Joonise eesmärk on näidata, et kui valida väiksema läbimõõduga asendustorud, on soojusesääst mõnevõrra suurem. Põhiline rahaline sääst tuleb aga sellest, et peenemad torud on oluliselt odavamad.



Joonis 10. Soojuse võimalik aastasääst raudbetoonkanalites asuva 100 m pikkuse kaugküttetorustiku asendamise korral sama sügavale maasse paigaldatud eelisoleeritud torudega: I var. – toruläbimõõt sama, II var. – asendustorud ühe ning III var. – kahe astme võrra peenemad

JÄRELDUSED

- Soojuskadu Eesti kaugküttetvõrkudest on kohati ja ajuti väga suur. Eriti suureks võib osutuda %-des väljendatud soojuskadu suveperioodil.
- Suur soojuskadu on põhjustatud torustiku soojusisolatsiooni halvast seisukorrast, soojusvõrgu kehvast hooldamisest ning raudbetoonkanalite puudulikkusest või mittetöötavast drenaažist.
- Kuiv soojusisolatsioon kogu võrgu ulatuses ja kogu aasta vältel on tingimus, mis tagab edu soojuskao vähendamisel.
- Kaugküttetorustikud on kohati üledimensioneeritud. Uute võrkude rajamisel või olemasolevate torude asendamisel tuleb valida sobiva läbimõõdu ja isolatsiooniga torud.
- Kaugküttetorustiku renoveerimisele peab eelnema detailne uuring, et teha kindlaks torustiku tööajaressurss ja edasise kasutamise otstarbekus, pidades silmas soojuse tootmise ja tarbijatele toimetamise summaarseid kulusid.
- Kui nõukogude ajal raudbetoonkanalitesse paigaldatud torustiku soojusisolatsioon on kuiv ja kattekiht korras, siis ei ole torude asendamisel eelisoleeritute saadav soojusesääst majanduslikus mõttes tõenäoliselt piisav investimiskulude katmiseks mõistliku tasuvusaja vältel.
- Soojuskao vähendamiseks soojusvõrgust tuleb kasutada kõiki võimalusi. Selleks võivad sobida ka soojusmaterjalist torukoorikud, mis on eelisoleeritud torudest märksa odavamad.
- Kui kanalites olevad torud on vaja asendada eelisoleeritute, tuleb arvutustega kindlaks teha, kui suure läbimõõduga nad peavad olema. Paljudel juhtudel on sobivaks osutunud ühe ning mõnikord isegi kahe astme võrra peenemad torud. **A.M.**

Viidatud allikad

- Aleksandr Hlebnikov 2010. The analysis of efficiency and optimization of district heating networks in Estonia. Thesis on Mechanical and Instrumental Engineering. TUT Press, Tallinn: 153 p.
- Eesti väikesoojatootjate ja energeetika arenguprioriteetide kaardistamine maapiirkondades 2009. Eesti Jõujaamade ja Kaugkütetühing, Tallinn: 87 lk.
- Fragment 1.dets. 2011 Õhtulehes ilmunud pildist: www.õhtuleht.ee.
- Е. Я. Соколов 1982. Теплофикация и тепловые сети. Москва, Энергоиздат: 360 с.

GIS – TÕHUS ABI PROJEKTEERIMISEL

VALDAR TAMMIN

REIB OÜ juhtiv insener

RAKENDUSGEODEESIA ja Ehitusgeoloogia Inseneribüroo OÜ (REIB) on alates 1995. aastast tegutsenud ehitusuuringute ettevõtte, mille põhitegevusaladeks on geodeetilised ja ehitusgeoloogilised tööd. Lisategevusaladeks on planeeringute koostamine, ehituslik projekteerimine ning väikevaidadest vundamentide ehitamine.

Enam kui 40 töötajaga REIB on Eesti suurim ehitusuuringute valdkonnas tegutsenud ettevõtte, mis mitte ainult ei piirdu teiste loodud tarkuse toodanguks väärastamisega, vaid tegeleb ka töös vajaliku tarkvara arendamisega.

Viimastel aastatel oleme oma töös kasutusele võtnud GIS-võimelised andmebaasid ja rakendanud need oma tööde valmistamise protsessi.

Meie loodud rakendused ei ole ainult firmasiseseks kasutamiseks. Tuginedes oma püsitellijatelt saadud suunistele, oleme loonud programmid, millega on võimalik senisest kiiremini, lihtsamini ja väiksema vaevaga liita projektidesse meie toodetud geodeetilist ja ehitusgeoloogilist teavet.

Rakendusprogrammide kasutamiseks on teil vaja järgnevat.

Esiteks peab teil olema soov ja tahtmine. Nende puudumisel ei ole mitte midagi teha.

Teiseks peab teie arvutis olema AutoCAD 2010 või uuem.

Kolmandaks laadige programmid oma arvutisse.

Neljandaks pakkige alla laaditud ZIP-faili lahti.

Viiendaks on teil vaja teada teie tellitud REIB töö numbrit (näiteks GE-1301 ja TT-2883) ja töö tellinud firma äriregistri koodi.

Kuuendaks peame olema teile vastava töö üle andnud.

Seitsmendaks peab teie joonis olema riiklikus ehk L-Est koordinaatsüsteemis ning ühele täisühikule joonisel peab vastama üks meeter looduses.

Kui see kõik on tehtud, siis on programmid kasutamiseks valmis.

GEOLOOGIA KIHID

Abiprogramm „Geoloogia_kihid” võimaldab laadida joonisesse geoloogilise uurimistöö käigus tuvastatud geoloogiliste kihtide alguses.

Programmi käivitamise järel peate sisesta-



ma REIB töö numbrit ja töö tellinud ettevõtte registrikoodi. Vajutades nüüd nupule „Võta kihid”, küsitakse andmebaasist välja töös olevad uuringupunktide ja kihtide andmed.

Kui kihid on leitud, võib vajutada nupule „Joonista” ning teie joonisesse tekitatakse õigel kõrgusel olevad AutoCADi „Point” elemendid ja nende kõrvale kirjutatakse soovikorral katse nimi ning kihi absoluutkõrgus Balti kõrgussüsteemis.

Kõik geoloogilised kihid jaotatakse eraldi joonise kihtideks ja joonise kihi nimi lõpeb geoloogilise kihi numbriga.

GEOLOOGIA PROFIIL

Abiprogrammiga „Geoloogia_Profiil” on võimalik tekitada etteantud trassi telje alusel pikiprofiilidele sobivad geoloogilised tulbad.

Programmi tööks on vajalik trassi telg (murdjoon, AutoCAD Civil 3D trassitelg – „Alignment” või siis AutoCAD Civil 3D profiili vaade „Profile View”).

Profiili koostamisel kasutatakse kolme mõõtkava: horisontaal- ja vertikaalmõõtkava ning geoloogia mõõtkava. Horisontaalmõõtkava alusel määratakse kasutatav tekstikõrgus

ja sellele vastavad profiili pāiste ja abijoonete vahelised kaugused. Vertikaal- ja horisontaalmõõtkavade suhte põhjal määratakse maapinna kõrguse kordaja. Horisontaalmõõtkava ja geoloogia mõõtkava suhte alusel määratakse geoloogia tulba kõrguse kordaja.

„Profile View” korral võetakse horisontaal- ja vertikaalmõõtkava automaatselt.

Pärast telje valikut ja kinnituspunkti määramist aktiveerub „Joonista” nupp ning kui sellele nupule vajutada, tekitatakse joonisesse geoloogilised tulbad.

TRASSI PLAAN

Abiprogrammi „Trassi plaan” abil saab koostada REIB poolt teostatud geodeetilistest alusplaanidest profiilide ilmestamiseks mõeldud trassi plane.

Programmi kasutamiseks on teil vaja teada REIB töö numbrit, töö tellinud ettevõtte registrinumbrit, trassi telge, sirgestuse kinnituspunkti.

Trassi teljeks võivad olla nii AutoCADi murdejooned (LINE, POLYLINE, LWPOLYLINE) kui ka AutoCAD Civil 3D „Alignment” ja „Profile View”.

Trassi plaanile saab kanda ka uuringupunktide asukohad. Selleks tuleb panna „linnuke” lahtrisse „Geoloogiliste punktidega” ja sisestada vastav REIB geoloogia töö number.

KATSETAMINE

Kui sooviksin antud programmide tööd katsetada, siis teaksin seda järgnevalt:

- 1) laadiksin programmiga „Geoloogia kihid” joonisesse uuringupunktid ja neis tuvastatud geoloogilised kihid;
- 2) joonistaksin punktide asukohtade järgi võimaliku trassi telje;
- 3) koostaksin trassi geoloogilise pikiprofiili;
- 4) lisaksin sellele trassi sirgestatud plaani.

Katsetamiseks saate vabalt kasutada meie töid GE-1301 ja TT-2883.

Programmide täpsemad juhised leiata meie kodulehelt www.reib.ee

Edukat kasutamist!



KAS PLANEERIMISPÕHIMÕTETE TÄIELIK ÜMBERSÕNASTAMINE ON OMAVALITSUSTE JA PÄDEVATE PLANEERIJATE HUVIDES?

KAUR LASS

OÜ Head juhatuse liige ja planeerimisekspert, kaur.lass@headandlead.com

KES OTSIB, võib internetis peale satutada uuele planeerimiseaduse eelnõule http://www.koda.ee/public/PlanS_EN.pdf. Mingil arusaamatul põhjusel käib praegu koos planeerimiseaduse kodifitseerimise töörühm. Mingid ametnikud ja huvilised (kuidas nad valiti ja kelle huve nad esindavad, on teadmata) hakkasid koos käima ja otsustasid taas muuta planeerimiseadust.

Igaüks, kes tunneb kehtivat planeerimiseadust ja sellesse süveneb, leiab jahmatusega, et nii selle seaduse ülesehitus kui ka loogika keeratakse täiesti pea peale. Seda tehakse kõigest 2,5 aastat pärast seaduse viimast radikaalset muutmist! Selles valguses on mul praktikuna mõned olulised küsimused:

- 1) Kas riik viis eelmisel korral planeerimiseadust muutes seadusesse sisse ebapädevaid muutusi ega teadnud, mida ta tahab? Kas ta nüüd teab? Mis annab alust nii oletada?
- 2) Miks on nii ulatuslikku muutust vaja? Kas näiteks mõni riigikohtu lahend viitab planeerimiseaduse vastuolule põhiseadusega? Kui, siis milline ja miks ei saa sellisel juhul piirduda üksiku sätte muutmisega?
- 3) Kas need, kes tõesti on proovinud uue seaduse selgeks õppida ja seda rakendada, on leidnud, et selle põhimõtted ei toimi?
- 4) Kas avalikkus on rahulolematu oma osalusvõimaluste üleküllusega planeerimiseaduses?
- 5) Kelle huvides on kaose tekitamine olukorras, kus seadus on täidetav ja enamik valdu-linnu on hakanud sellest uuel kujul just alles aru saama?
- 6) Kelle huvides on nullida senine kohtupraktika (vana seaduse alusel tehtud järeldused ju ei toimiks uue seaduse alusel, seega kohtulahend, kus selgi-

tatakse, kuidas senist seadust täita, muutub väärtusetuks)?

Kui viidatud seaduse muutmine läbi läheb, on iga uus planeerimist reguleeriv seadus kehtinud vähem kui eelmine. Seaduse esimene „pölvkond” oli 1995. aastal jõustunud planeerimis- ja ehitusseadus, teine 2003. aasta planeerimiseseadus ja kolmas 2009. aasta suvel kehtima hakanud ja seni kehtiv planeerimiseseaduse märkimisväärselt muudetud versioon. **Seaduse muutmise kiirenemine on ohtlik tendents, kui eesmärk on kodaniku seaduskuulekus ja planeeringute kvaliteet. Planeerimiseseadus peaks kindlasti kehtima kauem, kui kestab ühe keskmiselt keeruka üld- või maakonnaplaneeringu koostamine.**

Probleem seisneb selles, et n-ö planeerimiseseaduse kolmas pölvkond pole veel 100% töölegi hakanud. Praktikas jõutakse seaduse korraliku rakendumiseni umbes 3 aastaga (praegu on viimasest radikaalsest muutusest möödas natuke üle 2,5 aasta ja on näha märke, et uue seadusega hakatakse harjuma). Erasektoris tegutsevate praktikute teine suur probleem on see, et turul vohab pakkumiste hindamine vaid hinna järgi, tegutsetakse karistamatult, järelevalve on puudulik. Näiteks esineb juhtumeid, kui kehtiv detailplaneering ei määra hoonestusala või, veelgi markantsem näide, kui detailplaneeringut ei kehtestatud, vaid omavalitsus kiitis selle heaks ja viis ikkagi ellu, kusjuures järelevalve ei sekkunud kogu aja jooksul, mil see planeering „kehtis”!

Planeeringuid koostatakse sageli seadust rikkudes ja alla omahinna. Mitme viimatisel riigihanke võitjaks osutunud pakkujad ei saa katta ausalt tööd tehes isegi seadusjärgsete arutelude jms läbiviimiseks vajalikke sõidukulusid. Planeerimisturg on kaoses, suuremas kao-

ses kui arhitektuurse projekteerimise turg, sest planeerijaid ei õpetata. Paljud planeerijahariduseta turul olivad teevad planeeringuid nii, kuidas heaks arvavad. Mõnes omavalitsuses siiski kontrollitakse rangelt planeeringute kvaliteeti, nt Viimsis või Tallinnas. Au ja kiitus neile.

Kahjuks tundub, et mõni omavalitsus vist ei ava kaustagi, kui planeeringu kehtestab, sest muidu peaks ametnikud märkama, et enamik seaduse nõudeid on täitmata. Ka on paradoksaalne olukord, kus omavalitsuse planeeringutega igapäevaselt vähe tegelev ametnik on maakonnaplaneeringu tundmises pädevam kui järelevalve teostaja, kes peaks ise planeeringu elluviimise tagama. Võiksin negatiivsetele näidetele nimed lisada, aga praktikas tähendaks selline näpuga osutamine vaid pahameelt osutaja suunal. Iva polegi selles, kes on süüdi, vaid selles, et planeerimine ei hakka iial toimima, kui me pidevalt seadust muudame!

Seaduse muutmise asemel aitaks probleemi lahendada planeerimise õpetamine ja järelevalve tugevdamine ning kõigilt võrdselt seaduse täitmise nõudmine. Miks aga seda ei tehta? Kui kõik see tegemata jätta, jõutakse selleni, et korralikult seadust täitvad isikud lõpetavad planeerimistegevuse, sest tulud ei kata kulusid. Need, kes odavalt hanked võidavad, lähevad pankrotti, sest pakutud summa ei kata kulusid, kui keegi siiski suu lahti teeb ja seaduse täitmist nõuab. Sellises olukorras on kaotajateks kõik. Fakt on, et igast seadusemuutusest kaotavad alati kõige enam korralikult senist seadust täitnud isikud ja võidavad sahkerdajad ning seaduserikkujad. Need, kes praegu seadust ei täida, saavad segasel perioodil (kui uus seadus ei ole rakendunud) alati selge konkurentsieelise. Nad ei loe seadust nüüd ega viitsi seda

ka edaspidi lugeda, sest seaduse täitmata jätmine jääb karistamata. Seda, et kvaliteet ja seaduskuulekus pole olulised, kinnitab tõsiasi, et väga paljud kehtivad planeeringud ei täida koostamise hetkel kehtinud seaduse nõudeid (järelus on tehtud artikli autori poolt enam kui 700 kehtiva detailplaneeringu läbivaatamise baasil erinevates omavalitsustes erinevatel põhjustel viimase viie aasta jooksul).

Kui seadust muuta, peavad seaduse muutjad välja tooma senise praktika alusel konkreetseid faktid, mis nõuavad, et seadust tuleb just nii radikaalselt muuta. Aluseks tuleb võtta faktid, mille on esitanud seaduskuulekad planeerijad ja omavalitsused, või riigikohutu lahendid, millest selgub otsene seaduse nii ulatusliku muutmise vajadus.

Praktikuna saan küll osutada üksikutele veidrustele (nt sadama planeerimise tohutu ajamahukus), aga ei saa öelda, et ükskõik milline kehtiva seaduse punkt oleks täiesti täidetamatu, vastuolus põhiseadusega või täielikult mittetoimiv. Ka pole ma avastanud, et kohtud oleksid planeerimisseaduse arusaamatuks tõlgendanud. Minu arvates on seadust alati mõistlik muuta nii vähe kui võimalik ja nii palju kui otseselt vältimatu. Kui seadused on meil siiski nii kergekäeliselt muudetavad, ei jää üle muud, kui mõista

ühte Eesti edukamat suurärimeest, kes ütles: „Enne ehitan, siis teen projekti ja planeeringu – küll saab seadustatud!” Seda enam, et ta saabki! Selles kontekstis ei soovi ma olla enam planeerija. Tehtud tööde dokumenteerimine ei ole olemuselt planeerimine. Ka pidev seadusemuudatuste õppimise kohustus ei saa olla omavalitsuse või planeerija tähtsaim tööülesanne. Seda enam, et riik planeerimist ei õpeta!

Kui üldse midagi muuta, siis võiks seaduses olevat üld- ja detailplaneeringu menetluskorda natuke mõnes kohas tagasi lihtsustada. Omavalitsustel on väga keerukas täita pärast 2009. aasta suve seadusesse lisandunud ulatuslikke avalikustamismõtteid. Isiklikule kogemusele tuginedes võin väita, et juhendamise korral suudavad praktiliselt kõik omavalitsused (isegi väikevallad!) siiski seadust ette nähtud mahus täita. Korrigeerida võiks seadust pigem olemasoleva planeerimisseaduse raames ja põhimõttel, et dubleerivat teavitamist vähendada (seda saab teha kodaniku õigusi ära võtmata).

Ka vääriks mõnevõrra lihtsustamist juba mainitud sadamate jt kaldaga või rannaga ühendatud ehitiste planeerimise erikord. Näiteks on keerukas aru saada nõudest kooskõlastada Lennuametiga kõigi sadamate vms kaldakin-

nisasjaga seotud ehitist sisaldada võivad planeeringud. Ning ka sellest, miks tuleb kooskõlastada muinsuskaitse all mitte oleva sadama planeering Muinsuskaitseametiga. Ent nende muutuste tegemiseks piisab vaid paari paragrahvi pisikorrektuurist!

Senine planeerimisseadus on vähemalt minu igapäevases praktikas olnud rakendatav. Seda kinnitab ka kohtuotsuste lugemine ja üksikute eetiliste konkurentide tegemiste järgimine. Tunnen heameelt selle üle, et toimiva süsteemi järgi olen saanud koostada kõiki planeeringu liike ja tüüpe. Samuti teeb heameelt see, et vaatamata mu osalusel koostatud planeeringute enam kui kümnel korral kohtus vaidlustamisele, on kõik need planeeringud endiselt kehtivad, sest kohus on seaduse täitmist pidanud korrektseks ja sisuliseks. **Sellega olen saanud tõestada, et senised seadused on täidetavad, ja näidata klientidele, et seaduse täitmine tasub keerukas olukorras end ära.** Täna käesolevaga kõiki neid omavalitsusi, maavalitsusi ja ka Siseministeeriumi töötajaid, kellega koos on õnnestunud seaduskuulekas olla! Loodan ka, et ratsionaalsus võidab ja artikli alguses viidatud seaduse eelnõu leiab tee ajaloo prügikasti ning ulatuslikust planeerimisseaduse muutmisest loobutakse.

Tartu Näitused messikeskuses TARTU E HITUSMESS 2012

ehitus•tööriistad•sisustus

11.-13.
OKTOOBER



Info ja registreerimine: Anders Urbel, anders@tartunaitused.ee
Tel 742 1662, Faks 742 2538, AS Tartu Näitused, Fr. R. Kreutzwaldi 60, Tartu

www.tartunaitused.ee

ASUSTUSE SÄILITAMINE ON REGIONAALSE ARENGU JA ETTEVÕTLUSE ALUSTALA

KAUR LASS

OÜ Head juhatuse liige ja planeerimiskspert, kaur.lass@headandlead.com

PRESIDENT Toomas Hendrik Ilves tõstas sel aastal vabariigi aastapäeva kõnes muu hulgas kolm küsimust:

- Mis meist saab, kui inimesed kolivad Eestist mujale?
- Mis saab elust maal, kui sinna jääb aina vähem inimesi?
- Mis saab meie Eesti elust?

Eestis on nüüdseks umbes kaks aastat ekspertide ja avalikkuse osalusel koostatud üleriigilist planeeringut „Eesti 2030+”. Praegu on see kooskõlastamiste ringil ja kooskõlastamisel oleva planeeringuga võib igäüks tutvuda kodulehel www.eesti2030.ee. Üleriigilise planeeringu koostamise avalikel aruteludel ja tutvustustel osales otse kaasatuna üle 1200 inimese. Lisaks sai igäüks kodulehel jooksvalt oma arvamust avaldada ning seda tehtigi usinalt. Avalikustamise ulatuse tagamiseks oli olemas ka meedia- ja kaasamisplaan, mille tulemusena on üleriigilisest planeeringust kirjutanud kõik suuremad päevalehed ja sõnum on jõudnud ka telepilti. Peale valdade, linnade, maavalitsuste ja avalikkuse osales planeeringu väljatöötamisel ka hulgaliselt eksperte. Nii kaasamise kui ka ekspertide arvamuste baasil sai ilmselgeks, et meie riigi püsivuse tagamisel on peamiseks Eesti elamisväärsuse tagamine. Elamisväärsus Eesti eri paikades oli ka seni kehtiva üleriigilise

planeeringu – „Eesti 2010” – põhiteeksiks. Seega on riigi ruumilises arengus järjepidevus paberil kirjas. Mis aga tagab Eesti elamisväärsuse ehk inimeste püsimise siin? Mis tagab inimeste püsimise maapiirkondades?

Vaieldamatult on asustuse püsimisel olulised kaks valdkonda: töökohad ja hariduse andmine kodu lähedal. Riigile tulu toovaid töökohti loovad üldjuhul eraettevõtjad. Nende jaoks on peale äriidee tähtis ka inimeste olemasolu ja pääsemine töandja loodud töökohta. Riigi asi peaks olema seega just töötava inimese liikumisvajaduste rahuldamiseks eelduste loomine. Mida vähem ta veedab aega koju ja tööle sõites ning mida enam ta teeb seda ühistranspordiga, seda kasulikum riigile. Efektiivne töötaja, kelle ökoloogiline jalajälg on väike, on parim võimalik lahendus.

Paraku aga ei ole ühistranspordisüsteem üles ehitatud töö käiva inimese vajadusi arvestades. Tal on üldjuhul keerukas hommikul bussi, rongi vm ühistranspordivahendiga viia lapsed lasteaeda, kooli ja siis minna tööle ja õhtul vastupidi. Regioonides ettevõtluse soodustamiseks peaks see kõik olema lihtne. Riigi huvi peaks olema tagada esmajärjekorras ühistransport neile, kes käivad tööl ja maksavad makse. Ühistransport peab enam olema toimepiirkonna ehk igapäevase

töö-kodu-kool-lasteaed liikumise soodustamise keskne. Sellest üksi on aga vähe kasu ajal, kui meil on päevakajaliseks kerkinud asustuse väljasuretagamine selle läbi, et hakatakse sulgema gümnaasiumeid.

Haridusasutuste sulgemise kava võib olla optimaalne raha kokkuhoidmist silmas pidades, aga see mõjub hävitavalt Eesti asustusele. Üleriigilise planeeringu asustuse teemarühmas oli enamik eksperte ühel meelel: kui kaob kool, kaob asula. Praktikas on seda ka näha olnud – kooli sulgemine mõnes külas on alati viinud noorte perede ärakolimisele. Üksikud järelejäänud aga ei taga asustuse püsimist maal. Kui pole noori, pole ettevõtlusperspektiivi ning kui pole seda, kaotavad sissetuleku ka vanemad – nii ongi küla hääbuma määratud. Huvitaval kombel on siin haridusasutuste sulgejad tegelnud teemaga vaid oma mätta otsast optimaalsust otsides. Kui presidendi aastapäevakõnes olnud Paide teenuste kättesaadavuse näide ei pane inimesi veel Paidet hülgama, siis kõigi koolide sulgemisel Paides oleks selle linna kiire häving garanteeritud!

Miks on riigi valitsejad vastuolus seni kehtiva üleriigilise planeeringuga ja ka avalikkuse osalusel koostatud uue üleriigilise planeeringuga ning valmis vaid ühe ametkonna huvide ning raha

telefon 50 83 906, e-post: kaur.lass@headandlead.com

Juhtimine on lihtne. Planeerimine on kasulik.

www.headandlead.com



säästmise huvides hävitama Eesti asustust? Koolide sulgemine viib noorte kadumiseni maalt. See viib omakorda ettevõtjate kadumiseni maalt. Ja see viib riigi kadumiseni maalt. See on karjuvas vastuolus äsja laiapõhjalise kaasamise teel koostatud üleriigilise planeeringuga. See on vastuolus ka meie riigi julgeoleku tagamisega. Asustamata alade levik viiks ju kontrolli kadumiseni oma riigi territooriumi üle.

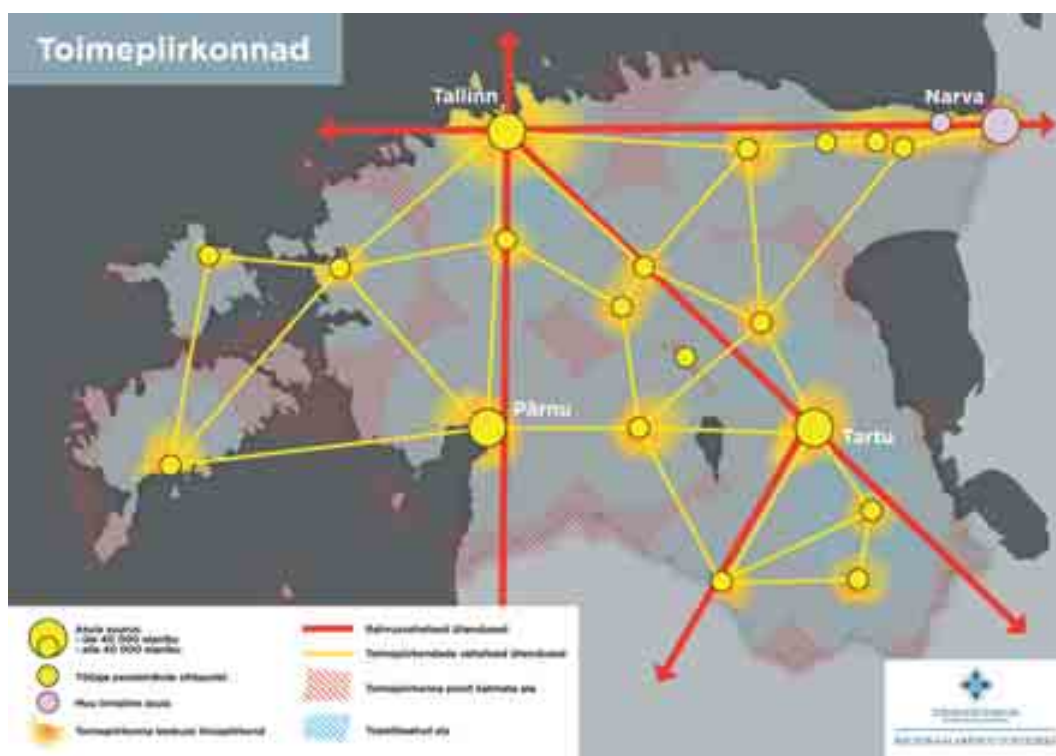
Veel on aega teha kõike teisiti. Veel on võimalus mõista, et kool hoiab üleval küla, alevit või alevikku. Ühes linnas dubleerivate koolide kaotamine on mõistev, nagu ka lähestikku asuvate koolide koondamine, aga nii ulatuslik ja kiire sulgemine nagu Haridus- ja Teadusministeerium plaanib viib selgelt elu hääbumiseni maapiirkondades. Gümnaasium on kindlasti üks olulisemaid asutusi, mis tagab väikelinna püsimise väikelinnana. Põhikool kodu lähedal ja gümnaasium lähimas suuremas asulas võimaldavad vanematel keskenduda tööle või ettevõtlusele ning seovad lapse kodukandiga. Asustuse püsimine maal on hädavajalik, et seal säiliks ettevõtlusvõimalused. Kodust ära rännanud noor ei oma enam sidet kodukandiga. Temast saab maailmakodanik. Mees või naine, kes otsib kohta, kus rohi on rohelisem – ja see paistab alati rohelisem kaugel välismaal. Seega kodu lähedal hariduse saamise kaotamine viib regionaalse arengu allakäiguni. Viib rändamiseni suurlinna ja sealt välismaale. Kas me seda tahamegi?

Praegu on veel koolid alles. Maksimaksjatena on meil odavam koole kui asustuse alustalasid alal hoida, kui hiljem olla maksimaksjateta maailmarändurite reise tundmatu lähtekoht! Eesti on väike, laias maailmas sageli tundmatu. Inimene, kes kasvab kodust eemal, ei seo end kodukohaga. Kodutundeta inimene ei näe põhjust siin töötada, siin ettevõtja olla ega ka siia makse maksta. Maksudeta ei saa me

ülal hoida riiki.

Kodu on eesti keeles unikaalne sõna, mille tähendus ei võrdu üksnes majaga, kus elatakse. Kodutunne on sageli avaram kui oma maja või korteri elukohaks pidamise tunne. Kodutunde alused saadakse nii kodust kui ka koolist. Peale klassis istumise saadakse see ka klassi retkest kooli kõrvale loodusesse, õpetaja räägitud kodukandilugudest ning jala kodu ja kooli vahet jalutades. Suurt vahemaad on kestvalt tülikas läbida ning see paneb vanemad kolima. Kolimine muutub harjumuseks ja kaasaegne mobiilne maailm soosib rändamist. Milleks on meil üldse vaja riiki, kui koolitame rändureid? Ehk oleks hea idee müüa riik maha ja jagada saadud raha laiali? Siis poleks vaja riigi ülalpidamise kulukuse all kannatada ja saaks lähtuda majanduslikust ratsionaalsusest. Igaüks saaks oma papi kätte ja riigi ülesanne oleks täidetud, nagu Mart Raukas Eesti Ekspressis arvas.

Käesoleva artikli mõte ei ole olla koolide arvu vähendamise vastu. Mõne kooli võib sulgeda ja mõne ka ümber kujundada, aga koolide massiline kaotamine on vastuolus meie asustuse püsimise ja maal ettevõtlusega edasi tegelemise võimaluste säilitamisega. **Ettevõtlik inimene on esimene, kes oma lastega mujale kolib, kui riik**



Eesti olulisemad toimepiirkonnad – uue üleriigilise planeeringu „Eesti 2030+“ skeem.

Toimepiirkondade täpsustamisega plaanib riik edasi tegeleda, neist peab senisest enam lähtuma ühistranspordi korraldus Eestis

Skeem: Siseministeerium

tema elu maal võimatuks teeb. Tal on raha ja tal on ettevõtlikkust seda teha! Seejärel lähevad tööle käivad inimesed mujale tööle. Ja siis püsivalt mujale. Asustuse hääbumine on garanteeritud. Kui hääbub asustus maal, hääbub riik. Seega on ühistranspordi toimepiirkondade keskseks muutmine ja koolivõrgu hoidmine riigi toimimiseks oluline.

Enne koolide arvu radikaalset vähendamist tuleb vaadata muid kokkuvõtteid, näiteks läbi viia haldusreform, et tõsta omavalitsuste suutlikkust kodaniku huve kaitsta ja kohalikke koole hoida. Samuti võiks vähendada riigiametnike arvu. Omades pikka kogemust koostöös omavalitsuste ja riigiga, ei oska ma tuua näiteid logelevat kohalike omavalitsuse ametnikest, küll aga tean palju näiteid igavlevatest riigiametnikest, kes endale igavuse peletamiseks tegevust otsivad. Nagu nähtub, on need tegevused kohati vastuolus riigi ruumilise arengu visiooniga, kehtivate planeeringutega ning ka Eesti elamisväärsuse säilitamisega. Seega enne kui ametnikud koolide teemal edasi tegutsevad, tuleb vastata presidendi tõstatatud kolmele väga asjakohasele küsimusele ja läbi viia sel teemal ühiskonnas laiem arutelu. See on otsus, mis puudutab meie riigi elamisväärsust palju enam kui mitmed muud otsused.

KEEMIAÕNNETUSED JA NENDE TÕRJE EESTIS

PEETER RANDOJA

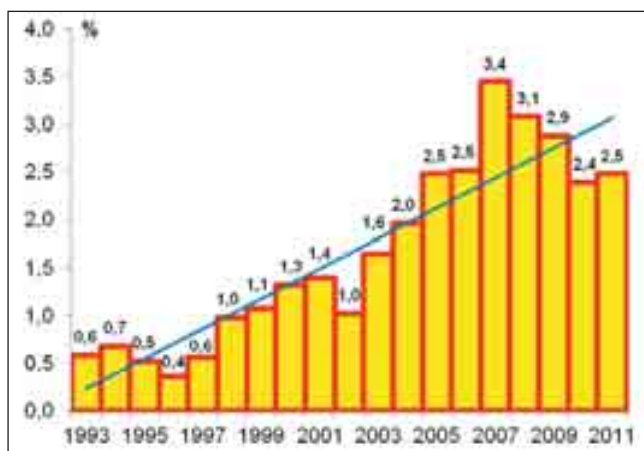
Sisekaitseakadeemia tuletoorje- ja päästeriskide analüüsi uurimisgrupi juht

HELMO KÄERDI

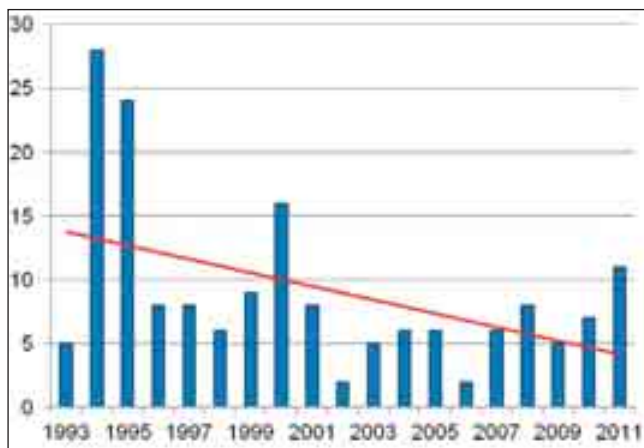
Sisekaitseakadeemia Päästekolledži inseneriainete ja matemaatika õppetooli juhataja-professor

EESTIS on kuus keemiavõimekusega päästekomandot: Tallinnas Kesklinna ja Lilleküla, idaregioonis Kohtla-Järve ja Sillamäe, lõunas Tartu ning läänes Pärnu. Neil on keemikaitsevarustus ja -seadmed olemas ning päästjad on läbinud keemikaitsealased koolitused. Need kuus komandot reageerivad kõikidele keemiaõnnetustele Eestis, nii suurtele kui ka väikestele. Muud päästemeeskonnad tegelevad üldjuhul väiksemate õnnetustega, nt õli või autokütuse laialivalgumisega tänaval või maanteel, ent osalevad ka erandlikes olukordades, nt rannikureostuse likvideerimisel, kus ei ole tähtis niivõrd võimekus kui inimressurss. Lisaks kõigile neile on Päästametis moodustatud erikeemiatalitus, mille tehnilised vahendid ja ekspertide oskused võimaldavad õnnetuskohal täpselt kindlaks teha ohtlike ainete koostise ning anda päästemeeskondadele nõu olukorra lahendamiseks.

Keemiaõnnetuste osakaal kõigi päästesündmuste hulgas



Joonis 1. Keemiaõnnetuste osakaal Eesti päästesündmustes aastatel 1993–2011



Joonis 2. Radioaktiivsete saastumiste arv Eestis ajavahemikus 1993–2011

on aasta-aastalt suurenenud (joonis 1). Põhjuseid on kaks: keemiaõnnetusi on olnud järjest rohkem ning muud liiki õnnetuste, nt tulekahjude ja kommunaalavariide, arv on stabiliseerunud või isegi vähenenud.

Keemiaõnnetusi, millele päästemeeskonnad reageerima peavad, on kolmesuguseid: radioaktiivne saastumine, keemilistega saastumine ja naftasaadustega saastumine.

RADIOAKTIIVNE SAASTUMINE

Selle valdkonna põhiline ohuallikas, millega päästeteenistusel tuleb kokku puutuda, on radioaktiivsete materjalide ioniseeriv kiirgus.

Radioaktiivseid saastumisi on keemiaõnnetuste hulgas olnud suhteliselt vähe: aastatel 1993–2011 keskmiselt 2,5 % (2011. aastal 2,1 %). Kuigi nende arv kõikus aastati üsna suurtes piirides (joonis 2), võib täheldada kahanemistrendi. Kõige rohkem leiti radioaktiivseid aineid või esemeid 90ndatel aastatel, eriti vahetult pärast nõukogude armee lahkumist 1994. ja 1995. aastal.

Radioaktiivseid esemeid leitakse looduses, kuhu neid on ära visatud, mahajäetuna või maasse peidetuna endistelt NL sõjaväeüksuste territooriumidelt, vanametalli kokkuostupunktidest ning seda vedavatest raudtee- ja maanteeveokitest, mahajäetud ettevõtetest (nt endistest NL sõjatööstusobjektidelt) ning kodudest, kuhu neid on toodud teadmatuses või edasimüügi eesmärgil (vanametall või seadmed, mis kiirgavad või sisaldavad kiirgavat radioaktiivset pulbrit). Mõned näited avastatud radioaktiivsetest esemetest:

- 2008. aastal kõrvaldati kaksteist kiirgusallikat, sh kaks kompassi, röntgenmeeter ja telefon (joonis 3) ning Paldiski lõunasadamas korjati kokku 30 kg radioaktiivset pinnast;
- Paldiski lõunasadamas leiti 2008. aastal AS Kuusakoski territooriumilt tugevasti kiirgav toru (joonis 4, a), mis oli sin-



Joonis 3. Esemeid Balti jaama turult: röntgenmeeter, telefon (kahjulik on helendavate numbrite valgust koguv aine, mis sisaldab isotoopi Ra226) ning kompassid



Joonis 4. Paldiskis leitud kiirgusallikad: a on radioaktiivne (400 mSv/h) toru ning b kiirgusmäärgiga ese (1,3 mSv/h)

na koos vanametalliga toodud Jõhvest. Toru pinnal ületas kiirgustase 400 mSv/h. Mõni päev hiljem leiti sealtsamast Lätist pärit silindrikujuline kiirgusmäärgiga ohtlik ese (joonis 4, b), mille kiirgustase oli 1,3 mSv/h;

- üks kuulsamaid juhtumeid (nn Kiisa juhtum) leidis aset 1994. aastal, kui Tammiku radioaktiivsete jäätmete matmispaigast jäi ühe metalli varastanud mehe jakitaskusse väike, aga tugev (1200 mSv/h) kiirgusallikas, mille ta koju viis. Mõne päeva pärast mees suri, kiirguskahjustusi said ka teised majaelanikud;
- kõige tugevam kiirgusallikas saadi 1998. aastal kätte Tallinnast Gildi tänavalt, kuhu oli gaasitorude keevitusühenduste kvaliteedi kontrollimisel ühest aparaadist liivahunnikusse kadunud väike, ent ohtlik (5000 mSv/h) kiirgusallikas. Õnneks leiti see kiiresti üles;
- üks mõtlemapanevamaid lugusid juhtus Lasnamäe vene gümnaasiumi õpilastega, kes leidsid oma maja eest 10 cm pika ja 3 cm laia tinakonteineri, mille sees oli väike metallitükk. Sellega mängisid nad kaks päeva ja lõpuks võtsid ka kooli kaasa. Koolipäeva lõpul avastas keemiaõpetaja, et metallitükil on kiirgusmärk peal. Selgus, et tegemist oli kalibreerimisallikaga Co60. Tervisekontrolli näitas, et õnneks polnud lapsed kahjustada saanud – allikas polnud nii võimas.

Kiirgus on vähi üks paljudest põhjustajatest. See, et meie meeled ei suuda kiirgust tajuda, muudab ohu nähtamatuks. Üldsuse rahutust suurendavad mälestused tuumaelektrijaamade ja muude seadmetega toimunud õnnetuste tagajärjedest ning üldine hoiak seostada igasugune kiirgus „tuumasaadajadega“, sealhulgas tuumarelvadega. Valvsust võib suurendada ka kiirgusse puutuva usaldusväärse teabe puudus ning sellest tulenevad väärarusaamad.

KEMIKAALIDEGA SAASTUMINE

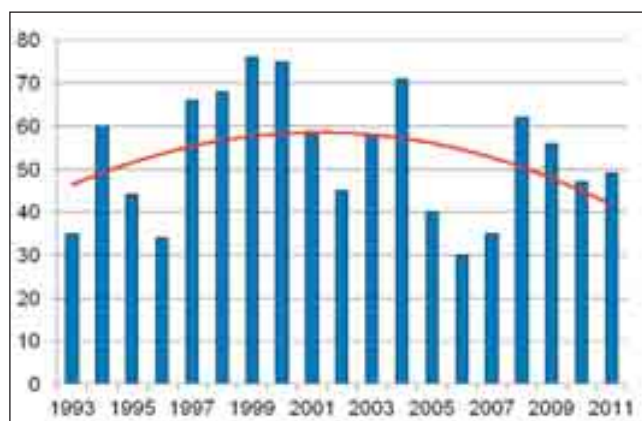
Kemikaalisastust võib kindlasti pidada üheks kõige ohtlikumaks õnnetusjuhtumiliigiks. Nii kodus kui ka töokeskkonnas ümbritseb meid väga suur hulk ohtlikke aineid, millest meil üldjuhul ülevaade puudub. Me ei tea tihti, millistes kogustes ja kui ohtlikud nad on. Suurem osa kodukeemiatoodetest on mürgised, ent sisaldavad mürke üsna väikestes kogustes ning kui kasutada kaitsevahendeid, ei tekita nad erilisi terviseprobleeme. Hoopis teistsugune on olukord toiduaine-, keemia-, tekstiili-, puidu- või mõne muu tööstusha-

ru ettevõtetes. Kümned külmhooned kasutavad üliohtlikku ammoniaaki ning veekeskused kloori. Ammoniaaki lekkis 90ndatel aastatel Tartu lihakombinaadis. Kolmkümmend inimest sai Kalev SPA-s 2007. aastal kannatada, kui kloor laiali valgus, segunes happega ning klooriaurud pääsesid ujulakompleksi ventilatsioonisüsteemi. Esmapilgul täiesti ohutu ettevõtte tunduvalt rapsiõli tootev tehas kasutab suurtes kogustes (ühel ajal on neid ettevõttes

üle 300 m³) mitmesuguseid mürgiseid ja tuleohtlikke kemikaale, sh fosforhapet (H₃PO₄), seebikivi e naatriumhüdroksiidi (NaOH), väävelhapet (H₂SO₄), sidrunhapet ja lämmastikgaasi. Ohtlikud on ka happe- ja õliäägid ning põlev valmistoodang ise.

Keemiaõnnetuste hulgas oli kemikaalidega saastumise osatähtsus aastatel 1993–2011 keskmiselt 14,7 % (2011. aastal 9,4 %). Saastumiste arv on olnud suhteliselt stabiilne (joonis 5).

Üks viimaste aastate ohtlikumaid õnnetusi juhtus 31. märtsil 2010. aastal Jõgevamaal, mille tagajärjed oleksid ekspertide hinnangul võinud halvemal juhul olla katastroofilised. Kell 6:10 teatati häirekeskusele, et Kasepää vallas on Jõhvi-Tartu-Valga maantee 76. kilomeetril teelt välja sõitnud



Joonis 5. Kemikaalidega saastumiste arv Eestis ajavahemikus 1993–2011



Joonis 6. Maagaasiveok külili kraavis

Poola numbrimärgi ja ohtlike ainete tunnusnumbriga gaasiveok (joonis 6). Põlema see ei läinud ning autokütust ega kemikaali paagist ei lekkinud. Esmapilgul tundus, et see on õnnelikult lõppenud õnnetus, ent kui saadi teada, et paakautos on vedelgaas, selgus, et tegemist on justkui viitsütikuga pommiga. Veokis oli 19 tonni veeldatud maagaasi – lõhnutat, värvitut, mittesöövitavat ja veest kergemat ainet temperatuuriga $-138\text{ }^{\circ}\text{C}$, mille keemistemperatuur on atmosfäärirõhul $-161,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kõrge kontsentratsiooni korral on maagaas terviseohtlik, sest põhjustab hapnikupuudust e asfüksiat, millega kaasnevad unisus, väsimus ja koordinatsioonihäired ning lõppstaadiumis teadvusekaotus. Atmosfääri sattudes aurustub vedelgaas kiiresti ning on väga plahvatusohtlik.

Mis siis tekitas Jõgevamaal üliohtliku olukorra? Vedamise ajal on gaas 5-baarise rõhu all. Et külili vajunud veoki jahutus-seadmed jäid seisma, hakkasid nii gaasi temperatuur kui ka rõhk tõusma. Vedamise eest vastutava ettevõtte hinnangul oli oodata, et järgmise päeva hommikuks tõuseb rõhk tsisternis kriitilise piirini $-7,2$ baarini ning siis peaksid kaitseklapid avanema (kui nad külili asendis mahutil tööle rakenduvad). Rõhu alandamiseks oluks mõeldav osa gaasist välja lasta, ent kuidas seda teha külili olevast paagist? Pealegi tekkinuks kohe plahvatusohtlik gaasipilv. Gaasi ümber pumbata ka ei saanud, sest Eestis pole selleks sobivat varustust. Kui kell 17:05 oli rõhk tõusnud kuue baarini, oli vaja otsustavalt tegutseda. Päästetööde juhi korraldusel asuti veokit kraavist välja tõstma, et ülerõhuklapid, mis olid tõenäoliselt vedelgaasiga ummistunud, saaksid tööle hakata. Kell 1:28 oli tsistern teele tõstetud ning sadulauto kraavist välja tõmmatud. Vahepeal 6,7 baarini tõusnud rõhk hakkas alanema ning langes 6,5 baarini. Kell 4:44 jõudis Poolast kohale teine sadulveok, õnneks vigastamata jäänud tsistern haagiti selle külge ning

pärast paagi tehnilise olukorra hindamist algas kell 7:40 sõit Poola poole. Rõhk paagis oli siis 7,1 baari ning jäi tööle hakanud kaitseklappide abil samale tasemele sihtkohta saabumiseni. Põhjalik ülevaade sellest õnnetusest on trükis avaldatud [1].

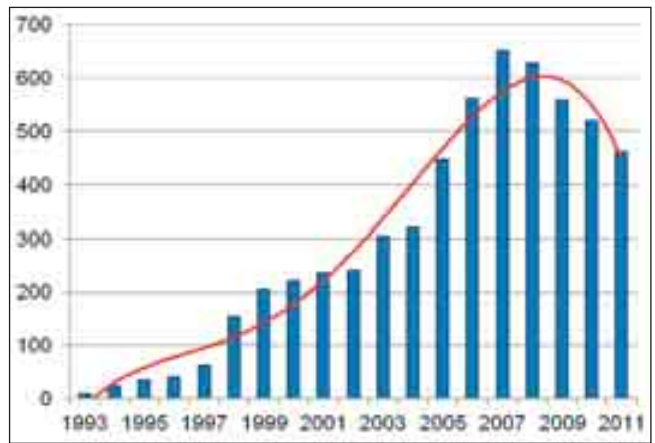
Ka välismaal on vedelgaasiga õnnetusi olnud. Üks neist juhtus 2002. aasta 22. juunil Hispaanias, Catalonias. Paakauto juht kaotas allamäge sõites tõenäoliselt liigse kiiruse tõttu veoki üle kontrolli. Sõiduk paiskus kummuli, seejärel vasakule küljele ning jäi pidama liivasel nõlvakul. Kohe paiskusid haagise ja kabiini vahelt välja leegid, mis mõne aja pärast süütasid ka sõiduki rehvid. Umbes 20 minutit pärast avariid paak plahvatas. Plahvatuslaine summutas hetkeks leegid ning plahvatuskohas kerkis valge pilv, mis kohe tulekerana süttis. Autojuht hukkus ja kaks sünnimuskohast ligikaudu 200 m kaugusel olnud inimest said põletus-

haavu. Teine ohvriterohke õnnetus toimus 2004. aasta 19. jaanuaril Alžeerias, Skikda maagaasi veeldamistehases. Hukkus 27 ja vigastada sai 56 inimest. Õnnetus sai alguse aurukatla plahvatus-est.

NAFTASAADUSTEGA SAASTUMINE

Keemiaõnnetuste seas juhtub naftasaadustega saastumist kõige sagedamini, aastatel 1993–2011 oli nende osatähtsus keskmiselt 82,8 %. Aasta-aastalt on nende osakaal üha suurenenud: kui 1993. aastal oli see kõigest 20 %, siis 2011. aastal juba 88,5 %.

Absoluutarvudes kasvas naftasaadustega saastumiste arv väga kiiresti aastail 1993–2007: kui 1993. aastal oli neid vaid 10, siis aastal 2007 juba 651. Viimastel aastatel on neid veidi vähe- maks jäänud ning 2011. aastal oli neid 522 (joonis 7). Millega seletada naftasaadustega saastumiste arvu nii suurt kasvu? Põhjuseid on mitu. Esiteks, Eesti Vabariigi taasiseseisvumise eel ja algaastail ei olnud naftareostuse likvideerimine tuletõrjeteenistuse ülesanne ning tuletõrjel puudus ka selleks võimekus. Ajapikku muudeti õigusakte, tuletõrjeteenistusele anti uusi ülesandeid ja täiendati selle varustust, käidi põhjanaabrite juures koolitustel ning organisatsioonigi nimetati ümber päästeteenistuseks. Teiseks avastati rohkesti saasteallikaid mahajäetud vene sõjaväeobjektidel ja tööstusettevõtetes, tuli ette lekete varjamist jms. Kolmandaks põhjuseks võib pidada majanduse arengut ja autoveonduse järsku kasvu. Viimastel aastatel on märgata saastumiste arvu mõningast vähenemist, mida võib seletada ühelt poolt riigi suutlikkusega olukordi kontrollida ja analüüsida, õi-



Joonis 7. Naftasaadustega saastumiste arv Eestis ajavahemikul 1993–2011



Joonis 8. Naftareostustõrje Maarjamäe rannas 2005. aasta suvel

guskkorralduse täienemise ja vastustuse täpsustumise, järjepideva ennetustegevuse ning ohtlike ainete korraldatud käitlemisega. Teiselt poolt on tõusnud ettevõtjate teadlikkus ja vastutustunne keskkonnareostuste asjus.

Kuigi suurem osa õnnetustest on päästjate töömahu poolest väikesed, on esinenud ka ulatuslikke ja pikka aega kestnud sündmusi, nt ohtlike ainete lekkimist laevadelt või hooletusest või lausa kuritahtlikkusest põhjustatud rannikureostusi. Sellekohased näited on masuudileke ühepõhjalisest tankerlaevast Alambra Muuga sadamas 2000. aastal, naftasaaduste sattumine rannavette Pirita-Kosel merre suubuvast kanalisatsioonitorust 2005. aastal (joonis 8) ning looderanniku reostus 2006. aastal.

MASUUDILEKE TANKERLAEVAST ALAMBRA

Muuga sadamas lekkis 2000. aasta septembris 280-meetrise naftatankerist Alambra merre 500 tonni masuuti ning reostusega tekitatud kahju ulatus 135 miljoni kroonini. Lekkele ei suudetud kiiresti ega adekvaatselt reageerida. Ei teatud, kust leida varustust, millised on eri asutuste ülesanded, kuidas tõkes-

tada reostuse levikut ning korraldada tööd, logistikat ja kokkukorjatud õli ladustamist. Lõpuks leiti ladudest aastaid seisnud välisriikide toel soetatud õlikorjeseadmed ning asuti masuuti sadamaakvatooriumilt kokku korjama. Seadmed olid aga testimata ning hooldamata, purunesid kiiresti ja vajasisid remonti. Appi kutsuti Soome spetsialistid, kes õlikorjeseadmeid kaks nädalat väldanud aktiivse päästetöö ajal hooldasid ja remontisid. Avamerelt koristasid masuuti kaks Soome õlikorjelaeva. Sadamast välja pääsenud musti masuudilaike ujus Viimsi poolsaare idaküljel meres ning lained kandsid neid kaheksakilomeetrisele rannajoonele Randverest Leppneemeni. Puutumata ei jäänud ka president Lennart Meri koduõue Rohuneeme rand, kuhu lained jätsid maha ligi pool tonni Muuga sadamast pärit masuudiklompe. Asjatundjate hinnangul oli sel ajal Eesti võimekus merereostust tõrjuda seitse korda väiksem, kui näeb ette Läänemere riikide kohustusi käsitlev HELCOMi lepe.

LOODE-EESTI RANNIKU REOSTUS 2006. AASTAL

Eesti ühiskonda vapustas 2006. aasta

jaanuaris teade ulatuslikust merereostusest Loode-Eesti rannikul. Dirhami sadamast kuni Nõvani oli rand kaetud mustade läikivate 5 kuni 30 sentimeetri suuruste jääklompidega. Hukkunud linde oli hinnanguliselt 5000. Reostuskorjetööd ja lindude päästmine kestsid ligi 35 km pikkusel Harjumaa ja Läänemaa rannaribal mitu nädalat. Tipp-päeval töötas seal keskmiselt sada inimest, kellest pooled olid vabatahtlikud. Analüüsides selgus, et tegemist on nii kütuse kui ka jääkõli, mitte puhta naftaga. Uuriti 53 laeva, mis olid sel ajal sellest piirkonnast läbi sõitnud. See juhtum näitas, et sellise reostuse korral on vastutus Eestis halvasti reguleeritud ning tõrjevalmisolek vilets. Jõuti arusaamisele, et õlireostuse seire ja likvideerimise eest peab vastutama üks kindel riigiasutus, kellele laekub reostusalane teave ning kes sellele operatiivselt reageerib. A.M.

Viidatud allikas

1. Margo Klaos ja Kuido Kriisa. Veeldatud maagaasi maanteetranspordi riskid ja päästetööde analüüs Kasepää valla gaasiveoki avarii näitel. Sisekaitseakadeemia toimetised, 2010, (9). 33–59.

Ootame Teid osalema!

Messi ametlik toetaja:
Eesti Masinatööstuse Liit





INSTRUTEC 2012

XVIII Tallinna rahvusvaheline tootearenduse-, tootmistehnika, tööriista-, allhanke- ja tehnohooldusmess
18th International Fair for Production Engineering, Tooling and Subcontracting

14. - 16. novembril



**PUIDUTEHNOLOOGIA 2012
WOODTEC**

X puidu- ja saetööstuse tehnoloogia, masinate, seadmete ja tööriistade mess.
10th Trade Fair for Woodworking and Sawmilling Technology, Machinery, Tools, Equipment, Fittings and Supplies

Täiendav info:
Eesti Näituste AS Pirita tee 28, Tallinn 10127 tel: 613 7335
e-post: instrutec@fair.ee www.fair.ee/instrutec



KUI TUGEVD ON NÕRGAD KIVIMID?

ENNO REINSALU

TTÜ emeriitprofessor

KAEVANDUSKÄIKUDE ja -kambrite mõõtmete arvutamisel lähtutakse kivimite tugevustunnustest. Kambrite tugitervikud e piilarid arvutatakse enamasti survetugevuse ning kaeveõõne laius paindetugevuse alusel. Karjääri nõlva projekteerimisel arvestatakse kivimite ja setete nihketugevust ja muidki lasundite püsivust iseloomustavaid näitajaid.

Kivimite tugevust hinnatakse väga mitmel moel. Üldtuntud n-ö klassikaline teimimismoodus on korrapärase katsekeha, silindri või kuubi puruks surumine pressi all. Saadakse üheteljelise surve tugevus UCS (*uniaxial compression strength*), mille mõõtühik on megapaskal (MPa). Varasemal ajal õppinud insenerid, kes pole veel unustanud survetugevuse ühikut kg/cm², võivad, teades kivimi omaduste suurt varieeruvust, võtta rahumeeli 1 MPa ≈ 0,1 kg/cm². Peale UCS võib kirjanduses leida muidki kivimite tugevustunnuseid, soovitusi nende kasutamiseks valemites ja meetodikates ning juhendeid nende määramiseks ja teimimiseks. Ent see on laiem teema.

Nõrkade kivimite tugevusest ajendas kirjutama katse hinnata meie liivakividesse rajatud ja rajatavate allmaa-kaeveõõnte püsivust. Laiemale üldsusele on teatud-nähtud Piusa suletud klaasiliivakaevandus, kus lage ja maad toetavad liivakivipiilarid. Piusa käikude e galeriide võlvjas lagi on toestamata. Varingud, mida seal esineb ning mis on teinud koobastes käimise ohtlikuks, on



Joonis 1. Piusa liivakivikoopad

Fotod: E. Reinsalu

tingitud kivimilõhedest, sademeveest ning koobaste liigsest avatusest pakasele ja tuulele. Ometi on suurem osa koobastikust alles. Imestus, miks koopad ja lagi püsivad, tekib niipea, kui hakata sealset liivakivi urgitsema – kivim on ju üsna mure. Kui üritada arvutada piilarite ja võlvlae tugevust mäenduses kasutatavate meetoditega, tuleks aluseks võtta kivimi surve- ja tõmbetugevus. Ja siis selgub, et neid ei olegi – liivakivi ei saa teimida, ta on nii pude, et katsekeha ei saa laborisegi toimetada. Sellest võib järeldada, et Piusa liivakivi surve- ja tõmbetugevus on null. See ongi viide esimesele vastuolule teoreetiliste arvutuste ja praktika vahel – teimitugevus, mis saadakse laboris ja massiivitugevus, mis on omane kivimitele ruumilises pingeolukorras, ei ole

samad asjad.

Piusa liivakaevanduse kaeveõõnte seisund on visuaalselt hinnatav, seepärast pole neid vaja enam arvutada. Hea hoolduse puhul on koopad nähtava vaadatavad veel paarsada aastat (joonis 1). Nõrkade kivimite probleem tekkis seoses kavaga hakata fosforiiti allmaakaevandama. Ka meie fosforiit on vähementeerunud liivakivi, ehkki veidi sitkem kui Piusa klaasiliiv. Aga kui palju sitkem? Ehk – mille alusel arvutada võimaliku fosforiidikaevanduse käikude ja kambrite mõõtmeid? Samalaadi küsimusi tekib ka siis, kui mõne algusjärgus oleva projekti arenedes tuleb näiteks Muuga graniidikaevanduse avamisel läbida kambriumi sinisavi ja liivakive.

Probleem ei ole uus. Kolmkümmend aastat tagasi teimiti TPI mäekateedris

Tabel 1. FOSFORIIDI JA SELLE KAASKIVIMITE TUGEVUSTUNNUSEID MPa [1]

Tugevustunnus	Lasum – lubjakivi	Nõrgad kivimid		
		Kihindi vahetu lagi – glaukoniitliivakivi	Kihind – oobolusdetrüit ja -konglomeraat	Lamam – aleuroliit
Survetugevus				
rajad	40–60	0,8–16	0,67–65	4,4–100
keskmine			18	40
Tõmbetugevus				
rajad	2,5–3,5	0,16–1,3	0,04–8	0,16–4,5
keskmine			1,8	1,3

hulganisti kiviminäidiseid, mida fosforiiti uurinud geoloogid olid puursüdamikest eraldanud. Proovimis- ja teimimismetoodikat on üldsõnaliselt kirjeldatud, tulemused on leitavad ning osaliselt ka avaldatud. Mõned tulemused on tabelis 1.

Nagu tabelist näha, on tunnuste hajuus suur ning nende jaotus ilmselgelt ebasümmeetriline. Eriti avar, kuni kaks suurusjärku, on liivakivide klassi kuuluva kihindi ja selle vahetute kaaskivimite tugevustunnuste hajumisvahemik. Selliste tulemuste kasutamine mäetehnilistes arvutustes nõuab kogemust, varutegurite kasutamist ja insenerlikku intuitsiooni.

Levinud arvutusmetoodikates kasutatakse tugevustunnuse keskväärtusi ning valemissse lisatakse varutegur. Varutegur ei kompenseeri aga üksnes teimitegevuse hälbimist nõrkuse suunas, vaid ka kivimilõhede mõju massiivi tugevusele. Tänapäevasemates metoodikates üritatakse siduda tugevustun- nus tõenäosusega, s.o konstruktsiooni purunemisriskiga. Kui seda tehakse matemaatilisest statistikast teada olevat normaaljaotust kasutades, on tulemus tugevate kivimite puhul aktsepteeritav. Nõrkade kivimite korral on see aga eksitav, sest teimitegevuse jaotus ei ole normaaljaotusega kirjeldatav. Selle mõistmiseks piisab teadmisest, et normaaljaotus kirjeldab juhuslikke suurusi vahemikus $\pm \infty$, kuid kivimi negatiivne tugevus on irratsionaalne omadus.

Eespool mainitud uuringutest võib



Joonis 2. Ooboluskonglomeraadi käsipala purunemas indentorite vahel punktkoormusteimil (point load testing), mille tulemus – PLT-indeks iseloomustab kivimi vastupanu lõhestamisele ja tõmbele. Fotol nähtavate lingulakarbikeste läbimõõt on umbes 1 cm

leida toorandmeid, mille töötluse näitlik esitamine järgnevas aitab seletada probleemi sisu ja pakkuda mõningaid lahendusi. Võtkem vaatluse alla fosforiidikihi kivimite tõmbetugevuse, teades et:

- kivimmaterjal oli juba geoloogilise proovi võtmisel separeerunud – tervena jõudis teimimisele vaid säilinud, tugevam puursüdamik;
- teimimiseks varutud katsekehad olid eri määral kuivanud, millega võib osaliselt seletada katse järjekorranumbri ja teimitulemuse vahelist

- korrelatsiooni;
- tugevusomadused määrati indentori abil, mistõttu tugevusnäitajad iseloomustavad kivimite nn mikroomadusi (joonis 2).
- Kõigil neil põhjustel võivad teimiandmete töötlemistulemused näidata kivi- meid tegelikust tugevamatena (tabel 2).
- Nagu tabelist näha, annab kihindi kivimitele kõige suurema tugevushin- nangu aritmeetiline keskmine. Vaadel- daval juhul tuleb see sellest, et kihind koosneb vähemalt kahest erineva tu- gevusega kivimist, mida on näha ka tu-

Tabel 2. LÄÄNE-KABALA UURINGUVÄLJA FOSFORIIDIKIHINDI JA SELLE KAASKIVIMITE TÕMBETUGEVUSED

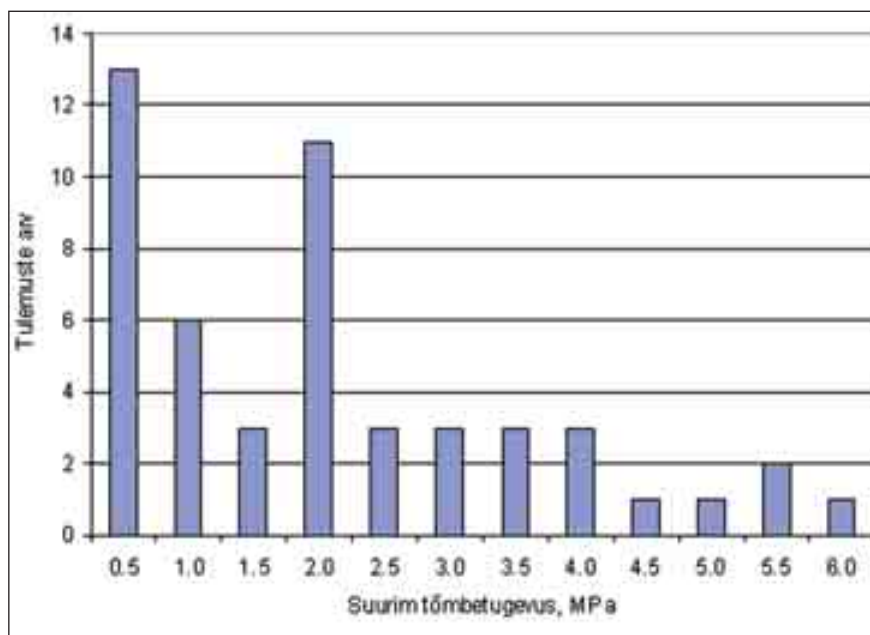
Näitaja	Kihind	Vahetu lagi	Põrand
	Oobolusdetriit ja -konglomeraat	Glaukoniit-liivakivi	Aleuoliit
1 Katsekehade arv	51	20	36
Teimitulemite käitlus normaaljaotuse abil			
Tõmbetugevus MPa			
2 Vähim	0,19	0,16	0,16
3 Suurim	5,53	1,28	1,11
4 Aritmeetiline keskmine	1,85	0,77	0,70
5 Mediaan e mahukeskmine	1,64	0,81	0,69
6 Standardhälve	1,48	0,34	0,22
7 Tõmbetugevus tõenäosusega vähemalt 80 % eeldusel, et teimitulemid jaotuvad normaalselt	0,13	0,72	0,01
Teimitulemite käitlus logaritmilise normaaljaotuse alusel. Tõmbetugevuse logaritm ln MPa			
8 Aritmeetiline keskmine	0,24	-0,41	-0,42
9 Standardhälve	0,94	0,62	0,40
Logaritmiliselt normaaljaotuselt tagasi arvutatud MPa = exp(ln MPa)			
10 Tõmbetugevus tõenäosusega vähemalt 80 % eeldusel, et teimitulemid jaotuvad lognormaalselt	1,03	1,03	1,00
11 Eksponentkeskmine	1,27	0,67	0,84

gevustunnuste jaotusdiagrammil (joonis 3). Kas nõrgem kivimierim, mille tõmbetugevus on umbes 0,5 MPa, on ooboluskonglomeraat ning tugevam (ligikaudu 2 MPa) oobolusdetriit, teimimistulemustest ei selgu. Kuidas sellist eri kivimitest koosnevat tervikut arvtada, sõltub kihindi kivimikooslusest, mis on paiguti vägagi erinev. Esimeses lähenduses polegi muud võimalust, kui käsitleda kõiki katsekehasid ühe valimina ning leida arvutusteks sobiv keskmine tugevushinnang.

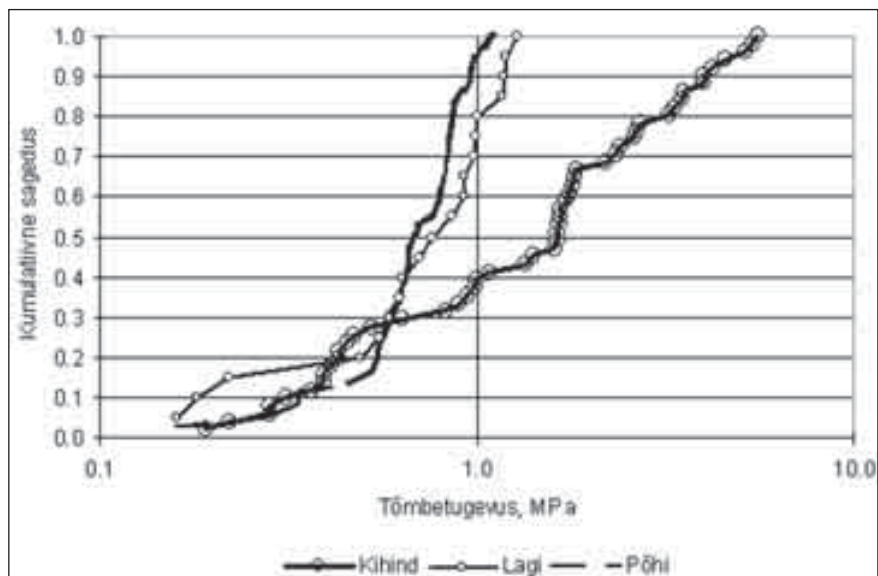
Tihti on mõistlik võtta ebaühtlase jaotusega tunnuste keskvärtuseks mahukeskmine e mediaan, s.o arvvärtus, millest pooled (50 %) katsekehadest on nõrgemad ja pooled (50 %) tugevamad. Mediaani arvutamine ei valmista raskusi. Tabelis 2 on näha, et lae ja põranda kivimite näitajate aritmeetiline keskmine ja mediaan langevad mõõtemääramatuse piires kokku. Ent sellest teadmisest pole kasu, kui soovime saada tõenäosuslikku tugevushinnangut, näiteks määrata minimaalset tõmbetugevust püsivusgarantiiga 80 %. Kui seda teha käepäraste excel-protseduuridega, saab normaaljaotusest lähtudes üsna kahtlasi hinnanguid (tabel 2, rida 7), mida ei kinnita ka tunnuste jaotuskõverad (joonis 4).

Paremate lähendite saamiseks eeldatagu, et tugevustunnuseid võiks kirjeldada logaritmiline normaaljaotus, mis teadaolevalt sobib nullilähedastele positiivsetele juhuslikele arvudele. Selleks on käideldud tõmbetugevustesti tulemite logaritme ($\ln$ MPa). Tulemused on tabelis 2 ridades 8–11. Näha ongi, et logaritmilise jaotuse kaudu leitud kihindikivimite keskmine tõmbetugevus (rida 11) on eelmistest hinnangutest (aritmeetilisest keskmisest ja mediaanist) väiksem. Rea 11 logaritmilise jaotuse abil arvatud lae- ja põrandakivimite tugevustunnused erinevad veidi neist, mis on ridadel 4 ja 5. Kuid peamine, mida logaritm-normaalse käitlemisega saavutame, on usaldusväärsemad tõenäosuslikud tugevushinnangud, (tabel 2, rida 10). See, et kõigi käsitletud kivimite tõmbetugevused on 80 % usalduspiiri korral ligilähedased, on näha ka jaotusgraafikutel (joonis 4).

Käesoleva kirjutise eesmärk on juhtida geomehaanika ja geotehnoloogia eriala inimeste tähelepanu ohtudele, mis võivad tekkida, kui nõrkadest kivimitest koosnevate konstruktsioonide arvutamisel kasutatakse teadmata tagapõhjala arvandmeid. Mitte üksnes



Joonis 3. Lääne-Kabala uuringuvälja fosforiidikihindi kivimitest võetud katsekehade tõmbetugevuse jaotus



Joonis 4. Lääne-Kabala uuringuvälja fosforiidi ja kaaskivimite katsekehade tõmbetugevuse jaotuskõverad

liivakivide, vaid ka muude nõrkade kivimite, nagu nooremate põlevkivide ja savide puhul, tuleks üle kontrollida, kas teimutugevused pole mitte tegelikult suuremad. Kindlasti ei tohiks seejuures piirduda harjumuspärase normaaljaotusel põhineva arvutusprotseduuriga.

Artikkel on seotud TTÜ mäeinstituudis Eesti Teadusagentuuri toetusel tehtava uuringuga ETF8123 *Täitmine ja jääkide (jäätmete) haldamine Eesti põlevkivitööstuses*. A.M.

Viidatud allikas

1. Kuusemets, Jüri 1986. Eesti fosforiidikaevanduse ettevalmistus ja kapitaalkae-

veõonte võrgu ratsionaalne topoloogia ja läbindamine. TPI mäeinseneri diplomitöö 0202-107.81.0244: 115 lk (vene keeles).

Autori vabandus

Keskkonnatehnika 1/12 artiklis „Ohuala suuruse ja kauguste määramine lõhketööl“ peaks valem (2) olema $C = 478 H + 453$. Viga tekkis sellest, et kehtivates juhendites antakse objektile lubatud suurim vonkekiirus kord ühikuga cm/s, kord mm/s. Autor soovib ühikut cm/s (± 5 mm), sest ühikus mm/s sätestatav kriitiline suurus on eksitavalt näivtäpne.

Enno Reinsalu

MEREMUDA (RAVIMUDA) UURIMISEST HAAPSALU TAGALAHES

JÜRI KASK¹ ja ANDRES KASK²

Tallinna Tehnikaülikool: ¹Meresüsteemide Instituudi rannikumere sektor

²Küberneetika Instituudi lainetuse dünaamika laboratoorium

HAAPSALU linna arengut on pikka aega mõjutanud meremuda kasutatavad taastusraviasutused. Pärast seda, kui Carl Abraham Hunnius oli avastanud muda ravitoime [1], ehtas Magnus de la Gardie 1825. aastal Hunniuse initsiatiivil linna esimese supelusasutuse. Haapsalu kunagine linnapea Hans Alver ise loomustab Haapsalu kuulsust järgmiselt [2]: „*Haapsalul on olemas kolm tähtsat tervendavat vahendit: kliima, merevesi ja muda. Suurepäraseid tagajärjed, mis arstimisel Haapsalus saavutatakse, tuleb peaaesjalikult nende kolme vahendi arvesse panna.*“ Meremuda hakkasid uurima mitme valdkonna teadlased. Käesolev kirjutus on pühendatud peamiselt meremuda geoloogilistele, keemilistele ja füüsikalistele uuringutele.

Haapsalu lahe setete mikroorganismide uuris 1851. aastal E. Eichwald, kes kirjeldas meremuda ja avaldas andmeid merevee ja -muda keemilise koostise kohta [3]. Autor märkis, et mudale annavad raviomaduse lagunened taimsed ja loomsed organismid ning mitmesugused mineraalsed ühendid. Muda keemilist koostist analüüsis 1852. aastal C. Schmidt [4]. Mudauuringute algataja Carl Abraham Hunniuse tööd, mille tulemused ilmusid 1853. aastal alles pärast tema surma, jätkas tema poeg Carl Arthur Hunnius [6, 1]. Põhjalikumalt kirjeldas meremuda keemilist koostist A. G. Schrenk 1854. aastal [7].

C. A. Hunnius märgib oma 1857. aastal ilmunud trükises [6], et ranna lähedal lahtede põhjas paiknevat liivaterade ja lagunemata taimejäänustega meremuda ei saa tema arvates tarvitada. Ravimudaks sobib pehme võõristeta leeliseline, väävelvesiniku lõhnaga mustjashall materjal. Muda keemilist koostist kirjeldas ta C. Schmidtiga tehtud analüüside põhjal. Oma 1869. aastal ilmunud töös [1] arutleb Hunnius meremuda tekkimise üle ning kirjeldab selle füüsikalise-keemilise omadusi. Autori ar-

vates annavad meremudale tervistavaid omadusi väävelvesiniku ja süsihappega küllastunud vesi ning vees lahustunud fosfor, süsihappe- ja rauaühendid, orgaanilised ained ning silikaadid. Analüüsides iga üksiku koostisosa toimet inimese organismile, rõhutab ta, et meremuda terapeutiline toime sõltub selles sisalduvate ühendite koostmõjust.

Haapsalu meremudas esinevaid diatomeesid kirjeldas 1860. aastal J. F. Weisse [8]. Muda radioaktiivseid omadusi uuris 1904. aastal J. Borgmann [9] ning täheldas selles aktiivset raadiumkiirgust. Radioaktiivsusel arvati olevat oluline roll meremuda ravitoimes.

1920ndatel uurisid muda radioaktiivseid omadusi T. Dreyer ja M. Kand [10, 11, 12]. Mõõtmisteks kasutati H. W. Schmidti universaal-elektromeetrit. Tuldi järeldusele, et Haapsalu muda radioaktiivsust põhjustab toorium.

Kokkuvõtliku töö kuurortravi arengust Eestis ja ravimuda senise uurimise tulemustest avaldas 1939. aastal K. Schlossmann [13]. Sama aasta veebruaris võttis Eesti Vabariigi Loodushoiu Nõukogu Haapsalu meremudalasundi looduskaitse alla. 1940. aastal ilmunud J. Maide ülevaates [14] on Riigiparkide Valitsuse esitatud Eesti ravimudaleiukohtade nimekiri, milles on kirjas mitu Haapsalu ümbruse leiukohta.

V. Vadi võttis oma 1947. aastal ilmunud monograafias [15] kokku arstiteadusliku uurimismaterjali ja varasemates kirjandusallikates ravimudade kohta avaldatu ning esitas ka uusi uurimistulemusi. Haapsalu muda kohta on öeldud, et sinakas-hallikas-must, õhu käes pruunikashalliks muutuv muda on vedel, keskmiselt kleepuv, raskesti mahapestav ning homogeenne.

Meremuda hakati põhjalikumalt uurima 1947. aastal. Pärnu ja Haapsalu kuurortide jaoks võeti meremudavarud arvele ning töötati välja tootmise ja kasutamise tehnoloogilised skeemid [16,

17, 18]. Tööd tehti ka Haapsalu lahes, koostati ravimuda levikuskeemid ja kirjeldati selle mõningaid füüsikalise-keemilise omadusi. 1949. aastal uuris Eesti meremuda Leningradi Riiklik Geoloogia Valitsus [19]. Haapsalu Tagalahas leiti rannalähedases meres mitmel pool raviprotseduurideks sobivat tumehalli väävelvesinikulõhnaga muda. Detailsemad tööd jätkusid seal 1963. aastal [20]. Selgus et mudalasund koosneb kahest selgesti eristatavast kihist: pealmisest kuni 0,8 m paksusest tumehallist ja alumisest kuni 0,3 m paksusest hallist mudast. Tumehalli muda veesisaldus oli keskmiselt 78 %, mudalahuse mineraalisisaldus keskmiselt 6 g/l ning orgaanilise aine sisaldus 4–10 % kuivainest. Suure veesisalduse tõttu oli selle kihi muda erikaal ($1,20 \text{ g/cm}^3$) ja nihketugevus ($1700\text{--}2500 \text{ dyn/cm}^2$) väike. Väävelvesinikku oli maksimaalselt 0,05 %. Alumise halli kihi veesisaldus oli tunduvalt väiksem (keskmiselt 60 %) ning erikaal ($1,3\text{--}1,4 \text{ g/cm}^3$) ja nihketugevus ($3500\text{--}11600 \text{ dyn/cm}^2$) suuremad. Töös analüüsiti põhjalikult ka ravimuda sanitaar-bakterioloogilisi näitajaid.

ENSV TA Geoloogia Instituudis tegeldi Haapsalu lahe põhjasetete uurimisega 1970ndatel aastatel [21, 22, 23, 24]. Meremuda uurimise tulemused, mis avaldati 1979. aastal [25], näitasid, et Tagalahe muda on valdavalt mineraalse koostisega ning selle orgaanilise aine sisaldus jääb alla 10 %. Tagalahe meremudalasundi geoloogilise ehituse ja setete litoloogilise koostise uurimise tulemused avaldati 1980. aastal [26]. Kahes 1981. aastal avaldatud töös [27, 28] on käsitletud ravimudalasundite kujunemist ning nende edasist uurimist. Haapsalu meremudalasundit kirjeldas 1981. aastal J. Kask [29]. 1982. aastal ilmunud töös [30] juhiti tähelepanu Haapsalu meremudalasundi kaitsmise ja säilitamise vajadusele.

Haapsalu meremudavarude täpsus-



Joonis 1. Haapsalu meremudalasundi asukoht

Alus: baaskaart, Maa-amet, 1996

tamiseks tegi 1982. ja 1983. aastal uuringuid ENSV Geoloogia Valitsus [31]. Tagalahe meremuda orgaanilise aine sisaldust, millest võivad sõltuda muda raviomadused, analüüsis 1983. aastal J. Kask [32]. Muda savifraktsiooni mineraalse koostise uurimine (1984) näitas, et selles valdavad hüdrovilgud, kloriidid ja kaoliniit [33]. Muda benso(a)püreenisisalduse uurimisel [34] selgus, et Haapsalu lahe põhjasete pinnakihi polütsükliiliste aromaatsete süsivesinike grupi indikaatori sisaldus oli kuni 4,24–4,53 µg/kg. Lasundi alumises osas on seda ühendit vähem.

Eesti merelistes ravimudaleiukohtades sooritatud geoloogiliste uuringute tulemused võttis 1984. aastal kokku J. Kask [35]. Haapsalu Tagalahe kohta on selles töös põhjasete leviku detailne skeem koos selgitusega. Haapsalu lahe põhi on suures osas kaetud mitmesuguse terajämedusega liivadega, mille lamami moodustab valdavalt viirsavi. Aleuriit levib vaid meremudalasundis ning mõnes piirkonnas Noarootsi rannikul ja Saunja lahes. Esimest korda uuriti muda mineraloogilist koostist. Purdmineraale määrati fraktsioonides terajämedusega 0,25–0,1 mm, 0,1–

0,05 mm ja 0,05–0,01 mm. Kergetest mineraalidest oli kõige rohkem kvartsi (keskmiselt 60–70 %), päevakive (15–30 %) ja karbonaate, rasketest mineraalidest olid ülekaalus amfiboolid. Peene

aleuriidi fraktsioonis esineb tsirkoon koos monatsiidiga (kuni 13 %), mis tõenäoliselt määrabki ravimuda loodusliku radioaktiivsuse.

Varasemat meetodikat [20] kasutades



Joonis 2. Meremuda samapaksusjooned ning geoloogiliste läbilõigete ja puuraukude asukohad [49]

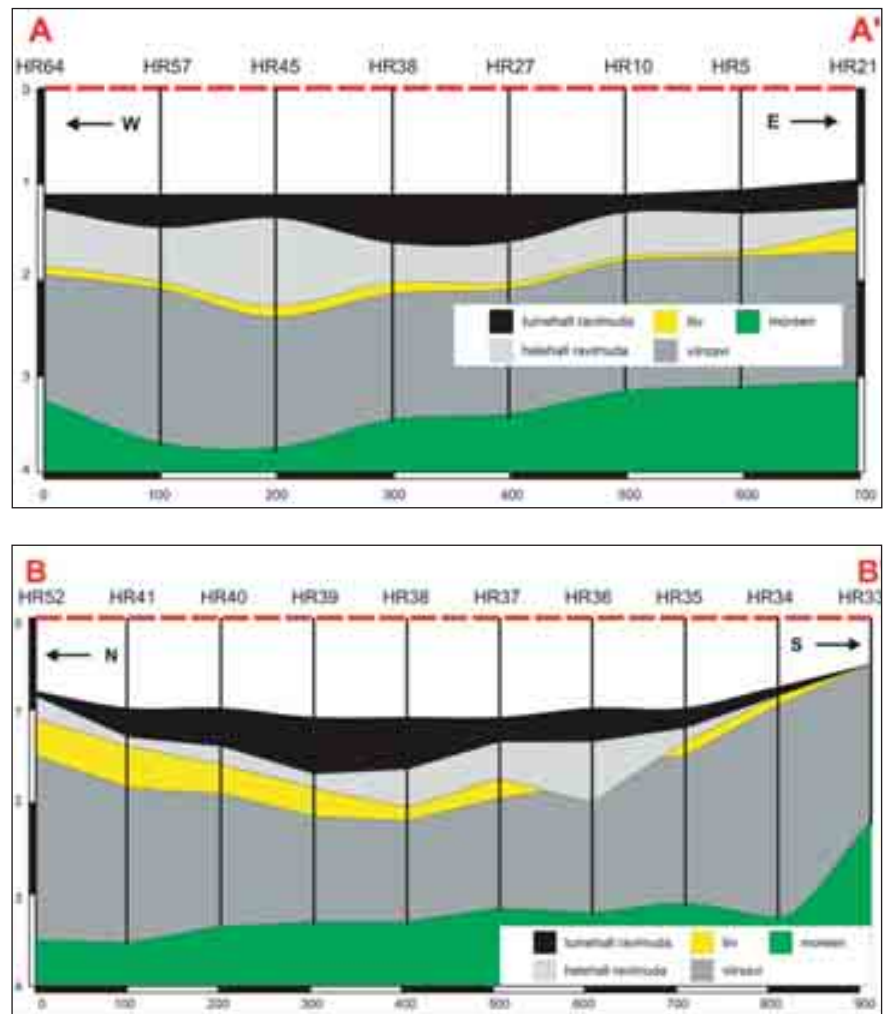
Alus: ortofoto, Maa-ameti kaardiserver 2012

1986. aastal tehtud uuringu [36] tulemused näitasid, et Haapsalu Tagalahes on muda intensiivne ammutamine olukorda mõnevõrra muutnud. Muda liigitati siis füüsikalise-keemiliste näitajate alusel mereliseks vähem mineraliseerunud nõrgalt sulfiidsete mudade hulka. Töös antud sanitaar-bakterioloogilise ja mikrobioloogilise iseloomustuse põhjal loeti ravimuda sanitaar-bakterioloogiline seisund suhteliselt halvaks.

Seoses Haapsalu lahe üha suureneva reostuskoormusega koostasid Üleliidulise Hüdrogeoloogia Valitsuse „Geominvod“ töötajad 1986. aastal lähtematerjali Haapsalu lahe meremudalasundi ja sanatooriumi sanitaarkaitsetsoonide kehtestamiseks [37].

Ravimuda moodustumist ja selle uurimist käsitlesid 1986. aastal J. Kask ja V. Palginõmm [38] ning J. Kask andis 1987. aasta käsikirjalises töös ülevaate Haapsalu ja Suurlahe meremudalasundite ökoloogilisest seisundist ja selle muutumisest [39]. Uurimistulemused näitasid, et meremudalasundi piirid olid aastatega muutunud ning Haapsalu laht mitmes kohas reostunud. Haapsalu Tagalahe ökoloogilise seisundi uurimise tulemused on kokku võetud mitmes 1988. aastal valminud aruandes [40, 41, 42]. 1989. aastal kasutati meremuda levikumuutuste analüüsimiseks arvutit ja GIS-tarkvara [43].

Haapsalu lahe vee ja ravimuda sanitaarset seisundit uuris ja analüüsis 1989. aastal J. Kask [44]. Selgus, et vee sanitaarne seisund on reoveelaskmete



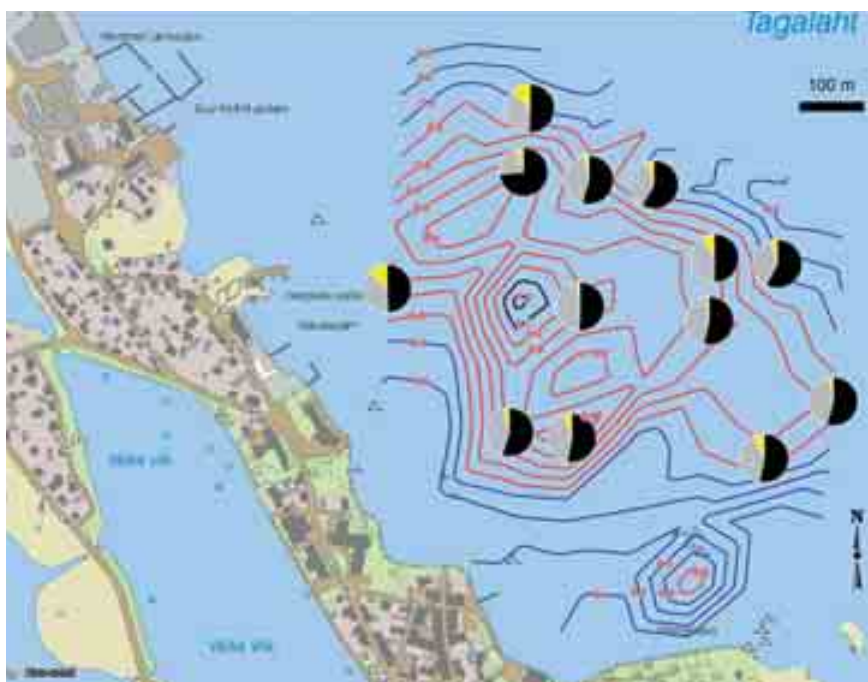
Joonis 3. Geoloogilised läbilõiked (vt joonist 2) AA' ja BB'

piirkonnas ebarahuldav ning tugevasti muutlik. Ravimuda pinnakiht oli bakterioloogiliselt saastunud peamiselt varakevadel enne kaevandamise algust.

Mikroorganismide levikut ravimudas käsitlesid 1992. ja 1993. aastal J. Kask ja E. Pärsim [45, 46, 47, 48]. Haapsalu lahe ja Suurlahe ravimuda mikrobioloogiline uurimine [45] näitas, et mikroorganismide kolme funktsionaalse grupi (ammonifitseerivad, denitrifitseerivad ja nitrifitseerivad bakterid) arvukus oli suurem Haapsalu lahes.

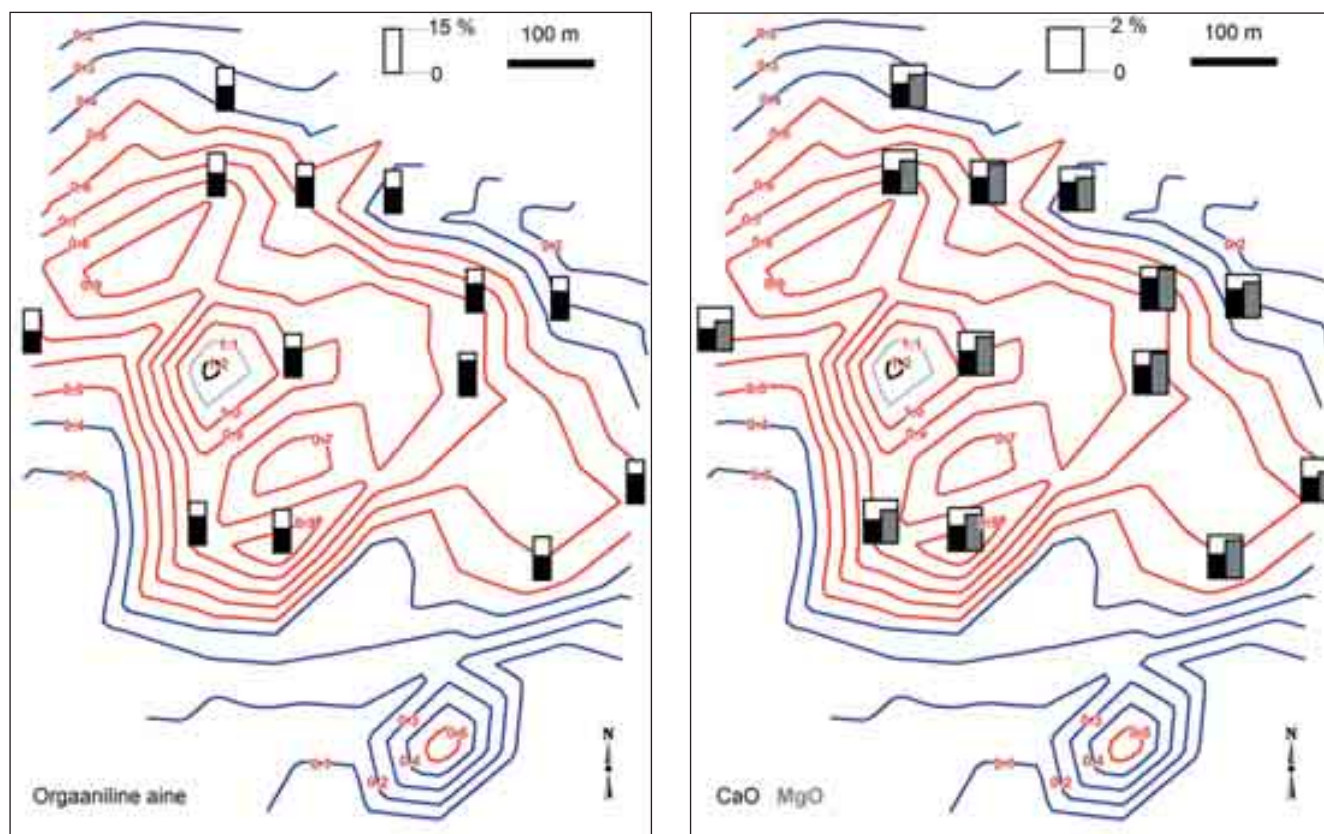
Haapsalu lahe meremudavaru hinnati 1996. aastal [49]. Talvel puuriti läbi jää 68 puurauku. Puursüdamikest võeti proovid lõimise ning mitme keemilise elemendi ja ühendi määramiseks. Revisjoni põhjal muudeti Haapsalu meremudamaardla piire ning töö tulemused võimaldasid osahingul Ravimuda taotleda mäeeraldist.

Haapsalu lahe ökogeoloogilisi aspekte käsitles 2002. aastal J. Kask [50]. Lahe geoloogilise ehituse ja arenguloo taustal analüüsiti piirkonna keskkonnaprobleeme ning anti soovitusi nende lahendamiseks. Tuginedes 1996. aasta uuringute [49] tulemustele koostati meremuda samapaksusjoonte kaart (joonised 1 ja 2). Lasundis ulatub meremuda paksus 0,48 km² suurusel alal 1,2 meetrini,



Joonis 4. Meremuda lõimis. Fraktsioonide osakaal: aleuriit (must), savi (hall), liiv (kollane)

Alus: põhikaart, Maa-ameti kaardiserver 2012



Joonis 5. Meremuda orgaanilise aine ning CaO- ja MgO-sisaldus (% kuivainest)

0,22 km² suurusel alal on see 0,1–0,5 m ning 0,26 km²-l üle 0,5 meetri. Vee sügavus on lasundi kohal keskmiselt üks meeter. Mudakihi keskmine paksus on 0,45 m ja suurim paksus 1,25 m.

Haapsalu meremudalasundi võib vertikaallõikes jagada kaheks kihiks. Ülemise kihi moodustab suure veesisaldusega (75–85 %), taimejäänustega tumehall kuni must aleuriit (joonis 3). Selle kihi paksus ulatub 0,65 meetrini (puurauk HR39). Alumine kiht, mille paksus on kuni 0,80 meetrit (puurauk HR45) on vähem (70–80 %) vett sisaldav helehall taimejäänusteta aleuriit. Lasundi, mille ülemise ja alumise kihi vaheline piir on üleminekuline, lamam on peene- või keskmiseteraline liiv ning selle all on kohati üle 3 m paksune, moreenil lasuv viirsavikiht.

Lõimise määramiseks kasutati sõelja pipettanalüüsi. Lasundit moodustavas meremudas on aleuriidifraktsiooni 30,7–73,5 % ning savifraktsiooni 22,4–55,4 % ning liivaftraktsiooni (1,6–15,6 %) lasundi alumistes kihtides rohkem kui ülemistes. Lasundi loode-, lääne- ja idaosas on liivasisaldus veidi suurem (joonis 4).

Meremuda kuivaine orgaanilise aine sisaldus, mis määrati põletamisel temperatuuril 450 °C, oli 7,6–12,2 %. Ülemises tumehallis kihis oli seda rohkem kui alumises helehallis kihis. Haapsalu

lahe ravimuda CaO- ja MgO-sisaldus, mis määrati Eesti Geoloogiakeskuse laboratooriumis, muutub suhteliselt väikestes piirides. CaO-sisaldus oli enamasti 1,00–1,50 % vahel, väiksem (alla 1,00 %) oli see lasundi lääneosas, kuhu tõenäoliselt satub vähem karbonaatset materjali (akvatoorium on sügavam ning põhjaerosiooniala kaugemal). MgO-sisaldus oli enamasti 1,50–1,80 %, vaid üksikutes proovides oli see kaks korda väiksem (HR36-2, HR-67-1).

Hans Alveri andmetel [2] kasutati eelmise sajandi esimesel poolel Haapsalu mudaraviasutustes Voosi kurgust ja Väikesest Viigist võetud meremuda. Praeguseks on Väike Viik puhastatud ja muda sealt kõrvaldatud. Voosi kurgus, väikesaarte ja Noarootsi vahelises kitsas lahes leiduv meremuda sisaldab suhteliselt palju liivateri ja seetõttu ravimudaks ei kõlba [49]. Haapsalu Tagalahe muda on enam kasutatud pärast II Maailmasõda.

Haapsalu meremudalasundit tuleks detailsemalt uurida neis piirkondades, mille kohta on olemas varasemaid alusandmeid. Vaja on täpsemaid andmeid muda kvaliteedi (mikrobioloogiliste ja keemiliste näitajate) ja selle muutumise kohta. Uurida tuleks ka Noarootsi ja Vönnu poolsaare vahelist Tahu lahte, kus Hans Alver täheldas meremuda esinemist juba 1922. aastal. Puurimis-

andmetel leidub muda (paksus kuni 1 meeter) selle lahe päras ka praegu. Selle kasutuselevõtt võimaldaks mudaraviks pakkuda eri piirkondadest pärit meremuda ja sel moel selle valikut mitmekesistada.

A.M.

Viidatud allikad

1. Гунниус К.А. 1869. Гапсальские минеральные грязи. Воспоминания пятидесятилетия открытия морских целебных грязей в Гапсале. Описание причин образования грязей. St.-Peterburg.
2. Alver, H. 1922. Eesti kuurort Haapsalu. K.-Ü. „Lääne“, Haapsalu.
3. Eichwald, E. 1852. Dritter Nachtrag zur Infusorienkunde Russlands. Moskwa: 388–536.
4. Schmidt, C. 1852. Die Schlamm-bäder bei Ösel und Hapsal. – Inland: 481–482.
5. Hunnius, C.A. 1853. Die Seebäder Hapsals. Reval: 90 S.
6. Гунниус К. 1857. Целебные силы воздуха, воды и ила при Гапсале: 60 с.
7. Schrenk, A.G. 1854. Uebersicht des oberen silurischen Schichtensystems Liv- und Estlands, vornämlich ihrer Inselgruppe. Dorpat: 1–112.
8. Weisse, J.F. 1860. Die Diatomaceen des Badeschlammes Arensburg und Hapsal, wie auch des sogenannten Miner-

alschlammes der Soolen-Badeanstalt in Staraja-Russa. Bull. Acad. Sci., I, Nr 9. St.-Petersburg: 550–553.

9. Боргман И.И. 1904. Исследование некоторых русских целебных грязей в отношении радиоактивности. Журн. Русск. Физич. Общ.: 182–204.

10. Dreyer, Fr., Kand, M. 1922. Eesti tervismuda radioaktiivsus. Tallinn: 14 lk.

11. Dreyer, Fr., Kand, M. 1923. Radioaktivitätsuntersuchungen aus estländischem Heilschlamm. Tartu: 137–153.

12. Kand, M. 1926. Eesti tervismuda füüsikalised omadused. Ajakirja Eesti Arst lisa.

13. Schlossmann, K. 1939. Estonian curative sea-muds and seaside health resorts. London: 169 p.

14. Maide, J. 1940. Eesti tervismuda. Tallinn: 27 lk.

15. Vadi, V. 1947. Eesti tervismuda. Tartu: 143 lk.

16. Малахов А.М. 1948. Технический отчет об исследованиях эстонских морских грязей, проведенных 4-ой (Эстонской) экспедицией за полевой период 1948 г. Москва: 65 с.

17. Малахов А.М., Харитонов Л.П. 1948. Отчет о результатах предварительного обследования Эстонских грязей в 1947 г. Москва.

18. Малахов А.М. и др. 1950. Эстонские морские лечебные грязи. Москва.

19. Смирнов Б.Н., Ратищева Е.В. 1950. Отчет о ревизионно-рекогносцировочном обследовании минеральных вод и грязей Ленинградской, Новгородской, Псковской областей РСФСР, Латвийской и Эстонской ССР за 1949 г. Ленинград.

20. Иванова Л.С. 1964. Отчет о проверке эстонских морских грязей в 1963 г. Москва: 218 с.

21. Kask, J. 1974. Väinamere idaosa põhjasetete litoloogias. Diplomitöö. Tartu: 94 lk.

22. Лутт Я., Каск Ю. 1976. Гранулометрия поверхностного слоя донных осадков эталонных участков Вайнамери. Tallinn: 152 с.

23. Kask, J., Lutt, J., Orviku, K. 1978. Mõnda Väinamere idaosa põhjasetetest. EGS Aastaraamat 1975/76. Tallinn: 63–74.

24. Лутт Я. 1980. Некоторые черты формирования донных осадков Вайнамери по данным их гранулометрического состава. Изв. АН ЭССР, Геология, т. 29, № 2: 73–83.

25. Каск Ю., Лутт Я. 1979. Об особенностях формирования залежей лечебной грязи на примере месторож-

дений Хаапсалу, Воози и Суурлахт. В кн.: Физические, изотопно-геохимические и геологические методы в изучении антропогена Эстонии. Tallinn: 37–48.

26. Kask, J., Lutt, J. 1980. Haapsalu, Voosi ja Suurlahe tervismuda. – Eesti Loodus, 1: 18–20.

27. Каск Ю., Лутт Я., Пальгиным В. 1981. Опыт изучения геологии эстонских лечебных грязей и дальнейшие перспективы их исследования. В кн.: Тезисы докладов рабочего совещания стран-членов СЭВ. Tallinn: 52–54.

28. Каск Ю.К., Лутт Я.А., Пальгиным В.Л. 1981. О геологических аспектах формирования залежей морских лечебных грязей Эстонии. В кн.: Тезисы докладов IX Эстонской республиканской научной конференции по курортологии и физиотерапии. Пярну: 37–48.

29. Kask, J. 1981. Haapsalu, Voosi ja Suurlahe tervismuda iseloomust ja levikust. EGS Aastaraamat 1979, Tallinn: 29–40.

30. Orviku, K., Lutt, J., Kask, J., Veisson, M. 1982. Eesti nüüdisrannavööndi ja rannikumere kaitse geoloogilised aspektid. Rmt: Eesti NSV rannikumere kaitse. Tallinn: 28–35.

31. Ramst, R. 1983. Haapsalu lahe ravimudade otsingulis-hinnangulise uuringu aruanne. Keila.

32. Каск Ю. 1983. Органическое вещество в лечебных грязях ЭССР. В кн.: Тезисы докладов совещания история озер в СССР. Т. I. Tallinn.

33. Каск Ю., Калласте Т. 1984. Глинистые минералы в морских лечебных грязях Эстонии. В кн.: Хронология и формирование четвертичного покрова Эстонии. Tallinn: 51–55.

34. Каск Ю. 1984. Бенз(а)пирен в морских лечебных грязях Эстонской ССР. Изв. АН ЭССР, Геология, т. 33: 78–83.

35. Каск Ю. 1984. Литология и рациональное использование морских лечебных грязей Эстонской ССР. Tallinn: 146 с.

36. Фокин Ю.А., Большова Л.П. 1986. Отчет о детальной разведке грязевых месторождений Хаапсалу, Икла и Воози с целью ревизионной оценки запасов лечебных грязей, используемых курортами Эстонской ССР. Москва: 147 с.

37. Тюникова М.Ф. 1986. Округ санитарной охраны курорта Хаапсалу Эстонской ССР. Москва: 99 с.

38. Kask, J., Palignõmm, V. 1986. The ac-

cumulation of fine-grained deposits with curative properties on Estonian raised shores. In: International symposium on evolution and dynamics of seacoasts in conditions of relative sea level oscillation. Tallinn: 44–45.

39. Каск Ю. 1987. Выявление современного природного состояния месторождения Суурлахт и Хаапсалу (лечебные грязи). Tallinn: 96 с.

40. Вейссон М.М., Каск Ю.К. 1988. Проблемы охраны природных лечебных ресурсов Эстонской ССР. В кн.: Тезисы докладов X Эстонской республиканской научной конференции по курортологии и физиотерапии. Пярну: 30–31.

41. Каск Ю., Вейссон М. О результатах геологических исследований в месторождениях лечебной грязи Эстонской ССР. *Ibid*: 53–54.

42. Каск Ю., Вейссон М. 1988. Проблемы охраны курортно-лечебных ресурсов побережья Эстонской ССР. В кн.: Тезисы докладов рабочего совещания стран-членов СЭВ. Tallinn: 98–99.

43. Kask, J. 1989. Haapsalu lahe vee ja ravimuda sanitaarsest seisundist 1989.a. andmeil. Haapsalu lahe, Voosi kurgu ja ravimudalasundi seisundi uurimine (1989. a. uurimistööd). Tallinn-Pärnu.

44. Kask, J. 1989. Ravimuda leiukohad Haapsalu ja Pärnu ümbruses. Eesti Arst, 2: 99–103.

45. Pärsim, E., Kask, J. 1992. Microbiological characteristics of curative muds of Haapsalu bay and lake Suurlaht, Estonia. Proc. Estonian Acad. Sci. Geol., 41, 3: 148–158.

46. Pärsim, E., Kask, J. 1993. Environmental changes impact on the Haapsalu bay curative mud. In: Abstracts IV International Conference on System Analysis. Tallinn: 78–79.

47. Kask, J., Pärsim, E. 1993. Environmental changes impact on the Haapsalu bay curative mud. In: Environment, energy and natural resource management in the Baltic Sea region. Copenhagen: 279–285.

48. Pärsim, E., Kask, J. Distribution of microorganisms in some Estonian curative muds. In: Estonian curative muds. Tallinn, 1993. 25–29.

49. Kask, J. 1996. Haapsalu lahe, Mullutu-Suurlahe, Käina ja Voosi ravimuda leiukoha varu revisjon (järeluurung). I etapp – Haapsalu lahe ja Voosi ravimuda leiukoht. OÜ Eesti Geoloogiakeskus. Tallinn: 60 lk.

50. Kask, J. 2001. Haapsalu lahe ökogeoloogilistest aspektidest. – Estonia Maritima 5: 257–268.



Parem sisekliima ja väiksemad küttearved.

UUED *living by Danfoss* termostaadid.
Samm edasi mugavama sisekliima poole.



23%

energiasäästu

kui vahetate oma vanad termostaadid
uute elektrooniliste *living by Danfoss*
termostaatide vastu – vastavalt
Euroopa normidel põhinevatele
uuringutele.