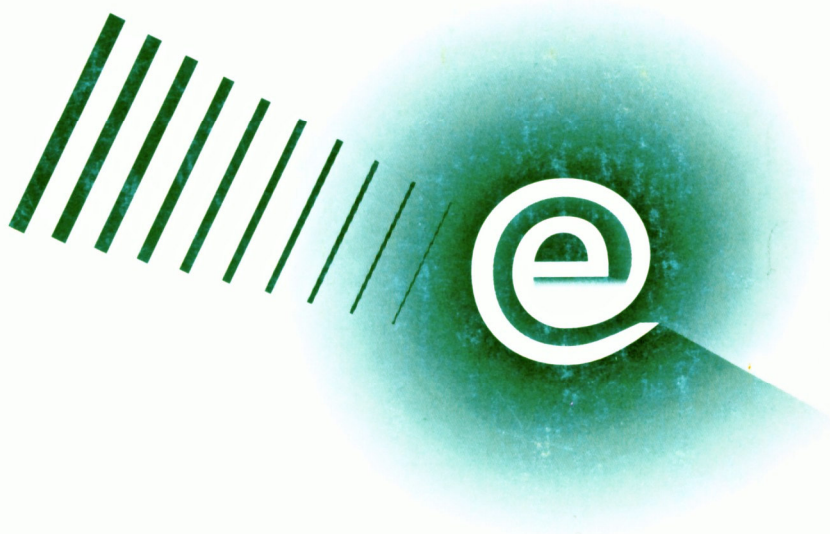


**TAASTUVATE ENERGIAALLIKATE
UURIMINE JA KASUTAMINE**

————— KOLMANDA —————

KONVERENTSI KOGUMIK



**INVESTIGATION AND USAGE OF
RENEWABLE ENERGY SOURCES**

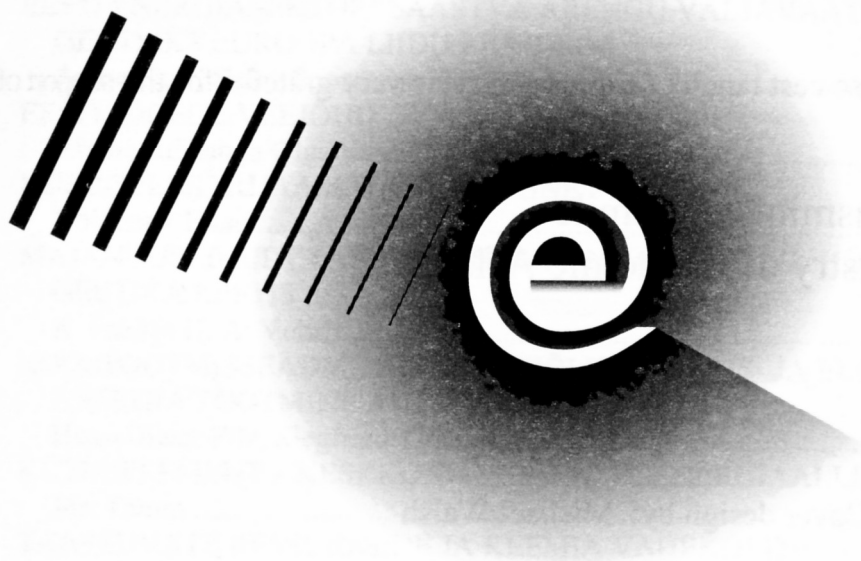
————— THIRD —————

CONFERENCE PROCEEDINGS

TARTU, ESTONIA 2002

**TAASTUVATE ENERGIAALLIKATE
UURIMINE JA KASUTAMINE**

————— KOLMANDA —————
KONVERENTSI KOGUMIK



**INVESTIGATION AND USAGE OF
RENEWABLE ENERGY SOURCES**

————— THIRD —————
CONFERENCE PROCEEDINGS

TARTU, ESTONIA 2002

Peatoimetaja / Editor-in-chief: Valdur Tiit

Toimetajad / Compiled by: Sirli Lember
Tiina Kivisäkk
Silvi Seesmaa

Toimetus on toetuse eest tänulik / Editorial staff is very grateful for the support of:

Eesti Majandusministeeriumile
Estonian Ministry of Economic Affairs

Kaanekujundus / Cover design by: Michael Walsh

Trükitud: OÜ Paar
Printed by: Paar Ltd

Kirjastaja: Eesti Põllumajandusülikooli kirjastus
Publisher: Estonian Agricultural University Publishing Centre

© 2002

Eesti Põllumajandusülikool
Estonian Agricultural University

All Rights Reserved

ISBN 978-9949-426-36-2 (PDF)
ISBN 978-9985-816-35-6 (trükis)

SISUKORD

ROHKEM TÄHELEPANU TAASTUVATE ENERGIAALLIKATE KASUTAMISELE EESTIS	
Valdur Tiit	7
AVASÕNA	
Lembit Nei	9
INIMENE JA TAASTUVENERGIA	
Avo Rosenvald	10
SÄÄSTVA ENERGEETIKA VÕIMALIKKUSEST EESTIS	
Tõnu Lausmaa	14
TAASTUVENERGIAALLIKAD JA EESTI RAHVUSLIKUD HUVID	
Rein Veski	22
EESTI ENERGIASEKTORI SÄÄSTVA ARENGU VÄLJAVAATED KONVERGENTSIAKS EUROOPA LIIDU RIIKIDEGA	
Anton Laur, Sulev Soosaar ja Koidu Tenno	35
EESTI JÕGEDE VEEJÕUD	
Alvina Reihan ja Olga Kovalenko	45
HÜDROELEKTRIAAMADE JUHTIMINE	
Voldemar Enno	52
MAJANDUSLIKULT TASUV JA KESKKONNASÕBRALIK HÜDROENERGEETIKA EESTIS	
Ants Saks ja Harald-Adam Velner	56
KOOSTOOTMISSEADME ABIL RAPSIOOLIST SOOJUSE JA ELEKTRIENERGIA SAAMINE AUTOPELUS	
Hans-Dieter Pilz, Siegfried Thomas ja Josef Zeilinger	63
KÜTUSELEMENT – KESKKONNASÕBRALIK ENERGIAALLIKAS	
Jüri Tamm	65
TAASTUVATE RESSURSSIDE JA KEEMIA VAHEKORD	
Mihkel Koel	70
FÜÜSIKU PILGUGA: MIKS ON KESKKONNAHOID OBJEKTIIVSELT RASKE	
Karl K. Rebane	78
TAASTUVENERGIA KASUTAMISVAJADUSTEST JA -VÕIMALUSTEST EESTIS	
Mailis Merdikes ja Jaan Kivistik	84
TUULEAGREGAADI TUNNUSJOONE JA PAIGALDUSKOHA MÕJU TOODETAVALE ENERGIAKOGUSELE	
Veli Palge, Jaan Lepa ja Tõnis Tamm	91
SEADUSLIKUD ALUSED HÜDROELEKTRIAAMADE RAJAMISEKS	
Voldemar Enno	98
TUULE SUMBUMISEST RANNA LÄHEDAL	
Teolan Tomson, Maire Hansen, Ants Nõva ja Märta Puust	102
PUIT(PÕHISTE)KÜTUSTE OMADUSED JA KVALITEET	
Aadu Paist, Maaris Nuutre ja Raaja Aluvee	109

MÄRGALADE TAIMESTIKU ENERGEETILINE POTENTIAAL SAARE MAAKONNAS	
Ülo Kask ja Livia Kask	118
ORGAANILISTE JÄÄTMETE ENERGEETILINE POTENTIAAL JA SELLE KASUTAMISE VÕIMALUSI SAARE MAAKONNAS	
Ülo Kask, Mariliis Sihtmäe ja Kristjan Õim	124
ÕHU REGULEERIMISEST BIOKÜTUSTE RESTPÕLETAMISEL	
Ants Veski, Toomas Tiikma ja Vitali Borovikov	134
BIOKÜTUSEL TÖÖTAVA KATLAMAJA RAJAMISE MAJANDUS- ANALÜÜS	
Argo Normak	142
EESTI BIOKÜTUSTE ÜHINGU TEGEVUS	
Meeli Hүүs ja Rein Veski	149

CONTENTS

MORE ATTENTION ON THE USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN ESTONIA Valdur Tiit	8
PEOPLE AND RENEWABLE ENERGY Avo Rosenvald	13
ABOUT THE CHANCES OF SUSTAINABLE ENERGY BREAK THROUGH IN ESTONIA Tõnu Lausmaa	21
RENEWABLE ENERGY SOURCES AND ESTONIAN NATIONAL INTERESTS Rein Veski	33
SUSTAINABLE DEVELOPMENT OUTLOOKS OF THE ESTONIAN ENERGY SECTOR FOR CONVERGENCE WITH THE EUROPEAN UNION COUNTRIES Anton Laur, Sulev Soosaar and Koidu Tenno	44
ENERGY POTENTIAL OF THE ESTONIAN RIVERS Alvina Reihan and Olga Kovalenko	51
OPERATING WITH HYDROPOWER STATIONS Voldemar Enno	55
ECONOMICALLY PROFITABLE AND ENVIRONMENTALLY FRIENDLY HYDROENERGETICS IN ESTONIA Ants Saks and Harald-Adam Velner	62
COGENERATION OF HEAT AND ELECTRICITY FROM RAPEOIL WITH A LITTLE CHP UNIT IN A CAR WASH Hans-Dieter Pilz, Siegfried Thomas and Josef Zeilinger	64
FUEL CELL – ENVIRONMENTALLY FRIENDLY SOURCE OF ENERGY Jüri Tamm	69
RENEWABLE RESOURCES AND CHEMISTRY Mihkel Koel	77
THROUGH THE PHYSICIST’S EYE: WHY IS THE PROTECTION OF THE ENVIRONMENT OBJECTIVELY DIFFICULT Karl K. Rebane	83
THE NEED AND POSSIBLE OPTIONS FOR THE USE OF RENEWABLE ENERGY IN ESTONIA Mailis Merdikes and Jaan Kivistik	90
INFLUENCE OF THE CHARACTERISTIC AND INSTALLATION SITE OF WIND GENERATOR ON QUANTITY OF PRODUCED ENERGY Veli Palge, Jaan Lepa and Tõnis Tamm	97
ESTONIAN LEGAL REGULATIONS CONSERNING HYDROPOWER STATIONS Voldemar Enno	101
ABATEMENT OF WIND OFF THE COASTLINE Teolan Tomson, Maire Hansen, Ants Nõva and Märt Puust	108
WOOD(BASED)FUELS PROPETIES AND QUALITY Aadu Paist, Maaris Nuutre and Raaja Aluvee	117

BIOMASS ENERGETICS POTENTIAL OF WETLANDS AT SAARE COUNTY Ülo Kask and Livia Kask	123
ENERGY POTENTIAL AND UTILISATION OPPORTUNITIES OF ORGANIC WASTE IN SAARE COUNTY Ülo Kask, Mariliis Sihtmäe and Kristjan Õim	133
ON THE AIR SUPPLY CONTROL AT BURNING BIOFUELS ON THE GRATE Ants Veski, Toomas Tiikma and Vitali Borovikov	141
ECONOMICAL ANALYSIS OF CONSTRUCTION OF A BIOMASS BOILER HOUSE Argo Normak	148
ESTONIAN BIOFUELS ASSOCIATION'S ACTIVITIES Meeli Hүүs and Rein Veski	154

ROHKEM TÄHELEPANU TAASTUVATE ENERGIAALLIKATE KASUTAMISELE EESTIS

Valdur Tiit

Eesti Põllumajandusülikool, Kreutzwaldi 56, 51014 Tartu, e-post: vtiit@eau.ee

Kolmas taastuvate energiaallikate uurimisele ja kasutamisele pühendatud konverents toimus 1. novembril 2001. a Tartus Eesti Põllumajandusülikooli aulas. Sellest võttis osa arvukalt asjatundjaid Eestist, Soomest, Saksamaalt ning Euroopa Liidu Energia ja Transpordi Peadirektoraadist Brüsselist. Loodame, et käesolevas raamatus esitatavad konverentsi ettekanded annavad uut informatsiooni selle valdkonna röömude ja murede kohta, tekitavad uusi mõtteid ning aitavad kaasa paremate lahenduste leidmisele taastuvate energiaallikate ulatuslikumal kasutamisel ka Eestis. Konverentsil toimunud aruteludest koorus välja arusaam, et kuigi taastuvate energiaallikate kasutamise olukord meil paraneb, on ees palju tööd, sh seadusandluse täiustamise, kaadri ettevalmistamise ja teaduslik-tehniliste uuringute finantseerimise alal.

On põhjust arvata, et taastuvate energiaallikate ulatuslik kasutuselevõtt energeetikas lähemate aastakümnete jooksul on teadaolevalt ainus tee, mis kindlustab ühiskonna pikaajalise arengu normaalses keskkonnas. Eestil on selleks head looduslikud eeldused mahus, mis põhimõtteliselt rahuldab meie energiatarbe. See suund on kooskõlas energeetika arengutrendiga nii Euroopas kui ka mujal maailmas. Kuid taastuvate energiaallikate ulatuslik kasutamine vajab aktiivset, sihikindlat tegutsemist.

Öeldust lähtudes peetakse oluliseks järgmisi tegevusi.

- Uue, säästva arengu põhimõtetega kooskõlas oleva Eesti energeetika pikaajalise arengukava koostamine, mis käsitleb põlevkivi, mitmesuguse biomassi, tuule, päikese, veejõu ja jäätmete kasutamist elektri- ning soojusenergia tootmiseks tervikliku süsteemina. Selle eesmärgi saavutamiseks on juba palju tehtud või teoksil. Loodava kava realiseerimine vajab riiklikku koordineerimist.
- Uute energeetikaseadmete (suured tuulikud ja nendega koos töötama sobivad kiiresti reguleeritavad soojuse ning elektri tootjad) ehitamine kasutajate lähedale. See suurendab energiavarustuse stabiilsust ja vähendab energiakandjate transpordi kulusid, sest nii taastuvad energiaallikad kui ka tarbijad on hajutatud.
- Eesti tööstuse parem rakendamine seadmete (sh suurte megavatt-klassi tuulikute) valmistamiseks taastuvate energiaallikate ulatuslikuks kasutamiseks nii kodumaisel kui ka kiiresti areneval rahvusvahelisel turul.
- Taastuvaid energiaallikaid kasutavate süsteemide omanikeringi kujundamine. Kuivõrd taastuvad ressursid kas kasvavad maal või on seotud maaomandiga (sh ka üle põllu, metsa või vee puhuv tuul või sinna langev päikesekiirgus), siis tuleb pidada mõistlikuks ka seda, et neid kasutavad seadmed kuuluvad olulisel määral kohalikele elanikele, omavalitsustele ja riigile. Siis aitab taastuvate energiaallikate otstarbekas kasutamine kõige paremini kaasa ühiskonna majanduslike arengule.

MORE ATTENTION ON THE USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN ESTONIA

Valdur Tiit

Estonian Agricultural University, e-mail: vtiit@eau.ee

The third conference on investigation and usage of renewable energy sources took place in the hall of the Estonian Agricultural University in Tartu on November 1, 2001. There were numerous experts from Estonia, Finland, Germany and the EU Energy and Transportation Directorate General in Brussels. We hope that the presentations printed in the given book provide new information, create thoughts and help to find better solutions for wider usage of renewable energy sources also in Estonia. To sum up the discussions of the conference one may state that despite the improving the situation of the renewable energy source use there is still a long way to go. Firstly with amending the legislation, educating new people and financing research works.

The widespread use of the renewable energy sources is our only possible way into the future, and Estonia has very good natural conditions for satisfying our energy needs. This objective is well in accordance with development trends of energy sector elsewhere in Europe and the rest of the world, but the widespread use of the renewable energy sources requires active and permanent supportive action.

Following this we consider of higher importance the following activities.

- Compilation of a new long term Estonian energy development plan which follows the principles of sustainable development and considers the use of oil-shale, several biomass, wind, solar power, hydro power and waste for electricity and heat production as a united system. For achieving this aim a lot has been done or being done already, but the implementation of the plan requires national coordination.
- Building new energy devices (great wind turbines and compatible heat and electricity production units) nearby consumers, which increases the stability of energy supply and decreases the transfer costs of energy suppliers, as both the renewable energy sources and consumers are sparsely spread.
- Greater share of Estonian industry in production of energy devices (including great MW-class wind turbines) for domestic and foreign markets.
- Wider ownership of the systems using renewable energy sources, as renewable energy sources are either growing in the countryside or connected with real estate (including wind blowing over a field, forest or water, and solar energy), therefore it would be reasonable if the equipment is partly owned by locals, local administration or the state. This way the wise use of renewable energy sources supports the economic development of the society.

AVASÕNA

Lembit Nei

Eesti Põllumajandusülikool, Kreutzwaldi 64, 51014 Tartu
e-post: lnei@eau.ee

Lugupeetud taastuvate energiaallikate uurijad!

Energeetilistest probleemidest nii Eestis kui maailmas teile pikalt rääkida on mõttetu. Kõiki neid probleeme-valupunkte teate te suurepäraselt. Töö, millega te tegelete, on äärmiselt vajalik, eriti just Eesti seisukohalt, kus kvaliteetseid fossiilseid kütuseid napib. Ainsana võime me nimetada põlevkivi, mida kvaliteetseks kütuseks tituleerida on, ausalt öeldes, väga julge. Ja põlevkivi, vähemalt tema kvaliteetsem osa, saab meil varsti otsa. Lisaks sellele on ta ka keskkonnaavaenulik, mis on teile kõigile suurepäraselt teada.

Järelikult on meil Eestis primaarne küsimus, mis saab kolme-neljakümne aasta pärast. Säästva arengu komisjoni eelmise koosseisu liikmena võin öelda, et see äärmiselt soliidne seltskond arutas mitu korda küsimust ja tuli järeldusele, et ega tänasel päeval päris selget lahendust ei ole. Ühest küljest on loomulikult olemas taastuvad energiaallikad, kuid meie praeguste oskuste ja võimaluste juures on tõsiseid probleeme nende täiemahulise kasutamisega. Loomulikult tuleb taastuvaid energiaallikaid kasutusele võtta, nende rakendamist tuleb laiendada, kuid kahjuks võimaldavad tänasel päeval taastuvad energiaallikad lahendada kohalikke probleeme, mitte üldriiklikke. Kuid ilma sellise tööta, mida teie teete, ilma nende nõupidamiste, diskussioonideta sellist riikliku lahendust, mis oleks vettpidav ka sajandi pärast, meil ilmselt ei teki. Tööd on selles vallas palju ja mul on väga hea meel, et see konverents on kujunenud traditsiooniliseks. Hea meel on ka selle üle, et taolist konverentsi korraldatakse just Eesti Põllumajandusülikooli katuse all, kes on oma põhitegevuseks kuulutanud tegelemise loodusvaradega ja eelkõige loodusvarade säästva kasutamisega selle kõige laiemas mõttes. Õpetamine ja teadustöö nimetatud valdkonnas on tema põhiülesandeks.

Tervitan teid kõiki siin Eesti Põllumajandusülikooli rektori ja rektoraadi nimel, soovin teile teravaid diskussioone. Ja tänan muidugi härra Valdur Tiitu selle suure töö eest, et selline üritus on muutumas traditsiooniliseks, et siin on koos nii palju inimesi, kaasa arvatud väliskülalised.

Dear guests, I would like to welcome you on behalf of the Estonian Agricultural University and its Rector professor Henn Elmet and to wish you every success story in this conference.

Austatud konverentsist osavõtjad, kuulutan konverentsi avatuks!

INIMENE JA TAASTUVENERGIA

Avo Rosenvald

OÜ & Pojad, Riia 38, 50405 Tartu, e-post: avo@oluts.tartu.ee

Annotatsioon

Artikkel käsitleb sotsiaalprobleemide lahendamist taastuenergia kasutuselevõtmise abil. Eriti keskendutakse biokütuste kasutamisele maainimeste tööhõive suurendamisel ning maelu-laadi säilitamisel.

TÖÖPUUDUS, BIOKÜTUSED, MAAELULAAD

Taastuenergia kasutamine ei ole kaugeltki ainult majanduslik probleem, vaid sellel on ka väga tugev sotsiaalne aspekt, mis ulatub üksikisiku vajadustest tsivilisatsiooni püsimiseni. Eestis on seni tegeldud peamiselt taastuenergia kasutamise tehniliste lahenduste ja nende otsese majandusliku efektiivsuse uurimisega, vaja oleks ka laiemat ja süsteemsemat käsitlust, sealhulgas sotsiaalses plaanis.

Eriti oluline on taastuenergia ja sotsiaalprobleemide seos Eestis (muidugi ka meie ida- ja lõunanaabrite juures), kus järskude sotsiaalmajanduslike muutuste tõttu on tööpuudus hüppeliselt kasvanud. Taastuenergiaallikate kasutuselevõtmine on vajalik juba ainuüksi töökohtade loomise pärast. Töötus on suurim vaesusriskifaktor. Töötuks jäämisega algab enamasti ahelreaktsioon: psüühiline ebakindlus, perspektiivitus, lootusetus, alkoholism, kuritegevus jne. Samas on tööealisel inimesel enamasti lapsed, kelle kaudu töötuse negatiivne mõju kandub tulevikku. Kui avaliku sektori töötajad (reaametikust riigipeani) kogeksid ise töö kaotamise halvavat taaka samal kombel kui tegelikud töötud, tegeleksid nad asjaga hoopis tõsisemalt.

Töötuse ja teiste sotsiaalprobleemide lahendamine peab toimuma tingimata kõigil kolmel tasandil: üksikisik, omavalitsus ja riik. Riigi osa on primaarne. Kui riik on loonud sobiva seaduskeskkonna, saavad väiksemad ühikud asuda tulemuslikult tegutsema. Eesti riigi leigus taastuenergia juurutamisel on ülimalt kahetsusväärne.

Riik teeb suure vea, kui ütleb: "Igaüks on ise süüdi, kui ta ei suuda läbi lüüa. Kõigile antakse võrdsed võimalused." Sündides ei saa kõik kaasa võrdsed pärilikke ja majanduslikke eeldusi ning kasvades on igaühel erinev keskkond. Elementaarne on riigi sekumine nõrgemate toetamiseks. Tõeline demokraatia on kristlik demokraatia.

Tähelepanuväärne on USA presidendi Fr. D. Roosevelti tegevus majanduskriisi tagajärgede likvideerimisel 1930. aastatel. Ta väitis, et demokraatia eeltingimuseks on riigi alamate majanduslik kindlustatus. Riik asutas mitmeid organisatsioone ja ameteid, kes löid töökohti töötute armee likvideerimiseks. Eesmärgiks seati esialgu mitte heaolu, vaid töö leidmine kõigile. Seejuures tehti töid, mis olid riigile strateegiliselt vajalikud: istutati puid erosiooni tõrjeks, parandati ja ehitati maanteed, koolimaju, lennujaamu jne (Lühike Ameerika ajalugu, 1997). Ajalugu on näidanud, et Roosevelt talitas õigesti. Aga mida teeme meie? "Käesoleval ajal puudub Eestis ettevaatav vaesuse vähendamise strateegia." (Salu, 2001).

Saksamaal vähendati 1999. aastal üksikisiku tulumaksu ning samas maksustati energiakasutus, et tekiks töökohti ning väheneks süsinikuemissioon. (Brown, 2001). Oskusliku maksupoliitikaga saab riigi arengut kõige paremini suunata.

Kõige kättesaadavam võimalus sotsiaalprobleemide leevendamiseks maal on praegu puukütte soodustamine. Masendav oli kuulata suvise tormi järel tuttavat taluperenaist kurtmas: tarbepuu müün ära, aga kuhu ma selle küttepuid panen? Esimest korda pika elu jooksul pole sellega midagi peale hakata. Aga nooruses sai ju köetud hagudega! Miks me sunnime tuhandetele maainimestele peale linliku, raiskava, esivanemate ratsionaalsest looduskasutusest võõrandunud eluviisi?

Järvamaa ettevõtluspäeval 2000. a kevadel esitati kaks probleemi, millele oodati vastust aasta pärast:

- 1) kuidas rekonstrueerida suurelamute küttemajandus;
- 2) kuidas saada võsast puhtaks nii valla- kui riigitee ääred? 2001. a samasugusel ettevõtluspäeval ei olnud neile küsimustele kelleltki mingit vastust. Lahendus on aga imelihtne: teeäärse võsaga tuleks kütta suurelamuid. Samas on suurelamute kütte eest tasumine paljude vaesemate elanike jaoks muutunud juba ränkaks probleemiks. Kui küte välja lülitatakse, sätitakse tuppa sageli buržuika. Inimene leiab intuiitiivselt õige tee, vaja on vaid riigipoolset soodustust täiuslikuma “buržuika” – hakkpuidu- või halupuukatla jaoks.

Eesti on elanud ja elab metsast, ise seda sageli teadvustamata. Meedia kõneleb palju majandusest, veidi põllumajandusest ja peaaegu üldsegi mitte metsandusest. Ja kui räägib, siis muidugi metsavarastest või metsaga äritsetajest. Selle kõrval on meeldiv, et erialases kirjanduses nähakse ka positiivseid asju ja otsitakse lahendusi (eriti on edenenud Maalehe metsalis). Üllatavalt hästi on säilinud eestlaste hingeline side metsaga. Üha rohkem leidub neid, kes ostavad metsa mitte maharaiumiseks, vaid selleks, et seal jalutada. Meie puudeuurijat Hendrik Relvet külastas Iiri kolleeg, kes uurib keltide muinaspärimusi põlispuudest. Ta oli vapustatud, kui kuulis, et meil liiguvad need legendid praegugi suust suhu (Relve, 2001). Tuhanded aastad metsas või metsa kõrval pole möödunud jälgi jätmata. Seda sidet tuleb hoida, sest see on vaimse tasakaalu allikas.

Puukütte vähenenud levik (võrreldes põhimõttelise võimalusega) on üks nõrgemaid lülisid praeguses metsamajanduses. Kõige pakilisem on puukütte korraldamine küldes, alevites ja väikelinnades, st kohapeal, et pääseda kallist veost. Iga talumees ja metsaomanik peaks saama oma küttepuid võimalikult lähedal müüa. See aitaks ära elada väiketalunikel, kes niikuinii ei suuda võistelda suurtalunikega euroturule pääsemisel. Siinkirjutaja arvates on rahvuse püsimise huvides ülioluline säilitada väiketalud, kes talvel elatuksid suuremal või vähemal määral metsast ning suvel tegeleksid traditsioonilise, alternatiivse või mahepõllundusega. Nii on eestlased elanud aastatuhandeid. Miks ei võiks me nüüdki nii jätkata? Ainuke vastuväide sellele oleks: globaliseerumine on tänapäeva maailma ainuke, viimane ja lõplik tõde. Õnneks ei ole see tõsi. Lõuna-Koreas on väga kõrgel järjel ülikooliharidus, ent samas ei jäeta seal hooletusse traditsioonilisi majandusharusid (Grauberg, 2000). Vaja on tasakaalustatud arengut, mis haarab ühiskonda tervikuna, mitte ainult seda väikest kihti, kes suudab odavalt paisata palju kaupa globaalsele turule. Ühiskond peab pakkuma arenguvõimaluse kõigile olulistele gruppidele (Grauberg, 2000). Ei piisa vasakpoolsest kalast, ei piisa ka

parempoolsest õngest, vaja on parempoolset õnge koos põhjaliku tarvitamisjuhendiga (Taagepera, 2001).

Veel üks praktiline võimalus. Eesti jäätmaad ei seisa tühjana, vaid kasvatavad intensiivselt umbrohtu ja võsa. Selle võiks koristada ja brikketida kütteks (Masso, 2000). Nii säiliks vaba maa põlluna selleks puhuks, kui sinna on vaja midagi külvata.

Liberaalse turumajanduse pooldajad arvavad ilmselt, et pole vaja pingutada selle nimel, et Eesti biokütuseid kohapeal põletada: neid võib ka eksportida pelletite ja puusöena. Ent selles peitub oht tuleviku jaoks. Neid kütuseid ostetakse läänepoolsetes maades sellepärast, et seal on fossiilkütustel kõrged saastemaksud ning hinnad tõusmas. Kui ka meil tulevad saastemaksud (see juhtub lähiajal), peame minema üle alternatiivkütustele, ühekorraga on see aga liiga raske: pole infrastruktuuri, firmadel on pikaajalised lepingud välismaaga. Kasulik on kütta biokütuseid kohapeal ka sellepärast, et on reaalne lootus peagi müüa puhta õhu kvooti.

Sotsiaalprobleemid on praegu kõige teravamad Ida-Virumaal, samas on seal koondatud kaevurite näol olemas tehniliselt keskmisest võimekam tööjõud. Just seal oleks praegu õige arendada taastuvenergeetikaalaseid pilootprojekte. Riigi osaluseta on see mõeldamatu, sest on ju ometi riik see, kes peaks kõige rohkem olema huvitatud sotsiaal- ja keskkonnaprobleemide lahendamisest.

Tuleb ära kasutada Eesti kaks potentsiaali: viljakas vaba maa ning (seni veel) maaelulaadiga harjunud inimesed. Inimesed leiavad töö, kasvatades seni tühjalt seisval maal rohelist energia allikaid ning küttes seda kohapeal. See on oluline lüli Eesti kujunemisel tõeliselt jätkusuutlikuks maaks.

Kirjandus ▣ References

1. Brown, L. R. (2001) Uue sajandi väljakutse. Kogumik. Brown, L. R. jt. Maailm aastatel 2000 ja 2001. Säästva Eesti Instituut. Tallinn: 3–27.
2. Grauberg, E. (2000) Tänapäeva ühiskonna ja Eesti arenguteedest. Kogumik. Rääts, E. Eesti uue aastatuhande lävel. Tallinn: 328–348.
3. Lühike Ameerika ajalugu (1997) Ameerika Ühendriikide Infoagentuur. Vienna: 406.
4. Masso, V. (2000) Põllumajandus. Kogumik. Rääts, E. Eesti uue aastatuhande lävel. Tallinn: 128.
5. Relve, H. (2001) Puu kui eestlase palvekepp. Maaleht nr 2. 22. veebruar, Metsaleht: 1.
6. Salu, M. (2001) Sotsiaalkaitse Eestis. Tallinn: 227.
7. Taagepera, R. (2001) Milleks uus erakond. Postimees nr 285. 8. detsember: 11.

PEOPLE AND RENEWABLE ENERGY

Avo Rosenvald

OÜ Rosenvald & Pojad, e-mail: avo@oluts.tartu.ee

Abstract

The use of renewable energy is tightly connected to solving social problems in Estonia by creating many new jobs. It is essential that Estonia should increase the use of biofuels. One of the biofuels, firewood, has been used already for centuries. For wider use of renewable energy in Estonia, it is not enough to rely only on enterprisers. Rather, before any serious progress can take place, the state should create the appropriate legal environment. Due to its many social and environmental aspects, renewable energy is more important to the state than a sole enterpriser. Unfortunately, Estonian government has been delaying its duties. Estonia has two resources that should be taken advantage of, fertile spare land and people still used to the country life. The country people would get work by growing different energy crops on the spare land.

SÄÄSTVA ENERGEETIKA VÕIMALIKKUSEST EESTIS

Tõnu Lausmaa

Energiakeskus TAASEN, Tööstuse 3, 10413 Tallinn, e-post: tonu.lausmaa@mail.ee

Annotatsioon

Esitatakse säästva arengu põhimõtetest lähtuv Eesti energeetika arengutsenaarium perioodiks 2000–2050. Stsenaarium kujutab endast arengule orienteeritud fossiilsete ja taastuvate energiaressursside kasutussümbioosi ning selle rakendamine tagab mitte ainult sisemisel ressursil baseeruva energeetilise potentsiaali säilimise, vaid on säästev ka imporditavate fossiilsete kütuste suhtes.

SÄÄSTEV ENERGEETIKA, TAASTUVENERGIA, FOSSIILSED KÜTUSED

Sissejuhatus

Igale ajalooetapile on olnud omased teatud võlusõnad, millesse on koondunud tollased inimkonna püüdlused ja unistused jõukamast ning õnnelikumast elust. Poolteist sajandit tagasi oli selliseks sõnaks “kommunism”, mis maalis inimeste silme ette pildi tuleviku ühiskonnast, kus puudusid varakapitalismile omased pahed, ning süstis inimestesse lootust elada parema tuleviku nimel. Kuid kahjuks kõik need ilusad unistused ei täitunud, sest inimkond osutus tunduvalt keerukamaks sotsiaalseks koosluseks ning inimloomus tunduvalt pahelikumaks, kui oleks vaja olnud selle teooria edukaks rakendamiseks. Nüüd on uueks võlusõnaks “säästev areng”. See peaks lepitama külluses elavad tööstusmaad ning kolmanda maailma vaesuses virelevad rahvad. Säästev areng nõuab aga kardinaalset elukvaliteeti iseloomustavate väärtuste ümberhindamist arenenud riikide elanikkonnas ning sellega kaasnevaid suuri ümberkorraldusi majandussüsteemis, sest kapitalistlik majandus on efektiivne küll piiramatute ressursside olemasolul, säästva tootmise tingimustes ei suuda aga pelgalt individuaalsele konkurentsile orienteeritud majandusmudel tagada vastavat koostööd globaalsete keskkonnamuutuste suunamiseks elukvaliteeti säilitavas suunas. Senikaua kui ressursi hind sisaldab põhiselt vaid kulutusi selle kaevandamiseks ning transpordiks, puudub see majanduslik hoob, mis kindlustab antud ressursi jätkusuutliku potentsiaali. Olukorra radikaalseks lahenduseks on vaid üks tee: ka oleluskeskkonna homöostaasi-tsükli teine pool tuleb haarata majandussüsteemi. Seda pooltsüklit ei saa aga enam allutada konkurentsile. Ja seda lihtsalt seepärast, et investering mitmete inimpõlvede tagusesse kaugesse tulevikku ei ole äriliselt kunagi võrreldav kiiret kasumit taotleva tegevusega. Säästev majandussüsteem peab koos inimese poolt toodetud kaupadega kindlasti hõlmama ka loodusvarad nende rahalise ekvivalendi alusel, mis moodustub nende kaevandamiseks tehtud kulutustest ning keskkonnaseisundi ja ressursi potentsiaali säilitamiseks kaasatud rahalistest vahenditest. Seepärast ei ole selles ka midagi imestama panevat, et terminit “säästev areng” on kasutatud majanduses peamiselt vaid poliitilistel eesmärkidel ja nimetamisväärsete tegudeni ei ole veel jõutud ning praeguseks puudub säästvast majandusest isegi ühene tunnustatud arusaam.

Säästev energeetika kajastab säästva arengu mudelit energeetikas ning annab meile võimaluse energiaressursside selliseks kasutamiseks, mis säilitab nende potentsiaali ka tulevikus. Kahjuks paljudel juhtudel võrdsustatakse säästev energeetika lihtsustatult taastenergeetikaga, lisades sellele vaid energiasäästu. Selline äärmiselt radikaalne ning lihtsustatud lähenemine valitsevale fossiilsetele kütustele rajatud energeetika mudelile teeb säästva energeetika võidulepääsu vaid kaugel tuleviku unistuseks, jättes kaasaegse energeetika kulgema isevoolu teed, sest 1998. a andmetel kuulus globaalses primaarenergia tarbimises 74% fossiilsetele kütustele, 20% taastuenergiatele ning 6% tuumaenergiatele (World Energy, 1999). Parem ei ole olukord ka kitsamas mastaabis Eesti Vabariigis, kus 1999. a toodeti 92% elektrienergiast põlevkivi baasil ning taastuenergia osakaal primaarenergias moodustas vaid 12% (Energiabilanss, 2000). Sellise ebarahuldava hetkeseisuga võiks veel kuidagi leppida, kui kas või eelmise sajandi viimane dekaad annaks tunnistust taastenergeetika tõhusatest edusammudest, mis lubaks lähiaastatel kiiret olukorra muutust taastuenergia kasuks. Kuid kahjuks ka dünaamiliselt ei ole olukord taastenergeetika seisukohast roosiline. Ajavahemikus 1990–1999 on summaarne primaarenergia tarbimine globaalselt kasvanud umbes 10%, kuid taastuenergia osakaal selles vaid 1%. Üksnes taastuenergiatele toetuv energeetika peab olema varustatud primaarse taastuenergiaga mitte ainult jooksvateks energeetilisteks vajaduseks, vaid ka akumulatsiooniks küllaldase varustuskindluse tagamiseks, mistõttu tegelik vajadus primaarenergia järele on tunduvalt suurem kui käesolev, kus akumulatsioon on fossiilsete kütuste näol juba olemas. See tähendab aga, et tuleb läbida veel väga pikaajaline teekond, enne kui taastuenergia saavutab “parlamentaarset ülekaalu” primaarenergia bilansis.

Teisalt jälle apelleerides säästvas energeetikas vaid taastuenergiatele, oleks see arengu seisukohast *perpetuum mobile*, olles sisuliselt lõputu areng ilma selle eest lõivu maksmata. Kahjuks looduses ei ole sellisele situatsioonile analoogiat, sest arengu eest on tulnud alati tasuda millegi pöördumatu ning asendamatu. Kuid olgu tegu kas fossiilsete kütuste või taastuenergiaga, oluline on säästvuse kõrval mitte unustada vajadust arenguks, sest säästvus ilma arenguta ei ole kaugeltki küllaldane, et lahendada kõiki neid energeetilisi probleeme, millega inimkond silmitsi seisab. Fossiilsete kütuste potentsiaal inimkonna progressi teenimisel ei ole veel ammendunud. Fossiilsete kütuste ajajärk ei ole olnud üksnes rida eksisamme inimkonna ajaloos, vaid see ajajärk on andnud inimkonna arengule sellise kiirenduse, mis võimaldab juba täna näha ette tehnilisi lahendusi naasmiseks taastenergeetikale koos küllaldase energeetilise potentsiaaliga selle pöörde teostamiseks. Seega fossiilsete kütuste asendamine taastuenergiaga ei saa olla vaid eesmärk omaette, mis lahendab kõik energeetika säästvusega seotud probleemid. See teekond tuleb läbida mitte üksnes kogu tähelepanu pööramisega taastuenergiatele, vaid ümberlülitumine fossiilsetelt kütustel taastuenergia allikatele peab sujuma organiseeritult, koos fossiilsete kütuste tootmis- ja tarbimise efektiivsuse suurenemisega määral, mis korvab ressursi vähenemise ning säilitab nende energeetilise potentsiaali ka tulevastele põlvkondadele. Ei ole vaja oodata veel vähemalt pool sajandit, et hakata rääkima säästvast energeetikast kui oleviku reaalsusest, vaid seda saab teha ka juba käesolevast ajast alates, kui vaid selleks jätkub poliitilist tahet näidata oma hoolivust tulevaste põlvkondade heaolust.

Teoreetilised alused

Tootmisprotsessi ressursile $R(t)$ orienteeritud majanduslik potentsiaal $P(t)$ väljendub valemiga $P(t) \stackrel{\text{Df}}{=} R(t) * E(t)$, kus $E(t)$ on tootmisprotsessi efektiivsus. Võrratus $dP(t)/dt \geq 0$ annab meile vajaliku tingimuse tootmisprotsessi säästvuseks. Tootmisprotsessi säästvustegur on

$$\alpha \stackrel{\text{Df}}{=} \frac{D}{R_0 * E_0},$$

kus D on tootmisprotsessi väljund ajaühikus (teenustase), R_0 on algne ressursi maht ja E_0 – algne tootmisprotsessi efektiivsus, väljendab ajaperioodi pöördväärtust, mille jooksul algne ressurss R_0 tarbitakse jäägitult algse efektiivsuse juures. Põhiteoreem lõpliku ressursi säästvast kasutamisest kõlab: **tootmisprotsessi säästvuse vajalikuks tingimuseks konstantsel teenustasemel D on, et protsessi efektiivsus $E(t)$ peab rahuldama võrratust:**

$$E(t) \geq E_0 * e^{\alpha t}$$

(Lausmaa, 1999; Lausmaa, 2000). See fundamentaalne seaduspärasus väljendab säästva efektiivsuse kasvu eksponentsiaalset iseloomu.

Põhiprintsiibid

1. Säästva energeetika kontseptsioon tuleneb säästva arengu põhiprintsiibist: *ei ole eetilise elada tulevaste põlvkondade arvel ning seda ei saa üles ehitada lahus ei kohalikust ega globaalsest energeetikast kui tervikust, selle hetkeseisust ning tuleviku väljavaadetest. Taastuvenergia eelistused säästvas energeetikas tulenevad mitte niivõrd nende majanduslikest või keskkondlikest näitajatest kui just säästva arengu põhiprintsiibist.*
2. Säästva arengu põhiprintsiibi rakendus paikkonna energeetikas sätestab, et paikkonna energeetiline potentsiaal ei tohi olla ajaliselt kahanev funktsioon. Sellest tulenevalt saab taastumatuid energiaallikaid kasutada vaid ulatuses, kus kasutusefektiivsuse tõus on võimeline kompenseerima ressursi kahanemise. Eesti oludes tähendab see põlevkivi kasutuse taandamist tasemele, kus veel on võimalik kompenseerida nende varude kahanemine tootmise ja kasutamise efektiivsuse tõusuga.
3. Kontseptsiooni põhiprintsiip: *mittetaastuvate energiaallikate baasil saadav sekundaarenergia kui ajafunktsioon ei tohi olla kasvav ning nende energiaallikate potentsiaal tuleb hoida mittekahanevana kasutusefektiivsuse suurendamise arvel. Sekundaarenergia vajaduse juurdekasv kaetakse erandlikult vaid taastuvenergia baasil. Koostööjaamade väliselt toodetud soojusenergia peab baseeruma taastuvenergiast ning tuleb välistada fossiilsete kütuste baasil saadud elektrienergia kasutus madalatemperatuurilise soojusallikana.*
4. Põlevkivile rakendatult tingib ressursi säästva kasutamise põhiteoreem põlevkivi tarbimise sidumise põlevkivi elektrienergiaks muundamise efektiivsusega ning elektrienergia kasutustaseme tõusu kompenseerimise taastuvenergia baasil. Praegune tootmisvaru Kirde-Eesti põlevkivil töötavates soojusjõujaamades loob hea eelduse tootmistehnoloogia pidevaks täiustamiseks ning selle abil elektrienergia tootmisefektiivsuse tõstmiseks. Põlevkivi hinnale tuleb lisaks kaevandamiskuludele

kaasata nii keskkonnakaitsetelised kulutused kui ka kulutused põlevkivivarude energeetilise potentsiaali säilitamiseks tootmistehnoloogia täiustamise arvel.

5. Eesti peab säästvalt suhtuma mitte ainult kohalikkude energeetilisesse ressursi, vaid olema säästlik ka imporditud fossiilsete kütuste suhtes, olles selles eeskujuks teistele riikidele säästva majandusmudeli rakendamisel energeetikasektoris.

Lähteandmed vaadeldava perioodi algaastaks 2000 (Lausmaa, 1998)

1. Põlevkivi

- 1.1 Põlevkivi eksploateeritav koguvary: 600 Mt (Estonian Mineral ..., 1994).
- 1.2 Elektrienergia tootmiseks tarbitud põlevkivi arvestuslik kogus: 10 Mt.
- 1.3 Elektrienergia tootmiseks tarbitud põlevkivi energeetiline väärtus: 25 TW·h.
- 1.4 Põlevkivi baasil toodetav elektrienergia: 8 TW·h.
- 1.5 Põlevkivi elektrienergia muundamise efektiivsus: 32%.

2. Biomass

- 2.1 Puidumassi juurdekasv Eestis: 12 Mt.
- 2.2 Puidumassi juurdekasvule vastava jäätmeprüdu energeetiline väärtus: 9 TW·h.
- 2.3 Turba säästva kasutuse ülemmäär aastas: 2 TW·h.
- 2.4 Biogaasi tehnilise aastaressursi energeetiline väärtus: 1 TW·h.
- 2.5 Kõrsvilja jääkide tehnilise aastaressursi energeetiline väärtus: 1 TW·h.
- 2.6 Sõotijäetud põllumaadel energiavõsa kasvatuse potentsiaali tehnilise ressursi energeetiline väärtus: 5 TW·h.

3. Tuuleenergia

- 3.1 Tuuleenergia tehniline ressurss Eestis: 2 TW·h.

4. Vee-energia

- 4.1 Vee-energia tehniline ressurss aastas: 0,3 TW·h (Raesaar, 1995).

5. Päikeseenergia

- 5.1 Päikeseenergia tehniline ressurss aastas: 0,2 TW·h.

Fossiilsete kütuste globaalselt säästev kasutamine

Vaatamata sellele, et fossiilsete kütuste nappusest tulenevad ohud on jõudnud arenenud riikides enamiku inimeste teadvusesse, ei ole sõnadest siiski palju kaugemale jõutud. Kuigi fossiilsete kütuste energeetilise potentsiaali säilitamiseks vajalik efektiivsuse tõus omab eksponentsiaalset iseloomu, ei ole olukord praegu siiski mitte nii drastiline nagu see pealiskaudsel vaatlusel võib tunduda. Järgnev tabel 1 annab meile ülevaate põhiliste fossiilsete kütuste nõutavast säästvust tagavast efektiivsuse tõusust 1998. a suhtes.

Nagu tabelist 1 nähtub, on vajalik efektiivsuse tõus tehnilisest aspektist vaadatuna täielikult teostatav, vaja on vaid poliitilist tahet ning organisatsioonilisi meetmeid ning seepärast on ülim aeg minna sõnadelt üle tegudele. Eeldades, et järgneva 50 aastajooksul suudetakse tegutseda organiseeritult ning säilitada fossiilsete kütuste energeetiline potentsiaal muundatud sekundaarenergia käesoleva taseme juures.

Tabel 1. Fossiilsete kütuste globaalne tarbimine ja säästev efektiivsus
Table 1. Global use of fossil fuels and their sustainable efficiency

Kütus	Varu tarbimisaastates	Aastatarve (PW·h)	Säästvast tagav efektiivsuse tõus aastas (%)
Vedelkütus	41	39	2,4
Looduslik gaas	63	24	1,6
Kivisüsi	218	26	0,5

saaksime fossiilsete kütuste säästva tarbimistaseme jaoks ajaperioodile 2000–2050 järgmise esindatuse (tabel 2).

Tabel 2. Fossiilsete kütuste säästev globaalne kasutus
Table 2. Sustainable global use of fossil fuels

Kütuse globaalne aastatarve (PW·h)	Aasta					
	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Vedelkütus	37	29	23	18	14	11
Looduslik gaas	23	20	17	14	12	10
Kivisüsi	26	24	23	22	21	20

Seega jäädes truuks säästva arengu põhimõtetele, tuleb ajavahemikus 2000–2050 vähendada vedelkütuse aastatarvet 3,3, loodusliku gaasi aastatarvet 2,2 ning kivisöe aastatarvet 1,3 korda. On ebarealistlik oletada, et seda on võimalik saavutada vaid tootmise ja tarbimise efektiivsuse tõstmise arvel. See aga tähendab, et tuleb teostada otsustav läbimurre taastuvenergia ressursside rakendamisel.

Põlevkivi säästev kasutamine

Eeldame, et põlevkivi säästva tarbimise protsess on põhiliselt määratud vaid ressursi mahuga ning keskkonnaprobleemid on põhimõtteliselt lahendatavad tootmismahu vähendamise kaudu. Eeldades muundatud sekundaarenergia taseme langust 1% aastas, mis kompenseeritakse taastuvenergiaga, saaksime põlevkivist toodetud elektri jaoks perioodil 2000–2050 järgmised arvud (tabel 3). Kogu vaadeldavaks perioodiks 2000–2050 nõutav tootmisefektiivsuse säästev tõus 32–43% on tehnilisest aspektist vaadatu-
na realistlik.

Tabel 3. Põlevkivi säästev kasutus Eestis
Table 3. Sustainable use of oil shale in Estonia

Parameeter	Aasta					
	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Sekundaarenergia (TW·h)	8,0	7,2	6,5	5,9	5,3	4,8
Efektiivsus (%)	32	34	37	39	41	43
Põlevkivi tarbimistase (Mt)	10,0	7,6	5,8	4,4	3,5	2,6
Põlevkivi tarbimistase (TW·h)	25,0	19,0	14,5	11,1	8,7	6,7
CO ₂ emissioon elaniku kohta (tonnides) ¹	6,7	5,0	3,9	3,0	2,3	1,8

¹Estonian's Second National Communication, 1998.

Soojuse tootmine fossiilsete kütuste baasil Eestis

Eeldades vedelkütuste ja kivisöe baasil toodetud soojuse 2%-list ning loodusliku gaasi baasil toodetud soojuse 1%-list langust aastas, mis tuleb kompenseerida biomassil töötavate katelde tootmismahu suurendamisega, saame, et katlamajades perioodil 2000–2050 imporditud fossiilsete kütuste säästev kasutamine on iseloomustatud järgmise tabeli kaudu (tabel 4).

Tabel 4. Soojuse tootmine fossiilsete kütuste baasil Eestis
Table 4. Fossil fuel based heat production in Estonia

Parameeter	Aasta					
	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Vedelkütuse kasutusefektiivsus (%)	50	53	57	60	63	66
Vedelkütuse tarvidus (TW·h)	3,2	2,5	1,9	1,5	1,1	0,9
Loodusliku gaasi kasutuse efektiivsus (%)	50	55	60	65	72	78
Loodusliku gaasi tarvidus (TW·h)	2,8	2,3	1,9	1,6	1,3	1,1
Kivisöe kasutusefektiivsus (%)	50	50	50	50	51	51
Kivisöe tarvidus (TW·h)	0,20	0,17	0,14	0,11	0,09	0,08

Säästva energeetika kontseptsioonist lähtuv primaarenergia tarbimine Eestis perioodil 2000–2050

Eeldades, et sekundaarenergia tarbimine vaadeldaval perioodil ei kasva, on primaarenergia vajadus iseloomustatud järgmiselt (tabel 5).

Tabel 5. Primaarenergia säästev kasutus Eestis perioodil 2000–2050
Table 5. Sustainable use of primary energy in Estonia for the period 2000–2050

Primaarenergia (TW·h)	Aasta					
	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Gaas	6,8	5,6	4,6	3,9	3,2	2,6
Vedelkütus	10,1	7,8	5,9	4,6	3,5	2,7
Turbaväline biomass	5,9	7,2	8,8	10,8	13,2	16,2
Turvas	0,4	1,4	2,0	2,0	2,0	2,0
Biomootorkütus	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Tuul	0,0	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0
Veeenergia	0,0	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7
Päikeseenergia	0,0	0,1	0,3	0,4	0,5	0,6
Kivisüsi	0,60	0,49	0,40	0,33	0,27	0,22
Põlevkivi	31,9	24,2	18,5	14,2	11,1	8,5
FOSSIILSED	49,4	38,1	29,4	23,0	18,1	14,0
TAASTUV	6,3	9,5	12,7	15,5	18,7	22,5
KOKKU	55,7	47,6	42,1	38,5	36,8	36,5
TAASTUVENERGIA OSAKAAL (%)	13	20	30	40	51	62
CO ₂ emissioon elaniku kohta (tonnides)	11,6	9,0	6,9	5,4	4,3	3,3

Praktilised meetmed kontseptsiooni rakendamiseks

- 1 Tuleb võtta tarvitusele mitmekülgsed majanduslikud abinõud taastuvenergia konkurentsivõime tõstmiseks energiaturul.
- 2 Kehtestada põlevkivist toodetud elektrienergia tootmistasemele regresseeruv (aastas 1% võrra alanev) ülempiir ning nõuda, et tootmise efektiivsus kasv ei oleks madalam säästvust tagavast kasvust. Kui elektrienergia tarbimine ületab kehtestatud ülempiiri või kui keskkonningimused nõuavad tootmistaseme säilitamist allpool sellest ülempiirist, tuleb vajatava elektrienergia puudujääk toota taastuvate energiaallikate baasil. Kui antud tootmistaseme juures ei saavutata säästvust tagavat efektiivsuskasvu, tuleb põlevkivist toodetud elektrienergia tootmistaset alandada piirini, mille puhul säästev efektiivsus kasv on väiksem või võrdne tegeliku efektiivsus kasvuga.
- 3 Põlevkivi baasil toodetud elektrienergia tarbimistase tuleb siduda vastava teadustööga antud valdkonnas tootmise efektiivsus taseme tõstmiseks ja keskkonnamõjude neutraliseerimiseks ning vahendid selleks teadustööks peavad olema arvatatud elektri hinna sisse.
- 4 Soojusenergia tootmisel tuleb fossiilsed kütused asendada sujuvalt taastuvenergia baasil toodetud soojusega ning võidelda majanduslike meetmetega põlevkivist toodetud elektrienergia kasutamise vastu eluruumide küttena.

- 5 Autotransport tuleb maksustada mootori võimsusest sõltuva progresseeruva liisamaksuga vahendite saamiseks taastuenergia baasil toodetud kodumaiste mootorikütuste väljatöötamiseks.

Lõppsõna

Esitatud stsenaarium kujutab vajalikku, kuid mitte piisavat tingimust säästvaks energeetikaks Eestis, sest võib osutuda liiga leebeks oluliste keskkonnamõjude arvestamisel. Järgmise etapina tuleks antud stsenaariumile teostada põhjalik majanduslik ja keskkonnakaitseline analüüs, et oleks võimalik välja töötada sobivad majanduslikud regulatsioonivahendid antud stsenaariumi praktiliseks rakendamiseks.

Kirjandus ✕ References

- 1 BP Amoci Statistical Review of World Energy 1999.
- 2 Energiabilanss 1999 (2000) Statistikaamet. Tallinn: 24–27.
- 3 Estonian Mineral Resources (1994) Ministry of the Environment of Estonia, Environment Information Centre. Tallinn.
- 4 Estonian's Second National Communication Under the United Nations Framework Convention on Climate Change (1998) Ministry of Environment of the Republic of Estonia. 23–26.
- 5 Lausmaa, T. (1998) Sustainable Energy Alternatives for Estonia, Renewable Energy Center TAASEN. Tallinn: 28–66.
- 6 Lausmaa, T. (1999) A Sustainable Lifestyle and the Information Society, Perspectives in Human Biology. Centre for Human Biology, the University of Western Australia, Vol. 4 (1). 231–235.
- 7 Lausmaa, T. (2000) About a Sustainable Economy Definition, the World Congress on Managing and Measuring Sustainable Development. Kananaskis Village. August 17–22. 1–11.
- 8 Raesaar, P. (1995) Vee-energia Eestis. Energiakeskus TAASEN. Tallinn: 4–9.

ABOUT THE CHANCES OF SUSTAINABLE ENERGY BREAK THROUGH IN ESTONIA

Tõnu Lausmaa

Re – En Center TAASEN, e-mail: tonu.lausmaa@mail.ee

Abstract

A sustainable energy concept for the period of 2001–2050 is presented, based on the doctrine of sustainable development, which would guarantee not only the undiminished conversion potential of the domestic energy resource but would be sustainable in relation of the imported fuels as well. As a practical result of this concept, by the year 2050 the share of renewables in the primary energy supply would be more than 60% and the CO₂ emission geared down to 3.3 tons per capita.

TAASTUVENERGIAALLIKAD JA EESTI RAHVUSLIKUD HUVID

Rein Veski

Tallinna Tehnikaülikooli Põlevkivi Instituut, Akadeemia tee 15, 12618 Tallinn
e-post: rein.veski@mail.ee

Annotatsioon

Eesti energeetikas on viimasel kümnendil toimunud põhjalikud muutused. Neist ühed olid seotud turumajandusele üleminekuga, teised uue paradigmaga energeetikas, mille alusel hakatakse ülemaailmselt vähendama fossiilkütuste negatiivset mõju keskkonnale ja võetakse senisest rohkem kasutusele taastuvenergiaallikaid. Olgugi et Eestis vajaksid arendamist kõik taastuvenergiaallikate rakendamissuunad, on taktikalistel kaalutlustel vaja suunata vahendid kõigepealt metsa- ja puidutööstusjäätmete paremale kasutamisele. Artiklis näidatakse, et Eestis on nii puidu kui turba varu piisav tagama riiklikus arengukavas ettenähtud 2/3 suurust kasvu aastaks 2010 võrreldes aastaga 1996. Eestis on ka arvestatavad tuule, päikese jm taastuvenergiaallikate varud. Kui jätkata senise raie- või kaevandamismahuga, jätkuks puitu juurdekasvu arvestamata 55 ja turvast 850 aastaks, mis kummutab väite Eesti soode kerge- mast haavatavusest võrreldes metsaga. Taastuvenergiaallikate kavandatud rakendamiseks on vaja riigi jõulist sekkumist, kuna viimase viie aasta jooksul on vähenenud nii kodumaise põlevkivi kui puidu ja turba energeetiline kasutamine. See on vähendanud riigi varustus- kindlust energiaallikatega, mida peetakse Euroopa Liidu riikides tõsiseks ohuks riigi suve- räänsusele. Eesti riigi huvides on kasulik rahvusvaheliste energeetikaalaste lepete täitmine, sest need suurendavad taastuvenergiaallikate osatähtsust. See omakorda suurendab riigi ener- geetilist sõltumatust, mis vastab Eesti rahvuslikele huvidele.

TAASTUVENERGIAALLIKAD, ENERGEETILINE SÕLTUVUS, RIIKLIK ARENGUKAVA, VARUSTUSKINDLUS, KAUBELDAVAD SAASTELOAD

Rahvuslikud huvid ja sõltumatus

Pärast Bonni kliimakohtumist läks Eesti pressis käibele uus USA välispoliitika suunamuutusi iseloomustav mõiste “multilateraalsus *à la carte*” (Raud, 2001). Eesti keeles – kui mitmepoolsus eritellimusel või liitumine ainult nende rahvusvaheliste lepingutega, mis väga selgelt kaitsevad Ameerika huve. Oma riigi huve oli seoses Kyoto protokolliga varem deklareerinud Venemaa ja mõned teised suurriigid. Mõisted *huvi* ja *huvid* pole sünonüümid. Riigi huvide all mõistame rahva huve, kuna Eesti Vabariigi põhiseaduse (RT 1992, 26, 349, I peatükk, § 1) järgi kõrgeima riigivõimu kandja on rahvas.

Kyoto protokoll on kliima kaudu seotud energeetika ja viimase kaudu energiaallika- tega. Seoses sellega viitame põhiseaduse § 5-le, et meie loodusvarad ja -ressursid on rahvuslik rikkus, mida tuleb kasutada säästlikult. Riikide suveräänsust koos suveräänse õigusega oma loodusvaradele tunnistatakse Euroopa Liidu Energiahartas. Euroopa Liidu dokumentides kasutatakse mõistet *security of supply*. Tavatõlkes kui varustus- kindlus. *Security*’d saab tõlkida eesti keelde mitmeti: julgeolek, turvalisus, ohutus-, turva-, kaitse-, tagatis jne. Euroopa Liidu asjatundjad kirjutavad energeetikaga seoses piisava suurusega usaldusväärsete ja odavate energiavarude loomisest, energiasüste-

mide haavatavusest ja taastuenergiaallikate kasutamise vajadusest (Weidenfeld ja Wessels, 1999). Lisame ka *security of supply* määrangu, millest selgub, et selle all mõeldakse püüdlust vähendada varustuskatkestustest tingitud ohte ja toimet Euroopa Liidu majandusele ja ühiskonnale (Energy in..., 1999). Mõne liikmesriigi arvates on tegemist teemaga, mis omab ülimat tähtsust riigi suveräänsuse seisukohalt. Euroopa Liidu kasutustavasid arvestades oleks meil õigem eristada energiavarustuskindluses riigi ja nn katlamaja tasandit. Neist esimene on seotud riigi julgeolekuga, teine mingi piirkonna elektri- ja/või soojusenergiaga varustamisega. Kasutades taastuenergiaallikaid, suurendame nii kohalikku kui ka riiklikku varustuskindlust. *Eesti vabariigi julgeolupoliitika alustes* (RT I 2001, 24, 134) peetakse riskifaktoriteks sõltuvust gaasi ja vedelkütuse impordist ja ühendatust Venemaa elektrisüsteemiga. Seda vähendab riigi-reserv.

Eestile kui Euroopa Liidu kandidaatriigile heidetakse ette tavaliselt puudujääke statistilises arvestuses ja kütuse miinimumvaru puudumist. Et stabiliseerida siseturgu, vajatakse 90 päeva varu. Peale selle peab olema riigil kütuse julgeolekuvaru erakorraliste ja eriolukordade puhuks. Eesti kavatses rahaliste võimaluste puudumisel võtta vastu otsuse mitte moodustada nimetatud varusid (IX Riigikogu..., 2001). Me võime seega oma põhiseaduses konstateerida (vt § 1) kui tahes kordi, et Eesti iseseisvus ja sõltumatus on aegumatu ja võõrandamatu. Samas tuleb ka majandusliku sõltuvuse eest hea seista. Energeetika on teatavasti valdkond, kus vale otsustused võivad meid kergesti viia teiste riikide majandusliku surve alla. Kes teevad selles valdkonnas otsuseid?

Palmaru järgi on Eestis suhteliselt lühikese aja jooksul toimunud juba teine eetiliste, ideoloogiliste ja organisatsiooniliste paradigmade muutus, kus 1990. aastate alguse "tõe-eetika" on asendumas huvide eetikaga (Palmaru, 2000). Täpsemalt: **rahvus kui poliitika põhisubjekt poliitilise elu näitelaval on asendumas huvigruppidega**. Ta nimetab mõjukate institutsionaalsete huvigruppide hulgas monopoolseid suurettevõtteid, mille suhtes pole riigil ega omavalitsustel loogiliselt põhjendatud poliitikat, samas kui kontroll nende ettevõtete üle on muutunud poliitilise võitluse koostisosaks. Lisame, et kontrollitav omab alati kontrolli kontrollija üle, kuna nad on huvide kaudu otseselt teineteisega seotud. Laskumata sügavamalt monopolide ja riigiesindajate vastastikuse mõjutamise analüüsi, millele on ajakirjanduses korduvalt vihjatud (Fjuk, 2001; Veski, 2001a, b), analüüsime, millises suunas on Eesti energeetika vastakate majanduslike ja poliitiliste otsuste mõjul tegelikult suundunud.

Valitsuse otsused taastuenergiaallikate kasutamiseks

Alljärgnevalt vaatleme igasugust tegevust, mis vähendab varustuskindlust ja/või kodumaiste (loe: nii taastuvate kui taastumatute) energiaallikate kasutamist tegevusena, mis vähendab riigi majanduslikku sõltumatust. Juhul, kui põlevkivi kasutamise laiendamine toimub taastuenergiaallikate arvel, loeme tegevuse Euroopa Liidu põhimõtetele ja meie kütusemajanduse arengukava mitmele põhiseisukohale (tabel, punkt 2) vastukäivaks. Ülevaatlikkuse suurendamiseks alustame tabelis lõike SUURTE TÄHTEDEGA siis, kui otsus soodustab kodumaise kütuse kasutamist. Rõhutamine toimub rasvase kirja abil.

Tabel 1. Valitsuse otsused taastuvenergiaallikate kasutamise soodustamiseks või takistamiseks

Table 1. Government decisions pro and contra on use of renewable energy sources

Dokumendi nimi, sisu ja lühiselgitus
<p>1. SÄÄSTVA ARENGU SEADUS (RT I, 1995, 31, 384) sätestab, et taastuva loodusvara varu jaguneb kriitiliseks ja kasutatavaks varuks. Vabariigi Valitsus kinnitas 14.8.96. määrusega nr. 213 TURBA SÄÄSTEV KASUTAMINE kriitilise varu suuruseks 1 590 000 000 t ja sellest üle jääva kasutatava varu suuruseks 775 000 000 t. Ühtlasi määrati maakondadele kuni aastani 2006 turbakaevandamise kvoodid, kokku 2 780 000 t/a. Sisuliselt tähendab määrus turba taastuvkütuseks kuulutamist kuni aastani 2006. Kahjuks pole sellega arvestatud mitmes teises valitsuse dokumendis.</p>
<p>2. KÜTUSE- JA ENERGIAMAJANDUSE PIKAAJALINE RIIKLIK ARENGUKAVA (RT II 1998, 19, 295) näeb ette taastuvenergiaallikate kasutamise osatähtsuse suurendamise ja põlevkivi osatähtsuse vähendamise. Sealjuures kavandati taastuvenergiaallikate abil elektri- ja soojusenergia koostootmist, energiavõsa ja muu energeetilise biomassi tootmise võimalikku alustamist ja kasutuselevõttu, olmejäätmete põletamis-seadmete rajamist ja biogaasi tootmist, mille alginvesteeringuid toetatakse ka keskonnafondist (fondi endisel kujul enam ei eksisteeri). Seal nähti ette töötada välja kava tuule- ja hüdroenergiaseadmete rakendamise ja kasutamise stimuleerimiseks või doteerimiseks (tänapäevaks tehtud), sihtprogrammi (valitsus koos majandusministeeriumiga) koostamine turba, biokütuste ja teiste taastuvenergiaallikate majanduslikult põhjendatud rakendamise kohta energia tootmisel (2000. aastal loodi ministeeriumi juurde Taastuvenergeetika nõukogu, kes koostas ülevaatliku, ettepanekuid sisaldava dokumendi (Taastuvenergiaallikate ..., 2001).</p> <p>Arengukava nimetab Eesti energeetika ühe strateegilise eesmärgina (p 2.3, punkt 8) taastuvenergiaallikate laiema kasutamise soodustamist maksusoodustuste rakendamise-ga nii vastavatele investeeringutele kui ka nende baasil energia tootmisele. Samas (p 4.4) lisaks veel soodustusi investeeringute tegemisel turba ja puitkütuste tootmise arendamisse.</p> <p>Arengukava tõstab esile (4.4) <i>suuri turba- ja puiduvarusid, nende kasutamise väikest keskkonnoahtlikkust ning positiivset mõju</i>, lisades samas kontekstis juurde: <i>Seejuures puit ja teised biokütused on taastuv loodusvara ja nende põlemisel atmosfääri paisata-vad CO₂ heitmeid ei arvata kasvuhoonegaaside hulka, kuna see ei mõjuta süsiniku ringkäiku looduses</i>. Samas nenditakse turba ja puidu energeetilise kasutamise positiiv-set mõju regionaalarengule ja tööhõivele kui vahendit, mis aitab koos teiste kohalike kütustega tagada elektritootmise sõltumatuse impordist (p 4.1).</p> <p>Arengukavas kaalutakse EL-i eeskujul fossiilkütuste (Arengukavas maagaasi, p 4.2) maksustamist riigi julgeolekuvarude loomiseks, mis soodustaks ka kohalike energiava-rude, eeskätt puidu ja turba kasutamist.</p> <p>Arengukavas kavandati ka diferentseeritud aktsiisimäärade kasutamist kütustele ja energiale ning ressursi- ja saastemaksude revideerimist enne aastat 2000 kohalike kütuste eeliskasutust silmas pidades (p 5.2). Tegelikult on ressursimaksu suurendatud (RT I 1998, 1438, 2816) nii enne kui pärast aastat 2000 ja see on küteturbal ligi kaks korda suurem kasvuturba omast, aastal 1999 vastavalt 3.00 ja 1.80, aastal 2000 3.60 ja 2.20 ning aastal 2001 4.30 ja 2.60. Põlevkivi kaevandamisõiguse eest nõuti 4.80 kr/t.</p>

3. EESTI KESKKONNATEGEVUSKAVAS (millega valitsus nõustus 26.5.1998) nähti ette aastatel 1998...2000 ja 2001...2006 osaline või täielik alternatiivenergiat kasutatavate demoprojektide rahastamine maksumusega 60 mln kr, mis tõsteti hiljem 120 mln kroonini. Raha selleks ette polnud nähtud. Samas (§ 3.5 p 3.3.1) nähti ette 1998...2000. aastaks taastuvate energialiikide kasutajatele tulumaksusoodustus. Hilisemad muudatused tulumaksuseaduses nullisid selle soodustuse. § 3.3.2 nägi ette käibemaksuseaduse täiendamise nii, et kõigi taastuvate energialiikide baasil toodetud energia oleks käibemaksuvaba (pärast EL-i astumist 5%). Seda soodustust ei rakendata täies mahus.

4. ENERGIASEADUS (muutmisel) nägi ette turgu valitsevale ettevõttele kohustust osta elektrienergiat tema võrguga ühendatud ettevõtjalt, kes toodab seda vee-, tuule- või päikeseenergiast, biomassist, jäätmegaasist või jäätmematerjalist. Äärmiselt segane terminite struktuur võimaldab jätta osa taastuvenergiaallikaid soodustuseta. Elektrienergiat ostetakse hinnaga, mis on 90% kodutarbija põhitariifist, kui selle müügiimaht ei ületa 2% elektrienergia tarbitud kogusest. Seega on soodustus vaid teatud piirini. Toetussumma peaks edaspidi tulema riigi eelarve kaudu.

5. EESTI KESKKONNASTRATEEGIA (RT I 1997, 26, 390): energeetika negatiivse keskkonnamõju vähendamine, **taastuvenergiaallikate kasutamine**, kasvahooneefekti põhjustavate gaaside koguse vähendamine, üle 2% väävlisisaldusega kütteõli ja üle 0,05% väävlisisaldusega diislikütuse kasutamise lõpetamine aastaks 2005, õhu kvaliteedi parandamiseks kütuse aktsiisimäära diferentseerimine vastavalt keskkonnohtlikkusele.

6. SAASTETASU SEADUS (RT I 1999, 24, 361; 54, 583; 95, 843) saastetasu määra kohta aastateks 1999...2001. Alates 2000. aastast kehtestati 50-MW ja suuremate põletusseadmete omanikele CO₂ saastekahju hüvituse määraks 5 ja alates 2001. aastast 7,5 kr/t, mida suurendatakse olenevalt saasteallika paiknemisest 1,2...2,5 korda. Soodustusi antakse samuti neile, kes asendavad ühe taastumatu loodusvara teise vähemsaastavaga või täiustavad tehnoloogiat, mille tulemusel kasutatakse vähem saastavat kütust. Aastast 2003 võib CO₂ maks rakenduda kõigile energiaettevõtjatele, mis sunnib väiksematel ettevõtetel üle minema **taastuvenergiaallikate** kasutamisele. Ettevõtte saab soodustusi, kui vähendab omal kulul kolme aasta jooksul saasteainete või jäätmete kogust vähemalt 25%. Puuduseks on, et saastetasu ei laeku sihtotstarbeliselt taastuvenergiaallikate täiendamiseks.

7. Keskkonnaministri määrus nr 58 Süsinikdioksiidi (CO₂) heitkoguse määramismeetodi kinnitamine (RTL 1998, 287/288, 1175) loeb kokkuleppeliselt biomassi (veel samas ka tahke biomass: puit; biokütused) põlemisel tekkiva CO₂ koguse nulliks, sest kasvav mets tarbib selle uuesti ära (toimub CO₂ tsirkulatsioon), ja seda ei liideta teiste kütuste põlemisel tekkiva CO₂ kogusele. Süsiniku eriheitmed on arvatud kõigile kütustele. **Turvas loetakse tahkeks fossiilkütuseks** võrdväärselt antratsiidi, kivisöe ja ligniidiga. Ministri määrus on vastuolus valitsuse määrusega 213 (vt tabeli ülemine rida) ja levinud tavaga arvestada soid CO₂ sidujatena.

8. Saastekahju hüvitise määrad 1998. aastaks saasteainete viimisel välisõhku (RT 1998 I, 2) ja saastetasu hüvitiste määra kehtestamine 1999., 2000. ja 2001. aastaks (Vabariigi valitsuse määrus nr 228 7.10.1998, RT I 1998, 88, 1440). Saastekahju hüvitamise tasud tõusid/tõusevad: SO₂ alates 38.30 kuni 66.20 kr, CO₂ 50-MW soojusvõimsuse või suurema korral 0 kuni 7.50 kr, põlevkivituhk 38.30 kuni 66.20 kr, tõusid ka põletamistehnoloogias olenevad tasud.

Valitsus on pärast turumajandusele üleminekut võtnud vastu otsuseid ennemini taastuvenergiaallikate kasutamise soodustamiseks kui takistamiseks (tabel 1). Soodustavate otsuste täitmata jätmine ja paljud vasturääkivused annavad pigemini tunnistust ka huvigruppide lobitööst. Sellega pole öeldud, et huvigruppide huvid ei võiks vahest langeda kokku riigi (loe: rahva) huvidega, isegi siis, kui sellest aru ei saada. Samas aga on just Riigikogu ja valitsus selleks lülks, kes saab kaitsta rahva huvisid monopolide ees, kelle osalisel toetusel poliitiline võim saavutati.

Eesmärk ja tulemus

Kütuse- ja energiamajanduse pikaajalises riiklikus arengukavas (tabel 1, p 2) kavandati vähendada põlevkivi osatähtsust aastaks 2010 võrreldes 1995. aastaga u 1/5 võrra (täpsemalt 62-lt 47...50%-ni, u 20%), olukorras kus primaarenergia vajadus kas jääb samale tasemele või tõuseb vähesel määral. Samal ajal nähti ette suurendada taastuvenergiaallikate osa 1996. aastaga võrreldes 2/3 võrra.

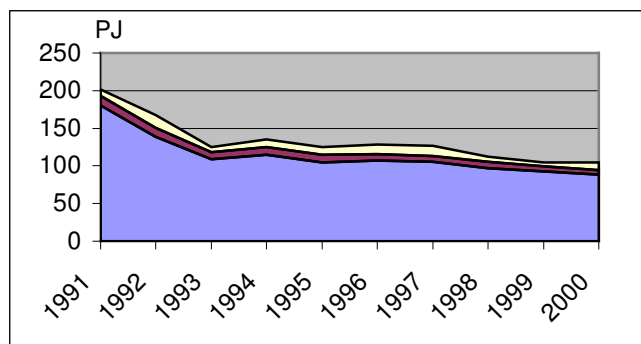
Alljärgnevad arvutused põhinevad Eesti Statistikaameti aastaraamatute ja energiabilansside andmetel. Neist nähtub (vt ka joonis 1), et kontrollaastal 1995 kasutati põlevkivi ja põlevkiviõli soojus- ja elektrienergia tootmiseks (miinus eksport) ning põlevkivi ja -õli energia lõpptarbimises **kokku 114,7, aastal 2000 aga 94,6 PJ, s.o 20,1 PJ** ehk 17,5% vähem. Seega ollakse lähenetud aastaks 2010 kavandatud 20%-lisele langusele, mis võrdub u 24 PJ-ga.

Taastuvenergiaallikate kasutamise kavandatud kasv aastaks 2010 oli arengukava järgi võrreldes 1996. aastaga 2/3 võrra ehk 19 PJ, seega on arengukavva sisse kodeeritud riigi varustuskindluse vähenemine 5 PJ! Tegelikult vähenes (joonis 2) ka kütteturba ja -puidu kasutamine 27,5-lt kuni 22,1 PJ-ni ehk nelja aastaga 5,4 PJ. Seega on kavandatud 66,7% tõusu asemel toimunud ligi **20%** suurune langus. Kuna muude taastuvenergiaallikate osatähtsust turba ja puidu kõrval on seni kahjuks marginaalne, toimus arengukava toimimise esimesel kolmandikajal kodumaiste kütuste kasutamise vähenemine kokku **25,5 PJ ehk 17,9%**.

Seda ettekavandatud kodumaiste energiaallikate vähendamist tuleb samuti vaadata arengukava ühe väga olulise põhipuudusena. 2000. aasta lõpus moodustas majandusministeerium Taastuvenergeetika nõukogu, kes koostas ettekande *Taastuvenergiaallikate majanduslikult põhjendatud rakendamise energia tootmiseks* (Taastuvenergiaallikate ..., 2001). Selles antakse ülevaade olukorrast Eestis ja Euroopa Liidus ning soovitusel ala arendamiseks Eesti Vabariigi Valitsusele.

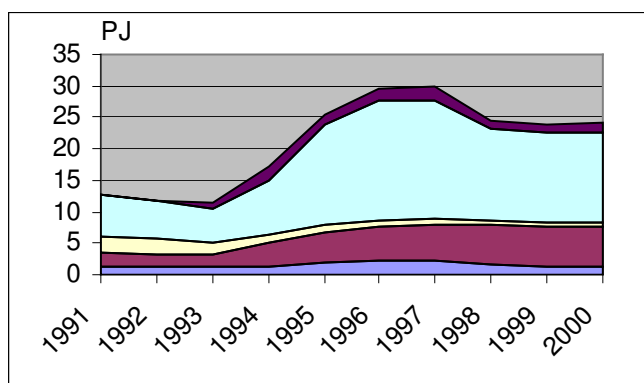
Taastuvenergiaallikate ressurss ja selle tarbimine

Mõistet *kütuste tarbimine* statistika aastaraamatud, kust alljärgnevad andmed on võetud, ei selgita. Konteksti järgi mõeldakse selle all kütuse tarbimist elektri- ja soojusenergia tootmiseks, muundamiseks teisteks kütuseliikideks, vahetuks tootmistarbeks, transpordivajadusteks ja elanike poolt tarbituks. Kadu ei ole tarbimise koostisosi. Põlevkivi ja teiste fossiilkütuste korral on energeetilisse tarbimisse lülitatud tarbimine mittekütuseliste toodete valmistamiseks, mis vähendab veidi taastuvenergiaallikate tegelikku osatähtsust primaarenergia ressurssides.



Joonis 1. Põlevkivi tarbimine elektri- ja soojusenergia tootmiseks miinus elektrienergia eksport (sinine osa), põlevkiviõli tarbimine samaks otstarbeks ning naturaalse põlevkivi ja põlevkiviõli lõpptarbimine (pruun osa), põlevkivielektri, -koksi ja -õli eksport (kollane osa) PJ

Figure 1. Consumption of oil shale for electricity and heat generation minus electricity export (blue part of figure), consumption of shale oil in the same purpose and final consumption of oil shale, shale oil (brown part), and export of shale electricity, coke and oil (yellow part) PJ



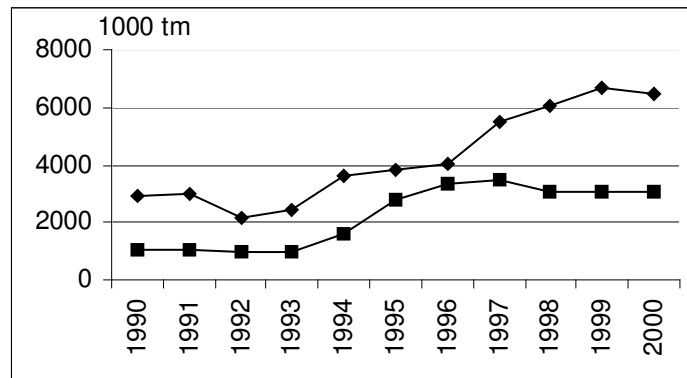
Joonis 2. Alt üles turvas soojus- ja elektrienergia tootmiseks (sinine), puit soojusenergia tootmiseks (pruun), küttureurba (kollane) ja -puidu (heleroheline) lõpptarbimine ning küttureurba ja -puidu eksport (must) PJ

Figure 2. From bottom consumption of peat for electricity and heat generation (blue), consumption of wood for heat production (brown), and final consumption of fuel peat (yellow) and firewood (pale green), and export of fuel peat and firewood (black) PJ

Üheks tähtsamaks taastuvenergiaallikaks Eestis on küttepuit (joonis 3). Eesti metsanduse arengukava soovib raiuda puitu aastas mitte üle 7,81 mln tm. Puistute üldtagavara 352,7 mln tm juures jätkuks puitu 2000. aasta koguraie 6,439 mln tm korral, kui puidu juurdekasvu ei arvestata, 55 aastaks. Prognoositud raie 9,64 mln tm/a korral 37 aastaks.

Kui tagada arengukavas ettenähtud taastuvenergiaallikate 2/3 suurune kasv ainult küttepuidu tarbimise suurendamisega, tuleks aastal 2010 tarbida 5,5 mln tm (u 15 PJ/a senisest enam) 1996. aastal tarbitud 3,3 mln tm küttepuidu asemel. Riiklik statistika

näitab, et aastal 1996 tarbiti üle 82% (!) Eesti metsadest langetatud puidust küttepuiduna. Ainuüksi juba see viitab väga tõsistele raskustele saada tõepäraseid statistilisi



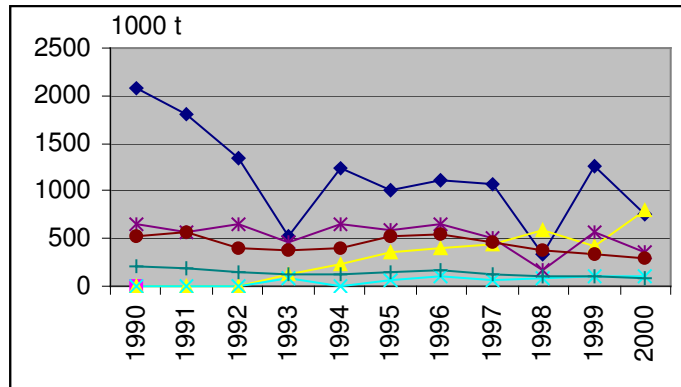
Joonis 3. Metsaraie (♦) ja küttepuidu tarbimine (■) 1000 tm

Figure 3. Felling (♦) and consumption of firewood (■) 1000 m³ solid volume

andmeid raiutava ja kütusena tarbitava puidu kohta. Sellele viidatakse ka äsja kaitstud magistritöös (Kask, 2001). Statistikaameti avaldatud andmed näitavad, et raie kasv (tegelikult lisandub veel Eestisse toodava puidu töötlemisjäätgid) alates arengukava kontrollaastast 1996 pole tõstnud sisemaist küttepuidu tarbimist. See tähendab, et metsa- ja puidutööstusjäätmed ei leia kasutamist või nende kasutamine arvestamist. Viimase väite illustreerimiseks nimetame, et ainuüksi AS *Hansa Graanul* tootis 1999. aastal 24 000 t saepurugraanuleid, peamiselt ekspordiks. Kolme graanuliettevõtte 2002. aasta prognoos on 150 000 t. Energiabilansi alusel 1999. aastal puitu ega jäätmeid ei eksporditud (Energiabilanss, 2001). Tegelikult eksporditi puidugraanuleid koguses umbes 400 TJ. Võrdluseks, et samal aastal eksporditi turbabriketti 1005 TJ.

Eksport on ainus Eesti turbatööstust tervikuna iseloomustav näitaja, mis on viimase 10 aasta jooksul pidevalt suurenenud. Kuid ka turbatööstusstatistika vajaks põhjalikku revideerimist (Veski, 2000/2001a).

Turba kaevandamist reguleeriv valitsuse määrus (tabel 1, p 1) sätestas turba taastuvaks maavaraks kuni aastani 2006, kui ei ületata lubatud kvooti 2 780 000 t/a. Võrreldes puiduga on turbavarud enam kaitstud, kuna turvast jaguks senise kaevandamistempo kohaselt juurdekasvu arvestamata 850 aastaks, maavaravarude bilansis arvel olevat turvast isegi 1520 aastaks. Viimasel viiel aastal, mil käib arvestus riikliku arengukava täitmise üle, on jäänud kaevandamata 1,87 mln t/a. Kui seda kaevandada meil enam levinud küteturbana, suureneks primaarenergia tootmine ligi 15 PJ/a.



Joonis 4. Turba kaevandamine (◆), küttureurba tootmine (●) ja tarbimine (■), küttureurba eksport väliskaubanduse kohta käivatel andmetel (▲) ja energiabilansi järgi (x) ning briketi tootmine (I) 1000 t

Figure 4. Excavation of peat (◆), production (●) and consumption (■) of fuel peat, peat export according to foreign trade statistics (▲) and energy balances (x), and production of peat briquette (I) 1000 t

Eesti turbatööstus on suuresti väliskaubandusele orienteeritud ja sõltub täielikult ilmastikuoludest (ebasoodsad aastad 1993 ja 1998) (joonis 4). Küttureurba ekspordina näidatud turba eksport väliskaubanduse andmetel sisaldab ka aiandusturvast ja väetussegusid. Tegelikult küttureurba ekspordi andmed leiame energiabilanssidest.

Mismoodi tõsta Eestis kodumaiste energiaallikate osatähtsust

NB! Küttepuidu osatähtsust on suurenenud arvestamispõhimõtete muutmise tõttu. Muudetud on puidu koguseid Statistikaameti aastaraamatute ja energiabilansside arvriidades, samas kui põhjalikesse energiabilanssidesse pole neid korrekture tehtud. See on tekitanud väga kahemõttelise olukorra, kus jätkuvalt kavandatakse riiklikule arengukavale viidates tõsta taastuvenergiaallikate (dokumendis: turvas, puit, taastuvad energiaallikad) osatähtsust primaarenergia ressursides 8%-lt (1995) 11%-ni (2005) ja edasi 13%-ni (2010), vaevumata kontrollima, et ainuüksi küttureurba ja -puidu osatähtsus oli juba 1996. aastal 12% (Energiabilanss, 2001). Kuna riikliku arengukava leitmotiiv oli taastuvenergiaallikate kasutamise suurendamine ja selle 2/3 suurune tõus oli arengukavasse sisse kirjutatud alates aastast 1996, siis sellest ka nimetatud aastanumbri olulisus tulevikukavade tegemisel.

Kahe viimase tabeli kommentaarides väitsime, et nii turba kui puidu abil on võimalik tõsta aastaks 2010 taastuvenergiaallikate kasutamist 15...19 PJ võrra ehk 1,5...1,9 PJ aastas. Algul on võimalik kiiret kasvu saavutada puidujäätmete parema ära kasutamise teel, millele viitavad põhjendamatult suured käärid metsa raie ja kütuseks kasutatava puidu vahel viimastel aastatel (joonis 4). Edasi tuleks mõelda põhiliselt teistele võimalustele. Esimesel pilgul võiks arvata, et turvas pakub piiramatuid võimalusi. Tegelikult nii ei ole, sest aasta 2006 on lähedal, milleni kehtivad kaevandamise kvoodid, mistõttu ükski vähegi majanduslikult mõtleb turbatööstur ei kavatse esialgu tõsiselt küttureurba tootmist laiendada.

Lahendust küttepuidu ja -turba kasutamise suurenemiseks ei tohiks otsida ekspordi piirangutest, sest eksport on olnud seni ainus hoob, mis on võimaldanud säilitada turbabriketitööstuse ja anda arengupulss puidugraanulite ja -söetööstusele. Pealegi on eksporditavad kogused võrreldes siseriikliku tarbimisega väikesed (joonis 1 ja 2). Puitu veeti aastal 2000 välja vaid 0,19 PJ ning küteturvast ja turbabriketti vastavalt 0,66 ja 0,27 PJ ulatuses (Energiabilanss, 2001).

Osalist lahendust kohe tõsta taastuvenergiaallikate osatähtsust pakub põhk (veerand tekkivast põhust – 1,37 PJ/a), roog, võsa, hein jm. Olmejätmed sisaldavad u 5,7 PJ energiat, kuid seda ei kasutata, suuremate linnade toidujätmed – 0,36 PJ/a energiat. Päikesekollektorite ja soojuspumpade abil toodeti Eestis ligi 0,03 PJ energiat, saaks toota kuni 0,5...2,2 PJ. Vee abil toodeti aastas ligi 0,02 PJ energiat, saaks toota kuni 0,3...0,85 PJ/a. Seni on meil taastuvenergiaallikatest kõige vähem kasutatud tuuleenergiat. Selle tehniline varu on 9,7...12,6 PJ (Taastuvenergiaallikate ..., 2001). Tuuleenergia jõuline arendamine eeldab, et Eesti saab rahvusvaheliste tavade kohaselt õiguse vähemalt kolmandikule Narva HEJ-s toodetud elektrienergiale, kuna seal kasutatakse meie jõgikonna vett.

Taastuvenergiaallikatel on kahjuks osa “roheliste” näol vastuseisjaid. Vee-energia kasutamine suurendavat soostumist, turba kasutamine hävitavat soid. Matemaatikas annaks miinus ja miinus plussi. Ollakse mitmel põhjusel tuuleenergia kasutamise vastu. Kuna niikuinii ollakse põlevkivi kasutamise vastu, tuleb välja, et endale teadmata (või teadlikult?) ollakse sisseveetavate fossiilkütuste kasutamise poolt. Võib-olla tuleb “rohelistele” üllatusena, et nad on tegelikult Eesti majandusliku iseseisvuse vähendamise poolt.

Põlevkivi kaevandamisel pole piiranguid, mis on varude taastuvust silmas pidades kehtestatud Eestis turbale ja puidule. Kui valitsus kavandab tunnistada turba pärast aastat 2006 taastumatuks loodusvaraks (loe: fossiilkütuseks nagu antratsiit), ei saa selle kaevandamist enam reguleerida loodusvara taastuvusest lähtudes. Mis on otstarbekam, kas kontrollitav või kontrollimata turbakaevandamine? Euroopa Parlamendis ja Euroopa Nõukogus ringlevat juba ettepanek lülitada turvas “klassikaliste” taastuvenergiaallikate nimekirja klausliga tema aastase juurdekasvu piires (Ilomets, 2001).

Mis läheks kodumaiste energiaallikate kasutamine Eestile maksma? Ekspert hinnangul oleks vaja taastuvenergiaallikate kasutamise 2/3 suuruse kasvu saavutamiseks aastas 1,9 mld kr, millest riigi tagastamatu abi (keskmiselt 23,3%) oleks 440 mln kr/a, kuni aastani 2010 kokku 4,4 mld kr. Summa määramisel kasutati Euroopa Liidu taastuvenergiaallikate kampaania *Campaign for Take-Off* (Energy ..., 1999) arvutusi. Riik korjaks oma osa vahenditest kokku fossiilkütuste aktsiisina ja saastetasuna (lähemalt: Taastuvenergiaallikate..., 2001, Veski, 2000/2001b). Akadeemik Ilmar Öpik peab rõhutatult vajalikuks stimuleerida taastuvenergia tootmist läbipaistvalt ja ainult fossiilkütuse ressursi ja saastemaksude arvelt (Öpik, 2001).

Abisaaja omavahenditest tehtud investeeringute hinnanguline maht kuni aastani 2010 oleks 10...15 mld kr. Investeeringuid on loota vaid siis, kui riik on loonud majanduslikud eeldused, et abi tulla üldse küsima. Oodatud on loomulikult roheliste konstruktiivne kriitika kõikidele keskkonda mõjutavatele ettevõtmistele. Võib-olla Eestil tekib võimalus kaubitseda süsinikdioksiidi saastelubadega, k.a “kuuma õhuga”.

Seda võib nurjata Läänes levitatav arvamus, et kasvuhoonegaaside koguse vähenemine toimus üleminekuriikides ilma riigipoolsete abinõude rakendamiseta (Kallaste, 2001). Vastuväiteks olgu öeldud, et just rahvas – kõrgeima riigivõimu kandja – taastas turumajandusliku riigi. “Kuuma õhuga” kaubitsemine on vajalik, et ületada poole sajandi jooksul tekkinud mahajäämust suletud majandussüsteemilt üleminekul turumajandusele.

Suhtumine põlevkivienergeetikasse

Eesti energeetika eripäraks oli ja on aastakümneid põlevkivi kasutamine. Põlevkivi on peetud õigustatult nii Eesti õnneks kui viletsuseks. Tänu peamiselt poliitilise sõltuvuse suurendamiseks Eestisse sissetoodud võõrtöötajatel töötav põlevkivielektri ja -õli tööstus tagas Eestile vajaliku majandusliku sõltumatuse kaudu poliitilise sõltumatuse endisest NSV Liidust.

Narva Elektri jaamade renoveerimine läheb maksma 3,9 mld kr, millele lisandub varem tegemata investeeringuid 1 mld kr (Arukaevu, 2001). Viidatud allikas väidetakse, et *keegi ei oska soovitada piisavalt suure energiakoguse tootmise lahendust taastuvenergia abil, mistõttu põlevkivist elektri tootmine jääb seega ainsaks võimaluseks*. Tegemist on aastate jooksul korratud tüüpväitega. On iseenesestki selge, et põlevkivist elektritootmine peab jätkuma. Küsimus on tootmise mahus ja selle aeglasel vähendamisel nii, et ei väheneks riigi energeetiline sõltumatus. Põlevkivivarud on ammenduvad, seega kuuluvad paratamatult asendamisele, millega tuleb arvestada. Tuleb ka arvestada, et põlevkivikatelde kasuteguri tõus toob kaasa erikulu vähenemise elektritootmisel. Siiski jõuab maapinnale toodud põlevkivikaevise energiast elektri lõpptarbijale 20% energiast, tulevikus 27,5% (Öpik, 2001). Nagu eespool nähtus, on vaja taastuvenergiaallikate täiendavaks kasutuselevõtmiseks kavandatud mahus umbes samapalju raha, kui maksab põlevkivienergeetika renoveerimine.

Kui varem toodeti peaaegu kogu vajalik elekter põlevkivist, siis 2000. aastal tarbiti 88,89 PJ elektrienergia tootmiseks 83,58 PJ põlevkivi (Energiabilanss, 2001), põlevkivi osatähtsus seega 94%. Suuruselt järgmine energiaallikas on imporditud maagaas 3,35%, edasi kodumaise päritoluga nn muu kütus (generaatori- ja biogaas, must leelis) 1,99%, kodumaine põlevkiviõli 0,39%, turvas 0,20%, importkütteõlid 0,04% ja hüdro- ja tuuleenergia 0,024%. Kuna musta leelise osatähtsust muus kütuses pole Statistikaameti andmetel võimalik hinnata, on raske öelda, milline osa on taastuvkütustel elektritootmises kokku. Erinevalt Euroopa Liidu maadest, kus kavandatakse tõsta eelistatult taastuvenergiaallikate osa elektritootmisel, ei saa see Eesti energeetika omapära arvestades olla meile eesmärgiks. Ennemini peaks taastuvenergiaallikatel põhinev kombineeritud soojus- ja elektrienergia tootmine (leiab toetamist Euroopa Liidus – Eesti..., 2000) jätkama põlevkivil põhineva elektritootmise osatähtsuse vähendamist. Selle alustamiseks pole mingeid takistusi. Juba praegu moodustab ASi Tootsi Turvas elanikele müüdava soojusenergia hind ASi Kiviõli Soojus omast 65% (Rozental, 2001). Mõlemad on elektri- ja soojusenergia koostootmisjaamad, esimene kasutab turvast, teine põlevkivi.

See, et energia on kallis, pole enam uudis. On aga suur vahe, kas see on kallis riigi energeetilist sõltuvust suurendades või hoopis seda vähendades. Juhul kui põlevkivi asendada maagaasiga, ohustuks riigi energia varustuskindlus ja riigi poliitiline ja

majanduslik sõltumatus (Pärnoja, 2000). Toodud kirjandusallika alusel saab selgeks veel üks arengukava põhipuudustest. Nimelt on selles energiaallikatest kõige suurem, keskmiselt 82%, tõus kavandatud maagaasile, mis on aastaks 2000 täidetud 14% ulatuses. Samas on gaasi kogus elektritootmisel, kus meil on koormamata võimsused, suurenenud 32 korda.

Lõpetuseks

Eesti rahvuslikest huvidest lähtuvalt on ülimalt tähtsusega varustuskindluse tõstmine energeetikas. See nõuab seniste majanduslike soodustuste osalist säilitamist kodumaisele põlevkivienergeetikale koos jõuliste majanduslike eeltingimuste loomisega taastuvenergiaallikate kasutamiseks ja läbimõeldult toetamiseks. See on väärt olla deklareeritud Euroopa Liidule Eesti rahvuslike huvidena energeetikas. Sellest võiks abi olla põlevkivienergeetikale eristaatuse kättekaupelemisel, mida pole vaja Eesti-siseselt. Riigisiseseks prioriteediks peaks jääma taastuvenergiaallikate osatähtsuse suurendamine, mitte enam sõnades, vaid tegudes. Kui sõna peab eelnema tegudele, tuleks koostada uus kütuse- ja energiamajanduse riiklik taastuvenergiaallikate keskne arengukava.

Kirjandus & References

1. Arukaevu, J. (2001) Kas elektri uus hind on õiglane? Elektrileht, 23: 6–7.
2. Eesti osavõtt Euroopa Liidu Teaduse ja Tehnoloogilise Arendustegevuse 5. raamprogrammist (2000) Vahekokkuvõtte jaanuar 1999 – august 2000. Tartu: 52.
3. Energiabilanss 2000. Aastakogumik. Energy Balance 2000. Yearbook (2001) Statistikaamet. Statistical Office of Estonia: 48.
4. Energy for the Future: Renewable sources of Energy (1999) (Community Strategy and Action Plan). Campaign for Take-Off. (doc. SEC(99) 504, 9.4.99) DG XVII: 31.
5. Energy in Europe (1999) Economic Foundations for Energy Policy. Special Issue – December 1999. The Shared Analysis Project. European Commission: 160.
6. Euroopa Liidu energiapoliitika keskkonnamõju (2000) Keskkonnajuht 3. Tallinn: 79.
7. Fjuk, I. (2001) Salastamine ei vabasta vastutusest. Postimees 4. september.
8. Kallaste, T. (2001) Eesti kui ÜRO kliimamuutuste raamkonventsiooni liikmesriik. Tallinn: 119.
9. Kask, Ü. (2001) Puitkütus ja selle osakaal Eesti energiabilansis. Magistritöö. TTÜ Soojustehnika Instituut. Tallinn: 93 + lisad.
10. Ilomets, M. (2001) Mis saab jääksoodest? Eesti Loodus, 6: 218–221.
11. Palmaru, R. (2000) Huvigrupid Eesti muutuval poliitikamaastikul. I ja II. – Akadeemia Nord toimetised, 7, 1–39 ja 1–43.
12. Pärnoja, M. (2000) Põlevkivienergeetika *versus* keskkonnakaitse? Energeetika Uudiskiri, 1:1–2.
13. Raud, N. (2001) USA ülbust häämmastab maailma. Postimees 2. august.
14. Rozental, V. (2001) Narva viljeleb soojakommunismi. Äripäev 14. detsember.
15. Taastuvenergiaallikate majanduslikult põhjendatud rakendamine energia tootmiseks (2001) Majandusministeeriumi Taastuvenergeetika Nõukogu ettekanne. Tallinn: 45. (Käsikiri)
16. Veski, R. (2000/2001a) Sissejuhatus Eesti turbastatistikasse. Eesti Turvas: 17–20.

17. Veski, R. (2000/2001b) Turvas ja puit Eesti ja Euroopa Liidu energeetikas. Eesti Turvas: 28–40.
18. Veski, R. (2001a) Teadus ja seadus kütuste klassifitseerimisest. Keskkonnatehnika, 2: 22–25.
19. Veski, R. (2001b) Uus energiaseadus vajab parandamist. Äripäev, 28. jaanuar.
20. Weidenfeld, W., Wessels, W. (1999) Euroopa Liit: A – Y. Tallinn: 256.
21. Öpik, I. (2001) Põlevkivienergeetika ja selle alternatiivid Eestis. Tallinna Tehnikaülikooli aastaraamat 2000. Tallinn: 269–278.
22. IX Riigikogu Stenogramm 2001 (2001) I köide, V istungjärk, punkt 15 ja 16. Tallinn: 392–394.

RENEWABLE ENERGY SOURCES AND ESTONIAN NATIONAL INTERESTS

Rein Veski

Institute of Oil Shale at Tallinn Technical University
e-mail: rein.veski@mail.ee

Abstract

There is only one national level document, *The Long-term National Development Plan for the Fuel and Energy Sector*, regulating the development of renewable energy for Estonia. It was approved by the Parliament (Riigikogu) in 1998 (RT I 1998, 19, 295). This document planned a 2/3 (66.7%) increase in the share of renewables (according to the document: peat, biofuels and other renewables) to the year 2010 against 1996. At the same time a decrease of the share of domestic oil shale was planned 1/5 to the year 2010 against 1995. That means the use of domestic energy sources, both renewable and non-renewable, will decrease by 16.8% altogether. In reality the rapid projected growth of renewables in Estonia (+66.7% between 1996 and 2010) was changed with decrease of 20% by 2000. So the security of supply must shift to the first place in Estonia. It is also an issue of national sovereignty.

Estonia is rich in renewable energy sources, mainly in wood, peat and wind, to achieve the goals set in the National Development Plan. Forest resources amount 352.7, total felling 6.44, allowed felling 7.81 million cubic meters solid volume in 2000. The total peat resources amount to 2370 million t. In Governments decree of *Sustainable Use of Peat* (14.08.1996, no 213) issued according to sections 3 and 5 of the article 5 of *The Law of Sustainable Development* (RT I 1995, 31, 384), the exploitable reserves of peat are 775 million t and annual consumption rate 2.78 million t. Continuation up to the present time felling and excavation rates without taking into account increment wood and peat will last 55 and 850 years correspondingly. So the common opinion about greater vulnerability of peat resources compared to wood is not true under the present circumstances in Estonia. Nevertheless the future of fuel peat usage in Estonia is uncertain, as most of the EU member states, which have burned up their peat

recourses and/or drained their mires do not consider peat as a renewable fuel. Obviously Estonia has to explain its opinion about the renewability of its resources. Taxing is a measure EU applies to increase the share of renewable fuels. Unfortunately in Estonia fuel peat is taxed as much as anthracite or other solid fossil fuels. It is not the only antimony in governmental decrees concerning renewables. For example the *Estonian Energy Act* does not treat peat and wood as fuels. Competitiveness of local fuels including wood and fuel peat would be very high in Estonia, if imported fossil fuels would be taxed as in the EU.

Although progress is needed in all directions of additional use of all renewable energy sources in tactical consideration finance must be directed first to guarantee better use of wastes of woodworking and timber industry. Extracting rates enforced by the Ministry of Environment (quota) allow environmentally sound extraction of peat three times more than at the moment. Following the methods of calculation in the EU *Campaign for Take-off*, Estonia needs to meet the planned 2/3 (66.7%) increase in the share of to the year 2010 against 1996 4.4 billion EEK or 492 million EEK annually (average 23.3%) as a public funding to involve 10–12 billion EEK of private capital. The mechanism of building-up needed funding, *incl.* the so-called hot air, and purpose-oriented use is discussed.

EESTI ENERGIASEKTORI SÄÄSTVA ARENGU VÄLJAVAATED KONVERGENTSIKS EUROOPA LIIDU RIIKIDEGA

Anton Laur¹, Sulev Soosaar² ja Koidu Tenno¹

¹Tallinna Tehnikaülikooli Eesti Majanduse Instituut, Estonia pst 7, 10143, Tallinn
e-post: antonl@tami.ee, koidut@tami.ee

²Tallinna Tehnikaülikooli Eesti Energeetika Instituut, Paldiski mnt 1, 10137, Tallinn
e-post: sulev@eeri.ee

Annotatsioon

Artiklis antakse ülevaade TTÜ Eesti Majanduse Instituudis ja Eesti Energeetika Instituudis tehtud uuringust, mille eesmärgiks oli:

- analüüsida Eesti energiaressursside kasutamise põhinäitajate dünaamikat viimasel 8–10 aastal üldise makromajandusliku arengu taustal;
- võrrelda neid näitajaid Euroopa Liidu liikmes- ja kandidaatriikide vastavate energiamajandust iseloomustavate indikaatoritega;
- hinnata Eesti võimalusi jõuda energiakasutuse efektiivsuse (SKP energiamahukuse) osas EL riikide praegusele keskmisele tasemele, modelleerides meie SKP ja energiatarbe võimalikke arengustsenaariume.

Uuringu tulemustest selgus, et Eesti energiasektoris on käivitunud mitmed positiivsed arengutendentsid (näiteks PEV ja CO₂ emissiooni vähenemine majanduskasvu foonil), samuti toimib konvergenstiprotsess EL riikidega SKP energiamahukuse osas. Paraku näitavad mudelanalüüsi tulemused, et EL praegusele tasemele jõudmiseks kulub Eestil väga pikk aeg – ka soodsaimate SKP ja PEV arengutingimuste korral 25–30 aastat. Põhjuseks on siin eeskätt meie SKP väga madal tase elaniku kohta võrreldes EL riikidega.

SÄÄSTEV ARENG, PRIMAARENERGIAGA VARUSTATUS, CO₂ EMISSIOON, SKP ENERGIAMAHUKUS, EL LAIENEMINE, KONVERGENTS

Kasutatud lühendid

EL – Euroopa Liit

IEA – Rahvusvaheline Energiaagentuur (*International Energy Agency*)

KHG – kasvuhoonegaasid

PEV – primaarenergiaga varustus (ingl k TPES – *Total Primary Energy Supply*)

SKP – sisemajanduse koguprodukt

Sissejuhatus

Eesti liikumisel Euroopa Liitu on majandusliku ja sotsiaalse arengu võtmesõnadeks konvergenst (arengutaseme ühtlustumine EL riikidega) ja säästev areng. Säästva arengu prioriteetsus on sätestatud EL õigusaktides ja selle põhimõtete arvestamine ja rakendamine on kohustuslik nii EL liikmetele kui ka tulevikus liituvatele riikidele. Energeetikasektori säästva arengu all mõistetakse käesolevas artiklis eeskätt selle sektori järjest efektiivsemat toimimist – nii kodumaiste kui ka imporditavate energiaressursside ratsionaalsemat kasutamist tehnoloogiliste uuenduste rakendamise,

taastuvate energiaallikate kasutuselevõtu ja energiasäästu tulemusena, millega ühtlasi kaasneb ka kahjulike keskkonnamõjude vähenemine.

Eesti energeetikas domineerib teatavasti elektritootmine põlevkivi baasil, mis on väga suur KHG –, eeskätt süsinikdioksiidi (CO₂) emissiooni allikas. Samas ühines Eesti 1998. aastal ÜRO Kliimamuutuste Konventsiooniga liitunud osapoolte Kyoto konverentsil 1997. aastal allakirjutatud protokolliga (COP-3), mille kohaselt tuleb ajavahemikus 2008–2012 KHG heitkoguseid vähendada 8% võrreldes 1990. aastaga, mis on sama nõue kui EL liikmesriikidele. Vaatamata sellele, et Eesti-poolselt on need kohustused CO₂ emissiooni vähendamise osas täidetud (peamiselt energiatootmise olulise vähenemise tõttu 1990-ndatel aastatel), võib tulevikus kõigi kohustuste täitmine olla raskem. Näiteks jõustus 2001. aasta oktoobris EL direktiiv taastuvressurssidest elektrienergia tootmise edendamise kohta. Selles on kavandatud taastuvate energiaressursside kasutamise osakaalu oluline kasv – 1997. aasta tasemelt, 13,9% 22%-ni 2010. aastal. Kui Eesti liitub EL-ga, laienevad selle direktiivi nõuded ka meile.

Energiakasutuse kui majandustegevuse ühe valdkonna efektiivsust iseloomustava põhiindikaatorina vaadeldakse artiklis SKP energiamahukuse näitajat – primaar-energiaga varustatust SKP ühiku kohta. Selle näitaja osas jääb Eesti veel väga palju maha Lääne arenenud tööstusriikidest – SKP energiamahukus Eestis on praegu mitu korda kõrgem kui EL maades keskmiselt ning kõigis liikmesriikides üksikult.

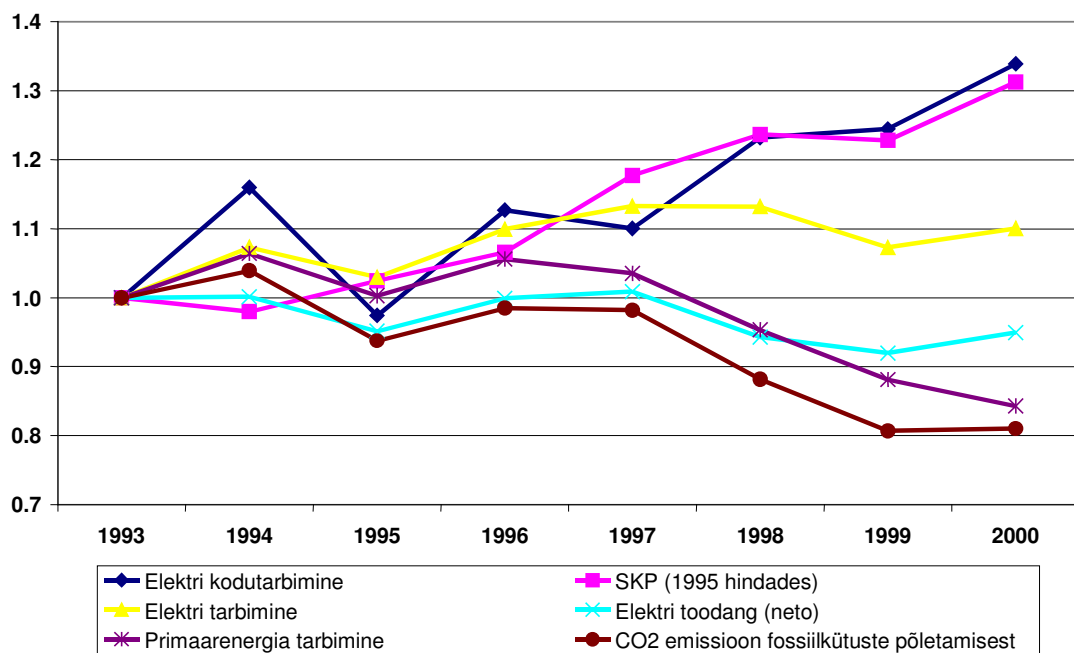
Eeltoodust lähtuvalt on käesoleva artikli eesmärgiks analüüsida Eesti energiaressursside kasutamist ja energeetika arengut viimasel 8–10 aastal ning võrrelda seda EL liikmes- ja kandidaatriikide vastavate näitajatega. Vaadeldud on eeskätt PEV, elektrienergia tootmise ja tarbimise ning energiasektoris tekkiva CO₂ emissiooni dünaamikat üldise majandusarengu foonil. Lõpptulemusena on hinnatud võimalusi Eesti energia- kasutuse efektiivsuse jõudmiseks EL riikide praegusele tasemele. Selleks on erinevate uurijate poolt koostatud SKP ja energiatarbimise prognooside alusel modelleeritud SKP energiamahukuse arenguvariante.

Eesti energiasektori arengu põhijooned perioodil 1991–2000

Muutusi Eesti energiatarbimises viimasel kümnel aastal iseloomustab PEV dünaamika. Statistikaameti andmetel on PEV perioodil 1991–2000 vähenenud veidi üle 2 korra (1991. a 108,5 ja 2000. a 52,5 TW·h). Aastani 1996 on primaarenergia tarbimine küllaltki hästi peegeldanud meie üldist majandusarengut – vaadeldava ajavahemiku algusaastate järsku majanduslangust ja stabiliseerumisperioodi (1994–1996). Alates 1996. aastast võib täheldada primaarenergia tarbimise mõõdukat, aga samas püsivat langustendentsi majanduskasvu foonil.

Siiski ei saa veel rääkida PEV struktuuri (primaarenergia bilansi) stabiilsusest. Kui aastail 1996–1999 võiski täheldada teatud arengutrendide algeid (näiteks põlevkivi osatähtsuse vähenemine, puidu ja maagaasi osatähtsuse suurenemine), siis aastal 2000 suurenes primaarenergia tarbimisel taas põlevkivi osakaal. Samas vähenes tunduvalt imporditavate kütteõlide osa. Positiivse arenguna on aastal 2000 jätkuvalt suurenenud maagaasi ja ühe meie peamise taastuva energiaressursi – puidu osatähtsus 11,2%-ni, (1991. a oli see vaid 1,9%), mida kahjuks ei saa aga väita turba kohta.

Joonisel 1 on esitatud PEV dünaamika üldise makromajandusliku arengu (SKP kasvu) taustal aastail 1993–2000. Samas on toodud ka energiasektori mõnede teiste tähtsamate indikaatorite (elektrienergia tootmine ja tarbimine, CO₂ emissioon fossiilsete kütuste põletamisest) arengutrendid. Näeme, et positiivse tendentsina on SKP kasvu foonil lisaks PEV-le viimastel aastatel vähenenud ka CO₂ emissioon. Seda tuleb pidada heaks tulemuseks, mis vastab säästva arengu loogikale ja annab tunnistust efektiivsuse tõusu ja energiasäästu abinõude mõjust nii energiasektoris endas kui ka lõpptarbijate juures. Samas on osutunud võimalikuks SKP kasvust kiirem elektrienergia kodutarbimise kasv, mis viitab elatustaseme tõusule.



Allikad: Eesti statistika aastaraamat 2001 (2001) ESA. Tallinn; Energiabilanss 1996...2000 (1997...2001) Eesti Statistikaamet. Tallinn; Eesti Keskkonnaministeerium (Punning jt 2001).

Joonis 1. Eesti energiasektori peamiste indikaatorite arengutrendid võrrelduna SKP kasvuga

Figure 1. Trends of the main energy sector indices compared with the GDP growth

Eesti energiasektori põhitoodangu – elektrienergia – tootmine ja tarbimine on võrreldes 1991. aasta tasemega märgatavalt langenud. Peamisteks põhjusteks majanduse ümberstruktureerimisest tulenenud üldine tootmise langus ning samuti elektri ekspordivõimaluste oluline vähenemine. Statistikaameti energiabilansside andmetel on praeguseks ajaks elektrienergia brutotoodang stabiliseerunud 8500 GW·h ja sisetarbimine 5500 GW·h piires aastas. Elektrienergia nõudluse langusest tingitud tootmisvõimsuste alakoormatus on vähendanud ka elektritootmise efektiivsust – märgatavalt on suurenenud kadude ja elektrijaamade omatarbe osatähtsus. Näiteks 1996. aastal moodustasid need kokku isegi 31% kogu toodetud elektrienergiast (Laur ja Tenno, 1999). Viimastel aastatel on olukord hakanud paranema, eriti 2000. aastal, mil näiteks energiasüsteemi kaod vähenesid nii suhteliselt kui absoluutselt, samal ajal kasvas elektri sisetarbimine ja ka eksport.

Tabeli 1 andmed iseloomustavad erinevate kütuste kasutamist elektrienergia tootmiseks aastail 1996–2000. Näeme, et kui veel 1996. aastal toodeti 98% elektrienergiast põlevkivist, siis aastal 2000 on põlevkivi osatähtsus langenud 91%-ni. Samal ajal on jõudsalt kasvanud maagaasi kasutamine elektri tootmiseks, mis tähendab Iru SEJ elektrilise võimsuse järjest suuremat rakendamist viimastel aastatel. Aastal 2000 toodeti maagaasist juba ligemale 7% elektrienergiast, mis üldjoontes vastab kütuse- ja energiamajanduse pikaajalises riiklikus arengukavas planeeritule (Kütuse- ja..., 1998). Muude kütuste (turvas, biogaas, kütteõlid, diislikütus) osa elektri tootmisel ei ole märkimisväärne, püüdes 2000–3000 TJ piires aastas. Väike on ka hüdroelektri osa, viimasel kolmel aastal on see püsinud 5 GW·h tasemel.

Table 1. Fuel consumption for electricity production

Näitaja	1996	1997	1998	1999	2000
Põlevkivi osakaal, %	98	95	93	92	91
Toodetud hüdroenergiat, GW·h	2	3	5	5	5
Tarbitud maagaasi, mln m ³	11	21	26	34	89
Juurdekasv, %		+91%	+24%	+31%	+162%
Tarbitud muid kütuseid, TJ	2004	2431	3041	3079	2324
Juurdekasv, %		+21%	+25%	+1,2%	-25%

Allikas: Energiabilanss 1996...2000 (1997...2001) Eesti Statistikaamet. Tallinn.

Eesti energiasektori arengu võrdlus EL liikmes- ja kandidaatriikidega: väljavaated konvergenstiks

Eesti ja EL liikmes- ning teiste kandidaatriikide energiaressursside kasutamise võrdlev analüüs tugines IEA andmebaasil 1998. ja 1999. aasta kohta. Erilist tähelepanu on siinjuures pööratud energiakasutuse efektiivsuse näitajale – SKP energiamahukusele (PEV SKP ühiku kohta), mis on võetud aluseks ka konvergenstivõimaluste hindamisel.

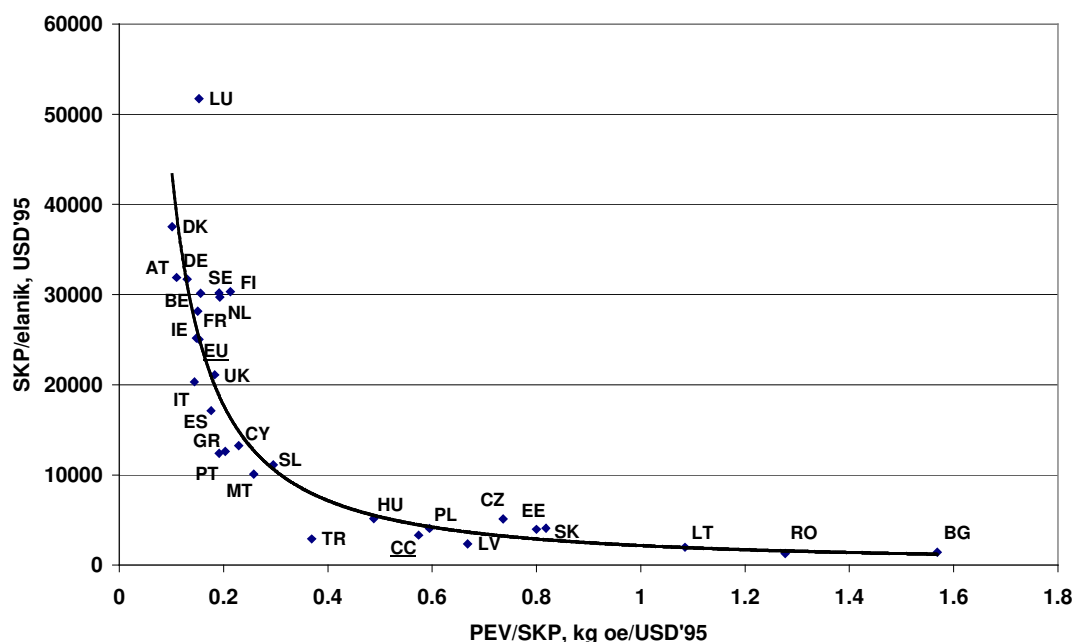
IEA andmetel tarbiti Eestis 1999. aastal elaniku kohta primaarenergiat õliekvivalendis 3,2 tonni (t oe) ja elektrit 4306 kW·h, sh kodumajapidamistes 1020 kW·h. Need näitajad on teiste EL kandidaatriikide hulgas suhteliselt kõrged, mis on tingitud ilmselt meie külmemast kliimast, võrreldes lõunapoolsete riikidega. Siiski jääme aga elektri tarbimiselt märgatavalt maha Sloveeniast ja Tšehhist. EL liikmesriikidel on vaadeldavad näitajad üldjuhul tunduvalt kõrgemad kui Eestil ja teistel kandidaatriikidel. Näiteks Soomel oli 1999. aastal PEV 6,5 t oe ja elektri tarbimine 15062 kW·h elaniku kohta, Rootsil aga vastavalt 5,8 t oe ja 15446 kW·h.

Samal ajal on EL kandidaatriikide, sh Eesti, SKP elaniku kohta peaaegu suurusjärgu võrra väiksem kui EL riikidel (EL keskmine 1999. a 25028 USD'95, kandidaatriikide keskmine 3315 USD'95). Sellest tulenevalt on ka energia kulu SKP ühiku tootmiseks (SKP energiamahukus) nii Eestil kui teistel kandidaatriikidel suur, st energiakasutuse efektiivsus madal, võrreldes EL riikidega. IEA andmetel oli Eestil 1999. aastal pri

maarenergia kulu SKP ühiku kohta 0,8 kg oe/USD'95, ületades 5,3-kordselt EL riikide keskmist (0,15 kg oe/USD'95) ja olles suurem ka kandidaatriikide keskmisest (0,57 kg oe/USD'95). Seega on EL riikide energiakasutuse efektiivsuse taseme saavutamise eeltingimuseks eeskätt Eesti SKP võimalikult suur reaalkasv. Samal ajal on oluline ka energiatarbe vähendamine energiasäästu abinõude jätkuva rakendamisega kõigis energiamajanduse valdkondades (energia tootmine, edastamine ja tarbimine).

SKP elaniku kohta ja energiamahukuse vahelist sõltuvust illustreerib joonis 2. Riikide tähistustena oleme kasutanud üldlevinud lühendeid, EU tähistab EL ja CC kandidaatriikide keskmisi näitajaid. Jooniselt näeme, kuidas nii SKP (elaniku kohta) kui ka energiamahukuse järgi on selgelt eristunud EL liikmes- ja kandidaatriikide rühmad. Teatava erandi moodustavad vaid Küpros, Sloveenia ja Malta, kus SKP elaniku kohta on tunduvalt kõrgem kui teistel kandidaatriikidel ja sellest tulenevalt ka energiakasutuse efektiivsus suhteliselt lähemal EL riikide tasemele.

Võrdlusandmed fossiilsete kütuste põletamisel tekkiva CO₂ emissiooni osas (arvestatuna elaniku kohta) on toodud tabelis 2 ja joonisel 3 (1999. a kohta). Näeme, et perioodil 1990–1997 oli CO₂ emissioon Eesti energiasektoris kõrgem kui kõigis EL liikmesriikides (peale Luksemburgi) – 1990. aastal ületas Eesti EL keskmist taset 2,8- ja 1997. aastal 1,7-kordselt. Sealjuures on oluline, et Eestis toimus selle näitaja suhteliselt kiire vähenemine, samal ajal kui EL riikides oli see praktiliselt stabiilisel tasemel. Eriti intensiivselt on CO₂ emissioon kütuste põletamisel langenud viimastel aastatel, moodustades aastatel 1998 ja 1999 vastavalt 12,2 ja 10,2 t elaniku kohta (ületas EL keskmist taset vaid 1,2 korda).



Allikas: International Energy Agency (Key, 2001)

Joonis 2. SKP elaniku kohta ja energiamahukuse vaheline sõltuvus EL liikmes- ning kandidaatriikides 1999. a

Figure 2. Dependence between GDP per capita and energy intensity in the EU Member States and Candidate Countries, 1999

SKP energiamahukuse muutumine Eestis ja selle seos SKP suurusega elaniku kohta aastail 1993–2000 on kujutatud joonisel 4. Näeme, et alates 1994. aastast on toimunud SKP energiamahukuse arvestatav vähenemine (1,7 korda 2000. aastaks), mis on EL riikide tasemele lähenemise eeltingimuseks.

Tabel 2. CO₂ emissioonid kütuste põletamisest EL riikides ja Eestis, t elaniku kohta
Table 2. Emissions of CO₂ from fuel combustion, t per capita

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Austria	7,2	7,5	6,8	6,8	6,8	7,1	7,4	7,4	6,3	7,5
Belgia	10,5	11,0	11,0	10,6	11,0	11,0	11,5	11,4	11,2	11,6
Taani	10,3	12,1	11,0	11,3	12,1	11,5	14,2	12,1	11,0	10,0
Soome	10,4	10,3	10,3	10,9	11,6	11,0	11,8	11,4	11,2	11,2
Prantsusmaa	6,3	6,5	6,3	6,1	5,8	6,0	6,3	6,1	6,5	6,0
Saksamaa	11,9	11,5	10,9	10,8	10,5	10,6	10,7	10,1	10,5	10,0
Kreeka	7,0	7,0	7,0	7,1	7,3	7,5	7,9	7,9	8,7	7,7
Iirimaa	8,5	8,6	8,7	8,6	9,0	9,2	9,6	9,9	10,2	10,7
Itaalia	6,9	6,9	6,9	6,8	6,7	7,1	7,0	7,2	7,4	7,3
Luksemburg	28,0	29,4	28,5	28,6	26,7	21,4	21,6	20,3	10,9	17,0
Holland	10,3	10,5	10,4	10,8	10,5	10,8	11,5	10,9	11,3	10,5
Portugal	3,9	4,1	4,5	4,4	4,5	4,8	4,6	4,8	5,1	6,1
Hispaania	5,3	5,5	5,8	5,4	5,7	5,8	5,8	6,2	6,2	6,9
Rootsi	5,9	5,8	5,9	5,9	6,2	6,1	6,6	5,8	6,0	5,4
Suurbritannia	9,9	10,0	9,8	9,4	9,2	9,1	9,4	9,0	8,9	9,0
EL keskmine	8,5	8,5	8,4	8,2	8,1	8,2	8,4	8,2	8,4	8,2
EESTI	22,0	21,7	16,7	13,3	13,9	12,8	13,4	13,2	12,2	10,2

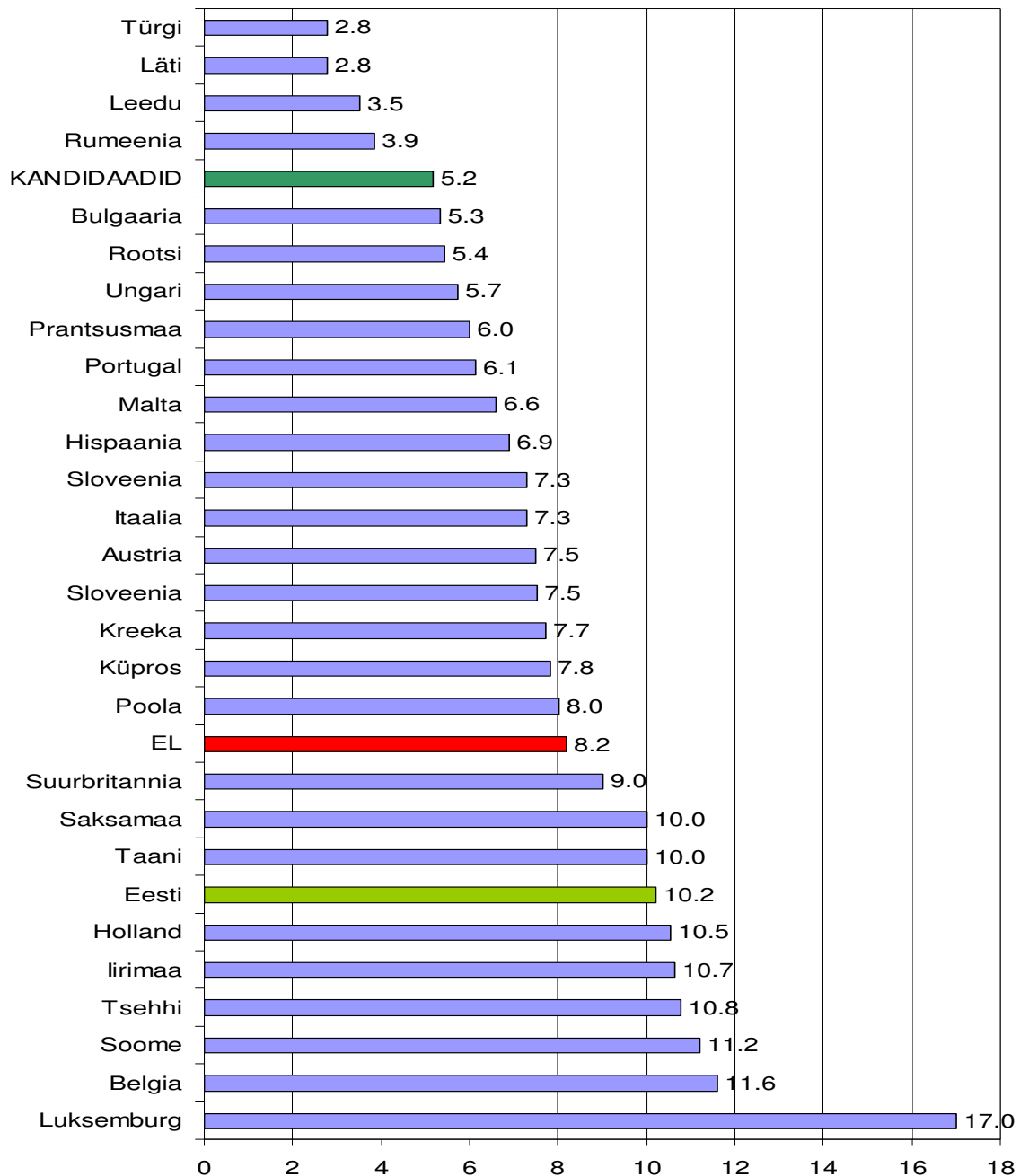
Allikad: European Environment Agency (Annual, 2001);
 International Energy Agency (Key, 2001).

Eesti energiaspektori arengu konvergenstivõimaluste hindamiseks EL riikidega võtsime aluseks hüpoteesi, et Eesti SKP kasvuga kaasneb energiatarbimise kasv, kuid viimane on SKP kasvust energiakasutuse efektiivsuse tõusu tõttu väiksem. Põhiküsimuseks on siin nende kasvuprognoside tõepärasus. Kui SKP kasvu prognoosimisega tegelevad pidevalt mitmed institutsioonid ja paljud majandusanalüütikud, siis energiatarbimise prognoosimisega on tegeldud episoodilisemalt. Samal ajal tuleb silmas pidada, et energiatarbimise prognoosid sõltuvad nii SKP kasvust kui ka erinevate majandusharude arengu prognoosidest.

Eesti majandusanalüütikute hinnangul kiirendab ühinemine Euroopa Liiduga Eesti majanduskasvu. Üheksa juhtiva analüütiku hulgas läbiviidud küsitluses on hinnatud Eesti SKP keskmiseks reaalkasvuks perioodil 2002–2004 5,2% aastas. Kui Eesti ühineb EL-ga, on SKP kasv perioodil 2005–2010 keskmiselt 5,8% aastas, mitteühinemise korral aga 4,1% aastas (<http://www.elis.ee>). Kaugemaid prognoose ei ole viimasel ajal kahjuks tehtud. Eesti Tuleviku-uuringute Instituudi prognoosides on pakutud pikemas perspektiivis SKP kasvu 2 kuni 6% piires, olenevalt aluseks võetud majanduse arengutsenaariumidest (Purju, 1996).

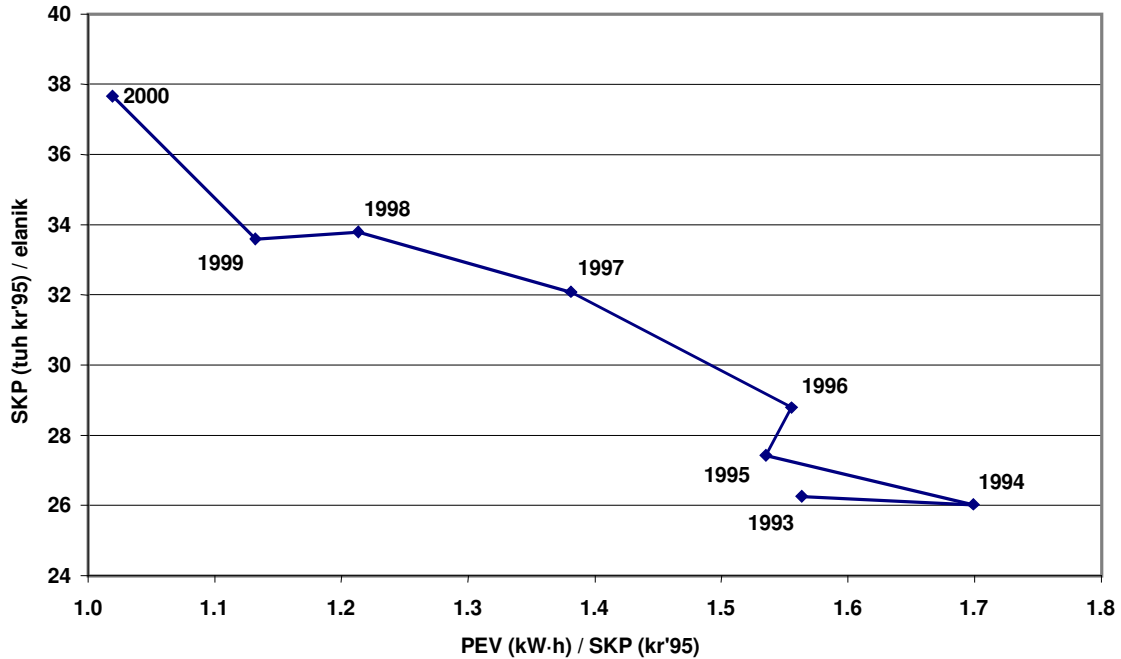
Energiatarbimise prognoosimisega on tegelnud põhiliselt Eesti Energeetika Instituudi, Tallinna Tehnikaülikooli ja Säästva Eesti Instituudi uurijad (Vares, 2001;

Kallaste jt, 1999). Kütuse- ja energiamajanduse pikaajalises riiklikus arengukavas on SKP keskmise juurdekasvu, 5,3% aastas, korral energiatarbimise juurdekasvuks prognoositud 2% aastas (Kütuse- ja..., 1998). See kasv tuleb aga kompenseerida energia tootmise, muundamise ja jaotamise efektiivsuse tõusu arvelt ning seetõttu primaarenergia vajadus kas ei kasva üldse või kasvab väga vähesel määral.



Allikas: International Energy Agency (Key, 2001)

Joonis 3. CO₂ emissioonid fossiilkütuste põletamisest 1999. a, t elaniku kohta
 Figure 3. Emissions of CO₂ from fuel combustion, 1999, t per capita



Allikas: Eesti statistika aastaraamat 2000 (2001) Eesti Statistikaamet. Tallinn; Energiabilanss 1996...2000 (1997...2001) Eesti Statistikaamet. Tallinn.

Joonis 4. SKP elaniku kohta ja energiamahukuse areng Eestis

Figure 4. Development of GDP per capita and energy intensity in Estonia

Eeltoodust lähtudes koostasime järgmised variandid Eesti SKP energiamahukuse prognoosimiseks.

1. SKP reaalkasv 2001–2004 5,2% aastas, alates 2005 5,8% aastas, PEV jääb 1999. aasta tasemele.
2. SKP reaalkasv sama, mis variandis 1, PEV kasv perioodil 2005–2014 1%, 2015–2024 1,5%, alates 2025. a 2% aastas.
3. SKP reaalkasv 2001–2004 5,2% aastas, 2005–2010 5,8%, 2011–2020 5,6%, 2021–2030 5,5% ja alates 2031. a 5,4% aastas. PEV kasv sama, mis variandis 2.

Tuleb rõhutada, et nende aluseks võetud eksperthinnangute määramatuse aste on üpris suur, eriti ajaperioodile pärast aastat 2010. SKP energiamahukuse arvutuse tulemused on toodud tabelis 3. Nagu nendest tulemustest nähtub, võib Eesti SKP energiamahukuse näitaja jõuda EL 1999. a tasemele (0,15 kg oe/USD'95) variandi 1 tingimustel 2030. aastaks, variantide 2 ja 3 tingimustel aga 2035–2040. aastaks. Soome 1999. a tasemele (0,21 kg oe/USD'95) jõuaksime kuni viis aastat varem. Arvestades seda, et ka teised riigid liiguvad paremate näitajate suunas, on Eesti väljavaated neile kiiremini järele jõuda seda paremad, mida suurem on Eesti SKP reaalkasv.

Tabel 3. SKP energiamahukuse projektsioonid Eestis
Table 3. GDP energy intensity projections in Estonia

	Stsenaarium 1				Stsenaarium 2			Stsenaarium 3		
	SKP reaal- kasv, %	SKP, mld USD'95	PEV, Mt oe	PEV/SKP, kg oe/ USD'95	PEV, kasv, %	PEV, Mt oe	PEV/SKP, kg oe/ USD'95	SKP reaal- kasv, %	SKP, mld USD'95	PEV/SKP, kg oe/ USD'95
1999		5,70	4,56	0,800		4,56	0,800		5,70	0,800
2000	6,9	6,09	4,56	0,748		4,56	0,748	6,9	6,09	0,748
2001	5,2	6,41	4,56	0,711		4,56	0,711	5,2	6,41	0,711
2002	5,2	6,74	4,56	0,676		4,56	0,676	5,2	6,74	0,676
2003	5,2	7,09	4,56	0,643		4,56	0,643	5,2	7,09	0,643
2004	5,2	7,46	4,56	0,611		4,56	0,611	5,2	7,46	0,611
2005	5,8	7,90	4,56	0,578	1,0	4,61	0,583	5,8	7,90	0,583
2010	5,8	10,47	4,56	0,436	1,0	4,84	0,462	5,8	10,47	0,462
2015	5,8	13,88	4,56	0,329	1,5	5,11	0,368	5,6	13,75	0,372
2020	5,8	18,39	4,56	0,248	1,5	5,51	0,299	5,6	18,05	0,305
2025	5,8	24,38	4,56	0,187	2,0	5,96	0,245	5,5	23,59	0,253
2030	5,8	32,33	4,56	0,141	2,0	6,58	0,204	5,5	30,83	0,214
2035	5,8	42,85	4,56	0,106	2,0	7,27	0,170	5,4	40,10	0,181
2040	5,8	56,81	4,56	0,080	2,0	8,02	0,141	5,4	52,17	0,154

KirjandusReferences

1. Annual European Community Greenhouse Gas Inventory 1990–1999 (2001) European Environment Agency. Technical Report No. 60. Copenhagen: 34.
2. Kallaste, T., Liik, O. and Ots, A. (eds.) (1999) Possible Energy Trends in Estonia. Context of Climate Change. SEI-Tallinn Centre, Tallinn Technical University. Tallinn: 190.
3. Key World Energy Statistics from the IEA. 2001 Edition. (2001) International Energy Agency. Paris: 78.
4. Kütuse- ja energiamajanduse pikaajaline riiklik arengukava (1998) Riigi Teataja I 1998, 19, 295.
5. Laur, A. and Tenno, K. (1999) Sustainable Development of the Estonian Energy Sector: a Modelling Approach. Ennuste, Ü. and Wilder, L. (eds.). Harmonisation with the Western Economics: Estonian Economic Developments and Related Conceptual and Methodological Frameworks. Estonian Institute of Economics at TTU. Tallinn: 283–302.
6. Punning, J.-M., Roos, I., Soosaar, S., Terasmaa, J., Pensa, M., Kont, A., Metusala, E. and Vürmer, T. (2001) Estonia's Third National Communication under the United Nation's Framework Convention on Climate Change. Estonian Ministry of Environment, Institute of Ecology at Tallinn Pedagogical University. Tallinn: 82.
7. Purju, A. (1996) Majandusstruktuuri muutused Eestis. Maailm ja Eesti. Tuleviktrendid. EV Keskkonnaministeerium, Eesti Tuleviku-uuringute Instituut. Tallinn/Tartu: 85–102.
8. Vares, V. (vastutav täitja) (2000) Eesti energiamajanduse erinevad arenguvariandid. Lepingu nr 4/2000 aruanne. Eesti Energeetika Instituut. Tallinn: 149.

SUSTAINABLE DEVELOPMENT OUTLOOKS OF THE ESTONIAN ENERGY SECTOR FOR CONVERGENCE WITH THE EUROPEAN UNION COUNTRIES

Anton Laur¹, Sulev Soosaar² and Tenno¹

¹Estonian Institute of Economics at Tallinn Technical University
e-mail: antonl@tami.ee, koidut@tami.ee

²Estonian Energy Research Institute at Tallinn Technical University
e-mail: sulev@eeri.ee

Abstract

The article presents an overview of a research conducted in the Estonian Institute of Economics at Tallinn Technical University and the Estonian Energy Research Institute with the objective to:

- Analyse the dynamics of the main Estonian energy use indicators over the last 8–10 years with the background of general macroeconomic developments;
- Compare these indicators with the respective energy indicators in the European Union Member States and Candidate Countries;
- Evaluate Estonia's potential to catch up by the energy use efficiency (GDP energy intensity) of the average level of EU countries, modelling our possible development scenarios of GDP and TPES.

The research results indicated several positive development tendencies (e.g. reduction of TPES and CO₂ emissions with the background of economic growth) in the Estonian energy sector, as well as convergence with the EU countries in terms of GDP energy intensity. Unfortunately, the model analysis results demonstrate that it takes a lot of time for Estonia to reach the current EU level – even under the most favourable GDP and TPES development conditions, 25–30 years. The primary reason is the very low level of our GDP per capita compared to the EU countries.

EESTI JÕGEDE VEEJÕUD

Alvina Reihan ja Olga Kovalenko

Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut, Rävalla pst 8, 10413 Tallinn
e-post: alvina@emhi.ee, olga@emhi.ee

Annotatsioon

Käesolevas töös on esitatud mõnede Eesti jõgede veejõu kasutamise võimalused ja nende formaalse ressursi hinnang. Analüüsitud on jõgede äravoolu pikaajalisi hüdrograafe ja nende dünaamikat. Töös on kasutatud Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituudi (EMHI) hüdro-meetriavõrgus mõõdetud ja arvutatud vooluhulkade andmeid vaatluste algusest kuni aastani 2001. Eraldi on esitatud äravoolu analüüs enne ja pärast Tudulinna hüdroelektrijaama taastamist Rannapungerja jõel.

JÕED, ÄRAVOOL, HÜDROGRAAF, VEEJÕUD, HÜDROELEKTRIAAM

Sissejuhatus

Eestis on rohkem kui 7000 jõge. Jõed on väikese vooluhulgaga ja keskmise languga. Ainult kuue jõe valgala pindala ületab 2500 km², üheksal jõel on valgala 1000–2500 km², neljakümnel jõel valgala varieerub 250–1000 km² piires ja ülejäänud jõgede valgala on alla 250 km² (Eesti ..., 1980). Kuid leidub ikkagi üksikuid jõeosi, kus langused varieeruvad 2–6 meetrini isegi jugadena ja seega on võimalik veejõu kasutamine. Eesti veerikkamaid on Narva jõgi, kus vesi langeb Narva linna kohal 8 m kõrgusest ja Pärnu jõgi, kus nii alamjooksul kui ka keskjooksul võib leida jõeosi, kus veejõu kasutamine on väga soodne.

Veejõu kasutamine on Eestis tuntud juba 13. sajandist. Hiljem, 1617. aastal tegi Rootsi kuningas Gustav Adolf Ivangorodi asehaldurile Anders Erikssonile korralduse ehitada kõige veerohkemal – Narva jõel Narva joa Ingerimaa-poolsele kaldale saeveski. 1650. aastal töötasid Narvas kahe saeraamiga saeveski ja nahatöötlemisveski. Esimesena esitas Narva hüdroelektrijaama ehitamise kava 1892.–1895. a insener V. Dobrotvorski. Hiljem hüdroloog August Vellner üldistas Narva Hüdroelektrijaama (HEJ) ehituse komisjoni (1920. a) Narva jõe veejõu kasutamise uuringuid, mis avaldati monograafias “Naroowajõe uurimise andmed ja weejõu kasutamise kawa” 1923. aastal (Juske, 1991). Kuid Narva HEJ ehitati alles 1955. aastal. Enne Teist maailmasõda oli Eestis rohkem kui 700 vesiratast kokku 500 hüdroturbiinidega. Enamik veejõuseadmeid purustati sõja ajal. Pärast sõda paljud neist taastati ning lisaks lasti käiku uusi niinimetatud taluelektrijaamu. Kuid põlevkivil baseeruva suurenergeetika arenguga tunnustati väikesed hüdrojaamad ebaperspektiivseiks ja töösse jäi ainult kõige suurem – Narva HEJ. Hüdroelektrijaamade taassünni on teinud AS Generaator – taastas 1991. a Saesaare HEJ ja 1993. a Leevaku ja Kotka hüdroelektrijaamad. Tänapäeval töötab Eestis seitse hüdroelektrijaama ja lisaks on kuue kohta tehtud uuringud nende taastamiseks.

Jõgede äravoolu režiim

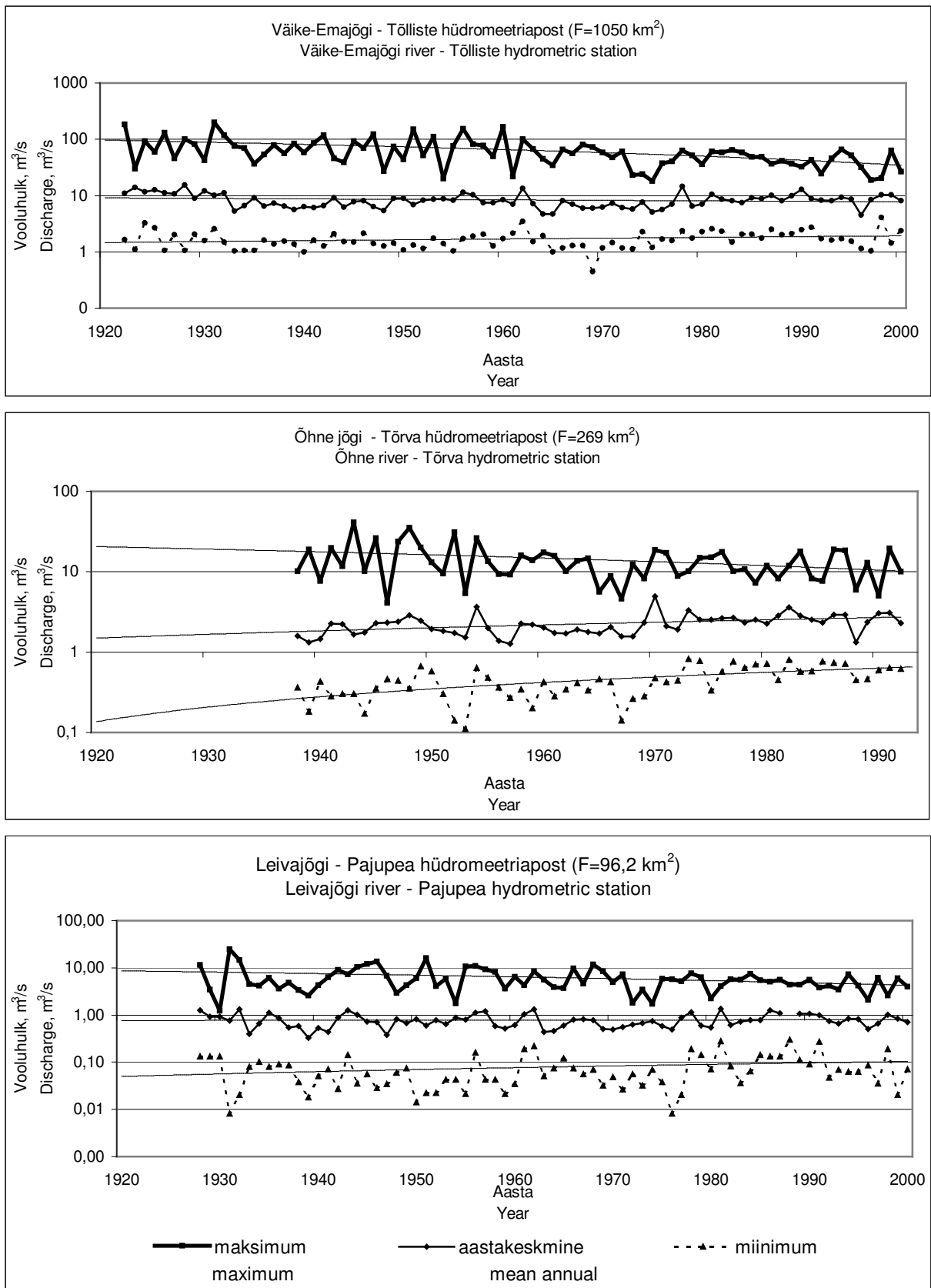
Taastuvatest energiaallikatest on üks tähtsamaid veejõud ja Eestis on pikaajalised traditsioonid vee režiimi uurimisel. Esimesi vaatlusi alustati 1867. aastal Suur-Emajõel Tartus, need olid veetaseme mõõtmised laevanduse tarbeks. Esimesi vooluhulga vaatlusi alustati 1902. aastal Narva jõel Vasknarvas. Nagu varem mainitud, hüdroloog August Vellner üldistas Narva jõe hüdrooloogilised uuringud 1923. aastal ja 1924. aastal organiseeritud Sisevete Büroo jätkas tema juhtimisel Eesti jõgede vee-energia kasutamise uuringuid (Juske, 1991). Viimased hüdrooloogilised ning vee-energia kasutamise uuringud tehti Tiit Eipre juhendamisel aastani 1969 ja avaldati monograafias “Ресурсы поверхностных вод” (Eipre, 1972). Kuid 1968. aastal tehtud jõujaamade inventuur näitas, et kõik nad on purustatud või hüljatud ja huvi hüdrooloogilise info vastu kadus. Tänapäeval tekkis vajadus hüdrooloogilise info järele uuesti seoses hüdroelektrijaamade taastamisega.

Praegu töötab Eestis 37 hüdromeetriavaatlusjaama, kus mõõdetakse vooluhulgad. Tänapäevani on kogutud kuni 100-aastased andmerekad, mis annavad võimaluse täpsustada statistilised näitajaid, mis on leitud 1960-ndatel aastatel (Aastaraamatud, 1923–2000).

On teada, et jõe sobivuse hüdroelektrijaama rajamiseks määravad jões olev vooluhulk ja veelangus. Vooluhulkade kõikumise iseloomustuseks on hüdrograaf, mis näitab äravoolu ajalist muutlikkust. Kuna vooluhulk jões varieerub väga suurtes piirides, on vaja turbiinide läbilaskevõime arvutamiseks määrata nii miinimumide kui ka maksimumide vooluhulkade jaotus ja korduvus. Töös on analüüsitud nii pikaajalised kui ka aastased kronoloogilised (tüüpilised) hüdrograafid erinevates jõgedes ning maksimaalsete vooluhulkade tõenäosused (Reihan, 2000).

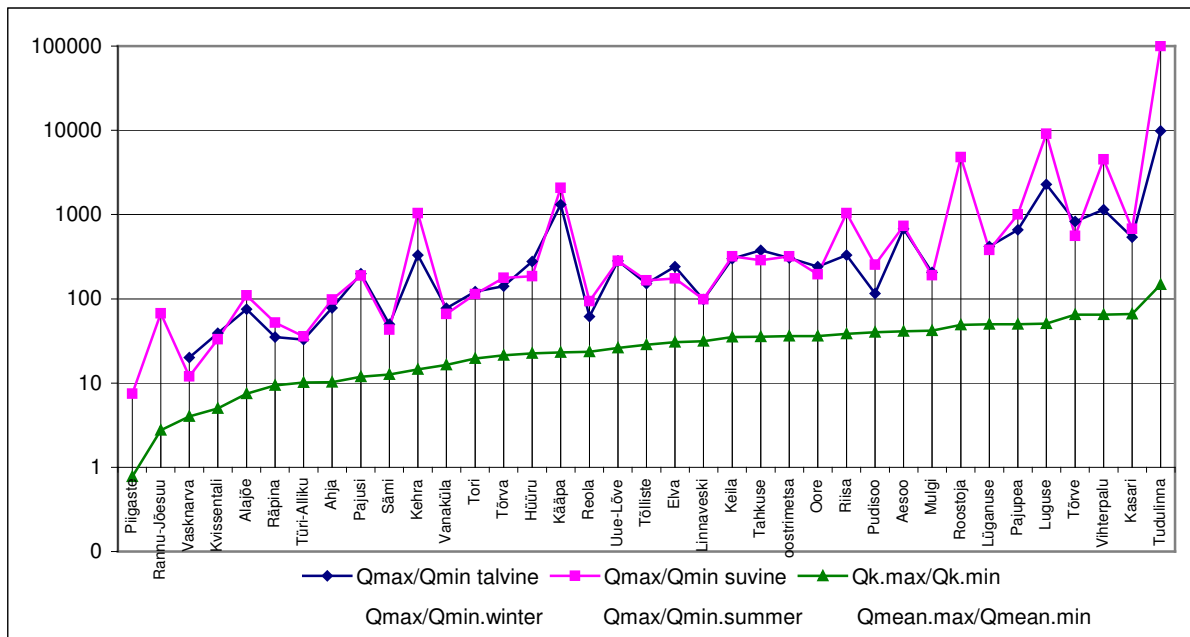
Pikaajaliste äravoolu hüdrograafide analüüs näitas, et maksimaalsed vooluhulgad (poolpaks kõver joonisel 1) vähenevad. Nende pikaajaline lineaarne trend näitab püsivat vähenemist eriti kuni 60-ndate aastateni ja edasi toimub maksimumide stabiliseerumine, kuid ikkagi täheldatava kahaneva trendiga. Minimaalsed vooluhulgad näitavad tendentsi suurenemisele (joonis 1, katkendlik kõver). Vaadates aga aasta keskmisi äravoolu hüdrograafe joonisel 1 (keskkõver), võib näha, et nende muutlikkus on väike; lineaarne trend muutub vähe ja jääb regioonide kaupa peaaegu ilma muutusteta. Samal joonisel on näha, et amplituud aasta keskmiste ja maksimumide ja miinimumide hüdrograafide vahel on vähenenud viimase 40 aasta jooksul. See viitab sellele, et aastase äravoolu jaotus sesoonide kaupa viimaste aastate jooksul ühtlustub, mis tõstab jõe veeressursside kasutamise tõhusust.

Aasta äravoolu kõikumisi võib samuti hinnata maksimumi ja miinimumi suhte järgi, Q_{\max}/Q_{\min} . Mida väiksem on see suhe, seda paremini on äravool reguleeritud ja ühtlasem, seda suurem on vee viibeag vesikonnas ja tema veeressursside kasutamise võimalused veemajanduses. Amplituudi analüüsiks võeti maksimaalse äravoolu ja talvise $Q_{\max}/Q_{\min, talvine}$ ning suvise $Q_{\max}/Q_{\min, suvine}$ minimaalse äravoolu suhe ja keskmistatud maksimumide ja miinimumide suhe $Q_{k, \max}/Q_{k, \min}$. Joonise 2 kaks ülemist kõverat näitavad, et ekstreemumite suhe varieerub Põhja-Eesti jõgedel suurtes piirides alates 200 (Luguse vaatlusjaam) kuni 1000 (Tudulinna vaatlusjaam). Kuid Vasknarva,



Joonis 1. Väike-Emajõe, Õhne jõe ja Leivajõe äravoolu pikaajalised hüdrograafid
 Figure 1. Long-term runoff hydrographs of the Väike-Emajõgi, Õhne and Leivajõgi rivers

Tartu, Türi-Alliku, Räpina, Piigaste, Reola, Sämi ja Vanaküla hüdromeetriaajaamade kohta see suhe on väiksem (10–100). Viimast võib põhjendada põhjaveelise toitumise ja järvede ja tammide reguleeriva mõjuga jõe äravoolule. Kui mitte arvestada erakordseid kõrgvee ja madalvee näitajaid ning inimtegevusest tulenevat mõju (veevõtt, tammide ehitamine, metsade raiumine jne), siis keskmiste maksimumide ja miinimumide suhe $Q_{k.max}/Q_{k.min}$ on tunduvalt väiksem (alumine kõver joonisel 2). See suhe on järjestatud suurenemise järgi ja esitatud graafiliselt lävendite kaupa (Piigaste – 1, Tudulinna – >100).



Joonis 2. Maksimaalse ja minimaalse äravoolu suhe lävendite kaupa
Figure 2. Maximum and minimum runoff ratio for different hydrometric sites

Jõelangus on veel üks näitaja veejõu kasutamise hinnanguks ja nagu näitavad arvutused on jõelangus domineeriv veejõu kasutamisel. Tabelis 1 on esitatud jõed, mis oma hüdroloogilise ja morfomeetrilise iseloomustuse järgi pakuvad huvi veejõujaamade ehitamisel. Nende formaalse ressursi hindamiseks (jõe suudmes) on kasutatud valemit: $E = Q \cdot \Delta H$, kus Q – pikaajaline keskmine vooluhulk, m^3/s , ΔH – jõelangus, m .

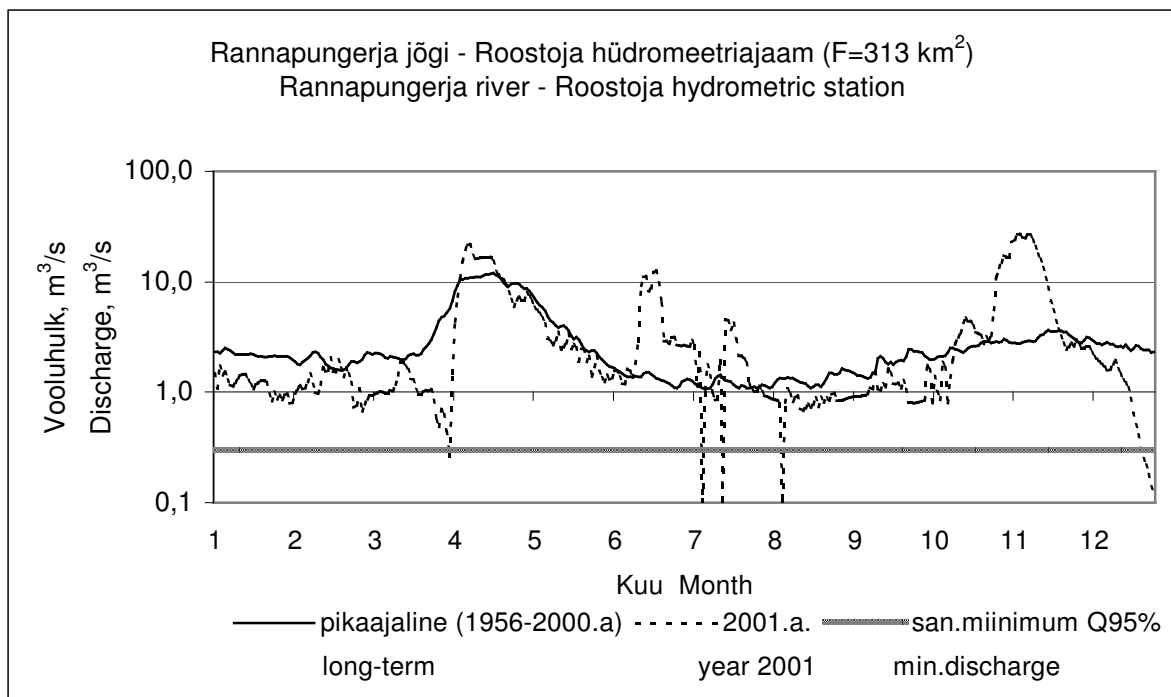
Tabelis 1 esitatud jõgede formaalse ressursi hinnang näitab, et analüüsitud jõgedest on energeetiliselt kõige rikkamad Narva ja Pärnu jõed, vaesem Leivajõgi. Põhja-Eesti jõgedest on see ressurss suurem Jägala ja Pirita jõgedel ning Keila jõel ja Valgejõel. Kagu-Eesti jõgedest on veejõu kasutamiseks soodsad Piusa ja Võhandu, Peipsi järve vesikonnas Väike-Emajõgi, Õhne, Põltsamaa ja Pedja jõed. Riia lahte suubuvatest on suure veejõuga Kasari ja Pärnu jõed.

Kui võrrelda joonisel 2 esitatud naaberjõgede Õhne ja Väike-Emajõe maksimumide ja miinimumide suhet ja tabelis 1 nende formaalset ressursi, siis on näha, et nad on erinevad: peaaegu võrdsed suhte järgi – 21 ja 28, on nad tunduvalt varieeruvad ressursiliselt – 8,77 ja 2,49.

Tabel 1. Jõgede iseloomustus ja nende potentsiaalne ressurss
 Table 1. Characterization and potential resources of several rivers

Eesti jõed järjestatuna oma energiarikastuse järgi	Valgala pindala F jõe suudmes, km^2	Keskmine vooluhulk Q , m^3/s	Summaarne langus ΔH , m	Formaalne ressurss E , MW
Narva	56 200	397	29,8	118
Pärnu	6910	64,1	74,9	48,0
Kasari	3020	27,4	61,7	16,9
Pedja	2740	21,8	69	15,0
Piusa	796	5,87	209	12,3
Halliste	1940	17,2	68,5	11,8
Võhandu	1410	10,3	98,4	10,1
Jägala	1580	12,3	80	9,84
Vigala	1550	14,3	67,4	9,64
Põltsamaa	1280	12,3	71,7	8,82
Väike-Emajõgi	1390	10,7	82	8,77
Ahja	1090	7,07	87,5	6,19
Pirita	793	7,2	79	5,69
Velise	886	7,59	65,6	4,98
Keila	681	6,7	72,5	4,86
Elva	463	3,32	144	4,78
Valgejõgi	454	3,85	106,5	4,11
Reiu	890	7,57	50	3,79
Sauga	570	5,35	59,9	3,20
Suur-Emajõgi	9960	71,6	3,8	2,72
Õhne	563	3,98	62,5	2,49
Rannapungerja	601	5,66	44,0	2,49
Leivajõgi	100	0,78	40,4	0,32

Hüdroelektrijaamade projekteerimisel on kindlasti vaja arvestada keskkonnatingimusi. Eesti veeseaduse järgi peavad veetarbijad tagama jõel sanitaarmiinimumi, mis ei tohi olla väiksem kui vooluhulk 95% tõenäosusega. Selle vooluhulga tagamine jõel säilitab veekeskkonna eluvõimelisuse. Kuid nagu näitavad pinnavee seire andmed, mõned tegutsevad hüdroelektrijaamad rikuvad neid tingimusi. Näiteks Rannapungerja jõel 1999. aastal taastatud Tudulinna hüdroelektrijaam asub ca 200 m ülesvoolu Roostoja hüdromeetriaajaamast. Selle jaama vaatlusandmed näitavad, et 9. ja 17. juulil ning 9. augustil 2001. aastal (joonis 3, katkendlik kõver) oli äravool märgitud kui “äravool puudub” (Vaatlusvihikud, 2001). Andmerekas alates 1956. aastast oli analoogiline sündmus vaadeldud ainult üks kord, 1959. a 11.–12. detsembril, millal hüdroelektrijaama tamm ja veelase olid suletud (Aastaraamat, 1960). Joonisel 3 toodud pikaajaline hüdrograaf (poolpaks joon) näitab äravoolu ühtlast aastasisest jaotust enne hüdroelektrijaama taastamist. Nende andmetel arvutatud Roostoja hüdromeetriaajaama 95%



Joonis 3. Pikaajaline ja 2001. aasta äravoolu hüdrograaf Rannapungerja jõe kohta
Figure 3. Long-term and 2001 runoff hydrographs of the Rannapungerja river

tõenäosuse vooluhulk on 0,38 m³/s talvel ja 0,22 m³/s suvel. Vaadates joonisel 3 esitatud 2001. aasta äravoolu hüdrograafi (katkendlik joon), võib näha, et 9 päeva aastas oli äravool sanitaarmiinimumist madalam või hoopis puudus. Sellised äravoolu puudused võivad kahjulikult mõjutada veekeskkonda.

Kokkuvõte

Töö tulemus näitas, et määratavad faktorid vee-energia kasutamise uurimisel on jões olev vooluhulk, selle pikaajaline aastasisene jaotus ja jõelang. Analüüsitud hüdrograafid näitasid maksimaalsete vooluhulkade vähenemist ja minimaalsete vooluhulkade suurenemist, samal ajal keskmised vooluhulgad jäid peaaegu muutusteta. See viitab aastasisese äravoolu ühtlusele. Jõgede formaalse ressursi hinnang näitas, et veerikkamad on Narva ja Pärnu jõed ja edasi alanemise järgi Kasari, Pedja, Piusa, Halliste, Võhandu, Jägala jne. Rannapungerja jõe äravoolu analüüs näitas, et taastatud Tudulinna hüdroelektrijaama tegevus mõjutab jõe äravoolu nii, et üksikud miinimumvooluhulgad on väiksemad kui nõutud sanitaarmiinimum, mis autorite arvates võib kahjulikult mõjutada veekeskkonda.

Kirjandus ∝ References

1. Arukaevu, K., Kask, A, Eipre, T., Loopmann ja A., Kullus, L.-P. (1980) Eesti jõgede valglate kataloog. Eesti Maaparandusprojekt. Tallinn: 202.
2. Juske, A. (1991) Eesti kuulsaid insenere. Insener August Velner "Valgus". Tallinn: 49.– 67.
3. Reihan, A. (2000) Eesti jõgede maksimaalse äravoolu analüüs 1902 – 1996. a. Magistritöö. Tallinna Tehnikaülikool. Tallinn: 86.

4. Reihan, A. ja Klaus, L. (1992-2002) Aastaraamatud 1991 – 2001. EMHI arhiiv. Käsikirjad. Tallinn: 100.
5. Vaatlusvihikud (2001) EMHI arhiiv. Käsikirjad. Tallinn: 24.
6. Vellner, A. (1923–1942) Aastaraamatud 1923 – 1942. Sisevete uurimise büroo. Teedeministeeriumi väljaanne. Tallinn: 200.
7. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 4 (1972) Прибалтийский район, вып. 1, Эстония. Под ред. Эйпре, Т. и Протасьева, М. Гидрометеиздат. Ленинград: 421.
8. Эйпре, Т. (1944-1991) Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши 1943-1990. Том XV, Эстонская ССР. ВНИИГМИ-МЦД. Обнинск: 293.

ENERGY POTENTIAL OF THE ESTONIAN RIVERS

Alvina Reihan and Olga Kovalenko

Estonian Meteorological and Hydrological Institute
e-mail: alvina@emhi.ee, olga@emhi.ee

Summary

In the current study the river runoff, its long-term distribution and river slope were considered as factors in the evaluation of the hydro energy potential of the Estonian rivers. The analysis of the long-term runoff hydrographs showed the increase of the maximum discharges and the decrease of the minimum discharges at the same time mean annual discharges were almost unchanged. It indicated that seasonal variability of the runoff decreased. The evaluation of the hydro energy potential of rivers showed, that the Narva and Pärnu rivers are the most suitable for hydro energy production, then in decreasing order – the Kasari, Pedja, Piusa, Halliste, Võhandu, Jägala rivers and etc. The analysis of the Rannapungerja river runoff showed, that the activity of the restored Tudulinna hydropower plant had an influence on runoff 2001: the minimum discharge was less than permitted by the legislative acts. Thus, the environmental aspects should have a high priority in hydropower plants reconstruction.

HÜDROELEKTRIJAAMADE JUHTIMINE

Voldemar Enno

AS Generaator, Aasa 5–2, 63304 Põlva, e-post: vulli@estpak.ee

Annotatsioon

Vaadeldakse kuni 200 kW võimsusega hüdroelektrijaamade juhtimisskeemidele esitatavaid nõudeid ja lahendusvariante. Käesolevas töös piirduakse hüdroelektrijaamadega, kus generaatoriteks on asünkroongeneraatorid, mis töötavad paralleelis Eesti Energia AS elektrivõrguga. Väikese võimsusega hüdroelektrijaamades kasutatakse peamiselt just asünkroongeneraatoreid.

HÜDROELEKTRIJAAAM, AUTOMAATIKA

Sissejuhatus

Töös käsitletakse väikeste hüdroelektrijaamade, võimsusega kuni 200 kW, juhtimist. Sellistes väikestes elektrijaamades, mis töötavad paralleelis elektrivõrguga, kasutatakse üha enam asünkroongeneraatoreid ja propellerturbiine. Lähtudes propellerturbiini kasuteguri iseärasusest, ei ole soovitav nende jaamade töötamine nimivõimsusest väiksema võimsusega. Sellest tulenevalt nad kas töötavad täisvõimsusega või seisavad. Hüdroelektrijaamade juhtimisel ja juhtimisskeemi koostamisel tuleb arvestada mitmete nõuetega. Põhilisemaks ülesandeks on inimeste ja seadmete ohutuse tagamine elektrijaamas ja jaamaga ühendatud elektriliinides. Elektrijaam ei tohi jääda toitma muust võrgust eraldatud liinilõiku.

Põhilised nõuded elektrijaamadele

Elektrivõrguga paralleelis töötavatele elektrijaamadele on kehtestatud rida nõudeid. Kuni 200 kW võimsusega jaamad peavad vastama Eesti Energia AS poolt kehtestatud “Elektrijaamade liitumise tehnilistele tingimustele”. Selle järgi peab elektrijaamas olema

- liigvoolukaitse kaitseks lühiste eest;
- generaatori kaitse mittetäisfaasiliste pingerežiimide eest;
- automaatika generaatori viiteta eraldamiseks võrgupinge kadumisel.

Täiendavalt tuleb veel

- asünkroongeneraator varustada minimaalpinge kaitsega või kasutada lülitamiseks kontaktorlülitit;
- generaatorid võrku lülitada tõugeteta (lubatud voolutõuge on asünkroongeneraatorite korral võrdne kolmekordse nimivooluga);
- tagada, et võrgupinge taastumisel ei lülitataks generaatorit võrku automaatselt enne 5 minuti möödumist;
- kompenseerida reaktiivvõimsus.

Keskkonnakaitse seisukohast tuleb veetase ülemises bjeffis hoida etteantud piirides. AS Generaatorile väljastatud vee erikasutuslubades on antud veetaseme lubatud kõikumiseks ± 10 cm.

Sisendid

Nendest ja muudest puhttehnilistest tingimustest peab elektriijaama automaatjuhtimiseks selle juhtimisploki sisendisse tulema järgmist informatsiooni.

1. Andmeid generaatori voolutugevusest, et kaitsta generaatorit liigvoolude eest mõnes faasis ja lühise korral vigane osa elektrivõrgust eraldada. Üldist ülekoormust ei saa esineda, sest normaalselt valitakse generaatori võimsus vähe suurem turbiini võimsusest.
2. Andmeid elektrivõrgu pingetest ja seda nii üle- kui ka alapinge kohta kas ühes või mitmes faasis.
3. Andmeid elektrivõrgu sagedusest. Väikese võimsusega elektriijaam ei ole võimeline muutma elektrivõrgu pinget ega sagedust. Ebanormaalne olukord võib tekkida siis, kui elektriijaam koos mingi elektrivõrgu osaga on eraldatud muust võrgust ja on jäänud tööle autonoomselt. See on ohtlik inimestele ja seadmetele ning elektriijaam tuleb kohe võrgust eraldada ja seisata.
4. Andmeid võrku antavast võimsusest. Võimsuse järgi kontrollitakse elektriijaama tööd ja elektriijaam lülitatakse võrgust välja, kui võimsus on langenud alla etteantud piiri või siis, kui generaator hakkab tööle mootorina.
5. Andmeid generaatori pöörlemissagedusest. Generaatori pöörlemissageduse järgi toimub asünkroongeneraatori elektrivõrku lülitamine sünkroonpöörlemissageduse juures ja väljalülitamine pöörlemissageduse langedes alla sünkroonsageduse.
6. Andmeid turbiini pöörlemissagedusest. Turbiini ja generaatori pöörlemissageduste erinevuste suhe on normaalselt kindel suurus, mille määrab ajami ülekanne ja üldiselt ei ole vaja mõlemaid suurusi eraldi mõõta. Rihmajamites rihma libisemise korral suureneb turbiini pöörlemissagedus, mistõttu on vajalik kontrollida just turbiini pöörlemissagedust.
7. Andmeid turbiini ja generaatori laagrite temperatuurist. Seda eriti lamerihmülekanne korral, sest lamerihmülekanne tekitab laagritele suure koormuse.
8. Andmeid generaatori ja trafo temperatuurist. Kui muud kaitseadmed töötavad korralikult, siis ei ole võimalik generaatori ega trafo temperatuuri ülemäärane tõus. Kuid eriti kõrge välistemperatuur ja jahutustingimuste halvenemine võib põhjustada siiski ülemäärase temperatuuri tõusu.
9. Andmeid vee tasapinnast ülemises bjeffis, seda elektriijaama seiskamiseks, kui vee tasapind on langenud alumise lubatud piirini ja käivitamiseks, kui see on jõudnud ülemise piirini.
10. Andmeid vee tasapinnast restide taga, juhul kui tahetakse edastada infot restide seisukorrast valvurile või kui restide puhastus on automatiseeritud.
11. Andmeid juhtlabade asendist, et lõpetada juhtlabade avamine (sulgemine), kui labad on täielikult avatud (suletud).
12. Andmeid hüdropumba õli rõhust ja/või pumba koormusest.

Väljundid, täiturid, signalisatsioon

Juhtploki väljundite järgi toimub jaama töö kontrollimine ja muutmine. Väljundid võib jagada kahte ossa: täiturmehhanismidele antavad käsud ja signalisatsioon.

Täiturmehhanismidest tähtsamad on juhtlabade avamise ja sulgemise seadmed ning elektriijaama võrku lülitamise kontaktor.

Juhtlabade avamiseks kasutatakse laialdaselt hüdraulikat, kus täituriteks on elektromagnetilised õliklapid. Juhtlabade sulgemiseks tuleb kasutada salvestatud energiat, sest pärast elektrivõrgu väljalülitumist ja võrgupinge kadumist ei ole võimalik labade sulgemiseks kasutada vahelduvvoolu elektrimootoreid. Meie (AS Generaator) oleme kasutanud oma elektriijaamades labade avamisel ülestõstetavate raskuste potentsiaalset energiat. Võimalik on veel survemahutite ja suruõhumootorite, elektriakumulaatorite ja alalisvoolumootorite, vedrude ja muu seesuguse kasutamine. Kui juhtlabade sulgemiseks kasutatakse suruõhku, elektriakusid või midagi muud seesugust, siis on otstarbekas labade avamine teha sama energiaallikaga ja mehhanismiga.

Lisaks generaatori võrku lülitamise kontaktorile on veel võimsusteguri kompenseerimiseks ettenähtud kondensaatori(te) lülitamise kontaktor. Selle lülitamine ei vaja alati eraldi väljundit. Seda võib teha generaatori kontaktori abikontaktidega.

Elektriijaama juhtimisseadmete seisundi signalisatsioon võib olla väga mitmekesine alates signaallampidest kuni tekstilise ja/või numbrilise tablooni. Signalisatsioon peaks andma infot

1. pinge olemasolust;
2. generaatori elektrivõrku lülitamisest;
3. juhtlabade asendist, lahti või kinni;
4. veetasemest ülemises bjeffis;
5. elektriijaama seiskumise põhjustest:
 - 5.1 liigvool;
 - 5.2 laagrite ülekuumenemine;
 - 5.3 generaatori ülekuumenemine;
 - 5.4 rihma libisemine.

Info töötlemine

Anduritelt saadud info järgi väljundkäskude saamiseks on kõige algelisemaks viisiks releede kasutamine. Selliselt AS Generaator alustaski Saesaare hüdroelektriijaama käikuandmisel 1991. aastal. Igasuguse releeskeemi puuduseks on jäikus. Kõige väiksem tehnoloogiline muudatus toob kaasa skeemi ümbertegemise. Seega iga täiendus tingib juba katsetatud ja töökindlaks osutunud skeemi muutmise. Ja praeguseks on kujunenudki selline olukord, kus iga turbiini juhtimiseks on mingil määral erinev skeem. Mõned turbiinid oleme viinud täisautomaatjuhtimisele, see tähendab, et elektriijaam seiskub ja käivitub veetaseme muutumisel iseseisvalt ilma inimese abita. Automatiseerimine jätkub ülejäänud turbiinide juures ja seejuures releeskeemide asemel kasutame ka programmeeritavaid kontrollereid. Anduritelt saadav info läheb spetsiaalsetesse releedesse. Nende releede rakendumispiir ja viide on reguleeritav. Mõned nendest võivad olla programmeeritavad.

Kontrollerite hindade languse tõttu on nende kasutamine muutunud majanduslikult, samuti ka tehniliselt, otstarbekamaks võrreldes releeskeemidega, sest programmeeritav kontroller võib asendada ka mõnda küllalt kallist releed. Kontrollerite kasutamine muutub hädavajalikuks niipea, kui praeguse ööpäevase ühtse elektri müügihinna asemele tuleb öine odavam hind. Siis on vajalik, et elektrijaam kasutaks päevase hinna kehtivuse lõpuks ära hoidlas oleva vee lubatud minimaalse tasemeni ja hommikuks, päevase hinna kehtivuse alguseks oleks hoidlas veetase ülemisel maksimaalselt lubatud piiril.

Kokkuvõte

Hüdroelektrijaama juhtimiseks kasutatav skeem peab olema seda täiuslikum, mida võimsamat turbiini ja generaatorit ta juhib. Keerulisemat skeemi tuleb kasutada niipea, kui võimsusteguri kompenseerimiseks kasutatakse kondensaatorit.

Kallima juhtimisskeemi kasutamine on õigustatud, kui kallinemisse paigutatud investeering osutub majanduslikult tasuvaks.

OPERATING WITH HYDROPOWER STATIONS

Voldemar Enno

Generaator Ltd, e-mail: *volti@estpak.ee*

Abstract

This article gives a summary of operating small (up to 200 kW) hydropower stations. The requirements of Eesti Energia Ltd are presented regarding the procedure of connecting a hydropower station into the grid and possibilities to perform instructions to avoid danger to the people and equipment.

MAJANDUSLIKULT TASUV JA KESKKONNASÕBRALIK HÜDROENERGEETIKA EESTIS

Ants Saks¹ ja Harald-Adam Velner²

¹Eesti Veejõud AS, Järvevana tee 5, Tallinn 10132, faks 6 014 406
e-post: ants.saks@mail.ee

²TTÜ Keskkonnatehnika instituut, Järvevana tee 5, Tallinn
e-post: marpar@edu.ttu.ee

Annotatsioon

Selgitatakse võimalusi Eesti jõgede veejõu kasutamiseks elektrienergia tootmiseks kaasaegsete tehniliste võimaluste abil. Näidatakse, et keskkonnasõbralik hüdroenergia rakendamine Eestis on majanduslikult põhjendatud ja seondub pikaajaliste traditsioonidega veejõu kasutamisel. Eesti jõgedele on võimalik ehitada mitusada väikest hüdrojaama, mis toodavad “rohelist elektrienergiat” ja lisaks kaunistavad Eesti maastikupilti.

MAJANDUSLIK, KESKKONNASÕBRALIK, HÜDROENERGEETIKA

Tutvustus

Hüdroenergeetika oli üsna pika aja jooksul, ligi 30 aastat, Eestis täielikult unustatud. 1960-ndatel aastatel suleti kogu endises NSV Liidus, nii ka Eestis, enamik väikesi hüdroelektrijaamu ja et ainuke suurem HEJ, Narva 125 MW võimsusega jaam, asus Narva jõe Venemaa poolsel kaldal, jäi Eestis tööle ainult 2–3 väikejaama, needki osalise võimsusega ja hoonete kütmise eesmärgil. Alles 1990-ndatel aastatel alustasid mõned entusiastid hüdrojaamade taastamist, seda vanade hüdroagregaatide rekonstrueerimise teel.

Tänaseks on olukord Eesti hüdroenergeetikas oluliselt muutunud ja seda mitmetel põhjustel.

- Eesti valitsuse poolt 1997. a vastu võetud energiaseadus avas rohelise tee alternatiivenergia kasutamiseks, kuna Eesti energiaturgu valdav suurfirma AS Eesti Energia, kes on ühtlasi monopoolne elektrienergia tootja ja ka enamiku jaotusvõrkude omanik, on selle seaduse §28 alusel kohustatud väiketootjatelt ostma (või transportima) nende poolt toodetud elektrienergiat hinnaga, mis moodustab 90% elektrienergia kodutarbija põhitariifist.
- Aasta-aastalt on tõusnud põlevkivi baasil toodetava elektrienergia hind. Kui mõni aasta tagasi oli see 0,4–0,5 kr/kW·h, siis käesoleval ajal on kodutarbija tariif tõusnud *ca* 2 korda, olles praegu 0,90 kr/kW·h, ja hinna tõusutendents jätkub.
- Eesti Energia AS algatas nn rohelise energia programmi, kaasates alternatiivenergia arendusprotsessi ka firmasid, kes ostavad “rohelist energiat” teatud määral kõrgema tariifi eest, kusjuures saadavast kasumist osa eraldatakse Eestimaa Looduse Fondile.

Need ja mõned muud põhjused on tekitanud praeguseks hüdroenergeetikas buumi – püütakse kasutusele võtta Eesti jõgede kogu hüdroenergeetilist potentsiaali.

Milline see võiks olla?

Hüdroenergeetiline potentsiaal

Eesti jõgede ja veejuhtmete arv on aukartustäratav – üle 7000, kuid need on enamasti lühikesed ja väikese vooluhulgaga. Ainult umbes 400 jõge on pikemad kui 10 km, nendest ainult 9-l on pikkust üle 100 km. Ka on ainult ca 50 jõe vooluhulk suurem kui $2 \text{ m}^3/\text{s}$ ja 14 jõe vooluhulk ületab $10 \text{ m}^3/\text{s}$. Enamiku hüdroenergeetiliselt sobivate jõgede vooluhulk jääb piiridesse $3\text{--}10 \text{ m}^3/\text{s}$ (v.a Pärnu jõgi, kus $Q_a = 40 \text{ m}^3/\text{s}$). Tulenevalt Eesti maastiku tasasest reljeefist on ka jõgede keskmine kalle väike ja hüdrojõujaamade tööõhk jääb valdavalt piiridesse 2–6 m (max 12 m). Seetõttu jääb ka Eesti jõgede tehniliselt kasutatav hüdroenergeetiline potentsiaal piiridesse 25–30 MW.

Samal ajal on võimalike mikro- ja minihüdrojaamade arv aukartustäratavalt suur. Kõigepealt endised hüdroelektrijaamad, neid oli 24–26, koguvõimsusega 6 MW. Teiseks, Eestis oli enne Teist maailmasõda üle 700 vesiveski, milles oli installeeritud üle 500 hüdroturbiini. Ekspertarvamusena on maastikuliselt säilinud ja hüdroenergia tootmiseks sobivaid veskikohti umbes 200, koguvõimsusega 8–10 MW. Sellele lisanduvad Eestis 1960–1990 ulatuslike maaparandustööde käigus paisjärvedele rajatud paisregulaatorid, mis võivad sobida väiketurbiinide paigaldamiseks – tõenäoliselt ületab nende arv 100. Peale selle, mitmete varasemate uuringute tulemusel, on Eesti jõgedele võimalik rajada veel kuni 20 uut hüdroelektrijaama.

Näeme, et kuigi tehniliselt kasutatav Eesti jõgede hüdroenergeetiline potentsiaal jääb ca 30 MW piiridesse, on võimalik mikro- ja minijõujaamade potentsiaalne arv aukartustäratavalt suur – ligikaudu 300 üksust.

Millised on ökoloogilised ja majanduslikud eeldused selleks?

Hüdrojaamade rajamise ökoloogilised tingimused

Seoses hüdroelektrijaamade taastamisega on tungiv vajadus selgitada veekogu ökoloogilist seisundit. Kalamajanduse ning elanike rekreatsiooni huvid tuleb rahuldada seadustes ettenähtud korras. Kehtiva “Veeõiguse” kohaselt tuleb kindlustada sanitaarne vooluhulk $Q_{\text{san}} \geq Q_{95\%}$ läbi paisu. Läänemere konventsiooni kohaselt tuleb kindlustada lõheliste populatsioonide migratsioonitingimusi esmajoonel Põhja- ja Lääne-Eesti jõgedes, rajades vajadusel paisude profiilides nõuetekohaseid kalapääsusi.

Eeltoodud seisukohalt on ilmselt eelistatud vanade veskipaisude taastamine ja sinna hüdroseadmete paigutamine. Maastikuarhitektuuriliselt on Eestile sajandite vältel olnud iseloomulik hulgaliste veski-paisjärvede olemasolu, mis kahjuks on alla lastud või maaparandustööde käigus hävinenud. Siiski võib taastamiseks sobivate veskipaisude arvu hinnata kuni 200-le (täpne inventuur on vajalik). Sellistel paisjärvedel on positiivne mõju keskkonnale – toimub vee aereerimine, reguleeritakse suurvett, avarduvad puhkevõimalused ja suureneb kalapüük. Üldjuhul kalapääsude rajamine väikejõgedel ei ole osutunud vajalikuks, kuna tegemist pole enamikul juhtudel siirdekaladega.

Enamik endisi veskipaise koos ümbritsevate maadega on nüüd eraomandis, nende taastamine ainult esteetilistel eesmärkidel või kalakasvatuse huvides käib aga omanikele sageli üle jõu. Taastamine muutub siiski tavaliselt rentaabliks, kui õnnestub see ühendada elektri tootmisega. Huvi on suur ja küsimus taandub enamasti sobivate väikeste hüdroagregaatide hankimisele.

Ökoloogiliselt keerulisem on olukord endiste hüdroelektrijaamade taastamisel või uute rajamisel. Üldjuhul tuleb nendes ette näha kalapääsud, kuna suuremates jõgedes esineb siirdekala ning tekkivad paisjärved on suuremad, neid ümbritsevad maad aga kuuluvad mitmetele eraomanikele, kelle huvid võivad põrkuda. Ka jätab kehtiv veeseadus, erinevalt näiteks maapäõuseadusest, erinevaid tõlgendamisvõimalusi. Eeliseks aga on see, et hüdrojaamadele, võimsusvahemikus 100–1000 kW, on olemas sobivaid turbiin-agregaatide ja ka vastav kogemus.

Senised kogemused hüdrojaamade taastamisel

Esimesena asus Eestis minihüdroelektrijaamu taastama AS Generaator, restaureerides vanad hüdroagregaadid Saesaarel, Leevakul ja Kotkas.

1997. a viis Eesti Veejõu AS koostöös Põhjamaade keskkonna projektfondiga NOPEF ja Rootsi spetsialistidega firmast *Drive Tech International AB* läbi Eestis eksisteerinud endiste hüdroelektrijaamade inventeerimise ja koostas tehnilis-majandusliku uuringu nende taastamisvõimaluste kohta. Nimekirja jäi I etapil umbes 20 hüdroelektrijaama, mille taastamise tasuvusaeg jääks 5–8 aasta vahele.

Uuringus võrreldi ka mitmete turbiiniehitusfirmade (Soome, Rootsi, Saksa, Austria, Tšehhi, Venemaa) poolt toodetavate hüdroturbiinide tehnilist sobivust ja hinnataset Eesti tingimustes. Uuring näitas, et üheks sobivamaks turbiinitüübiks on Soome firma *Waterpumps WP Oy* poolt toodetavad täisautomaatsed propeller-tüüpi kompaktturbiinid. Nimetatud turbiinitüübil on turbiin ja generaator paigutatud ühte hermeetilisse korpusesse, mida vastavalt HEJ konstruktsioonile saab paigaldada kas turbiinikambri või survetorusse. Konstruktsiooni eeliseks on, et jõuseade ei vaja suurt jõujaamahoonet, puudub mehaaniline hooldust nõudev ülekandemehhanism ja kogu seade on paigaldatav vee alla.

Esimese pilootprojektina taastati Kamari HEJ (võimsusega 200 kW) 1999. a samuti Põhjamaade Panga gruppi kuuluva keskkonnaprojekte finantseeriva organisatsiooni NEFKO ja Soome Keskkonnaministeeriumi toel. Jaama elektrienergia aastatoodang jääb piiridesse 1,5–1,7 miljonit kW·h. Järgnevatel aastatel on meie eestvedamisel taastatud analoogsete seadmetega (*Waterpumps WP Oy*) Tudulinna (150 kW) ja Joaveski (300 kW) hüdroelektrijaamad. Ehitusjärgus on Koseveski (40 kW), Tõrva linna vesiveski (80 kW) ja Linnamäe (1100 kW) hüdrojaamad. Neist viimane kuulub Eesti Energia AS-ile. Hüdroagregaatide maksumus (koos täisautomaatika, montaaži ja häälestusega) jääb piiridesse 14 000–20 000.- kr 1 kW installeeritud võimsuse kohta.

Seega on käesolevaks ajaks taastatud ja toodavad elektrienergiat 4 hüdrojaama vanade hüdroagregaatide baasil koguvõimsusega ca 400 kW ja 3 jaama moodsate, täisautomaatsete turbiinagregaatidega firmalt *Waterpumps WP Oy* koguvõimsusega 550 kW.

Vesiveskite osas on olukord tehniliselt keerulisem, kuna tööstuse poolt pakutavad seadmed osutuvad liiga kalliks peamiselt automaatikaseadmete maksumuse tõttu. Võimsusel kuni 50 kW on automaatikaseadmete maksumuse osa oluliselt suurem võrreldes hüdrojaamadega võimsusvahemikus 100–1000 kW. Ootame siin turbiiniehitus-firmadelt koostööd Eesti tingimustele (turbiinide töörohk 2–4 m, vooluhulk 1,5–3 m³/s) sobivate seadmete tarnimisel. Hinnataseme alandamiseks näeme siin kahte võimalust:

- lihtsustatud automaatikaseadmete väljatöötamist;
- väiketurbiinide seeriaviisilist tootmist, arvestades võimalike mikrojaamade suurt arvu.

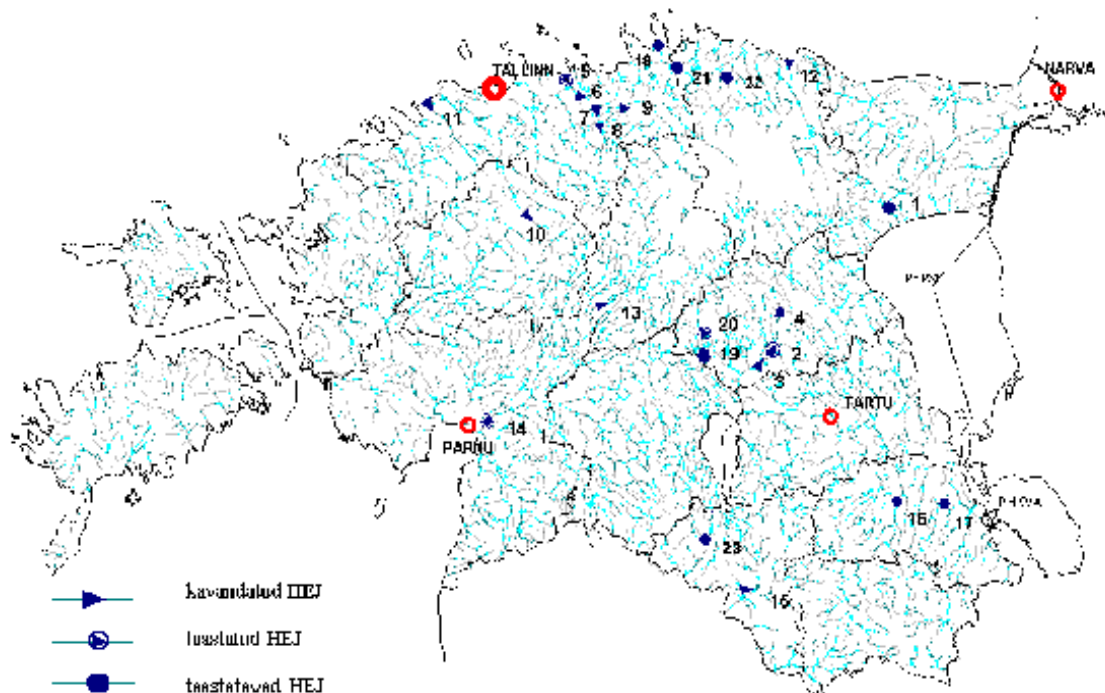
Tabel 1. Hüdrojaamad Eestis (olemasolevad ja kavandatud)

Table 1. Hydropower Plants in Estonia (proposed and restored)

	HEJ	Jõgi	Q50% (m ³ /s)	Rõhk H (m)	N (kW)	kW·h/a (mln)
1	Tudulinna	Rannapungerja	5,0	6,0	150	0,95
2	Tõrve	Pedja	7,0	3,0	165	0,83
3	Puurmani	Pedja	9,0	2,3	160	0,80
4	Painküla	Pedja	6,0	3,0	140	0,70
5	Linnamäe	Jägala	19,0	8,0	1100	6,20
6	Jägala-Joa	Jägala	12,0	17,0	1200	
7	Kaunissaare	Jägala	10,0	2,8	210	0,90
8	Kehra	Jägala	11,0	2,5	200	0,91
9	Soodla	Soodla	2,7	11,8	250	0,90
10	Kohila	Keila	4,0	2,0	60	0,32
11	Keila-Joa	Keila	7,0	4,5	250	1,20
12	Kunda	Kunda	7,0	9,5	500	2,90
13	Jändja	Pärnu	12,0	2,5	220	1,05
14	Sindi	Pärnu	40,0	3,2	1100	8,30
15	Restu	Väike-Emajõgi	1,2	3,8	35	0,20
16	Saesaare	Ahja	3,0	8,0	180	1,30
17	Leevaku	Võhandu	3,5	2,5	60	0,50
18	Kotka	Valgejõe	3,6	6,0	150	1,00
19	Kamari	Põltsamaa	5,0	5,0	200	1,70
20	Põltsamaa	Põltsamaa	5,0	2,0	80	0,70
21	Nõmmeveski	Valgejõe	3,5	10,0	300	2,50
22	Joaveski	Loobu	3,5	11,0	300	2,50
23	Tõrva	Õhne	2,5	3,5	86	0,60

KOKKU u 37 mln kW·h/a

Pilootprojektina on koostatud teostusuuring (*feasibility-study*) vesiveski taastamiseks Tõrva linnas, kuhu on kavas installeerida 2 turbiini á 40 kW.



Joonis 1. Hüdrolektrijaamad Eestis
Figure 1. Hydropower Plants in Estonia

HEJ tehniline varustatus

HEJ seadmete valik oleneb looduse poolt võimaldatavatest tingimustest, rõhust H_a (m) ja vooluhulgast Q_a (m^3/s). Peamiselt nendest oleneb otsus,

- kas taastada vanad seadmed, mille puhul kasutegur η on vahemikus 0,5–0,6
- või rakendada uusi täisautomaatseid seadmeid, mille puhul kasutegur on suurem, asudes vahemikus 0,8–0,85.

Näide

Kui HEJ võimsus on $N = 50$ kW, siis aasta vältel ($T = 8760$ t/a) on toodangu erinevus järgmine.

Propeller- e Frances turbiinide korral.

- Vana puhul ($\eta = 0,5$) on loodetav toodang 219 000 kW·h,
- uue ($\eta = 0,8$) seadmega 350 000 kW·h.

Kui 1 kW·h elektrienergia müügihind on ligikaudu 1 kr/ kW·h, siis on uue turbiiniga võit umbes 130 000 kr/a.

Investeeringute (omakapital, pangalaen, EL projekt jms) vajadus on uue seadme puhul 1 kW võimsuse kohta *ca* 1000 USD, taastataval vanal *ca* 300 USD.

Seega on antud juhul ($N = 50$ kW) uute seadmete maksumus umbes 900 000 kr.

Vanade korral ligikaudu 250 000 kr. Vahe HEJ hinnas seega orienteerivalt 650 000 kr.

Ülalnimetatud elektrienergia müügihinna korral saame uute seadmete tasuvusajaks ligikaudu 5 aastat, vanade puhul umbes 2 aastat. Kuid tuleb arvestada seda, et uute seadmete tööaeg on enam kui 30 aastat, vanadel vaid 5 kuni 10 aastat (nende ressurss väheneb kiirelt). Seega tuleb üldjuhul püüda kasutada uusi suurema produktiivsusega seadmeid.

Vesiveskid

Võimsustel 10 kuni 40 kW ja rõhkudel 1,5 kuni 10 m (ja isegi enam) sobivad hästi uue tehnoloogiaga Soome, Tšehhi, Austria jt firmade seadmed. Nende kasutegurite väärtused on järgmised:

- propellerturbiinid $\eta = 0,72$
- otsevoolu (*Crossflow*) e *Bank*-turbiinid $\eta = 0,5$ kuni $0,6$
- sifoonturbiinid $\eta = 0,50$

Täisautomatiseeritud propellerturbiinide (koos kapsliga) 1 kW installeeritus võimsuse maksumus on ca 1800 USD (~28 000 kr).

Otsevoolu, sifoontüüpi turbiinide korral (võimsus kuni 10 kW, juhul kui $H > 1,5$ m ja $Q_a > 0,2$ m³/s) on 1 kW maksumus ca 1000 USD (~17 000 kr).

Vanade vesirataste (turbiinide) taastamine ning häälestamine (Generaator AS, H. Haldre (EPMÜ) ja erainitsiatiivil tegutsejad) on lühiajaliselt üldiselt odavam.

Kokkuvõte

- Meie senised kogemused näitavad, et sobivate hüdroseadmete valimisel on endiste hüdrojaamade ja vesiveskite taastamine Eestis tehniliselt võimalik ja majanduslikult tasuv. Kuna tegemist on pikaajaliste investeeringutega (ca 5–10 aastat), on oluline, et riigi poolt kehtestatud mängureegleid (energiaseadus jm) ei muudetaks.
- Nii hüdroelektrijaamade kui vesiveskite taastamisel on enamikul juhtudel vajalik tõsta paisjärvede taset (võimalikult endisele kõrgusele), mistõttu tuleb eelnevalt välja selgitada taastamise keskkonnamõjud, seda eriti kalamajanduse aspektist lähtudes. Projektis peab olema määratud reeglid jõe vooluhulkade reguleerimiseks ja hüdrojaama töötades tuleb nendest ka kinni pidada.
- Senised kogemused näitavad, et “roheline energia” tootmise kõrval on hüdrojaamade ja vesiveskite taastamisel oluliseks kõrvalmõjukuks paisjärvede taastamine. Analüüs näitab, et veehoidlate korrastamine ja paisjärvede taastamine ainult rekreatiivsetel eesmärkidel (puhkealad, kalamajandus) ei ole kalliduse tõttu hoogu sisse saanud. Väikehüdrojaamade taastamise käigus on see aga vältimatu ja ka majanduslikult tasuv – taastades väikehüdrojaama või vesiveskit, taastame ka Eesti endist kaunist maastikupilti.

Kirjandus ✕ References

1. Velner, H.-A. (1997) Hydropower in Estonia. Pre-feasibility study. Program EST. Waterpower Ltd. Techn. Direct. Håkan Ericsson Drive Techn Intl AB, Stockholm: 250.

ECONOMICALLY PROFITABLE AND ENVIRONMENTALLY FRIENDLY HYDROENERGETICS IN ESTONIA

Ants Saks¹ and Harald-Adam Velner²

¹Estonian Waterpower Ltd, Fax 6 014 406, e-mail: ants.saks@mail.ee

²Department of Environmental Engineering, Tallinn Technical University
e-mail marpar@edu.ttu.ee

ABSTRACT

Estonian water sources (except the Narva River) are limited with average discharges up to 20 m³/sec and pressure less than 6 m. Total hydro energy production could be estimated at 300 million kW·h/y, what is 2 to 3% of the total electricity production, but hydro energy as the alternative – green energy is environmentally friendly and will help to reduce the emission of CO₂ as one step to fulfil the Kyoto 1997 Agreement. The pre-feasibility in 1997 showed that restoration of the old hydropower plants and water mills is economically feasible, technically and environmentally possible if advanced technique will be used. One of the first pilot-plant in Estonia Kamari (N = 200 kW) was constructed in 1998 with compact-propeller units in co-operation with Waterpumps WP Oy and ABB (FIN). Today 10 new plants have been constructed or are under construction with the total energy production ~ 20 million kW·h/y. Hydropower plants/water mills should be reconstructed in accordance with the Environmental Protection Legislative Acts. Advanced fish passes in the coastal rivers will be foreseen.

KOOSTOOTMISSEADME ABIL RAPSIÕLIST SOOJUSE JA ELEKTRIENERGIA SAAMINE AUTOPESULAS

Hans-Dieter Pitz¹, Siegfried Thomas² ja Josef Zeilinger³

¹INE, Chemnitz, faks 0049–(0)371 523 575; ²INE, Grünewalde; ³INE, Wippenham

RAPSIÕLI, ELEKTER, SOOJUS, KOOSTOOTMINE

Süsteemi kirjeldus

Kui kasutada energiakandjana biomassist saadud vedelkütust, siis saab ka tavalises, suhteliselt väikeses majas keskkonnasõbralikult välja ehitada kogu energiavarustuse. Nii oleme toiminud Chemnitzis, Berendorferi tänava majas 8.

Hoone ja samas asuva autopesula *CAR WASH PALACE* energiavarustus saadakse kompaktselt elektri ja soojuse koostootmise seadmelt. Erinevalt Saksamaal tavalistest soojuselektrijaamadest salvestatakse siin elektritootmisel eralduvat soojust ja kasutatakse seda nii pesuvee soojendamiseks kui ka autode kuivatamiseks. Vajaduse korral soojendatakse talvel ka välistee pinda, nii et väheneb vajadus ulatuslikult kasutada puistesoola. Samuti köetakse kogu maja heitsoojusega, nii puudub tarvidus täiendava küttekatla järele.

ELSBETT süsteemi nn mitmekütuse mootor käivitab elektri ja soojuse koostootmise ploki. Niisugusel süsteemil on see eelis, et kõrvuti kütteõliga saab kasutada ka looduslikke kütuseid ja loomseid õlisid ning -rasvu.

Sellisel moel ei paisata atmosfääri täiendavat süsihappegaasi CO₂, vaid see viiakse tasakaalustatud looduslikku ringlusse. Meie kasutataval taimeõlil on null ohutusklass pinnase, vee, õhu ja elusolendite suhtes. Ta ei auru ega pole plahvatusohtlik, kuid sisaldab praktiliselt sama palju energiat kui diislikütus.

Rudolf Diesel lasi oma taimeõli-automootoril maapähkliõli abil töötada juba Pariisi maailmanäitusel rohkem kui 100 aastat tagasi. Sellest ajast pole diiselmootor oma sobivust taimeõliga töötamiseks kaotanud.

Teatud seadistusega saab muuta tavalise diiselmootori sobivaks taimeõlile, ilma ei see kaotaks võimet töötada diislikütusega. Kahjuks ei saa me sellist seadistust autotootjatelt, vaid seda teevad eri töökojad. Meie *CAR WASH PALACE* autopesula taimeõliauto on loodusliku kütusega sõitnud juba enam kui 300 000 km ilma tehniliste probleemideta, olles seejuures loodusesõbralikum. Ühele bensiinjaamale meie linnas kuulub esimene autodele ettenähtud taimeõli tankimisautomaat. Kuivõrd tavalised tankimisautomaadid ei sobi taimeõlile, siis töötasid ettevõtted *LAUTERBACH* ja *CAR WASH PALACE* välja ja ehtasid tema jaoks uue nädistankimisposti. Alates käikuandmisest 1998. a varustab see Chemnitzi ümbruse autojuhte hea loodusesõbraliku kütusega. Automaatide asemel soovivad tarbijad meelsasti saada inimsõbralikku teenindust ja kasutada inimsõbralikku tehnikat.

COGENERATION OF HEAT AND ELECTRICITY FROM RAPEOIL WITH A LITTLE CHP UNIT IN A CAR WASH

Hans-Dieter Pilz¹, Siegfried Thomas² and Josef Zeilinger³

¹INE, Chemnitz, fax 0049–(0)371 523 575; ²INE, Grünewalde; ³INE, Wippenham

RAPE OIL, ELECTRICITY, HEAT, COGENERATION

Description of the system

Also smaller houses can build environmentally friendly energy supply systems for the whole house, in case they use liquid fuel produced from biomass. We have followed this example in Chemnitz, Berndorfer Str 8.

Both, the house and CAR WASH PALACE, which is situated in the same house, receive their energy supply from compact electricity and heat production unit. Unlike other thermal power plants in Germany here the heat from electricity production is saved and later used for water heating and car drying. The outdoor pathways are heated in wintertime, if needed, which results in smaller amounts of salt used. Also the house heating is based on waste heat, which means that no extra boiler is required.

In ELSBETT system the so-called multi fuel engine starts the combined electricity and heat production unit. In such a system one can use also natural fuels, animal oils and fats besides heating oil. Therefore no additional CO₂ is produced, but it will be brought to the balanced natural circle. The plant oil we are using has zero safety class concerning soil, water, air and living species. It does not vaporize neither is it explosive, still it includes nearly as much energy as diesel.

Rudolf Diesel let his car engine to work on peanut oil already at the world fair in Paris more than 100 years ago, and since then the diesel engine has sustained its ability to work on plant oil.

The regular diesel engine could be redesigned for working both on diesel and plant oil, but unfortunately we do not get such an engine from the car manufacturers and only special workshops can provide these gadgets.

The car we are using at the CAR WASH PALACE has driven on natural fuel already over 300 000 km without technical problems at the same time being environmentally friendlier.

One of the petrol stations in our town owns the first plant oil fuel pump for cars. As the regular fuel pumps do not fit for plant oil, companies LAUTERBACH and CAR WASH PALACE worked out and built the example pump. The pump has been working since 1998, and the consumers prefer friendly service and technology to the automatic petrol stations.

KÜTUSELEMENT – KESKKONNASÕBRALIK ENERGIAALLIKAS

Jüri Tamm

Tartu Ülikool, Jakobi 2, 51014 Tartu, e-post: tamm@chem.ut.ee

Annotatsioon

Antakse ülevaade keemiliste vooluallikate arengust. Põhjalikumalt analüüsitakse kütuselementide töö põhimõtteid ja arenguperspektiive. Kütuselemendi üks olulisemaid eeliseid teiste vooluallikate ees on see, et tema energiaressurs ei ole määratud reageeriva materjali hulgaga, nagu on tavalistes patareides või akudes, vaid oleneb ainult pidevalt juurdejuhitava kütuse (vesinik, maagaas, jne) hulgast. Kütuselement võimaldab luua autonoomset energiavarustust ning suured perspektiivid on tema kasutamisel koos tuuleturbiinidega.

KÜTUSELEMENT, KEEMILISED VOOLUALLIKAD

Sissejuhatus

Tänapäeval on inimesed elektriga nii ära harjunud, et ilma selleta ei osatagi hakkama saada (eriti linnades). Kuid see ei ole olnud kogu aeg nii. Elekter "leiutati" alles kaks sajandit tagasi. Enne seda oli tuntud vaid äike ja mõningate materjalide hõõrdumisel tekkiv elektrostaatiline elektrilaeng.

Esimeseks ja kõige olulisemaks sammuks sellel teel oli keemilise vooluallika (patarei) konstrueerimine Volta poolt 1799. a. Oli loodud seade, mis võimaldas saada elektri- voolu suhteliselt pika aja vältel. See avas tee paljude oluliste nähtuste ja protsesside avastamisele ja seadmete leiutamisele nagu elektrolüüs, telegraaf jt.

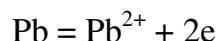
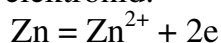
Elektri kasutuselevõtu esimene periood on tihedalt seotud keemiliste vooluallikate konstruktsiooni täiustamise ja edasiarendamisega, sest esimese 50 aasta jooksul olid nad peaaegu ainukesed elektrivoolu allikad. Elektrigeneraator, mis on vajalik mehaanilise energia muundamiseks elektrienergiaks (praegu on väga levinud moodus), leiutati ligikaudu 40 aastat hiljem.

19. sajandi keskpaiku teostati ka väga olulised arendused keemiliste vooluallikate alal. 1859. a konstrueeris G. Planté pliiaku ja 1866. a G. Le Clanché tsink-mangaandioksiid patarei. Mõlemad vooluallikad on ühed kõige enam kasutatavad tänapäevani: pliiaku autodel ja Le Clanché element kui tuntud (taskulambi) patarei.

Keemilised vooluallikad

Kõik keemilised vooluallikad on sarnase ehitusega ja koosnevad vähemalt kahest elektrodist (anood ja katood) ning nende vahel olevast elektrolüüdist.

Anoodil toimub metalli või mõne muu redutseerija oksüdeerimine, mille tulemusena tekivad positiivselt laetud ioonid ja elektronid:

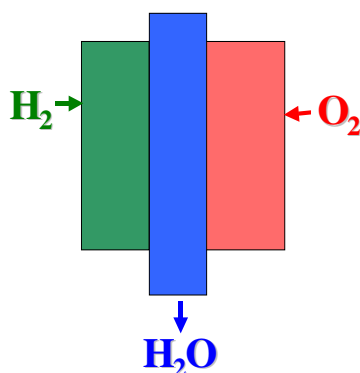


Katoodil toimub oksüdeerija redutseerimine, mille käigus seotakse elektrone:



Niisuguste vooluallikate energiamahukus on määratud elektrootodide suurusega: kuni kogu metall või vastav oksiid saab otsa (aku on tühi, kui plii või PbO_2 on muudetud Pb^{2+} ioonideks).

Väga ahvatlev on konstrueerida vooluallikas, mille elektrootodid ei kulu. Niisuguseks vooluallikaks ongi kütuselement. Kütuselement erineb tavalisest patareist selle poolest, et tema elektrootodid on valmistatud niisugusest materjalist, mis ise ei kulu, kuid on võimelised teostama oksüdeerimis- redutseerimisprotsesse teiste ainetega. Kütuselemendi põhimõtteline skeem on toodud joonisel 1.



Joonis 1. Kütuselemendi põhimõtteline skeem

Figure 1. Principle scheme of a fuel cell

Kütuselement nagu tavalinegi patarei koosneb kahest elektrootodist: anoodist ja katoodist ja nende vahel olevast elektrolüüdist. Anoodile juhitakse redutseerijat (kütust, näiteks vesinikku) ja katoodile oksüdeerijat (hapnikku või õhku). Anoodil toimub vesiniku ionisatsioon, mille tulemusena vabanevad elektronid:



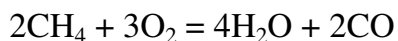
ja katoodil hapniku ionisatsioon, mille käigus seotakse elektrone:

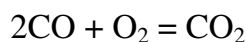


Välisahelas liiguvad elektronid, elektrolüüdis ioonid. Vesinikku ja hapnikku sisaldavate ioonide ühinemisel tekib vesi:

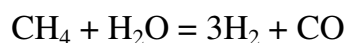


Seega hapnik-vesinik kütuselemendi ainuke reaktsiooniprodukt lisaks elektrile on vesi – seega ta on väga keskkonnasõbralik energiaallikas. Kui redutseerijana kasutada metaani (maagaasi), mis sisaldab ka süsinikku, siis lisaks veele tekivad ka süsiniku oksiidid:

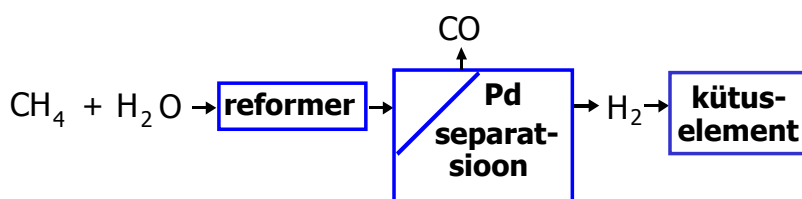




Enamasti teostatakse see protsess mõnevõrra teisiti: esmalt metaan muudetakse reformeris vesinikuks ja süsinikmonooksiidiks:



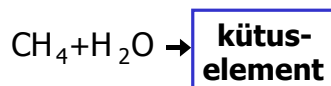
Tekkinud H_2 ja CO segu juhitakse kas otse kütuselementi või teostatakse CO eraldamine Pd-membraani abil kõrgendatud temperatuuril (vesinik difundeerub läbi Pd membraani, CO läbi ei pääse). Niisuguse süsteemi põhimõtteline skeem on esitatud joonisel 2.



Joonis 2. Reformeri kütuselemendi skeem

Figure 2. Scheme of the fuel cell with reformer

Teatud tingimustel on võimalik kasutada metaani ka otseselt, kus metaani reformimine toimub vahetult kütuselemendi sees.



Joonis 3. Otsene metaaniga töötav kütuselement

Figure 3. Direct methane fuel cell

Kütuselemendi tüübid

Kütuselemente võib jagada alaliikideks olenevalt töötemperatuurist: madala ($\leq 120^\circ\text{C}$), keskmise- ($120\text{--}400^\circ\text{C}$) ja kõrge- ($>600^\circ\text{C}$) temperatuurilised; kasutatava elektrolüüdi järgi (hape, leeline, polümeermembraan, sulatatud karbonaadid, kõrgetemperatuuriline tahke elektrolüüt); kasutatava redutseerija (kütuse) järgi (vesinik, metaan, metanool jt). Käesoleval ajal on suurima tähelepanu all kaks põhitüüpi: madalal töötemperatuuril vesinikul või metanoolil töötav kütuselement, milles elektrolüüdi osa etendab ioonjuhtiv polümeermembraan. Niisugused kütuselemendid on seni leidnud kasutust esialgu vaid USA kosmoseprogrammides ja autode demonstratsioonimudelitel, kuid lähitulevikus (3–5 a pärast) võib oodata nende suhteliselt laialdast rakendust autotranspordis, aga ka minivariantidena arvutite või isegi mobiiltelefonide energiaallikatena.

Kõrgetemperatuurilised kütuselemendid

Üheks kõige perspektiivsemaks arengusuunaks kujuneb ilmselt kõrgetemperatuuriline tahke elektrolüüdiga kütuselement (Borthwik, 2000). Seda tüüpi kütuselemendil on terve rida eeliseid: lisaks elektrile toodab ka soojusenergiat, mis võimaldab tõsta kasutegurit 80–90%-ni; kasutada maagaasi (metaani) vahetult, ilma reformerita ja separaatorita; valmistada elektroode oksiidsetest materjalidest (mitte väärismetallidest nagu madalatemperatuuriliste kütuselementide korral). Kõrgetemperatuurilised kütuselemendid on eelkõige statsionaarsed seadmed, mille abil on võimalik varustada nii elektriga kui soojaga üksikuid kortereid, elamuid kui ka suuremaid majade gruppe (olenevalt kütuselemendi võimsusest) (Sammes ja Boersma, 2000). Niisuguste kütuselementide baasil saab rajada autonoomseid energiavarustuse süsteeme, mis on eriti perspektiivne lahendus väga hajutatud tarbijate korral (saared, üksikud asundused). Viimasel ajal on autonoomse energiavarustuse probleem muutunud eriti aktuaalseks seoses terrorismi plahvatusliku kasvuga. Väga hea perspektiiv on kasutada kõrgetemperatuurilisi statsionaarseid kütuselemente koostöös tuulegeneraatoritega (Tamm, 2001).

Eestis on samuti viimase aasta jooksul asunud intensiivselt tegelema kõrgetemperatuuriliste kütuselementidega. AS Elcogen sõlmis 2001. a lepingud nii Tartu Ülikooli kui KBFi-ga vastavate uurimistööde teostamiseks. Eesmärgiks on luua kõrgetemperatuuriline kütuselement, mis oleks hinnatasemelt konkurentsivõimeline teiste energiaallikatega. Selleks tuleb eelkõige alandada töötemperatuuri tavalisest 850–900 °C kuni 600–650 °C-ni. See võimaldab kasutada kuumuskindlate kõrgetemperatuuriliste (kallite) sulamite asemel tavalist (suhteliselt odavat) roostevaba terast.

Selle ülesande lahendamiseks tuleb välja töötada tahked elektrolüüdid, mille elektri juhtivus 600–700 °C juures ei oleks halvem kui tänapäeva parimal kõrgetemperatuurilisel (900 °C) elektrolüüdil, mis koosneb tsirkooniumi ja üttriumi oksiidist. Samuti tuleb suurendada elektrodimaterjalide katalüütilist aktiivsust. Niisugused lahendused ei sünni üleöö, kuid 3–4 aasta pärast võib eeldada olulist edu selles valdkonnas.

Kirjandus ✕ References

1. Borthwik, W. K. D. (2000) The European Union approach to fuel cell development. *Journal of Power Sources* 86: 52–56.
2. Sammes, N. M. and Boersma, R. (2000) Small-scale fuel cells for residential applications. *Journal of Power Sources* 86: 98–110.
3. Tamm, J. (2001) Vesiniku saamisvõimalused, salvestamine ja kasutamine loodusesõbralikus energeetikas. Taastuvate energiaallikate uurimine ja kasutamine. Teise konverentsi kogumik. Peatoim. Tiit, V. Eesti Põllumajandusülikooli kirjastus. Tartu: 56–60.

FUEL CELL – ENVIRONMENTALLY FRIENDLY SOURCE OF ENERGY

Jüri Tamm

University of Tartu, e-mail: tamm@chem.ut.ee

Abstract

The main types of the chemical sources of electrical power were analysed. The fuel cells are the systems, which are able to convert chemical energy into electrical energy with high efficiency. One of the best types of fuel cells is high temperature solid oxide fuel cell (SOFC). In 2001 Elcogen Ltd. launched the program of fuel cells. The major goal of the program is to lower the operative temperature of SOFC and so reduce the cost of small-scale combined heat and power cogeneration systems for residential use and off-grid applications.

TAASTUVATE RESSURSSIDE JA KEEMIA VAHEKORD

Mihkel Koel

TTÜ Keemia Instituut, Akadeemia tee 15, 12618 Tallinn
e-post: vmihkel@argus.chemnet.ee

Annotatsioon

Vaatluse all on keemia osa jätkusuutliku arengu tagamisel. Tuuakse välja keskkonnasõbraliku ehk “rohelise” keemia printsiibid ja nende seos taastuvate ressurssidega. Kirjeldatakse lühidalt üldist olukorda taastuvate ressursside kasutamise alal keemiatööstuses.

JÄTKUSUUTLIKKUS, ROHELINE KEEMIA, TAASTUVAD RESSURSID

Sissejuhatus

Jätkusuutlikkus on kaasaja moesõna, mida kasutatakse väga paljude valdkondade kohta erinevates kontekstides. Samas on seda mõistet raske defineerida. Määratlema aga peaks jätkusuutlikkust seoses inimtegevusega ja inimühiskonna pikaajalise arenguga. Jätkusuutlikku arengut tuleb käsitleda juhtprintsibiina, kus mingi valdkonna areng käesoleval ajal peaks toimuma sel moel, et on tagatud selle arendamine ka mitmete inim põlvete pärast. Arengu sihttasemeid võib näiteks seada kasvõi mõõdetava saastuse taseme järgi. Jätkusuutlik areng sisaldab kolme omavahel sõltuvat dimensiooni – majanduslik, sotsiaalne ja keskkondlik. Kõik need dimensioonid on olemas ka keemia koha määratlemisel ja nendega tuleb arvestada, rääkides keemia osast jätkusuutlikkuses.

Keemia koht ühiskonnas

Alguseks võiks küsida, mis kasu on geeniuringutest, kui muu inimtegevus viib ümbritsevasse loodusesse nii palju kahjulikke mutatsioone tekitavaid aineid, et nendest tekitatud vigade parandust pole kellelegi mõne aja pärast pakkuda? See juhib meid keemia elutähtsa positsioonini inimtegevuses.

Keemia on teadus, mis käsitleb ainete koostist, ehitust ja omadusi ning muundumise seadusi. Ainete muundumisel keemilistes reaktsioonides tekivad või lagunevad aatomitevahelised keemilised sidemed, kusjuures aatomite liik ei muutu. Teadusalade üldises süsteemis piirneb keemia füüsika ja bioloogiaga. Keemia saavutuste rakendamise tulemusena on võimalik tööstuslikult toota väga mitmesuguseid sünteetilisi aineid ning paremini ära kasutada looduslikke aineid ja maavarasid. Sellega tegeleb keemiline tehnoloogia – teadus toorainete tööstuslikust keemilisest töötlemisest tarbeaineteks ja tootmisvahenditeks. Tarbimise kasv maailmas on möödapääsmatu, kuna rahvaarv kasvab: ÜRO andmetel 1,2% aastas ehk 77 mln inimese võrra. Vajatakse toitu, vett ja elementaarseid keemilisi aineid. Keemia peab täitma olulise osa nende vajaduste rahuldamiseks ning tagama tööstuse konkurentsivõime, looduskeskkonna ja elu kvaliteedi säilitamise. Kaasaegne keemiatööstus ja energeetika põhineb suures osas fossiilsel toorainel: nafta, maagaas, kivisüsi ja põlevkivi. Lisaks suures koguses taastumatute ressursside kasutamisele, on enamik tõsisest keskkonnaprobleemidest seotud keemia-

tööstuse toodangu või keemiatööstuse jääkidega. Toimub mittelagunevate keemiliste ühendite akumulatsioon looduses ja sellest lähtudes ilmnevad mitmesugused kroonilised efektid (tulemuseks on populatsioonide hävimine, seemnerakkude halb kvaliteet, immuunsüsteemi nõrgenemine, kroonilised haigused ja allergiad nii inimestel kui ka loomadel). Paljudel juhtudel tarbib keemiatööstus suures mahus puhast vett, mis on väga oluline ressurss sobiva elukeskkonna tagamiseks. Eestis moodustab keemiatööstuse osa on 10% kogu tööstusest ja seetõttu probleeme võiks nagu vähem olla, kuid samas on siin raskemast tööstusest oluline osa on seotud põlevkiviga ja koonduvad ühte regiooni. Ida-Virumaa on väga "kuulus" oma keskkonnaprobleemide poolest, mille on just põhjustanud keemiatööstus ja energeetika.

Analüütilise keemia arenedes ja analüüsi tundlikkuse suurenedes on saadud rohkem informatsiooni saasteainete kohta, nende esinemise kohta nii organismides kui ka ümbritsevas keskkonnas. Tuginedes sellele, on järjest rohkem vastu võetud nii kohalikke kui ka rahvusvahelisi seadusi, millega reguleeritakse keemiliste ainete tootmist, ladustamist ja kasutamist. Ka Eestis on vastu võetud vastav seadus (Kemikaaliseadus, 1998) ning mitmed seda täiendavad normdokumendid. Balti regioonis on toimimas rohkem kui 170 mitmepoolset kokkulepet ja määrust, mis haaravad nii atmosfääri ja merekeskkonda kui loodushoidu ja piiriüleseid veevarusid (International conventions ...). Ainult seadustele tuginedes muutub olukord väga aeglaselt. Appi peab tulema esmalt keskkonnaprobleemidele lähenemisviisi muutumine keemikute ja keemiatehnoloogide poolt. Keemiatööstus ise peab muutuma keskkonnasõbralikuks, kus viiakse ellu optimaalseid, vähesaastavaid tehnoloogiaid inimeste vajadusi rahuldava aine või toote saamiseks. See tähendab esmaselt kogu harule ökoefektiivsuse printsiibi rakendamist: konkurentsivõimeliste hindadega toodete ja teenuste pakkumine inimeste vajaduste rahuldamiseks ja elukvaliteedi tagamiseks, samas vähendades ökoloogilisi mõjusid ja ressursi tarbimist kogu eluea jooksul ümbritseva keskkonna taluvuse piirini. Viimane moment on oluline, sest väga paljude ainete suhtes on see taluvuse piir ehk loodusliku enesepuhastusvõime piir ületatud ning terved piirkonnad maailmas on muutumas inimestele elamiskõlbmatuks.

Üks keskkonnasõbraliku keemia peaideoloog USA teadlane Terry Collins (Collins, 2001) võrdleb keemiatehnoloogiat, mis kasutab kogu perioodilisuse tabeli elemente, et tekiks selektiivsus suhteliselt lihtsate süsteemide saamiseks, ja loodust, kus suhteliselt väikese arvu keemiliste elementidega, kasutades läbitöötatud disaini, hoitakse käigus kompleksne elu keemia. Ta toob sellest kõrvutamisest välja jätkusuutliku arengu põhivaldkonnad, millele peab kontsentreeruma ka kaasaegse keemia uurimis- ja arendustegevus. Ta püstitab püramiidi, mille aluseks on saastamise vähendamine – uute ökonoomsete protsesside arendamisel liikuda tehnoloogiaelementide kasutamise baasil lähemale biokeemiale. Sisendid sellele tehnoloogia püramiidile moodustavad ühelt poolt ohutu energia – nii passiivse kui ka aktiivse fotokeemia ja pingeallikate arendamine päikeseenergia muundamiseks, ja teiselt poolt taastuv tooraine – taimse materjali baasil ökonoomsete toorainete leidmine keemia- ja polümeeri tööstusele.

Taastuv ressurss

Taastuvate tooraineallikatena saab vaadelda metsa, põldu ja merd ning sealt pärit orgaanilist ainet. Siin peaks ilmselt andma ka ajavahemiku, mille jooksul kulutatud

ressurss taastub. Et inimene mõõdab tarbimist, tootmist ja keskkonnasõbralikkust enda heaolu järgi, siis aja mõõduks saab olla inimpõlvkonna eluiga. See tähendab, et ressurs peab täielikult taastuma vähemalt 20–40 aasta jooksul. Siit tuleneb, et kõige öko- noomsemaks ja paremini kontrollitavaks taastuvaks ressursiks on põllumajandustoo- ted. Lisaks kaasneb põllumajandusliku tootmise arendamisega oluline sotsiaalne efekt tööhõive suhtes maal.

Põhiliste turuvõimalusi omavate tööstuslike põllumajandustoodetena võib välja tuua

- õlid,
- kiud,
- süsivesikud,
- eritooted,
- proteiinid.

Taimseid õlisid ja loomseid rasvu kasutatakse lisaks biodiislile põhiliselt määrd- ainet, värvide ja pinnakatete saamiseks. Neile lisanduvad veel lahustid, pindaktiivsed ained, linoleum ja muud polümeersed materjalid. Käesoleval ajal hinnatakse Euroopas olemasoleva turu mahtu üldiselt vähemalt 10 korda suuremaks, kui on praegune pakkumine. See on valdkond, kus taastuvast toormest saadavad tooted asendavad naf- takeemia tooteid.

Kiudainete turg Euroopas on ühest küljest konservatiivne ja aeglaselt kasvav, kui see puudutab riidekangaid (puuvill ja villane moodustavad 40% turust), sest mood mõju- tab seda. Teisest küljest on turg piiramatute tehniliste rakenduste jaoks: matid, filtrid, geotekstiilid, kompositsioonid autodele ja ehitustele, plaadid kõrtest või vartest. Mahtu näitab kas või autotööstus, kus aastas toodetakse Euroopas ligikaudu 18 miljonit masinat ja ühes autos kasutatakse ligikaudu 10 kg kiududest toodet.

Süsivesikute turg, mille põhiliselt moodustab tärklis, on hästi arenenud ja ligi pool toodangust kasutatakse mittetoidu sektoris: paberi ja kartongi valmistamisel, plastiku- tes ja pesuainetes, väiksem osa kosmeetikas ja farmaatsias. Siin on suured võimalused uute väärtuslike omadustega toodete saamiseks. Suured lootused selles valdkonnas on pandud biolagunduvate plastikute väljatöötamiseks.

Eritooted haaravad neid tooteid ja aineid, mida saab ainult taimedest või loomadest, st. neil puuduvad sünteetilised analoogid. Tavaliselt on need väga väärtuslikud, kuid väikese turumahuga. Siia alla kuuluvad näiteks maitse- ja lõhnaained, ravimtaimed, värvained, isikliku hügieeni vahendite komponendid jms, mis täidavad kindlaid turunišše.

Käesoleval ajal mittetoidulised valkainete derivaadid leiavad kasutamist pakendite ja määrdamise juures, liimides ning kosmeetikavahendites. Selles valdkonnas on oodata arengut ja uute produktide väljatöötamist vastavalt teaduse saavutustele.

Euroopas on seda valdkonda põhjalikult uuritud IENICA (*Interactive European Network for Industrial Crops & their Applications*) projekti raames (<http://www.csl.gov.uk/ienica/>). Suurel hulgal on läbi viidud alus- ja strateegilisi rakendusuuringuid, kuid siiski on olnud tööstuse poolt nõudmine mittetoiduaineliste biotaastuvate toorainete (välja arvatud energeetika) järele väga väike.

Põhjustena võib välja tuua:

- vähene hoolimine võimalustest;
- vähene majanduslik huvi muutuste vastu;
- investeeritakse olemasolevasse tehnoloogiasse;
- vähene poliitilise selguse puudus taastuvate toorainete arendamise suhtes;
- nõrgalt arenenud turg garanteeritud pakkumisega.

Eestis on olukord veelgi halvem, sest nendele põhjustele lisandub veel võimalike tegijate väike arv. Need põllumajanduse kohta välja toodud põhjused on üldistatavad kogu taastuvate ressursside valdkonnale. Kiirema arengu ja edu saavutamiseks on vaja tõsisemat ühiskonna poolset toetust uutele tehnoloogiatele ja logistilistele lähenemistele ning vastavaid muudatusi seadusandluses, luues kindla aluse tootja ja kasutaja koostööle, muuhulgas ka standardite ja spetsifikatsioonide arendamises. Otsustav osa jääb ikkagi turule, kus taastuva toorme kasutamine peaks tooma hinnaeelise.

Roheline keemia

Uut keskkonnasõbralikku lähenemist keemias ja keemiatehnoloogias kutsutakse üldiselt roheliseks keemiaks. See liikumine sai alguse teadusringkondades 1990-ndate algul ja praegu on olemas Rohelise Keemia võrgustik Euroopas ja Rohelise Keemia Instituut Ameerikas (<http://www.chemistry.org/greenchemistryinstitute/>; <http://www.chemsoc.org/networks/gcn/>). Roheline keemia kombineerib kriitilisel moel keskkonnakaitse, majandusliku kasu ja sotsiaalse vastutuse. Oma olemuselt on roheline keemia teaduspõhine, seadustega mitte reguleeritud, kuid ökonoomikale põhinev lähenemine keskkonnakaitsele ja jätkusuutlikule arengule. Välja on pakutud 12 roheline keemia printsiipi, mis aitavad otsustada ja suunata keemia ning keemiatehnoloogia tegemisi keskkonnasäästlikkuse suunas (Anastas ja Warner, 1998). Põhitähelepanu on pööratud sellele, mis toimub enne “toru”. Torusse, mis viib jäätmeid keskkonda, tohib pääseda minimaalselt materjali ning see peab olema maksimaalselt ohutu.

Rohelise keemia peamised tõekspidamised:

- parem jääkideta töö kui hilisem jääkide töötlemine või likvideerimine;
- algmaterjalide ära kasutamine sünteesides peab olema maksimaalne;
- keemiline süntees peab ideaalis kasutama ja tootma mittekahjulikke aineid;
- parem kasutada katalüsaatoreid kui reagente;
- keskkonna koormust tõstvate lisamaterjalide kasutus peab olema minimaalne;
- taastuvate algmaterjalide kasutamine peab kasvama;
- kasutatavad ained, protsessid ja aparatuur peavad olema võimalikult ohutud keskkonnale.

Roheline keemia pakub väga suurel hulgal huvitavaid väljakutseid nii teadusasutuste teadlastele kui ka erinevate tööstusharude inseneridele. Välja tuleb töötada uusi materjale, mis on keskkonnasõbralikud kogu oma eluea jooksul ning uusi tehnoloogilisi protsesse, kus kasutatakse uut tüüpi lahusteid ja katalüsaatoreid. Uued katalüsaatorid ja membraantehnoloogia vähendavad oluliselt ressursi tarbimist ja saasteainete eraldumist. Bio- ja ensüümtehnoloogia kasutamine vähendab ohtlike kemikaalide eraldumist ning energiatarvidust. Need protsessid võimaldavad vähendada vee kasutamist ning

paljudel juhtudel toimivad isegi suletud süsteemidena. Protsesside kompuuteriseeritud kontroll ja automatiseerimine omakorda parandavad ressursi säästlikku kasutamist ja vähendavad jäätmete teket.

Reaktsioonid, mis võiksid olla roheline keemia näiteks, peaksid vastama järgmistele tingimustele:

- efektiivne (atomaarne ökonoomia, katalüütiline);
- annab vähe ja mittetoksilisi kõrvalprodukte;
- lisaainetele maksimaalne taaskäitlus (nt lahustid, katalüsaatorid);
- energiasäästlik (nt mikrolaineline soojendus).

Siit tuleneb samuti vajadus uute keemiliste protsesside optimeerimise kriteeriumide väljatöötamiseks. Selliste reaktsioonide väljatöötamiseks on vaja

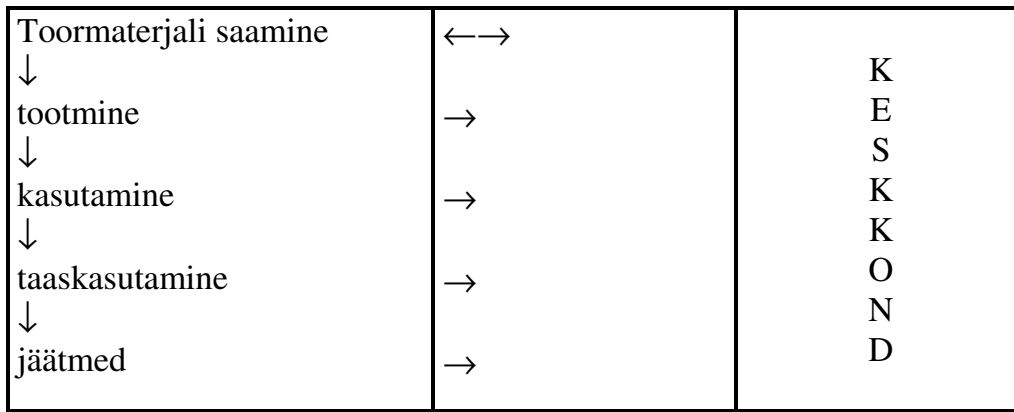
- hinnata protseduure jätkusuutlikkuse kriteeriumide järgi;
- optimeerida eksperimentaalsed protseduurid;
- viia läbi toote täisanalüüs;
- leida kõik kõrvalproduktid ja läbi viia nende toksilisuse analüüs;
- koguda kõikide kasutuses olevate ühendite kohta ohutustehnilised andmed;
- hinnata alternatiivseid meetodeid energia kasutamise optimeerimiseks.

Need on just sellised parameetrid, millele varasemalt vähem tähelepanu pöörati. Samad printsiibid peavad rakendust leidma ka taastuvate ressursside kasutamisel, sest kui ei ühendata taastuva toorme kasutamist keskkonnasõbraliku tehnoloogiaga, siis keskkonna saastamine ei vähene ja positiivne efekt jääb saamata. Iseenesest taastuva tooraine kasutusele võtmisega jäätmete ja emissioonide hulk ei vähene. Madala majanduse juurdekasvu korral 30 aasta jooksul jäätmete ja emissiooni hulk kasvab kahekordseks, keskmise puhul 5 korda, suure puhul 23 korda. Seega taastuvate ressursside kasutusele võtmisega, mis on sisuliselt uue tooraine kasutusele võtmine, peab kaasnema ka uute tehnoloogiate loomine, mis vähendavad ka jäätmete tekkimise võimalusi. Uute tehnoloogiate loomine ja juurutamine on kallis otsuste kulutuste mõttes, odavam aga, vaadeldes asja komplekselt keskkonnanahoiu mõttes, sest on tegu piiramatult toorainega, lihtsustatud keemiliste protsessidega, väiksemate kuludega jääkide utiliseerimisele.

Toote eluea analüüs

Esemeliste vajaduste rahuldamiseks saame ressursside kasutamise efektiivsust hinnata ikkagi lähtudes nende esemete või toodete eluea analüüsi tulemustest. Jätkusuutliku arengu puhul on eriti olulised keskkonnaaspektid ja seetõttu olulise poole toote eluea analüüsis moodustavad alates toormaterjali töötlemisest kuni toote lagunemiseni välja kõikide protsesside seosed keskkonnaga (vt joonist 1).

Seos toote eluea ja keskkonna vahel on keeruline ning paljusid momente toote „eluloos“ ei seostata üldsegi tööstusega. Tootmise ja tarbimise kõrvale on tõusnud samaväärselt küsimused toormest ja jäätmetest ning vaheastmena taaskasutamisest (*recycling*). Kuigi selles lihtsas skeemis ei tehta otsest vahet, millist toorainet on kasutatud, on selge, et taastuva tooraine kasutamisel vahekord keskkonnaga on eriline ja see mõjutab kindlasti ka järgmiste astmete suhet keskkonnaga.



Joonis 1. Protsesside ja keskkonna seoste skeem

Figure 1. A mutual connexions scheme between processes and the environment

Lähtudes analoogiast infotehnoloogia alal, saab öelda, et kaasajale on iseloomulik võrgustike tekkimine ja nende abil hajusalt paiknevate ressursside kasutamine. See on aktuaalne energeetikas, kus probleemiks on tuuleenergia ja muude väiksemate energiaallikate optimaalne kasutamine koos baasvarustuse kindlustamisega. Oluline oleks selliste süsteemide juurutamine ka keskkonnasaastuse vähendamiseks ning sobivaks valdkonnaks näib olevat taastuva ressursi kasutamine keemiatööstuse toorainena. Ressurss paikneb hajusalt ning vajab samuti hajusalt paiknevaid esmase kogumise ja töötlemise punkte. Neid punkte on võimalik organiseerida väga keskkonnasõbralikul moel, kus kaasaegse tehnoloogia juures on tegu väiksemate saastuskoormustega, millega looduse enesepuhastusvõime tuleb kergesti toime. Ilmselt saab alustada ka märksa varem toorainele rakendatava vajaliku lahutusprotsessiga. Sellega väheneb (vähemalt ei suurene) suurte punktsaastusallikate osakaal. Väiksemas mastaabis on kergem pühendada tähelepanu kasutatava tehnoloogia loodushoidlikkusele, puhastusseadmetele ja jääkide utiliseerimisele ning samuti tuleb transport mööda torusid kokkuvõttes odavam. Esialgsed kulud võivad küll olla märkimisväärsed, kuid tasuvad kiiresti ära väiksemate hoolduskulude tõttu. Kõik see tähendab kompleksset lähenemist kogu toote saamise tehnoloogilisele ahelale ja nõuab ümberhindamist, mis oleksid suures mahus läbiviidavad protsessid ning mida saab efektiivselt ka väiksemas mastaabis teha, selleks et optimaalselt toimiks keskkonnahoid ja ressursisäästlikkus, st ökoefektiivsuse printsiibist lähtudes.

Kokkuvõte

Praeguses keemia uurimis- ja arendustööde järgus ollakse üsna alguses roheline keemia printsiipide arvestamisega ning seetõttu ei ole veel õiget hoogu loodusliku taastuva tooraine ümbertöötamise uurimisel. Tegelikult, inimtegevuse arengu jätkusuutlikkuse tagamisel on taastuvate ressursside järjest suuremal kasutamisel eluline osa. Suuremas mahus peab toimuma taastuvate ressursside efektiivne kasutamine ja haldamine nende regenererumisevõime piires. Paralleelselt sellega peab toimuma mitetaastuvate ressursside efektiivne ja korduv kasutamine, nendele taastuvate asendajate leidmine.

Alustuseks jätkusuutliku tootmise arendamisel peaks olema juhtiv riiklike toetuste osa:

- arendatakse programme, mis stimuleeriksid uute tehnoloogiate, toodete ja protsesside väljatöötamist;
- toetatakse investeringuid parimasse võimalikku tehnoloogiasse (BAT – *best available technology*).

Seda aga ei saa teha ilma ülikoolide ja teaduslike uurimisasutusteta. Nemad annavad vastava teadusliku aluse vajalikele uutele tehnoloogiatele, hindavad inimtegevuse mõju keskkonnale ja määravad keskkonna taluvuspiiri. Koostöös ettevõtetega toimuvad arendusuuringud. Ülikoolidel on oluline koht sellelaadsel harimisel, vastavate hariduslike programmide väljatöötamisel. Tegevusse peab olema haaratud ka meedia, mille kaudu toimub jätkusuutlikkuse põhimõtete selgitamine, parima võimaliku tehnoloogia juurutamisel tööstuse aktsioonide selgitamine, sotsiaalse teadvustamise laiendamine.

Suuremas filosoofilises plaanis peab muutuma suhtumine vahekordades soovid – tarve ja võimalused – vajadused. Et see protsess on vaeva- ja aeganõudev, siis ka väikseimad sammud selles suunas vajavad tunnustamist.

KirjandusReferences

1. Kemikaaliseadus, RT I (1998) 47: 697.
2. International conventions and agreements having relevant in the Baltic 21 process:
 UNITED NATIONS
 - 2.1. Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes (Helsinki, 17 March 1992).
 - 2.2. Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer, 23-25 November 1992.
 - 2.3. Convention on Environmental Impact Assessment in a Transboundary Context (Espoo, 25 February 1991).
 - 2.4. Framework Convention on Climate Change (New York, 9 May 1992); Kyoto protocol 10 December 1997.
 - 2.5. Convention on the Biological Diversity (Rio de Janeiro, 5 June 1992).
 - 2.6. Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal (Basel, 22 March 1989) and Decisions (December 1992 and March 1994).
 - 2.7. Convention on Long Range Transboundary Air Pollution (Geneva – 1979, Oslo – 1994).
 - 2.8. International Convention on the Establishment of an International Fund for Compensation for Oil Pollution Damage (Brussels 18 Dec –1971).
 - 2.9. Fourth ACP-EEC Convention 15 Dec – 1989.
 RELATED EU DIRECTIVES AND PROGRAMMES
 - 2.10. 76/464/EEC Council Directive of 4 May 1976 on pollution caused by certain dangerous substances discharged into the aquatic environment of the Community.
 - 2.11. 80/778/EEC Council Directive of 15 July 1980 relating to the quality of water intended for human consumption.

- 2.12. 80/68/EEC, Council Directive of 17 December 1979 on the protection of groundwater against pollution caused by certain dangerous substances.
- 2.13. 96/62/EC, Council Directive of September 1996 on ambient air quality assessment and management.
- 2.14. Convention Civil Liability for Damage Resulting from Activities Dangerous to the Environment (Lugano 21 June – 1993).
- 2.15. 96/61/EC of 24 September 1996 concerning integrated pollution prevention and control (IPPC).
- 2.16. 96/82/EC of 9 December 1996 on control of major-accident hazards involving dangerous substances (SEWESO II).
- 2.17. 1836/93 EEC of 29 June 1993 allowing voluntary participation by companies in the industrial sector in a Community Eco- Management and Audit Scheme (EMAS).
- 2.18. 85/337/EEG Environmental Impact Assessment (EIA).
3. Collins, T. (2001) Towards Sustainable Chemistry, *Science* 291:48–49.
4. <http://www.csl.gov.uk/ienica/>.
5. <http://www.chemistry.org/greenchemistryinstitute/>;
<http://www.chemsoc.org/networks/gcn/>.
6. Anastas, P.T., Warner, J.C. (1998) *Green Chemistry: Theory and Practice*. Oxford Univ. Press, Oxford, UK: 148.

RENEWABLE RESOURCES AND CHEMISTRY

Mihkel Koel

Institute of Chemistry at Tallinn Technical University

e-mail: vmihkel@argus.chemnet.ee

Abstract

Under the consideration is the role of chemistry in sustainable development of mankind. Presented are principles of environmentally friendly or green chemistry, and their connection to renewable resources. Shortly is described the situation in use of renewable resources in chemical industry. Discussed the importance of life cycle analysis for production and its relation to environmentally friendly design of technology.

FÜÜSIKU PILGUGA: MIKS ON KESKKONNAHOID OBJEKTIIVSELT RASKE

Karl K. Rebane

Tartu Ülikooli Füüsika Instituut, Riia 142, 51014 Tartu
e-post: rebanek@fi.tartu.ee

Annotatsioon

Suletud termodünaamilise süsteemi mudel sobib väga hästi Maakerale kui tervikule. Kvaliteetne energia saabub päikese kiirgusega, madalakvaliteediline (saastatud) lahkub maailma-ruumi infrapunakiirguse näol. Objektiivne keskkonnahoiu raskus on selles, et võitluses olemasolu eest jäävad eelistatult peale need, kes rohkem kulutavad loodusressursse ja sellega rohkem saastavad elukeskkonda.

KESKKONNAKAITSE, OBJEKTIIVSED RASKUSED, ENTROOPIA, OLELUSVÕITLUS, VÕITJAD EVOLUTSIOONIS

Olukord

1. Tänapäeval on raske leida haritud inimest, kes ei mõistaks keskkonnahoiu elulist tähtsust tsivilisatsiooni säilimiseks. Ridamisi on nõupidamisi, konverentse, ka kõrgeimate riigimeeste tasandil, meedia on üliaktiivne, on moodustatud organisatsioone ja ministeeriume, mis neelavad juba palju tähelepanu, raha, vahendeid – kõik keskkonnahoiu nimel. Tegelikult õnnestub aga päris vähe ja suurte raskustega midagi ära teha ja sedagi **lokaalselt** (geograafiliselt või tegevusliigi järgi). Keskkonna **globaalne** allakäik jätkub ja süveneb. Praegusaja näide: kliima globaalne soojenemine.

Ega veel praegu absoluutset kindlust pole, et pöördumatu inimtegevusest tingitud soojenemine on juba käimas. Kui veel polegi, siis energiatarbimise edasise hoolimatu kasvu korral jõuab soojenemine kätte ilmtingimata ja üsnagi pea.

2. Elukeskkonna globaalseks, s.o Maakera kui planeedi vaatluseks on hästi rakendatavad füüsika, kõigepealt – termodünaamika üldised ja universaalselt kehtivad seadused (Rebane, 1980; Rebane, 1995; Rifkin and Howard, 1980; Prigogine, 1961; Izakov, 1997).

3. **Isoleeritud** süsteemi (ei energia ega aine vahetust väljaspoole) kohta kehtib energia jäävuse seadus – energiat ei kao ega teki juurde, see saab vaid muutuda ühest kujust teise – ja entroopia kasvu seadus – entroopia saab üksnes kasvada või jääda muutmatus. Viimane leiab aset tasakaalu jõudnud isoleeritud süsteemi puhul. Entroopia väljendab energia ja aine kvaliteeti: mida kõrgem entroopia, seda madalam kvaliteet, entroopia kasv tähendab kvaliteedi langust.

“Looduse protsesside gigantses vabrikus on entroopiaprintsiip direktori ametis, sest tema kirjutab ette kogu majandustegevuse sisu ja kulgemise. Energiaprintsiibil on üksnes raamatupidaja roll, mis paneb deebet ja krediti klappima” (Emden, 1938).

Neist seadustest on näha, et piiratud ulatusega isoleeritud süsteemis midagi suurt ja huvitavat toimuda ei saagi: kõik asetleidvad protsessid annavad entroopia kasvu, s.o

energia ja aine kvaliteedi kahanemise. Nende tulemusel kasvab entroopia maksimumini ja saabub termodünaamiline tasakaal, seisak.

4. Maakera **ei ole isoleeritud** süsteem, vaid on **suletud** süsteem, mille puhul ainevahetust ümbruskonnaga, s.t maailmaruumiga ei ole, energiavahetus aga on. Just tänu viimasele ongi evolutsioon aset leidnud – Maakerale saabub kõrgekvaliteediline (madala entroopiaga) kiirus päikeselt, maailmaruumi lahkub madalama kvaliteediga (kõrgema entroopiaga) pikalaineline kiirus.

Suure täpsusega on sissetuleva E_s ja väljamineva E_v kiirusvoogude energiad võrdsed: $E_s = E_v$. Termodünaamiliselt täpne on väita, et energia pärast pole vaja muretseda: jäävuse seadus on vankumatu. Küll on seda vaja energia kvaliteedi pärast. Sissetuleva kiirusvoo entroopia S_s on väiksem väljamineva omast S_v :

$$S_s - S_v = \Delta S < 0.$$

Entroopia kasvu seadus on täidetud, nagu peabki olema. Osa energia kõrgest kvaliteedist on aegade jooksul leidnud kasutamise ja leiab praegugi Maakera elukeskkonnas. Just entroopia kasvu käigus ja kasvu arvel, tänu päikese kiirguse energia kõrge kvaliteedi ja mahakäinud kvaliteediga energia hoolsale äratoimetamisele maailmaruumi hajatava infrapunakiirguse poolt, ongi kõik huvitav, elu ja ühiskonna teke ning nende arengud Maakeral aset leidnud (Rebane, 1980; Rebane, 1995; Rifkin and Howard, 1980).

5. Kooskõlas termodünaamika seadustega energia ja entroopia kohta on **põhimõtteliselt** võimalik inimkonna energiatarbimise ülisuur edasine kasv. Saaks, näiteks, ehitada kosmosesse tohutud väljad päikeseplatereisid, mis muudavad kõrgekvaliteedilise päikesekiirguse elektrivooluks, toimetada see tarbimiseks Maale ning vastavalt suurendada ka madalama kvaliteediga infrapunakiirguse voogu maapinnalt maailmaruumi. (Viimast saaks teostada soojapumbaga võrdväärselt: kiirendada tuleb soojuse voolu loomulikus suunas – kõrgemalt temperatuurilt madalamale. Väikese energiakuluga saaks saata maailmaruumi väga palju soojust). Tegelikult kuigi suures hulgas kahjuks siiski ei saa – Maakera elusfääri **mittestabiilsus** suurte energiahulkade vahendamisel tekitab ähvardava ülekuumenemise ohu, väga väikegi viga viiks katastroofile ja see paneb piiri. Nii, et ka tuleviku kõige suurepärased tehnikasaavutused ei võimalda **Maakeral** väga suuri kvaliteetse energia hulki tarbida: väikegi avari paneks looduse koos tsivilisatsiooniga keema, kõrbema või põlema. Küll saaks energiatarbimist väga palju suurendada, kui siirduda elama teistele, looduslikele või tehnilikele, taevakehadele kosmoses. Aga mida inimene sealt otsiks? Militaarset üleolekut – jah, aga inimlikke väärtusi?

6. Loodusvarud on alati olnud piiratud ja piiratuks nad ka jäävad. Olelusvõitlus on olnud ja jääb. Kui see aga vanaviisi jätkub, läheb tsivilisatsioon vastu hukule keskkonnakatastroofis. Asi on alljärgnevas.

Looduse ja inimkonna (kui looduse osakese) arengulugu näitab, et olelusvõitluses võidavad tugevasti eelistatult need isendid, liigid, kooslused, organisatsioonid, riigid jms, kes kasutavad **kiiremini** ja suuremal hulgal **kvaliteetset energiat ja ainet** ning seetõttu ühtlasi **saastavad rohkem** ja kiiremini elukeskkonda. Teiselt poolt vaadates – kes ei suuda või ei taha aktiivselt seista keskkonnast (otse või teiste kaudu) vahendite

hankimise eest, s.t aktiivselt osaleda keskkonna eksploateerimises-saastamises, jääb konkurents alla ja hääbub. Tänapäevase tsivilisatsiooni pakutav supernäide – turumajandus.

7. See on evolutsioonist endast sündinud **süvavastuolu**: saavutatud hoidmiseks ja edasi viimiseks vajame heas seisus elukeskkonda, evolutsioonilaine viib aga eelistatult edasi just neid, kes konkurentidest rohkem koormavad loodusressursse, vähem hoolivad keskkonnast. Pole tähtis, kas tahtlikult või tahtmatult.

Tendents on ürgvana – seda võib täheldada juba elutu looduse tugevasti mittetasakaalulistes süsteemides. Inimeste ja nende koosluste käitumise ja olemuse olulise osa on evolutsioon kujundanud selle asjaolu mõju all, seda inimese nii kehaliste võimete kui psüühika ja mõtlemise, nii tarkvara kui riistvara tasemel.

8. Järjest laiemalt saadakse aru, et looduse väga oluline, elule ja tsivilisatsioonile hädavajalik ressurss on tema võime vastu võtta elutegevuse, tootmise, tarbimise, sõdade jäätmeid. Nende paratamatus ja vajadus neist vabaneda, et saaks alustada tegevuse uut tsüklit, tuleneb otseselt entroopia kasvu seadusest.

Entroopiaseaduse vääramatu ettekirjutuse järgi on vaja loodusressurssi mitte üksnes tegevuse alustamise sisendiks, vaid samuti ka elutegevuse, tootmise ja paratamatult kaasnevatest jääkproduktidest vabanemiseks. Selle valguses on arusaadav (kuigi mitte tingimusteta kiiduväärt) USA vastuseis tema majandustegevusest tulevate triiiphone efekti põhjustavate heitgaaside piiramisele: see oleks ju samaväärne USA-st välismaale edukalt müüdava kauba hinna täiendavale alandamisele, kasumi kahanemisele, tähendaks USA-le raskemat rolli turumajanduslikus maailmakonkurents, majanduse võimsuse ja riigi heaolu mõningat langust.

Meedia on tulvil teabest prügihooldatele koha leidmisest Eestimaal ja nende ehitamise suurtest kuludest, rahva vastuseisust radioaktiivsete jääkide toomisest nende elupiirkonda, isegi sellest läbivedamisele. Majaomanikud on hakanud prügihooldajaid lukus hoidma, et naaber oma jäätmeid salaja sinna ei sokutaks. Jäätmeist vabanemine annab järjest kasvavat panust toote omahinda.

9. Igasugusel tootmistegevusel on mõte üksnes siis, kui midagi sisendist on tasuta. Enamasti saadakse see elukeskkonnast – päikesekiirgus, õhk, osaliselt vesi. Marxi teooria alustala – osake teise inimese tööjõust (“lisaväärtus”) – on ainult üks komponent tasuta võetavast komplektist.

10. Aegade algusest sisendatud egoistlikku suundumust – jääda peale eluvõitluses keskkonna kiirema ja laialdasema eksploateerimise-saastamise arvel – on pidurdada ülimalt raske, **peaaegu** võimatu. Õnneks on “peaaegu võimatu” mäekõrguselt erinev “võimatust”. On tarvis kardinaalselt uusi väärtushinnanguid (muidugi samuti egoistlikke, kuid targemalt egoistlikke) ja nendest tulenevat kooskõlastatud tegusid.

11. Ei ole mõistlik alahinnata religiooni osa ja võimalusi väärtushinnangute kujundamisel, mitteahnitseva, tolerantsema käitumisjoone propageerimisel (Rebane, 1995).

12. Energia, entroopia, majanduse, ökoloogia, elukeskkonna kompleksil on oluline roll ka sellise uusmoodsa teema asjalikus arutluses nagu “Töö lõpp” (Rifkin, 1995), vt ka (Rebane, 1998).

Mõistete selgitused

Energia (E)

Termodünaamika (td) I seadus – energia jäävuse seadus – tagab, et E hulk on jääv. Ei saa energiat ei hävitada ega toota. E muutub ühest liigist teise, energia hulk säilib.

Entroopia (S)

Väljendab energia ja aine kvaliteeti. Ajalooliselt on kujunenud nii, et mida madalam kvaliteet, seda suurem S. Termodünaamika II seadus sätestab, et isoleeritud süsteemis S saab üksnes kasvada või jääda konstantseks. Viimane leiab aset, kui td tasakaal on saavutatud. Teisisõnu – energia ja aine kvaliteet saavad **iseenesest** üksnes halveneda. Süsteemi energia ja aine kvaliteeti saab tõsta küll, aga üksnes teiste süsteemide kvaliteedi arvel. Seejuures on viimaste kvaliteedi kahanemine (s.o S kahanemine

$$\Delta S_1 < 0, |\Delta S_1| < \Delta S_2; \Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 \geq 0)$$

suurem kui kvaliteedi tõus esimeses.

Ökonoomika (Ökn)

Ökonoomika (majandus) sekkub looduse asjadesse inimese ellujäämise ja tema elujärje parandamise nimel. On võimalik üksnes loodusressursside arvel, kasutab ja kahandab neid.

Elukeskkond (Ekk)

Välised mõjud organismile, abiootilised (füüsikalised faktorid) ja biootilised (teiste organismide mõjutused). Ekk mõjub elu põhifunktsioonidele, organismide kasvule ja paljunemisele, määrab nende lokaalsed ja geograafilised levialad. Ekk muutub ajas ja elusorganismid reageerivad neile muutustele (McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology, 1987, köide 6, lk 379). Majanduse võimalused sõltuvad suuresti elukeskkonna seisust.

Ökoloogia (Ökl)

Teadus, mis uurib vastasmõju organismi, nende koosluste ja Ekk vahel ning organismide mõju üksteisele; teadus **looduse majapidamisest**. Vähehaaval on algamas ka tähelepanu ökonoomika ja Ekk sülvaseostele.

Sülvavastuolu

On tarvis hoida elukeskkonda, aga evolutsioonilainel jäävad **elulistatult** püsima need süsteemid, liigid ja kooslused, mis ja kes **aktiivsemalt eksploateerivad** loodust ja seega ka saastavad ning enamasti pöördumatult ammendavad loodusrikkusi.

Paratamatus

Entroopia kasv on paratamatu. Asi on tegelikult selles, **milliste eesmärkide nimel** seda kasutada. Majanduse keskmiste näitajate järjekindel kasv ja selle kiirendamine, mi-

da loetakse progressiks, viib ju katastroofile. Tehnika arengu juurde on vaja inimlike **väärtuste** kriteeriumi, anda endale aru, mille nimel majandus peaks kasvama.

Väärtushinnangud

On hädavajalikud teadmaks, mille nimel oleks õige keskkonna ressursse kasutada. Inimlike väärtuste hinnangute teaduslikult mõistliku süsteemi (võibolla hierarhilise) andmine peaks olema ühiskonnateaduste supereesmärk ja -ülesanne. Paistab, et tänapäeva ühiskonnateadused on küllalt targad, et sellest ülesandest kenasti eemale hoida ja kaugeltki mitte piisavalt targad, et siin arvestatavaid tulemusi pakkuda.

Kirjandus ✕ **References**

1. Emden, R. (1938) Nature 41. London: 908.
2. Izakov, M. N. (1997) Self-organization and information for planets and ecosystems. Uspekhi Fiz. Nauk, Russian Acad. Sci. **40**, No 10: 1035–1042.
3. Prigogine, I. (1961) Thermodynamics of Irreversible Processes. Wiley. New York: 147.
4. Rebane, K. (1980) Energia, entroopia, elukeskkond. Valgus. Tallinn: 126. (täiendatud tõlge vene keeles (1984). Valgus. Tallinn: 159.
5. Rebane, K. (1995) Energy, entropy, environment: why is protection of the environment objectively difficult? Ecological Economy 13: 89–92.
6. Rebane, K. K. (1998) Energia, entroopia, ökonoomika, ökoloogia, elukeskkond. (Vene keeles). Issledovaniye Zemli iz kosmosa, No. 5: 29–41.
7. Rifkin, J., Howard T. (1980) Entropy. A New World View. Bantam Books. Toronto, New York, London, Sidney: 305.
8. Rifkin, J. (1995) The end of work: the decline of the global labor force and the dawn of the post-market era. G. P. Putnam's Sons. New York: 350. (tõlge eesti keelde: Rifkin, J. (1998) Töö lõpp. Ülemaailmse tööjõu allakäik ja turujärgse ajastu koidik. OÜ Fontese kirjastus. Tallinn: 367.

THROUGH THE PHYSICIST'S EYE: WHY IS THE PROTECTION OF THE ENVIRONMENT OBJECTIVELY DIFFICULT

Karl K. Rebane

Institute of Physics of the University of Tartu
e-mail: rebanek@fi.tartu.ee

Abstract

Earth as a whole can be considered as a closed thermodynamical system: the exchange of matter with the environment (space) is absent; the exchange of energy is well present. The entropy law can and has to be applied.

The Sun's radiation as a flow of high quality energy enters the Earth's biosphere (nosphere) and the same quantity (on average) of low quality energy is irradiated from Earth's surface into the Universe as infrared radiation (heat). The overheating of the Earth's surface and instability of all the possible facilities for cooling it limit the available non-destructive amount of additional energy to the Sun's radiation energy use on the level of a few per cent of the latter.

The protection of the environment is objectively difficult because the winners in the competition in evolution are those species, communities, states, etc. that utilize more natural resources and cause more pollution to the environment. A current sad example is the difficulties with the ratification of the Kyoto agreement on limits of the emission of greenhouse gases.

The entropy considerations have also something essential to say in the context of the problem "The End of Work".

The role of religion in the formation of human values in the context of exhausting natural resources and environmental pollution should not be neglected.

TAASTUVENERGIA KASUTAMISVAJADUSTEST JA -VÕIMALUSTEST EESTIS

Mailis Merdikes ja Jaan Kivistik

Eesti Põllumajandusülikool, Kreutzwaldi 64, 51014 Tartu
e-post: mailis.merdikes@mail.ee, jaank@eau.ee

Annotatsioon

Käesoleva artikli esimeses pooles antakse ülevaade taastuvate energiaallikate kasutamisest Eestis praegusel ajajärgul, mille eesmärgiks on juhtida tähelepanu nimetatud energiaressursside väiksele osakaalule Eesti energiabilansis ning rõhutada nende ulatuslikuma kasutuselevõtu vajalikkust. Artikli teises pooles käsitletakse lühidalt taastuvenergia kasutamise võimalusi Eestis.

TAASTUVENERGIA, ENERGIA KASUTAMINE EESTIS

Fossiilsete kütusevarude pöördumatule vähenemisele ning nende põletamisega seonduvatele keskkonnaprobleemidele leevenduse leidmiseks on üha enam hakatud rõhutama taastuvate energiaallikate ulatuslikuma kasutuselevõtu vajalikkust. Ka Eestis on rakendatud mitmeid programme ja koostatud arengukavasid. Näiteks 1998. aasta *kütuse- ja energiamaajanduse pikaajalise riikliku arengukava* (Kütuse- ja ..., 1998) kohaselt peab turba, puidu jt taastuvate energiaallikate osakaal primaarenergia bilansis 1995. a 8%lt tõusma 13%ni 2010. a ning põlevkivi osakaal langema 62%lt 47–50%ni 2010. a (tabel 1).

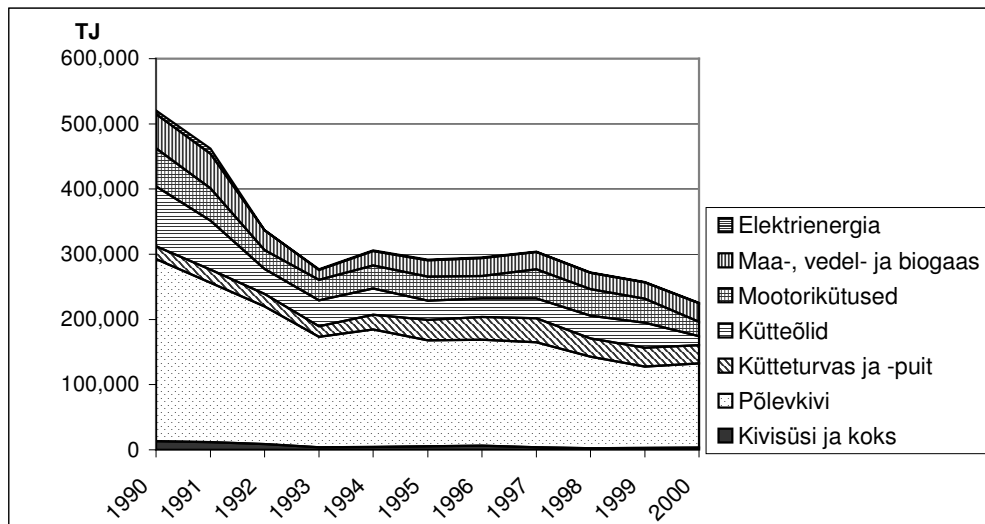
Tabel 1. Primaarenergia vajaduse oodatav muutus (%)

Table 1. Expected changes in primary energy demand (%)

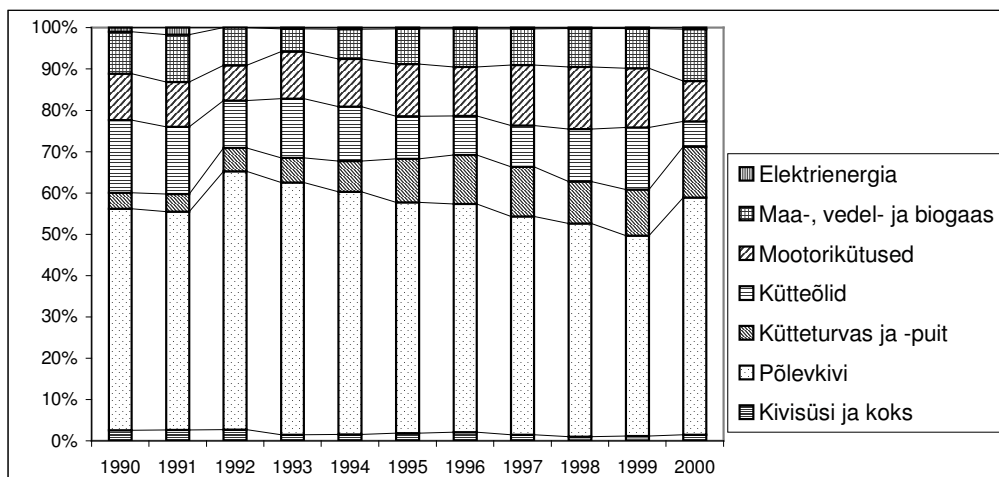
	1995	2005	2010
Põlevkivi	62%	52–54%	47–50%
Turvas, puit, taastuvad energiaallikad	8%	11%	13%
Kütteõlid	6%	5%	4–5%
Mootorikütused	13%	14%	14%
Maagaas	11%	16–18%	18–22%

Juba 2000. aastaks saavutati turba ja puidu osakaaluks primaarenergiabilansis 12%, põlevkivi osakaal seevastu tõusis eelnenud aastaga võrreldes ligi 8%, hõlmates primaarenergia bilansis 57%. Eesti energeetika eripäraks on põlevkivi kui mittetaastuv kütus, mille varud on piiratud ning mille kaevandamine muutub järjest kallimaks. Kuigi antud hetkel on põlevkivis sisalduva energia hind elektrit ja soojust tootvates ettevõtetes üks madalatest (joonis 3), ei saa unustada, et põlevkivi kaevandamise ja energia tootmise olemasoleva intensiivsuse korral jätkub Eestis põlevkivi vaid 20–50 aastaks (Riisenberg, 2001). Et meil lasub moraalne vastutus tulevaste põlvkondade ees, peame vähendama põlevkivi kui mittetaastuva loodusvara kasutamist, et seda jätkuks võimalikult pikaks ajaks.

Põlevkivi järel on primaarenergia vajaduse katmisel olulisel kohal kütteõlid ning mootorikütused, mille osatähtsus 2000. a eelneva aastaga võrreldes vähenes mõnevõrra. Kütteõlide osatähtsus vähenes 9% ja mootorikütuse osatähtsus 4% võrra. Muutus primaarenergia ressursides ning nende struktuuris kujutavad joonised 1 ja 2.



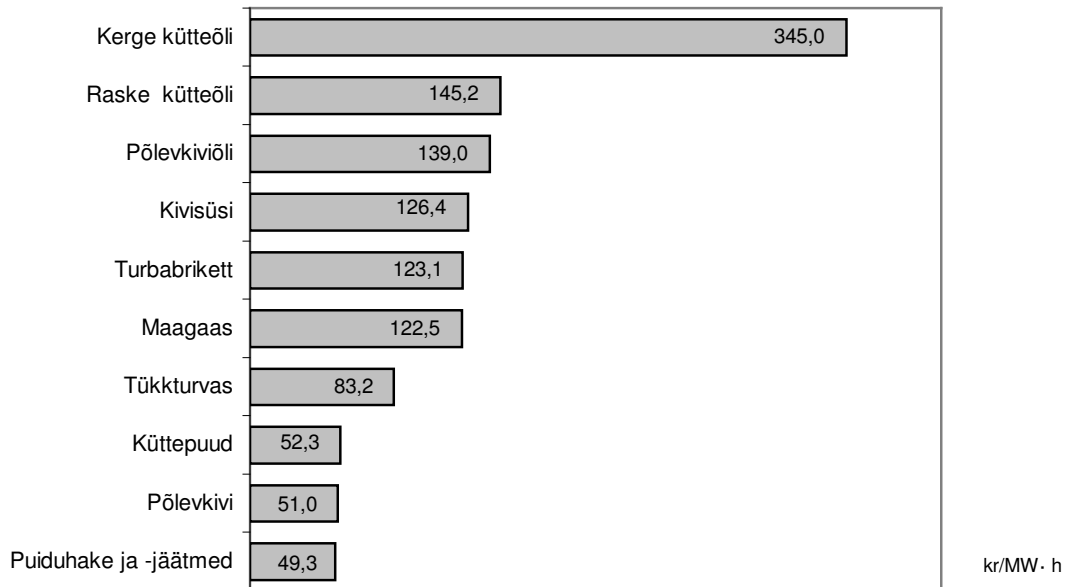
Joonis 1. Primaarenergia ressursid 1990.–2000. a (TJ)
Figure 1. Primary energy resources, 1990–2000 (TJ)



Joonis 2. Primaarenergia ressurside struktuur 1990.–2000. a (%)
Figure 2. Structure of primary energy resources, 1990–2000 (%)

Kütteturba ja -puidu osatähtsus on primaarenergia vajaduse katmisel oluliselt suurenenud alates 1992. aastast, mil võeti vastu energia säästuprogramm. Vaatamata tehtud edusammudele on biomassi laialdane praktiline kasutamine Eestis võrreldes Soomega, kus primaarenergia kogukuludest moodustas puit 20% ja turvas 5%, veel kaugel tuleviku küsimus

(Kivistik, 2000). Puitkütuste, eelkõige hakkpuidu ja puidujäätmete osatähtsus võiks olla aga veelgi suurem, arvestades seda, et hakkpuidus ja puidujäätmetes sisalduva energia hind on võrreldes teiste kütuseliikidega kõige madalam. Kütuses sisalduva energia keskmine hind elektrit ja soojust tootvates ettevõtetes 2000. a on kujutatud joonisel 3.

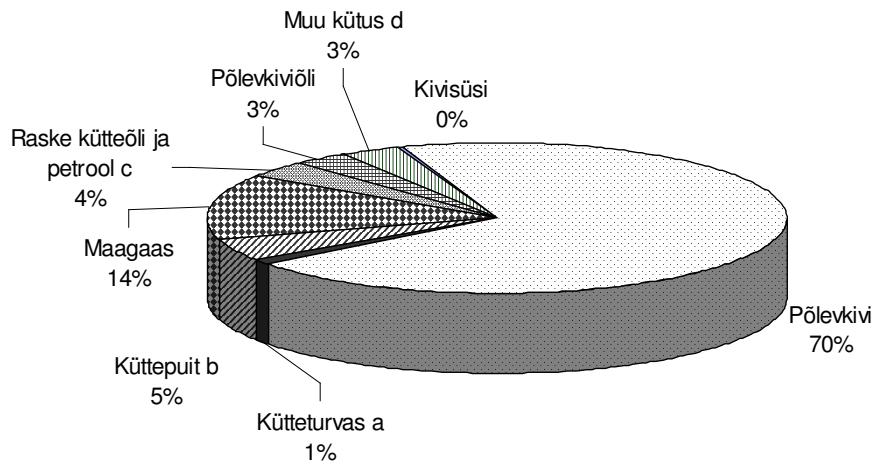


Joonis 3. Kütuses sisalduva energia keskmine hind elektrit ja soojust tootvates ettevõtetes 2000. a (kr/MW·h)

Figure 3. The average price of primary energy for producers of electricity and heat, 2000 (kr/MW·h)

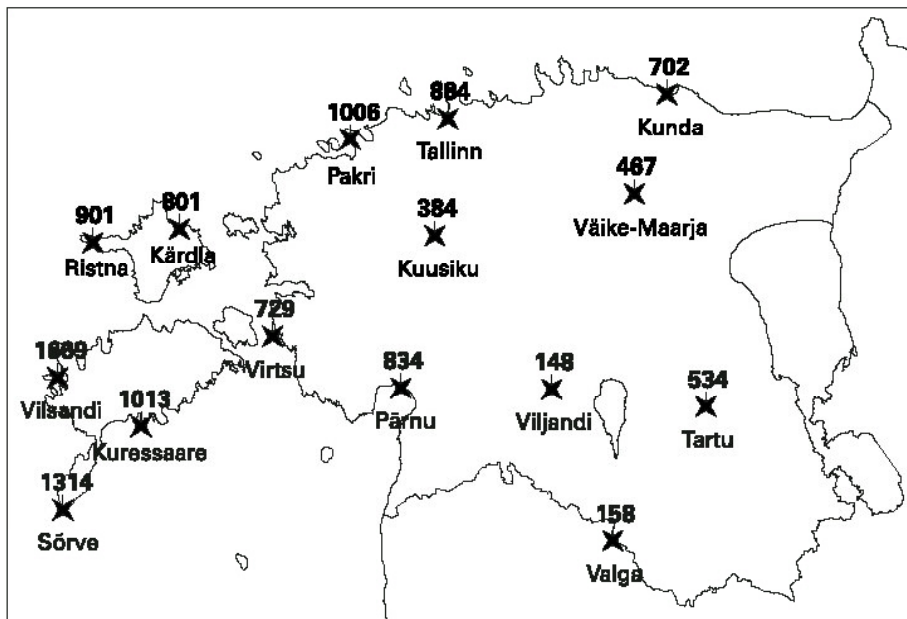
Joonise 3 kohaselt on kõige odavam hakkpuidust ja puidujäätmetest saadav energia, kuid vaatamata sellele on nimetatud kütuste osakaal elektri- ja soojusenergia tootmisel üsna tagasihoidlik (vt joonis 4). 2000. a tarbiti kütuseid elektri- ja soojusenergia tootmiseks kokku 132 648 TJ, milles küttepuudu (sh ka puidujäätmete) osa oli 6363 TJ ning küteturba osa üksnes 1334 TJ (Energiabilanss ..., 2000).

Teatud elavnemine on toimunud hüdro- ja tuuleenergeetika vallas. Hüdro- ja tuuleenergiat toodetakse Eestis küll väikestes kogustes, kuid tootmine on aasta-aastalt kasvanud. Kui 1992. a toodeti tuule- ja hüdroenergiat 1 GW·h, siis 1995. a 3 GW·h ja 2000. a 5,7 GW·h (Energiabilanss ..., 2000). Vaatamata nimetatud kasvule on nende osatähtsus primaarenergia bilansis siiski vaid 0,1% tasemel. Kasutades paremini Eesti põhja- ja lääneranniku alade ja eriti saarte tuuleressurssi, võiks see protsent olla tunduvalt suurem.



Täiendused joonisele. a – kaasa arvatud turbabrikett, b – ja puidujäätmed, c – sh diislikütuse genereerimiseks, d – sh põlevikivi-, generaatori- ja biogaas

Joonis 4. Kütuse tarbimine elektrienergia ja soojuse tootmiseks 2000. a (%)
 Figure 4. Consumption of fuels for electricity and heat generation, 2000 (%)



Allikas: vt (Kull jt, 1999)

Joonis 5. 450 kW võimsusega tuuliku aastane elektritoodang (MW·h)
 Figure 5. Mean annual energy production (MW·h/year) by a wind turbine with rated power output 450 kW

Näitlikustamaks seda, on toodud joonis 5, mis annab hea pildi Eesti erinevate paikkondade tuulepotentsiaalset.

Võimalusi taastuvenergia ulatuslikumaks kasutamiseks on lisaks tuuleenergiale ka teiste energialiikide puhul. Kõige kättesaadavam ja enim kasutatav biokütus on Eestis puit. Eesti Vabariigi territooriumi metsasus on 47,4%. Metsafondi 1999. a andmete alusel on puistute üldvaruks 357,4 mln tihumeetrit ning keskmiseks hektarivaruks 171,3 tihumeetrit (Metsavarud, 09.10.01.). Maksimaalne võimalik puidukasutus, mille juures on tagatud metsavarude taastumine, on Eesti Metsakorralduskeskuse arvutuste alusel 7,8 mln tihumeetrit aastas (Muiste, 1999). Lisaks sellele on palju looduslikku võsa ja põõsastikke, mida saaks kasutada kütusena. Tabelis 2 on toodud täiendav puiduvaru mittemetsamaal.

Tabel 2. Puude tagavara mittemetsamaal
Figure 2. Supply of wood on the non-woodland

Maakategooria	Üldpindala, tuh ha	Keskmine tagavara, tm/ha	Tagavara, tuh tm	
			kasvavad puud	kuivanud ja lamapuud
Põõsastik	84,2	17,9	1507	35
Looduslik rohumaa	564,7	4,0	2286	37
Kokku või keskmine	648,9	5,8	3793	72

Allikas: Eesti Metsakorralduskeskus

Bioenergia tootmisressurssidena tuleksid Eestis kõne alla võsa, metsaraie ja metsatööstuse puidujäätmed, pilliroog, viljapõhk, energiahein ning orgaanilistest jäätmetest kääritatud biogaas.

Biokütuse tootmisel on üheks võimaluseks ka spetsiaalselt energeetiliste põllukultuuride kasvatamine. Eesti olusid arvesse võttes tulevad eelkõige kõne alla raps ja rüps, mille seemnetest pressitud õli töötlemisel metanooli või etanooliga saadakse biokütus. Mitmed uurimused, katsed ja kogemused kinnitavad, et taimeõli saab ka otseselt kasutada mootorikütusena.

Huvi rapsi kasvatamise vastu on tõusujoonel ning kasvupinnad on järjest suurenenud. Kui 1995. a kasvatati rapsi Eestis 6000 hektaril ja 1997. a 7900 hektaril, siis 1999. aastaks oli rapsi kasvupind suurenenud juba 24 200 hektarini (Põllukultuuride saagikus, 15.10.01.). Kuid vaatamata kasvupindade suurenemisele on saagikus siiski suhteliselt väike, jäädes tasemele 1,2 t/ha. Rapsi kasvatamise tulud ja kulud tasakaalustuvad 1,5–1,8 t/ha saagikuse juures. Ettevõtte normaalseks arendamiseks peaksid saagid olema ligikaudu 2 t/ha. Madala saagi põhjusi on mitmeid, kuid enamasti tulenevad need agrotehnilistest eksimustest ja ebasoodsatest kasvutingimustest.

Kokkuvõte

Fossiilsete kütusevarude vähenemine ja nende põlemisega seonduvad keskkonnaprobleemid sunnivad inimkonda muutma energiatootmise struktuuri. Taastuvatest loodusressurssidest on Eesti energeetika primaarenergia bilansis esikohal ligikaudu 11% hõivanud puit ja turvas. Eesti tuulepotentsiaaliks elektrienergia tootmisel on hinnatud 10 TW·h aastas, mis ületab Eesti elektrienergia koguvajaduse (Tuule..., 1999). Nii tuule-, vee- kui ka päikeseenergiat on Eestis senini liiga vähe kasutatud.

Majanduslikest kaalutlustest lähtuvalt on perspektiivne tuulepargi rajamine ja biokütuste katelde ehitamine. Bioenergia tootmisressurssidena tuleksid Eestis kõne alla võsa, metsaraie ja puidutööstuse jäätmed, viljapõhk, energiahein, pilliroog ning orgaanilistest jäätmetest kääritatud biogaas. Üheks võimaluseks on energeetiliste põllukultuuride kasvatamine. Eesti olusid arvesse võttes tulevad eelkõige kõne alla raps ja rüps.

Autorid loodavad, et käesolev artikkel rõhutab taastuvate energiaallikate ulatuslikuma uurimise ning vastavate projektide kasutuselevõtmise tähtsust Eestis.

Kirjandus ▫ References

1. Energiabilanss 2000 (2000) Statistikaamet. Tallinn: 48.
2. Eesti metsavarud (2000) Eesti Metsakorralduskeskus.
http://www.emkk.ee/est_metsavarud_tagavara.html, 20.10.01.
3. Kull, A., Post, R., Selg, V. and Valma, A. (1999). Capt.: 4.7 Wind energy. Possible Energy Sector Trends in Estonia. Context of Climate Change. Eds. Kallaste, T., Liik, O. and Ots, A. Stockholm Environ. Inst. Tallinn Centre and Tallinn Technical University. Vaba Maa. Tallinn: 105–124.
4. Kütuse- ja energiamajanduse pikaajaline riiklik arengukava (1998). RTI 1998, 19, 295.
5. Metsavarud. Statistikaamet. <http://www.stat.ee/index.aw/section=255>, 09.10.01.
6. Muiste, P. (1999) Puitkütuse ressursid. Eesti Turvas, talv 1998/1999: 50.
7. Põllukultuuride saagikus. Statistikaamet. <http://www.stat.ee/index.aw/section=6958>, 15.10.01.
8. Riisenberg, T. (2001). Alternatiivenergiad koputavad uksele. Äripäev, 18. aprill.
9. Tuule- ja hüdroenergeetika arendamise stimuleerimise kava (1999). Majandusministeerium. Tallinn: 11.

THE NEED AND POSSIBLE OPTIONS FOR THE USE OF RENEWABLE ENERGY IN ESTONIA

Mailis Merdikes and Jaan Kivistik

Estonian Agricultural University
e-mail: mailis.merdikes@mail.ee, jaank@eau.ee

Summary

The decrease in fossil fuel and the environmental problems arising from their burning, force the mankind to change the structure of energy production. In Estonian primary energy balance of the renewable natural resources wood and peat are on the first place with percentage of ca 11%. Wind, water and solar energy have not up till now been widely used in Estonia.

The foundation of a wind plant and the construction of bioenergy boiler plants are promising from the financial point of view. For the feedstock of bioenergy production, waste from logging and timber industry, energy fast-growing trees and grasses, bulrush and biogas produced by fermentation of organic matter, could be used. One of the options is to produce energy field crops – rape and turnip rape.

The authors hope that this paper will emphasise the importance of conducting more extensive research of renewable energy resources and the introduction of such projects.

TUULEAGREGAADI TUNNUSJOONE JA PAIGALDUSKOHA MÕJU TOODETAVALE ENERGIAKOGUSELE

Veli Palge¹, Jaan Lepa¹ ja Tõnis Tamm²

¹Eesti Põllumajandusülikool, Põllumajandusenergeetika instituut
Kreutzwaldi 56, 51014 Tartu
e-post: pvel@eau.ee, jlepa@eau.ee

²AS Elvo, Ehitajate tee 14, 80041 Pärnu, e-post: tonis.tamm@mail.ee

Annotatsioon

Tuuleenergia kasutusvõimalused antud maakohas sõltuvad eelkõige tuule kiirusest, aga ka kohalikest tuuletõketest, mis tunduvad võivad mõjutada tuulte iseloomu. Olulise tähtsusega on aga ka kasutatava tuuleagregaadi tunnusjooned. Nimelt selgub, et mõned agregaaditüübid võimaldavad energiat toota tunduvad väiksemate tuule kiiruste korral. Firmade reklaamprospektid aga sisaldavad üldjuhul ka elektrilise väljundvõimsuse sõltuvuse tuule kiirusest, mille alusel on võimalik leida tema kasuteguri sõltuvus tuule kiirusest. Tuginedes tehnika-magister Tõnis Tamme dissertatsioonis toodud valemitele, on võimalik mõningaid agregate võrrelda ja esitada kaalutlused nende kasutusvõimaluste kohta.

TUUL, TUULEAGREGAAT, ENERGIA, KASUTEGUR

Kasutatud lühendid

v – tuule kiirus, m/s, η – tuuleagregaadi kasutegur, P – võimsus, vatti (kilovatti),
 W – energia, džauli (kilovatt-tundi).

Probleemi olemus

Eestimaa maastik on küllaltki vaheldusrikas, metsasalud vahelduvad lagendikega, piirkonniti esineb suhteliselt madalaid künkaid. Selline olukord ei soodusta õhumasside vaba liikumist ja mandrialadel on tuule keskmine kiirus valdavalt neli meetrit sekundis. Hoopis tuulisemad on rannikualad, kus see võib ulatuda 6...7 meetrini sekundis. Ometi kasutati ülemöödunud sajandi lõpul ja möödunud sajandi algaastail arvukalt tuulikuid ja seda mitte ainult rannikul, vaid ka mandril. See tähendab, et ka seal esines piisavalt tuuliseid kohti tuuleveskite paigaldamiseks. Piisavat huvi tuuleenergeetika vastu näitab ka enam kui pool sajandit tagasi ilmunud G. Villemsi teos (Villems, 1946), milles tuule kasutamise teoreetilisi ja praktilisi probleeme on käsitletud oma aja kohta küllaltki põhjalikult. Käesolevaks ajaks on tuuleenergeetika teoreetiliste põhiküsimuste kirjeldamiseks ilmunud piisavalt materjale, mille hulgast kasutasime tööd (Twidell ja Weir, 1986).

Eesti erinevate kohtade tuulevoogude energiatihedused ja selle määramise mõningatest iseärasustest

Käesolevas töös analüüsitakse peamiselt A. Kulli mõõtmistulemusi (Kull, 1996), aga ka käesoleva artikli autorite (Tamm jt, 2001) ning teiste uurijate mõõtmise ja analüüsi

tulemusi (Selg, 1997; Tomson ja Hansen 2000; Tomson ja Keevallik, 2001; Kull ja Kikas, 2001), arvestades võimalusi agregaadid tüübi ja paigalduskoha valikuks.

A. Kulli andmetel on Eestimaal kõige tuulisemaks kohaks Vilsandi, kus aasta keskmiseks tuulevoo võimsuseks on 690 W tiiviku pinna ühe ruutmeetri kohta. Rannikualadel on see piirides 199...314 W/m², sisemaal tunduvalt väiksem. On täheldatud ka suuri tuuleenergia kõikumisi kuude lõikes, kusjuures talvekuudel on potentsiaalselt saadav energiakogus 2...3 korda suurem kui suvekuudel. Küsimusele sisuliselt lähenedes on selline energiaressursi muutus tuuleenergiale suureks plussiks, kuna talvekuudel on vajadus energia järele ka tunduvalt suurem. Enamuses rannikulähedastes mõõtekohtades puhuvad valdavalt edela-, lääne- ja põhjatuuled, aga tuule suunal ei peaks energiasaagise seisukohast olema olulist tähtsust. Küll aga on süsteemi seisukohast tervikuna oluline asjaolu, et tuulikute hajutatud paiknemisel tuule kiirused erinevates paigalduskohtades võivad tunduvalt erineda, mistõttu tuuleenergia kõikumistest tingitud negatiivne mõju energiasüsteemile on tunduvalt väiksem. Isegi samas maakohas (tuulepargis) paiknevate erinevate tuulikute korral võib tuule kiirus erinevate agregaatide juures olla erinev ning selle tulemusena agregaatide summaarne võimsus kõigub üksiku agregaadid võimsusest vähem.

Aegade jooksul on tunduvalt muutunud tuule kiiruse mõõtmise meetodika, on paranenud selleks kasutatavad seadmed ning sellega koos ka mõõtmistäpsus. Kui veel mõned aastakümned tagasi toimus mõnedes vaatluspunktides tuule kiiruse andmete fikseerimine tuulelippude abil kindlate ajavahemike järel, siis elektrilise väljundiga anemomeetrite kasutuselevõtt võimaldas nii pidevat mõõtmist kui ka mõõtmistäpsuse tunduvat suurendamist. Näiteks Euroopa tuuleatlase koostamisel kasutatud hoolikalt kalibreeritud anemomeetritel oli mõõteviga tuule kiirustel üle 3 m/s 2%. Harilikes meteoroloogias jäi mõõteviga 5% piiresse.

Tartus mõõdeti tuule kiirust artikli autorite poolt EPMÜ tehnikateaduskonna õppehoone katusel 27 meetri kõrgusel maapinnast, 9 meetri kõrgusel katuse kõrgendusest anemorumbomeetriga M-47 1999. a juunist kuni 2000. a jaanuarini (mõningate vaheaegadega juulis). Mõõtmised toimusid 10 korda sekundis ja nende keskmine fikseeriti ühesekundiliste intervallidega arvutikettal nende hilisema töötlemise eesmärgil (Tamm jt, 2001). Kuna erinevates vaatlusjaamades on tuule kiirused registreeritud kümneminutilise keskmistamisperioodiga kolmetunnise intervalliga (s.o kaheksa korda ööpäevas), siis uuriti taolise meetodika mõju mõõtmistulemusele võrreldes pideva 24-tunnise mõõtmisega. Võrdluseks arvutati veel tuule kiirused igas ööpäeva tunnis mõõdetud kümneminutiliste keskmiste põhjal. Arvutuste tulemusena saadi ööpäevaseks keskmiseks tuule kiiruseks vaatlusperioodil kõigi andmete registreerimisel sekundiliste intervallidega $v_{k1} = 3,840$ m/s (ööpäevas kokku 86400 mõõtmist), andmete registreerimisel igas tunnis 10 minuti jooksul (ööpäevas 14400 mõõtmist) $v_{k2} = 3,830$ m/s ja andmete registreerimisel 10 minuti jooksul kolme tunni järel (ööpäevas 4800 mõõtmist) $v_{k3} = 3,893$ m/s. Seega jääb võimalik erinevus igasekundilise keskmise tulemustest mõõtevea piiridesse ning ei mõjuta oluliselt lõpptulemust.

Pärnu praeguse meteoroloogiajaama tuule kiiruse mõõtur paikneb 25 meetri kõrgusel Chaplini keskuse katusel, mida ümbritseb madaltihe hoonestus. Kuna siin mõõdetud tuule keskmised kiirused on mõneti (0,6...0,7 m/s) väiksemad A. Kulli avaldatud tule-

mustest, kus mõõtekoht asus teisel, võib teha järelduse, et praegune mõõtekoht on mõõtmisteks (ja võimalikuks tuuliku paigaldamiseks) ebasoodsam.

Vaadeldavate tuulejõuseadmete kasutegurid

Aluseks võttes seadmeid tutvustavates infomaterjalides toodud tunnusjooni on T. Tamme magistritöös (Tamm, 2001) tuletatud valemid rea seerialiselt toodetavate tuuleagregaatide kasutegurite sõltuvuse kohta tuule kiirusest. Käesolevas töös on neist välja valitud kaks küllaltki oluliselt erinevat: nr 1 – Nordex 250 (NORDEX N29/250 kW), mis hakkab energiat andma tuule kiirusel ~2 m/s, ja nr 2 – Wincon 250 (WINCON W30/250 kW), – tuule kiirusel ~4 m/s.

Vastavad kasutegurid sõltuvalt tuule kiirusest:

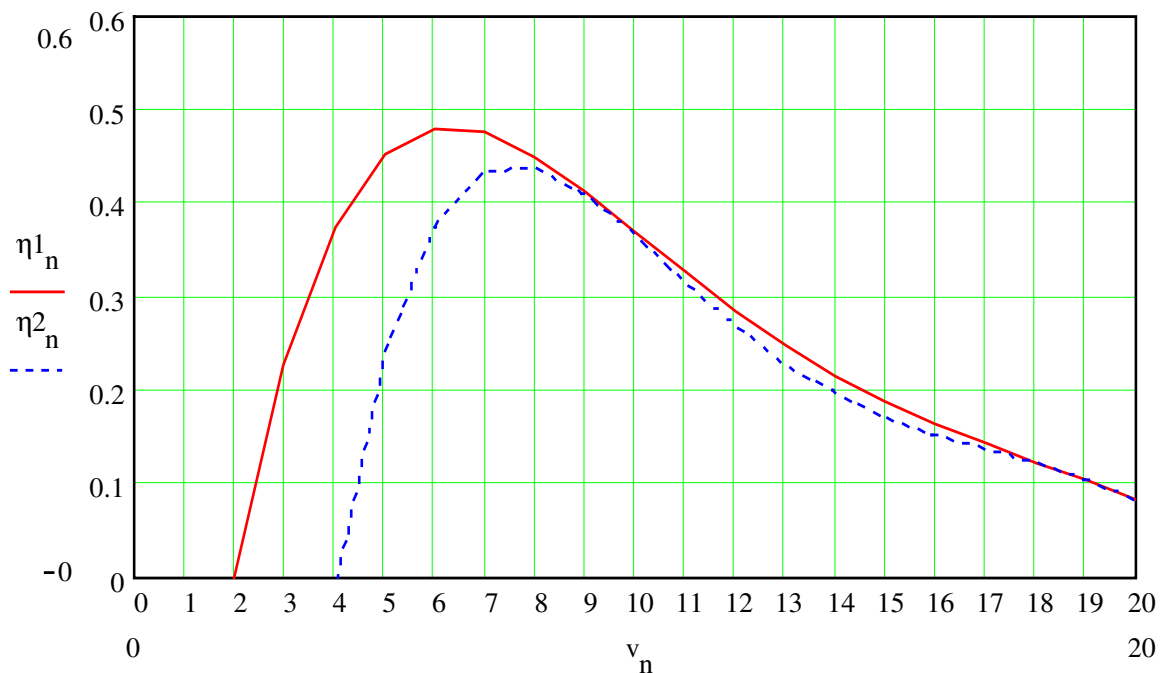
Agregaat nr 1

$$\eta_{1_v} = 2,517528 \cdot 10^{-6} \cdot v^5 - 2,001021 \cdot 10^{-4} \cdot v^4 + 6,143880 \cdot 10^{-3} \cdot v^3 - 8,952785 \cdot 10^{-2} \cdot v^2 + 0,5776811 \cdot v - 0,84933 \quad (1)$$

Agregaat nr 2

$$\eta_{2_v} = 5,341929 \cdot 10^{-6} \cdot v^5 - 4,322148 \cdot 10^{-4} \cdot v^4 + 349996 \cdot 10^{-2} \cdot v^3 - 0,2013791 \cdot v^2 + 1,390523 \cdot v - 3,113413 \quad (2)$$

Joonisel 1 on kujutatud nende kasutegurite graafikud.



Joonis 1. Vaadeldavate tuuleagregaatide kasutegurid sõltuvalt tuule kiirusest
 Figure 1. Efficiency of wind generators in connection with wind speed

Erinevate tuuleagregaatide omavaheliseks võrdlemiseks on otstarbekas kasutada tuulevoo erivõimsuse mõistet, st võimsust (tiiviku pinna) ühe ruutmeetri kohta, mis on määratav valemiga

$$P_t = 1,23 \cdot v_k^3 / 2. \quad (3)$$

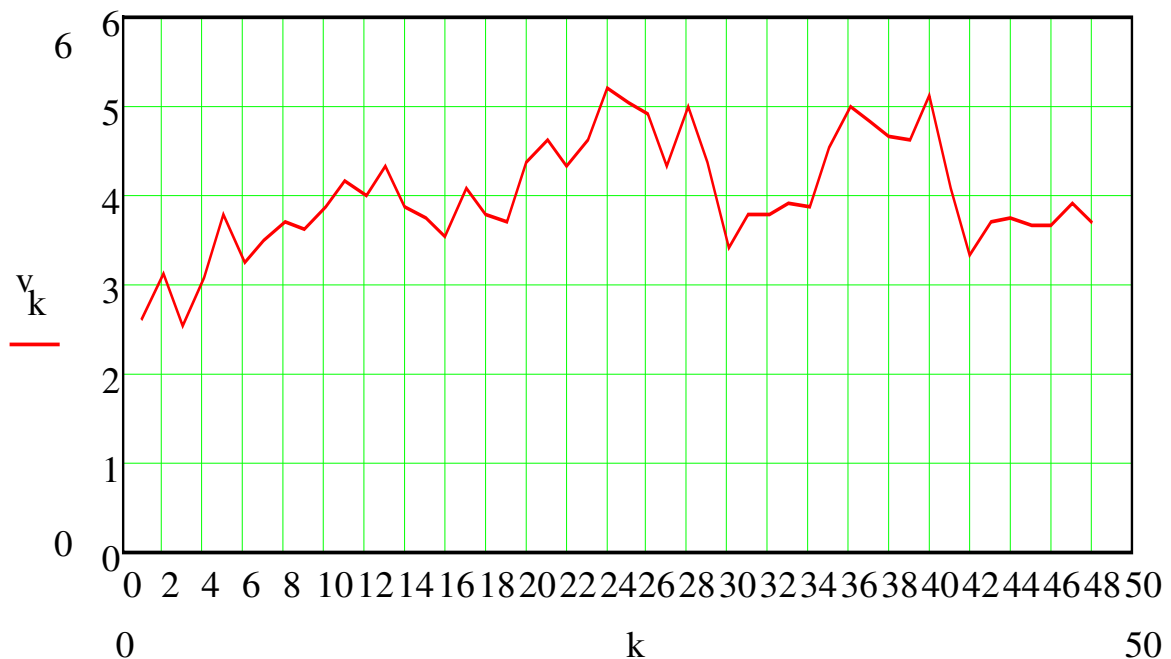
Elektriline väljundvõimsus (kasulik võimsus) igale tuule kiiruse k -ndale väärtusele on leitav tuulevoo võimsuse korrutamisel vastava kasuteguri η_v väärtusega:

$$P_k = P_t \cdot \eta_{vk}, \quad (4)$$

ning vaadeldava ajavahemiku jooksul toodetud energiakogus

$$W = \sum P_k \cdot \Delta t. \quad (5)$$

Võttes aluseks juhusliku 48-sekundilise lõigu Tartus EPMÜ tehnikateaduskonna hoone katusel sekundiliste intervallidega mõõdetud tuule kiiruse graafiku, mille tuule kiiruste keskmine väärtus vastab paljuaastaste mõõtmiste keskmisele väärtusele (4 m/s), saame võrrelda vaadeldavate agregaatide võimalikku energiatoodangut antud ajalõigu vältel.



Joonis 2. EPMÜ tehnikateaduskonna õppekorpusse katusel mõõdetud tuule kiirused
 Figure 2. Measured wind speeds on the roof of the technical faculty building of the EAU

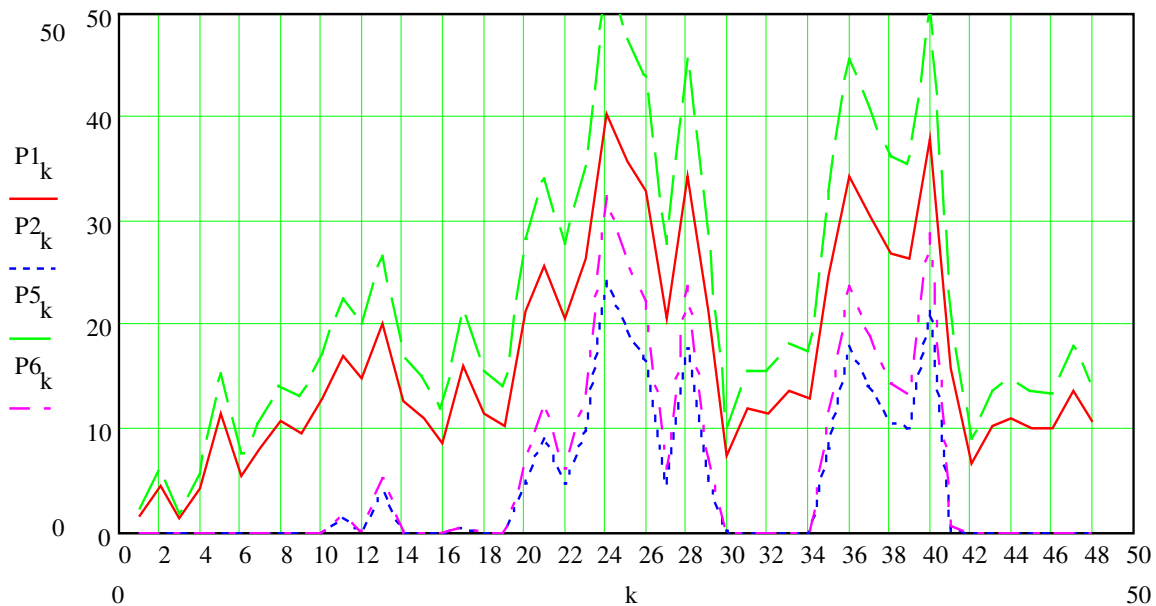
Kuna on üldiselt teada, et tuule kiirus sõltub kõrgusest, soovitatakse tema leidmiseks mõõtmiskohast kõrgemal kasutada valemit

$$v_h = v_m \cdot \left(\frac{h}{m}\right)^{0,14}, \quad (6)$$

kus v_m on tuule kiirus mõõtmiskõrgusel, h – huvipakkuv kõrgus tuule kiiruse arvu-
tamisel, m – tuule kiiruse mõõtmiskõrgus.

Suurendades agregaadid paigalduskõrgust näiteks 2 korda, saame tuule kiiruseks alg-
väärtusest 1,102 korda suurema väärtuse.

Joonisel 3 on toodud valemite 3, 4 ja 6 põhjal leitud, vaadeldavate agregaatide joo-
nidel 2 toodud tuule kiiruste graafikule vastava väljundvõimsuse graafikud nii mõõte-
kõrgusel kui ka sellest ekstrapoleeritud 2 korda suuremal kõrgusel (50 m).



Joonis 3. Joonisel 2 toodud tuule kiirusele vastavate võimsuste graafikud: P1 – agre-
gaat 1, P2 – agregaat 2, P5 – agregaat 1 tiiviku paigaldamisel 50 meetri
kõrgusele, P6 – agregaat 2 tiiviku paigaldamisel 50 meetri kõrgusele

Figure 3. The wind speed capacities diagrams according to the figure 2: P1 – the Unit
1, P2 – the Unit 2, P5 – Unit 1, when the wind turbine is at height of 50 m,
P6 – Unit 2, when the wind generator is at height of 50 m

Tiiviku pinna ühe ruutmeetri kohta võimalik toodetav energiakogus antud 48 sekundi
jooksul:

- agregaat 1 25 meetri kõrgusel $W1 = 801 \text{ J}$
- agregaat 2 25 meetri kõrgusel $W2 = 206 \text{ J}$
- agregaat 1 50 meetri kõrgusel $W5 = 1072 \text{ J}$
- agregaat 2 50 meetri kõrgusel $W6 = 276 \text{ J}$

Seega tiiviku paigaldamisel 2 korda kõrgemale suureneb energiatoodang kummalgi
juhul ligi 1,34 korda. Esimese agregaadid energiatoodang ületab teise oma aga ligi nel-
jakordselt.

Kui aga õnnestub valida agregaatidele koht, kus tuule keskmine kiirus on sama graafi-
ku korral 1 meetri võrra suurem, saame 25-meetrise paigalduskõrguse korral esimese
agregaadid tiiviku ruutmeetri energiatoodanguks 1504 J, teisel 363 J. Tuule kiiruse
suurenemisel 2 meetri võrra sekundis oleksid vastavad arvud aga 2536 ja 583 J, seega

umbes kolm korda lähteolukorrast suuremad. A. Kulli ja T. Kikase uurimusest (Kull ja Kikas, 2001) selgub, et Tartu on Eesti sisemaal paiknevatest kohtadest üks tuulisemaid. Nii on tuulevoo aastakeskmise võimsus Tartus 141 W/m^2 , s.o umbes 2 korda väiksem kui rannikul (Pärnus 267 W/m^2 , Ristnas 280 W/m^2), Viljandis on see näiteks 48 W/m^2 , s.o ligi kolm korda väiksem kui Tartus. Käesoleva artikli autorid on arvamisel, et väikesed keskmised tuule kiirused mõnedes maakohtades võivad olla tingitud ka mõõtepunkti asukohast maakonnas.

Kokkuvõte

1. Arvestades meie tuuletingimusi, on soovitatav valida agregaat, mis hakkab energiat andma väiksematel tuule kiirustel. Kõne alla võiksid tulla ka näiteks paljulabaliste tiivikutega agregaadid.
2. Antud maakohas on soovitatav leida koht, kus tuule kiirus oleks võimalikult suur.
3. Kui võimalik, valida suurema tiiviku telje kõrgusega agregaat.

Kirjandus ✕ **References**

1. Kull, A. (1996) Eesti tuuleatlas. TÜ geograafia instituut. Tartu: 95.
2. Kull, A. ja Kikas, T. (2001) Tuulest roheline energiani. Eesti Loodus 11: 418–421.
3. NORDEX N29/250 kW (technical overview).
(<http://www.wind.com.au/N29technicaldescription.htm>)
4. Selg, V. (1997) Tuuleenergeetikast. Elektri kalender. Tallinna Tehnikaülikooli Elektrienergia ja jõuelektronika instituut. Tallinn: 145–150.
5. Tamm, T. (2001) Erisuguste tuuleandmestike kasutatavus Pärnu maakonna tuuleenergia ressursside hindamisel. Magistritöö. Pärnu: 75.
6. Tamm, T., Palge, V. ja Lepa, J. (2001) Tuule kiiruse mõõtmise tulemustest Tartus. Teise konverentsi kogumik. Peatoim Tiit, V. Taastuvate energiaallikate uurimine ja kasutamine. Eesti Põllumajandusülikooli kirjastus. Tartu: 115–122.
7. Tomson, T. and Hansen, M. (2000) Performance of dissipated Wind Turbines. Estonian Acad. Sci. Eng. 6(4): 268–277.
8. Tomson, T. and Keevallik, S. (2001) Anisotropy of moderate and strong Winds in the Baltic Proper. Acad. Sci. Eng. 7(1): 35–49.
9. Twidell, J. W. and Weir, A. D. (1986) Renewable Energy Resources. London: 391.
10. VILLEMS, G. (1946) Tuulemootorid. RK Pedagoogiline Kirjandus, Tallinn: 106.
11. WINCON W30/250 kW (technical overview). <http://www.wincon.dk/>

INFLUENCE OF THE CHARACTERISTIC AND INSTALLATION SITE OF WIND GENERATOR ON QUANTITY OF PRODUCED ENERGY

Veli Palge¹, Jaan Lepa¹ and Tõnis Tamm²

¹Institute of the Agricultural Energy Engineering of the Estonian Agricultural
University

e-mail: pvel@eau.ee, jlepa@ eau.ee

²Elvo Ltd, e-mail: tonis.tamm@mail.ee

Abstract

On Estonia, especially in inland the wind speed is rather low. According to the Master thesis of Tõnis Tamm (Tamm, 2001) the opportunities of use of several types of wind generators are analysed.

It is found out, that the wind generator, beginning to produce energy at wind speed 2 m/s can in such conditions produce about four times more electric energy than such having “cut-in” wind speed 4 m/s.

SEADUSLIKUD ALUSED HÜDROELEKTRIJAAMADE RAJAMISEKS

Voldemar Enno

AS Generaator, Aasa 5–2, 63304 Põlva, e-post: volli@estpak.ee

Annotatsioon

Vaadeldakse hüdroelektrijaamade rajamise õiguslikke aluseid mitme kinnistu piirides asuval paisul ja veekogul.

HÜDROENERGIA, SEADUSANDLUS, VEE KASUTAMINE

Sissejuhatus

Hüdroelektrijaamade rajamisel, nagu igal teisel tegevusalal, tuleb järgida seadusandlust. Praegu kehtivas seadusandluses on üldjoontes kehtestatud vee kasutamise reeglid, kusjuures erilist tähelepanu on osutatud keskkonnakaitsele ja vee reostamise ärahoidmisele. On mainitud ka, kuidas toimub vee kasutamine energeetiliseks otstarbeks ja vesiehitiste rajamine. Tegelikus elus esineb aga siiski olukordi, kus on vaja määrata voolava vee ja selles sisalduva energia kasutamise õigus. Kaudselt võib seda määrata küll veekogule kindlaksmääratud piiride kaudu, kuid siin võib esineda tõlgendamisest tulenevaid eriarvamusi. Kui veekogu jääb ainult ühe kinnistu piiridesse, siis erilisi probleeme ei teki. Raskusi tekib, kui ühel paisul või selle läheduses on mitu kinnistu omanikku, kes soovivad kasutada vett energeetilistel eesmärkidel. Küllalt teravalt ilmnes see Räpina paisjärve paisul, kus on viis omanikku, üks rentnik, üks kasutusvaldaja ja on sõlmitud üks koostööleping elektrijaama rajamiseks ning jõgi hargneb kolmeks kanaliks ja kümneks torujuhtmeks.

Vee kasutamine ühe kinnistu piirides

Kui veekogu ja pais asuvad ühe kinnistu piirides, siis tuleb lähtuda järgmisest.

Vee kasutamine energeetiliseks otstarbeks on vee erikasutus (Veeseadus (VS) § 16 (1)), milleks on vajalik vee erikasutusloa. Erikasutusloa annab keskkonnateenistus avalduse alusel. Loa taotlusele tuleb lisada omavalitsuse nõusolek. Taotlus avaldatakse ajakirjanduses ja seda on kolmandatel isikutel võimalik vaidlustada. Keskkonnateenistus võib nõuda enne loa väljaandmist keskkonnamemorandumi esitamist. Keskkonnamemorandumi järgi otsustatakse keskkonna ekspertiisi vajalikkus. Paisutusega koos nõutakse käesoleval ajal üldjuhul ka kalade liikumisvabaduse tagamist.

Vee kasutamine mitme kinnistu piirides

Mitme kinnistu piirides vee energeetiliseks otstarbeks kasutamisel kehtib kõik see, mis ühe kinnistu piirides, kuid vee erikasutusloa saamisel võib olla mitmeid variante, kellele see antakse ja milliseid täiendavaid nõudeid tuleb täita. Vaatleme neist tüüpilisemaid.

1. Jõe rajatav paisutus ulatub ülevalpool olevale kinnistule.

On nõutav vooluvee tõkestamisega (VS §17) tekkiva veehoidla piirkonda jäävate kinnistute (Asjaõigusseadus (AS) §131 lõige 1) omanike nõusolek. Siin võib esineda juhuseid, kus ülevalpool asuva kinnistu omanik ei anna nõusolekut oma subjektiivse suhtumise tõttu.

On enesestmõistetav, et jõel asetsevad tammid ei tohi tõsta vett sellisele kõrgusele, mis tõstab eelmise tammi juures alumist veepinda, samuti kui soovitakse ehitada uus tõkestusehitis (veehoidla rajamine, tammi ehitamine, vee kõrvalejuhtimine). Kas siis võib nõuda allpool asuva tammi ülemise veepinna alandamist? Ilmselt ei ole see reaalne, sest alumise tammi ehitamiseks on tehtud kulutused ja seadmed on arvestatud olemasolevale nivoode vahele. Kuigi nende olukordade lahendused on selged loogilisele mõtlemisviisile, ei ole millelegi toetuda, kui keegi hakkab seda vaidlustama, sest seadusandluses seda lahendatud ei ole.

2. Paisu kohal jõe kummalgi kaldal asub erinevatele omanikele kuuluv kinnistu.

Kinnistute piir läheb keset jõge (AS §131 lõige 2), mõlemal omanikul on võrdsed õigused vee kasutamiseks. Olemasoleva paisutuse korral, kui mõlemad soovivad vett kasutada energia saamiseks, oleneb kõik nende omavahelisest kokkuleppest, kuidas seda teha. Erandiks on siin olukord, kus ühel osapoolel on eelised elektri-jaama rajamiseks.

3. Krunt ei ulatu jõe kaldajooneni.

Selle omanikul on õigus ehitada läbi võõra maa veejuhe veejõu kasutamiseks sõltumata võõra maatüki omaniku nõusolekust. (AS §164). Seaduse selle paragrahvi mõte jääb esialgu arusaamatuks. Võib arvata, et sellega tahetakse vältida olukorda, kus hüdroelektri-jaama rajamisele jääb ette mingi maatükk ja selle omanik võib nurjata kogu jaama ehitamise. Kuid samas veeseaduse paragrahvid väidavad vastupidist. Nii on vee kõrvalejuhtimiseks vajalik kinnisasja omaniku nõusolek, kelle maalale see kavandatakse (VS §17 (2)) ja teiseks vee kasutamine energia saamiseks on vee erikasutus (VS §16 (1)) ning seetõttu on vajalik vee erikasutusluba, selle saamiseks aga peab olema võõra maa kasutamise korral ka maaomaniku luba (VS §8 (1)). Sellest tuleb järeldada seaduste vastuolu. Tegelikult AS §164 (1) käsitleb veejuhet laiemas mõttes, siia kuuluvad veejuhtmed oma maatüki kuivendamiseks, niisutamiseks, üleujutamiseks, veega varustamiseks, kanalisatsioonivee ärajuhtimiseks, veejõu kasutamiseks ning muuks seadusega lubatud otstarbeks. Nende veejuhtmete, välja arvatud veejuhe veejõu kasutamiseks, ehitamiseks ei ole vaja vee erikasutusluba ja neid võib ehitada ilma võõra maa omaniku loata. Veeseaduse vastuvõtmisel kehtestati, et vee kasutamine energia saamiseks on vee erikasutus (VS §16 (1)). Sellega seoses oleks tulnud välja jätta AS §164 (1)-st sõnad “veejõu kasutamiseks”.

Kokkuvõttes ei ole siiski krundi omanikul, kelle krunt ei ulatu kaldajooneni, õigust jõe vee kasutamiseks ilma kaldajoont omava krundi omaniku nõusolekuta.

4. Ühel tammil on mitu kinnistut.

Siin vaatleme Räpina paisjärve tammi, kus on kolm kanalit. Nendest kahel on kaks omanikku: ülemine osa kuulub ühele ja alumine pool teisele omanikule. Peale selle

on kümme ülevoolu toru ja üks kinnistu kahe kanali vahel. Ühel kahe omanikuga kanalil töötab hüdroelektrijaam. Kõik teised omanikud soovivad ehitada hüdroelektrijaama. Võib loetleda kaheksa uue elektrijaama ehitamise varianti. Nendest neli-viis on rohkem teoreetilised võimalused ja praktikas ei tule kõne alla. Põhiliste lahendusvariantidena tuleb arvesse kolm kanalit. Paberivabriku kanalil juba töötab hüdroelektrijaam. Vesiveski kanalit kasutatakse veski turbiinile veejuhtimiseks. Järve tühjenduskanalile hüdroelektrijaama ehitamiseks on koostatud projekt, mis osutus praagiks ja nüüd on esitatud uus variant. Kuidas veekogul omanikku määrata ja kuidas peaksid olema tõmmatud piirid veekogul, on antud asjaõigusseaduse § 131. Kas seda saab kasutada ka veevoolu jaotamiseks ja kuidas seda ning muid sätteid rakendada?

- 4.1. Veevool jaotatakse võrdeliselt igale kinnistule kuuluva tammi rannajoone pikkusega. See lahendus on küsitav, sest suurem osa rannajoonest kuulub riigile. Kanalite omanikud jääksid vee kasutamise õigusest ilma, välja arvatud suhteliselt väike kogus vesiveski kanalile.
- 4.2. Jaotamine on võimalik ka veekogu pindala järgi: proportsionaalselt omanikule kuuluva veekogu, paisjärve pindalaga. See variant on eelmise sarnane mõningate eranditega. Siia ei saa arvestada kinnistuid, mille piir ulatub küll paisjärveni, kuid ei ulatu paisuni.
- 4.3. Peale juba töötava elektrijaama ehitatakse juurde veel ainult üks jõujaam. Sellise lahenduse võimaldab ka seadus. Nimelt VS §16(2) järgi ei väljastata vee erikasutustuba, kui erikasutusega kaasnev maaomanike ja teiste veekasutajate õiguste kitsendamine on ökoloogilis-majanduslikult põhjendamata. Sellest saab järeldada, et elektrijaama ehitus peab olema ökoloogilis-majanduslikult põhjendatud. Lühidalt võiks iseloomustada võimalikku kolme varianti, kus uus elektrijaam võib paikneda paberivabriku, vesiveski või tühjenduskanalil. Kui uus elektrijaam ehitada olemasoleva jaama asemele paberivabriku kanalil tuleb süvendada kanali esimest osa ja väljundkanalit. Turbiini koht on olemas. Vesiveski kanalil tuleb teha kanali remont ja süvendada ning kindlustada väljundkanalit, turbiini auku tuleb suurendada. Tühjenduskanalile elektrijaama ehitamisel ei tohi kanalit selliselt kinni panna, et oleks välistatud tulvavee läbilaskmine. Ühe võimaliku variandina tuleks tõsta kanali külgmüüre selliselt, et paisjärve ülemine veepind ulatuks kanali lõpuni ja elektrijaam paikneks kanali kõrval. Majanduslikult on odavamad kaks esimest, s.o paberivabriku ja veski kanali variandid. Ökoloogiliselt oleks paisu all asuva järve seisukohalt hea, kui vesi voolab kõigist kanalitest, see tähendab ka tühjenduslasu kanalit. Kalatrepi või -tee ehitamiseks kõlbab kõige paremini ülevoolutorudest allapoolse jääva jõe osa parem külg. Sinna läheb ka paberivabriku elektrijaamast väljuv vesi. Samuti on võimalik kalakäiku pikendada kuni veski kanali lõpuni. Siis voolab vesi kahel pool kalakäiku.
- 4.4. Kogu tammi läbiv veevool jaotatakse omanike (kanalite) vahel ja ehitatakse juurde üks või kaks elektrijaama. See lahendus ei ole majanduslikult kõige soodsam, kuid peaks rahuldama enamiku omanike huve. Kuna suvalisel jaotamisel seadusliku alust ei ole, võib tekkida vaidlusi. Tegelikuses toob selline lahendus kaasa mitmeid probleeme. Põhiliseks küsimuseks on siin paisu ülemise veetaseme hoidmine, kui vett ei jätku kõigi jaamade täisvõimsusega käituseks. Kes vastutab, kui vett ka-

sutatakse rohkem, kui peale voolab ja veetase langeb alla lubatud taseme? Keegi ei taha esimesena oma jaama seisma panna ja kõik püüavad jaama töösse lülitada niipea, kui see on vähegi lubatav.

4.5. Kõige vähem tekitab probleeme olemasoleva elektriijaama võimsuse suurendamine, sest ühe elektriijaamaga jäävad ära eespool toodud probleemid. Elektriijaama ehitaja peab lahendama ka paisjärve olemasolu küsimuse. Nimelt ähvardab paisjärve püsivust tühjenduslasu vesivärvate aluse ärauhumine. Mõne aasta eest pandi vesivärava all asuv auk kinni paisuva savi kottidega, kuid see püsis ainult ühe aasta ja auk hakkas jälle suurenema. Prooviti teha ette muldvalli, et teha vesivärvate remont. Kuid see ettevõtmine ebaõnnestus. Seejärel kasutati odavamalt ajutist võimalust ja auk suleti kuuselattide ja -oksakimpudega. Praegu on sinna kogunenud ka heina ja muud prahti ning auk on praktiliselt suletud, kuid kui kauaks?

Omavalitsuse nõusolek

Ülaltoodus on esitatud seisukohti seaduslikust ja ka loogilisest vaatenurgast nähtuna. Vastavalt seaduse sätetele antakse keskkonnateenistuse poolt vee erikasutusluba. Kuid vee erikasutusloa taotlusele tuleb lisada ka omavalitsuse nõusolek. Kas omavalitsus annab nõusoleku samade tingimuste järgi? Kui omavalitsus lähtub muudest tingimustest, siis võib juhtuda, et nõusoleku saanule ei väljastata luba ja see, kes võiks loa saada, sellele ei anta nõusolekut.

Kokkuvõte

Seadusandluses on küll mitmeid sätteid, mis püüavad anda seadusliku aluse vee kasutamiseks energeetilistel eesmärkidel. Need käsitlevad siiski lihtsamaid juhtumeid ja keerulisemate olukordade lahendamiseks nendest ei piisa. Kahjuks on isegi vastuolulisi sätteid. Seadusandlus vajaks täiendamist ja selleks tuleks kasutada ka eriala spetsialistide abi.

ESTONIAN LEGAL REGULATIONS CONCERNING HYDROPOWER STATIONS

Voldemar Enno

Generaator Ltd, e-mail: volli@estpak.ee

Abstract

Different laws with some of the clauses are regulating exploitation of water and hydropower. These clauses reflect only the principal regulation, but it is not enough for more complicated matters. Unfortunately, some of the laws and clauses are contradicting. Therefore, the legislation needs improving preferably with using the help of specialists of hydropower exploitation.

TUULE SUMBUMISEST RANNA LÄHEDAL

Teolan Tomson¹, Maire Hansen¹, Ants Nõva¹ ja Märt Puust²

¹Eesti Energeetika Instituut, Paldiski mnt 1, 10137 Tallinn, e-post: teolan@anet.ee

²Eesti Maanteeamet, Pärnu mnt 24, 10141 Tallinn, e-post: mart.puust@MNT.ee

Annotatsioon

Uurimus tugineb Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituudi mere läheduses paiknevate ametlike ilmajaamade ja Eesti Maanteeameti rannikust kuni ~20 km kaugusel paiknevate automaatilmajaamade sünkroonsetele andmetele. Madalalt mõõdetud tuulekiirused on ümber arvutatud ja võrreldud 50 m kõrgusel olevatega. Lähestikku asuvate mõõtepaikade andmetest nähtub, et tuule kiirused Eesti läänerannikul on suuremad ja sumbuvad sisemaa suunas kiiremini, põhjaranniku tuulekiirused on väiksemad, kuid ka sumbumine on väiksem. Energia vähenemine sisemaa suunas on suurem tuule keskvaärtuse vähenemisest. Eesti läänerannikul tuleks tuulikud paigutada kuni ~2 km laiusesse rannikuribasse, kuid põhjarannikut võib pidada produktiivseks kuni ~20 km laiuses. Tuuleenergiat sisemaal toota ei ole otstarbekas.

TUULE KIIRUS, EESTI LÄÄNERANNIK, EESTI PÕHJARANNIK

Sissejuhatus

On üldiselt aktsepteeritud, et tuule kiirus sisemaal on oluliselt väiksem tema kiirusest rannal (saartel ja avamerel). Kirjanduses (Kull jt, 1999) on vihjeid sellest, et tuule siirdealaks on ~20 km laiusega rannariba.

Käesoleva töö eesmärk on kontrollida, kuivõrd see väide paika peab. Vastus mõjutab oluliselt tuule ressursi hindamist või arvutust.

Kuna traditsiooniline Eesti hüdro- ja meteoroloogiateenistuse (EMHI) ilmajaamade võrk on hõre, kasutame sellele lisaks Eesti Maanteeameti (EMA) automaatilmajaamade andmeid. Lähtume EMHI ilmajaamade 2000. a andmebaasist, vastandades seda EMA 2000. a ilmajaamade sünkroonse andmebaasiga, valides kummastki need ilmajaamad, mis moodustavad rannast kuni ~20 km kaugusel olevad paarid. Kõnesolevad paarid läänerannikul on järgmised:

Pärnu ⇔ Nurme, vastastikune vahemaa 7 km;

Virtsu ⇔ Lihula, vastastikune vahemaa 25 km;

Nigula ⇔ Jaakna, vastastikune vahemaa 11 km.

Põhjarannikul on kõnesolevad paarid:

Harku ⇔ Jüri, vastastikune vahemaa 16 km;

Kunda ⇔ Padaorg, vastastikune vahemaa 13 km;

Purtse ⇔ Jõhvi, vastastikune vahemaa 23 km.

Andmebaasi iseloomustus

Analüüsitavaks ajavahemikuks valime peamiselt 4 kuud: 01.09.00. kuni 31.12.00. (niivõrd, kuivõrd EMA andmebaasid pidevad on). Kolmetunnise (EMHI andmebaas) mõõteintervalli juures on võimalik vastandada kuni 800 sünkroonset tuulekiiruse ja

asimuudi näitu. Asimuut ei ole energiatoodangu määramisel iseenesest tähtis, kuid tuuletakistuste arvesse võtmiseks (rumbide kaupa) peab seda teadma.

Mõõtepaikade lühiiseloostus on antud tabelis 1. EMA ekstreemse ümbrusega ilmajaamu illustreerivad fotod joonistel 1 (Jüril (JRI)) ja 2 (Nurmel (NRM)).



Joonis 1. Ilmajaam Jüril
Figure 1. Wind monitoring at Jüri



Joonis 2. Ilmajaam Nurmel
Figure 2. Wind monitoring at Nurme

Tabel 1. Töös kasutatavate ilmajaamade iseloostus
Table 1. Character of meteorological monitors, used in the work

Ilmajaam	Tähis	Kuuluvus	Merest, km	H_1 , m	Sõnaline kirjeldus
Pärnu	PRN	EMHI	1	20	Kesklinnas, korrusmaja katusel
Nurme	NRM	EMA	8	7	Pärnu maanteel, Sauga silla juures põõsastes
Virtsu	VRT	EMHI	0	10	Asula põhjaserval, mererannal
Lihula	LHL	EMA	18	6	Asula loodeserval bensiinjaama kõrval
Nigula	NGL	EMHI	9	10	Nigula raudteejaama ligidal, peamiselt avamaal
Jaakna	JKN	EMA	18	9	Haapsalu maanteel, Ristist 7 km W suunas, põõsastes
Harku	HRK	EMHI	5	10	Paldiski maanteel, klindiserval

Ilmajaam	Tähis	Kuuluvus	Merest, km	H_1 , m	Sõnaline kirjeldus
Jüri	JRI	EMA	12	15	Tartu maanteel Tallinna ringtee viaduktil
Kunda	KND	EMHI	0	10	Kunda sadama kõrval mererannal
Padaorg	PDG	EMA	8	7	Padajõe kanjoni läänekaldal, orgu peidetuna
Jõhvi	JHV	EMHI	13	10	(Endise) Jõhvi lennuvälja loodenurgas
Purtse	PRS	EMA	2	7	Purtse jõe kanjoni läänekaldal, oru serval

Kõik loetletud ilmajaamad asuvad madalal ja on ümbritsetud mitmesugusel määral tuuletakistustega, mistõttu tuulekiiruse v_{nat} naturaalsed näidud kõrgusel H_1 (tabel 2) ei iseloomusta tuult meid huvitaval tehnilisel kõrgusel $H_2 = 50$ m, mis tuleb leida arvutuslikult. Mõlemad tabelis esitatud numbrid on tuulekiiruse keskväärtus võrreldaval ajaintervallil.

Tabel 2. Tuule mõõdetud keskmised kiirused naturaalsel kõrgusel ja ümberarvutatult 50 meetrile

Table 2. Wind (mean) velocities at the natural height and transferred to the height of 50 m

Ilmajaam	v_{nat}	v_{50}
PRN	3,14	4,14
NRM	1,82	3,53
VRT	3,97	6,05
LHL	2,72	4,65
NGL	4,02	5,83
JKN	2,52	3,92
HRK	3,34	5,29
JRI	3,45	4,35
KND	4,12	6,15
PDG	2,09	5,63
JHV	3,99	5,91
PRS	3,68	6,09

Võrdlusmetoodika

Tuulekiiruse ümberarvutamine kõrguselt H_1 kõrgusele H_2 toimub tuntud Hellmanni valemiga (Bennert, 1991; Tammelin ja Nurmi, 2001) igale ilmajaamale ja igale selle rumbile, kusjuures olulised Hellmanni koefitsiendi k_H väärtused on määratud kaardi ja maastiku vaatluse alusel.

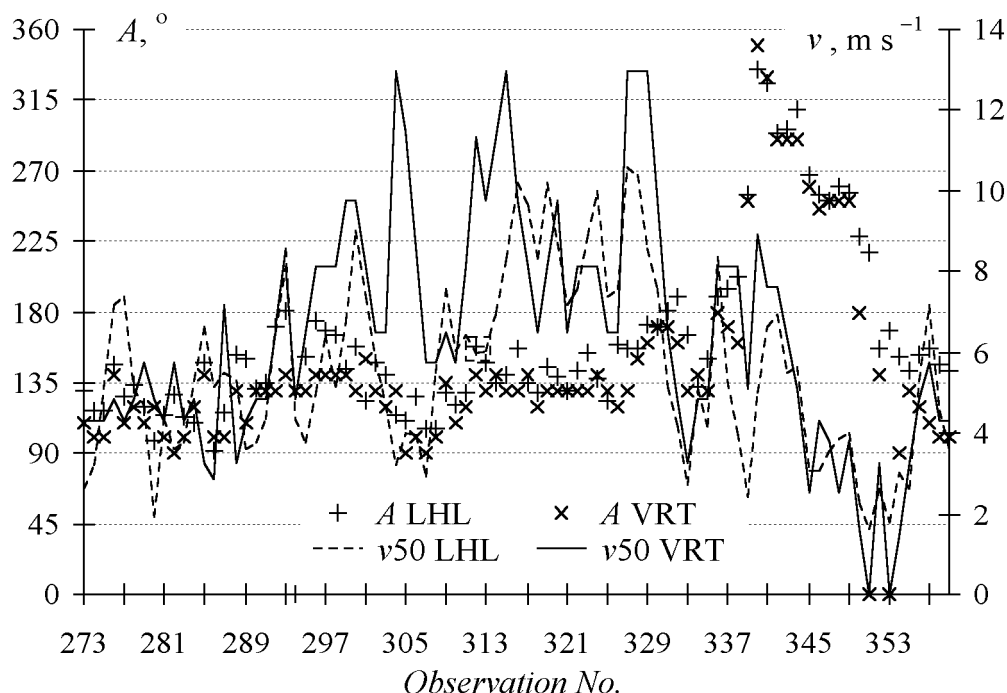
$$v_2 = v_1 \cdot (H_2/H_1)^{k_H}$$

Seejuures on arvestatud kogemust, mis on saadud erineval maastikul ja erinevatel kõrgustel esinevat tuulekiirust tegelikult mõõtes (Harilaid, Kihnu, Näsudden, Uulurand). Nimetatud astmenäitajale (tabel 3) on omistatud k_H väärtused järgnevalt.

Tabel 3. Kasutatud koefitsiendi väärtus, sõltuvalt takistustest uuritava asimuudil
Table 3. Value of the coefficient as a function of the obstacles on the investigated azimuth

Maastik (rumbil)	Kirjeldus	k_H
Avatud	Meri, avar põld või karjamaa silmapiirini	0,15
Pigem avatud	Mets või hooned rohkem kui 200 m kaugusel	0,225
Pigem suletud	Mets või hooned 100–200 m kaugusel	0,3
Suletud	Mets või hooned vahetus läheduses, lähemal kui 100 m	0,4125

Mõistagi sisaldab tuulekiiruse ümberarvutus vigu, mis on tingitud maastiku väärast hindamisest, aga ka suuna diskreetiseerimisest: kui sama kiirusega tuul (kõrgusel H_1) muudab rumbi piiril suunda ühe nurgakraadi võrra, muutub arvutuslik tuulekiirus kõrgusel $H_2=50$ m hüppeliselt (kui k_H on rumbiti erinev). Üldiselt järgib ümberarvutatud tuulekiirus väga hästi mõõdetud kiiruse väärtust, samuti on enamasti hästi korreleeritud tuule kiirused ja suunad ka valitud paarides. Aga mitte alati, esineb ka ajamomente, mil tuulekiiruse paisud ja mõõnad valitud paarides osutuvad samaaegseks. Joonis 3 annab tuulesituatsiooni näite paaris Virtsu \leftrightarrow Lihula.



Joonis 3. Tuulekiiruse käitumine sünkroonselt Lihulas (LHL) ja Virtsus (VRT) kõrgusel 50 m

Figure 3. Behaviour of wind synchronously in Virtsu (VRT) and Lihula (LHL) sites at the height of 50 m

Tulemused

Töö resultaat on toodud eraldi tabelites põhjaranniku ja lääneranniku kohta, sest kummagi tuulesituatsioon on põhimõtteliselt erinev. Valitsevaks tuulesuunaks põhjarannikul on lõunatuul, mis puhub üle mandri ja on oma energiat kaotanud. Valitsevaks tuulesuunaks läänerannikul on edelatuul, mis merel on just energiat kogunud. See mõjutab otseselt ka tuule “sumbumist” rannaribas. Tabelites 4 ja 5 on esitatud mandril asuva ilmajaama keskmine suhteline tuulekiirus võrreldes rannikul asuva paarilisega.

Tabel 4. “Põhjarannik”

Table 4. “North coast area”

	JRI/HRK	PDG/KND	JHV/PRS	Põhjarannik
v_{nat} suhe	1,03	0,70	1,08	0,94
v_{50} suhe	0,82	0,92	0,97	0,90

Kommentaariid “põhjaranniku” juurde. JRI naturaalne tuulekiirus on suurem kui HRK, sest tema andur asub pigem avatud maastikul ja kõrgel. See anomaalia kaob ümberarvutatuna. PDG naturaalne tuulekiirus on palju väiksem kui KND, sest andur on orus “peidus”. Ka see anomaalia kaob ümberarvutatuna. Miks tuule naturaalne kiirus Jõhvis on suurem kui Purtses, pole selge, sest Purtse andur on ka pigem avatud ümbruses. Kogu põhjarannikul kehtiv tuulekiiruste suhe 50 m kõrgusel väärtusega ~0,9 näitab seda, et põhjarannikul on tuule sumbumine aeglane ja “20 km laiune rannikuriba” võib põhjaranniku tingimustes tõene olla. “Mandriilmajaamade” keskmine kaugus merest on põhjarannikul 11 km ja tuulekiirus on sumbunud vaid 10% võrra.

Tabel 5. “Läänerannik”

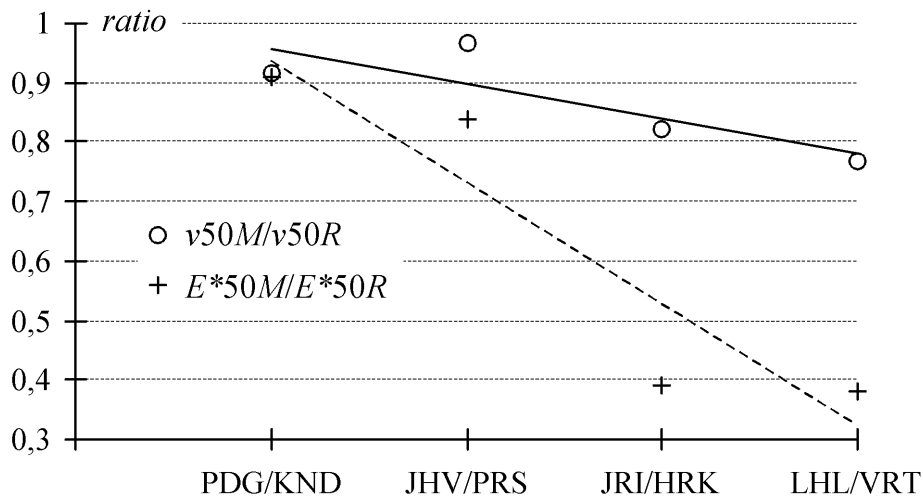
Table 5. “West coast area”

	JKN/NGL	LHL/VRT	NRM/PRN	Läänerannik
v_{nat} suhe	0,63	0,69	0,58	0,63
v_{50} suhe	0,67	0,77	0,85	0,77

Kommentaariid “lääneranniku” juurde. NRM eriti madal suhteline (naturaalne) tuulekiirus tuleneb NRM väga halvast paigutusest (joonis 2). Ümberarvutatud kiiruste suhe on aga paaril NRM/PRN kõrgem kui teistel paaridel, mis tuleneb ilmselt vastastikusest lühikesest vahemaast (ainult 7 km). Nii naturaalse kui ka ümberarvutatud kiiruse suhe jääb läänerannikul madalaks, ~0,75. See tähendab, et läänerannikul tuule sumbumine mandri suunas toimub märksa kiiremini, kui seni arvatud. Nähtavasti võime läänerannikul “rannariba” laiuseks lugeda pigem paar kui paarkümmend kilomeetrit. “Mandriilmajaamade” keskmine kaugus merest on läänerannikul 14 km, s.o ligilähedane, kuid tuulekiirus on sumbunud üle 20%.

Et tuulekiiruse sumbumine naturaalsel mõõtekõrgusel on kiirem kui 50 meetril, on loomulik ja ühine omadus mõlemale rannikule.

Joonis 4 kujutab võrdlust tuule keskmise kiiruste suhte ja sama andmerea põhjal arvutatud energiatoodangute suhte vahel. Toodetav energia väheneb sisemaa suunas (trendijoonete järgi otsustades – paare on vähe!) keskmisest kiirusest palju kiiremini: keskmise kiiruse 10% sumbumisele vastab 25% võrra vähem toodetud energiat ja kui keskmine kiirus on vähenenud 25% võrra, on suhtelisest energiatoodangust E^* alles ainult kolmandik. Seepärast on tuuleenergia tootmine sisemaal tulutu ettevõtmine ja peamine uurijate tähelepanu peab olema koondunud just rannaribale.



Joonis 4. Toodetud (arvutuslik) suhteline energiakogus E^* kahaneb märksa kiiremini keskmisest tuulekiirusest v . Täht “R” tähistab “randa”, “M” – “mandrit”
 Figure 4. (Calculated) relative energy yield E^* decreases much more rapidly than the corresponding wind mean velocity v . Letter “R” marks coastline, letter “M” – mainland

Käesoleva töö teadaolevateks puudusteks on vähene paaride arv ja lühike andmerida, aga see on siiski samm täpsustatud teadmiste suunas, mida senistest võimalustest andis “välja pigistada”. Töö tulemused langevad hästi kokku Hollandis tehtud uurimusega (Verkaik and Tank Klein, 1999), milles samuti märgati erinevat (ja mittelineaarset!) tuule sumbumist kuni 20 km laiuses rannaribas.

Kokkuvõte

Põhjarannikul on tuulte naturaalselt mõõdetud keskmised kiirused märksa väiksemad kui läänerannikul, kuid tuulekiirus tehnilisel kõrgusel sumbub sisemaa suunas aeglaselt. Tuuleenergia tootmist võib lugeda põhjendatuks kuni ~20 km laiuses rannaribas.

Läänerannikul on tuulte keskmised kiirused suuremad, kuid tuulekiirus sumbub sisemaa suunas kiiresti ja tuuleenergia tootmist võib lugeda põhjendatuks pigem kuni ~2 km laiuses rannaribas. Sisemaal ei ole tuuleenergeetika arendamiseks eeldusi.

Kirjandus ✕ References

1. Bennert, W. (1991) Windenergie, 2. Auflage. Verlag Technik GmbH. Berlin 144.
2. Kull, A., Post, R., Selg, V. and Valma, A. (1999) Chapter 4.7 Wind energy. Eds Kallaste, T. Liik, O. and Ots, A. Possible Energy Sector Trends in Estonia. Context of Climate Change. SEI Tallinn and Tallinn Technical University. Vaba Maa. Tallinn: 105–127.
3. Tammelin, B. and Nurmi, J. (2001) An Assessment of Variability of Wind Power Production in Finland. Wind Energy for the Next Millennium. Proceedings of the Wind Energy Conference, Copenhagen, Denmark, 2–7 July 2001. WIP-Munic and ETA-Florence 2001: 1078–1081.
4. Verkaik, J. W. and Tank Klein, A. M. G. (1999) Updating the Dutch Wind Climate Assessment. Proceedings. of the 1999 European Wind Energy Conference, 1–5 March 1999. Nice, France: 1045–1047.

ABATEMENT OF WIND OFF THE COASTLINE

Teolan Tomson¹, Maire Hansen¹, Ants Nõva¹ and Märt Puust²

¹Estonian Energy Research Institute, e-mail: teolan@anet.ee

²Estonian Road Service, e-mail: mart.puust@MNT.ee

The investigation is based on synchronous databases measured at official meteorological stations of the Estonian Hydrological and Meteorological Institute (EMHI) at the coastline and automatic weather monitoring post of the Estonian Road Service (EMA) located 10–20 km away from the studied coast. Due to the low location of wind sensors and significant obstacles around each site, the wind velocity is calculated for its value on the height of 50 m. The obstacles are considered at the calculation according to the map analysis and visual observation of the sites. Comparison of the wind velocities in close located pairs shows that wind velocity and wind power at the western coasts of Estonia decreases more rapidly than at the northern coast. The produced energy yield decreases 2–3 times faster than the mean value of wind velocity. Therefore the most windy western coast can be considered productive in the narrow ~2 km coastal stripe while the northern coast with the modest wind can be considered productive in the wide ~20 km coastal stripe. It is not feasible to produce wind energy on the Estonian inland.

PUIT(PÕHISTE)KÜTUSTE OMADUSED JA KVALITEET

Aadu Paist, Maaris Nuutre ja Raaja Aluvee

Tallinna Tehnikaülikooli Soojustehnika Instituut, 11712 Tallinn, Kopli 116
e-post: apaist@sti.ttu.ee, nuutre@sti.ttu.ee, raluvee@sti.ttu.ee

Annotatsioon

Puit(põhiste)kütuste üha laialdasem kasutamine, väärindatud kütuste kasutuselevõtt ja uute põletusseadmete väljatöötamine eeldab kütuse omaduste täpset tundmist. Puitpõhiste kütuste ebahühtlane ja prognoosimatu kvaliteet aga nõuab ka selle valdkonnaga tegelemist. Töös vaadeldakse puitkütuste põhilisi omadusi: niiskusesisaldust, tihedust, kütteväärtust, lendosade sisaldust ja tuhasust. Peatutakse puitkütuste kvaliteediga seonduvatel küsimustel.

PUITKÜTUSED, HAKKPUIT, METSAHAKE, PUITBRIKETT, PUITGRAANULID, NIISKUSESISALDUS, KÜTTEVÄÄRTUS, TUHASUS, VÄÄVLISISALDUS, LÄMMASTIKUSISALDUS

Siin kasutatud lühendid

W^t – niiskusesisaldus tarbimisaines;
 Q_a^t – tarbimisaine alumine kütteväärtus;
 Q_a^k – kuivaine alumine kütteväärtus;
 Q_a^p – põlevaine alumine kütteväärtus;
 E^t – kuupmeetri tarbimisaine energiasisaldus;
 A^k – tuhasus kuivaines;
 S^k – väävlisisaldus kuivaines;
 N^k – lämmastikuisaldus kuivaines;
 Cl^k – kloorisisaldus kuivaines.

Mõisted

Puit on meie alade üks vanemaid kasutatavaid kütuseid. Puitkütus – puidust saadav või lähtuv kütus, mida Eestis toodetakse-kasutatakse, võiks lihtsustatult liigitada: halupuiduks, hakkpuiduks, puitbriketiks, puitgraanuliteks, puusöeks ja puugaasiks.

Kui kasutatakse terminit “küttepuit” siis harilikult mõistetakse selle all väärindamata puitkütust – halupuitu. Suurte põletusseadmete tarbeks spetsiaalselt mehaaniliselt töödeldud puitu käsitletakse kui hakkpuitu ja metsahaket.

Puitpõhiste kütuste all mõistetakse väärindatud (väiksem niiskus, kõrgem kütteväärtus, kuju ja oleku muutus) puitkütust, mida põletusseadmetes kasutatakse tahke (briketid, graanulid, puusüsi), vedela või gaasilisena. Puugaas on puidu termilisel lagunemisel (kuumutamisel ilma õhu juurdepääsuta) või gaasistamisel saadav põlevgaas kütteväärtusega 1,25–4,2 MW·h/1000 m³.

Mõningate puitkütuste iseloomulikud andmed on toodud jooniste alustes tekstides ja järgnevas tabelites.



Joonis 1. Hakkpuit; niiskusesisaldus $W^t = 40\text{--}55\%$, tarbimisaine alumine kütteväärtus $Q_a^t = 6\text{--}10$ MJ/kg, kuupmeetri tarbimisaine energiasisaldus $E^t = 0,7\text{--}0,9$ MW·h/m³, tuhasus kuivaines $A^k = 0,5\text{--}2,0\%$, väävlisisaldus kuivaines $S^k < 0,05\%$, lämmastikuisaldus kuivaines $N^k = 0,3\text{--}0,5\%$

Figure 1. Fuel chips; moisture $W^t = 40\text{--}55\%$, net calorific value as-received $Q_a^t = 6\text{--}10$ MJ/kg, energy density as-received $E^t = 0,7\text{--}0,9$ MW·h/m³, ash content in dry matter $A^k = 0,5\text{--}2,0\%$, sulphur content in dry matter $S^k < 0,05\%$, nitrogen content in dry matter $N^k = 0,3\text{--}0,5\%$



Joonis 2. Metsahake (metsajäätmed); $W^t = 45\text{--}60\%$, $Q_a^t = 6\text{--}9$ MJ/kg, $E^t = 0,7\text{--}0,9$ MW·h/m³, $A^k = 1\text{--}3,0\%$, $S^k < 0,05\%$, $N^k = 0,3\text{--}0,5\%$

Figure 2. Forest chips (Forest residue chips); $W^t = 40\text{--}55\%$, $Q_a^t = 6\text{--}10$ MJ/kg, $E^t = 0,7\text{--}0,9$ MW·h/m³, $A^k = 0,5\text{--}2,0\%$, $S^k < 0,05\%$, $N^k = 0,3\text{--}0,5\%$



Joonis 3. Puitbrikett; $W^t = 8-12\%$, $Q_a^t = 15-17 \text{ MJ/kg}$, $E^t = 0,7-0,9 \text{ MW}\cdot\text{h/m}^3$, $A^k = 1-2\%$, $S^k < 0,05\%$, $N^k = <0,3\%$, kloorisisaldus kuivaines $Cl^k \leq 0,03\%$
Figure 3. Wood briquettes; $W^t = 8-12\%$, $Q_a^t = 15-17 \text{ MJ/kg}$, $E^t = 0,7-0,9 \text{ MW}\cdot\text{h/m}^3$, $A^k = 1-2\%$, $S^k < 0,05\%$, $N^k = <0,3\%$, chlorine content in dry matter $Cl^k \leq 0,03\%$



Joonis 4. Puitgraanulid (pelletid); $W^t = <10\%$, $Q_a^t = 16,5-18 \text{ MJ/kg}$, $A^k = <1,5\%$, $S^k < 0,05\%$, $N^k = <0,3\%$, $Cl^k < 0,03\%$
Figure 4. Wood pellets; $W^t = <10\%$, $Q_a^t = 16,5-18 \text{ MJ/kg}$, $A^k = <1,5\%$, $S^k < 0,05\%$, $N^k = <0,3\%$, $Cl^k < 0,03\%$

Niiskus

Niiskus on puitkütuse kahjulik komponent, mis vähendab oluliselt kütteväärtust, suurendab põlemisgaaside mahtu, halvendab puidu süttimist ning põlemist.

Puidu niiskus koosneb välisest ehk mehaanilisest ja sisemisest ehk hügrokoopsest niiskusest. Väline niiskus eraldub puidust loomulikult kuivamisel õhus. Hügrokoopne niiskus eraldub täielikult puidu kuumutamisel üle 100 °C. Puidu hügrokoopne niiskus on ca 15%. Puitu võib niiskuse järgi jaotada kolme kategooriasse:

- õhukuiv 20 (25)%,
- poolkuiv 21 (26)–33 (50)%,
- toores üle 33 (50)%,

kus esimene arv näitab tarbimisaine niiskust, sulgudes olev arv aga absoluutset niiskust. Toore puidu niiskus on piirides 40–60%. Niiskust mõjutavateks teguriteks puidu puhul on aastaaeg, kasvukoht, puuliik ja iga. Mõnede puuliikide toore puidu niiskus on toodud tabelis 1.

Tabel 1. Toore puidu niiskus
Table 1. Moisture in raw wood

Puuliik	Tüvi	Kogu puu koos lehtedega	Kogu puu ilma lehtedeta	Noored puud
Mänd	50–60		55	
Kuusk	48–57		55	
Sookask	42–50	45	43	46–48
Hall lepp	50–50	54	52	
Haab		47		
Paju				48–60
Pappel				49–63

Puidu tihedus

Tüvepuidu tihedus sõltub puuliigist, niiskusest ja paisumis- (tursumis) tegurist (K_p). Puit tõmbub kuivades kokku keskmiselt 10–20% ja paisub niiskudes piki kiudu keskmiselt 0,1%, radiaalselt 3–5%. Sõltuvalt teguri K_p väärtusest jagatakse puuliigid kahte suurde gruppi ja nende puhul kasutatakse tiheduste arvutamiseks sõltuvalt niiskusest, ka erinevaid valemeid. Mõningate puuliikide tihedused on toodud tabelis 2.

Tabel 2. Absoluutselt kuiva puidu ja niiskusega 12% (tüvepuit) tihedused erinevate puuliikide korral

Table 2. Density of different kind of wood, absolutely dry wood and for wood of moisture 12 %

Puuliik	Tihedus, kg/m ³	
	ρ ₀ , absoluutselt kuiv puit	ρ ₁₂ , 12%-sel niiskusel
Mänd	470	500
Tamm	650	690
Vaher	650	690
Kask	600	630
Lepp	490	520
Haab	470	495
Pärn	470	495
Paju	430	455

Puidu kütteväärtus

Et tüvepuidu põlevaine koostis on küllaltki stabiilne, saab kütteseadmetes kasutatavate puuliikide puhul rääkida püsivast ja võrdsest põlevaine kütteväärtusest $Q_a^p = 19,2$ MJ/kg.

Mõnede puuliikide puidu kuivaine keskmised kütteväärtused on toodud tabelis 3. Selleks aga, et võrrelda puu eri osade kütteväärtusi ja näha tendentse puidu jäätmete (koor, oksad, ladvad, kannud) kasutamisel, on koostatud tabel 4.

Tabel 3. Puuliikide keskmised kütteväärtused

Table 3. Average calorific value for different kind of wood

Puuliik	Puidu kuivaine alumine kütteväärtus Q_a^k , MJ/kg
Kask	19,4
Kuusk	19,0
Mänd	19,4
Lepp	18,5
Haab	18,4

Tarbimisaine alumise kütteväärtuse arvutamiseks soovitatakse kirjanduses sageli valem

$$Q_a^t = Q_a^k \cdot (1 - W^t / 100) - 2,44 \cdot W^t / 100$$

Veidi keerukam valem võtab arvesse peale niiskuse ka kütuse kuivaine tuhasisaldust:

$$Q_a^t = Q_a^p (1 - A^k / 100) \cdot (1 - W^t / 100) - 2,44 \cdot W^t / 100$$

Tabel 4. Puidu eri osade kütteväärtused
Table 4. Calorific value for different parts of trees

Puuliik	Kuivaine alumine kütteväärtus Q_a^k , MJ/kg	Puuliik	Kuivaine alumine kütteväärtus Q_a^k , MJ/kg
Mänd:		Kuusk:	
kogu puu	19,0–20,4	kogu puu	19,2–19,9
tüvepuu	18,7–19,3	tüvepuu	18,0–19,0
koor	18,4–20,7	koor	17,8–19,8
oksad	19,4–20,5	oksad	19,8
ladvad	18,25	ladvad	18,6–19,8
okkad	20,0–21,1	okkad	19,8–20,0
Kask:		kännud	19,0
kogu puu	19,1–19,6	Lepp:	
tüvepuu	17,4–19,4	tüvepuu	18,7
corp	28,4–29,3	Haab:	
niin	17,1–18,4	tüvepuu	18,5
oksad	18,4–19,8		

Süttimistemperatuur, lendosad ja koks

Puit süttib temperatuuri piirides **240–270 °C**. Enne puidu süttimist aga algab tema orgaanilise osa lagunemine, mis jätkub väga kõrgete temperatuurideni. Selle tulemusena eralduvad gaasilised produktid – puidu lendosad.

Puidu termiline lagunemine algab temperatuuridel 150–160 °C.

Kütuse termilisest lagunemisest (kuumutamisel temperatuurini 850±10 °C) tekkinud massikadu loetakse tinglikult kütuse lendosade sisalduseks. Puidu lendosade sisaldus on **80–85%**. Puidu lendosades esinevad põhiliselt CO, H₂, CH₄, CO₂ ja H₂O. Põlemisel järelejäänud tahke mass on koks, mis koosneb peamiselt süsinikust.

Lendosade hulk ja koksi siseehitus on oluline kütuse põlemise korraldamisel kolletes, sellest sõltub ka kütuseosakeste põlemiskiirus.

Suure lendosade sisaldusega puit süttib hästi ning tema põlemisel pole vaja põlemise stabiliseerimiseks kasutada erivõtteid, nagu seda tehakse lendosadevaeste kütuste puhul.

Tuhk

Tuhk on kütuse täielikul põlemisel tekkinud tahke jääk. Tuhka võib tinglikult jagada ka sisemiseks ja välimiseks tuhaks. Sisemiseks tuhaks loetakse puidu kiudaines sisaldunud mineraalsetest ühenditest tekkinud tuhka, mis peegeldab teataval määral pinna-koostist, milles puu kasvas. Välimine tuhk aga on seotud mineraalsete ühenditega, mis sattusid puitu tema töötlemisel, ladustamisel ja transpordil. Erinevate puuliikide ja nende osade tuhasisaldus on toodud tabelis.

Tabel 5. Erinevate puuliikide ja nende osade tuhasisaldus

Table 5. Ash content for different kinds of wood and for different parts of trees

Puuliik	Kuivaine tuhasisaldus, A ^k , %		
	Tüvi	Koor	Oksad, juured
Mänd	0,2–0,7	1,4–2,2	0,3–0,7
Kuusk	0,2	2,3	0,3–0,4
Kask	0,2–0,4	2,4	0,3–0,6
Haab	0,2–0,3	2,7	0,3

Katelseadmete arvutamisel võiks tüvepuidu kuivaine tuhasisalduse võtta võrdseks 1%-ga.

Puidutuha keemiline koostis sõltub kasvukohast ja puuliigist ning võib muutuda küllaltki suurtes piirides (%).

Tabel 6. Puidu ja turbatuha keemiline koostis

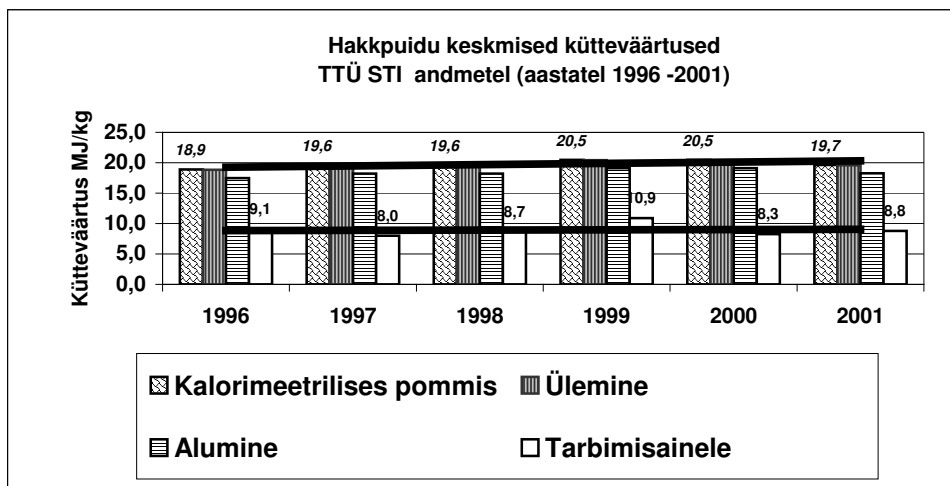
Table 6. Chemical contents of wood and peat ashes

Komponent	Puidutuhk	Puukoore tuhk	Turbatuhk
CaO	37–58	40–60	1,5–12
MgO	8–16	2,6–5,9	0,5–2,5
TiO ₂	–	–	0,5–1
Na ₂ O	3–8	0,7–2,8	–
K ₂ O	11–29	3,3–4,1	0,1–0,5
P ₂ O ₅	1–8	2,6–3,5	2–4
Fe ₂ O ₃	1–9	1–5	4–7
Al ₂ O ₃	–	–	1–16
SiO ₂	1–5	3–21,7	40–75

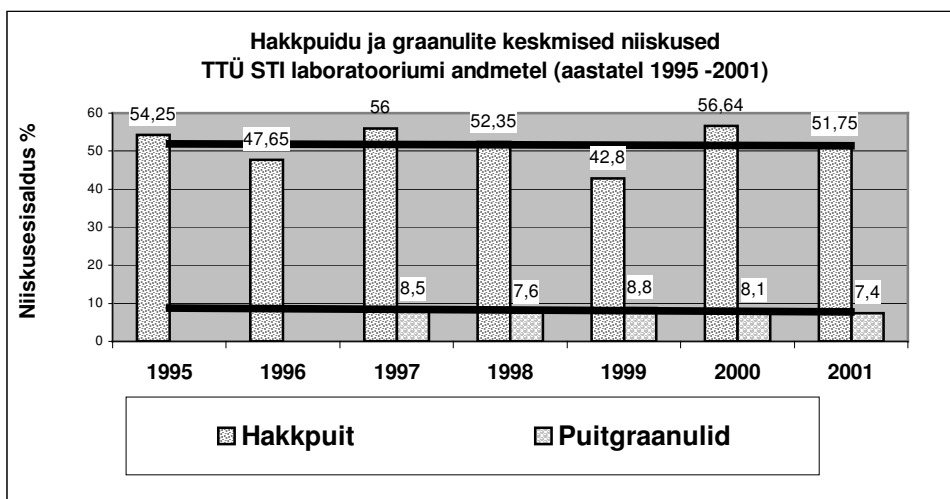
See tõsiasi, et puitkütused on nii taastuvad kui ka keskkonnasõbralikud, on nende kütuste võrratu eelis ja kõigile suurepäraselt teada. Mitte alati aga ei vasta nende kütuste kvaliteet näitajatele, millele põletusseadmed on projekteeritud. Muutused kvaliteedis kahjustavad oluliselt just väiksemate põletusseadmete tööd, vähendades nende efektiivsust ja tööiga.

Olulisemad kvaliteedinäitajad puit(põhiste)kütuste puhul on: niiskusesisaldus; puuliik (halupuidu puhul kask, segapuu jne); tihedus; osakese mõõtmed (hakke ja graanulite puhul); peene osa sisaldus; tarbimisaine kütteväärtus; väävl- ning kloorisisaldus; tuhasisaldus, tuha sulamiskarakteristikad jne.

1996.–2000. aastatel TTÜ STIs analüüsitud hakkpuidu keskmised kütteväärtused ja hakkpuidu ning graanulite keskmised niiskusesisaldused on esitatud joonistel 5 ja 6.



Joonis 5. Hakkpuidu keskmised kütteväärtused
Figure 5. Average heating values of wood chips



Joonis 6. Hakkpuidu ja graanulite keskmised niiskused
Figure 6. Moisture content of wood chips and pellets

WOOD(BASED)FUELS PROPETIES AND QUALITY

Aadu Paist, Maaris Nuutre and Raaja Aluvec

Thermal Engineering Department, Tallinn Technical University
e-mail: apaist@sti.ttu.ee, nuutre@sti.ttu.ee, raluvec@sti.ttu.ee

Abstract

In conclusion we can say that the constituents of different kind of wood is practically the same combustible matter: C = 51%, H = 6.1%, O = 42.3% and N = 0.6%.

Harmful component in wood is moisture; for raw wood it is 40–60% and for dried wood 15–20%. The content of moisture depends on season, growing place, kind and age of tree.

Wood density depends on kind and moisture; for raw fir it is ~ 600 kg/m³, pine ~700–800 kg/m³.

Calorific value of wood depends mostly on moisture but also on ash content. Net calorific value as received basis is calculated as:

$$Q_a^t = Q_a^k (1 - W^t / 100) - 2,44W^t / 100, \text{ MJ/kg},$$

where W^t is the moisture content as received bases.

$$Q_a^t = 19,2(1 - A^k / 100) \cdot (1 - W^t / 100) - 2,44W^t / 100, \text{ MJ/kg},$$

where the 19,2 (MJ/kg) is net calorific value for combustible substance

The decomposition of wood begins at 150–160 °C and flammability range is at 240–270 °C.

The content of volatiles is 80–85% (CO, H, CH₄, CO₂, H₂O).

The content of ash is dependent on growing place and kind of tree. There is a lot of calcium, potassium and magnesium in ash.

Wood ash is powdered and melting point is relatively high. It is generally known that wood is self-recovering and environmentally friendly fuel. The quality of wood is not always suitable for combustion in design furnaces. The alterations in quality are harmful particularly in smaller furnaces since it decreases efficiency and lifetime.

Quality depends on:

- Moisture,
- Kind of tree (birch, mixed wood),
- Size of particles (wood chips, pellets),
- Content of fine particles,
- Net calorific value,
- Content of sulphur and chlorine,
- Content of ash, fusibility of ash.

The difference in quality of wood chips and pellets is investigated in Thermal Engineering Department at TTU from year 1996 till 2000 and presented on figures 5 and 6.

MÄRGALADE TAIMESTIKU ENERGEETILINE POTENTSAAL SAARE MAAKONNAS

Ülo Kask ja Livia Kask

TTÜ Soojustehnika Instituut, Kopli 116, 11712 Tallinn, e-post: ykask@online.ee
TTÜ Mehaanika teaduskond, Ehitajate tee 5, 12618 Tallinn
e-post: liviakask@yahoo.com

Annotatsioon

Eestis ei ole biokütustel töötavat elektri ja soojuse koostootmisjaama veel rajatud, kuigi meie biokütuste ressursid ühe elaniku kohta on ühed Euroopa suuremad. Kuna Saaremaale tuuakse sisse üle poole vajaminevast energeetilisest kütusest ja samas asub seal palju märgalasid, kus kasvab piisavalt energeetilise kütuse toorainet, oleks sobiv rajada just Saaremaale biomassil töötav elektri ja soojuse koostootmisjaam või katlamaju.

MÄRGALA, BIOMASS, ELEKTRI JA SOOJUSE KOOSTOOTMISJAAM, KESKKONNAMÕJUD, TEHNILISED ANDMED

Märgalad

Märgalad (joonis 1) on alatiselt liigniisked või vähemalt osa aastast veega kattunud



*Joonis 1. Märgala
Figure 1. Wetland*

maa-alad. Et märgala taimedel enamasti pole toitainete- ega veepuudust, on märgalade primaarne tootmisvõime suhteliselt suur (Masing, 1992).

Märgalad pole tähtsad ainult lindude, loomade elupaikade poolest, vaid neil on tähtis roll ka vee säilitajana, puhastajana, süsihappegaasi sidujana ja võimalik, et ka energeetilise tooraine allikana.

Märgalasid iseloomustab rikkalik taimestik, kus energeetilise kütuse toormena pakuvad peamist huvi seal kasvavad pilliroog, hundinui ja paju.

Märgalataimestik on biomassi koguse poolest nimetamisväärne. Roostike hektarisaak varieerub sõltuvalt asukohast, kuid looduslikult kasvab seal 1,5 kg/m² aastas. Märgalade biomassi võiks edukalt kasutada energia tootmiseks, hektari saak vastab ligikaudu 2,0 kg/m² kuivainet aastas, toitainete lisamisega võib ulatuda saak kuni 4–5 kg/m² (aastane hektarisaak vastab u 6–7 tonnile kütteõlile). Primaarenergia sisaldus on 3,8–5,2 MW·h (Strandgerg jt, 2000).

Biomass

Biomassi võib käsitleda ka kohaliku kütusena (energiaallikana), mis suudab asendada suurt hulka elektri ja soojuse tootmiseks kasutatavaid fossiilseid kütuseid.

Energeetilist biomassi võiks liigitada järgmiselt (Kallaste jt, 1999):

- puittaimed;
- rohttaimed;
- vetikad (nende abil saab vesinikku toota);
- orgaanilised jäätmed.

Biokütuste eelised:

- need loetakse taastuvateks kütusteks;
- säästavad keskkonda;
- parandavad kohaliku tööhõivet ja raharinglust (eriti maapiirkondades);
- suurendavad ekspordipotentsiaali (kui välismaale müüa).

Biomassi koristusprotsess

Saaremaal on kokku umbes 12 000 hektarit märgalasid, millest pooltelt võiks saada energeetilist biomassi, kuna osa märgalasid on kaitse all ja igalt poolt ei ole majanduslikult mõttekas roogu lõigata.



Rookoristus toimub 4–5 kuu jooksul, kuni uue kasvuperioodi alguseni. Oluline on jälgida, et seda tehtaks õigel ajal (talvel) ning õiget tehnoloogiat kasutades (joonis 2), vastasel juhul võib tekitada roostikele tugevaid kahjustusi. Näiteks kahjustab perioodiline suvine lõikus roostike juurestikku ja vähendab saagikust. Seega toimub roolõikus talvel jäält või külmunud pinnaselt (Lausmaa, 2000).

Joonis 2. Rookoristuskombain

Figure 2. Strawharvester

Biomassi energeetiline kasutamine

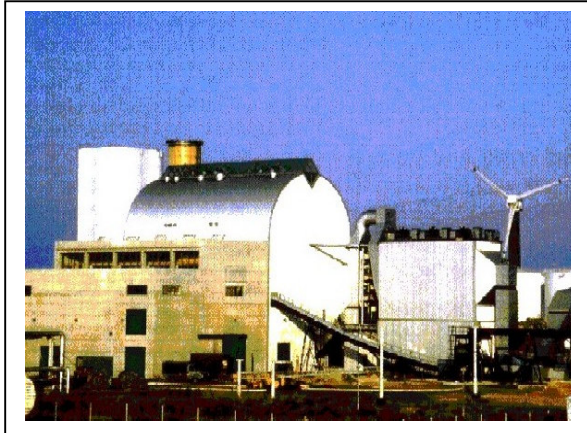
Biomassi põletamine on protsess, mis ei häiri süsinikuringet (ei põhjusta kasvuhoonegaaside kasvu atmosfääris) ja seetõttu on eelkõige arenenud riigid asunud biomassi kasutust energeetikas toetama ja suurendama. Tänapäevased energiatehnoloogiad on tunduvalt lihtsustunud.

Koostootmisjaam

Koostootmisjaam (joonis 3) koosneb näiteks gaasil või õlil töötavast mootorist, elektrigeneraatorist, soojusenergia tootmiseks vajalikest soojusvahetitest, õlitus- ja jahutus-

süsteemist ning kütuse etteande ja heitgaaside puhastamise ja ärajuhtimissüsteemist ning muudest vajalikest seadmetest.

Saadav gaas põleb suurtes mootorites, kus mootorid omakorda käivitavad elektrigeneraatorid, kust genereeritav vool juhitakse elektrivõrgu kaudu tarbijatele. Mootori jahutamise, õli jahutamise ja heitgaaside soojust kasutatakse kaugkütteevee soojendamiseks. Tarbijad saavad nii küttevett kui sooja tarbevett.



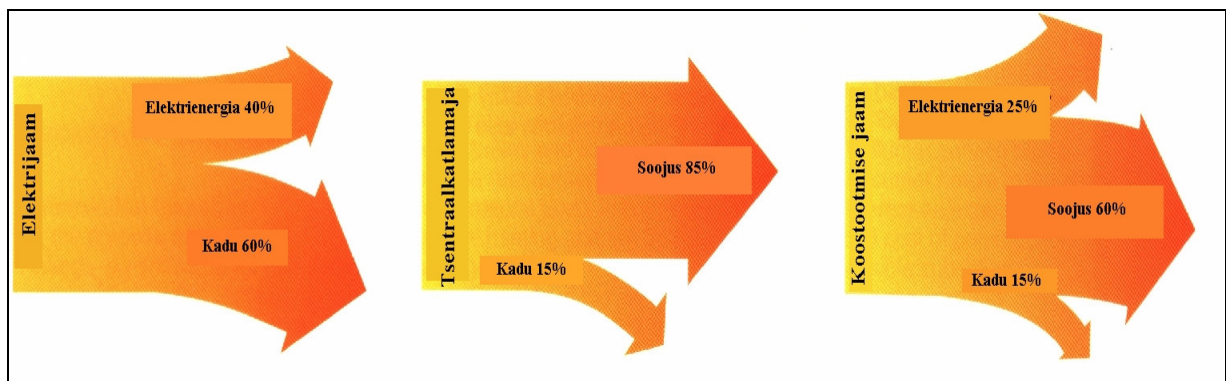
Joonis 3. Masnedø koostootmisjaam
Taanis (8,3 MW)
Figure 3. CHP plant in Masnedø
(Denmark)

Jenbacher mootorite tööiga on ca 120 000 tundi. Koostootmisjaamade kogukasutegur on kuni 90 %: 40% elektrit ja 50% soojust, ülejäänud läheb põhiliselt soojuskaoks suitsugaasidega ja välisjahtumiseks (joonis 4).

Koostootmisjaamad tuleks paigutada piirkondadesse, mille läheduses biomassi kogumine, ladustamine ja transport oleksid optimaalsed ja jätkuvalt piisavalt soojuse tarbijaid ka suveperioodil. Saaremaal oleks parimaks võimalikuks lahenduseks rajada koostootmisjaam Kuressaare linna, kus on piisavalt soojuse tarbijaid. Väiksemaid

(kuni 1 MW võimsusega) katlamaju ja koostootmisjaamu võiks rajada ka mujale.

(kuni 1 MW võimsusega) katlamaju ja koostootmisjaamu võiks rajada ka mujale.



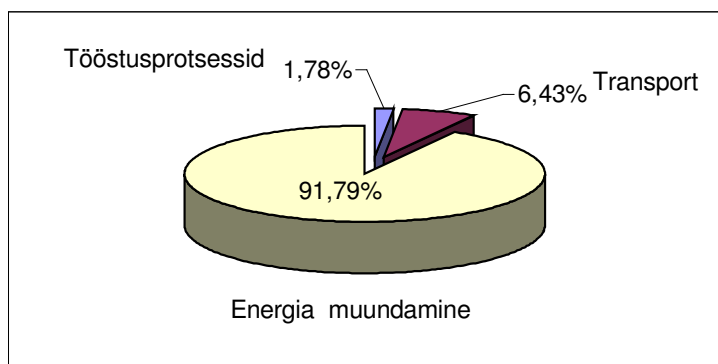
Joonis 4. Kondensatsioon-, kaugkütte- ja koostootmisjaamade efektiivsus
Figure 4. Efficiency of condensing, district heating and CHP plant

Biomassi energeetilise kasutamise keskkonnamõjud

Märgalade biomassi kasutusele võtmisega elektri ja soojuse tootmiseks Kuressaares vähendaksime oluliselt CO₂ (süsinikdioksiidi) ja ka SO₂ (vääveldioksiidi) emissiooni. Jooniselt 5 on näha, et suurimates kogustes paiskub keskkonda CO₂ just energiamajandusest.

Süsinikdioksiidi vähendamiseks on kolm võimalust (Veski, 1999):

- energia tarbimise vähendamine energiasäästu teel;
- kõrge süsinikusisaldusega fossiilsete kütuste kasutamise vähendamine ja madalama süsinikusisaldusega kütustega asendamise teel (nt süsi maagaasiga);
- fossiilkütuse asendamine taastuvenergia ressursidega (nt õli puiduga).



Joonis 5. CO₂ heitkoguste jagunemine majandusharude järgi
Figure 5. CO₂ emission divided by industry lines

Saaremaa märgalad seovad rohkem CO₂, kui fossiilkütuste põlemisel saarel tekib, seda ka siis, kui see arv kahega korrutada, et haarata liiklusest ja eramajapidamisest tekkinud CO₂.

Märgala hektar võib siduda kuni 130 tonni CO₂ (Strandberg jt, 2000), Saaremaa märgalad on võimelised siduma kokku kuni 1 560 000 tonni CO₂.

Kui hakata näiteks kasutama Saaremaa märgaladelt saadavat biomassi (42 000 tonni) soojuse ja elektri koostootmiseks, väheneks Narva lähedal CO₂ emissioon 77 969 tonni võrra ja SO₂ emissioon 664,7 tonni võrra. Kuressaares väheneks CO₂ emissioon 33 000 tonni võrra.

Biomassil töötava koostootmise jaama tehnilis-majanduslikke näitajaid

Järgnev näide on Kuressaare lähedal asuva 1500 ha suuruse märgala kasutamise kohta, mille biomassi energia tarbijaks oleks Kuressaare linn.

Biomassi toodang	1,5 kg/m ² a (0,7 kg/m ² a)**
Energiasisaldus	4,2–4,5 MW·h/t
Tihedus	100–150 kg/m ³
Märgala pindala	1500 ha
Saadava biomassi kogus	22 500 t (10 500 t)**
Primaarenergia sisaldus	ca 95 625 MW·h (44 625 MW·h)**
Biomassi hinnanguline hind (pelletid)	470 kr/MW·h (2000 kr/t)
Biomass pallituna/pressituna*	118 kr/MW·h*, 500 kr/t*
Koostootmisjaama võimsus	9,5 MW (4,5 MW)**
Kütuse kulu	2,23 t/h, 17,9 m ³ /h, 430 m ³ /ööpäev (202 m ³ /ööpäev)**
Energia toodang (arvestades, et koostootmisjaam töötab aastas 8 000 tundi ja kasutegur on 80%)	76 500 MW·h/a (35 700 MW·h/a)**

Toodetava energia omahind	710 kr/MW·h (sh ca 66% on kütuse hind) 236 kr/MW·h (sh ca 50% on kütuse hind)*
Toodetava energia maksumus	54,3 mln krooni (18,1 mln krooni)* (8,4 mln krooni)**
Elektrit kokku (kasutegur on 35%)	26 775 MW·h/a (12 495 MW·h/a)**
Soojust kokku	49 725 MW·h/a (23 205 MW·h/a)** (võrdub ligikaudu AS-i Kuressaare Soojus aastase soojuse müügitahuga)
Elektri müügihind (vastavalt energiaseadusele)	686 kr/MW·h
Soojuse müügihind	383 kr/MW·h (Kuressaares)
Tulu elektri müügist	18,4 mln kr/a (8,57 mln kr/a)**
Tulu soojuse müügist	19,0 mln kr/a (8,89 mln kr)**
Kogu tulu aastas	37,4 mln kr (17,5 mln kr)**
Kogu kulu aastas	68 mln kr (22,5 mln kr)* (10,5 mln kr)**
Kasum aastas	–30,6 mln kr (14,9 mln kr)* (7,0 mln kr)**
Vastava koostootmisjaama hinnanguline maksumus	50–60 mln kr
Ligikaudne lihttasuvuse aeg (ilma laenuta).	3,3 aastat* (7,1 aastat)**

Märkused:

1. variant biomassi toodang 15 t/ha; energiatoodangu omahind 710 kr/MW·h kütuseks biomassi pelletid.
2. variant (märgistatud*) biomassi toodang 15 t/ha, energiatoodangu omahind 236 kr/MW·h.
3. variant (märgistatud**) biomassi toodang 7 t/ha, energiatoodangu omahind 236 kr/MW·h.

Kahe viimase variandi puhul on kütuseks pressitud/pallitud biomass.
Variantidest reaalseim tundub olevat kolmas.

KirjandusReferences

1. Kallaste, T., Liik, O., Ots, A. (editors) (1999) Possible Energy Sector Trends in Estonia, Context of Climate Change. SEI- Tallinn, Tallinn Technical University. Vaba Maa. Tallinn: 190.
2. Lausmaa, T. (2000) Matsalu märgala biomass biokütusena. Esimese konverentsi kogumik. Peatoim Tiit, V. Taastuvate energiaallikate uurimine ja kasutamine. Eesti Põllumajandusülikooli kirjastus. Tartu: 38–48.
3. Masing, V. (1992) Ökoloogialeksikon. Valgus. Tallinn: 319.
4. Puhastus- ja tootmismärgalade potentsiaal Ida-Saaremaal (2000). Ökoloogiliste Tehnoloogiate Keskus. Tartu: 14.
5. Strandberg, M. Muring, T., Mander, Ü. (2000) Ökoloogiline majandusime Eesti moodi – ehitame riiki 128 uut elektri jaama. Postimees 21. juuli: 6–7.
6. Veski, R. (1999) Mis on taastuv biokütus? Turvas 98/99: 38–39.

BIOMASS ENERGETICS POTENTIAL OF WETLANDS AT SAARE COUNTY

¹Ülo Kask and ²Livia Kask

¹Thermal Engineering Department, Tallinn Technical University
e-mail: ykask@online.ee

²Faculty of Mechanical Engineering, Tallinn Technical University
e-mail: liviakask@yahoo.com

Summary

Most of the fuels that are being used to produce the thermal and electrical power are nonrenewable. Transferring them into energy pollutes the environment with CO₂ and surplus heat (last: in case of condensing type of power plant like in Narva). Biomass is the most suitable renewable energy resource in Estonian natural circumstances. Hitherto, one kind of biomass – plants of wetland – has almost not been used. There are plenty of wetlands in Saaremaa that have reasonably high productivity of biomass.

Exertion of technologies of processing and using the biomass helps to create new jobs in agriculture as well as in other sectors of economy and evolve the regional development. The local currency circulation will improve and there are also possibilities in increase of capital expenditures and export potential.

The biomass productivity of wetland plants accounting to dry matter can reach up to 4–5 kg/m² in a year. One advantage to use the plants of wetland (reed, cattail) in energy production is the fact that these plants will disengage from water in the end of their growth period and will need no extra drying. There are over 12 000 ha of wetlands in Saaremaa, half of them could be used to get energetical biomass. The other half is either under (nature) protection or it would be economically inefficient to cut reed there. The major wetlands are in the surroundings of Mullutu bay and the Koigi swamp, also in Tornimäe.

There could be significant reduce in the emission of solid particles into the atmosphere, if the biomass of wetlands would be used to produce thermal and electrical power in Kuressaare.

ORGAANILISTE JÄÄTMETE ENERGEETILINE POTENTIAAL JA SELLE KASUTAMISE VÕIMALUSI SAARE MAAKONNAS

Ülo Kask¹, Mariliis Sihtmäe² ja Kristjan Õim³

¹TTÜ Soojustehnika Instituut, Kopli 116, 11712 Tallinn, e-post: ykask@online.ee

²TTÜ Keemiateaduskond, Ehitajate tee 5, 12618 Tallinn, e-post: mari.liis@mail.ee

³TÜ Bioloogia-geograafiateaduskond, Vanemuise 46, 51014 Tartu
e-post: vendkris@mail.ee

Annotatsioon

Üle maailma on üheks suurimaks probleemiks kerkinud olme-, tööstus- ja põllumajandus-jäätmetest tingitud vee- ja õhureostus. Selle likvideerimiseks otsitakse uusi efektiivseid ja odavaid jäätmetöötlusmeetodeid. Üheks selliseks tehnoloogiaks on orgaaniliste jäätmete aeroobne ja anaeroobne kääritamine ja selle käigus biogaasi tootmine. Viimane üksnes ei vähenda reostuse tekkimist, vaid võimaldab ka energia ja väetise tootmist.

ORGAANILISED JÄÄTMED, ANAEROOBNE KÄÄRITAMINE, BIOGAAS, PRÜGILAGAAS, ENERGIA

Siin kasutatud lühendid

EL – Euroopa Liit, PVC – polüvinüülkloriid (plastkile), PG – prügilagaas, Mg – megagramm e tonn,

Üldist

Eesti ühiskonna liikumine Euroopa Liiduga liitumise suunas sunnib meid ümber korraldama jäätmemajanduses tänaseni eksisteerivat olukorda, kus valdav osa jäätmeid korjatakse kokku ja viiakse prügilasse ilma eelneva sorteerimiseta, stabiliseerimiseta ja võimaliku taaskasutuseta.

EL prügiladirektiiv (Council..., 1999) näeb biolagundatavate jäätmete prügilasse ladestamise vähenemist kuni 35%-ni 1995. aasta jäätmekogusest. Selle eesmärgi saavutamiseks esitas EL Ministrite Nõukogu järgmise ajakava:

- 2006-ndaks aastaks 75%;
- 2009-ndaks aastaks 50%;
- 2016-ndaks aastaks 35%.

1999. aasta veebruaris soovitas Euroopa Parlament biolagunevate olmejäätmete ladestamist vähendada kuni 25%-ni 1995. aasta tasemest ja üle 90% olmejäätmetest prügilasse ladestavad riigid peavad lõpptingimused täitma hiljemalt 2018. aastaks.

Biolagunevate olmejäätmete matmise vähendamist soodustab ka kohustus prügiladestusest eralduva metaani kogumiseks ja utiliseerimiseks.

Selle tulemusena muutub tulevikus jäätmekäitluse ettevõtetele kasulikuks teostada jäätmete eelkäitlust ja tagada ladestatavate jäätmete stabiilsus. Kui ladestatavad olmejäätmed on bioloogiliselt käideldud, vähenevad prügilasse metaani tekitavad bioloogilised

protsessid, vajumised ja jäätmete kogused. Prügilasse toodava bioloogiliselt laguneva fraktsiooni kääritamine on oluline seetõttu, et

- see tagab väiksemad kulud;
- väheneb ladestatav jäätmekogus;
- puudub vajadus rajada prügilagaasi kogumissüsteemi;
- puudub happeline reaktsioon prügilas ja väheneb nõrgvee reostuskoormus (eriti raskmetallide osas);
- ladestatud jäätmemassiiv on palju stabiilsem, kuna puuduvad orgaanilise aine lagunemisel toimuvad vajumised.

Jäätmekäitlus riigi tasandil

Riigi ülesanded jäätmekäitluse süsteemi reformimisel ja kaasajastamisel on ühelt poolt EL direktiivide integreerimine kohalikku seadusandlusesse ja teiselt poolt pikaajalise ühtse jäätmekäitluse strateegia väljatöötamine ning elluviimine.

Eesti seadusandluses on jäätmekäitlust puudutavad regulatsioonid hetkel puudulikud ja seetõttu alles toimub EL seadusandluse integreerimine Eesti kohalikesse seadustesse. Eesmärgiks on seatud Eesti seadusandluse viimine EL nõuetele vastavaks hiljemalt 2004. aastaks. Selline eksisteeriv seadusandluse vaakum häirib jäätmekäitluskavade väljatöötamist nii riiklikul kui kohalikul tasandil. Jäätmekäitluse arengu piiravaks teguriks riiklikul tasandil tuleb lugeda ka suutmatust leida kaasaegsetele prügilatele sobivaid asukohti ja otsustada võimalike eelkäitluse variantide kasuks.

Jäätmekäitlus piirkondlikul tasandil

Piirkondlikul tasandil (maakond või omavalitsuste piirkondlik liit) tehtavad jäätmekäitlust reguleerivad otsused sõltuvad suuresti riigi seatud eesmärkidest ja kohalike omavalitsuste võimalustest.

Tänapäeva jäätmekäitluse süsteemi tähtsaimaks osaks oleva prügila nõuetele kohastamise või uue ehitamise maksumus ei ole Eesti maakondadele või omavalitsuste piirkondlikele liitudele jõukohane. Kui isegi Tallinn koos ümberkaudsete valdadega ei suuda jäätmekäitluse süsteemi reformimise ja kaasajastamisega hakkama saada, on raske tahta seda Võru- või Valgamaalt. Selleks on vaja teha eelnevad otsused riiklikul tasandil ja määrata mehhanismid reformi läbiviimiseks. Jäätmekäitluse reformimisel peaks alustama seadusandluse korrastamisest, seejärel tuleb välja töötada ja kinnitada riigi pikaajaline riiklik jäätmestrateegia ja arengukava koostöös omavalitusliitude ja teiste institutsioonidega. Tuginedes piirkonnas heaks kiidetud arengule, reformib iga omavalitsus oma jäätmekäitluse.

Saare maakonna jäätmekäitluse arenguvariandid

Saarelisusest tingitud eraldatuse tõttu ei ole otstarbekas Saare maakonna jäätmekäitluse süsteemi üles ehitada koos mõne teise maakonna või piirkonnaga (mõeldav on vaid ohtlike jäätmete ja lõpnud loomade ühiskäitlemine). Süsteemi väljatöötamisel ja käivitamisel võiks teha koostööd teiste Eesti saartega.

Saarelisusega kaasneva vahetu piirinaabri puudumise heaks eripäraks on vaidlusaluste küsimuste puudumine, samas on suureks probleemiks piisavate investeeringute leidmine, sest jäätmekäitluse seadmete maksumus ühe inimese kohta on pöördvõrdelises sõltuvuses teenust kasutavate inimeste arvuga. Mida rohkem inimesi kasutab jäätmekäitluse süsteemi, seda vähem läheb süsteem inimese kohta maksma. Seetõttu on Saaremaal oluline kasutada ära eelis, mille annab võimalus alustada jäätmekäitlusreformi ühe esimese piirkonnana Eestis. Kui teistes piirkondades toimub vaidlus küsimustes, et kelle territooriumile tuleb prügila, kes omavalitsustest maksab rohkem, kellele on mugavam ning lühim transpordi vahemaa, siis Saaremaal on selge, et uus, nn europrügila tuleb Kuressaare külje alla Kudjapele või 12 kilomeetri kaugusele Reo piirkonda (Ruut, 2001), sest Kuressaare lähikonnas tekib üle poole Saaremaa jäätmetest. Kui kiiresti tegutseda ja kohalik pikaajaline jäätmekäitluse strateegia EL norme arvestades välja töötada ning selle alusel liiduga seotud fondidest koos teiste saartega raha küsida, peaks olema kindlasti võimalik leida suhteliselt väikse omafinantseerimisega rahastamise võimalusi.

Järgides EL seadusandluses prügilatele esitatavaid nõudeid, hakkab tulevikus prügi ladestamise hinda määrama peale transpordikulu, ka kulutused prügila ohutusele ja hooldusele. Samas peab Eesti kui tulevane EL liige, vähendama suuresti prügilasse ladestatava biolaguneva aine hulka. Sellest tulenevalt võiks tulevase Saare maakonna jäätmekäitluse strateegia ellurakendamiseks kaaluda kahte arenguvarianti.

a) Kõikidele nõutele vastav europrügila

Kõikidele nõutud tingimustele vastav europrügila koos 1 m paksuse savihorisoni ja PVC põhjaga ning sinna ladestatakse endistes kogustes töötlemata jäätmeid. Ladestamise hind kasvaks mõnekümne kordseks. Eestis tekkivate biolagunevate jäätmete koguse vähendamises sel juhul Saaremaa ei osaleks, sest igasugune jäätmekoguste vähendamine tõstaks jäätmete ladestamise hinda veelgi. Selle variandi raames võiks biolagunevat massi komposteerida samas europrügila territooriumil, kuid see eeldab selektiivset kogumist soovitavalt juba tekkekohtades.

b) Integreeritud jäätmekäitluse süsteem

Bioloogiliselt lagundatavad olme-, põllumajandus- ja tööstusjäätmed biodegradeeritakse koos reoveesetete ja põllumajanduses tekkiva toorsõnnikuga. Protsessi käigus tekkinud biogaas kasutatakse ära osalt protsessi läbiviimiseks, osalt soojuse ja elektri koostootmiseks ja suunamiseks Kuressaare linna kaugkütte- ja elektrivõrku. Biolagundatud materjal töödeldakse prügilasse ladestamise asemel ümber kas kompostmullaks või põllumajanduses kasutatavaks väetiseks. Sellega vähendatakse prügilasse saabuvat jäätmete kogust käesoleva ajaga võrreldes peaaegu poole võrra. Oluline on protsessiga saavutatud ladestatavate jäätmete stabiilsus. Stabiilsete, põhjavett mitteohustavate jäätmete ladestamiseks tehtav prügila ei pea olema keskkonnast väga rangelt isoleeritud, see ei nõua pikaajalist järelevalvet ega keerulist gaasikogumise süsteemi, kuigi esialgsed investeeringud on suured. Sellise käitlemise oluliseks osaks on jäätmete sorteerimine. Pikas perspektiivis (alates 10–15 aastast) on kõige otstarbekam rajada jäätmete tekkekohtal sorteerimisega süsteem. Sellise süsteemi rakendamisel tuleb põhikulutused teha inimeste teadlikkuse ja vastutuse tõstmisele. Masinsorteerimine, mis esialgu tundub odavam, toob endaga kaasa suuremad

käidukulud ja selliselt sorditud jäätmetest saadud kompostimisjäägi kasutamine põllumajanduses ja haljastuses on keelatud, sest sisaldab suurtes kontsentratsioonides raskmetalle (Biogas From ..., 1996). Teisteks kulutuseks on investeringud seadmetesse ja jäätmete kogumissüsteemi.

Kui tulevikus otsitakse projekti elluviimiseks rahastajat ELga seotud institutsioonidest, siis on paremate rahastamistingimuste võimalus teisel jäätmekäitluse strateegia arenguvariandil. Põhjuseks on soovitava tulemuse vastamine EL eesmärkidele jäätmekäitluse vallas.

Saare maakonna Kudjape prügila

Kudjape prügila asub umbes 1,5 km Kuressaarest ida suunas ja 1 km Kudjape külast kirdes. Prügila võeti kasutusele 1975. aastal ning on käigus käesoleva ajani. Prügila pindala on 6 ha ja see asub looduslikult tasasel alal. Prügilas on põhjavee kontrolli võrgustik. Olemasolev, umbes 2,5 ha ladustamisplats on ilma põhjakaitseta, puuduvad ka nõrgvete kogumise süsteem ja PG kogumise süsteem. Tekkinud PG kandub atmosfääri läbi kattedepinnase ja/või katmata jäätmete. Esimene kiht prügi ladustati otse maapinnale ühtlase 1,5 m paksuse kihina aastatel 1975–1985.

Võttes aluseks vähesed andmed ladustatud jäätmete mahtude kohta ja andmed jäätmekihtide paksuse kohta, on Kuressaare linna spetsialistide hinnangul olemasoleval ladustamisplatsil umbes 130 000 tonni jäätmeid ning kogumahuks arvestatakse 150 000 m³. Neid väärtusi arvestades on keskmine aastane jäätmete ladustamise kogus prügilas olnud 5 000 tonni kogu prügila varasema eluea kestel.

Tänapäeval aga ladustatakse Kudjape prügilasse aastas kuni 7 000 tonni jäätmeid, kuid teoreetiliselt ladestamist vajav aastakogus on Saare maakonnas umbes 11 000 tonni. Arvestades EL nõudeid biolagunevate jäätmete osa vähendamiseks ja jäätmete kogumise efektiivsuse tõusu, on 2006. aastal Saare maakonnas vaja ladestada 7 200 tonni ja 2009. aastal kuni 7 000 tonni prügi. Sellise taseme saavutamiseks tuleb hoida olmejäätmete teke praeguses seisus – Kuressaare linnas 205 kg aastas inimese kohta, valdades keskmiselt 160 kg aastas inimese kohta. Olme- ja teiste samalaadsete jäätmete (sh ehitusjäätmete) teke tuleb stabiliseerida tasemel 550 kg aastas inimese kohta (Ruut, 2001).

Tekkiva prügilagaasi koguse määramise meetodika

On olemas erinevaid meetodikaid, mida saab kasutada prügilates tekkiva metaani koguse hindamiseks. USA Keskkonnakaitse Agentuuri (*United States Environmental Protection Agency – USEPA*) poolt väljatöötatud prügila õhuheitmete emissioonide hindamise mudel (USEPA, 1998) on aga üldtunnustatud ning seda kasutatakse kõige laialdasemalt. USEPA mudel on 1. klassi täpsusega kõdunemise mudel ning see lähenemisviis on vastavuses ka komplekssema meetodikaga, mida soovitab Valitsustevaheline Kliimamuutuste Nõukogu (*Inter-governmental Panel on Climate Changes – IPCC*) prügilatest metaani emissiooni arvutamiseks. Võrrand on järgmine:

$$Q = L_o R (e^{-kc} - e^{-kt}),$$

kus

Q – jooksva aastal tekkinud metaani kogus (m^3/a), L_0 – potentsiaalselt tekkiva metaani kogus (m^3/Mg jäätmetest), R – keskmiselt aastas vastuvõetav jäätmekogus (Mg/a), k – metaani tekkimise konstant ($1/\text{a}$), c – aeg alates/kuni prügila sulgemisest/sulgemiseni (aasta) ja t – aeg prügila käikuandmisest (aasta).

Mudelisse sisestati andmed Kudjape prügila kohta. Edasistes arvutustes on metaani tekkimise määr ümber arvestatud PG tekkimise määraks. Prognoositud PG kogus selles prügilas on arvutatud tekkiva metaanikoguse korrutamisel kahega, mille aluseks on PG koosnemine 50% metaanist ja 50% süsinikdioksiidist. Hinnanguliselt on olemasolevas prügilas ladustatud jäätmete kogus umbes 130 000 t.

Metaani tekkimise potentsiaal

Metaani tekkimise potentsiaali (Feasibility ..., 2001) on hinnatud järgmise arenguversiooni kohta. Olemasolev prügila jätkab tööd detsembrini 2002 keskmise aastase vastuvõtuga 4000 tonni. Pärast 2003. aastat alustab tööd uus prügila, mille keskmine aastane vastuvõetavate jäätmete kogus on 8000 tonni aastani 2008. Eeldati, et aastast 2009 kahaneb vastuvõetavate jäätmete kogus taas 4000 tonnile aastas seoses kõrgemate prügila maksumäärade rakendamisega. Eeldati, et uue prügila eaks sellise ladustamise tempo juures on 21 aastat. Sellise alternatiiviga arvestamise aluseks on asjaolu, et orgaanilise aine maht olemasolevas prügilas võib olla vähenenud seoses lahtise põletamisega ning tulevikus uude prügilasse vastuvõetavate jäätmete maht võib olla väiksem, kuna ülejäänud prügilate sulgemised Saaremaal võivad toimuda kavatsust pikema aja kestel. Lisaks sellele võivad tulevikus ladustatavad mahud potentsiaalselt olla mõjutatud Eestis prügilate maksu rakendamisega sarnaselt sellega, mis on toimunud Euroopa Liidus.

Potentsiaalselt tekkiva metaani kogus (L_0) sõltub prügilas olevate jäätmete koostisest. Sõltuvalt jäätmete koostisest antud prügilas kasutati hinnangumudelisel USEPA AP-42 “Vana” määratud väärtust $L_0 = 125 \text{ m}^3/\text{Mg}$.

Metaani tekkimise koefitsient (k) määrab metaani tekkimise kiiruse prügilas olevatest jäätmetest. Kohalike meteoroloogiliste tingimuste alusel valiti hinnangumudelisel k väärtuseks 0,03 liitrit aastas.

Ülaltoodud informatsiooni alusel tehtud mudelarvutustest selgus, et esitatud arenguversiooni kohaselt on prügilas tekkiva PG kulu haripunktiks $100 \text{ m}^3/\text{h}$ aastal 2024.

Arenguversiooni lahendis selgus, et sellest prügilast saadava gaasi kogus võib olla ebapiisav, kui lähitulevikus orgaanilisi jäätmeid prügilasse enam ei ladustata. Üldiselt oleks olemasolevast ning selle kõrvale rajatavast uuest prügilast võimalik koguda piisavalt prügilagaasi, et teostada väikesemahulist PG kasutamise projekti, kui aastane ladustatav jäätmete hulk oleks vähemalt 8 000 tonni aastas.

Anaeroobne kääritamine

Anaeroobne käärimine saab looduslikult toimuda, kui on kogunenud piisav hulk niisket orgaanilist ainet mittelahustunud hapniku puudumisel. Selline protsess toimub looduslikult järvede, soode ja rabade põhjasetetes ning prügilate anaeroobses keskkonnas. Energiatootmise võimalus anaeroobse kääritamise kaudu ei ole uus. Biogaasi

kasutamine mootorikütusena elektritootmisel sai alguse heitvete puhastusseadmetest 1930. aastatel. Seda protsessi on rakendatud ka tööstuslike heitvete ja loomasõnniku puhul. Paljud Aafrika ja Aasia maade pered kasutavad väikesi anaeroobseid kääritajaid kütuse tootmiseks, et küladesse elektrienergiat anda. Üks suhteliselt uuemaid rakendusviise on olmejäätmete kääritamine anaeroobse protsessi kaudu. Selleks on välja arendatud mitmeid süsteeme, millest igapähele on omad eelised ja puudused.

Bioloogilised töötlemisprotsessid, nagu anaeroobne kääritamine ja aeroobne komposteerimine, annavad ainsa võimaluse olmejäätmete putrestsiinsete osade, orgaanilise aine ja toiduainete korduvkasutamiseks. Olmejäätmete aeroobse komposteerimise tehnoloogiad nõuavad ühe tonni olmejäätmete kohta 30–35 kW·h energiat, kusjuures anaeroobne kääritamine on ökoloogiliselt puhas soojuse saamisviis, mille käigus võib ühest tonnist olmejäätmetest saada 100–150 kW·h energiat. Orgaaniliste tahkete jäätmete anaeroobne kääritamine spetsiaalses biogaasijaamas annab võimaluse saada energiat biogaasist ja komposti jääkmudast kontrollitavas keskkonnas. See protsess võib olla populaarsust paljudes Euroopa riikides. Prügimägedes moodustuvast gaasist on võimalik ära kasutada umbes 60%, samal ajal kui kinnises anum-bioreaktoris tekkinud gaasist saab ära kasutada ligikaudu 100%. Degradatsiooni aega kinnistes anum-bioreaktorites võib vähendada aastatelt päevadeni.

Olmejäätmete kääritamine toob kaasa mitmeid tehnilisi probleeme. Suurte osade kääritamine biogaasi reaktorites võib olla problemaatiline seoses olmejäätmete kõikuva päritoluga, mistõttu on vajalikud nende sorteerimine ja purustamine. Teiste probleemide hulgas on ka nõutava reaktoris viibimise aja suurenemine. Välja on arendatud suure tahkeaine sisaldusega kääritamise (STS, *HSD – high-solid digestion*) süsteemid, millel on potentsiaali parandada olmejäätmete süsteemide majanduslikke näitajaid, vähendades kääriti mahtu ja nn parasiitenergiat, mida vajatakse kääritamise protsessi elushoidmiseks. Välja on arendatud ka mitmeid alternatiivseid STS projekte, mis töötavad suuremate kui 30% tahkete osade kontsentratsiooniga. Nende projektide puhul rakendatakse kas siis sisemist või välimist segamist, kasutades biogaasi või mehaanilisi segajaid. Üldiselt on kõigil STS süsteemidel samaväärne tööprintsip.

Eelised

Olmejäätmete anaeroobse kääritamisega kaasnevad nii energia- kui ka keskkonnanalased kasud. Energiaalaste kasude hulka kuuluvad energia (soojus, elekter) kogutoodang ja fossiilsetel kütustel baseeruva energiatootmise vältimine ning väiksem sõltuvus tavapärastest energiaallikatest. Keskkonnanalased kasud hõlmavad järgmisi aspekte:

- vähenenud kasvuhoonegaaside emissioon;
- anaeroobne kääritamine on keskkonda säästev jäätmete töötlemise protsess;
- prügimäe lõhnade vähendamine;
- väiksem maakasutusvajadus;
- ladustatava jäätmemahu vähenemine;
- teiste orgaaniliste jäätmevoogude (tööstusliku ja põllumajandusliku) koosladustamise potentsiaali suurendamine;

- kasu potentsiaalsest korduvkasutusest, kui lõpp-produkt kompost ära kasutatakse.

Puudused

Olmejäätmete anaeroobse kääritamise takistused või puudused on järgmised:

- ainult jäätmete orgaanilised osad on töödeldavad;
- selle tehnoloogia kasutamine on veel suhteliselt uus ning vastavasisuline majanduslik ja praktiline info ei ole laialdaselt kättesaadav;
- jäätmete sorteerimisega seonduvad tehnilised probleemid;
- kõrged kulud.

Anaeroobsel kääritamisel tekkiva metaanikoguse hindamine

Selle arenguvariandi hindamisel (Feasibility..., 2001) kasutati veidi suuremat jäätmete vastuvõtu mahtu, mida kasutati PG koguse hindamisel eelkirjeldatud lahendis. Aastane jäätmete vastuvõtu maht on 5000 tonni kuni detsembrini 2002. Pärast 2003. aastat on aastane jäätmete vastuvõtu maht kuni 10 000 tonni.

Samuti on eeldatud, et umbes 50% jäätmetest on orgaanilised jäätmed ja umbes 75% orgaanilistest osadest on võimalik eraldada anaeroobseks kääritamiseks. Järelikult on vajalik kääritusseade, mille võimsuseks on umbes 3750 tonni olmejäätmete kääritamine aastas.

Tuleb märkida, et nende hinnangute puhul on arvestatud vaid olmejäätmetega. Enamlevinud on teatud tselluloossete ainete segamine, iseäranis kui neid jäätmeid on võimalik saada väikese kuluga või tasuta. Jäätmete segamine võib suurendada kääritamiseseadme võimsust ja biogaasi toodangut.

Metaani tekkimine

Hinnangute kohaselt saab ühest tonnist orgaanilistest jäätmetest umbes 0,13 tonni biogaasi, seega oleks aastane biogaasi toodang anaeroobsest käärimisest umbes 490 tonni. See võrdub vastava koguse metaani tekkimisega umbes 520 000 m³ biogaasist aastas, eeldades, et biogaasi tihedus on 0,94 kg/m³ ja biogaasi kuluga umbes 60 m³/h.

Eeldades, et biogaas koosneb umbes 60% ulatuses metaanist, siis oleks aastane metaanitoodang umbes 310 000 m³. Selle gaasiga käivitatava elektri ja soojuse koostootmise jaama võimsuseks on umbes 140 kW ja kogu seadmestiku aasta keskmiseks kasutusteguriks 85 % (Feasibility ..., 2001).

Kulud

Olmejäätmetest metaani tootmisega seonduvad põhikulud tekivad anaeroobse kääritamise jaama ehitamisest. Tüüpilise jaama maksumuse aluseks on võetud ühele Saksamaa jaamale tehtud kulutused, 118 USD ühe tonni jäätmete kohta. See annab kapitalikuluks umbes 450 000 USD. Hinnang ei sisalda käibemaksu.

Finantssuutlikkus

Majanduslik hinnang hõlmab rahavoogude ja ajaldatud puhastulu analüüsi. Hinnangu andmisel eeldati, et anaeroobse kääritamise jaam ehitatakse olemasolevasse prügilasse aastal 2002 ja projekt käivitub täies mahus aastal 2003. Samuti eeldati, et mootorite/generaatorite komplekt(id) valitakse sellise suurusega, mis tagavad piisava metaani ressursi seadmete töötamiseks 15 aasta jooksul. Arvesse ei ole võetud seadmete jääkväärtust ega ka potentsiaali seadmete ümberpaigaldamiseks teise prügilasse tulevikus.

Nende eelduste alusel ei ilmne väikesemahulise anaeroobse kääritamise projekti prügilas väljaarendamine majanduslik elujõulisus. Majanduslikuks elujõulisuseks on vajalik ladustamiseks suurusega vähemalt umbes 20 USD/t.

Keskkonnakasud

Projekti käikuandmine vähendaks metaani emissiooni atmosfääri. Vähenemine saavutatakse metaani kasutamisega elektrienergia tootmiseks ja liigse gaasi põletamisega. Emissiooni vähenemise maht on koguseliselt arvestatud projekti 15-aastase eluea jooksul süsinikdioksiidi ekvivalendi (CO₂E) tonnides järgmiselt:

- Elektrienergia tootmisest 62 700 tonni.

Keskkonna lisakasud tekivad fossiilsete kütuste asendamisest. Kuna PG kasutamise projektidest tekkiva emissiooni vähendamise krediiturg (kvootide müük) alles kogub hoogu, siis ei ole majanduslike hinnangute juures arvestatud tulu nende kvootide müügist. Kui projekti tulemusena tekkivaid emissiooni vähendamise kvote saab rahaliselt ümber arvestada, suurendab see veelgi projekti majanduslikku elujõudu. Tuleb aga ka eeldada, et osa emissiooni vähendamisest võib asukohamaa Eesti säilitada mõne potentsiaalse emissioonikaubanduse programmi raames.

Järeldused

- ❖ Institutsionaalset situatsiooni Eestis võib pidada PG kasutamise projektidele lähitulevikus ja edaspidigi soodsaks. Riiklikul tasandil stimuleerib energiaseadus taastuvenergia allikatest, sellised nagu PG, toodetud energia ostmist. Saaremaal baseerub primaarenergia tootmine suures osas maakonda sissetoodavatel fossiilsetel kütustel.
- ❖ Jäätmeseadus nõuab ka jäätmekäitluse planeerimise ja korraldamise parandamist, mis viib jäätmekäitluse rajatiste, k.a prügilate regionaliseerumisele. Plaanitakse Kudjape prügila laiendamist või uue rajamist selle lähikonda ning Saaremaa teistes omavalitsustes olevate prügilate sulgemist.
- ❖ Eestis on olemas PG kasutamise kogemus. Tallinnas Pääsküla prügilas on tegutsenud AS Terts alates 1995. aastast (2001. aastal paigaldati koostootmise seade). Selle projekti arendamise käigus on projekti omanikud andnud kohalikele ametiisikutele teavet PG kasutamise kohta, mis peaks vähendama takistusi seoses järgmiste projektide elluviimisega tulevikus.

- ❖ Üks võimalikke pikema perspektiivi kitsaskohtadest kommertslikel alustel tegutsevate PG projektide arendamiseks Eestis on Euroopa Nõukogu direktiivi aktsepteerimine (Council ..., 1999). On oluline märkida, et sama direktiiv näeb aga ette ka PG kontrollisüsteemide paigaldamist prügilatesse.
- ❖ Nii prügila tingimusi kui üldist olukorda Saaremaal võib pidada soodsaks väikesemahulise PG kasutamise projekti arendamise seisukohalt. Siiski on aga vajalik koostada prügila arenguplaan olemasoleva prügila tarvis, et tagada nii projekti kui prügila töö vastavus selle ülejäänud eluea jooksul PG kogumise ja kasutamise plaanidega. Maksimaalseks tuleb viia jäätmete vertikaalne profiil ning kui on jõutud vajalike kalleteni, tuleb see prügila osa katta ja sulgeda. Kaasaegse prügila kontseptsiooniga tuleb arvestada ka uue prügila projekteerimisel. Ilma selliste täiustusteta ei ole võimalik PG prügilast koguda.
- ❖ Uue prügila PG kogumise süsteemis võiks olla ka nõrgvete ringsüsteem, nii et prügilat saaks kasutada bioreaktor-tüüpi prügilana. Selline lähenemisviis annab rea kasulikke lisaaspekte projektile ning suurendab PG tekkimist ning jäätmete gaasistumise määra.
- ❖ Prognoositav PG kogus olemasolevast ning uuest prügilast on piisav väikesemahulise (*small scale*) PG kasutamise projekti teostamiseks, kui aastas ladustatakse üle 8000 tonni prügi.
- ❖ On kaks peamist võimalust prügilast kogutud PG ärakasutamiseks:
 - ❖ gaasi otsekasutus katlamajas soojuse tootmiseks;
 - ❖ elektrienergia ja soojuse koostootmine, kasutades gaasimootoreid.
- ❖ PG või soojusenergia võib müüa AS-le Kuressaare Soojus, elektri ostukohustus on AS-il Eesti Energia.
- ❖ Majanduslikus hinnangus tehtud eelduste alusel selgub, et väikesemahulise PG kasutamise projekti arendamine prügilas on majanduslikult elujõuline.
- ❖ Projekt toodaks ka mõõdukat kasu CO₂ emissiooni kaubandusest. Eeldusel, et emissioonide kauplemise kvoodid kinnitatakse programmi Puhta Arengu Mehhanismi (*Clean Development Mechanism – CDM*) raames või mõne muu rahvusvahelise emissioonikaubanduse programmi raames, on emissioonikvootide müümisega võimalik teenida projektile lisatulusid.

Kirjandus **References**

1. Ruut, J. (2001) Saare maakonna jäätmekava. Tartu: 89.
2. Council Directive of landfill waste. 1999/31/EC 26 April 1999. Official Journal of the European Communities. July, 16th.
3. USEPA (1998) Landfill Air Emissions Estimation Model (Version 2.01) EPA 68-D1-01117; EPA 68-D3-0033. February.
4. Feasibility Assessment for Development of a Landfill Utilization Project at the Kudjape Landfill Kuressaare, Estonia (2001) SCS-Wetherill Environmental. Reston, Virginia, USA: 53.
5. (1996) Biogas From Municipal Solid Waste. IEA Bioenergy. Denmark: 23.

ENERGY POTENTIAL AND UTILISATION OPPORTUNITIES OF ORGANIC WASTE IN SAARE COUNTY

Ülo Kask¹, Mariliis Sihtmäe² and Kristjan Õim³

¹Thermal Engineering Department, Tallinn Technical University
e-mail: ykask@online.ee

²Faculty of Chemistry, Tallinn Technical University, e-mail: mari.liis@mail.ee

³Faculty of Biology and geography, University of Tartu, e-mail: vendkris@mail.ee

Abstract

Water- and air pollution caused from municipal-, industrial and agricultural waste are sponged for the biggest problem in the world. To eliminate this problem new effective and cost-effective pulling and waste treatment methods are searched. One of these technologies is aerobic and anaerobic digestion of organic waste and final biogas and compost production. The last one not only curbs the pollution but also enables to produce heat energy, electricity and fertilizer.

ÕHU REGULEERIMISEST BOKÜTUSTE RESTPÖLETAMISEL

Ants Veski, Toomas Tiikma ja Vitali Borovikov

Tallinna Tehnikaülikooli Soojustehnika Instituut, Kopli 116, 11712 Tallinn
e-post: aveski@sti.ttu.ee, tiikma@sti.ttu.ee, vitali.borovikov@mail.ee

Annotatsioon

Katla kõrge kasuteguri tagamiseks peavad katlast lahkuva põlemisgaasi temperatuur ja hapnikusisaldus $O_2\%$ (liigõhutegur α) olema võimalikult madalad. Kui aga anda põlemisprotsessi hapnikku alla mingi kriitilise koguse, toimub mittetäieliku põlemise produktide – vingugaas CO, tahm C ja süsivesinikud C_nH_m , koguse hüppeline suurenemine koldest ja katlast lahkuvates gaasides. Seega põlemisõhu kogus tuleks hoida optimaalne ja selleks on ka mitmeid meetodeid. Töös, millel põhineb käesolev artikkel, katsetasime stoker-põletiga katelt, kusjuures kütuseks oli mitmesuguse niiskusega hakkpuit. Tulemuste põhjal soovitame juhtida biokütuste põlemisõhu kogust koldeste paigutatud soojusvoo andurist lähtuva signaali järgi. Kiirgusvoo maksimumile vastava liigõhuteguri võib lugeda optimaalseks liigõhuteguriks. Katlad tuleks varustada põlemisõhu reguleerimise süsteemiga, mis hoiab kiirgusvoo igale ajahetkele iseloomulikul maksimumil.

RESTKATEL, OPTIMAALNE LIIGÕHUTEGUR, LEEGI KIIRGUS

Siin kasutatud lühendid

V^{prim} , V^{sek} – primaar- ja sekundaarõhu kogused, nm^3/kg ,

V_{staih} – stoihiomeetriline õhukogus, nm^3/kg ,

$V_{väär}$ – väärdõhu kogus, nm^3/kg ,

$\alpha = (V^{prim} + V^{sek} + V_{väär}) / V_{staih}$ – liigõhutegur katlast väljumisel,

Q_{leek} – leegi omakiirgusvoog, W/m^2 ,

Q_{res} – resulteeruv kiirgusvoog, W/m^2 ,

ϵ_{leek} – leegi mustsusaste,

$\epsilon_{süsteem}$ – leegist, koldest ja anduri kiirgust vastuvõtvast pinnast koosneva süsteemi mustsusaste,

σ_0 – kiirgustegur, $5,67 \cdot 10^{-8} W/(m^2K^4)$,

T_{ef} – leegi efektiivne kiirgustemperatuur, K,

Q_a^k – kütuse alumine kütteväärtus, kJ/kg,

q_3 – soojuskadu kütuse keemiliselt mittetäielikust põlemisest, %,

$H_{k,\delta}$ – külma õhu entalpia, kJ/kg,

w – kütuse niiskus, %,

k – hapniku ja süsivesinike moolide suhe (hapniku stöhiomeetriategur).

Tagamaks katla kõrget kasutegurit peavad katlast lahkuva põlemisgaasi temperatuur ja hapnikusisaldus $O_2\%$ (liigõhutegur α) olema võimalikult madalad. Otsene liigõhuteguri suurenemine 10% võrra põhjustab kasuteguri vähenemise 0,5%. Liigõhuteguri suurenemisega kaasneb lahkuva põlemisgaasi temperatuuri tõus. Näiteks temperatuuri tõus 22 °C põhjustab 1% kasuteguri langust (Vandagriff, 2001).

Kui anda põlemisprotsessi hapnikku alla mingi kriitilise koguse, millele vastab ka liiga madal $O_2\%$ katlast lahkuvas põlemisgaasis (liiga madal liigõhutegur α), toimub mittetäieliku põlemise produktide – vingugaasi CO, tahma C ja süsivesinike C_nH_m (mille hulgas on ka mürgiseid polütsüklilisi aroomaatseid süsivesinikke PAH) koguse hüppeline suurenemine koldest ja katlast lahkuvas gaasis. Edaspidi nimetame seda kriitilist põlemisõhu kogust optimaalseks õhukoguseks ja sellele vastavat liigõhutegurit optimaalseks liigõhuteguriks α_{opt} .

Optimaalne liigõhutegur ei vasta alati katla maksimaalsele kasutegurile, õhukoguse mõningane vähendamine alla kriitilise vähendab soojuskadu katlast lahkuva suitsugaasi soojusega rohkem, kui suureneb kadu mittetäieliku põlemise produktidega (Vandagriff, 2001), seda näitavad ka meie pikaajalised kogemused. Mittetäieliku põlemise produktid saastavad loodust ja tahm ka katla küttepindu. Küttepindade saastumine nõuab sagedast küttepindade puhastamist, vastasel korral mõne aja jooksul katla soojusvastuvõtt väheneb, katlast lahkuva põlemisgaasi temperatuur tõuseb ja kasutegur langeb. Seega põlemisõhu kogus peaks olema optimaalne või veidi üle selle.

Biokütuseid põletavate restkollete korral tähendab see, et sekundaarõhu kogus peaks olema optimaalne, sest primaarõhu koguse muutmine viib kolde ja katla koormuse muutmisele. Liigõhutegur pannakse paika just sekundaarõhu koguse muutmisega. Laialt kasutatavad põlemisõhu kontrolli meetodid on konstantse liigõhuteguri hoidmine, liigõhuteguri muutmine sõltuvalt katla koormusest ja katlast lahkuva põlemisgaasi CO-sisaldusest või ka põlemiskambri (leegi) temperatuurist (Vandagriff, 2001), (Good ja Nussbaumer, 1998).

Eestis on alla 10 MW võimsusega biokütusekatelde korral kasutusel sageli konstantse suhte hoidmine katlasse antava kütuse mahulise koguse ja summaarse põlemisõhu koguse vahel – see tagab konstantse liigõhuteguri. Vahel tagatakse konstantne liigõhutegur hapnikusisalduse ($O_2\%$) reguleerimisega katlast lahkuvas põlemisgaasis. Häid tulemusi võib niisugune põlemisõhu reguleerimine anda muutumatu niiskusega kütuse korral. Nii kütuse kui ka põlemisõhu pealeandmiseks tuleb seejuures kasutada muudetavate pöörlemisagedustega ajameid, mis välistavad kütuse perioodilisest söötmisest tingitud pulsatsioonid.

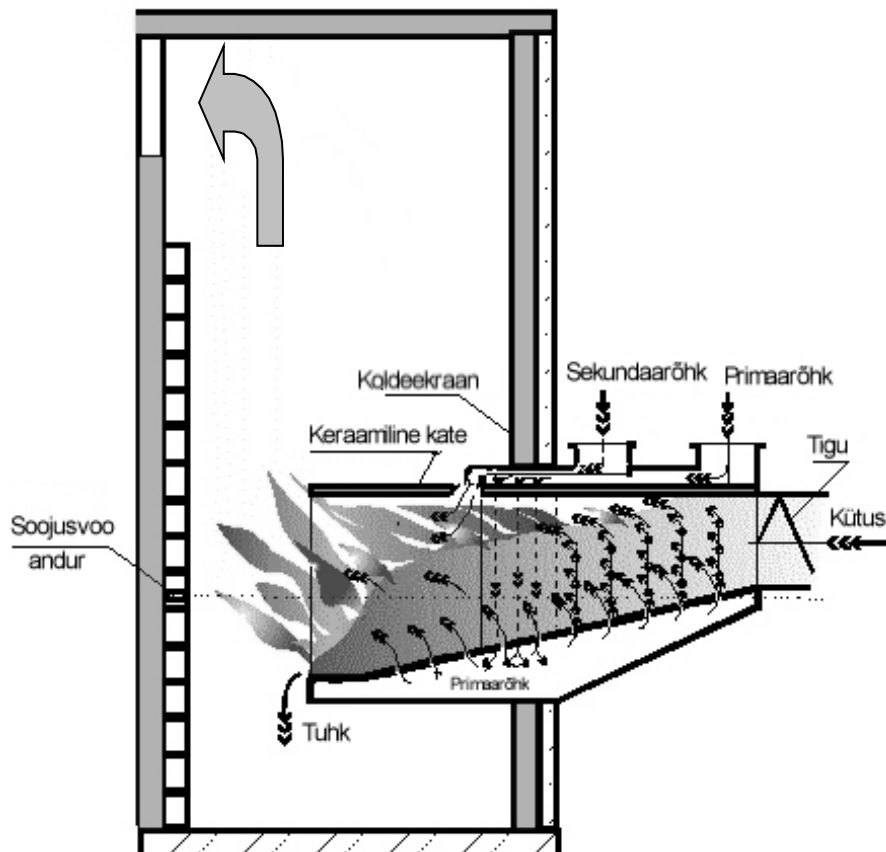
Nagu näitavad meie ja ka teiste uurijate tööd, sõltub biokütuse põletamiseks vajaliku õhu hulk kütuse niiskusest (Veski ja Parve, 1998), (Veski jt, 1998) ja katla koormusest (Good ja Nussbaumer, 1998), kasvades kütuse niiskuse suurenemisel ja koormuse vähenemisel. Hetkelist õhuvajadust mõjutab biokütuse restpõletamisel sageli kasutatav perioodiline kütuse pealeandmine. Konstantse liigõhuteguriga töötamise vanemates kateldes teeb raskeks ka suur ja aja jooksul muutuv väärtuskogus $V_{väär}$.

Nagu näeme eelnevast, võib biokütuste põletamisel optimaalne liigõhutegur kiiresti muutuda. Seega konstantse liigõhuteguriga töötamine võib vähendada katla ökonoomsust ja põhjustada saasteainete sattumise koldest ja katlast väljuvasse põlemisgaasi. Liigõhutegurit tuleks seega operatiivselt juhtida, et hoida seda optimaalsel tasemel ka pidevalt muutuv olukorras.

Üks võimalus liigõhuteguri juhtimiseks vingugaasi CO järgi on vähendada põlemisõhu kogust, kuni täheldatakse CO-sisalduse tõusu katlast lahkuvas gaasis. Kasutusel on ka

teisi CO-sisalduse järgi juhtimise skeeme. Kõik need nõuavad odava ja töökindla CO anduri olemasolu. Juhtimissignaalsiks soovitatakse ka põlemiskambri (leegi) temperatuuri. Võib kasutada ka üksi O₂ järgi juhtimist, seejuures hapnikusisaldus peab muutuma sõltuvalt koormusest (Vandagriff, 2001) ja kütuse niiskusest mingi algoritmi järgi.

Meie soovime juhtida liigõhutegurit, st sisuliselt sekundaarõhu andmist koldesse paigutatud resulteeriva või pealelangeva soojusvoo andurist lähtuva signaali järgi. Niisugune reguleerimine oleks märksa otsesem, sest lähtuks põlemisprotsessist, mitte aga gaaside koostisest katlast väljumisel, mis võib katla ebatiheduste tõttu olla teistsugune kui koldes.

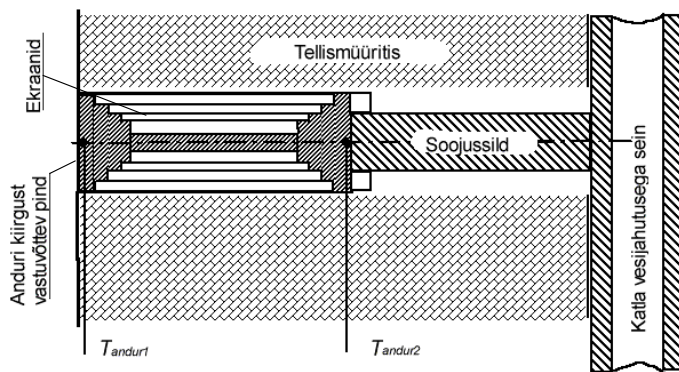


Joonis 1. Katla kolle koos stoker-põletiga
Figure 1. Boiler furnace with stoker-burner

Joonisel 1 esitatud seadmel viidi läbi katsed. Katseseadme koosseisu kuulus 300 kW stoker-põleti, mis kujutab endast kompaktselt restiga eelkollet. Katla kolde tagaseinas eelkolde teljel paiknes šamottmüüritisse süvistatud resulteeriva kiirguse andur (joonis 2).

Määrati leegi ja soojusvoo anduri vahelise resulteeriva kiirguse Q_{res} sõltuvus liigõhutegurist mitmesuguse niiskusega hakkpuidu põletamisel. Katsetulemused on esitatud joonisel 3. Samal joonisel on esitatud ka teoreetiline põlemistemperatuur (leegi adiaabaatiline temperatuur), mis arvutati, lähtudes kasutatud kütuse koostisest ja arvestades meie katsetustel saadud CO-sisaldust (joonisel 3) katlast lahkuvas suitsugaasis. On nä-

ha, et kiirgusvoog omab mingis liigõhuteguri kitsas piirkonnas maksimumi, kusjuures maksimumile vastav liigõhutegur suureneb koos kütuse niiskuse suurenemisega.



Joonis 2. Kiirgusvoo andur
Figure 2. Heat flux detector

Mõõdetakse resulteeruvat soojusvoogu temperatuurilangu $T_{andur1}-T_{andur2}$ kaudu. Leegi omakiirgusvoog on

$$Q_{leek} = \epsilon_{leek} \sigma_0 T_{ef}^4 \quad (1)$$

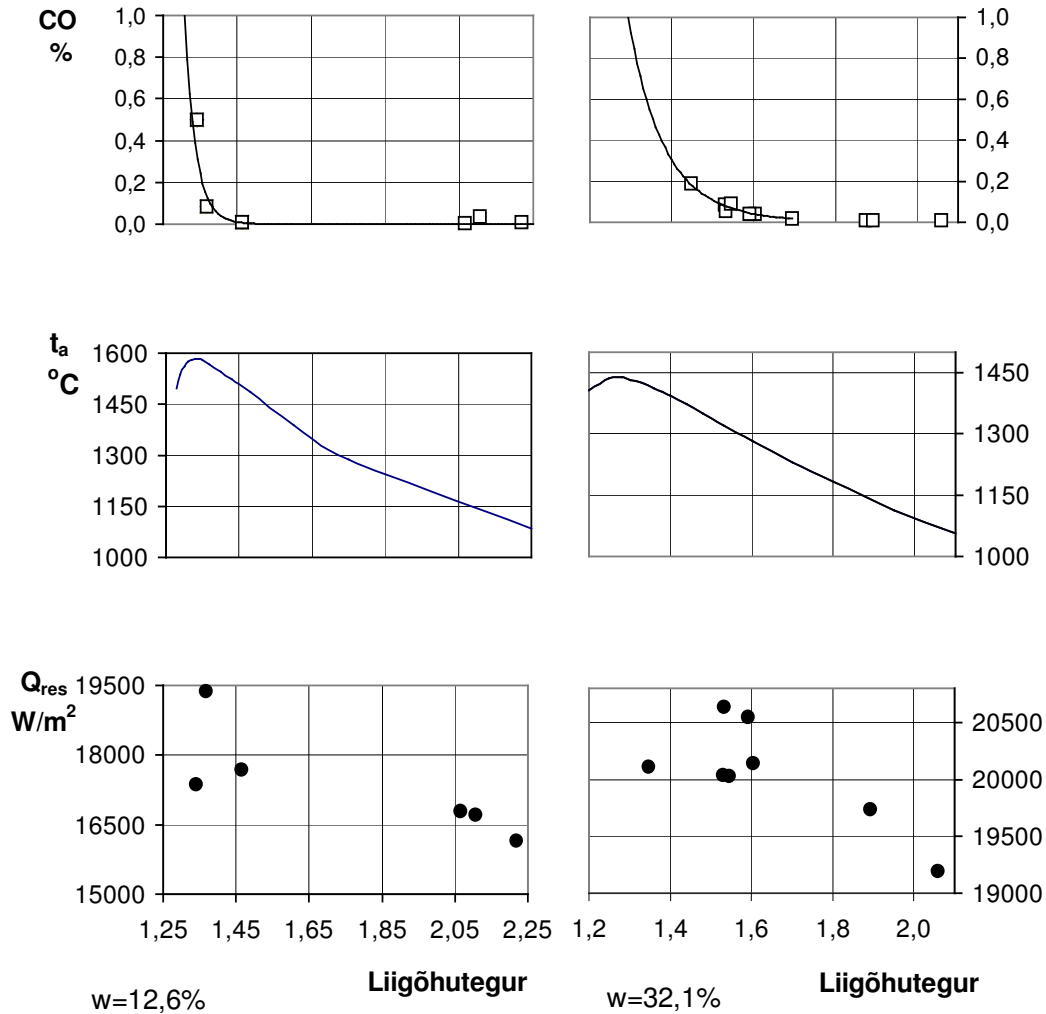
ja resulteeruv kiirgusvoog

$$Q_{res} = \epsilon_{süsteem} \sigma_0 (T_{ef}^4 - T_{andur1}^4) = funktsioon(T_{andur1} - T_{andur2}). \quad (2)$$

Põlemisprotsessis tekkivad põlevad lendosad võib jagada kahte põhilisse rühma: vintugaas CO ja süsivesinikud C_nH_m . Kui põlemistsoonis on küllalt kõrge temperatuur, on küllaldaselt hapnikku, mis segatakse lendosadega homogeenseks seguks ja selle segu põlemistsoonis viibimise aeg on piisav, põlevad lendosad enne koldest väljumist ära ning koldest ja katlast väljuvas gaasis mittetäieliku põlemise produktid praktiliselt puuduvad. Kui aga vaadelda hapniku küllaldast olemasolu ja segu homogeensust piki leeki, on olukord lendosade põlevast kihist väljumisest kuni leegi lõpuni väga muutuv. Homogeense segu tekkimine algab pärast sekundaarõhu lisamist. Kui sekundaarõhku lisatakse koguses, mis tagab optimaalse või veidi suurema liigõhuteguri, tekib homogeenne segu kohe pärast sekundaarõhu lisamist, lendosad põlevad kiiresti ja leegi maksimaalne temperatuur (soojusvahetuse tõttu muidugi madalam kui teoreetiline põlemistemperatuur) saavutatakse leegi algusosas.

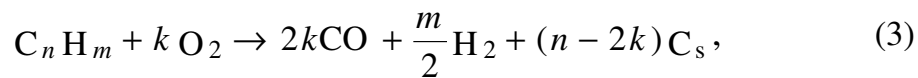
Kui aga sekundaarõhku lisatakse alla optimaalse koguse, toimub homogeense segu moodustumine kaugemal sekundaarõhu lisamise lõikest, samuti ka leegi maksimaalse temperatuuri saabumine. Leegi algusosa on madalamal temperatuuril ja leegi efektiivne (keskmine) temperatuur T_{ef} kujuneb madalamaks.

Arvutame teoreetilise põlemistemperatuuri, eeldades, et leegi algusosas eraldub lendosade ja hapniku puuduliku segunemise tõttu soojust seda vähem, mida rohkem on liigõhutegur α_i alla optimaalse, st soojuse eraldumine on proportsionaalne teguriga $1 - (\alpha_{opt} - \alpha_i)$. Arvutuse tulemus on joonisel 4. Leegi lõpuosas võivad lendosad lõpuni põleda, v.a katlast väljumisel mõõdetud keemilise põlemiskaoga q_3 määratud osa.



Joonis 3. Joonise järg ja tekst järgmisel leheküljel
 Figure 3. Figure is continued on the next page

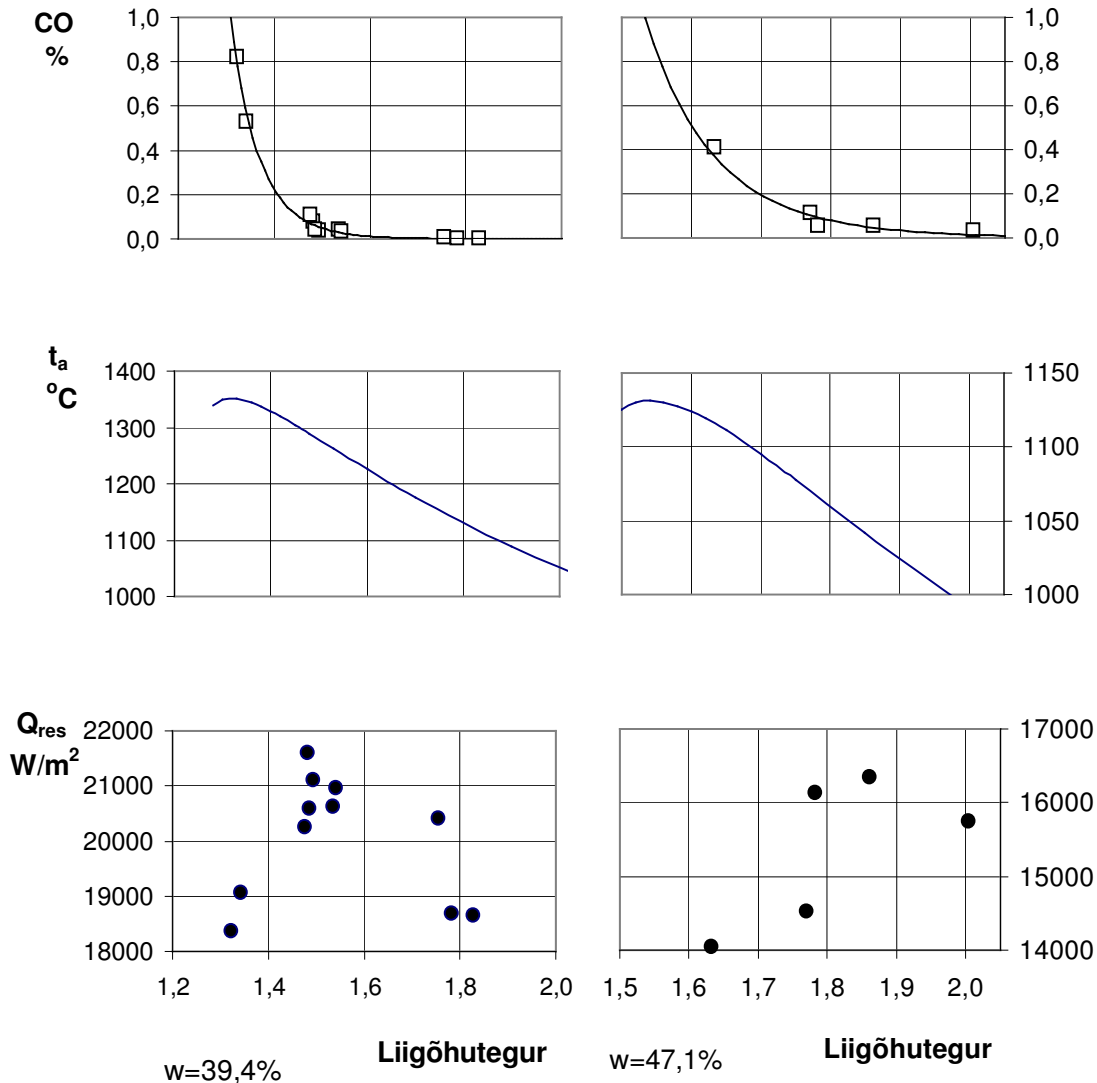
Süsivesinike põlemine kütuse poolst rikkas segus on kirjeldatav järgmise formaalse valemiga (Warnatz jt, 1999):



kus C_s on tahke süsinik ehk tahma, n ja m on moolide arvu järgi kaalutud keskmised.

Tahma tekib siis, kui $n > 2k$ ehk süsivesinikes sisalduva süsiniku ja õhuhapniku aatomite suhe $n/(2k)$ on suurem kui 1.

Puudulikust õhust tingitud tahma kontsentratsiooni kasv suurendab leegi mustsusastet ja kiirgusvõimet (valemid 1 ja 2). Emmerichi jt (1988) andmetel on 0,8 m paksuse gaasikihi mustsusaste 1800 K ja tahma kontsentratsiooni 0,1 g/m³ juures 0,17 ja 0,4 g/m³ juures 0,53. Tahmavaba leegi mustsusaste meie katsete tingimustel oli 0,25...0,3.



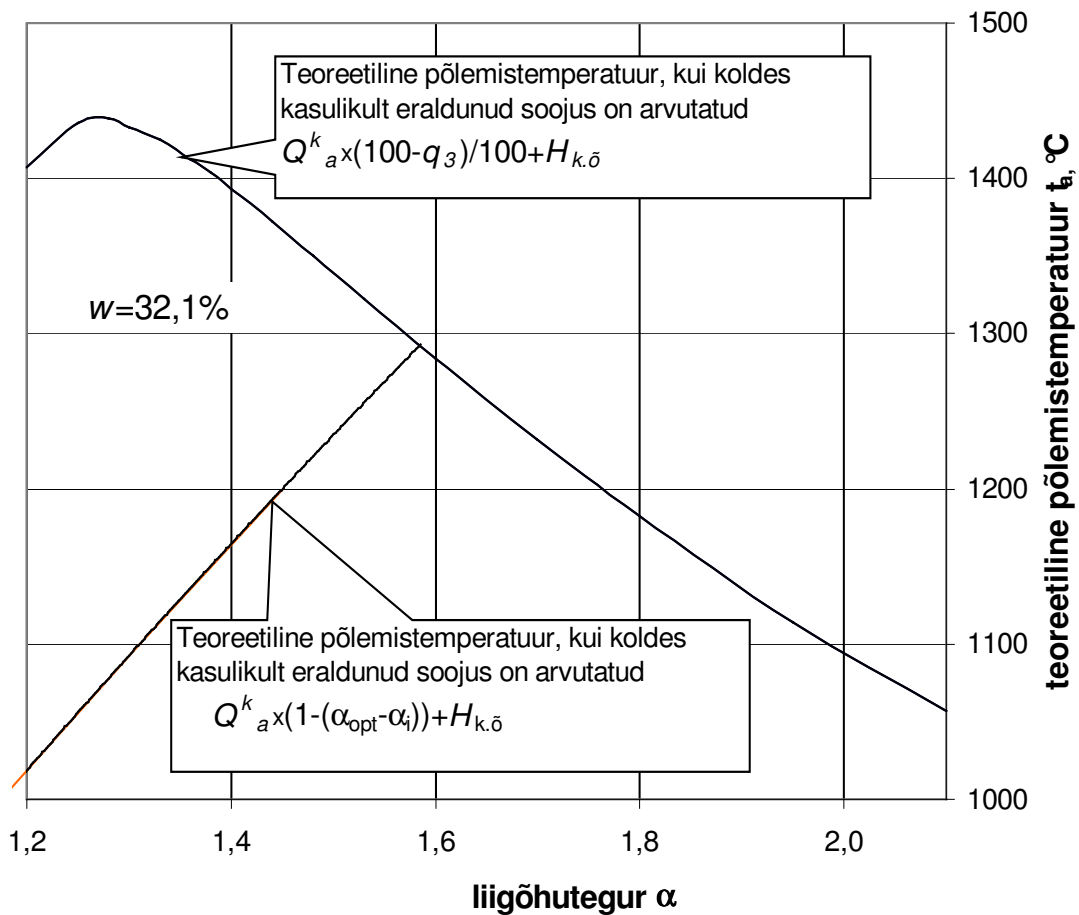
Joonis 3. Katlast lahkuva põlemisgaasi CO-sisalduse, leegi adiabaatilise temperatuuri (teoreetilise põlemistemperatuuri) t_a ja resulteeruva soojusvoo Q_{res} sõltuvus liigõhutegurist mitmesuguse niiskusega w hakkpuidu põletamisel

Figure 3. Dependence of CO content in flue gas, adiabatic flame temperature (theoretical combustion temperature) t_a and resultant heat flux Q_{res} on air ratio at burning of wood chips of different moisture w

Kui koldes edaspidi lisandub põlemisproduktidele hapnikku (leegi tagumises osas tekib homogeenne küllaldase hapnikuga segu), oksüdeerub suurem osa tahmast CO-ks ja CO₂-ks ning leegi lõpuosa kiirguse määrab ära gaaside mustsusaste.

Meil ei õnnestunud määrata puudulikust õhust tingitud tahma kontsentratsiooni ja sellest tingitud mustsusastme kasvu, kuid kiirgusvoo mõõtmise tulemuste põhjal võib öelda, et määravam on leegi temperatuuri alanemise mõju.

Meie katsete põhjal on kiirgusvoo maksimumile vastav CO-sisaldus 0,05...0,1%. Euroopa standardi EN 303-5 (Heating boilers for solid fuels, hand and automatically stoked, nominal heat output up to 300 kW) 12. novembrist 1998 järgi on 150–300 kW



Joonis 4. Kahel meetodil arvatud teoreetiline põlemistemperatuur
 Figure 4. Theoretical combustion temperature calculated by two methods

3. klassi (kõrgema klassi) kateldele CO norm katlast lahkuvas suitsugaasis 10% O₂ korral 1200 mg/m³ (~0,1%) (Testing methods, Finland, 2000). Seega kiirgusvoo maksimumile vastava liigõhuteguri võib lugeda optimaalseks. Tahket biokütust põletavates restkolletes võib juhtida liigõhutegurit leegi kiirguse intensiivsuse järgi. Selleks tuleks katlad varustada põlemisõhu reguleerimise süsteemiga, mis hoiab kiirgusvoo igale ajahetkele iseloomulikul maksimumil.

Uurimus on tehtud Sihtasutuse Eesti Teadusfond rahalisel toetusel, grant 4881.

Kirjandus ✕ References

1. Emmerich, V., Leuckel, W., Wachter, G. (1988) Heat Exchange by Gas and Soot Radiation in Combustors and Furnaces. 1st European Conference on Industrial Furnaces and Boilers. Lisbon, Portugal: 631–642.
2. Good, J., Nussbaumer, Th. (1998) Efficiency Improvement and Emission Reduction by Advanced Combustion Control Technique (ACCT) with CO/Lambda Control and Setpoint Optimization. Proceedings of the 10th European Conference Biomass for Energy and Industry. C.A.R.M.E.N. Würzburg, Germany: 1362–1365.
3. Testing methods and emission requirements for small boilers (<300 kW) in Europe. (2000) Motiva's Publication B 3 / 2000: 13.

4. Vandagriff, R. L. (2001) Practical Guide to Industrial Boiler Systems. Marcel Dekker, Inc. New York, Basel: 362.
5. Veski, A., Parve, T. (1998) Primaar- ja sekundaarõhk biokütuste restpõletamisel. Eesti Turvas, suvi 1998: 37–40.
6. Veski, A., Pihu, T., Ots, A. (1998) Influence of Fuel Moisture to the Operating Parameters of Small-Scale Boiler with Stoker Burner. Proceedings of the 10th European Conference Biomass for Energy and Industry. C.A.R.M.E.N. Würzburg, Germany: 1370–1373.
7. Warnatz, J., Maas, U., Dibble, R.W. (1999) Combustion. 2nd Edition. Springer: 299.

ON THE AIR SUPPLY CONTROL AT BURNING BIOFUELS ON THE GRATE

Ants Veski, Toomas Tiikma and Vitali Borovikov

Thermal Engineering Department, Tallinn Technical University
e-mail: aveski@sti.ttu.ee, tiikma@sti.ttu.ee, vitali.borovikov@mail.ee

Abstract

Bio-fuels burning with minimal amount of unburned pollutants CO, HC, PAH, soot and with maximum efficiency of boiler require exact combustion air supply control. In conditions of unstable quality of biofuel (mostly moisture is variable), quantity of uncontrolled air infiltration and varying the boiler heat output the operation of boiler at constant air ratio set point leads to great heat losses or unburned pollutants.

The aim of this investigation is to find the most suitable parameter for tuning the air ratio (excess air) set point in boilers for biofuels in permanently changing operating conditions. We propose to use for tuning the air ratio setpoint optimisation the readings of heat flux detector.

The heat flux depends on temperature and the emissivity of flame. At air rates above an optimal value the flame emissivity is practically independent of air rate and flame temperature increases with decreasing the latter. At air rates below the optimal value combustion of the head side of flame is incomplete: soot concentration and the flame emissivity increases, but the flame temperature decreases by decreasing of excess air. Accordingly the heat flux has a maximum at optimum excess air ratio.

The resultant heat flux was measured during our experiments. Its maximum was noticed at higher excess air when used fuel with higher moisture. The CO content in dry flue gas is at the level of 0,05...0.1% at maximal heat flux independently of fuel moisture.

BIOKÜTUSEL TÖÖTAVA KATLAMAJA RAJAMISE MAJANDUSANALÜÜS

Argo Normak

AS Termox, Tähe 112A, 51013 Tartu, e-post: argo@termox.ee

Annotatsioon

Artiklis antakse ülevaade energeetikas kasutatava majandusanalüüsi põhimõtetest ja esitatakse näide biokütusel töötava katlamaja majandusanalüüsi teostamisest, kasutades Microsoft Excelis loodud analüüsi mudelit.

KATLAMAJA, INVESTEERING, MAJANDUSANALÜÜS, TARKVARA

Sissejuhatus

Energeetika mõjutab meid kõiki, sest meie igapäevaelu sõltub energiast. Praegu on energia üks suuremaid kuluartikleid ettevõtete, munitsipaalasutuste ja meie igäihe pere-eelarves. Ikka ja jälle kerkib üles küsimus – kas on võimalik vähendada kulutusi energiale? Vastus on jaatav. Selleks tuleb tarbida vähem energiat või vähendada kulutusi energia tootmiseks.

Mõlemad teemad on praegu väga aktuaalsed ja arvatavasti muutuvad veelgi aktuaalsemaks seoses energiaressursside vähenemise, inimeste arvu suurenemise ja keskkonna-probleemidega.

Et vähendada kulutusi energia tootmiseks, on üks võimalus kasutada odavamat kütust – näiteks puitu. Et kütus on põhiline kuluartikkel meie katlamajade bilansis, annab odavama kütuse kasutamine märgatava kulude kokkuhoiu ja võimaldab toota soojus-energiat odavamalt. Kuid mitte alati!

Peale kütuse hinna on veel hulk tegureid, mis mõjutavad soojusenergia hinda: investeering, kulu tööjõule jne. Et hinnata, millise katlamaja rajamine on kõige otstarbekam, tuleb läbi viia majandusanalüüs (AEA ..., 1999).

Biokütusel töötava katlamaja eripära

Biokütusel töötava katlamaja eripäraks on biokütusekatla ja abiseadmete soetamisel suur investeering, kõrgemad tööjõukulud ja piiratud võimalused katla võimsuse reguleerimiseks, võrreldes gaasi ja vedelkütuse kateldegaga. Seetõttu biokütusekatel valitakse tavaliselt katlamaja baaskoormuse katmiseks.

Analüüs aitab leida vastuse, kui võimsa, mitme ja mis kütusel töötava katla kasutamine on kõige otstarbekam.

Majandusanalüüsi alused

Majandusanalüüsi eesmärgiks on anda projektile hinnang majanduslike näitajate järgi. Katlamajade rekonstrueerimisprojektide hindamiseks kasutatavad majandusnäitajad (Scott, 1999), vt tabel 1.

Tabel 1. Majandusnäitajad
Table 1. Economic factors

Näitaja	Selgitus
Lihttasuvus	Aastate arv, mis kulub esialgse investeeringu tagasimaksmiseks projekti rahakäibest.
Diskonteeritud tasuvusaeg	Aastate arv, mis kulub esialgse investeeringu tagasimaksmiseks projekti diskonteeritud rahakäibest.
Ajaldatud tulu netoväärtus	Tulumaksujärgsete rahavoogude nüüdisväärtuste summa ja investeeringu esialgsete kulude vahe.
Tulu sisenorm	Diskontomäär, mis võrdsustab projekti ajaldatud tulu netoväärtuse nulliga.
Soojusenergia hind	Soojusenergia hind pärast investeeringut.

Diskontomäär on intressi- või allahindlusmäär, mida investor kasutab oma investeeringute arvutustes summade ajaldamisel. Diskontomäär sõltub investori majanduslikust olukorrast ja selle valikul ettevõttele tuleks kasutada majandusanalüütikute abi. Mida suurem on diskontomäär, seda väiksemad on võimalused teha suuri pikaajalisi investeeringuid.

Erinevate konkureerivate projektide majandustulemuste võrdlemine ühiste näitajate abil on väga tähtis. Antud näitajaid arvutatakse erinevate meetodite abil ja nad rõhutavad projekti majandusliku tasuvuse erinevaid aspekte. Parima ülevaate saamiseks tuleb projektile arvutada kõik viis ülalloodud majandusnäitajat, millest esimesed neli huvitavad kindlasti investorit, viimane aga tarbijaid.

Millal on investeering kasulik?

Investeering on kasulik, kui

- tasuvusaeg on lühem, kui maksimaalselt lubatav tasuvusaeg, või võrreldavatest projektidest lühim;
- ajaldatud tulu netoväärtus on positiivne;
- tulu sisenorm on suurem, kui nõutav diskontomäär;
- soojusenergia hind on tarbijale soodne.

Tavaliselt räägitakse projektide hindamisel tasuvusajast. Kuigi tasuvusaja meetod on lihtne, ei ole see parim viis projektide analüüsimiseks. Lihttasuvusaja puuduseks on asjaolu, et see ei võta arvesse ajafaktorit. Lihttasuvusaeg ja diskonteeritud tasuvusaeg ei võimalda kumbki arvestada puhasmakseid pärast tasuvusaega (Nõmmik, 2001).

Kõige enam soovitatakse projekti hindamist ajaldatud tulu netoväärtuse järgi, mis mõõdab kui palju väärtusi luuakse investeeringu teostamisega. Arvutamiseks lahutatakse rahakäivete nüüdisväärtustest alginvesteering.

Tulu sisenorm annab ajaldatud tulu netoväärtusega projektile sarnase hinnangu, kui esimene rahakäive on negatiivne ja järgmised positiivsed ning projekt ei mõjuta teisi projekte.

Katlamaja rajamise majandusanalüüsi tarkvara

Kõige parem on katlamaja majandusanalüüsi läbi viia spetsiaalse tarkvara abil, mis kiirendab analüüsi tegemist 5 kuni 10 korda, olenevalt projekti keerukusest.

Taani Aalborgi Ülikool on koostöös firmaga EMD loonud programmi EnergyPro, mis on mõeldud katlamajade, külmajaamade ja elektriyaamade analüüsiks (Electronic...,2001).

Eestis sellist tarkvara välja töötatud ei ole, tavaliselt kasutatakse tabelarvutusprogramme, kus on loodud vastavad mudelid.

Parima tulemuse saamiseks tuleks kasutada analüüsimudelit, kus majandusanalüüs on seotud süsteemi tehniliste näitajatega. See võimaldab teostada süsteemi optimeerimist majanduslikult parima lahendi leidmiseks.

Majandusanalüüsi mudel

Siin toodud näites kasutatud majandusanalüüsi mudel on koostatud tabelarvutusprogrammis Excel, järgides ärimajanduse aluseid (Nõmmik, 2001; Serup, 2001) ja katlamaja kulude arvestamise põhimõtteid. Analüüsi algandmed ja tulemused on esitatud tabelites 2–6 ning joonisel 1.

Ühe projekti puhul tuleb analüüsida mitut erinevat tehnoloogilist lahendit, et välja selgitada majanduslikult soodsaim variant. Hea ülevaate saamiseks tuleb kõikide variantide analüüsitulemused esitada koondtabelis pingereana.

Antud töös on toodud näide tehnilisele lahendile, mis ei käi ühegi konkreetse projekti kohta. Seetõttu ei tohi antud näite alusel teha investeerimisotsuseid, vaid tuleb läbi viia analüüs konkreetsele objektile.

Tabel 2. Investeering

Table 2. Investment

Investeeringu nimetus	Investeering, kr
Eelkoldega hakkpuidu katla maksumus koos lisaseadmetega	2 000 000,0
Hakkpuidu katla montaaž	500 000,0
Hakkpuidu ladu ja laoseadmed	1 000 000,0
Kolm gaasikatelt lisaseadmetega (3×1,28 MW)	750 000,0
Katlamaja lisaseadmed	500 000,0
Katlamaja sidumine kommunikatsioonidega	100 000,0
Katlamaja maksumus kokku	4 850 000,0
Katlamaja projekteerimine, 5% maksumusest	242 500,0
Täiendavad kulud ca 10% maksumusest	485 000,0
Kokku	5 577 500,0
Kogu investeering koos käibemaksuga	6 581 450,0

Algandmed tuleb kirjeldada täpsusega, mis võimaldab näha investeeringu jagunemist ja kuluartiklite tekkimist. Sellise lähenemisega saab projekti optimeerida, et saavutada parimad majandusnäitajad, muuta tehnoloogiat, asukohta, personali jne.

Biokütusel töötava katlamaja rajamise projekti kirjeldamisel tuleb suurt tähelepanu pöörata kasutatava puitkütuse omadustele ja varustuskindlusele. Puitkütuse näitajate – kütteväärtuse, niiskuse ja tükisuuruse – põhjal valitakse põletamistehnoloogia ning laoseadmed. Nendest sõltuvad leitakse omakorda investeeringu- ja opereerimiskulude suurused.

Investeeringu majandusnäitajate arvutamisel ei võeta tabelisse laenude intresse, põhiosa tagasimakseid ega dividende, sest need on arvesse võetud diskontomäära valikul ja arvutamisel läbi diskontomäära nüüdisväärtuste (Nõmmik, 2001).

Tabel 3. Majandusanalüüsi algandmed

Table 3. Information for economical analysis

1	Energiatoodang		
	Tarbimine, MW·h/a	11 000,00	
	Kaod, MW·h/a	1 800,00	
	Energiatoodang kokku, MW·h/a	12 800,00	
2	Tehnilised		
	Hakkpuidu katla kasutegur	0,80	
	Hakkpuidu katla toodang, MW·h/a	9 000,00	
	Gaasikatelde kasutegur	0,90	
	Gaasikatelde toodang, MW·h/a	3 800,00	
	Katlamaja keskm. elektriline võimsus, kW	45,00	
	Töötundide arv aastas, h	5 184,00	
3	Kütused		
	Hakkpuit, MW·h/m ³	0,70	
	Maagaas, MW·h/1000 m ³	9,90	
4	Investeering		
	Investeering, kr	6 581 450,00	
	Diskontotegur	0,12	
	Amortisatsiooni periood, a	15,00	
5	Maksumused*	Hind	Muutus aastas
	Soojusenergia hind, kr/MW·h	359,00	1,05
	Hakkpuit, kr/m ³	50,00	1,05
	Maagaas, kr/1000 m ³	1 900,00	1,05
	Elekter, kr/kW·h	0,90	1,05
	Kemikaalid ja vesi, kr/a	20 000,00	1,05
	Katlamaja hoolduskulud, kr/MW·h	20,00	1,05
	Tööjõud, kr/a	450 000,00	1,05
	Juhtimiskulud, kr/a	50 000,00	1,05
	Rent, kr/a	0,00	1,05
	Kindlustus, kr/a	65 814,50	1,00

* Maksumused on toodud ilma käibemaksuta

Tabel 4. Projekti rahakäive

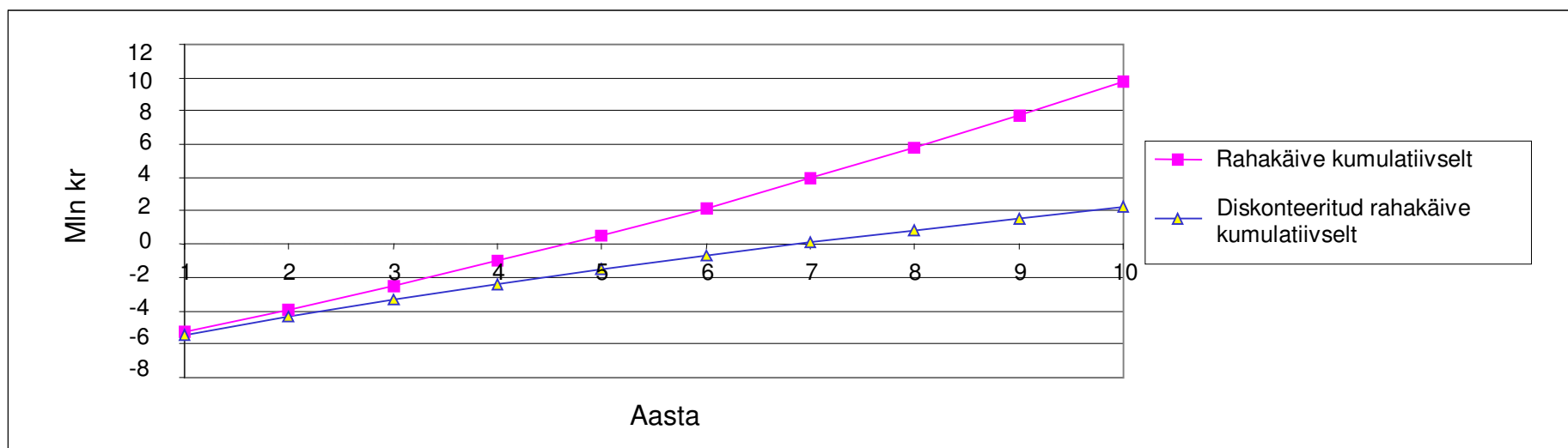
Table 4. Cash flow of the project

	Aasta										Kokku	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10
Realisatsioon												
Soojusenergiamüük		3 949 000,0	4 146 450,0	4 353 772,5	4 571 461,0	4 800 034,2	5 040 035,9	5 292 037,0	5 556 639,6	5 834 471,5	6 126 195,0	4 967 097,6
Realisatsioon kokku		3 949 000,0	4 146 450,0	4 353 772,5	4 571 461,0	4 800 034,2	5 040 035,9	5 292 037,0	5 556 639,6	5 834 471,5	6 126 195,0	4 967 097,6
Opereerimiskulud												
Muutuvkulud, sh		1 843 848,9	1 936 041,4	2 032 843,4	2 134 485,6	2 241 209,9	2 353 270,4	2 470 933,9	2 594 480,6	2 724 204,6	2 860 414,8	23191 733,4
kulud hakkpuidule		803 571,4	843 750,0	885 937,5	930 234,4	976 746,1	1 025 583,4	1 076 862,6	1 130 705,7	1 187 241,0	1 246 603,0	10107 235,1
kulud maagaasile		810 325,5	850 841,8	893 383,8	938 053,0	984 955,7	1 034 203,5	1 085 913,6	1 140 209,3	1 197 219,8	1 257 080,8	10192 186,8
kulud elektrile		209 952,0	220 449,6	231 472,1	243 045,7	255 198,0	267 957,9	281 355,8	295 423,5	310 194,7	325 704,5	2 640 753,7
kemikaalid ja vesi		20 000,0	21 000,0	22 050,0	23 152,5	24 310,1	25 525,6	26 801,9	28 142,0	29 549,1	31 026,6	557,9
Püsikulud, sh		821 814,5	859 614,5	899 304,5	940 979,0	984 737,2	1 030 683,4	1 078 926,8	1 129 582,4	1 182 770,8	1 182 770,8	10167 031,8
katlamaja hoolduskulud		256 000,0	268 800,0	282 240,0	296 352,0	311 169,6	326 728,1	343 064,5	360 217,7	378 228,6	397 140,0	3 219 940,5
palk, maksed palgalt		450 000,0	472 500,0	496 125,0	520 931,3	546 977,8	574 326,7	603 043,0	633 195,2	664 854,9	698 097,7	5 66 0051,6
juhtimiskulud		50 000,0	52 500,0	55 125,0	57 881,3	60 775,3	63 814,1	67 004,8	70 355,0	73 872,8	77 566,4	628 894,6
rendikulud		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
kindlustus		65 814,5	65 814,5	65 814,5	65 814,5	65 814,5	65 814,5	65 814,5	65 814,5	65 814,5	65 814,5	658 145,0
Opereerimiskulud kokku		2 665 663,4	2 795 655,9	2 932 147,9	3 075 464,6	3 225 947,1	3 383 953,7	3 549 860,7	3 724 063,0	3 906 975,4	4 099 033,5	335 8765,1
Opereerimise netorahavoog		1 283 336,6	1 350 794,1	1 421 624,6	1 495 996,5	1 574 087,1	1 656 082,2	1 742 177,0	1 742 177,0	1 927 496,1	027 161,7	1 631 132,5
Investeeringud												
Katlamaja rajamine	-6 581450,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Investeeringud kokku	-6 581450,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
RAHAKÄIVE	-6 581450,0	1 283 336,6	1 350 794,1	1 421 624,6	1 495 996,5	1 574 087,1	1 656 082,2	1 742 177,0	1 832 576,6	1 927 496,1	2 027 161,7	9 729 882,5

Tabel 5. Projekti diskonteerimata ja diskonteeritud rahakäive kumulatiivselt
Table 5. Accumulated cash flow and present value of the project

	Aasta										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rahakäive, kr	-6 581 450,0	1 283 336,6	1 350 794,1	1 421 624,6	1 495 996,5	1 574 087,1	1 742 177,0	1 742 177,0	1 832 576,6	1 927 496,1	2 027 161,7
Rahakäive kumulatiivselt, kr	-6 581 450,0	-5 298 113,4	-3 947 319,3	-2 525 694,7	-1 029 698,1	544 388,9	2 200 471,1	3 942 648,1	5 775 224,7	7 702 720,8	9 729 882,5
Diskonteeritud rahakäive, kr	-6 581 450,0	1 145 836,2	1 076 844,8	1 011 884,3	950 732,8	893 179,3	839 022,8	887 072,4	740 146,9	695 074,4	652 691,8
Diskonteeritud rahakäive kumulatiivselt, kr	-6 581 450,0	-5 435 613,8	-4 358 768,9	-3 346 884,6	-2 396 151,8	-1 502 972,5	-663 949,7	124 122,7	864 269,6	1 559 344,0	2 212 035,8

147



Joonis 1. Projekti diskonteerimata ja diskonteeritud rahakäive kumulatiivselt
Figure 1. Accumulated cash flow and present value of the project

Tabel 6. Projekti majandusnäitajad
Table 6. Economic factors of the project

Lihttasuvus, a	5
Diskonteeritud tasuvusaeg, a	7
Tulu netoväärtus, kr	2 212 036
Tulu sisenorm, %	19
Soojusenergia hind, kr/MW·h	359

Kirjandus ✕ **References**

1. Electronic Sources: EnergyPro (2001). <http://emd.dk>.
2. AEA Technology Environment (1999) Energeetika planeerimine kohalikele omavalitsustele. Euroopa komisjoni DGIA/B2 ja Eesti Vabariigi Majandusministeeriumi tellimusel Phare projekti "Investeeringute ettevalmistamise võimalused, regionaalne areng ja energeetika planeerimine" raames valminud aruanne. Tallinn: 81.
3. Serup, K. E. (2001) Ärimajanduse alused. Säästliku energiamajanduse koolitusprogrammi PROCEED-21 konspekt. Tallinn: 42.
4. Nõmmik, M. (2001) Ettevõtte rahandus. Loengukonspekt. EPMÜ. Tartu: 122.
5. Scott, D.F. (1999) Investeeringuarvutus. Külim. Tallinn: 143.

ECONOMICAL ANALYSIS OF CONSTRUCTION OF A BIOMASS BOILER HOUSE

Argo Normak

AS Termox, e-mail: argo@termox.ee

Abstract

To reduce the energy costs, we can use cheaper fuel to fire our boiler. One of the cheapest fuels is wood biomass. It is very actual issue how to use cheaper wood biomass in heat generation to decrease energy costs and to increase biomass share in our energy balance.

Before we decide to build biomass boiler house it is recommendable to analyse the economical situation and work out the most profitable, efficient, reliable and ecological boiler plant design on particular conditions.

The best way to perform the analyses is to use the economical model presented above. It saves our time and gives objective evaluation to the project.

EESTI BIOKÜTUSTE ÜHINGU TEGEVUS

Meeli Hüüs¹ ja Rein Veski²

¹AF-ESTEAM OÜ, Harju 6, 10130 Tallinn, e-post: meelih@estpak.ee

²Turbateabe OÜ, Sõpruse 233–48, 13420 Tallinn, e-post: rein.veski@mail.ee

Annotatsioon

Artiklis antakse lühiülevaade mittetulundusühingu Eesti Biokütuste Ühing (EBÜ) tegevusest maist 1998 kuni artikli üleandmiseni kogumiku toimetusele aprillis 2002. EBÜ loodi 8. mail 1998 Tallinnas 21 asutajaliikme poolt. Tänapäevaks on liikmete arv kahekordistunud ja hõlmab ettevõtteid alates metsahooldajatest, saematerjali tootjatest ja töötlejatest, jäätmete väärastajatest, kütusega varustajatest, soojustehniliste ja abiseadmete ning automaatikasüsteemide projekteerijatest, valmistajatest, paigaldajatest ja remontijatest, soojus- ja elektrienergia tootjatest, jaotajatest ning müüjatest, erialase koolituse andjatest, konsultantidest, lõpetades teadusasutuste ja mitme teise eriala töötajatega.

Alates 1999. aasta septembrist on EBÜ Euroopa Biomassi Assotsiatsiooni (AEBIOM) täievoliline liige. Ühingu tegevuse põhieesmärgiks on taastuvkütusealase teadustegevuse, arendustegevuse ja evalveerimise jätkusuutliku arendamise kaudu keskkonnasäästlike kütuste ning energiasäästu, varude hindamise, soetamise, tootmise ja kasutamise propageerimine riigi majandustegevuses ning elanikkonna seas. Selleks on saadud teavet naabermaadest. EBÜ on aktiivselt osalenud energeetikaalase seadusandluse täiendamisel, et soodustada taastuvenergiaallikate, sh taastuvkütuste (biokütuste) põhjendatud kasutamist Eestis, tagamaks *kütuse- ja energiamajanduse pikaajalises riiklikus arengukavas* RTI 1998, 19, 295) kavandatud taastuvenergiaallikate kasutuselevõtu kasv. EBÜ senise töö kogemused näitavad, et suur osa otsustusi energeetika vallas on tehtud ja tehakse kahjuks monopoolsete ettevõtete poolt. Teisalt on olukord energeetika vallas just selline, mis nõuab avalikku põhimõttelist arutelu, mis pole mõeldav ilma kolmandat sektorit kaasamata.

EBÜ TEGEVUS, PUIT, TURVAS, TAASTUVENERGEETIKA ARENGUKAVA

Eesti Biokütuste Ühingu asutamine ja peamised tegevused

EBÜ on oma tegevuses lähtunud põhimõttest võimalikult lihtsalt ja arusaadavalt anda asjast huvitatutele teavet, arvestades selle juures oma käsutuses olevaid piiratud rahalisi vahendeid. Tehtud töös võib eristada kaht tasandit, üks, mis on suunatud laiale audiotooriumile ja on mõeldud peamiselt taastuvkütusealase üldharituse tõstmiseks ning teine, mis on suunatud ühingu liikmetele ja energeetikaasjatundjatele. Suhtlemisringi suurendamiseks osaletakse näitusele Tartu Mets (tabel 1, p 1, 23, 41, 57, 73), Tallinna Vanalinna Päevadel (4, 43), Talupäevadel (32), näitustel ENEREX (55, 70), Forestry (40), konverentsil TEUK (36, 50, 63) jt, on koostatud ühingu kodulehekülge www.hot.ee/eby. Erialaste kogemuste omandamiseks käidi välislähetustes Soomes (9, 65, 71), Leedus (13, 17), Poolas (14), Belgias (22), Venemaal (24, 65), Hollandis (26), Rootsis (51), Ungaris (58, 61) ja Saksamaal (62) ning osaleti Eestis korraldatud välisosalusega üritustel (10...12, 18, 21, 27...29, 31, 33, 44, 46, 60, 63, 64).

EBÜ korraldab seminare mitte ainult teabe edastamiseks, vaid viib läbi ka küsitlusi selgitamaks osalejate informeeritust taastuvkütustest ning nende biokütuste vald-

konnaga seonduvaid ootusi ja vajadusi. Nüüdisajal, mil peaks olema võimalik saada andmeid nii ajas kui ruumis riigi ressursside (inim-, looduslik, materiaalne, tehniline jm ressurss) ja tegevuse (institutsiooniline, majanduslik, stiihiline jm) kohta, ei ole kahjuks statistiline andmebaas korraldatud selliselt, et oleks võimalik temale tuginedes saada täpseid andmeid hõlbustamaks õigete otsuste tegemist energeetikas.

Sellest tingituna uuris ühingu liige Ülo Kask kuue aasta jooksul (vt EBÜ kodulehekülge) oma nüüdseks kaitstud magistritöös *“Puitkütus ja selle osakaal Eesti energiaabilansis”* valdkonda, mille kohta on senine statistiline teave olnud mittepiisav ja kohati vastuoluline. See puudutab eriti ühepereelamute ja talude kütuse-, sh puitkütuse kasutamist. Selgitati, et Eestis on puitkütuse osatähtsus energiaabilansis langenud vähem kui teistes Euroopa riikides. EBÜ liikmed on korraldanud pisteliselt küsitlusi eramajapidamistega tegelevate inimeste hulgas, et selgitada välja, milliseid kütuseid ning kust varutuna neid selles sektoris kasutatakse. Samuti on EBÜ teinud ettepanekuid (pöördu-mised) riigiasutustele taastuvkütustealase tegevuste arendamiseks, k.a seadusandluse muutmine, mis ei ole seni vajalikul määral kasutamist leidnud. Loodetakse olukorra paranemist selles osas. Kolm EBÜ liiget on majandusministri poolt oktoobris 2000 moodustatud Taastuenergeetika nõukogus (tabel, pos. 36, 47, 50, 52). Nõukogu avaldas maikuu 2001 ettekande *“Taastuenergiatootmise majanduslikult põhjendatud rakendamine energia tootmiseks”*, mille koostamisel võtsid osa ka EBÜ-sse kuuluvad liikmed. Ettekande koostas ühingu liige Rein Veski majandusministeeriumi tellimisel. Selle dokumendi taastuvkütuste osa arendati edasi ajakirjades *Eesti Turvas* (2000/2001) ja *Ehituskaar* (2001, nr 9–10). Lisaks sellele valmistatakse ette ühingu liikme Peeter Muiste osalusel Eesti energiamajandust käsitlevat arengukava. Ka on tõestanud rootslaste NUTEK-STEM abiprogramm, Soome Keskkonnaministeeriumi poolt rahastatud ja taanlaste Energiaagentuuri poolt korraldatud taastuenergiaalased projektid, et sellised ettevõtmised aitavad hästi kaasa Eesti riigi energeetika arendamisele. EBÜ on jätkuvalt valmis koostööks nimetatud valdkonnas kõigi asjast huvitatutega.

Tabel 1. Lühülevaade Eesti Biokütuste Ühingu tegevusest

Table 1. A short overview of the Estonian Biomass Association's activities

1998

- 1 Biokütus – olevikust tulevikku. Tartu (16.–14. mai): näitus ja seminar METS '98 (vt lähemalt Eesti Turvas (edaspidi ET) 1998, nr 3/4, 35–56, 64).
- 2 Idee luua biokütustega tegelejate ühendus kinnistus lõplikult 21. aprillil Rakveres.
- 3 Eesti Biokütuste Ühingu asutamine Tallinnas. Põhikirja vastuvõtmine (vt ET 1998, nr. 3/4, 42–43).
- 4 Biokütustealase näitus-*performance*'i korraldamine 6.–10. juunil Tallinna Vanalinna Päevadel.
- 5 EBÜ logo ja muu atribuutika arutelu juhatuse laiendatud koosolekul 19. juunil Mäos.
- 6 EBÜ põhikirja allkirjastamine juhatuse koosolekul 6. juulil Rakveres.
- 7 Lääne-Viru Maakohtu Registriosakond Rakveres registreeris mittetuluühingu EBÜ 22. juulil.
- 8 EBÜ tegevuse korraldamise planeerimine EBÜ juhatuse koosolekul Mäos 27. augustil.
- 9 Soome biokütuste alaste kogemustega tutvumine ALTENER Programmi õppereisil 1.–4. september (vt ET 1998, nr. 3/4, 59, 64).
- 10 Tutvumine Biowatt OY ja Metsind AS tegevusega 23. septembril Tallinnas ja Kehras.
- 11 Metsatööstusliidu, Metsamajanduse ja Ökonoomika Infokeskuse, Kalmar & Pojad AS, Carl Bro & Co, ETSU, ÅF Energikonsult SYD AB ja Regionaalsete Energiakeskuste Eestis ühistöö võimaluste arutelu Sagadis 14. oktoobril.
- 12 Biogaasi kasutamine SNEA kogemuste baasil. Osavõtt rahvusvahelisest konverentsist ja õppekülastustest 9.–10. november (vt ET 1998, nr 3/4, 57, 64, ET 1/2/3, 12).

- 13 Osavõtt Birzais 19.–20. novembril toimunud Rootsi Energiaameti NUTEK projektide raames korraldatud seminarist "Keskonnasõbralikud energiaprojektid Balti riikides.
- 14 Osavõtt Poolas toimunud Poola ja Balti riikide biokütustealase koostöö seminarist 27.–29. novembril.
- 15 Osavõtt tuule- ja hüdroenergeetika seadmete kasutamise alase seminar-nõupidamisest 2. detsembril Tallinnas.
- 16 EBÜ tegevust kokkuvõttev koosolek 15. detsembril Imaveres.
- 17 Koosolek Vilniuses 18. detsembril arutamaks Balti riikide taastuvenergia keskuste moodustamist.

1999

- 18 Kohtumine ÜRO Kliimamuutuste Sekretariaadi esindajatega 4. veebruaril Tallinnas.
- 19 EBÜ laiendatud koosolek Tartus 18. veebruaril biokütuste laialdasemast kasutamisest Eestis.
- 20 Kohtumine majandusminister Jaak Leimanni ja energeetikaosakonna juhataja Ell-Mari Koppeliga 19. veebruaril Eesti seadusandluse ja biokütuste teema arendamise arutamiseks (vt ET 1999, nr 1–3, 47).
- 21 EBÜ aitas korraldada ja osales 21.–23. märtsil Tallinnas ALTENER programmi (AFB-NET IV) raames rahvusvahelist seminari "Kaugküttesoojuse, soojus- ja elektrienergia koostootmine biomassist" õppekülastustega Eesti energiaettevõtetesse (vt ET 1999, nr 4, 14–19, 23–24, 26).
- 22 EBÜ arvati 13. aprillil Brüsselis AEBIOM-i assotsieerunud liikmeks (vt ET 1999, nr 4, 25).
- 23 EBÜ osales 22.–24. aprillil Tartu näitusel EESTI METS '99 ja korraldas seminari biokütustealase teabe levitamiseks (vt ET 1999, nr 4, 26, ET 2000/2001, 16).
- 24 Osavõtt STEM-i korraldatud seminarist 11.–12. mail Lissinos "Loodussõbralikud kohalikud energiasüsteemid". Tutvumine biokütuste kasutamisega Venemaal (vt ET 1999, nr 4, 27–29).
- 25 EBÜ juhatase avatud koosolekul Mäol 14. mail arutati koostööpakkumisi.
- 26 EBÜ tutvustamine 25.–27. mail Hollandi energia- ja keskkonnaagentuuri NOVEM boksis Amsterdams maailma jätkusuutliku energeetika messil.
- 27 Euroopa Roheliste Parteide Esinduste Büroo koosolekul Narva-Jõesuus arutati 29.–30. mail Ida-Virumaa võimalusi kasutada energiasäästlikke ja keskkonnasõbralikke kütuseid.
- 28 Kohtumine Hollandi Suurärimeeste Ühenduse esindajatega Tallinnas 14. juunil.
- 29 Kohtumine Euroopa Komisjoni OPET Network esindaja A. Rialhega 14. juunil Tallinnas.
- 30 EBÜ juhatase koosolekul 1. juulil Paides.
- 31 Osalemine firma BTG Baltic OÜ avamisel Tallinnas 2. juunil.
- 32 Biokütuste-alane näitus ja nõustamine VIII Eesti Talupäevadest osavõtjatele Jänedal 31. juulil – 1. augustil.
- 33 Rakveres arutati C. Epp'uga 17.–18. augustil koostöövõimalusi Euroopa Komisjoni programmiga DG 17.
- 34 EBÜ aruandlus-valimiskoosolek 21. septembril Pärnus.
- 35 Tallinnas arutati 23. septembril EBÜ pöördumiskirja majandusministeeriumile.
- 36 Aidati organiseerida ja tehti ettekandeid 4. novembril Tartus toimunud esimesel konverentsil "Taastuvate energiaallikate uurimine ja kasutamine".
- 37 Kohtuti Tallinnas 24. novembril Isamaaliidu ja Mõõdukate fraktsioonide esindajatega, kellele tutvustati EBÜ seisukohti taastuvkütuste kohta ja EBÜ pöördumiskirja majandusministeeriumile
- 38 EBÜ juhatus arutas 8. detsembril Rakveres ühingu raamatupidamisega seotud küsimusi.

2000

- 39 EBÜ aastakoosolek 18. veebruaril Rakveres, kus arutati näitustest ENEREX 2000, FORESTRY ja Tartu Mets 2000 osavõttu ning EBÜ töökorralduse küsimusi.
- 40 EBÜ esines 11. märtsil Tallinnas FORESTRY 2000 raames toimunud taastuvaid energiaallikaid käsitleval ümarlaual "Metsa- ja saetööstusjäätmete kasutamine energiamajanduses".
- 41 EBÜ võttis 13.–16. aprillil osa Tartus näitusest Mets 2000 biokütustealase stendiga ja korraldas ühepäevase seminari.
- 42 Kohtuti Tallinnas 22. mail Maailmapanga esindusega ja arutati laenusaaamise võimalusi taastuvenergia-alastele projektidele.
- 43 Esineti Tallinna Vanalinna Päevadel 1. – 4. juunil biokütustealase näitusega ja korraldati infotunde.
- 44 Võeti 14.–15. juunil osa Luua Kõrgema Metsakooli ja Jyväskylä Kõrgkooli esindajate ühisseminarist Luual teemal "Metsa- ja saetööstusjäätmete kasutamine energiamajanduses". Samas esineti 3. oktoobril metsajäätmete kasutamisele pühendatud ühisseminaril.
- 45 EBÜ üldkoosolek oli 18. juunil Letipeal, kus juhatus kinnitas ühingu aastaaruande ja koostas tööplani.
- 46 Kohtumine Taani saatkonnas 9. augustil Tallinnas Taani firmade esindajatega teemal "Koostöö investimisprojektide tegemiseks Taani-poolsete partneritega biokütuste osas".
- 47 Osaleti majandusministeeriumis toimunud Taastuvenergeetika nõukogu asutamiskoosolekul 15. augustil ja samas 22. novembril Taastuvenergeetika programmi tööülesande püstitamise arutelul.

- 48 Osaleti majandusministeeriumis toimunud ENEREX '01 korralduskomitee koosolekul 28. septembril, 25. oktoobril ja 29. novembril arutamaks näituse ja konkursside korraldamise küsimusi.
- 49 Osaleti mittetulundusühingutele korraldatud Kodanikualgatuse Arengu kontseptsiooni arendamise seminaril 6.–7. oktoobril Rakveres “Agenda 21 ja Eesti 21 liikumistest lähtuvalt mittetulundusühingute tegevuse aktiveerimise võimalustest” ja samateemalisel seminaril Tartus 23. oktoobril.
- 50 Aidati organiseerida 1. novembril Tartus teist konverentsi “Taastuvate energiaallikate uurimine ja kasutamine” ja osaleti sellel suuliste ja stendiettekannetega.
- 51 Rootsis Põhjamaade Ministrite Nõukogu töökomisjonis arutati 7.–8. detsembril Altener II programmi arendamist taastuvenergeetika teema edendamiseks.

2001

- 52 Osaleti majandusministeeriumis 3. jaanuaril toimunud Taastuvenergeetika nõukogu järjekordsel töökoosolekul.
- 53 Osaleti 10. jaanuaril majandusministeeriumis toimunud ENEREX '01 korralduskomitee istungil, kus arutati EBÜ korraldatava biokütustealase konkursi ja ümarlaua korraldamise küsimusi.
- 54 EBÜ aruandlus-valimiskoosolek Tartus 19. jaanuaril, kus võeti vastu 2001. aasta eelarve ja tegevuskava ning kinnitati pöördumine Taastuvenergia Nõukogule.
- 55 Osaleti 28. jaanuar – 3. märts Tallinnas näitusel ENEREX '01, korraldati konkurs biokütuste alal ja ümarlaud, millele osaleti ettekannetega.
- 56 Koos Rootsi Energia Agentuuri ja AF-Esteam OÜ-ga korraldati 3.–5. aprillil Narva-Jõesuus biokütustealane täiendkoolitus Venemaalt pärit katlamajade töötajatele.
- 57 Osaleti 19.–21. aprillil Tartus näitusel Mets'01, kus korraldati biokütuseid käsitlev seminar.
- 58 EBÜ oli esindatud Budapestis Euroopa Liidu kandidaatriikidele toimunud keskkonnaseminaril 4.–8. mail.
- 59 Üldkoosolekul Paides 9. juunil võeti vastu 2000. aasta majandusaruanne, arutati TEUK III korraldamist, EBÜ Interneti-lehekülje ülesseadmist ja EBÜ infomaterjalide avaldamist.
- 60 Koos Rootsi Energia Agentuuri, Majandusministeeriumi, AF-Esteam OÜ, SA Archimedese ja SA Regionaalsed Energiakeskused korraldati biokütustealane täiendkoolitus vene keelt kõnelevatele katlamajade töötajatele Essus 19.–21. septembril.
- 61 Ühing oli esindatud Prahlas 25.–26. septembril toimunud Euroopa Liidu kandidaatriikidele korraldatud PREWIN töökoosolekul, kus arutati prügi kasutamise probleeme energeetikas.
- 62 Osaleti 18.–19. oktoobril I.N.E.-projekti üritusel Dresdenis ja selle lähikonna biokütuseid tootvates ettevõtetes.
- 63 EBÜ oli üks kolmanda taastuvenergiaalase konverentsi organiseerijatest ja osavõtjatest 1. novembril Tartus. Sellest võtsid osa ka esindajad Soomest ja Saksamaalt.
- 64 EBÜ oli üks Soome-Eesti ühisseminari korraldajatest 2.–3. novembril. Teisel tööpäeval külastati katlamaju ettevõtetes Tiksoja Puidugrupp AS, RPM AS, Otepää Vesi AS ja VAX OÜ.
- 65 Osaleti AEBIOM-i kontrollkomitee koosolekul ja FINBIO 10. aastapäeva üritustel 11.–12. novembril Helsingis.
- 66 Osaleti 14.–16. novembril Venemaal Lisino-Korpuses Lisino Metsatehnikumis rootslaste korraldatud biokütuste seminaril.
- 67 EBÜ juhatuse koosolek toimus 14. detsembril Mäo ristil.

2002

- 68 Riikliku energeetika arengukava arendamise koosolek 25. jaanuaril Tallinnas majandusministeeriumis.
- 69 EBÜ üldkoosolek 1. veebruaril Tallinnas
- 70 ENEREX 2002 osalemine 28. veebruar – 2. märts ning sellel konkursi ja bioõlidealase ümarlaua korraldamine, ümarlual osalemine.
- 71 Osavõtt SYNERGY programmi raames toimunud BASREC-i töökoosolekust “Bioenergia tulevik Balti mere regioonis” Soomes Jyväskylä 6.–7. märtsil.
- 72 EBÜ erakorraline koosolek: ettepanekute koostamine riikliku arengukava arendamiseks Tallinnas 23. märtsil.
- 73 Näitusel Tartu Mets 2002 osalemine 18.–21. aprillil ja samas seminari korraldamine.

Varem nimetatud koostöös rootslastega on viinud EBÜ kaasamiseni ühisprojektidesse. Näiteks on STEM-i poolt koostatud inglisis-venekeelne biokütuste käsiraamat, mille põhjal 2001. aastal (p 60) EBÜ eestvedamisel korraldati seminare. Neist ühe läbi viimist toetas majandusministeerium.

Ühingu liikmed on aktiivselt osalenud Luua Metsakooli ja Jyväskylä teadurite korraldatud metsandusalastel seminaridel, tuues arutluse alla ka energiamajanduse küsimused (44). EBÜ peab väga oluliseks võimalust osaleda TEUK-konverentside korraldamisel, mis on loonud head võimalused teabe vahetamiseks ja sidemete loomiseks. 2001. a konverentsile lisas tähtsust ka sellele järgnenud taastuveneergetikaalne ühisseminar soomlastega ja tutvustusreis Lõuna-Eesti välismaaga koostöös rajatud hästi toimivatesse energeetikaettevõtetesse.

AEBIOM-i kaudu on EBÜ kursis kõigi tähtsamate ettevõtmistega taastuveneeria varude kasutamisel Euroopa Liidus. Näitena võib nimetada oktoobrikuus 2001 Euroopa Komisjoni poolt vastu võetud direktiivi DC 2001/77/EC, mis käsitleb elektrienergia eelistootmist taastuveneeriaallikaid kasutades. Eestile annab see tõuke soojus- ja elektrienergia koostootmisjaamade rajamiseks. Direktiiv vajaks tõlkimist eesti keelde ja levitamist.

EBÜ liikmed on saanud just viimastel aastatel teavet bioõlide ja -gaasi tootmise kohta peamiselt Saksamaalt, Austriast ja Šveitsist. Saksa-Austria-Šveitsi ühisprogrammis I.N.E. osalejad tegid ettekande ka käesoleval konverentsil. Väärrib märkimist, et nad sõitsid siia bioõli mootorikütteks kasutava väikeautoga. Võrreldes Eestiga arendatakse Euroopas bioõlide teemat tunduvalt suuremas mahus, selleks et vähendada keskkonna saastamist. Biokütusetanklad on muutunud seal päris igapäevaseks nähtuseks. Tihedamad kontaktid bioõlitootjatega sai sõlmitud Dresdenis oktoobrikuus 2001 korraldatud kolmepäevasel bioõlide konverentsil (62). I.N.E. projektis osalejad olid huvitatud metsajäätmete kasutamisest Eestis. Nende soovil toimub arvatavasti aastal 2002 sel teemal ühisseminar, millest soovib osa võtta umbes 50 välisspetsialisti.

Novembrikuus 2001 toimus Helsingis AEBIOM-i kontrollkomitee koosolek (65). Samas toimus naaberriigi biokütuste ühingu FINBIO 10-aastase tegevuse tähistamiseks korraldatud näitus, konverents ja seminarid. Üheks kesksmaks ürituseks saab aastal 2002 BIOMASSI-nädal, mis peaks leidma vastukaja ka Eestis. Austria on taolise ürituse eduka korraldamise kogemused ning on seepärast ka projektijuhiks planeeritaval üritusel.

Enamus Eesti taastuvkütuste projekte on olnud energiaturul konkurentsivõimelised ilma riigipoolse toetuseta. Samas on aga välisabi nende rajamisel olnud olulise tähtsusega. Küttepuidu- ja -turbaturul on olukord viimasel ajal pingestunud ja muutunud energeetika kahjuks. Aeg on juba ammu küps, et riik tegutseks majandusmehhanismide loomisel läbimõeldult, et tegelikult tagada *kütuse- ja energiamajanduse pikaajalises riiklikus arengukavas* ettenähtud taastuveneeriaallikate 2/3 suurune kasv aastaks 2010 võrreldes aastaga 1996. Vaja on luua kindlustunnet suurte ja pikaajaliste taastuveneergetika valdkonda investeeringute tegijatele.

EBÜ suunab oma taastuvkütustealase tegevuse tulevikku. Samas loodetakse ennekõike riigiasutustelt tõhusat toetust, et tulevik ei jääks "kumama" käega mittekatsutavasse kaugusesse.

Kolmanda, avaliku ja erasektori koostöö peaks reastama Eesti tähtsamad prioriteedid energeetika valdkonnas, mis on seotud säästva arengu, energiamajanduse hajutamise, kohaliku ja riikliku energiavarustuskindluse suurendamise ning tööhõive parandamisega ääremaades. EBÜ otsib jätkuvalt koostööd energeetika valdkonnas, kutsudes kõiki huvitatuid sellega liituma. Meie deviis on: "Hoidkem kokku!"

ESTONIAN BIOFUELS ASSOCIATION'S ACTIVITIES

Meeli Hiius¹ and Rein Veski²

¹AF-ESTEAM OÜ e-mail: meelih@estpak.ee

²Peat Info Ltd. e-mail: rein.veski@mail.ee

The Estonian Biomass Association (EBA) is a non-profit association, which was founded by 21 dedicated companies and individuals in May 8, 1998 in Tallinn. Today the number has reached to 42 members with different backgrounds: energy consultants, scientists, fuel suppliers, DH-companies, technology suppliers, energy service companies, scientists etc. Since September 1999 the EBA is a member of the European Biomass Association (AEBIOM).

The main fields of activity of the EBA are:

- Promotion of R & D on biomass applications;
- Promotion of environmentally friendly technologies and energy conservation;
- Promotion of co-operation with other interested partners at home and abroad;
- Information dissemination on biomass via local/regional/international seminars and information days and as a various publications, preparation of relevant training material;
- Elaboration of suggestions from grass-root to national level for revision and improvement of energy related legislation in Estonia.

The EBA has participated and contributed directly to the project: ALTENER-District Heating and Combined Power Production from Biomass (1998). Since 2001 EBA is involved in a project on timber based technologies by I.N.E. in Germany.

We are represented with three members in the Council of Renewable Energy founded on August 2000 by the Estonian Ministry of Economics Affairs. The EBA is the initiator of the roundtables on renewable energy using in Estonia. Among other initiatives originating from EBA, one should mention annual stand in the international forestry exhibitions in Tartu on renewable energy, including fuels and technologies, also annual stand, roundtable debates and competition for the best user and best producer of bio fuels during the international energy fair ENEREX held in Tallinn, annual promotions of renewable resources using in Estonia during the Old Tallinn Days, annual conference on investigation and usage of renewable energy sources held in Tartu, promotion of production and use of biofuels and -energy during the annual farmers' Agricultural days held in Jämeda.

The EBA has evaluated biomass resources in Estonia. A database on biomass producers and users is under compilation. For better success of our activities we have developed good co-operation relations with such national key institutions as the Ministry of Economics Affairs, Estonian Energy Research Institute, Estonian Agricultural University, OPET Estonia, SEI-Tallinn etc. Our closest foreign partners are STEM, SWEBIO, FINBIO and DANBIO if to mention some of them.



Maanteeameti ilmajaam Padaorus.

Foto: Teolan Tomson

Taastuenergia kasutamine ei ole kaugeltki ainult majanduslik probleem, vaid sellel on ka väga tugev sotsiaalne aspekt, mis ulatub üksikisiku vajadustest tsivilisatsiooni püsimiseni.

Avo Rosenvald

Et inimene mõõdab tarbimist, tootmist ja keskkonnasõbralikkust enda heaolu järgi, siis aja mõõduks saab olla inim põlvkonna eluiga. See tähendab, et ressurs peab täielikult taastuma vähemalt 20–40 aasta jooksul. Siit tuleneb, et kõige ökonoomsemaks ja paremini kontrollitavaks taastuvaks ressursiks on põllumajandustooted.

Mihkel Koel

Säästva arengu prioriteetsus on sätestatud EL õigusaktides ja selle põhimõtete arvestamine ja rakendamine on kohustuslik nii EL liikmetele kui ka tulevikus liituvatele riikidele.

Anton Laur, Sulev Soosaar, Koidu Tenno