

**KÜMME AASTAT
EESTI SOOJUSTEHNİKAINSENERIDE
SELTSI
2000 – 2010**



Tallinn 2010

Koostaja	Rein Kriis
Toimetajad	Uudo-Rein Lehtse, Arvo Ots
Keeleline toimetaja	Arvo Kull
Teksti ja fotode arvutitöötlus	Arvi Prikk
Kaane kujundus	Ülo Emmus

ISBN 978-9949-18-098-1

Copyright: Eesti Soojustehnikainseneride Selts

TRÜKITUD TALLINNA RAAMATUTRÜKIKOJAS

SISUKORD

EESSÕNA		5
ESTISe TEGEVUSEST		
EESTI SOOJUSTEHNİKAINSENERIDE SELTS	REIN KRIIS	7
EESTI SOOJUSTEHNİKAINSENERIDE SELTS JA EESTI INSENERIDE LIIT	ARVI HAMBURG	13
EESTI SOOJUSTEHNİKAINSENERIDE SELTS 10 AASTANE	UUDO-REIN LEHTSE	16
TTÜ SOOJUSTEHNİKA INSTITUUT ESTISe HÄLLI JUURES	ARVO KULL	20
ESTISe LIIKMED TEADLASTENA		
PÕLEVKIVIGA KAASNEVA PÆKIVI MÕJUST PROTSSESIDELE KATLAS	ARVO OTS	23
BIOKÜTUSTE ALASTEST UURINGUTEST TTÜ STIS	AADU PAIST, ÜLO KASK	30
KESKKONNAHEITMETE ALASED UURINGUD TTÜ STIS	JÜRI LOOSAAR	34
KASVUHOONEGAASIDE EMISSIOON ENERGEETIKA SEKTORIST	INGE ROOS	37
ENERGIAMAJANDUSE ARENGUST EESTIS	SULEV SOOSAAR	42
TUULEENERGEETIKA	INDREK PERTMANN, VELLO SELG	49
SOOJUS- JA MASSILEVI ALASED UURINGUD TTÜ STIS	ARVI POOBUS	54
MINA – ESTISe LIIGE		
10 AASTAT: SOOJUSTEHNİKUST AMETNIKU LUGU	EINARI KISEL	58
ENERGIA JA ENERGIAJUHID	HEINAR NURSTE	61
MINA KUI SOOJUSENERGEETIK	JAAN SAAR	64
MINA SOOJUSENERGEETIK	JAKO REINASTE	66
SOOJUSENERGEETIKUD SWECOS PROJEKTIS	TIIT TAIMISTU	68
MIKS OLEN ESTISe LIIGE	KAURI KOSTER	70
MINU KOGEMUS ESTISe LIIKMENA	LEO RUMMEL	72
ESTISe KOOLITUSREISID	EIMAR JÕGISU	75

ESTISE LIIKMESKOND		
ESTISE LIIKMED SEISUGA 1.04.2010		83
KUIDAS SAADA SOOJUSTEHNKAINE SENERI KUTSE?	UUDO-REIN LEHTSE	87
FOTOVALIK		88
MEIE HULGAST ON LAHKUNUD		106

EESSÕNA

ESTISE kümnendal aastapäeval on kohane meenutada mõningaid tehnikaajaloo-
ga seotud üritusi ja daatumeid Eestis.

Tänavu möödub viiskümmend aastat soojustehnikute esimesest kokkutulekust.
Need, traditsiooniliselt iga viie aasta tagant toimuvad kokkutulekud, on muutunud
soojustehnika eriala spetsialistide koolituse üheks tähtsaks osaks.

Kahtlemata tuleb meenutada ka seda, et tänavu möödub 130 aastat süstemaatili-
se soojustehnikaalase õpetamise algusest Eestis – 15. (27) jaanuaril 1880 toimus
Tallinna Raudtee Tehnikakooli pidulik avaaktus. Kooli asutamise vajalikkuse tingi-
sid nii raudteel kasutusele võetud auruvedurid kui ka tööstuses tehnikaarengut
tagavate aurujõuseadmete kasutuselevõtt.

ESTISE moodustamise idee pärineb Eesti energeetika ja eriti soojustehnika aren-
damise suurkujult Ilmar Öpikult. Ta oli häiritud insenerikutsete andmise lõpetami-
sest Tallinna Tehnikaülikooli lõpetanutele, ise olles suur insenerihariduse pool-
daja ja koolitaja. Ta pidas küsimuse lahendamiseks vajalikuks soojustehnikainse-
neride seltsi moodustamist, et selle kaudu jätkata akadeemiliste haridusastmete,
bakalaureuse ja magistriõpe lõpetanutele insenerikoolitust ja vastava kutse omis-
tamist.

Soojustehnikainsenerid on kõrgharidusega spetsialistid, kes tegelevad erinevates
inseneritegevuse valdkondades, mis on seotud soojuse ja elektrienergia tootmi-
sega.

Allakirjutanu on tänulik kõigile seltsi liikmetele, kes oma osalemisega on ühel või
teisel moel kaasa aidanud seltsi tegevusele, eriline tänu kuulub seltsi esimesele
esimehele Uudo-Rein Lehtsele ja tema juhitud juhatusele.

Eriline tänu kuulub aastatel 2007-2010 seltsi toetanud ettevõtetele ja isikutele

Eesti Energia AS	Raine Pajo
Narva Elektriijaamad AS	Mati Uus
Tallinna Küte AS	Jaak Ziugov ja Kristjan Rahu
Fortum Termest AS	Mati Tatar
Kuus Kuud OÜ	Enn Rooneem

Tänan Arvo Otsa ja Uudo-Rein Lehtset raamatu eduka toimetamise, Arvo Kulli erinevate artiklite stiili ühtlustamise ja Arvi Prikki kogunenud materjali raamatuks kohendamise ja trükivalmis seadmise ning Arvi Poobust ajaloolise mälu värskendamise eest.

Rein Kriis, juhatuse esimees

EESTI SOOJUSTEHNİKAINSENERIDE SELTS

REIN KRIIS

Juhatuse esimees aastast 2007



See oli vist aastakümneid tagasi kui rühmakaaslastega sai räägitud, et võiks olla soojustehnikainseneride selts või mingi sarnane organisatsioon ühendamaks soojustehnika insenere, üliõpilasi ja muid tegusaid asjahuvilisi. Sinna see jutt jäi. Ei leidunud julget, kes oleks otse välja öelnud: teeme ära! Aeg läks ja ajaga koos tekkisid muudatused mõtetes ning seltsi tegemise võimalustes. Saatuse tahtel jäi rühmakaaslasel Uudo-Rein Lehtsel palju vaba aega. Tänu tema ja TTÜ Soojustehnika Instituudi aktiivsele toele asutati 2000. aastal Eesti Soojustehnikainseneride Selts (ESTIS). Seltsi asutajaliikmeteks olid Eimar Jõgisu, Einari Kisel, Uudo-Rein Lehtse, Aadu Paist, Arvi Poobus ja Mati Tatar. Suur tänu neile!

Seltsi liikmete nimekiri seisuga 1.04.2010 on esitatud raamatu lõpus. Täpsem ülevaade ESTISe tegevusest on kättesaadav seltsi kodulehel www.estis.ee.

Asutajaliikmed koostasid põhikirja, mis kehtis kuni 24. jaanuarini 2008, millal põhikirja ajakohastati. Olgu siin veelkord ära toodud seltsi eesmärgid:

1. kaasa aitamine soojustehnikainseneride erialateadmiste täiendamisele, korraldades erialaseid seminare ja koolitusi,
2. soojustehnikainseneri, diplomeeritud soojustehnikainseneri ja volitatud soojustehnikainseneri kutsekvalifikatsiooni omistamine,
3. soojustehnikaalaste normdokumentide väljatöötamises osalemine,
4. Eesti energiapoliitikat kujundavate ja eriala teadus-tehnikaalast tegevust edendavate organite töös osalemine, vajadusel delegeerides nendesse oma esindajad,
5. soojustehnikaalase hariduse tõhustamisele kaasa aitamine Eestis kõigil tasanditel,

6. tutvustada ja propageerida soojustehnika valdkonna nüüdisaegseid saavutusi ning osaleda nende evitamisel vabariigi majanduses,
7. keskkonnahoidliku soojustehnika arengu soosimine Eestis,
8. koostöö süvendamine samasuguste seltsidega kodu- ja välismaal,
9. teenekate soojustehnikute mälestuse tähistamine ja jäädvustamine,

Neid tegevuse eesmärke selts oma tegevuses pidevalt ka jälgib ja täidab.

Minu tegevus seltsi liikmena algas aastal 2002. Sellest ajast kõige eredamalt on mees koolitusreis Skandinaavia maadesse – Norra, Rootsi ja Soome. Reis toimus bussiga mis andis suurepärase võimaluse näha Skandinaavia maade looduse ilu ja linnu. Reisi üheks kandvaks jõuks oli kadunud Mati Kaare, asendamatu reisijuht. Kuna tema oli kontserni Forster Wheeler esindaja Narva EJ energiaplokkide ehitamisel, siis oli tagatud sissepääs kontserni elektrijaamadesse ja katselaboratooriumidesse. Iga reisist osavõtja nägi asju oma silmadega ja oma huvist lähtudes.

Mina nägin esimest korda ehitusjääkide ja turba põletamist energeetilises katlas (Norra). Üllatas mind see, et selline energeetiline objekt oli munitsipaalomand.

Üles leida Oslos mainitud katlamaja näis olevat esialgu nagu lihtne – võta orientiiriks kõrge korsten vastavas linnaosas ja sõida. Tutkit! Oslosse on sissesõit tasuta. Meie esimene sissesõit viis tupikusse ja tuli väljuda linna piiridest. Teine katse – jälle tupik. Kolmandal korral politsei oli vastutulelik ja rohkem sissesõidu tasu ei võtnud.

Soomes katelseadmete katselaboratooriumis oli meile kõik avatud vaatamiseks ja katsumiseks ainult ärge tehke pilti.

Lähen nüüd seltsi tegevuse juurde üldisemalt.

Seltsi kõrgeim organ on üldkoosolek, kes valib volikogu (praegu 24 liiget). Volikogu valib juhatuse kes omakorda valib endi seast juhatuse esimehe ja aseesimehe. Seisuga 1.04.2010 on seltsis 181 liiget. Nendest soojustehnikainsenere IV – 2, diplomeeritud soojustehnikainsenere V – 14 ja volitatud soojustehnikainsenere V – 40 inimest.

Mind valiti seltsi juhatuse esimeheks suvel 2007. Praeguses juhatuses on peale minu Leida Uibo, Arvi Poobus, Vladimir Petuhhov ja Rein Ungert. Juhatus organiseerib loenguid ja ekskursioone, aitab kaasa soojustehniku kutsenõukogu tööle.

Meie au ja uhkus on kümne tegutsemise aasta jooksul **Aasta Insener**, mille omistab *Eesti Inseneride Liit*.

2003 – Mati Uus	Narva EJ tsirkuleeriva keevkihiga põlevkivi katelde juurutamine
2005 – Arvo Ots	monograafia <i>Põlevkivi põletustehnika</i> koostamine
2008 – Harri Tallermo	Eesti Energia energeetiliste seadmete metalli kontrolli meetodika väljatöötamine
2009 – Uudo-Rein Lehtse	kauaaegne ja tulemusrikas töö Eesti energeetikas

Käesoleva aasta tähtsündmuseks on Eesti Vabariigi teaduspreemia määramine akadeemik **Arvo Otsale** pikaajalise tulemusliku teadus- ja arendustöö eest soojusenergeetika alal.

Mida annab osalemine seltsi tegevuses:

- suhtlemine oma eriala inimestega,
- uue ja täiendava info saamine loengutel,
- koolitusreisidel osalemisega näha ja kuulda, mis toimub vabariigi ja välismaa energeetika objektidel,
- omandada soojustehnikainseneri kutse (soojustehnika-, diplomeeritud soojustehnika- ja volitatud soojustehnikainsener),
- kontaktide loomine teiste soojustehnika alaste organisatsioonide ja nende töötajatega.

Kõige järjepidevam on olnud loengute läbiviimine, neid on olnud aasta jooksul üheksa. Loenguteemad hõlmavad praktiliselt kõiki soojusenergeetikaga kokku puutuvaid valdkondi – põlevkivi põletustehnika, põlevkiviõli tootmine, tuuleenergeetika, aatomienergeetika, insenerikoolitus jne.

Loengute külastatavus on olnud elav, isegi hea, kui selleks lugeda 25-50 loengukuulajat, olenevalt teema päevakohasusest. Kokku loengutel on aastatel 2000-2010 osalenud 1210 liiget ehk keskmiselt 32 liiget igal loengul.

2002 pidasid loenguid Energiaturuinspektsiooni peadirektor **Märt Ots** – *Miks kooskõlastati järsk elektrihinna tõus ja milleks võib kujuneda elektrienergia hind tulevikus*, EE nõukogu liige **Heido Vitsur** – *Eesti majanduse ja energeetika hetkeseis*, MKM energeetikaosakonna juhataja **Einari Kisel** – *Uued energeetika-alased seadused*.

2003 pidasid loenguid MKM energeetikaosakonna juhataja **Einari Kisel** – *Uus Eesti energeetikaalane seadusandlus Euroopa Liidu kontekstis*, Keemilise ja Bioloogilise Füüsika instituudi vanemteadur **Juhan Subbi** – *Kütuseelemendid – energeetika tulevik*, Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia instituudi peadirektor **Jaan Saar** – *Keskfond ja kliima*, Riigikogu liige **Ants Pauls** – *Põlevkivienergeetika tulevik Eestis poliitiku ja energeetiku seisukohalt*.

2004 pidasid loenguid AS Eesti Gaas juhatuse esimees **Aare Saar** – *Maagaast kasutamisest Eestis – olukord ja perspektiivid*, keskkonnaministeeriumi asekanstler **Alan Gromov** – *Mis ootab Eesti inseneri ees Euroopa Liidus*, Dalkia müügijuht **Indrek Tiidemann** – *Alternatiivenergeetika ja biokütuste kasutamine*, TÜ Geograafia Instituudi vanemteadur **Ain Kull** – *Eesti tuuleressurss ja selle kasutamise võimalused*.

2005 pidas loengu akadeemik **Arvo Ots** – *Tahkekütuste põletustehnika areng*.

2006 aastal pidasid loenguid akadeemik **Arvo Ots** – *Keevkiht tehnoloogia*, professor **Aadu Paist** – *Jäätmekütus*, Keskkonnaministeeriumi osakonna juhataja **Peeter Eek** – *Jäätmemajandus ja selle arengu suunad sh ka põletus*, TTÜ emeritprofessor **Leevi Mölder** – *Biodiiselkütus ja biokütteõli*.

2007 aastal pidasid loenguid TTÜ Mitmefaasiliste Keskcondade Füüsika teaduslabori juhataja **Ülo Rudi** – *Ülevaade maailma energeetika foorumist*, Seltsi liige ESTIVO töötaja **Ülo Mets** – *Kaukaasia vabariikide energiavarustusest*, seltsi liige **Vello Selg** – *Miks minust sai insener-energeetik*, professor **Andres Siirde** – *Euroopa põlevkivitööstus Eesti kogemuse valguses*, Energiaturuinspeksiooni peadirektor **Märt Ots** – *Energeetika päevaprobleemid*, EE juhatuse liikme **Raine Pajo** – *Eesti Energia olevik ja tulevik*, Riigikogu liige **Marek Strandberg** – *Energiamajanduse küsimusi*.

2008 aastal pidasid loenguid akadeemik **Anto Raukas** – *Kas taastuvenergeetika on väljapääs*, TÜ Keemia Instituudi professor **Enn Lust** – *Efektiivsed meetodid energia muutmisel*, Euroopa Parlamendi liige **Andres Tarand** – *Euroopa energiapoliitika*, Säästva Eesti Instituudi programmijuht **Harri Moora** – *Olmejäätmete käitlusalternatiivide olulusringipõhiste keskkonnamõjude hindamine*, Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi energeetika asekanstler **Einari Kisel** – *Elektrimajanduse arengukava eelnõust*, TTÜ Soojustehnika Instituudi teadur **Ülo Kask** – *Bioenergeetika suunad*, professor **Aadu Paist** – *Tuumaenergeetika*, professor **Olev Träss** – *Inseneriharidus Kanadas*, MKM energeetika asekanstler **Einari Kisel** – *Eesti energiamajanduse riiklik arengukava aastani 2020*.

2009 aastal pidasid loenguid EE arendusprojektide juht **Priit Ploompuu** – *Eesti Energia tulevikuplaanid kodumaiste vedelkütuste tootmise vallas*, Konkurentsiameti peadirektor **Märt Ots** – *Konkurentsi alane turu järelevalve*, akadeemik **Arvo Ots** – *Põlevkivi põletustehnikate võrdlus ja vaade tulevikku*, TTÜ STI Tööstusliku soojustehnika õppetooli juhataja professor **Ivan Klevtsov** – *Metalli kontrolli meetodid ja AS Narva Elektri jaamad surve-seadmete metalli seisundi hinnang*, TÜ FI Tahkefüüsi-

ka ja ionkristallide füüsika labori juhataja professor **Aleksander Luštšik** – *Juhtiv termotuumasüntees ja energeetika*, TTÜ STI Soojusjõuseadmete õppetooli juhataja professor **Andres Siirde** – *Tõhus koostootmine, kellel on õigus taotleda toetust või ostukohustust, arvutusmeetodika toetuse ja ostukohustuse rahastamise saamiseks*, EE Keskkonnakaitse osakonna juhataja **Tõnis Meriste** – *Keskkonnakaitse ja energeetika*, EE juhatuse liige **Raine Pajo** – *Elektritootmise investeeringute väärtuse hindamisest*, EE Teadus ja arendustegevusosakonna juhataja **Indrek Aarna** – *Põlevkiviõli ja tänapäev*.

2010 aasta esimesel poolel pidasid/peavad loenguid leidur **Neeme Vaino** – *Aerogeel kui innovatiivne isolatsioonimaterjal*, TTÜ Pooljuhtmaterjalide tehnoloogia õppetooli juhataja professor **Enn Mellikov** – *Päikese paneelid*, EE Jaotusvõrgu juhataja **Tarmo Meri** – *Jaotusvõrgu arengutest*, AS ALSTOM projektijuht **Lars-Erik Johansson** või regiooni müügidirektor **Göran Wikström** – *Suitsugaaside väävlifiltrid Eesti EJ*, EMÜ Tehnikainstituudi dotsent **Viljo Viljasoo** – *Alternatiivsete soojusseadmete kasutamine sisekliima tagamiseks*.

Kõige aktiivsemad loengutel osalejad on olnud Eimar Jõgisu, Toomas Lausmaa, Tiit Umberg, Kalev Põldsepp ja Tiit Tartlan.

Meil on koostöö *Eesti Elektroenergeetika Seltsiga* (juhatuse esimees Ants Morel), kelle liikmed külastavad meie loenguid ja meie omad võimalusel nende üritusi.

Püüdsime luua kontakti Soome energeetikute seltsiga. Kohtumine toimus novembris 2008. Kuigi otsese koostööni asi ei läinud olgu siiski siinkohal teavet soomlaste tegevusest ja seltsi ülesehitusest.

Soome Soojustehnika Inseneride klubi, kohtumine *Junior Kerho* esindaja Mikko Saastamoineniga. *Soome Soojustehnika Inseneride Klubi* tegutseb 1960. aastast, sh puhtalt ühiskondlikel alustel, ilma tasuliste töökohtadeta.

Klubi jaguneb kaheks:

1. *Junior Kerho*, ca 100 liiget, ühendab põhiliselt tudengeid, eesmärgiga kontaktide ja võimalike tööpaikade otsimine, sponsorite otsimine, nendega tutvumine, samuti iga-aastased üks kuni kaks nädalat kestvad puhkuse- ja tutvumisreisid teiste riikide energeetikakeskustesse (eelmine reis oli Hiinasse, viimane reis USA Energy Department ja firmad nagu Exxon, Mobile Oil ja jõujaamad; järgmine reis Araabia õliväljadele). Kord aastas, kevadeti on ühepäevased seminarid, kuhu kutsutakse umbes viie juhtiva Soome firma esindajat rääkima oma firmast, selle arengust, võimalikest töökohtadest, töötingimustest ja karjäärivõimalustest.
2. *Senior Kerho*, ca 300 liiget, neist aktiivseid u 30, suurimal üritusel – aasta pidulikul kokkutulekul igal kevadel siiski osaleb kuni 90 inimest.

Seeniorid on tavaliselt põhitööga väga hõivatud, nende klubiline aktiivsus on märksa väiksem, peale osavõtu aastakoosolekuist on veel üks kogunemine aastas. Neil on omad matkad (omal kulul või tööandja kulul); need on lühikesed, 1-2 päevased tutvumisreisid energia tootmiskeskustesse Soomes või lähiriikides. Samuti on seeniorid võimaluse korral sponsoreiks juunioridele, ise seeniorid toetust ei vaja.

Liikmemaks on mõlemal klubil pigem sümboolne – 5 Eurot (u 78 EEK) aastas. Kuid on ka nn nimeline maks või sponsoortoetus, kui liikmeks on jõukas firma või seeniorliige. Juuniorid saavad veel toetust üliõpilaskonnalt ja teistelt firmadelt.

Tehniline kõrgharidus. Tehnilised kõrgkoolid on mitmes linnas, peale Helsingi veel Tampere, Oulus, Rovaniemis ja mujal. Tuntuim on siiski Helsingi Tehnikaülikool Otaniemis. Inseneriamet on kõrgelt hinnatud, tuntud on väide, et haigepõetajad (õed) ja insenerid on ühiskonna tugitalad. (*Ühed hooldavad inimesi ja teised masinaid ja seadmeid*). Magistriõpe on 3+2 aastat, ning tulemuseks diplomiinsener. Edasi on kandidaadid – bakalaureused (so insener) ning litsentsiaadid ja doktorid.

Palgatase. Keskmise palgatase noorele insenerile on reguleeritud TEK (inseneride kutseameti ühing, kui ollakse liikmed) poolt ja nende kaudu. Nende soovitusel noor diplomiinsener saab 3200 Eur/kuus (= ca 50 000 EEK).

Koostöö ESTISega. Koostöö väljavaated on minimaalsed liialt erinevate tegevussuundade tõttu. Kuid kontaktid on kasulikud ja vajalikud, kasvõi võimalike elektri- jaamade külastamiseks Soomes. Otsustati, et kumbki osapool nimetab ühe oma esindaja kontaktisikuks, kes vajadusel vahetab informatsiooni.

Kõigi meie tegevuste mahukam osa on loengud ja koolitusreisid kodumaa ning välismaa energeetikaobjektidele. Kodumaised huviobjektid on olnud Narvas, Sililamäel, Tartus ja Tallinnas. Olgu siinkohal mainitud vaid välismaad, mille energeetikarajatisi me oleme oma tegevusaastate jooksul külastanud: Soome (3x), Rootsi, Norra, Läti (2x), Iirimaa, Prantsusmaa, Island, Itaalia (Sitsiilia) ja Hispaania.

Kokkuvõtte eelpool mainitud koolitusreisidest Euroopa energeetikaobjektidele leiab seltsi liikme Eimar Jõgisu muljetest ja meenutustest raamatu lõpuosas.

ESTIS on olnud aktiivselt tegutsev organisatsioon andmaks soojusenergeetika alaseid teadmisi, kogemusi oma liikmetele ja omistanud soojustehnikainseneri kutset ning leidmaks uusi tuttavaid ja sõpru.

Soovin ESTISele edaspidiseks tegutsemisjulgust ja tahet ning uusi arendusi soojustehnika vallas.

EESTI SOOJUSTEHNIAKAINSENERIDE SELTS JA EESTI INSENERIDE LIIT

ARVI HAMBURG

Eesti Inseneride Liidu president



Meie ühine missioon – Eesti tehnikateaduste ja arendustegevuse, innovatsiooni ja sellekohase hariduspoliitika edendamine.

Ühine eesmärk, visioon – teadmiste- ja innovatsioonipõhine ühiskond, kus teadmised on väärtus.

Eesmärgile jõudmine eeldab ühiskonnakorraldust, kus omandipõhisus muutub teadmispõhiseks. Tänapäev arusaam, et kellel on, see otsustab peab muutuma – otsustab see, kes teab.

Mõtelda on mõnus, unistada tore, aga kuidas eesmärke ellu viia, mida mina, insener, saan ära teha ja mida teen täna meie visiooni täitmiseks! Kas olen ühiskonnas nähtav, olen loov?

Mõtiskleme, nagu juubelite puhul tavaks, üheskoos keskkonnast, kus toimetame ja meie panusest, rollist mida tahame või peame täitma.

- Ühiskond on kauakestev ja stabiilne inimeste ja neile kuuluvate asjade dunaamiline kogum.
- Ühiskond ehitab oma huvide kaitseks riigi, kuigi riik ei pruugi kogu ühiskonna huvisid kaitsta.
- Riigi ja ühiskonna jätkusuutlik arengustrateegia selgitab millised huvid ja kes vajavad kaitset ning kuidas neid huve saaks kaitsta.
- Enamus riike ehitab oma arengustrateegia spetsialistide teadmistele ja kogemustele, mille alusel poliitikud teevad kompromissotsused.

Ühiskonna ootused spetsialistile, Insenerile:

- riigi majandusliku baasi tehniline tugi (otsene lisaväärtus),
- ühiskonnale vajalike teenuste tehniline teostus (kaudne lisaväärtus).

Ärgem võtkem kõrvalseisja mugavat rolli – küll toimetaks kui keskkond lubaks ja meiega arvestataks. Järgigem akadeemik Raimund Ubar'i TTÜ 90nda aastapäeva kõnes väljaöeldut: ***“Maailmas, mida tormiliselt kujundab tehnoloogia, on võimalus tõeliselt vabaks jääda vaid üksnes neil rahvastel, kes tehnoloogiat valdavad ja loovad, seal kus insenerharidus on au sees”***

Oleme siis tinglikult need vabadusvõitlejad, kellel on kohustused, vastutus ja õigused, sest meil on:

- teadmised, oskused ja vilumus näha tervikut ja prognoosida lõppresul-
taati,
- insenerieetika – vastutus, kohusetunne, kompetentsus, ohutunne, aru-
andlus avalikkuse ees, head inseneritavad.

Tehnoloogiline maailm muudab paradigmasid, tekkivad uued teadusmahukamad, suurendatud lisaväärtusega tööstusharud. Uusimate tehnoloogiate kasutuselevõtt nõuab meil enam teadmisi ja informeeritust.

Meie kohus on pidev enesetäiendamine ja avatus.

Ise peame tõstma kutselise inseneri ausse. Koostöös teadlaste, insenerikoolitajate ja ettevõtjatega saame luua ühise väärtusahela – Teadlane&Insener&Ettevõtja.

Oleme üheskoos EILs, soojustehnika inseneride aktiivsel toel teinud tublisti tööd ja loonud inseneri loovuse arendamiseks järgnevad eeldused:

1. täielik ülevaade ja koostöö kõikide insenerikoolitajatest kõrgkoolidega,
2. Eesti Teaduste Akadeemia assotseerunud liikmena ühised ettevõtmised teadlaskonnaga,
3. Insener on Looja programmi edasiarendused,
4. osaleme Haridus- ja Teadusministeeriumi programmis *TeaMe*. Eesmärgiks suurendada elanikkonna teadlikkust teadus- ja arendustegevuse mõjust majandusele ja konkurentsivõimele, informeerida noori ja neid mõjutavaid isikuid LTT valdkonnaga seotud elukutsetest ja karjäärivalikutest ning levitada teaduslikku mõtteviisi. Programmi tegevuste tulemuse-
na suureneb teadusteemade käsitlemise osakaal meedias, valmivad

uued noortele atraktiivsed LTT valdkonna õppematerjalid ja paraneb teadusmeedia kvaliteet,

5. meil on tehnika, tootmise ajakiri *Inseneeria*,
6. Euroopa Rahvuslike Inseneriühenduste Assotsioonis FEANI töökomiteedes kavandame Euroopas ühtset inseneri kutset EUR ING,
7. meil on *Aasta Tehnikaüliõpilane 2009* Siim Viilup ja *Aasta Insener 2009* Udo-Rein Lehtse, 2009. aasta parim insener on soojustehnika insener,
8. meil on tubli Soojustehnika Inseneride Selts.

Aastatel 2010-2011 seisab ees suur töö inseneri kutsete korrastamisel. Inseneri ettevalmistus ja tulemuste hindamine peab olema väljundipõhine – vastama tööturu vajadustele.

Peame analüüsima erinevate insenerivaldkondade kaetust kutsestandarditega, kutsestandardi ja kõrgharidusstandardi ühildatust ja vastavust tööturu vajadustele. Meil tuleb leida kõiki osapooli rahuldavad lahendid ühtse kvalifikatsioonisüsteemi (EQF) kujundamisel – akadeemilise kraadi ja inseneri kutsetaseme sidumisel.

Peame koostama elu nõuetele vastavad kutsestandardid, analüüsima kõrgharidusstandardit, lahendama inseneritööks nii vajalike kogemuste ja vilumuste omandamise teed.

Niisiis tööd on kuhjaga, aga üheskoos tegutsedes on kõik võimalik.

Edu ja kindlat sihti Eesti Soojustehnikainseneride Seltsile.

Eesti Inseneride Liit



EESTI SOOJUSTEHNİKAINSENERIDE SELTS 10 AASTANE

UUDO-REIN LEHTSE

Juhatuse esimees 2000–2005

Vajadus asutada soojustehnikute erialaselts oli kuluaarides arutusel juba aastaid, kuid küsimus muutus eriti aktuaalseks enne järjekordset soojustehnikainseneride kokkutulekut 2000. a.

26. mail 2000 toimuski Tallinna Tehnikaülikoolis soojustehnikute kokkutulek ja sellel võeti vastu üksmeelne otsus kutsuda ellu oma eriala inseneride ühendus. Initsiatiivgrupp asus kohehelt tööle, koostamaks seltsi põhikirja ja muid vajalikke asutamisdokumente.

Peale põhikirja valmimist otsustati, et seltsi moodustavad kuus soojustehnikainseneri – Eimar Jõgisu, Einari Kisel, Uudo-Rein Lehtse, professor Aadu Paist, dotsent Arvi Poobus ja Mati Tatar. Uuele seltsile pandi nimeks Eesti Soojustehnikainseneride Selts (ESTIS). Seltsi asutamiskulud katsid asutajaliikmed rahaga omast taskust.

Asutajad valisid Seltsile üksmeelselt viieliikmelise juhatuse – Eimar Jõgisu, Einari Kisel, Uudo-Rein Lehtse, Arvi Poobus ja Mati Tatar.

Juhatuse esimene koosolek toimus 10. oktoobril 2000. Juhatuse esimeheks valiti Uudo-Rein Lehtse, esimehe asetäitjaks, ühtlasi ka sekretäriks Arvi Poobus. Arutati ka ESTIS e kandmist Mittetulundusühingute ja Sihtasutuste registrisse ja ühinemist Eesti Inseneride Liiduga. Arvestades eelseisvate ülesannete lahendamise pakilisust otsustas juhatus pidada koosolekut igakuiselt (v.a suvekuud).

Eelkõige tuli mul lahendada Seltsi töökorralduse probleem Eestis tegutsevate erialaorganisatsioonide eeskujul. Mõnes organisatsioonis piirdus tegevus, sealhulgas ka reisimine ainult juhatusega, lihtliikmeid hõlmamata. Meie Seltsi puhul aitas probleemi lahendamisel kaasa asjalik teave, mida sain Eesti Laevaomanike Liidu peasekretär Enn Kreemilt ja Eesti Gaasilidu tegevdirektor Andres Saarelt.

Nende ja teiste erialaorganisatsioonide töökogemusi arvestades jõudsin järeldusele, et kaasamaks aktiivsesse tegevusse enamuse inseneridest, on otstarbekas klubiline töövorm. Selle vormi puhul saab kutsuda esinema häid spetsialiste eri valdkondadest, mille tulemusena avardub Seltsi liikmete teadmistepagas ja võimalus luua uusi kontakte kolleegidega. Viimane on väga oluline, vältimaks Seltsi lagunemist ja kontaktide nõrgenemist, nagu see on aset leidnud mõnegi suure organisatsiooniga. Väga oluline on ka koolitusreiside korraldamine energeetikaobjektidele nii Eestis kui välismaal. Nagu hiljem selgus, osutusid need seisukohad väga õigeteks. Enne järjekordset välisreisi kasvas kohe ka seltsi liikmete arv.

13. novembril 2000 registreeriti ESTIS notariaalselt ja 30. novembril kanti Mittetulundusühingute ja Sihtasutuste registrisse. Jaanuaris 2001 otsustas juhatus kokku kutsuda ESTISE esimese üldkoosoleku. Koosolek toimus sama aasta 28. veebruaril järgneva päevakorraga:

- juhatuses esimehe info Seltsi asutamise kohta,
- revisjonikomisjoni valimine,
- liikmemaksu suuruse määramine,
- volitatud soojustehnikainseneri kutse omistamise alamkomitee valimine,
- prioriteetsed tegevussuunad.

Alates aprillist 2001 on ESTISel oma kodulehekül, kus avaldame teateid ning huvilised saavad tutvuda seltsi tegevusega, samuti on kättesaadavad vajalikud dokumendid insenerikutse taotlemiseks.

Seoses Kutseseaduse vastuvõtmisega moodustati Vabariigi Valitsuse 8. mai 2001 korraldusega nr. 308-k esimest korda Inseneride Kutsenõukogu, mille koosseisu nimetati ESTISE esindaja Uudo-Rein Lehtse.

2001. a oktoobri juhatuses koosolekul kinnitati soojustehnika valdkonna bakalaureuse ja magistri õppekavad, mille esitasid ja andsid informatsiooni TTÜ Soojustehnika Instituudi direktor professor Aadu Paist, vaneminsener Arvo Kull ning dotsent Arvi Poobus.

31. detsembri 2001. a seisuga oli seltsi liikmete arv juba 57, aastast 2003 alustasime liikmepiletite väljastamist.

INSENERIKUTSETE OMISTAMINE

Seoses muutustega kõrgharidussüsteemis ei saa TTÜ lõpetajad enam insenerikutset. Insenerikutset saab taotleda vaid erialaseltside kaudu. Peale ESTISE astumist Eesti Inseneride Liidu liikmeks toimus volitatud inseneri kutse väljastamine nende kaudu.

Peale Kutseseaduse vastuvõtmist 2001. a moodustati *Kutsevalifikatsiooni Sihtasutuse Kutsekoda* juures *Inseneride kutsenõukogu* liikmetest tööühm, kes asus välja töötama inseneride kutsestandardit, mille töös tuli ka minul osaleda.

Peale kutsestandardi kinnitamist Inseneride kutsenõukogus alustasime soojustehnikainseneri kutsestandardi koostamist, mille kinnitamise järel hakkas tegutsema meie *Kutset omistav organ*.

Tulemustele tagasi vaadates võib nentida, et Seltsi töö on olnud edukas. Meil on nüüd 56 inseneri, kellele on väljastatud vastav kutsetunnistus, mis on kantud ka Riiklikku Kutseregistrisse.

Mainitud tulemuse poolest oleme Eesti Inseneride Liidu liikmete seas esimese kolme hulgas. Seoses Eesti astumisega Euroopa Liitu tuleb meie kutsesüsteem ühildada Euroopa Liidu omaga. Praegu on Eestis viis kutsetaset, kuid tulevikus saab neid olema kaheksa. Hetkel toimuvad arutelud, kuidas viia vastavusse olemasolevad viis kutsetaset Euroopa Liidu kaheksa kutsetasemega.

SELTSI TOETAJAD

Iga uue organisatsiooni loomine on seotud nii aja- kui ka rahakuluga. Asutajaliikmete sissemaksed võimaldasid vormistada kõik esialgsed Seltsi asutamiskulud. Lahendamist vajas Seltsi logo kujundus, kodulehekülje kujundus ja edasine teenindamine, firma stiili kujundus (kirjad, ümbrikud, tänukirjad).

Samuti tuli tellida Seltsi liikmepileti kujundus ja lasta piletid trükkida, samuti vajas Selts oma pitsatit nagu iga teinegi organisatsioon, rahalist väljaminekut nõudsid samuti igapäevased käibekulud (telefon, paber jms).

Olgu siinkohal avaldatud eriline tänu nendele firmadele ja isikutele, kes tõhusalt toetasid Seltsi tulemuslikku tööd esimesel viiel tegevusaastal (sel ajal olnud firmad ja isikud):

- Majandus-ja Kommunikatsiooni-
ministeerium
- AS Energoremont Rein Ungert
- AS Siemens Avo Tihamäe
- AS Eesti Gaas Aarne Saar
- AS Narva Elektrijaamad Rein Talumaa
- AS Tallinna Soojus Jaak Ziugov
- AS Tallinna Küte Kristjan Rahu
- AS Fortum Termest Riho Sild, Mati Tatar
- AS Vattenfall Estonia Teet Eelmer
- Fortum Termest Ltd. Valdeko Kanarbik
- AS Filter Antti Toppi
- TTÜ Soojustehnika instituut Aadu Paist, Arvo Ots

SOOVID TULEVIKUKS

- Kaasata rohkem insenere ESTISse tegevusse ja tuua juurde uusi liikmeid.
- Tagada, et kõik noored TTÜ lõpetajad saaksid peale vajalike nõuete täitmist ka insenerikutse.
- Omada võimalust kokku saada püsivas ja mugavas kohas, kus kuulata esinemisi, vahetada arvamusi ja veeta aega oma eriala meeldivate inimeste seltskonnas.

Selleks kõigeeks tahtmist ja indu.

Vaata ka fotosid ESTISega seotud isikuid lk 90-91 ja 99.



TTÜ SOOJUSTEHNICA INSTITUUT ESTISE HÄLLI JUURES

ARVO KULL

TTÜ Soojustehnika instituut

Uue aastatuhande juhatasid Eesti soojusenergeetikud sisse väarikalt – nad kinkisid endile Eesti Soojustehnika Inseneride Seltsi (ESTISe), mis puhkes kenasti õitsele ja nüüd, kümme aastat hiljem, hõlmab üle poolteistsaja liikme, olles üks tegusamaid erialaseltside hulgas. Eriti rõõmustav on seejuures Seltsi koosseisu ühtlane vertikaal – tegevinsenerid, pensionärid ja tudengid on enam-vähem võrdsel arvul esindatud. Ühelt poolt köidab see üliõpilasi igakülgsest soojusenergeetikaga, selle oleviku ja tuleviku probleemidega, ühtlasi näitab, kuidas oleme jõudnud tänapäevase tasemeni. Teisalt on kogemustega tegevinsenerid, pensionärid ja pensionieelikud aldid jagama oma teadmisi noorematega, kas või seepärast, et kasvatada endile järelkasvu. On ju üldtuntud tõde, et paljudel insenerialadel, sealhulgas energeetikas, kummitab piisavalt kvalifitseeritud inseneride nappus. Eesti hariduspoliitika rõhuasetus on taasiseseisvuse aastatel olnud ilmselt ühekülgne, jättes inseneriteaduse tagaplaanile, millega tõsiselt halvati Eesti jätkusuutlikkus tootmistehnoloogias. Seda tõsist lünka soojusenergeetika inseneride koolitamises on tulemuslikult leevendanud ESTIS, tuginedes TTÜ Soojustehnika instituudi (STI) õppetööle. Niisiis, ESTISe esmane ülesanne ongi tuua soojustehnikasse tegusaid noori insenere n.ö värsket verd, eriti nüüd kui energeetikamajandus kogu maailmas sipleb vastuoluliste probleemide puntras.

ESTISe sünni algataja STIs oli kahtlemata prof Ilmar Öpik. A. Poobus meenutab, et 90ndate aastate lõpul ütles I. Öpik talle *teeme ära*, mis tähendas, et on aeg hakata soojusenergeetikuid koondama ühe mütsi alla. A. Poobus, kes on tänaseini toimekas osaleja ja sekretär ESTISe tegevuses, hakkaski koos mõne soojuseriala asjaliku vilistlasega (U-R. Lehtse, R. Kriis, E. Jõgisu jt) Seltsile hinge sisse puhuma, mis ka tulemusi andis. Kahjuks I. Öpiku enda aktiivset osalemist Seltsi tegevuses pidurdas halvenev tervis, juba 2001. a suvel ta lahkus.

Hindamaks Ilmar Öpiku panust soojustehnikainseneride koolitamisel ja erialainseneride seltsi loomisel otsustas juhatus võtta tema vastu seltsi auliikmeks 19. juunil 2001 ja väljastada temale ESTISE liikmepilet nr 1.

Soojusenergeetika inseneride sihipärase koolitamise alguseks peetakse aastat 1936. Sellest aastast peale hakati andma Tallinna Tehnikaülikoolis osale mehaanikainseneridele kallak soojusergeetika poole. Nende hulgas oli ka Ilmar Öpik, kes sai diplomi 1940. a. Soojustehnika eriala evitamisel oli teinud tulemuslikku eeltööd väga mitmekülgne ja laia huvideringiga prof Evald Maltenek. Samal aastal oli tehnikaalane kõrgharidus üle toodud Tallinna Tartust, kus ta oli lühiajaliselt olnud Tartu Ülikooli juures. Siis said soojusenergeetikud oma valdusesse tehnikaülikooli eelkäija Tallinna Tehnikumi soojusjõuseadmete laboratooriumi ning selle sisustuse üle toonud Koplissee võrdlemisi tagasihoidlikku hoonesse, kus ta kangekaelselt on vastu pidanud tänini, s.o 73 aastat. Prof E. Maltenekil on väljapaistvaid teeneid laboratooriumi sisustamisel. Tema alustas ka soojustehnika erialade korrapärase õpetamist. Paraku jäi tema töö lühiajaliseks, selle katkestas tema ootamatu surm viiekümne ühe aastase märtsis 1938. Tema lahkumisega jäi soojusjõuseadmete professori täitmata ja soojusjõuseadmete laboratoorium juhita. Aegapidi läks juhtimine soojusmajas üle Jaan Ivandile, kes 1941 mais sai äsjaloodud energeetika kateedri juhatajaks ja hiljem ka professoriks, kuni I. Öpik kateedri juhtimise 1958 üle võttis. Kuna J. Ivand oli tol ajal rohkem tuntud kui autoala eriteadlasena Eestis, siis koondus ka kateedri töö esialgu selles suunas. Ometigi on J. Ivand kahekõitelse tehnilise termodünaamika öpiku autor, mille ilmumine 1948/49 oli tähelepanuvääriv sündmus eestikeelse tehnikakirjanduses tol ajal. I. Öpik jäi Soojustehnika instituudi etteotsa kuni 1967, millal ta valiti Eesti TA akadeemikuks ja loovutas juhtimise Arvo Otsale, kellele järgnes Aadu Paist.

Soojustehnika eriala sai enam- vähem kindla baasi 1937 suvel kui õppetöö lõplikult koondus Koplissee õppetöö kitsukeses hoones esialgu andis üsnagi piiratud võimalusi.. Siiski leidis seal ruumi mõnele kaasaegsele soojustehnikaseadmele Laboris oli paigaldatud Fr. Krulli tehase veetorukatel 4 t/h. Seda katelt kasutati hiljem aastaid katla soojustehniliste katsetuse läbiviimiseks, kuni Katlainspektsioon selle kasutamise keelustas ja katel lõpuks lammutati. Võib-olla oleks see katel väärinud suuremat lugupidamist ja isegi muuseumi eksponaadi staatust. Sellega jäi auruta ka õppeauruturbiin, mis oli tulnud Saksa DVst ja oli paigaldatud koos hüdropiduriga 1961. Oli ka gaasimootor, mis küll oli vaid vaatamiseks.

Esimene õpperühm soojusenergeetikuid võeti TPIsse 1945, kitsama profiiliga soojuselektrijaamade energeetilised seadmed. Sellise nimega püsis eriala kuni 1975. Aastatel 1945-1974 rajanes õppetöö NSV Liidu õppekaval kitsama suunitlusega *Soojuselektrijaamade energeetilised seadmed*. Kuna sel perioodil ehitati põlevkivi elektrijaamad Kirde-Eestisse, siis paljud lõpetajad suunati sinna. See asjaolu ei olnud just ligitõmbav, soojuselektrijaamade eriala lakkas vormiliselt

olemast 1975. a. Tegelikult ei kadunud soojuselektrijaamade eriala mitte päriselt, sest tööstusliku soojusenergeetika eriala, mis oli saanud eluõiguse 1960. a, võttis selle eriala oma hõlma ja nii tekkis koondrühm AOS, kus sisuliselt eksisteeris kaks alajaotust. Taoline trikk vältis üleliidulist töölesuunamist, kuigi hiljem üleminekuga kahekeelsele õppetööle 1963 jäi soojuselektrijaamade õppesuund rohkem venekeelseks.

Soojusenergeetika eriala ei ole noorte hulgas olnud aastat lõikes kuigi populaarne. Sagedasti on tulnud ettenähtud kohad täita vastuvõtul nn sundvaliku teel, s.t teistesse erialadesse soovijate jäägist. Loomulikult on olnud nende hulgas neid, kes erialaga ei ole kodunenud või jätsid õppimise kõrvale, kuid enamikus on hiljem tõdenud, et nendele omal ajal *kaelamääritud* erialal on huvitavaid ja mitmekesiseid ülesandeid.

Viimane väide on tunnustus STI õppetööle, mis on suutnud teha lõpetajatest oma eriala patrioodeid. Taolisele *kaelamäärimist* meenutavad kui õnnestunud sündmust oma elus muuhulgas käesolevas kogumikus Jaan Saar, Eimar Jõgisu jt.

Soojusenergeetikat on pidevalt õpetatud ka kaugõppe korras.

Eesti taasiseseisvumine algas haridussüsteemi reformimisega, millest ei jäänud kõrvale ka TPI, üsna peagi taas Tehnikaülikooliks ümber nimetatud. Põhimõtteks oli kursussüsteemi asendamine ainekeskse õppesüsteemiga. Ainesüsteemi põhi-olemus seisnen selles, et valikuvõimaluste avardamise nimel eriala raamides koondatakse lähedased eriained üksikutesse moodulisse, mis koos annavad kitsamalt piiritletud eriala. Paraku ei laabunud taoline süsteem esialgu sugugi ladusalt, eriainate paljususest killusid üliõpilased alamõõdulisteks pisiarvulisteks gruppideks, korralagedus tekkis õppeainete loogilisest järjekorrast kinnipidamisega jne. Õppekavade alaline ümbervaatamine on olnud üsnagi tüüpiline nähtus TTÜ õppetöö korralduses ja ilmselt jätkub ka edaspidi, Peale eksperimenteerimist on STIs praeguseks lõpuks jõutud kolme õppetooli süsteemini: soojusenergeetika, tööstuslik soojustehnika ja soojusjõuseadmed.

Kokkuvõtteks tuleb nentida, et STI õppetöö ja ESTISE tegevus on mõlemale poolele toonud märgatavat kasu – ESTIS on muutunud soojustehnika eriala märksa atraktiivsemaks, teisalt, ESTISE ridu täiendavad olulisel määral just eriala üliõpilased.

PÕLEVKIVIGA KAASNEVA PAEKIVI MÕJUST PROTSESSIDELE KATLAS

ARVO OTS

TTÜ Soojustehnika instituut



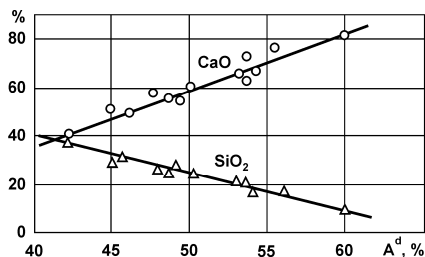
Sissejuhatus. Eesti põlevkivi (edasine käib ainult Eesti põlevkivi kohta) lahutamatu kaaslane on paekivi ehk karbonaatmineraalidest koosnev nn karbonaatos. Karbonaatmineraalid põlevkivis mõjutavad olulisel määral protsesse katlas. Neid erinevusi tuleb arvestada põlevkivi põletavate seadmete loomisel kui ka käitamisel. Karbonaatmineraalide kuumenemisel, mis leiab aset põlevkivi põlemise käigus, eraldub gaasifaasis süsihappegaas ja tahkel kujul mineraalides süsihappegaasi siduvad oksiidid. Tähtsaim mineraal paekivis on kaltsiumkarbonaat ehk kaltsiit, mille termilisel lagunemisel tekib kaltsiumoksiid. Järgnevalt antakse lühikärgseid põlevkiviga kaasneva paekivi mõjust protsessidele katlas.

Karbonaatmineraalide koostis ja jagunemine. Põlevkivi kuivaine on teatavasti vaadeldav koosnevana kolmest üksteisest järsult erinevast osisest – orgaaniline, liiv-savi ja karbonaatne. Iga osise keemilis-mineraloogiline koostis vaatamata põlevkivi kaevandamise paigale on suhteliselt püsiv. Kui põlevkivi orgaaniline osa on üsna tihedalt läbi põimunud liiv-savi mineraalidega, siis karbonaatne osa esineb põlevkivi lademes kas eraldi olevate kihtidena või siis ka osaliselt orgaanilise ainega läbipõimunud moodustitena (kerogeenne lubjakivi).

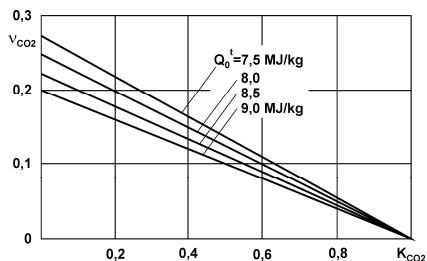
Põlevkivi karbonaatos (paekivi) keskmine keemiline koostis (%): $\text{CaO} = 48,1$; $\text{MgO} = 6,6$; $\text{FeO} = 0,2$; $\text{CO}_2 = 45,1$. Mineraloogiline koostis on järgmine (%): kaltsiit (kaltsiumkarbonaat) $\text{CaCO}_3 = 69,1$; dolomiit $\text{CaOMgO}(\text{CO}_3)_2 = 30,6$ ja sideriit (raudkarbonaat) $\text{FeCO}_3 = 0,3$.

Põlevkivi ettevalmistamisel põletamiseks on teda vaja purustada. Põlevkivi purustamisel paekivi kui tugevam materjal kontsentreerub enim jämedamatesse osakestesse, mistõttu purustatud põlevkivi erinevates fraksioonides eespool mainitud komponentide suhe kujuneb erinevaks. Põlevkivi orgaanilise aine kui savi-mineraal osaga läbipõimunud materjali survetugevus on keskmiselt 30 MN/m^2 ja

tihedus 1650 kg/m^3 , siis arvud 60 MN/m^2 ja 2400 kg/m^3 iseloomustavad vastavalt põlevkivi lademetes paikneva paekivi survetugevust ja tihedust. Seetõttu mida suurema mineraalosa sisaldusega on vaadeldav fraktsioon, seda suurem on seal ka karbonaatmineraalide sisaldus. Viimast näitab joonisel 1 esitatud CaO ja SiO_2 sisaldus põlevkivi tuhas olenevana üldtuha hulgast. Kaltsiumoksiid on pärit põlevkivi karbonaatosast, ränioksiid aga liiv-savi osast kui selle põhikomponent.



Joonis1. CaO ja SiO_2 sisaldus tuhas olenevana üldtuha hulgast põlevkivis



Joonis 2. Mittelenduva CO_2 osa põlevkivi põlemisgaasis olenevana karbonaatmineraalide lagunemistasemest ja kütteväärtusest

Karbonaatmineraalide lagunemine kuumutamisel.

Kuumutamisel võivad karbonaatmineraalid termiliselt laguneda, mille tulemusel eraldub (lendub) süsihappegaas CO_2 . Karbonaatmineraalid lagunevad alati osakeste kuumenemisprotsessis põlevkivi põlemisel atmosfäärirõhul. Küllalt kõrge süsihappegaasi vasturõhul võivad karbonaatmineraalid ka mitte dissotseeruda või tugevalt pidurdada termilist lagunemisprotsessi. Karbonaatmineraalidest eralduvat süsihappegaasi tuntakse kui mineraalne CO_2 .

Põlevkivis sisalduvate üksikute karbonaatmineraalide kuumutamisel toimuvad reaktsioonid:

- Kaltsiidi termiline lagunemine
- $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$;
- Dolomiidi termiline lagunemine
- $\text{CaOMgO}(\text{CO}_2)_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{MgO} + 2\text{CO}_2$;

Sideriidi lagunemisreaktsiooniga tavaliselt ei arvestata, kuna tema sisaldus põlevkivis on väike.

Esitatud reaktsioonide võimalikkus ja ulatus on määratud keemilise termodünaamika seadustega, reaktsioonide toimumiskiirus aga reaktsioonikineetikaga.

Karbonaatmineraalide lagunemise võimalikkus sõltub temperatuurist ja süsihappegaasi osaõhust osakest ümbritsevas keskkonnas. Peamiselt määrab süsihap-

pegaasi osarõhu kütuse põlemisel keskkonnas CO_2 süsiniku põlemisest. Sõltumata põletustehnoloogist, süsihappegaasi osarõhk põlemisgaasis (ümbruskeskkonnas) põlevkivi atmosfääri rõhul põletamisel on 0,014-0,016 MPa. Põlemistemperatuur põlevkivi tolmpõletamisel on maksimaalselt 1400-1500°C, keevkihtpõletusel aga 750-850°C. Sellistel tingimustel on oodata kaltsiidi ja dolomiidi täielikku lagunemist. Põlevkivi ülerõhul põletamisel oleks olukord erinev (näiteks kogurõhul > 1 MPa ja temperatuuril 800°C), siis kaltsiit termiliselt ei laguneks ning ta läheks esialgsel kujul tuhka.

Alljärgnevalt vaatleme karbonaatmineraalide käitumist ainult põlevkivi atmosfääri-rõhul põletamisel.

Süsihappegaas eraldub karbonaatmineraalidest mitte ainult nende termilise lagunemise tulemusena, vaid ka karbonaatmineraalide reageerimisest keemiliste ühenditega põlemisgaasis. Tuntuim reaktsioon seejuures on kaltsiidi ühinemisreaktsioon gaasifaasis vääveldioksiidiga, mille tulemusel tekib kaltsiiumsulfaat (CaSO_4) (kui põlemisgaas sisaldab ka hapnikku) ja eraldub süsihappegaas.

Kütuse karbonaatmineraalide lagunemisel põlemisprotsessis eralduva süsihappegaasi hulga suhet süsihappegaasi alghulka samades mineraalides tuntakse karbonaatmineraalide lagunemisastmena k_{CO_2} . Süsihappegaasi eraldumise ulatust k_{CO_2} abil saab iseloomustada nii üksikmineraalide kaupa kui ka karbonaatmineraalide jaoks tervikuna. Lagunemisaste $k_{\text{CO}_2} = 0$ kui süsihappegaasi ei eraldu ning $k_{\text{CO}_2} = 1$ kui CO_2 eraldub täielikult.

Uurimused näitavad, et reaalsetes põletamistingimustes süsihappegaas põlevkivist ei lahku täielikult, vaid osa sellest kandub üle tuhka koos almineraalidega. Siiski on põlevkivi tolmpõletusel k_{CO_2} väga kõrge, keskväärtusega 0,97. Tsirkuleeriva keevkihiga katlas põlevkivi põletamisel k_{CO_2} väärtus asub vahemikus 0,65-0,80 sõltuvana mitmest tegurist.

Karbonaatmineraalide kõrge lagunemisaste põlevkivi tolmpõletusel on tingitud eelkõige kõrge põlemistemperatuurist ja tolmuosakeste väiksusest, tolmu peensus iseloomustab $R_{100} = 15\text{-}30\%$ (jääk sõelal avadega 100 μm). Põlevkivi fraktsioonkoostis tsirkuleerivas keevkihis põletamisel on palju jämedam, $R_{10} = 5\text{-}15\%$ (jääk sõelal avadega 10 mm). Karbonaatmineraalide lagunemisastme väiksem väärtus põlevkivi keevkihis põletamisel on eelkõige tingitud madalamast põlemistemperatuurist kui ka jämedamast fraktsioonkoostisest. Oluline on seejuures ka osakeste viibimise kestvus kõrgetemperatuursetes keskkonnas.

Süsihappegaasi emissioon. Põlevkivi põlemisel tekib süsihappegaas nii orgaanilise süsiniku põlemisest kui ka karbonaatmineraalide lagunemisest. Seega karbonaatne CO_2 suurendab põlemisgaasi mahtu ja süsihappegaasi kogu emissiooni. Orgaanilise süsiniku põlemisel tekkiva CO_2 hulk põlemisgaasis on võrdeline süsiniku sisaldusega kütuses, mineraalse CO_2 kogus aga karbonaatmineraalides sisalduva CO_2 hulgaga ja karbonaatide lagunemistasmega. Karbonaatmineraalidevaba põlevkivi põletamisel tekkiv CO_2 hulk on ligilähedaselt võrdne sellega, mis vedelkütuse põletamiselgi, kuna kütus on vesinikurikas. Mineraalse CO_2 osatähtsust põlevkivi põlemisgaasis väljendab suhe v_{CO_2} , näidates seda osa süsihappegaasist, mis ei lendu, vaid jääb tuhka. Joonisel 2 on toodud suhte v_{CO_2} ligikaudne olenevus karbonaatide lagunemistasmest ja põlevkivi kütteväärtusest. Kütteväärtus peegeldab kaudselt mineraalse CO_2 sisalduse mõju põlevkivi kütteväärtusele. Nähtub, et kui karbonaatmineraalidest ei eralduks süsihappegaasi, oleks CO_2 kontsentratsioon põlemisgaasis, olenevana kütteväärtusest, 20-28% madalam. Rõhutame, et CO_2 emissiooni ulatusele ei ole oluline mitte ainult karbonaatmineraalide käitumine põlemisprotsessis, vaid ka nende koguhulk põlevkivis. Viimane sõltub põlevkivi rikastumistasmest kaevandamisel.

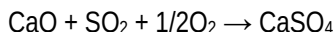
Tuha hulk. Tuhk on kütuse põlemisel tekkiv tahke jääk, mille hulk sõltub kütuse põlemistingimustest (tugevalt temperatuurist). Üldkasutatav mõiste on laboratoorse tuha hulk, mis määratakse kütuse proovi laboratoorsel tuhastamisel kindlate reeglite järgi. Põlevkivi proovi laboratoorsel tuhastamisel karbonaatmineraalid lagunevad ning lendub CO_2 . Seetõttu põlevkivi mittepõlevate komponentide koguhulga iseloomustamiseks ei piisa tuha koguse teadmise, vaid tuleb eraldi määrata ka mineraalse CO_2 hulk proovis. Kui paljude kütuste korral tuha kogus on ligilähedaselt võrdne mineraalosa hulgaga kütuses, siis põlevkivi korral see nii ei ole mitte ainult mineraalse CO_2 lendumise tõttu, vaid ka keemiliste protsesside tulemusena tuhastamisel. Viimastega, näiteks, kaasneb karbonaatmineraalidest tekkiv kaltsiumoksiid, mis kaltsiumsulfaadi tekkeprotsessis transformeerib väävlit ja hapnikku tuhka, suurendades niimoodi tuha massi. Kuna laboratoorse tuhastamisprotsess tingimused erinevad katla koldes esinevast tuhastusprotsessist, siis ka tööstuslikes tingimustes moodustuv tuha kogus erineb proovi laboratoorsel tuhastamisel saadud tuha hulgast. Seda tuleb muidugi arvestada põlevkivi põletusseadmete tuhabilansi koostamisel.

Klinkermineraalide teke. Põlevkivi kõrgtemperatuurse põletamise tuhk on heade sideaineliste omadustega. Klinkermineraalide tekkevõimalikkus ilmneb põlevkivi karbonaatmineraalidest eralduva kaltsiumoksiidi ühinemisel liiv-saviosa komponentidega. Sideaineliste omadustega mineraalidest on olulisemad $\beta\text{-2CaO}\cdot\text{SiO}_2$,

CaO-SiO₂ jt. sama tüüpi ühendid. Klinkermineraalide hulk on tugevalt seotud põlemistemperatuuriga ning tolmpõlevkivituhk sisaldub neid mineraale märgatavalt rohkem kui keevkihttuhk. Kõrgtemperatuurisel tolmpõletusel ligikaudu 70-80% põlevkivi kogu kaltsiumoksiidist seotakse klinkermineraalidesse. Klinkermineraalide kogus tuha eri fraksioonides on erinev. Põlevkivi madaltemperatuurse keevkihtpõletuse tuhas on nende osatähtsus palju väiksem kui tolmpõletuse tuhas.

Väävli sidumine. Vääveldioksiidi kontsentratsioon põlevkivi põlemisgaasis katlast väljumisel on kordselt väiksem, isegi ülimald koostöös põlevväävli põlemise stõhhiomeetrilise võrrandiga. Algpõhjuseks on põlevkivi iseloomustav suur Ca/S moolsuhe (8-10). Määrav ei ole mitte üksnes mainitud moolsuhe, vaid ka põletustehnoloogia.

Olulisim väävli siduv reaktsioon on põlemisel moodustuva vääveldioksiidi ja karbonaatmineraalide lagunemisel tekkiva CaO vaheline reaktsioon



Sellise reaktsiooni toimimiseks peab osakest ümbritsev keskkond sisaldama hapnikku.

Väävli sidumise ulatust katlas tuhaga iseloomustab kõige paremini nn väävli sidumisaste

$$k_s = S_t/S,$$

kus S_t – katlast koos tuhaga väljuv väävli hulk, S – katlasse koos kütusega sisenev väävli kogus.

Vahe $k_l = (1 - k_s)$ ehk nn väävli lenduvustegur väljendab kütusest põlemisgaasis siirdunud väävli osa.

Uuringud on näidanud, et põlevkivi kõrgtemperatuurisel tolmpõletamisel väävli sidumisaste jääb vahemikku $k_s = 0,75-0,85$, olenevana katla tüübist ja režiimiparameetritest. Selline väävli sidumisaste, olgugi arvuliselt küllaltki kõrge, ei taga lubatavat vääveldioksiidi kontsentratsiooni põlemisgaasis. Põlevkivi madaltemperatuurisel põletamisel tsirkuleeriva keevkihiga tööstuskatlas on väävli sidumisaste ligilähedaselt võrdne ühega. See näitab põlevkivi põletustehnoloogia ülisuurt mõju väävli sidumisele tuhaga. Millega seda seletada vaatamata ülisuurele Ca/S moolsuhtele lähtepõlevkivis?

Nagu selgus, kõrgtemperatuurisel tolmpõletusel suur hulk põlevkivis sisalduvast kaltsiumoksiidist seotakse klinker- ehk nn uusmineraalidesse. Teatud kogus karbonaatmineraalide termilisel lagunemisel tekkivast CaO-st jääb vabasse olekusse.

Moodustuvad uusmineraalid on termodünaamiliselt küll suutelised ühinema vääveldioksiidiga, kuid reaktsiooni kiirus on madal ning tuhaosakeste katlas viibimise sobiva temperatuuriga alas on liialt väike, et siduda märkimisväärselt väävlit. Seega uusmineraale tuleb vääveldioksiidi sidumise suhtes käsitada kui passiivseid komponente. Peamine väävlit siduv komponent on siiski karbonaatmineraalide lagunemisel vabasse vormi jääv lubi (CaO), kuid teatud määral ka algkarbonaatmineraalid. Kui moolsuhe Ca/S põlevkivis algselt on 8-10, siis kui lugeda aktiivseks lubjaks karbonaatide lagunemisel tekkiv vaba lubi, on eespool toodud moolsuhte väärus (arvutatuna vaba CaO ja koguväävli kaudu) põlevkivi tolm põletusel ainult 1,5-2,5. Selline madal aktiivset väävlit siduva lubja koguse suhe üldväävli suhte tuhaosakeste lühikese viibimisaja tõttu katla gaasikäikudes on teine põhjus, miks väävlisidumisaste lubjaga jääb põlevkivi tolm põletusel madalaks.

Väävli sidumise seisukohalt on olukord erinev põlevkivi põletamisel tsirkuleeriva keevkihiga koldes võrreldes tolm põletusega. Sobiva põlemistemperatuuri ja küllalt pika kontaktaja tõttu seotaks praktiliselt kogu põlevkiviväävel tuhaga, mistõttu väävli sidumisaste $k_s \approx 1$. Peamised väävlit siduvad reaktsioonid on kaltsiumkarbonaadi otsene ning selle lagunemisel tekkiva vaba lubja ühinemisreaktsioon vääveldioksiidiga.

Soojusefektid. Karbonaatmineraalide käitumisel on ülitähtis osa põlevkivi põlemisel vabanevale soojushulgale. Põlevkivi põlemisel vabanev soojushulk ei ole määratud mitte ainult orgaanilise osa põlemisel vabaneva soojushulgaga, vaid ka soojusefektidega karbonaatmineraalide muundusprotsessis, millest tähtsamad karbonaatmineraalidest CO_2 eraldumine, sulfaatide moodustumine ja uusmineraalide teke. Esimene nendest annab endotermse, ülejäänud aga eksotermse soojusefekti.

Põlevkivi põlemisel eralduva soojushulga ja katla soojustehniliste näitajate saamise aluseks on kütteväärtus pommkalorimeetris. Kuna kütuse proovi põlemistingimused pommkalorimeetris erinevad põlemistingimustest kateldes, siis ka pommkalorimeetris eralduv soojushulk ei ole võrdne katlas eralduva soojushulgaga. Sellega tuleb arvestada nii kasuteguri kui ka teiste katla tööd iseloomustavate suuruste määramisel. On ilmne, et mainitud erinevus sõltub põlevkivi põletustehnoloogiast.

Soojusefektid karbonaatmineraalide käitumises koldes võivad moodustada kuni 6% põlevkivi põlemisel eralduvast soojushulgast.

Mõju kõrgtemperatuursele korrosioonile. Põlevkivi omapära on märgatav kloori sisaldus orgaanilises aines (0,75%). Samaaegselt põlevkivi põlemisega kloor eraldub orgaanilisest osast gaasifaasis. Kloori alusel moodustuvad ühendid kiirendavad korrosiooninähtuste kulgu ning võivad oluliselt mõjutada katla küttepinna torude tööiga. Üks taoline ühend on kaltsiumkloriid CaCl_2 . Kaltsiumkloriidi mõjul võib metalli korrosioon muude samade tingimuste korral olla kordselt intensiivsem kui õhu keskkonnas.



BIOKÜTUSTE ALASTEST UURINGUTEST TTÜ STIS

AADU PAIST, ÜLO KASK
TTÜ Soojustehnika instituut

Sissejuhatus. Kaasaegsed biokütuste tootmis- ja energiatehnoloogiad võimaldavad efektiivselt ära kasutada praktiliselt kõiki metsa- ja puidutööstuse jäätmeid ning neid vääristada tahketeks, vedelateks ja gaasilisteks biokütusteks. Üha laiemat rakendamist kütusena leiab ka rohtne biomass ja põllumajandusjäätmed.

Käesoleval ajal arendatakse edasi biomassi gaasistamis- ja veeldamistehnoloogiasid. Uuritakse võimalusi toota biomassist vesinikurikast generaatorgaasi, mille edasise töötlemisega eraldatavat vesinikku oleks võimalik kasutada kütuseelementides ja nn II põlvkonna vedelaid biokütuseid kasutamiseks mootorikütusena.

Kahepoolsete abiprogrammide raames ja rahvusvaheliste projektide rahastamisel, kus Eesti poolsete konsultantidena on osalenud Soojustehnika instituudi teadurid ja õppejõud on elluviidud projekte energiatootmiseks (viimati Lihulas). Viimastel kümnendil on lisandunud ühisrakenduse mehhanismi abi ning EL programmide (FP6, IEE, INTERREG, ALTENER) ja Põhjamaade Ministrite Nõukogu (BASREC) projektid.

Eesti kasutab biokütuseid nii omaette soojuse kui ka soojuse ja elektri koostootmiseks. Valminud on biokütusel töötavad koostootmisjaamad Tallinnas Väos ja Tartus, järke ootab Pärnu (valmib 2011). 2009. aasta lõpus käivitus esimene rohtsel biomassil (luhahein, pilliroog, põhk) töötav kaasaegne kaugküttekattlamaja Lihulas.

TTÜ soojustehnika instituudis on viimase 20 aasta jooksul tegeldud erinevate biokütuste ressursside, põlemistehniliste näitajate ja kvaliteedi küsimustega. Uuritakse erinevate biokütuste ja nende segude koospõletamist nii laboritingimustes kui ka kaugküttekattlamajades, keskendudes kütuse mineraalosa mõjule soojusvahetuse protsessile katlas, kütuse ettevalmistusele, optimaalsete põlemisrežiimide leidmisele ja heitmete emissioonile.

Soojusülekande alased uuringud on loonud eeldused kodumaiste uudse konstruktsiooniga efektiivsete väikekatelde väljatöötamiseks puitgraanulite (pelletite) põletamiseks ja nende tootmisse juurutamiseks.

Soojusülekande alased uuringud on loonud eeldused kodumaiste uudse konstruktsiooniga efektiivsete väikekatelde väljatöötamiseks puitgraanulite (pelletite) põletamiseks ja nende tootmisse juurutamiseks.

TTÜ STI biomassi ja bioenergia valdkonna temaatikast

1. EL biokütustega seonduvate standardite ja tehniliste tingimuste kohaldamine Eesti oludega ja vastavate soovitude esitamine.
2. Biomassi ja selle baasil valmistatud kütuste kasutamisel tekkivad jäägid, heitmed ning nende mõju keskkonnale (vaadeldakse, millist mõju avaldavad heitmed ja jäägid keskkonnale igas muundamise faasis ning kuidas neid jääke utiliseerida).
3. Erinevat liiki rohtsest biomassist valmistatavate kütuste, nende segude ning tuhmade koostise ja omaduste katseline määramine (tuhmade äärmiselt olulise mõju tõttu katelseadmete tööle ja elueale).
4. Erinevatest energiakultuuridest (rohtsest biomassist) valmistatud tahkete, vedelate ja gaasiliste biokütuste keemiliste ja põlemistehniliste omaduste määramine (vajalik standarditele põhinevate sertifikaatide väljatöötamiseks).
5. Erinevate rohtse biomassi liikide biogaasi saagise katseline määramine (leitakse erinevate energiataimede anaeroobse kääritamise tulemusel tekkinud biogaasi kogused, m³/kg), mis võimaldab teha Eesti oludele vastavate energiataimede valikuid.

Viimaste aastate suuremad biokütuste alased projektid TTÜ soojustehnika instituudis

- Läänemere piirkonna programmi projekt: *The Baltic Sea Region Bioenergy Promotion Project*. Projektijuht Eestis I. Roos, 2009-2011.
- EL 6. Raamprogrammi projekt: *Production of a movie to accelerate the uptake of innovative bioenergy technologies for heating and cooling (Bioenergy in Motion)*. Projektijuht Eestis I. Roos, 2008-2009.
- IEE projekt *Raising Awareness on renewable energy Developing Agro-energetic chain models (RADAR)*. Koordinaator Itaalia. Projektijuht Eestis Ü. Kask, 2007-2009.

- Hooldatavalt lamminiitult kogutava biomassi vääristamine biokütusteks. Tellija MTÜ Kotkas. Projektijuht Ü. Kask, L. Kask. TTÜ STI, 2009.
- Setumaa Meremäe ja Misso valla taastuvad energiaressursid, nende kasutuspotsiaal, sobivaima tehnoloogia väljaselgitamine ja majanduslik taastuvus. Tellija MTÜ PEA. Projektijuht Ü. Kask, L. Kask. TTÜ STI, 2008.
- Biomassi tehnoloogiauuringud ja tehnoloogiate rakendamine Eestis. Tellija MES. Projekti üldjuht V. Vares, Ü. Kask S. Link jt, 2007.
- Taastuvad energiaressursid ja nende kasutuselevõtmise võimalused Tallinnas. Tellija Tallinna Linnaplaneerimise amet. Projektijuht Ü. Kask. TTÜ STI, 2007
- Interreg III B projekt: *New Bioenergy Business During Emission Trading*. Projektijuht Eestis I. Roos, 2005-2006.
- BASREC *Bioenergy Working Group on Bioenergy: Information dissemination* – Biokütuste kasutaja käsiraamatu koostamine, vastutata täitja ja toimetaja V. Vares. Kaasautorid Ü. Kask, P. Muiste, T. Pihu, S. Soosaar. Välja antud eesti, vene ja inglise keeles, tõlgitud hiina ja leedu keelde, 2004-2006.
- BASREC *Bioenergy Working Group on Bioenergy: Market harmonisation by dissemination on new solid biofuel standards and development ash classification and fuel storage guidelines (Biostandards)*. Teema liider VTT Processes (Soome), Eesti esindaja töögrupis V. Vares, 2004-2008, 172 lk.
- IEE projekt: *Phyllis Database Dissemination, Education and Standardisation*, koordinaator ECN (Holland), (PHYLLIS – Biomassipõhiste kütuste ja nende tuha omaduste andmebaas) Vastutav täitja A. Paist. Põhitäitjad: T. Parve, J. Loosaar, M. Nuutre, A. Konist, 2006-2008.
- Interreg IIIA projekt “*Roostike strateegia Soomes ja Eestis*”. Eesti poolne projektijuht Ü. Kask, A. Paist, L. Kask, T. Aavik, A. Veski, 2005-2007.
- Sihtfinantseeritav teema T 756 *Eesti taastuvenergia ressursid ja nende kasutamise laiendamine*. TTÜ teadus- arendustöö teema T 756. Teemajuht A. Paist. Põhitäitja: Ü. Kask, A. Veski, D. Nešumajev, A. Poobus jt, 2001-2005.
- Interreg IIIB projekt “*Baltic Biomass Network*”. Eesti partneri TTÜ poolne projektijuht Ü. Kask, 2005-2007.
- *Biokütuste tootmise ja kasutamise riikliku programmi ettevalmistamine*. Autorid EPMÜst ja TTÜst: K. Heinsoo, K. Jürgens, L. Kask(TTÜ STI),

Ü. Kask (TTÜ STI), A. Koppel, S. Soosaar (TTÜ STI), T. Tilger ja R. Värnik. Tartu 2005. 128 lk.

- *Pilliroo põletamiseks sobivaima soojuse ja elektri koostootmise tehnoloogia uuringu läbiviimine ning tehnoloogia tarnijate pakkumiskonkursi dokumentatsiooni ettevalmistamine*. Vastutav täitja: A. Paist, projektijuht Ü. Kask. Tellija: Lihula vallavalitsus. 108 lk.
- *Põlva maakonna taastuvad energiaressursid ja nende kasutamise võimalused*. TTÜ STI. Projektijuht Ü. Kask. Täitjad: L. Kask, A. Paist Tallinn, 2006-2007. Tellija Põlva maavalitsus.

Bioenergia alane uurimistöö ning oskusteave TTÜ Soojustehnika instituudis

- Biokütuste ressurss, varustusvõrgustik ja kasutamine, bioenergiaahelad.
- Biokütuste, tuha ja katlasadestite omadused.
- Sekundaarsed biokütused – pelletid, briketid, puusüsi, pürolüüsigaas, biogaas, vedelad biokütused; jäätmekütus – nende valmistamise ning kasutamise tehnoloogiad ja seadmed.
- Kohalikel biokütustel baseeruva regionaalse soojuse-ja energiavarustuse planeerimine.
- Laokomplekside ja kütuse etteande süsteemide lahendused.
- Väikese võimsusega (≤ 200 kW) põletusseadmed, eelkõided, restid biokütuste põletamiseks (graanulid, hake, jäätmed).
- Kohalike kütuste kasutamise ja kaugkütte majanduslikud aspektid.
- Biokütuse põletusseadmete atmosfääriheitmed ja bilansikatsetused.
- Glütserooli kastusvõimalused põletusseadmetes.
- Katsetus- ja konsultatsiooniteenused biokütuste tootjatele, kasutajatele ja huvilistele.

Illustratiivne materjal biokütuste kasutamisest Lihula katlamajas ja kodumajapidamises on toodud lk 92.



KESKKONNAHEITMETE ALASED UURINGUD TTÜ STIS

JÜRI LOOSAAR

TTÜ Soojustehnika instituut

Keskkonnaheitmete temaatika on tänapäeval mitmeti seotud soojustehnika alaste uuringutega. See puudutab nii suurte kui ka väikeste katelseadmete õhuheitmete otsest kontrolli kui ka antud seadmete töö efektiivsemaks muutmise uuringuid, mille edukuse hindamise üheks kriteeriumiks on kindlasti ka vähenenud õhu saastamine.

Praeguseks on soojusjõuseadmete keskkonnaheitmetega seotud probleemid kujunenud üheks olulisematest uurimis-, katsetus- ja arendustegevuse valdkonnas Soojustehnika instituudis.

Õhuheitmete määramise valdkond on ka akrediteeritud ja vastavaid teenuseid nende vahetu määramise näol osutatakse paljudele Eesti ettevõtetele.

Teisest küljest on energia säästliku kasutamisega päevakorda tõusnud mitmesuguste uut liiki segukütuste (biomass/turvas/põlevkivi/jäätmed) põletamise temaatika, mille ühisjoon on standardlahenduste puudumine. Vastavate uuringute lahutamatu osa on põlemisgaasi koostise jälgimine ning selle mõju selgitamine nii soojusseadmetele endile kui ka keskkonnale.

Õhuheitmete-alane uurimistöö tõusis päevakorda ja algas Soojustehnika instituudis 1970ndate aastate lõpus, kui teaduste kandidaadi väitekirja lämmastikoksiidide kaitses tollases TPI Soojustehnika kateedri Kaitsmisnõukogus Ain Kalmaru ning ilmusid esimesed artiklid lämmastikoksiidide moodustumisest vedelkütuste põletamisel Dmitri Jegorovilt ja Karl Saarelt.

Uurimistöödele lämmastikoksiidide moodustumisest nn kütuselämmastikust vedelkütuse puhul järgnesid tööd õhuheitmetest Eesti peamise energeetilise ressursi põlevkivi elektrijaamades kasutamisega seonduvalt. Need tööd algasid 1980ndate aastate alguses ja hõlmasid selliste saasteainete nagu lämmastik- ja

vääveloksiidide, polütsükliliste aromaatsete süsivesinike (PAH) teket ja emissiooni mõjutavate tegurite väljaselgitamist. Tehti kindlaks, et vääveldioksiidide emissioon tolm põlevkivi põletamisel sõltub eelkõige põlevkivi mineraalosa karbonaatide lagunemisel tekkiva vaba lubja sulfateerumisreaktsiooni kulgemisest katla gaasikäikudes. Leiti, et seda protsessi mõjutavad nii katla koormus, põlemisrežiim kui ka kütuse jahvatuspeensus.

Erinevalt mitmetest teistest tahketest fossiilkütustest on PAHde emissioon põlevkivi põletamisel vähene, kuna põlevkivi on lendosarikas ja põlevkivi süttimine/põlemine kulgeb kiiresti.

Seoses üha suureneva tähelepanuga keskkonnaga seotud probleemidele lisandusid järgnevatel aastatel põlevkivi õhuheitmete temaatikasse tahked õhuheitmed, kaasa arvatud nende suurusjaotus (PM 2,5, PM 10) ja mikroelementide sisaldus nii õhku kui ka tuhaväljale suunatavas tuhas, samuti dioksiinid/furaanid.

2004. aastal käiku antud uute põlevkivi keevkihtplokkide keskkonnamõju hindamise raames viidi 2006-2007 läbi ulatuslikud õhuheitmete-alased uuringud, milles lisaks Soojustehnika instituudile osalesid veel teised uurimisasutused – *Eesti Keskkonnauuringute Keskus*, *METLAB miljõ AB* (Rootsi), *Ecochem, a.s.* (Tšehhi). Töö tulemusena leidsid kinnitust põlevkivi tsirkuleerivas keevkihis (CFB) põletamise olulised eelised võrreldes tolmipõletusega. Tänu erakordselt soodsatele SO₂ sidumistingimustele vaba lubjaga on keevkihtkatelde SO₂ heitmed pea olematud (<10 mg/Nm³), suhteliselt madalate koldetemperatuuride tõttu on NO_x heitmed ligikaudu 1,5 korda väiksemad ja CO₂ emissioon keskmiselt 7% väiksem (s.o sarnane kivisöe vastava näitajaga).

Keevkihtkatlast lähtuvad raskemetallide, PAH-de ning dioksiinide/furaanide heitmed on samuti väga madalal tasemel ja vastavad suure varuga kõigile EL nõuetele.

Täiendavat tähelepanu väärivad vaid põlevkivi põletamisel õhku paisatavad tahked osakesed, mis on sarnaselt biomassi põletamisele, väga peened – alla 10 µm suurusega osakeste mass (PM 10) moodustab tahkete osakeste koguemissioonist massi järgi üle 90%.

Lisaks õhuheitmete alasele uurimis/arendustegevusele on Soojustehnika instituudi töötajad osalenud mitmete vastava valdkonna Eesti seadusandlike aktide koostamisel.

Soojustehnika instituudi õhuheitmete uurimisgrupil on head suhted kolleegidega naabermaadest Soomest ja Rootsist.

Eriti head ja pikaajalised on koostöösidemed kolleegidega Soome Riiklikust Tehnilisest Uurimiskeskusest (VTT), kellega koos on osaletud mitmes huvitavas koostööprojekti ning katlaheitmete võrdlusmõõtmistel nii Eestis kui ka Soomes.

Oma töö tulemusi on tutvustatud paljudel rahvusvahelistel konverentsidel ja seminaridel.

Juba üle kümne aasta osaletakse iga-aastaselt seminaril Lahtis *Päästömittajapäivat*, kus tutvustatakse naabritele oma tegemisi ja jagatakse vastastikku praktilisi kogemusi õhuheitmetest ja nende määramisega seonduvast, näiteks EL heitmete mõõtmise ja järelevalvega seotud seadusandlike aktide tõlgendamisest.

Illustratiivne materjal õhuheitmete määramisest glütserooli ja biomassi koospõletusel STI katlalaboris, Eesti Elektri jaamas, Lahti seminarilt *Päästömittajapäivat* ja võrdlusmõõtmistelt Hanasaare Elektri jaamas Helsingis esitatakse lk 93 ja 94.

KASVUHOONEGAASIDE EMISSIOON ENERGEETIKA SEKTORIST

INGE ROOS

TTÜ Soojustehnika instituut

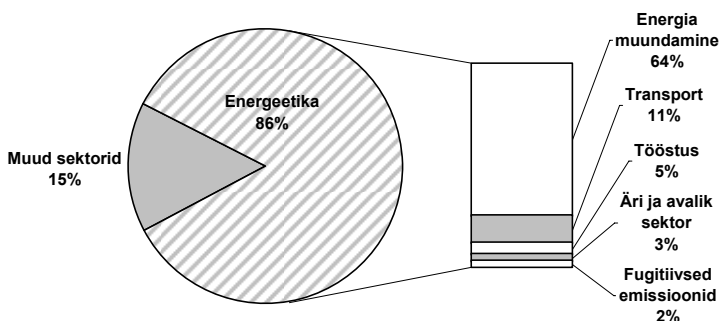


Sissejuhatus. 11. detsembril 1997. a võeti Jaapanis Kyotos kliimamuutuste raamkonventsiooni osapoolte kolmanda konverentsi raames vastu *Kyoto protokoll*. See konventsiooni rakendusakt mõjutab kõiki suuremaid majandussektoreid ja on kõige kaugemale ulatuva jõuga keskkonna- ja säästva arengu kokkulepe, mis kunagi vastu võetud. Lisaks kohustuste kehtestamisele seoses kasvuhoonegaaside heitkoguse vähendamisega püstitab *Kyoto protokoll* ka kindlaid nõudeid heitkoguste seire ja aruandluse kohta. Kõige muu hulgas tuleb igal kliimamuutuste raamkonventsiooniga liitunud riigil läbi viia iga aastane kasvuhoonegaaside inventuur ja koostada inventuuri aruanne.

Riiklik kasvuhoonegaaside aruanne hõlmab kuut sektorit: energeetika, tööstusprotsessid, põllumajandus, metsandus, lahustid ja jäätmemajandus. TTÜ Soojustehnika instituut vastutab kasvuhoonegaaside heitkoguste inventuuri läbiviimise eest energeetika sektoris.

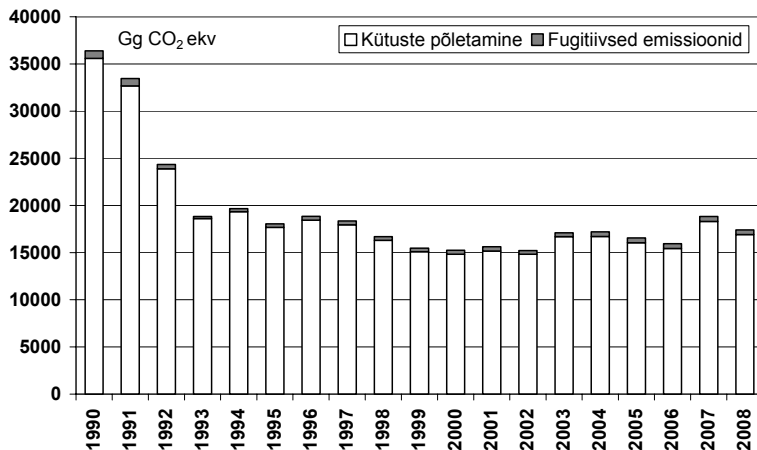
Energeetikasektori ülevaade. Energeetika sektor emiteerib kolme antropogeenset kasvuhoonegaasi: süsinikdioksiidi (CO_2), metaani (CH_4) ja dilaammastikoksiidi (N_2O), milledest domineerivam on CO_2 .

Energeetika sektor on suurim kasvuhoonegaaside allikas Eestis. 2008. aastal moodustasid kasvuhoonegaaside heitkogused energeetika sektorist 17,4 mln tonni CO_2 ekvivalenti, mis on ligikaudu 86% kogu Eesti heitkogustest. Võrreldes 1990. aastaga, kui energeetika sektori heitkogused moodustasid 36,4 mln t CO_2 ekv on vähenemine olnud üle 50 protsendi (joonis 1).



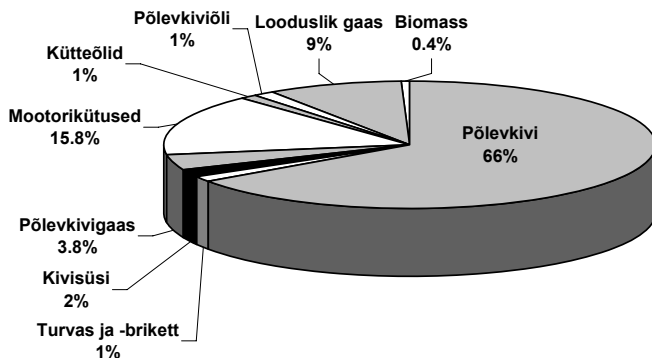
Joonis 1. Energeetika sektori kasvuhoonegaaside heitkogused võrreldes 2008. a koguemissiooniga

Enamus, ehk 97,5% energeetika sektori kasvuhoonegaaside heitkogustest 2008. aastal tulenesid fossiilsete kütuste põletamisest, ainult väikese osa, ligikaudu 2,5% moodustasid fugitiivsed ehk lenduvad kasvuhoonegaasid (põhiliselt metaan). Fugitiivsed heitmed tekivad fossiilsete kütuste käitlemisel, nagu ladustamine, lekked gaasitrassidest, lekked lõpptarbija juures, vedelkütuste ümberpumpamine, jne (joonis 2).



Joonis 2. Kasvuhoonegaaside heitkogused kütuste põletamisest ja fugitiivsed heitmed kütuste käitlemisest 2008. aastal, Gg CO₂ ekv

2008. aastal moodustas kohalike kütuste (põlevkivi, turvas ja puit) osatähtsus primaarenergia struktuuris ligikaudu 74%. Imporditi põhiliselt maagaasi (14%), vedelkütuseid (11%) ja vähesel määral kivisütt (1%). Kasvuhoonegaaside heitkogused kütuste kaupa on näha joonisel 3.



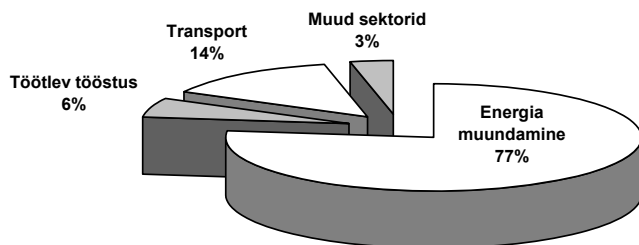
Joonis 3. Kasvuhoonegaaside heitkogused tarbitud kütuste kaupa 2008. a

Tabel 1. Kasvuhoonegaaside heitkogused tarbitud kütuste kaupa, Tg CO₂ ekv

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Põlevkivi	21,60	11,65	9,95	10,43	9,70	12,08	11,04
Turvas ja brikett	0,54	0,40	0,19	0,19	0,20	0,25	0,22
Kivisüsi	0,96	0,25	0,23	0,15	0,19	0,34	0,34
Põlevkivigaas	0,84	0,74	0,42	0,46	0,46	0,60	0,64
Mootorikütused	3,66	1,80	1,86	2,48	2,69	2,88	2,67
Kütteõlid	5,59	1,18	0,52	0,33	0,21	0,23	0,19
Põlevkiviõli	0,00	0,56	0,33	0,36	0,30	0,23	0,23
Looduslik gaas	2,38	1,06	1,29	1,56	1,59	1,59	1,50
Muu	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04	0,04	0,03
Biomass	0,01	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05
Kokku	35,58	17,67	14,82	16,04	15,43	18,30	16,90

Põlevkivi põletamine põhjustab üle 65% energiasektori kasvuhoonegaaside heitkogusest. Kui aga lisame põlevkivile ka põlevkivist toodetud põlevkiviõli ja õli tootmise kaasprodukti põlevkivigaasi saame osakaaluks üle 70% kasvuhoonegaaside heitkogusest (vt joonis 3 ja tabel 1). Mootorikütuste tarbimine annab ligikaudu 16% ja maagaas 9% kasvuhoonegaaside heitkogusest. Ülejäänud kütuste osa on marginaalne: kivisüsi 2%, turvas ja turbabrikett 1,3%, muud kütused (õlijäätmed, plastid, jne) 0,2% ja puit jm biomass (must leelis, biogaas) 0,3%. Biomassi põletamisel lähevad arvesse vaid CH₄ ja N₂O, kuna vastavalt rahvusvahelisele kokkuleppele loetakse biomassi põletamisest eralduva CO₂ kogus võrdselt nulliga (kuna biomass seob oma elu jooksul sama koguse süsinikdioksiidi).

Kütuste põletamisest tekkinud kasvuhoonegaaside heitkogustest lõpptarbimise sektorite kaupa annab ülevaate joonis 4.

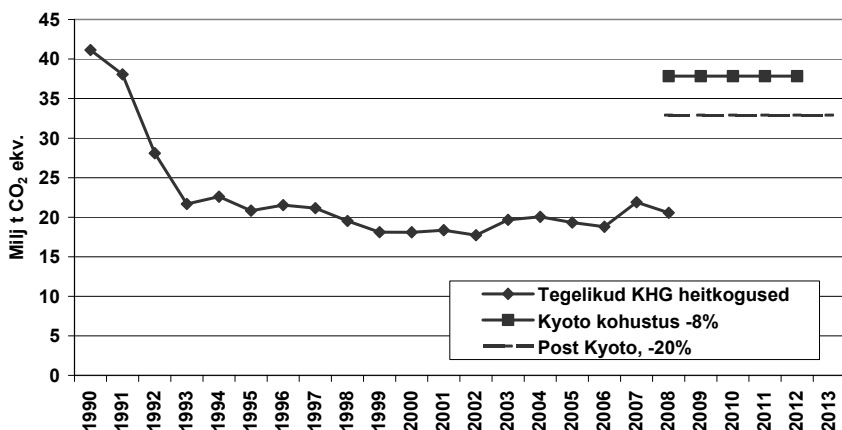


Joonis 4. Kasvuhoonegaaside heitkogused lõpptarbimise sektorite kaupa 2008. aastal

Kõige rohkem kasvuhoonegaase, 77% kogu energiasektori heitkogustest põhjustab energia muundamise sektor, mille alla kuuluvad elektri, soojuse ja kütuste tootmine ning energiasektori omatarve. Järgmine on transpordisektor 14%-ga, töötleva tööstuse sektori osakaaluks on 6% ja ülejäänud 3% heitkogustest annavad äri ja avalik sektor, kodumajapidamine ja põllumajandus. Kui me võrdleme samu sektoreid 1990. aastaga, mis on Kyoto baasaastaks, siis kõige rohkem on suurenenud transpordisektori osakaal, mis moodustas 1990. aastal vaid 7%, töötlev tööstus on jäänud samaks ja vähenenud on energia muundamise ja muude sektorite osakaal (vastavalt 81% ja 6% 1990. aastal).

Vastavalt Euroopa Liidu uuele kliimapolitiikale peavad EL liikmesriigid vähendama pärast Kyoto esimese perioodi (2008-2012) lõppu oma kasvuhoonegaase keskmiselt 20% võrreldes 1990. aastaga.

Joonisel 5 on kujutatud Eesti tegelikud kasvuhoonegaaside heitkogused, Kyoto kohustus ja uus, nn Post-Kyoto kohustuse joon.



Joonis 5. Eesti tegelikud KHG heitkogused 1990-2008, Kyoto kohustus ja Post-Kyoto sihtarv

Eesti kasvuhoonegaaside summaarne heitkogus moodustas 2008. aastal 20,57 miljonit tonni CO₂ ekvivalenti, s.o 50% baasaasta, 1990. aasta heitkogusest (41,14 mln t CO₂ ekv). Nagu nähtub ka jooniselt 5, ei ole Eestil ilmselt probleemi ka Post-Kyoto kohustuse täitmisega.

Hoopis teine probleem on aga ettevõtetega, kes kuuluvad emissioonikaubanduse süsteemi (ETS). Vastavalt uuele Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiivile 2009/29/EÜ müüakse alates 2013 aastast vähemalt 2/3 saastekvoote oksjonil. Eriti puudutab see energiasektorit.

Seega võib kokkuvõtteks öelda, et vaatamata sellele, et Eesti täidab oma riikliku Kyoto kohustuse vähendada 8% kasvuhoonegaaside heitkogustest aastatel 2008 kuni 2012 võrreldes 1990. a tasemega ja ilmselt ka EL uue kliimapoliitikaga sätestatud 20%-lise (võrreldes 1990. aastaga) KHG-de heitkoguste vähendamise aastaks 2020 on vaja teha tõsisemaid jõupingutusi energiasectori heitkoguste kärpimisel.



ENERGIAMAJANDUSE ARENGUST EESTIS

SULEV SOOSAAR

TTÜ Soojustehnika instituut

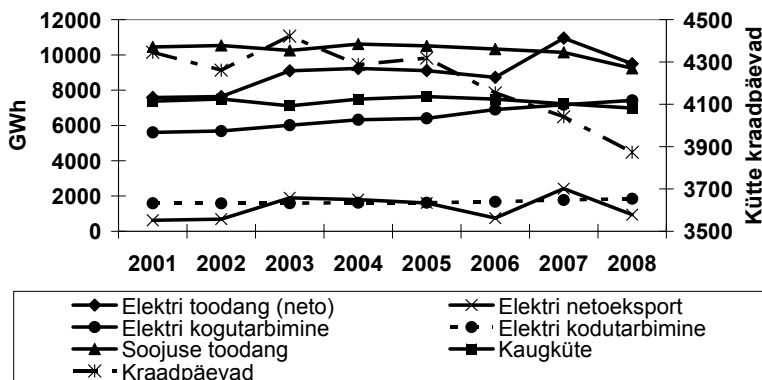
Energiatarbimise üldised arengutendentsid viimastel aastatel. Viimase ligi kahe aastakümne jooksul Eesti ühiskonnas ja majanduses toimunud muutused on tunduvalt muutnud olukorda ka elektri- ja soojusvarustuses. Järgnevalt on esitatud aastatel 2001–2008 toimunud arengutendentside lühiülevaade.

Nii elektri toodang kui ka tarbimine on kasvanud. Mõnel aastal on elektri toodang tulenevalt ekspordivõimalustest ka vähenenud, kuid kogu perioodil 2001–2008 on kasv olnud kokku 25,1%, seega keskmiselt 3,3% aastas. Seejuures ületas toodang (neto) 2007. aastal 10 TWh piiri. Elektri tarbimine on samal ajavahemikul kasvanud pidevalt ja veelgi kiiremini – kokku 32,5% (4,1% aastas). Kodutarbijate elektrikasutus on samuti tõusnud – 16,4% võrra ehk 2,2% aastas. Kodudes kasutati 2008. aastal neljandik Eestis tarbitud elektrist.

Erinevalt elektrist on soojuse tarbimine ja vastavalt ka tootmine vähenenud. Võrreldes 1990. aastaga toodetakse soojust ligi kolm korda vähem, viimastel aastatel on toodang stabiliseerunud 9–10 TWh-le aastas, sellest 70–75% on moodustanud kaugküte¹. Täpsem analüüs küll puudub, kuid tõenäoliselt on hakanud mõju avaldama hoonete soojustamise meetmed. Edu on saavutatud ka soojuse võrgukaudude vähendamisel – Statistikaameti andmetel on soojuse edastamiskadod vähenenud perioodil 2001–2008 peaaegu kolmandiku (31,6%) võrra, olles 2008. aastal kaugküttesoojuse kohta arvatuna keskmiselt 13,7%. Kütteks kasutatava

¹ Eesti energiatatistika erineb soojuse osas rahvusvahelisest (nt Eurostat, *Rahvusvaheline Energiaagentuur*) riikide tasandil peetavast statistikast, kuna viimases arvestatakse toodetud ja tarbitud soojusena ainult kaugküttesoojust (s.o tootjate poolt müüdud soojust). Tootja oma tarbeks kasutatud tehnoloogiline ja muu mitte müüdud soojus võetakse energiabilansis arvesse ainult kasutatud kütusena.

soojusekoguse aastevahelisel võrdlemisel tuleb arvestada väliskliima muutumist, mida väljendatakse kütte kraadpäevade abil (vt Joonis 1).



Joonis 1. Energia muundamise ja kasutamise areng aastatel 2001-2008

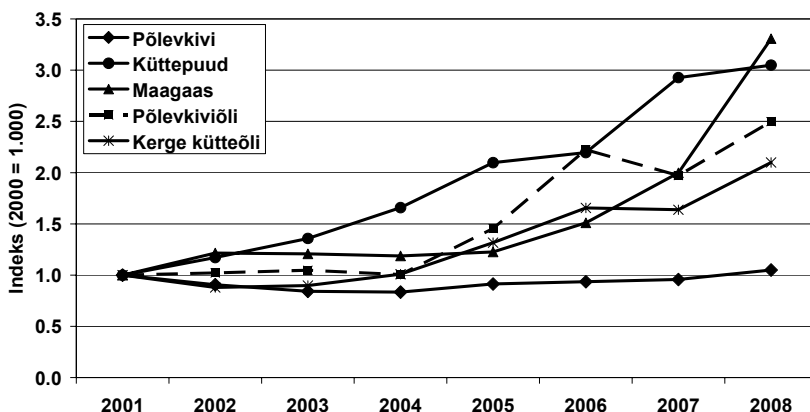
2008. a toodeti katlamajades ja elektrijaamades soojust 9,2 TWh, sellest 7,0 TWh oli kaugküttesoojus. Soojuse tarbimine oli Statistikaameti andmetel 2008. aastal 8,3 TWh, sellest ligi poole (46,9%) moodustas elamute kaugküte.

Põhilised andmed elektri ja soojuse tootmise mahtude muutumise kohta viimastel aastatel on esitatud joonisel 1, kus on toodud ka aastate välistemperatuuri kajastav kütte kraadpäevade arv, mis iseloomustab erinevatel aastatel kütteks vajavat energiakogust.

Elektri tootmisel kasutatavate kütuste osatähtsused on viimastel aastatel (2001–2008) vähe muutunud – endiselt on valdavaks põlevkivi (91-93%), siiski on põlevkivi roll aeglaselt vähenemas. Maagaasi osa on olnud 3,0-5,0% ning põlevkiviõli ja -gaasi osatähtsus on peaaegu sama suur, teiste kütuste osa on olnud marginaalne. Soojuse tootmiseks kasutatud kütuste struktuuris on aastatel 2000-2008 toimunud suuri muutusi. Väga oluliselt on vähenenud kütteõlide kasutamine, näiteks raske kütteõli osatähtsus on langenud 6,3%-lt (2001. a) 0,4 protsendini 2008. a. Vähenenud on ka põlevkivi ja kivisöe kasutamise osa. Kodumaistest kütustest on oluliselt kasvanud puidu ja teatud määral ka turba kasutamine. Importkütustest on suurenenud maagaasi osatähtsus – 35,9% (2001. a) kuni 44,6% (2008. a).

Kütuste ja energia hindade areng. Kütuste hindade muutumise analüüs näitab, et kõik kütused on viimaste aastate jooksul kallimaks muutunud (vt joonis 2). See tendents kehtib nii imporditud kui ka kodumaiste kütuste kohta. Eriti kiirenes kütuste hindade tõus alates 2005. aastast. Peamiseks põhjuseks oli nafta hinna kiire tõus maailmaturul. Kui 2007. aastal oli nafta hind olnud vahemikus 70-80 USD/bbl, siis järgnenud kiire tõus viis hinna juuliks 2008. a ligi kahekordseks (147 USD/bbl). Seejärel hakkas hind järsku langema, kuid alustas uut, siiski oluliselt aeglasemat tõusu 2009. a alguses. Selline muutus tingis otseselt kütteõli hinna tõusu ja tõi teatud ajanihkega kaasa ka maagaasi hinna järsu tõusu. Mõju teiste kütuste hinnale oli kaudsem ja suurema ajanihkega. Eestis regionaalselt kasutatav põlevkivi on ainuke kütus, mille kallinemine on jäänud vägagi tagasihoidlikuks. Statistikaameti jooksev statistika energiaettevõtete poolt ostetavate kütuste hinna kohta näitab 2009. a jooksul hinna mõõdukat alanemist.

Kütuste hinna järsk tõus avaldas otsest mõju ka soojuse hinnale. Müüdud soojuse, s. t kaugküttesoojuse hinna täpsem analüüs on raskendatud, kuna Eestis puudub vastav regulaarne statistika. Statistikaamet avaldab küll kord aastas soojuse keskmist hinda, kuid see kajastab ainult ettevõtete poolt ostetud soojuse kaalutud keskmist hinda. Eelnimetatud hinnad (käibemaksuta) perioodi 2001–2008 kohta on esitatud tabelis 1.



Joonis 2. Kütuste hindade suhteline muutumine aastatel 2001-2008

Tabel 1. Ettevõtete poolt ostetud soojuse hind ja selle muutus 2001-2008

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Hind, kr/MWh	332	345	343	374	369	424	503	691
Indeks 2001. a suhtes	1,000	1,039	1,033	1,127	1,111	1,277	1,515	2,081

2008. aasta keskmine soojuse hind oli üle kahe korra (108,1%) kõrgem kui 2001. aastal. Võrreldes soojuse hinna tõusu üldise tarbijahinna indeksi muutumisega, mis samal perioodil oli 39,1%, nähtub et soojuse hind on tõusnud 2,8 korda kiiremini kui tarbijahinnad keskmiselt. Kuna ülalesitatud andmed näitavad ainult ettevõtete poolt ostetud soojuse hinda, siis ei saa neist teha järeldusi kogu kaugküteturu kohta, sest elanikkonnale müüdav soojus on reeglina kallim.

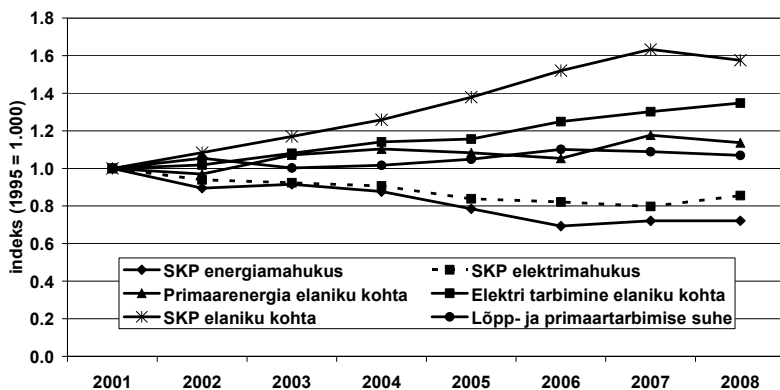
Kütuste ja energia hinda Eestis peetakse siinsete tarbijate poolt kõrgeteks, kuid rahvusvaheline statistika viitab meie hindade madalale tasemele. Nii näitab Eurostati poolt tehtav regulaarne võrdlus, et näiteks maagaasi müügihind Eestis on peaaegu kõige madalam ELs. Nii moodustas 2009. a esimeses kvartalis siin kodutarbijale müüdava maagaasi käibemaksuga hind (171,49 EEK/GJ) ainult 67,6% EL-27 riikide keskmisest hinnatasemest (253,63 EEK/GJ). Meie kodutarbijatest vähem pidid gaasi eest maksma ainult tarbijad Poolas ja Rumeenias. Vastupidi levinud seisukohale valuutade ostujõu arvesse võtmine olukorda oluliselt ei muuda – gaasi hind Eesti kodutarbijatele on EL-27 riikides odavuselt kuusandal kohal.

Sarnane, kuid veelgi äärmuslikum, on olukord elektri hinnaga. Valuutade nominaalsest vahetuskursist lähtudes on tööstustarbijatele müüdav elekter (maksudeta) EL-27 riikide hulgas odavaim (1,01 EEK/kWh), kodutarbijatele on elekter Eestist odavam ainult Bulgaarias (1,02 EEK/kWh). EL-27 riikide keskmisest hinnast tööstustarbijatele (1,64 EEK/kWh) moodustab vastav hind Eestis ainult 63,5%. Kui võtta arvesse valuutade reaalselt ostujõudu, oli Eestis kodutarbija elekter (kõik maksud hinnas) 2009. a esimeses kvartalis ELs odavuselt neljandal kohal – odavam oli elekter ainult Soomes, Prantsusmaal ja Kreekas. Eestis on elekter odav, kuna valdavalt toodetakse seda kohalikust põlevkivist, mille hinda mõjutab kütuste maailmaturg vähe ja siinsed keskkonna- ning ressursimaksud on suhteliselt madalad. Prognooside kohaselt hakkab elektri hind Eestis lähiaastatel oluliselt tõusma. Suhteliselt kiire tõusu põhjuseid on mitmeid: elektrituru avanemine, keskkonna- ja ressursitasu ning aktsiisimaksu tõstmine, kasvuhuonegaaside kõrgem maksustamine ja heitmekvoodi alanemine. Lisaks mõjutab lähiajal hinda tõusu

suunas ka taastuvallikate kasutamise toetamine – näiteks 2010. aastal on vastav tarbijate poolt makstav hinnalisa Eestis juba 12,64 s/kWh (käibemaksuta).

Kaugküttesoojuse hinna võrdlus naabermaa Soomega näitab, et hinnatasemed on lähedased, kuid kohati on soojuse hind Eestis isegi kõrgem. Seisuga 1. juuli 2009. a ostsid suured kortermajad Soomes soojust keskmise hinnaga 915 EEK/MWh (käibemaksuga), samal ajal müüs näiteks AS Tallinna Küte soojust hinnaga 861 EEK/MWh (käibemaksuga), kuid oktoobrist 2008. a kuni sama aasta lõpuni oli hind olnud oluliselt kõrgem – 1208 EEK/MWh. Konkurentsiameti poolt riiklikult reguleeritavate piirhindade hulgas ületas ka 2010. a algul mitmes soojusettevõttes hind 1000 EEK/MWh taset, kusjuures kõrgeimaks hinnaks oli 1168 EEK/MWh. Mitmes soojuse riikliku hinnaregulatsiooni alla mittekuulavas väikeettevõttes oli soojus veelgi kallim.

Energiakasutuse tõhususest. Energia muundamise ja kasutamise efektiivsuse (energiatõhususe) tõstmine on muutumas üha aktuaalsemaks probleemiks. Energiatõhusust riigi tasandil väljendab kõige iseloomulikult sisemajanduse koguprodukti (SKP) energiamahukus – toodangu ühikule kuluv energiakogus. Tehnilisema näitajana kasutatakse lõpptarbimise ja primaarenergia suhet, mis on teatud määral energeetilise kasuteguri analoogiks riigi tasandil. Energiamahukuse ja -efektiivsuse mõnede näitajate muutumist viimastel aastatel Eestis näitab joonis 3.



Joonis 3. Energiamajanduse tõhususe näitajate suhteline areng aastatel 2001-2008

Kahjuks tuleb tõdeda, et majanduse energiamahukuselt on Eesti EL-27 riikide hulgas viimaste seas. Eurostati andmetel oli 2007. aastal majandus Eestist energiamahukam ainult Bulgaarias ja Rumeenias. Siinjuures tuleb rõhutada, et antud

näitaja korral on madalast energiatõhususest olulisemaks mõjuriks SKP üldine madal tase Eestis. Positiivne on siiski, et viimastel aastatel (2001–2008) on meie majanduse energiamahukus jõudsalt vähenenud, seda peamiselt majanduse (SKP) kiire kasvu tõttu. Siiski on vähesel määral paranenud ka energia lõpptarbimise suhe kasutatud primaarenergiasse.

Seega on Eestil veel pikk tee minna jõudmaks energiakasutuse tõhususelt EL keskmisele tasemele. Eestis on energiatõhususe tõstmisele tähelepanu pöördunud juba 1990ndate algusest. Energiasäästu hakati riiklikult tähtsustama 1992. aastal, kui koostati esimene energiasäästu sihtprogramm. Järgmine riiklik programm (aastateks 2000–2005) kinnitati 2000. aastal. Eesti programmidega seati küll mitmeid sihte, kuid kuna neil puudus seaduse jõud, siis jäi rahastamine tagasihoidlikuks. 2006. aastal võeti ELs vastu direktiiv (2006/32/EÜ), millega kohustatakse liikmesriike koostama energiatõhususe tegevuskava, mis tagaks lõpptarbimises 2016. aastaks 9% säästu võrreldes aastatel 2001–2005 keskmiselt tarbitud energiakogusega. Seda eesmärki taotleb ka Eesti praegune (aastateks 2007–2013) energiasäästu sihtprogramm.

Energeetika arengu kavandamisest. Energiamajanduse üldise arendamisega seotud probleeme on viimastel aastatel hakatud Eestis rohkem tähtsustama. Riigi tasandil väljendus see kahe olulise riikliku arengukava vastuvõtmisega 2009. aastal.

Elektrimajanduse arendamise üldised suunad olid seni esitatud *Elektrimajanduse arengukavas 2005–2015*. Veebruaris kiitis vabariigi valitsus heaks *Elektrimajanduse arengukava aastani 2018*. Nagu eelmiseski arengukavas, on uue kava põhieesmärgina nimetatud Eesti elanikele pideva, säästliku ja vastuvõetava hinnaga elektrivarustuse tagamist. Töökindla elektrivarustuse tagamiseks kavandatakse panustamist nii tootmisvõimsuste (s.h ka tipu- ja reservvõimsuste) kui ka rahvusvaheliste ühendusliinide rajamisse, samuti võrguteenuste kvaliteedi parendamisse. Elektri tootmise osas näeb kava ette olulisi muudatusi järgneva 10–15 aasta jooksul: kasvatada elektri ja soojuse koostootmise võimsusi 300 MW-ni, renoveerida veel kaks plokki (kokku 600 MW) Narva elektrijaamades ja suurendada tuulegeneraatorite koguvõimsust kuni 900 MW-ni tagades seejuures vajaliku reservvõimsuse olemasolu. Kava ei välista ka tuumaenergia kasutuselevõttu, kuid seda kaugemas perspektiivis – peale 2023. aastat. Eestis asuvatele tarbijatele põhjendatud hinnaga elektrivarustuse tagamisele peavad kaasa aitama elektrituru avamine, elektribörsi käivitamine, taastuvallikaid kasutavate ja koostootmisjaamade toetusseemide tõhustamine. Kokku nähakse ette arengukava raames kuni aastani 2018 kavandatud tegevuste rahastamiseks 17,5 miljardit krooni.

Juunis kinnitas Riigikogu *Energiamajanduse riikliku arengukava aastani 2020*, mis asendab 2004. aastal kinnitatud kava, mille ajahorisont ulatus aastani 2015. Uus kava esitab Eesti energiapoliitika kõige üldisemad arengusuunad kuni aastani 2020, seostades omavahel eelnevalt vastuvõetud strateegilisi dokumente, millest põhilised on:

- *Elektrimajanduse arengukava aastani 2018*;
- *Põlevkivi kasutamise arengukava 2008-2015*;
- *Biomassi ja bioenergia kasutamise edendamise arengukava 2007-2013*;
- *Energiasäästu sihtprogramm 2007-2013*.

Samas annab kava ka suunad kahe uue arengudokumendi koostamiseks:

- *Soojusmajanduse arengukava*;
- *Taastuvenergia tegevuskava*.

Energiaallikate osas seab kava sihiks vähendada põlevkivi osakaalu suurendades selleks teiste allikate osatähtsust selliselt, et ühegi ressursi osatähtsus ei ületaks 20% kogutarbimisest. Tagamaks säästlikku energiavarustust ja -tarbimist kavandatakse energiatõhususe parendamist nii elektri ja soojuse tootmisel, kui ka edastamisel ja tarbimisel. Selleks nähakse ette suurendada avalikkuse teadlikkust võimalikest meetmetest ja innovaatilistest tehnoloogiatest ning lubatakse kaasa aidata uute lahenduste evitamisele.

Kokkuvõtlikult – energia muundamise ja kasutamise tõhusust saab käsitleda ühe olulise energeetilise lisaressursina, mille realiseerimine aitab samal ajal vähendada energeetika kahjustavat mõju keskkonnale. Selliste eesmärkide poole liikumises on oluline roll ka kõigil ESTISe liikmetel.

TUULEENERGEETIKA

INDREK PERTMANN, VELLO SELG
TTÜ Soojustehnika instituut



Sissejuhatus. Tuuleenergeetika on olnud TTÜ Soojustehnika Instituudi (STI) teadurite, õppejõudude ja üliõpilaste pideva tähelepanu all juba alates aastast 1982. Esimesed tuuleenergeetika alased diplomitööd STI-s valmisid 1984.

Soojustehnika instituudi tuuleenergia uurimistööde põhisuunad. STI uurimistööde põhieesmärk on välja töötada tuuleenergia ja tuulejõuseadmete kasutamise ning tuulikute võimaliku kohapealse tootmise kontseptsioon Eestis. Sellest johtusid esialgsed tähtsamad ülesanded (kaksikümne aastat tagasi):

- Läbi viia tuuleuuringuid STI lähikonnas (Kopli poolsaarel, Paljassaarel) ja mujal Eestis eesmärgiga leida sobivaimad asukohad esimeste tuuleelektrijaamade rajamiseks Eestis;
- Taani Energiaagentuuri abiga rajada STI juurde Tuuleuuringute Keskus ja teha vajalikke ettevalmistustöid 200-250 kW näidistuuliku püstitamiseks;
- Tuuleenergeetika alase koostöö laiendamine välispartneritega (Saksa LV, Soome, Taani jt);
- Tuuleenergeetika tasuvuse majandusanalüüs ja elektrihinna kujunemise prognoos;
- Tuuleenergeetika arengut Eestis takistatavate põhjuste väljaselgitamine;
- Väikevõimsusega (5-20 kW) talutuuliku kontseptsiooni väljaarendamine, misjuures tuuliku koostisosi oleks võimalik toota Eesti tööstustes.

Tuuleuuringud. Koostöös Taani Energiaagentuuriga oli kavatsus rajada STI juurde Tuuleuuringute Keskus ja paigaldada Kopli piirkonda näidis-tuuleelektrijaam. See tingis vajaduse jätkata üliõpilaste poolt alustatud tuulemõõtmisi Koplis eksperimentikorra valmistas anemomeetriga ja Energeetika Instituudilt laena-

tud NRG tüüpi anemomeetriga. Mõlema anemomeetri andmed registreeriti arvuti-ga koos analoog-digital muunduriga (*Pico, mudel ADC-100*), andmed töödeldi üliõpilase M. Laaniste koostatud programmipaketi abil. Peagi sai selgeks, et usaldusväärne tuulemõõtmine nõuab mõne tunnustatud firma tuulemõõtmiskomplekti hankimist. Töö omavalmistatud anemomeetriga viitas ka vajadusele rakendada meetmeid anemomeetri jäätumise vastu.

Tänu Eesti Majandusministeeriumi toetusele hangiti kahest erineva suurusega anemomeetrist, tuulesuuna andurist ja registreerimisest seadmest koosnev komplekt koos vajalike lisadega (kaablid jt) ning see paigaldati STI hoone katusele. Kõik andurid asusid ühel ja samal kõrgusel, paigaldatuna ristikuuliselt konsoolidele vahekaugusega 1,25 m. Lisaks tuulekiiruse registreerimisele Koplis oli uuringute eesmärk ka võrrelda erinevate anemomeetrite tööd ühesugustel välistingimustel. Kasutati anemomeetreid *Thies Classic*, *Thies Compact* ja *NRG # 40 Maximum*.

Lisaks mainitud anemomeetritele kasutati *Thies Compact* (vahendajafirma markeering Ammonit P6240) potentsiomeetriga (takistus 0-2000 Ω) tuulesuunamääraja lahutusvõimega 0,5 nurgakraadi, millel samuti on jäätumisvastane küttekeha (20 W, 24 V).

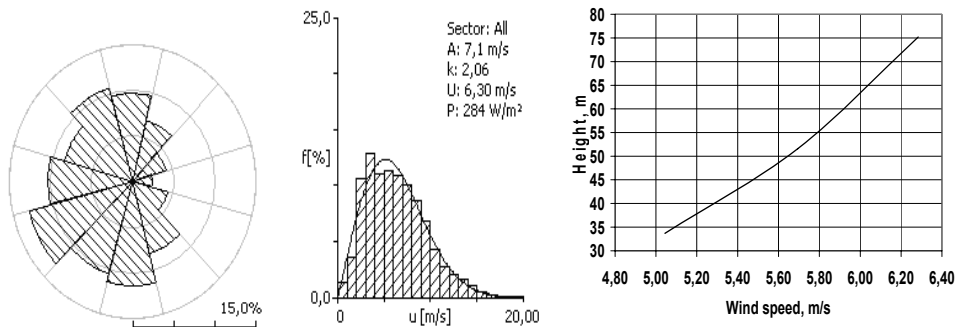
Esimese kahe anemomeetri ja tuulesuunamääraja näidud registreeris firma Ammonit programmeeritav kontrollor *Windsiter 420*. Kolmanda anemomeetri näite registreeris arvuti üle analoog-digital muunduri (*Pico, mudel ADC-100*).

Järgmine samm tuuleuuringutes oli paigaldada Eesti põhja- ja läänearannikul asu-vatesse mobiiltelefoni mastidesse anemomeetrid, tuulelipud, temperatuuri- ja õhurõhuandurid (UNDP poolt finantseeritud tuuleuuringute raames). Tuule mõõtmisandmed saadeti STI-sse GSM-i mobiilside kaudu. Üllalootetud seadmetega mõõdeti tuult Prangli saarel (GSM mastis), Uulu lähedal (GSM mastis) ja Virtsus (Eesti Energia alajaama endises sidemastis).

GSM mooduliga kontrollorid hangiti Saksa firmalt *Wilmers*. Mõõtekomplektidel olid *Thies Classic* tüüpi anemomeetrid, mis kõik olid eelnevalt taadeldud (kalibreeritud) Saksa uurimisinstituudi DEWI tuulekanalis. Mõõtekomplekti mõõtmistäpsus oli ± 0.12 m/s.

Tuulemõõtmised Pakri tuulepargis. Aastal 2005 mõõdeti tuult Pakri tuulepargis (projekti 8 x 2.5 MW *Wind Turbines with Crane-free Erection to be Implemented in Estonia* raames). Teleskoop-mõõtemast kõrgusega 80 m paiknes Pakri tuulepargist lääne pool. Tuule kiirust mõõdeti kolme *Vector A100L2* anemomeetriga kõrgusel 33,7 m; 51,6 m ja 75,2 m. ning tuulelipuga *Wind Direction Sensor* standard, 72,7 meetri kõrgusel maapinnast. Lisaks tuule kiirusele ja suunale mõõdeti õhu

rõhku, temperatuuri ja sademeid. Joonisel 1 on ära toodud tuuleroos aprillist kuni septembrini 2005 ja *Weibulli* jaotus 75,2 meetri kõrgusel maapinnast ning tuule kiiruse profiil.



Joonis 1. Tuulemõõtmiste koondandmed Pakri tuulepargis

Tuuleparkide toodangu prognoosimine WASP programmiga. Alates aastast 2002 on STIs tuuleparkide toodangut prognoositud WASP programmiga ja tänaseks on prognoosid koostatud umbes kümne tuulepargi toodangu kohta. Tuuleparkide toodangu prognoosid hõlmavad tuulemõõtmisi vähemalt ühe aasta lõikes. Ideaaljuhul peaksid mõõtmised olema teostatud täpselt tulevase tuulepargi asukohas ja tuuliku naba kõrgusel, vastasel juhul tuleb tuule kiiruse mõõtmised läbi viia vähemalt kahel kõrgusel. Tuuleandmete põhjal koostatakse tuule *Weibulli* jaotus ja tuuleroos ning üldine tuulekliima antud piirkonna jaoks. Prognoosimine vajab ka võimalikult täpset vaadeldava piirkonna kõrgus- ja karedusjoontega kaarti. Üksikasjaliselt tuleb kirjeldada ka kõiki tuulemõõtemasti ümbritsevaid objekte. Seejärel tuleb valida soovitud tuulikute tüübid, nende mastide kõrgused ja paigutada nad kaardile (tuulikute asukohad on tavaliselt eelnevalt kindlaks määratud). Seejärel arvutab programm üksikute tuulikute aastased toodanguprognoosid, arvestades ka tuulikute varjutust üksteise suhtes.

Püstiteljega väiketuuliku väljatöötamine. Vaatamata elektrienergia lauskasutamisele elab maailmas u kaks miljardit inimest piirkondades, kuhu ka tulevikus suured elektrivõrgud ei ulatu ja kus soojus- ja elektrivarustust saab parendada taastuvate energiaallikatega autonoomsete kohtvõrkude abil. See stimuleerib uurima võimalusi toota elektrit ja soojust autonoomse lihtsa ehituse ja käsitsemisega väiketuulikuga.

Nii kujunes üheks uurimissuunaks rõht- ja püstteljega väiketuulikute kontseptsiooni väljatöötamine ja nende karakteristikute võrdlemine matemaatiliste mudelite alusel. On valminud mitu sellealast diplomitööd ja ettekannet rahvusvahelistel konverentsidel [1, 2]. Uuringud matemaatilise mudeli abil näitasid, et soojust ja elektrit saab edukalt toota püstteljega nn H-rootori (*Darrieus*-rootori) abil. Peamine probleem seisneb selles, et sirgete tiibadega H-rootori tiivad ei pöörle tuule suunaga risti asetsevas tasapinnas vaid silindris, mille vertikaalne telg on risti tuule suunaga. Seetõttu on tegemist pidevalt muutuva ründenurgaga. Seadme töö optimeerimisel tuleb aerodünaamilisele bilansile toetuva matemaatilise mudeli abil leida parimad H-rootori parameetrid (diameeter, tiibade arv, tuule kiirusele vastav optimaalne pöörlemissagedus, tiiva profiil ja mõõtmed), mis vastaksid koormamisviisi (elektrigeneraator, pump) parameetritele. Eesmärk on saada H-rootor, mis etteantud käigulisuse $\lambda_H = \omega \cdot R_H / V$ korral arendaks soovitud võimsust. Siin $\omega \cdot R_H$ tähistab tiiva liikumiskiirust, ω – rootori nurkkiirust ja R_H – H-rootori raadiust. Tiivale pealevoolava õhu kiirus V on seejuures $\sim 2/3$ tuule kiirusest. Teine probleem seisneb selles, et autonoomses režiimis töötav H-rootoriga süsteem vajab töö alustamiseks käivitit, milleks sobib nn. *Savonius* ehk S-tüüpi rootor. Mõlemad koos moodustavad süsteemi, kus S-rootor kindlustab töö alustamisel suurema käivitusmomendi ja pidurdab hiljem pöörlemissageduse liigset kasvu, H-rootor aga kindlustab optimaalse kiirkäigulisuse korral vajaliku võimsuse. Eripäraks on peamiselt takistusprintsibiil töötava S-rootori pöördemomenditeguri cm väärtuse kahanemine oma algväärtusest 0,38 (paigalseisva rootori puhul) nullini $\lambda_S = \omega \cdot R_S / V = 1,6$ puhul [3]. Samal ajal on H-rootori optimaalne kiirkäigulisus tunduvalt kõrgem, tavaliselt $\lambda_H = 3-5$. See asjaolu võimaldabki S-rootori pidurdusefekti ($cm < 0$) kasutada võimsuskõvera kuju parandamiseks. Valides koormus-elektrigeneraatoriga ühisel völliil asuvatele H-rootorile ja S-rootorile sobiva suhtega raadiused R_S ja R_H on võimalik matemaatilise mudeli abil süsteemi optimeerida, muutes ka teisi konstruktiivseid parameetreid laias diapasonis.

Püstteljega seadme olulised eelised on tulude pööramise vajaduse (pöördlaua) puudumine, mis võimaldab generaatori paremat paigaldamist ja kaabliga ühendamist ning tiibade lihtsam valmistamine – sirged ilma väändeta ja tunduvalt odavamad tiivad. Kuid neid eelised on võimalik ära kasutada ainult siis, kui seadme kõik parameetrid on optimaalsed. Seda võimaldab STIs aastate jooksul väljatöötatud aerodünaamilisele bilansile toetuv matemaatiline mudel, mille algoritmi kirjeldus on toodud [2].

Kirjandus

1. Vello Selg, Anatoli Jegorov, Arvo Ots. Conception of a Small-Scale Wind Utilization System for Heat and Electricity Production. Wind Power for the 21st Century, 25 - 27 September 2000, Kassel, Germany, Conference Proceedings, V8.9, 3 p.
2. V. Selg, A. Jegorov. Small-Scale Wind Utilization System for Electricity and Heat Production with Vertical-Axis Wind Converter. 1st World Wind Energy Conference and Exhibition", Berlin, Germany, 4-8 July 2002.
3. Bennert, Werner, Windenergie. Verlag Technik, Berlin, 1991, 144 S.



SOOJUS- JA MASSILEVI ALASED UURINGUD TTÜ STIS

ARVI POOBUS

TTÜ Soojustehnika instituut

Soojus- ja massilevi toimivad kõikjal meid ümbritsevas looduses ja mõjutavad meie igapäevaseid tegemisi. Eriti tuleb nende seaduspärasuste uurimistulemustega arvestada uute soojustehnikaseadmete väljatöötamisel.

Esimesed sammud selles uurimisvaldkonnas tegi soojustehnika eriala rajaja Eestis Evald Maltenek eelmise sajandi 20ndail aastail, kui ta tähelepanu pälvis elamute soojapidavus ning kui tema eestvõttel võeti käsile suurejooneline üleriiklik küttesajanduse revideerimine vältimaks metsa läbimõtlematut maharaaiumist.

Süsteemaatiliselt alustati soojuslevi uuringuid eelmise sajandi 60ndail aastail, algul professor Ilmar Öpiku, hiljem aga tema õpilase professor Ilmar Miku juhendamisel. Sellealased uuringud olid seotud tolm põlevkiviküttega töötavas aurukatlas toimuva soojuslevi eripärasuste teadusliku põhjendamisega ja selle intensiivistamise meetodite väljatöötamisega. Sel perioodil tõstatusid uuelaadsed probleemid kiirgusülekanDES tingituna põhimõtetelitest muutustest katlaehitusepraktikas, arendatuna TPIs eriti just põlevkiviküttega jaoks. Enam tähtsustus hõljuvat lendtuhka sisaldava gaasiruumala soojuskiirgus avaramates gaasikäikudes katla küttepinna ja selle torude vahel. Sirm- ja membraanküttepinna evitamine tõstis kiirgava gaasi ja selles sisalduvate tuhaosakeste soojuskiirguse osatähtsust, mis kohati osutus valdavaks soojuslevi viisiks kolderuumis.

Selles valdkonnas olid kõige huvipakkuvamad Ilmar Miku uuringud, milles kiirgavat gaasiruumala käsitati mitteisotermisena ning selle omalaadse keerulise süsteemi tõlgendamise analüütilise meetodi loomine; suure optilise tiheduse kiirgava ruumala käsitus ja nurktegurite üldistamine kiirgust neelava keskkonnaga süsteemide korral. Nendest uuringutest võrsus I. Miku doktoriväitekirj.

Teine teemaring oli sirmküttepinna soojusülekanne ja tahkeosakeste sadestumine pinnale. Selle teemaatika töödes osalesid Rein Kruus, Ants Veski, Hillar Rooraid,

üliõpilased Harri Käär, Vladimir Martšenkov jt, kes ka kaitsesid teemakohased diplomitööd, nendest kaks esimest kaitsesid hiljem ka tehnikakandidaadi väitekirja (nad mõlemad on praegu ESTISE liikmed). Harri Käär siirdus 1965. a kolmandalt kursuselt õppima Moskva Energeetika instituuti, kus ta pärast diplomitöö kaitsmist jäi sihtaspirantuuri V. Ossipova juhendamisel, mille lõpetas tehnikakandidaadi kraadi kaitsmisega teemal *Metallkeraamiliste materjalide soojusfüüsikaliste omaduste uurimine monotoonsel soojusrežiimil* 1972. a. Tema tõhusast tegevusest TPIs tuleb juttu allpool.

Kolmas temaatika hõlmas uuringuid katla kolde soojusvastuvõtust ja selle sõltuvust kolde kõrgusest. Selle teema võtmeisikud Vello Selg, Rein Randmann, Arvo Ots, Arvi Poobus, Toomas Tiikma, Toomas Lausmaa, Illar Viilmann jt töötasid välja, valmistasid ja katsetasid suurel arvul mõõtesonde ja arendasid nende rakendusmetoodikat. Nende uuringute põhitulemusena tuvastati kolde küttepinna mustsuse muutumise olemus sõltuvalt massilevi tüübist. Esialgelt saastest puhta küttepinna intensiivse saastumise (šlakkumise) alas moodustub suhteliselt kõrge mustusega sadestis, mis katab ekraanküttepinna, tekitades kooriku küttepinna ja kiirgava leegi vahele, millega pärsitakse soojuslevi sadestiskihi termilisest takistusest. Kolde ülaosas, kus küttepinna saastumine puudub, kondenseerub ekraanitorudele kütuse põlemisel aurustunud mineraalainete (töenäoliselt räniühendid) aur, mis difusiooni teel kandub jahedamale pinnale; selle esmase kondensaadikihi mustsus on väga madal, põhjustades soojusülekande järsu vähenemise kiirgusest. Esimesel juhul, s.o, kui ilmneb vahekoorik, soodustab soojuslevi küttepinna intensiivne puhastamine, teisel juhul aga tuleb küttepinna sagedasest saastest puhastamisest loobuda.

1974. a loodi tööstusliku soojusenergeetika laboratooriumi juurde soojusülekande osakond, mille põhiliseks uurimissuunaks kujunes soojusvahetus tehnoloogilistes agregaatides ning materjali soojusfüüsikalised omadused. Uuringuid juhendasid Rein Kruus, Toomas Tiikma ja Ivan Klevtsov. Kui 1995.a soojusenergeetika kateeder reorganiseeriti ja tööstusliku soojustehnika teaduslaborist sai Soojustehnika instituut, mainitud osakond likvideeriti, kuid selle tegevus jätkus uurimisgruppides professorite Harri Kääri, Toomas Tiikma ja Ivan Klevtsovi juhendamisel.

Naasnud Moskvast 1972. a TPI soojusenergeetika kateedrisse Harri Käär laiendab soojusleviuuringuid mitmes uues suunas.

Esimene temaatika oli seotud ülekritilistel auruparameetritel töötava masuudi-(raske kütteõli-) katla ekraanküttepinna torude siseküljele sadestuva poorse raudoksiidsadestise tekkimise mehhanismi, struktuuri ja omaduste uurimine,

milles tähtsa osa moodustasid ülekriitilise parameetritega ainese poorses kihis keemise uuringud. Teemas osalesid Rein Kruus, Villu Vares ja Toomas Tiikma (kõik nad on ESTISe liikmed), kellest Villu Vares kaitses ka teemakohase tehnikakandidaadi väitekirja.

Teine, suuremahuline uurimistöö, mida Harri Käär juhendas, kuulus tuumaenergeetikasse. See seisnes osalemises heeliumjahutusega tuumareaktori aurugeneraatori küttepinna konstruktsiooni väljatöötamises. Uuriti grafiidisadestise struktuuri, termilist takistust ja tekkedünaamikat küttepinna generaatori käidul. Oma ette tööna selgitati välja gaasivoolu madalasageduslike helilainete mõju vältimaks inertsete tuhaosakeste sadestumist küttepinna. Tol ajal oli see ainus meetod, mis reaalselt toimis vähendamaks mainitud tuumareaktori sekundaarsoojusvaheti saastumist. Selle tööga, mis küll kahjuks katkes Tšernobõli tuumajaama 1986. a katastroofi tõttu, tegelesid Rein Kruus, Toomas Tiikma, Andres Siirde, Ivan Klevtsov, Arvi Poobus, Villu Vares, Illar Viilmann, Mart-Juhan Kuusk, Andres Taukar jt ning veel mitu üliõpilast.

Veel juhendas Harri Käär teemasid nagu mikroribitusega küttepinna termohüdraulika, tselluloositehase soodaregeneratsioonikatla küttepinna sadestise soojusfüüsikalised omadused, madalsagedusliku akustilise välja mõju gaaskütuse põlemisele. Viimane teema oli lülitatud ka Euroopa Liidu teadusuuringute programmi JOULE II. Mainitud töodes osalesid Toomas Tiikma, Dmitri Nešumajev, Vitali Borovikov ja üliõpilased.

Harri Kääri doktoritöö *Soojusfüüsikalised uurimused sadestiste ja nende puhastamise mõjust konvektiivsetele soojusvahetuspidadele*, mille ta kaitses Leedu TA Energeetika Füüsikalise-Tehniliste Probleemide Instituudi nõukogus märtsis 1991, kätkes ainult väikese osa tema teaduspagasist.

Professor Toomas Tiikma alustas oma uuringuid soojusülekanne katlas ja küttepinna sadestiste soojusfüüsikaliste omadustega, millest võrsus tema tehnikakandidaadi väitekirja, mille ta kaitses 1977. a. Ta töötas TPI jaoks välja kiirgusandurite taatlemisseadise, mille töö rajanes vedelmetallsoojuskandjaga soojustoru põhimõttel. Seadis võimaldas vajaliku täpsusega määrata aurukatla koldest võetava tuha sadestise kiirgus- ja neeldumisteguri nii põlevkivi kui ka Kansk-Atšinski pruunsöe tolmpõletamisel.

Professor Ivan Klevtsov alustas oma teadustegevust soojuslevi uuringutega tööstusahjudes, uurides nii konvektiiv- kui ka kiirgussoojusülekanne metalli kuumutamisel, koostades nende matemaatilised mudelid, mille abil modelleeriti erineva konfiguratsiooni ja suurusega kuumutatavate detailide kuumutusprotsessi jaoks. Töötati välja, valmistati ja taadeldi laboratoorselt mitmeid mõõtesonde, soorita-

maks nendega tööstuslikke katseid. Nende sondidega mõõdeti nii kiirgus- kui ka konvektiivsoojusülekanne tööstusahjudes ja aurukatelde kolletes. Töö tulemused andsid võimaluse teha esildisi täiustamaks termiliste ahjude konstruktsiooni ja käidurežiimi. Töötati välja uued täiustatud konstruktsiooniga sondid analüüsima tööstusahju töörežiime, ühele nendest saadi N-Liidu autoritunnistus. Loetletud uurimistööde baasil kaitses Ivan Klevtsov 1982. a tehnikakandidaadi väitekirja.

Edasised soojusleviuuringud hõlmasid soojusülekanne uuringuid matemaatilisel mudelil kriitilise keemise piirkonnas üleminekul mullkeemiselt kelmelisele keemisele ja vastupidi mainitud heeliumjahutusega tuumareaktori otsevooluaurugeneraatoris. Piiratud amplituudiga juhuslike protsesside teooria abil arvutati pingete pulsatsioonispekter ja anti hinnang auru genereerivate torude tööeale. Nende uuringute kokkuvõttena valmis doktoritöö, mille I. Klevtsov kaitses veebruaris 1994, ja mille alusel temale omistati TTÜ doktorikraad. Töodes osalesid Toomas Lausmaa, Toomas Tiikma ja Illar Viilmann.

Tänapäeval soojuse- ja massilevi temaatikaga tegelevatest ja kas suuremal või vähemal määral teadusuuringutega seotud õppejõududest tuleks eelkõige nimetada noorema põlvkonna esindajat Dmitri Nešumajevit, kes alustas oma teadusuuringuid algul professor T. Tiikma juhendamisel. Need hõlmasid konvektiivse soojuslevi intensiivistamise eksperimentaalseid uuringuid (vt eespooltoodud mikroribitusega küttepinna termohüdraulika uuringud, mis jätkuvad nüüdki). Osaledes biokütusel töötavate väikekatelde projekteerimises, töötas D. Nešumajev välja nn kolmanda põlvkonna soojuslevi intensiivisti, mille eripära seisneb selles, et seadise paigaldamine leeksuitsutorukatla konvektiivküttepinna torudesse intensiivistab soojusülekanne suuremal määral, võrreldes torustiku aerodünaamilise takistuse kasvuga. Loodud seadise soojusfüüsikaliste ja hüdrauliliste omaduste eksperimentaalne uurimine ja numbriline modelleerimine moodustas suure osa tema 2005. a kaitsitud doktoritööst. D. Nešumajevi juhendamisel jätkub see töö praegu ning tulemuste juurutamise ning pooltööstusliku uuringutega tegeleb praegu A. Otsa eestvõttel suur grupp (8-10 inimest) Soojustehnika instituudi töötajaid. Uuringut rahastab EAS.

Heatasemeline soojus- ja massilevi tundja on kahtlemata Aleksandr Hlebnikov, kes hetkel tegeleb doktoriväitekirjaga, mis sisaldab kaugkütte ja soojusvõrkude alaseid uuringute tulemusi.

Vanema põlvkonna õppejõududest on Arvi Poobus suunanud oma tegevuse soojustehnoloogiliste seadmete tõhususe uuringutele ja kõrgtemperatuurse tahke-soojuskandjaga vedel- ja gaaskütuse tootmisalase laboratoorse katseseadme väljatöötamisele.



10 AASTAT

SOOJUSTEHNİKUST AMETNIKU LUGU

EINARI KISEL

Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium

10 aastat tagasi sattusin ma pooljuhuslikult ESTIS*e* loomise initsiatiivgruppi, asutajaliikmeks ning ka juhatuse liikmeks. Tollal oli see minu jaoks suur üllatus: olin alles lõpetamas oma majandusmagistri õpinguid ning tegutsesin Eesti Energia AS-is keskkonnajuhina, kui Arvi Poobus kutsus mind organisatsiooni loomise juurde. Laua ümber olid suure kogemusega soojusenergeetikud, mul kollanokana jäi vaid üle imetleda, kuidas üht organisatsiooni käima pannakse. Minu tollast vanust arvestades oli minu jaoks suur au, et olin sattunud sellisesse seltskonda.

Järgnenud kümne aasta jooksul on Eesti energeetikas toimunud väga suured muutused ning need ka jätkuvad. Mul endal on olnud õnne tegeleda väga paljude erinevate teemadega, mis on mõjutanud päris oluliselt Eesti energiapoliitikat. Selle tegevuse juures on soojustehnika inseneri haridus andnud väga tugeva toe edasilükkumiseks ning otsuste ettevalmistamiseks. Samas on ESTIS*e* asjatundlik ning mõnus seltskond olnud mulle oluliseks abistavaks jõuks ka Eesti energia-poliitika ettevalmistamisel ja läbiarutamisel.

Meenutades 10 aasta tagust aega, siis varsti pärast ESTIS*e* loomist asusin ma Eesti Energia AS-s juhtima vastloodud energiakaubanduse äriüksust. Sattusin huvitavasse olukorda: soojusenergeetik hakkas looma elektriturgu! See oli Eesti energeetikas keeruline aeg: käimas olid läbirääkimised NRG-ga ning Euroopa Liiduga, elektrituru korraldus oli veel lapsekingades, seadusandlus ei vastanud enam turu vajadustele. Samas hakkas vaikselt selginema, milliseid esimesi samme on vajalik teha Eesti energeetika arendamiseks. Sattusin muu hulgas ka ministeeriumi juures tegutsevasse töögruppi, mis valmistas ette energiaseaduse muutmist. Kõik see kokku oli hindamatu kogemus edasiseks tegevuseks.

2002. aasta algusest asusin Majandusministeeriumi energeetikaosakonna juhataja ametikohale. Kahjuks pidin uuele ametikohale asudes loobuma aga ka kohast

ESTISE juhatuses: ministeeriumi ametnikuna oleks mul tekkinud potentsiaalne huvide konflikt. Jäin aga jätkuvalt seotuks ESTISega lihtlikmena.

Uuel ametikohal oli kohe väga palju tegemist: vaja oli leida lahendus ummikusse jooksnud Euroopa Liiduga liitumisläbirääkimistele energeetika peatükis, luua uus energeetika-alane seadusandlus ning uuendada riigi energiasüsteemid. Tagantjärele tundub lausa uskumatu, et poole aasta pärast suleti energeetika peatüki läbirääkimised (milles sai sätestatud erand tagamaks Narva Elektri jaamade uute plokkide rajamine), pooleteise aasta pärast jõustusid energiasüsteemide asendamine vedelkütusega, kaugkütusega, maagaasiga ja elektritootmisega koos võrgueeskirjaga.

Järgnevate aastate jooksul on analoogseid väljakutseid jätkunud pidevalt: 2004. aastal sai Riigikogu poolt heakskiidu uuendatud Energiamajanduse arengukava ning Valitsuse poolt Elektrimajanduse riiklik arengukava aastani 2015. Samal aastal loodi ministeeriumi eestvõttel pretsedent Euroopa Liidus, kui Estlink1 merekaablile anti erand direktiivist, mille alusel valmis see kaabel 2007. aastal komertsprojektina. 2005. aastaks asutati ministeeriumi poolt AS Eesti Vedelkütusevaru agentuur, mille nõukogu juhtimine mulle usaldati ning mis tänaseks on loonud riigile 90 päeva vedelkütuse varu. 2007. aastal tehtud täiendused elektritootmisest loodi aluse taastuv- ning koostootmiselektri jaamade arenguks Eestis.

Liitumine Euroopa Liiduga tõi endaga kaasa ka väga suure töömahu rahvusvahelises plaanis. Eesti esindamine Euroopa Liidu Ministrite Nõukogu energeetikadiirektorite komitees ning osalemine Euroopa Liidu ja Venemaa vahelise energiadialoogi protsessis on vaid mõned näited, mida mu ametikoht endaga kaasa on toonud. Aastatel 2007-2009 toimunud Euroopa Liidu kolmanda energiapaketi ning energia- ja kliimapaketi menetlus andis hindamatu kogemuse koostööks Euroopa Komisjoni, Nõukogu, Parlamendi, teiste liikmesriikidega ning Eesti Valitsusasutustega ja Riigikoguga. 10 seadusandlikult aktist kokku ligi 600 leheküljelise materjali läbitöötamine arvestades Eesti riigi huvisid on kogemus, mida naljalt teistel ametikohtadel ei saa.

Paralleelselt sai 2008. aastal ette valmistatud ka uuendatud energiamajanduse arengukava ja elektrimajanduse arengukava, mis arvestasid muutunud Euroopa Liidu õigusruumi ning seadsid paika ka riigi huvid energeetika arengus. Nende kavade ettevalmistuse protsess koos foorumite ning asjakohase blogiga muutus eeskujuks kõikide järgnevate riiklike arengukavade koostamisele kogu riigis. Arengukavade alusel koostatud seadusemuudatused peavad aitama kaasa ka nende kavade elluviimisele. 2009 aastat jääb muuhulgas meenutama OÜ Elering

eraldumise protsess Eesti Energia AS-st, mille vajalikkusest oli räägitud piki aastaid.

Alus on loodud ka järgmiste aastate arenguteks: Narva Elektrijaamades jätkub põlevkiviplokkide uuendamine; ettevalmistamisel on teine merekaabel Eesti ja Soome vahel, millele Euroopa Liidust on eraldatud 100 miljonit EUR toetust; käivitumas on Baltimaade elektriturg; jõudsalt suureneb taastuvelektri tootmine; kavandamisel on mitmed huvitavad projektid energiaturu arendamiseks Eestis. Loodetavasti muutub ka loodav Energia- ja kliimaagentuur oluliseks tegijaks Eesti energeetikas.

Samas võiks ju arvata, et neid arenguid viivad ellu ettevõtjad. Nii see ongi, kuid ka minu jaoks on olnud suureks üllatuseks see, kui palju tegelikult sõltuvad konkreetsed projektid seadusandlusest ning Valitsuse toet. Kõikide nende arengute üks olulisemaid komponente on riigi seadusandlus, ilma milleta suuri investeringuid energeetikasse ei tehta. Kunst on selles, kuidas muuta riigi jaoks oluliste investeeringute tegemine seadusandlusega ettevõtete jaoks atraktiivseks ning samas mitte ajades energia hinda liiga kõrgeks.

Lisaks tööle ministeeriumis asusin alates 2007. aastast tegutsema ka lektorina Tallinna Tehnikaülikoolis. Loengutes magistrantidele ja doktorantidele saan jagada oma kogemusi rahvusvahelisest energiakaubandusest. 2008. aastal sai ministeeriumi ametikohtade reformi käigus minust energeetika asekancler. Kahjuks ei ole mul endal töö kõrvalt jätkunud aega soojustehnika volitatud inseneri kutse nõuete täitmiseks.

Pean tunnistama, et soojusenergeetika-alane haridus on andnud mulle väga suure eelise mu ametikohtadel. See on vara, mille väärtust on võimatu hinnata. ESTIS omakorda on aidanud oluliselt kaasa samasuguse kaasavaraga inimeste koostööle ja arengule, ning loonud tugeva ühtekuuluvuse tunde ning toe, millele saab raskel hetkel toetuda.

ENERGIA JA ENERGIAJUHID

HEINAR NURSTE

EnPro Inseneribüroo OÜ



Eesti on seni olnud energiavarustuse mõttes suhteliselt heas olukorras, sest veel nõukogude ajast on pärit toimivad põlevkivielektrijaamad, gaasivõrgud jm energiasüsteemid, mis on võimaldanud vältida/edasi lükata väga suuri investeeringuid nende arendamisse, hoidnud energiahinnad madalal ja andnud võimaluse, kuni praeguse kriisini, majanduse energeetiliselt *odavaks* arendamiseks. Ning energiat on jätkunud ekspordiks.

Kuid iga asi lõpuks ammendab oma ressursi ja ees terendavad uued kulukad ettevõtmised ja ümberkorraldused, eriti elektrisektoris, mis viivad energiahinna kiirele tõusule. Ja võib-olla ka defitsiitsusele.

Konkurentsivõimelise majanduse huvides on võimalikult madalad kulutused energia tootmiseks ja tarnimiseks tarbija juurde, sest energia iseenesest ei ole majanduse lõpp-produkt, vaid vahend või tooraine lõpp-produkti tootmisel, olgu selleks soe tuba, ehitis, masin, teenus jne. Kuid tootmiskuludel on oma piirid, tootjad on huvitatud kõrgematest hindadest, riik võtab oma osa maksudena. Tarbija ei saa neid kontrollida.

Energiaprobleemil on laias laastus kaks külge – energia tootmine ja energia tarbimine.

Kui energia tootmise poolele pööratakse meedias palju tähelepanu, siis tarbimine on veidi varju jäänud. Kuid asjata – enam-vähem kõik energiatarbimise uuringud väidavad, et kokkuhoiupotentsiaal on praktiliselt alati olemas ja kokku hoida on tihti odavam, kui energiat osta/toota. Kuid see potentsiaal, mõnikord väga suur, on mitmes osas veel läbi uurimata ja praktilised meetmed välja töötamata. Ilmne on see, et energiat kokku hoides, tarbimist vähendades, jäävad ära või lahenevad kergemini kõik need keerulised probleemid, mis on seotud energia tootmise ja tarnimisega.

Seega energia säästmine, optimeerimine väärib rohkem tähelepanu, ja seda iga tarbija juures. Riigi osa saab olla nende meetmete toetamises nii seaduste, kui finantstoetuste vormis.

Rääkimine energiateema tähtsusest ja energiasäästust ei vii siiski asja iseenesest edasi – vaja on rohkem kompetentseid inimesi, kes orienteeruksid energiamajanduse juriidiliste, tehniliste, majanduslike, keskkonnamõjude probleemide rägastikus, suudaksid näha probleeme ja võimalusi ning viia need lahendusteni.

Lahendused ettevõtetes ei peitu niivõrd rohkema energia kuskilt hankimises, kui olemasoleva energia paremas kasutamises. Siin on peamine potentsiaal, kuidas inimeste, ettevõtete, ja ka riigi, energiaprobleeme jätkusuutlikult lahendada ja *tagada pidev, säästlik ja põhjendatud hinnaga energiavarustus*, kui tsiteerida Energiamajanduse Arengukava.

Need inimesed aga, kes suudaksid ettevõtete energiamajandust heal tasemel juhtida, ei teki iseenesest, vaid neid tuleb koolitada ning täiendkoolitada. Eestiski on käivitatud rida kursusi, nagu energiaaudiitorite koolitus jm., mis annavad teadmisi ja oskusi üksikutes lõikudes.

Reas EÜ riikides on alates 2003-ndast aastast toiminud kursus nimega *Euroopa Energiajuht* ja see kursus on käivitatud ka Eestis konsortsiumi poolt, kuhu kuuluvad Tallinna Tehnikaülikool, Eesti Soojustehnikainseneride Selts, Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium ning OÜ EnPro Inseneribüroo. Kursus on välja töötatud Euroopa Ühenduse projekti *Intelligent Energy-Europe* toel, ning *Industrie- und Handelskammer in Nurnberg for Central Franconia* (Saksamaa) juhtimisel.

Eesmärk on olnud luua üleeuroopaliselt tunnustatud standardiseeritud kursus, ning praeguseks enamuses EÜ riikides see kursus toimib edukalt. Seda kursust täiustatakse pidevalt nii üldiselt, kui igas riigis eraldi, vastavalt kohalikele oludele ja vajadustele

Mahukas rahvusvaheline täiendõppe kursus *Euroopa Energiajuht* (European Energy Manager, lühendatult EUREM), haarab praktiliselt ettevõtete kogu energiamajanduse juhtimiseks vajamineva, täiendades osavõtjate teadmisi ja oskusi regulatiivse, tehnilise, majandusliku analüüsi, keskkonnanahoiu külgede poolt ning andes tugeva praktilise toe inimestele, kes vastutavad ettevõtete energiakasutuse parandamise eest. Või on muul moel seotud energiamajanduse arendamisega. Kursuse lõpetanud saavad *Euroopa Energiajuhi* sertifikaadi ja kursus on integreeritud ka Eesti inseneride koolitussüsteemi. Tulemused on olnud igal pool head.

Praeguseks on Euroopas selle kursuse läbinud üle 1000 inseneri, tootmisjuhi, arhitekti, energiakonsultandi, projekteerija jt. Eesmärgiks on igal aastal jõuda selle numbrini.

Eestis lõpetasid selle kursuse, kus lektorite ja konsultantidena osalesid Eesti parimad asjatundjad, 2008. aasta juunikuus esimesed 13 inimest, kes esindasid mitmeid kaugküttefirmasid, ettevõtteid ja asutusi.

Väärib märkimist, et kursuse programmi kuulus lõputöö tegemine, mille teema iga osavõtja valis oma ettevõtte probleemide hulgast. Lõputöös tuli välja töötada probleemi lahendus, hinnata vajalikud kulutused, oodatav energiasääst, meetmete tasuvusaeg, mõju keskkonnale jm näitajad. Lõputöid kokku võttes selgus, et igas ettevõttes leidis võimalusi parendada energiakasutust ning pakutud energiaprobleemide lahendused töötasid anda olulist kasu.

Toetudes edukale kogemusele, seda kursust jätkatakse sellel aastal ning edaspidi.

Vastavat infot on huvilistel võimalik leida veebilehtedelt www.energymanager.eu, www.au.ttu.ee ja toodud linkidelt.

Energiaprobleemide edukas lahendamine on kindlasti üks neist asjadest, millest sõltub praegusest majanduslikust madalseisust väljatulemine nii riigi kui ettevõtete tasemel ning edu tulevikus. Ja energiaprobleemide edukas lahendamine sõltub asjatundjatest.



MINA KUI SOOJUSENERGEETIK

JAAN SAAR

Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut

Soojusenergeetika on eriala, millest enamik noori inimesi ei tea mitte midagi, Aastal 1960, kui ma tahtsin astuda tolleaegsesse Tallinna Polütehnilisse Instituuti, oli kõige populaarsem eriala automaatika, kuhu ma õnneks sisse ei saanud. Mulle pakuti soojusenergeetika eriala. Loomulikult olin sellega nõus, kuigi eelteadmisi sellest erialast ei olnud mingisuguseid. Täna, olles kohutavalt rahul selle mulle sülele kukkunud erialaga, olen veendunud, et enamik noori, astudes tehnika kõrgkooli, teab üsna vähe, mida nende poolt valitud eriala tegelikult endast kujutab.

Teadmised, mis meile selle eriala õppimisel pähe taoti, olid niivõrd mitmekesised, et võimaldasid eriala lõpetajatel tööle asuda väga erinevates valdkondades ja seda just keskkonnakaitstes, millega ka minu kogu edasine töö on olnud seotud. Näitena tõstaksin siinkohal esile mõned minule teada olulisemad nimed – Keskkonnaministeeriumi asekaitsler Allan Gromov, Keskkonnaministeeriumi Info- ja Tehnokeskuse direktor Leo Saare, kahjuks meie hulgast lahkunud Marje Uusalu, kes oli esimeseks riikliku jäätmeäitluse põhimõtete väljatöötajaks Keskkonnaministeeriumis. Loomulikult ei ole see loetelu kaugelgi täielik.

Sel ajal, kui me lõpetasime, oli meid kaks rühma, AO ja AS, millest peale lõpetamist kokku sai OAS-65, kes tegutseb suurepäraselt tänapäevani kaks korda aastas toimivate saunaõhtutega ja meie kodulehekülj on kättesaadav kõigile, kes viitsivad klikkida aadressil www.oas.pri.ee

Seltsielu on meie rühmale alati olnud ja on siiani oluline. Arvan, et paljud soojusenergeetikud ei ole siiani tajunud, mis asi ESTIS tegelikult on. Aga tegelikult on see väga oluline võimalus siit kaudu saada volitatud inseneri kutse, mis minu arvates noortele soojusinseneridele on eriti oluline. Ka mina sain selle tänu Arvi Poobuse ettepanekule ja eestkostele, mis oleks tõenäoliselt ära jäänud, kui ma ei oleks olnud selle seltsi liige ning oleks olnud siiani seltsitu persoon.

Siin ma pean kohe ka südametunnistuse piinu tunnistama, et ma ei ole suutnud kõigis ESTISE poolt organiseeritud üritustes osaleda. Ma arvan, need ekskursioonid eri maade soojusenergeetilistele objektidele laiendavad oluliselt meie soojusenergeetikute teadmisi ja mõttevõimet. Ei saa märkimata jätta ka temaatilisi loenguid, mis käsitlevad energeetika arengut, kliimat ja kasvuhoonegaase, kuigi ei ole päris selge, kas kliima soojeneb või jaheneb.

ESTISE juhatus oskab valida ettevõtmisi ja loenguid suurepärase autoriteetsete esinejate näol. Seetõttu on iga kokkusaamine omaette sündmus, kus kuuled midagi kasulikku ja näed näost näkku oma kolleege.

Tegelikult ma näen ESTISE näol veelgi üht olulist rolli ja see on nimelt nende soojusinseneride osas, kellest varem või hiljem saavad pensionärid. Kus nad peaksid oma ühiskondlikku osa täitma ja üksteisega kokku saama? Loomulikult ikka ESTISes, mis ei ole ainult meelelahutuslikud vaid sügavalt harivad ja eriti olulised just töötavatele soojusinseneridele.



MINA SOOJUSENERGEETIK

JAKO REINASTE

AS Tallinna Küte

Nagu **Agu Sihvka** juba kord ütles: *Et kõik ausalt ära rääkida, pean ma alustama ikkagi algusest....* Kuna keskkooli lõpueksamitele palju aega ei pühendanud, siis selliste keskpäraste tulemustega ilma ei tee. Kuid sellest ei olnud hullu, tegelikult ei kujutanud ma ette ennast ei juristi ega arstina. Enamus elust oli selleks ajaks elatud Tallinnast 30 km kaugusel Kalasi küla metsade vahel ja pigem arvasin siis, et minust võiks saada keegi keskkonnaspetsialist Aga nagu nooruses kombeks, mässas minus ka väike maailmaparandaja ja nii otsustasin lõpuks minna õppima nn looduse vaenlast – energeetikat. Ja kuna elektrist olid mul teadmised keskkooli ajast kahtlased, siis oma eksamitulemustega mahtusin täpselt soojustehnikasse sissesaanute tagumistesse ridadesse.

Kuid üsna peagi oli selge, et kui eriala vastu huvi puudub, siis ka parimad õppurid annavad alla. Seega 24-ne eestikeelne grupp kuivas kokku sedavõrd, et tihti oli meid kohal piinlikult vähe. Kuid need, kes jäid, olid visad – seda enam aitasime üksteist ja püüdsime teha elu kergemaks läbi koostöö. Maailma parandamise isu sai rakendatud *TTÜ Säästva Arengu klubis*, mis oma sisult tegeleb just tulevikuga – uute lahenduste välja pakkumisega nii teoorias kui praktikas. Kuna valdavalt olid erialaained klassikaliselt teoreetilised ja tihti sisaldasid infot pigem ajalooks muutunud teaduse osas, siis seda enam sai rakendatud ennast erinevates projektides läbi *TTÜ Säästva Arengu klubi*, millest nüüdseks on välja kujunenud entusiastidest koosnev tugev sõpruskond. Heaks tavaks sai ka osa võtmised erinevatest õppetööväljastest, kuid erialastest seminaridest, konverentsidest ja väljasõitudest. See oli noorele õppurile suur tunnustus, kui sai ringi liikuda oma eriala spetsialistide seas, kes suhtusid sinusse kui kolleegi. Nii saigi märkamatuult liitunud ESTISega.

Tavaliselt mainides eakaaslastele, et on olemas selline erialane *Soojustehnika Inseneride Selts*, arvatakse mind kohe kas väga vanamoodsaks või kuivikust

entusiastiks. Tudengite seas käib ju suhtlus tänapäeval pigem läbi interneti – seal end grupeeritakse ja liigitatakse... Vahetu suhtlemine ei ole enam moes. Kuid just noor spetsialist peaks ennast potentsiaalsete tööandjate seas rohkem näitama – liikudes erialases seltskonnas, esitama küsimusi ja olles valmis laskuma diskussioonidesse. ESTIS annab selleks parima võimaluse, sest seal ei valitse noort tudengit hirmutav akadeemiline õhkkond ega ei panda poolikute teadmiste eest hindeid. Kuna ESTISE koolituste teemad on päevakajalise sisuga, siis tihti lahatakse kokku saades ajakirjanduses püstitatud probleeme hoopiski põhjalikumalt ja just läbi erialalise vaatenurga. Nii oskad hiljem paremini analüüsida ajakirjanduses kajastatavat informatsiooni hoopis teise pilguga ja ei pea kõike kullaks, mis hiilgab.

ESTISE sisulise töö käigus võikski reklaamida omi tegemisi just rohkem tudengite seas. Koolitustest osavõtmine võiks anda mõne õppeaine läbimisel lisaväärtust. ESTIS võiks pakkuda üliõpilastele erinevaid teemasid uurimustöödeks või aidata üliõpilase uurimustöö kaasfinantseerimisel läbi erinevate sihtfinantseerimisprogrammide või sponsorluse. Seltsis võiks jagada aktiivselt informatsiooni erialalise praktika võimaluste kohta ja olla toeks üliõpilasel töö otsimisel. Vanemas soojustehnikute generatsioonis on Selts saavutanud piisava elujõu ega vaja tagant tõukamist. Kuid eks puudus kipub olema kaasaegsema ja julgema maailmavaatega esindajatest. Tänapäeval toimuvad muutused ühiskonnas ja majanduses kiiremini kui kunagi varem ja vanasõna järgimine *ühiksa korda mõõda, üks kord lõika* on ajalugu. Et ühiskonnas tähtsustada Seltsi olemust, oleks enne kõike vaja hakata aktiivsemalt kaasa rääkima aktuaalsetel energeetikas puudutatavatel teemadel. Selleks tuleks ESTISel väljendada aktiivsemalt oma seisukohti läbi ajakirjanduse, osaleda aruteludel ja korraldada diskussioone. Koolitusõhtud võiksid olla näiteks teinekord ajakirjanikele, kes kajastavad energeetikaga seotud probleeme või ühistute esimeestele, kelle ülesandeks on maja haldamine võimalikult energia- ja rahasäästlikult. Rääkides kaasaegsematest arenguvõimalustest, võiks ESTISE koduleht kajastada liikmete seisukohti aramusartiklite näol ja aruteludeks võiks olla ka eraldi interaktiivne veebikeskkond.

Soovin ESTISEle pikka iga ning julgust tõusmaks Eestis ühiskonnas peamiste aramusliidrite hulka energeetika valdkonnas.



SOOJUSENERGEETIKUD SWECO PROJEKTIS

TIIT TAIMISTU
SWECO Projekt AS

SWECO on rahvusvaheline Stockholmi börsil noteeritud tehnilise konsultatsiooni ettevõte. SWECO pakub kõrge kompetentsiga konsultatsiooniteenuseid, meil on 5500 töötajat kümnes riigis. Kontsernis on käsil töid umbes 80 riigis üle kogu maailma ja aastakäive on 8,4 miljardit EEK.

SWECO ärimudel põhineb lihtsusel ja kliendikesksusel. Eesmärk on jõuda selleni, et klientidel ja partneritel oleks meiega lihtne asju ajada. Seepärast on kontserni ülesehitus detsentraliseeritud ja kliendilähedane.

Me aitame oma klientide unistusi ellu viia. SWECO insenerid, arhitektid ja eksperdid teevad koostööd turvalise, keskkonnasõbraliku ja võimalikult säästlikult areneva ühiskonna nimel. Sirvides firma ajaloo lehekülgi ning arvestades nõudmisi, mida tulevik meile esitab, tõusevad meie püüdlustes esile järgmised märksõnad – teadmishimu, pühendumus ja vastutus.

Eestis on SWECO-l tütarettevõtte *SWECO Projekt AS*. Oleme oma 85 töötajaga Eesti projekteerimise turul juhtival kohal. Pakume laias valikus teenuseid peamiselt veekäitluse ja keskkonnatehnika, arhitektuuri, tehnoloogia, ehituskonstruktsioonide ning infrastruktuuri valdkondades.

Meie tegevus baseerub tihedal meeskonnatööl – kaasates eksperte SWECO kontserni sees ja vajadusel ka väljastpoolt. Meie tegevus põhineb ühiskondlikul aktiivsusel ja vastutusel. Meie ühise töö tulemus on tehnilised lahendused, mida kliendid tunnustavad ja hindavad.

SWECO-s on märkimisväärselt välja arendatud ka tehnoloogia kallak, sealhulgas energeetika valdkond – näiteks Soomes paikneva *SWECO Industry OY* näol.

SWECO Projekti tehnoloogia osakonna (endise ETP Grupi terminalide osakond) põhiline tegevuse valdkond on aastaid olnud kütuste- ja keemiaterminalid. Selles valdkonnas oleme saavutanud rahvusvaheliselt arvestatava taseme.

Lisaks paljudele Eesti terminalidele oleme neid projekteerinud kõikidesse Baltimaadesse, Venemaale, Ukrainasse, samuti Norrassa ja Nigeeriasse. Terminalide valdkonna kõrval oleme tegelenud ka teistes soojustehnika suundades. Projekteerimis- ja konsultatsiooniteenust pakkudes, eriti koostöös väljastpoolt kaasatud ekspertidega arenevad meie töötajad pidevalt.

Praegu, 2010 aastal, on meil käsil mitmeid suuri ja väga huvitavaid projekte:

- Eesti Energia Õlitööstuse ehitusbaasi ja kommunikatsioonide projekteerimine ning õlihoidla rekonstrueerimine,
- Alexela Sillamäe terminali III ehitusjärjekord,
- veeldatud maagaasi (LNG) terminal ja aurustamise seadmed Paldiskis.

Meil on tihe side Tallinna Tehnikaülikooliga – kaasame õppejõudusid ekspertide-na meile usaldatud projektidesse, pakume tudengitele praktika võimalusi ning oleme toetanud oma töötajaid nende magistri- ja doktoriõppel. SWECO Projekti kõik üheksa tehnoloogi on saanud kõrghariduse Tallinna Tehnikaülikoolist, neist seitse soojustehnika kateedrist.

ESTISega on meil kauaaegsed tihedad sidemed. Meie insenerid Lidia Golovaskova, Jelena Priss, Tiia Kaarep, Priit Lepmets, Igor Habarov ja Tiit Taimistu – kokku kuuekesi kuulume ühtlasi ESTISE liikmeskonda. Oleme saanud ESTISE korraldatud koolitustelt ja õppereisidelt väärtuslikke teadmisi ja uusi ideid.

Omalt poolt püüame jõudu mööda kaasa aidata ESTISE tegevuse korraldamisel ja ürituste läbiviimisel.



MIKS OLEN ESTISE LIIGE

KAURI KOSTER

Fortum Termest AS

ESTIS ehk Eesti Soojustehnikainseneride Selts ühendab soojusenergeetika ja soojustehnika valdkonnas tegutsevaid insenere ja teadureid ning õppeasutuste soojustehnika eriala õppejõude ja üliõpilasi.

Seltsi tegevus rajaneb liikmete initsiatiivil ja ühiskondlikul tegevusel, kelle üheks tegevuse eesmärgiks on kaasa aidata soojustehnikaalase hariduse tõhustamisele Eestis kõigil tasanditel. Liikmeks olemine annab ka võimaluse saada Eesti volitatud inseneri kutse.

Minul oli mitu aastat plaan ESTISe liikmeks astuda, kuid reaalselt jõudsin selleni alles 2007. aasta septembrikuus. Selle kahe liikmeks oldud aasta jooksul olen käinud koolitusreisil Soomes Olkiluoto tuumaelektrijaamas ning külastanud Tartu ja Vão elektrijaama. Tuumaelektrijaamas olin esimest korda ja seega oli väga huvitav vaadata, kuidas jaam töötab, kuidas edeneb jaama uue osa ehitus ning millised ohutusnõuded on tuumajaamas ja kuhu maetakse kasutatud tuumakütus. Tartus ja Vãos tutvusin biomassil töötavate koostootmisjaamade uusima tehnoloogiaga ja sain teada, kuidas kulges nende jaamade ehitus ja millised probleemid sellega kaasnesid. Jaamad on mõlemad peaaegu identsed, ka turbiinid on mõlemal jaamal sama firma omad, kuid jaamad kasutavad erineva firma automaatikat. Nende külastuse baasil sain ka väikese võrdluse kahe jaama erinevast automaatikast ja nende plussidest ja miinustest.

Olen osalenud ka kord kuus toimuvatel ESTISe loengutel, kus muu hulgas olen saanud lühiülevaate inseneriharidusest Kanadas ja selle erinevusest inseneriharidusest Eestis. Lühikese ülevaate olen saanud ka Eesti Energia tulevikuplaanidest kodumaiste vedelkütuste tootmise vallas, põlevkivi põletustehnika tulevikust, metalli kontrolli meetoditest, ASi Narva Elektrijaamad surveadmete metalli seisundist, juhitavast termotuumasünteesist, kuidas sobivad kokku keskkonna-

kaitse ja energeetika, Eesti Energia tehnikapoliitikast ning põlevkiviõli tänapäevast.

Alates 2009. aasta juunikuust oman ka diplomeeritud soojustehnikainsener V kutsetunnistust.

Olen selle lühikese aja jooksul saanud palju uut ja huvitavat informatsiooni, käinud huvitavates kohtades ja suhelnud paljude teiste ESTISe liikmetega. Tuleviku mõttes on ESTIS kindlasti väga vajalik, et ühendada soojustehnika eriala inseneere, teadureid, spetsialiste, õppejõude ja tudengeid ning arendada praegusest veel rohkem nende vahelist suhtlust ja koostööd.



MINU KOGEMUS ESTISE LIIKMENA

LEO RUMMEL

EE Elektritootmise arendamise osakond

Astusin ESTISesse jaanuaris 2008, tänaseks kaks aastat tagasi. Olin tol hetkel alles bakalaureuse 3. kursuse tudeng, ilma igasuguse erialase töökogemuseta, täna aga hakkam lõpetama magistriõpet ja olen töötanud Eesti Energias kaks kuud vähem kui olen olnud ESTISE liige. Kuigi 2 aastat ei ole väga pikk aeg, olen selle ajaga tänu ESTISEle väga palju õppinud, oma erialast silmaringi laiendanud ja samas ka loonud hulgaliselt kontakte meie eriala inimestega.

ESTISesse värbas minu Arvi Poobus, kui käisin Instituudist uurimas võimalike bakalaureuse praktika kohtade osas ja sain kohe soovitusel liitumisavaldus ära täita. Kaks kuud hiljem Eesti Energias töövestlusel olles ahhetati, kui kuuldi, et ma juba olen ESTISE liige. Ja nii ma elektritootmise arendamise osakonda tööle sattusingi.

Selle kahe aasta jooksul on kahtlemata kõige pidevamaks kokkupuuteks ESTISega olnud igakuised loengud Eesti Energia Kadaka tee kohvikus, millest olen kui vähegi võimalik alati üritanud osa võtta, nii et selle aja peale olen kuulamas käinud üle 15 korra. Meeldejäävaimad nende hulgast on kindlasti olnud Indrek Aarna koolitus Eesti Energia põlevkiviõli tootmisest, mis pakkus ka mulle väga palju uut, kuigi töötan samas firmas (kuid õlitootmine on minu jaoks kauge teema). Ka oli minu jaoks uut infot mõned kuud varem samal teemal rääkinud Priit Ploompuu ettekandes.

Veel jäid meelde Anto Raukase ettekanne tuumaenergeetikast, Andres Tarandi inimekkeliste kliimamuutuste suhtes skeptiline ettekanne (mis ei ole kooskõlas tema hilisemate avaldustega) ja Kanada ülikooli väliseestlasest õppejõu ettekanne Kanada kõrgharidussüsteemist. Eesti Energia juhatuse liige Raine Pajo on selle aja jooksul käinud juba 2 korda ette kandmas. Kuigi töötan temaga koos igapäevaselt ja tema ettekanded Eesti Energia plaanide osas on väga tihedalt

seotud minu tööga (või lausa osaliselt põhinevad sellel), on siiski olnud väga huvitav n-ö kõrvaltvaataja pilguga neid ettekandeid jälgida ja meie eriala autori-teetide küsimusi ja kommentaare kuulata.

Kuigi igakuised loengud on pidev kontakt ESTISega, on kahtlemata kõige meel-dejäävamaks osaks minu liikmekogemusest olnud ESTISE koolitusreis Sitsiiliasse, mis toimus sügisel 2008, kui mul avanes võimalus olla üks asendusliige Eesti Energia delegatsioonis.

Minu jaoks kõige huvitavamaks infoks sellest koolitusreisist oli see, et Itaalia läks lõunamaisele temperamendile omase tuhinaga peale Tšernobõli katastroofi seda teed, et sulges oma tuumajaamad ja kuni tänase päevani impordib selle võrra elektrit Prantsusmaa tuumajaamadest. See kogemus võiks olla hoiatavaks näi-teks kogu maailmas radikaalsematele rohelistele, et destruktiivsed lahendused energeetikas, kui midagi paremat asemele pole pakkuda, võivad viia majandusli-ku kahjuni mingit keskkonnalist kasu andmata.

Ka oli mulle väga huvitav Anapo pumpelektrijaama külastus, kuna tööalaselt tege-lesin tollal just Eestisse sellise jaama rajamise võimaluste analüüsiga. Täna sel päeval on küll see projekt mõningal määral toppama jäänud, sest kuigi Eesti Energia tegi koos geoloogiaspetsialistidega kindlaks mitu võimalikku asukohta sellise jaama jaoks, on suureks takistuseks looduskaitsepiirangud.

Pumpelektrijaama teemast on hiljuti lähemalt kirjutanud (*Äripäev* 17.02.2010) endine Eleringi (Põhivõrgu) juht Lembit Vali, kes pärast Eleringi asus tööle 4Energia ja Maardu Graniidikaevanduse ühisettevõtte OÜ Energiasalv juhatuses liikmena. See ettevõtte valmistab ette sellise jaama rajamist vee pumpamiseks kaevandamise järel maa sisse tekkivasse tühimikku.

Kõige rohkem jäi Sitsiilia reis meelde loomulikult saare ilu, huvitava kultuuriprogrammi ja toreda seltskonna tõttu. Paar minu fotot ESTISE koolitusreisilt Sitsiiliasse on ära toodud ka selle raamatu lk 95. Peale reisi paluti mul kirjutada Eesti Energia siselehte ka väike looke sellest koolitusreisist. See looke avaldati ka ESTISE lehel ning nii olengi jäänud nii EE kui ESTISE jaoks artikleid kirjutama, seda nii hilise-matest Tartu ja Vao uute koostootmisjaamade külastustest kui ka käesoleva jutu-kese näol ESTISE 10-nda aastapäeva puhul.

Kui rääkida juba mainitud külastustest Tartu ja Vao koostootmisjaamadesse, siis ka need on olnud kahtlemata ülimalt väärtuslikud minu kui Eesti Energia töötaja jaoks, sest pole mingi saladus, et ka meie oleme juba mõnda aega tegelenud uute koostootmisjaamade arendamisega ja teiste firmade kogemus selles osas on väga väärtuslik. Oluline siinkohal on, et ESTISE kui inseneride seltsiga selli-

seid külastusi tehes räägitakse jaamade tehnilisest küljest ja ka esinenud probleemidest palju põhjalikumalt kui mistahes teise grupiga või isegi EE ametliku delegatsiooniga minnes.

On selge, et Eesti on nii väike, et peame maksimaalselt üksteisega koostööd tegema ja üksteise vigadest õppima. Meie inseneribaas on nii piiratud, et vähemalt uute elektrijaamade rajamisel tuleb see täies mahus kasutusele võtta.

Lisaks loengutele ja väljasõitudele ongi väga väärtuslik osa ESTISe kogemusest olnud kontaktide loomine ja tugevdamine teiste oma eriala inimestega. Võin öelda, et minul isiklikult on ESTISes loodud kontaktidest töö juures probleemide lahendamisel ka otsesel kasu olnud, samuti on ehk ka koolis mõni eksamihinne selle võrra parem tulnud.

Lõpetuseks tänan toredate 2-aastase kogemuse eest, soovin ESTISele palju õnne 10 aasta tegevusjuubeli puhul ja edu järgmisteks kümnenditeks! Soojustehnikute leib ilmselt nii pea veel otsa ei saa...

ESTISE KOOLITUSREISID

EIMAR JÕGISU

ÅF-Estivo



Eesti Soojustehnikainseneride Seltsi eesmärgiks on tegeleda oma liikmete erialase edasiarendamise ja koolitusega. Selle ühe vormina on ESTIS iga aasta korraldanud lisaks loengutele ka koolitusreise tutvumaks soojustehnikalaste uute lahendustega kodu- ja välismaal.

Vaata ka lk 96-104 paigutatud ESTISE koolitusreisidel tehtud fotosid.

Kui ESTIS oli oma tegevuse käivitanud korraldati esimene koolitusreis 26-27. juunil 2002.a **Soome**. Küllastati **Joensuu** ja **Tolkineni** Jõujaamasid. Joensuu renoveeriti 50 MWs aurukatelt töötamaks keevkihttehnoloogial võimalusega põletada turvast ja puidujäätmeid. Eestis oli selline tehnoloogia tol ajal uudiseks ja pakkus mõtlemisainet, kuidas seda tehnoloogiat rakendada. Nagu me nüüd teame on sarnast tehnoloogiat Eestis rakendatud Vao, Tartu ja rajatavas Pärnu Elektriijaamades.

Sel ajal oli alanud ka **Narva Elektriijaamade** uute keevkiht-tehnoloogial töötavate katelde montaaž. 1. novembril 2002 küllastati esimest korda Narva Elektriijaamasid. Esimestel koolitusreisidel oli suureks toeks energeetikaseadmete firma Foster Wheeler eesotsas selle Eesti esinduse juhi Mati Kaarega. Esimese Narva koolitusreisi osalistel oli võimalik saada ülevaade Narva Elektriijaamade tööst ja näha montaažijärgus uusi katlaid.

Teist korda küllastati Narva Elektriijaamasid 25. novembril 2005. Kui eelmise Narva Elektriijaamade külästuse ajal 2002. aastal alles monteeriti uusi keevkihttehnoloogial töötavaid katlaid, siis nüüd olid uued plokid juba töös. Võrreldes vanade tolmküttekoldega kateldega on uute plokkide tehnilised andmed ja ka väljanägemine tunduvalt paremad. Samuti on oluliselt väiksemad keskkonna heitmed seda nii tahkete heitmete kui ka SO₂ osas.

2003. aasta koolitusreis viis osalejad juba Eestist välja – Soome. Küllastati rekonstrueeritavat **Joensuu Jõujaama**, kus renoveeriti 50 MW_s aurukatelt tööta-

maks keevkihttehnoloogial võimalusega põletada turvast ja puidujäätmeid. Eestis oli selline tehnoloogia tol ajal uudiseks ja pakkus mõtlemissainet, kuidas seda tehnoloogiat rakendada. Teatavasti on nüüdseks sarnast tehnoloogiat Eestis rakendatud Vao, Tartu ja rajatavas Pärnu Elektri jaamas.

2004. aasta 14-21. maini korraldas ESTIS koostöös firmaga Foster Wheeler juba pikema koostöösreisiga **Norrasse, Rootsi ja Soome**, mille eesmärk oli tutvuda kohalike kütuste ja jäätmete kasutamisega kütusena eeskätt keevkihtkateldes ja eelgaasistites.

Norras Oslos tutvusime linna soojusvarustust korraldava firma Viken Energinett Grorudi katlamajaga Oslo kesklinnas. 2000. aastal lasti seal käiku 34,5 MW_s tsirkuleeriva keevkihiga kütusena jäätmeid kasutatav katel. Firms Foster Wheeler väljatöötatud ja valmistatud katel on omapärase konstruktsiooniga – trumliga vee ja auru katel, milline annab katlamaja omatarbauru, kuid linna kaugküttevõrgu soojusvahetis ringleb katlatrumlist võetav ja sinna tagastatav kuum vesi.

Rootsis Mariestadis külastasime Katerinefors Kraftvärmeverk AB jõujaama. Katlamaja kuulub tselluloositehase juurde ja põletab puidujäätmeid ning tselluloosi tootmisprotsessis eralduvat tahket jääki nn „leedet“.

Keevkihtkoldega energeetilise katla võimsus on 35 MW_s, auru parameetrid p=80 bar ja T=480°C. Auru kasutab 10 MW_e turbiin. Turbiini vaheltvõtuauru rõhul 3 bar ja 17 bar kasutatakse tselluloositehase tehnoloogias ja linna kütteks.

Soomes saime hea ülevaate Lahti Lämpövoima OY Kymijärve Jõujaama ja Foster Wheeleri Karhula uurimiskeskuse tööst.

Lämpövoima Kymijärve jõujaam Lahti idaservas on 1975. a käiku lastud ühe energiaplokiga 360 MW_s katla ja 130 MW_e turbiiniga jõujaam. Auru parameetrid p=180 bar ja T=540°C. Esialgu oli kütuseks kütteõli, 1982. aastal on katel ümber ehitatud töötamiseks tolmkivisöel ja 1986. aastast võib kasutada kütusena ka maagaasi. 1998. aastal täiendati jaama jäätmete gaasistamise seadmega.

Huvipakkuvaim ongi viimane – Foster Wheeleri poolt välja töötatud jäätmete gaasistamise seade. Gaasisti võimsus on kuni 60 MW. Jäätmete gaasistamine toimub tsirkuleeriva keevkihtkoldega reaktoris. Tooraineks on linna olmeprügi ja puidujäätmed. Võib kasutada nii sorteerimata prügi kui ka ettevalmistuskeskuses sorteeritud ja peenestatud prügi.

Gaasisti gaas juhitakse katlasse koos tolmkivisöe või maagaasiga. Selleks on katlale paigaldatud spetsiaalne alumine korrus põleteid. Saadud gaasiga on võimalik katta kuni 20% katla koormusest, ülejäänud koormuse annab põhiliselt kivisüsi.

Tehniliselt väga huvitav oli tutvumine **Foster Wheeleri Karhula uurimiskeskusega**. Nende eesmärgid kajastuvad sloganis – *Parem tehnoloogia. Puhtam loodus*. Keskus tegeleb katla tehnoloogiaga kõige laiemas mõttes alates väikekatelde arendamisest kuni Poolas Lagiszas rajatava ülekriitilistel parameetritel töötava otsevooluaurukatlani (katel 966 MW_s; p=280 bar; T=560°C). Karhula uurimiskeskuses on välja töötatud Narva Elektriijaamade uued tsirkuleeriva keevkihiga põlevkivikatlad. Uurimiskeskuses tegeletakse lisaks keevkihtkolleetele ka jäätmete gaasistamisega, surve all põletamisega, keskkonnakaitsega jm.

2004 aasta 24-25. septembril tegi ESTIS esimese külaskäigu Riiga, eesmärgiga tutvuda rekonstrueeritava SEJ-1 ja sinna rajatava gaasiturbiinjaamaga. Olgugi, et gaasiturbiinid elektri tootmisel on maailmas üpris levinud, oli Riia jaam esimene omataoline Baltimaades. Rekonstrueerimine oli alles algjärgus ja kohapeal oli võimalik näha nii gaasiturbiini kui ka katlaid montaažis. Tekkis tõsine huvi näha jaama juba töötavana. See läks korda järgmisel külaskäigul kolme aasta pärast.

Latvenergo kombitsükliga gaasiturbiinjaamas (*fotod ehitusest ja töötavast jaamast*) töötab kaks Siemens gaasiturbiini võimsusega á 43 MW_e, lisaks nendele on jaamas järelpõlemiskatel, auruturbiin ja veekatlad. Jaama kogu elektriline võimsus on 140 MW_e ja soojuslik võimsus 380 MW_s.

Teise Riia gaasiturbiinjaama rajas Rigas Siltums (Riia Soojus) Imanta katlamaja juurde Daugava vasakkaldale. Ka siin on rakendatud täistsükliga CCGT (gaasiturbiin kombitsükliga) skeemi elektri ja soojuse koostootmisel. Kasutatakse Rolls Royce 34 MW_e gaasiturbiini, lisaks 16 MW_e auruturbiini.

Mõlemad gaasiturbiinjaamad jätsid väga hea mulje. Tehniline teostus on eeskujulik, kogu protsess on täielikult automatiseeritud ja olulist tähelepanu on pöördunud tootmiskultuurile.

2005. aasta koolitusreis viis ESTISe liikmed lirimaale. 9-17. oktoobrini tutvuti lirimaa energeetikaga. lirimaale on iseloomulik, et ca 50% elektrist toodetakse maagaasi baasil, 10% tuulikute ja 5% turbakütust põletavates elektrijaamades, ülejäänud 35% elektrist saadakse kivisöe ja teisi kütuseid kasutatavatest jaamadest.

Koolitusreisil tutvuti kahe kaasaegse turbakütel töötava elektrijaamaga, millised mõlemad asuvad lirimaa keskosas suurte turbatootmise piirkondade läheduses. Esimene nendest oli Loch Ree 100 MW_e elektrijaam Lanesborough's (*foto*) ja teine West Offaly 150 MW_e elektrijaam Shannonbridge's. Uued jaamad on ehitatud aastatel 2002-2005 ja nendes on Foster Wheeleri keevkihtkoldega katlad. Mõlemad jaamad on rajatud vanade 1950ndatel ehitatud jaamade kõrvale, viimased on suletud ja kuuluvad lammutamisele.

lirimaad tuntakse ka Guinnessi õlle järgi ja väga huvitav oli tutvuda Guinnessi õlletehase ja selle energiavarustusega. Guinnessi õlletehase sünniaastaks loetakse 1759. aastat ja elektri tootmist alustati seal juba 1870. aastal. Esimese elektrigeneraatori võimsus oli 60 kW. Praegu töötab tehases koostootmisjaam elektrilise võimsusega 15 MW_e kolme 5 MW_e Caterpillari gaasimootori ja kateldega. Jõujaama kogu soojuslik võimsus on 50 MW_s.

10-17. oktoobrini 2006 korraldas ESTIS koostöös Dalkiaga oma liikmetele koolitusreisi Prantsusmaale, tutvumaks prantsuse energeetikaettevõtetega.

Huvitavaim oli tõusu-mõõna hüdroelektrijaama *The Rance Tidal Power Plant* külastus. Rance elektrijaam asub Põhja-Prantsusmaal Normandias ja kuulub energiaettevõttele EDF. Jaama töö põhineb mere tõusu-mõõna energia kasutamisele.

Loodete elektrijaam *The Rance* on rajatud 1966. aastal ja see oli esimene hüdroelektrijaam maailmas, kus alustati elektri tootmist mere tõusu ja mõõna energia arvel.

Tõus ja mõõn täidab ja tühjendab jõe suudmes asuva veehoidla pindalaga 22 km² ja mahutavusega 180 mln.m³ vett kaks korda päevas. Tipp-perioodidel (suve ja talve pööripäevad) võib veekulu läbi jõesuu tõusta kuni 18 000 m³/s, tõusude ja mõõnade amplituud ulatub kuni 13,5 meetrini. Sellise energiapotentsiaali ärakasutamiseks on jõesuu tõkestatud 750 m pikkuse ja 13 m kõrguse tammiga.

Hüdroelektrijaamas on 24 turbiini ja 6 värvavat veehoidla kiireks veega täitmiseks ja tühjendamiseks. Iga turbiini võimsus on 10 MW_e, seega elektrijaama koguvõimsus 240 MW_e. Elektrijaama aastane elektri toodang on 600 GWh, mis katab suure osa 300 000 elanikuga Rennesi linna elektritarbimisest.

Rennes'is külastasime veel Dalkia kohalikku kombijaama, mille põhiseadmed on 4,5 MW_e+5,5 MW_s gaasiturbiin-koostootmiseseade ning kaks veesoojenduskatelt à 20 MW. Jaam varustab energiaga üliõpilaslinnakut ja elamuid.

2007 aasta koolitusreis 14-19. mai viis Islandile. See on äärmiselt huvitav maa nii energeetikule kui ka tavaturistile (*foto*). Elektri tootmise seisukohast on Islandile omapärane, et kogu elekter toodetakse taastuvenergia kasutamisega. Sellest 80% toodetakse hüdroenergia ja 20% termaalenergia kasutamisega. Islandi jõgedel on sadu jugasid ja hüdroenergia tootmisvõimalused on piiratud. Kuid pole vajadust toota rohkem kui tarbitakse. Elektri tarbimiselt on Island Euroopa üks juhtivaid riike – elektri toodang 21 MWh elaniku kohta aastas, samal ajal kui Euroopa ja ka Eesti keskmine on 5-6 MWh elaniku kohta aastas.

Islandi omapära on aga ikkagi termaalenergia – maapõues peitub tohutu energiavaru, mis nii mõneski kohas paiskub välja geiseri (kuumaveeallika) kujul. Suuri- ja tuntuimad on Geysiri (sellest tuleneb ka üldkasutatav sõna geiser Islandi

kuumaveeallika kohta) ja Strokuri (*foto*) geiserid, kus kuum vesi ja aur paiskuvad fontäänina mitmekümne meetri kõrgusele maapinnast.

Termaalenergiat kasutatakse elektri ja soojustootmisel. Reikjaviki lähedal töötab maailma suurim Nesjavelliri termaalenergia soojuselektrijaam (elektriline võimsus 120 MW_e), mis ühetorulise kaugküttesüsteemi abil kütab Reikjaviki (süsteemi soojusvõimsus 300 MW_s). Samuti toimivad termaalsoojusel veekeskused ja ujulad. Tuntuim neist on Sinine Laguun Reikjaviki lähedal.

2008. a kevadisel koolitusreisil 13-14. aprillil tutvusid ESTES-e liikmed Soome Olkiluoto aatomielektrijaamaga. Kõigile osalejatele oli see esmakordne tutvumine tuumajaamaga. Huviliste vastuvõtuks on jaama juures külastuskeskus, kus antakse põhjalik ülevaade tuumaelektrijaama töö põhimõttest, seadmetest ja tööst. Käesoleval ajal töötab Olkiluoto tuumajaamas kaks reaktorit elektrilise võimsusega 860 MW_e. Ehitusjärgus on kolmas 1600 MW_e võimsusega reaktor ja kavandatakse juba neljanda ploki rajamist.

27. septembrist kuni 4. oktoobrini 2008 viis ESTISE koolitusreis Itaaliasse tutvuma Sitsiilia saare energiavarustusega.

Tehniliselt kõige huvitavam oli Anapo hüdroakumulatsioonijaama külastus. Jaam on ette nähtud stabiliseerimaks elektri tarbimist. Kahe 310 m kõrgusevahega veehoidla vahel on 500 MW_e pumpelektrijaam nelja 125 MW_e pump-turbiiniga. Elektri tarbimise tippkoormuse ajal töötavad seadmed turbiinidena, tootes elektrit. Elektri miinimumkoormuse ajal, kui teistes jaamades, seahulgas tuuleenergiast saadud elektrit on ülemäära, pumbatakse selle abil vett alumisest veehoidlast ülemisesse. Sellisel tasakaalustatakse elektri miinimum- ja maksimumtarbimist. Arvestades Sitsiilia suhtelist isoleeritust ja nõrka elektriühendust mandri Itaaliaga on taoline tarbimise tasakaalustamine väga oluline.

Tõus Etnale oli meie kõige muljetavaldavam sündmus Sitsiilias. Võisime veenduda, milline tohutu jõud on maapõues varjuval energial. Etna nõlvad on kaetud laavaga sagedastest vulkaanipursetest. Nüüd oli vulkaan passiivne – vaid kerge suits hõljus kraatri kohal. Viimane tõsisem vulkaanipurse oli toimunud 2006. aastal. Üleval, 3000 m kõrgusel kraatri serval avanes kütkestav vaade nii ümbrusele kui ka puhkavale kraatril.

8. mail 2009 külastasid ESTISE liikmed vastvalminud uut hakkpuidul ja turbal töötavat **Tartu elektri ja soojustootmisjaama**. Ehitus algas suvel 2007, esimese soojuste andis jaam kaugküttevõrku detsembris 2008 ning elektri jaanuaris 2009. Jaama elektriline võimsus on 25 MW_e ja soojusvõimsus 50 MW_s. Paigaldati ka suitsugaaside kondensaator, mis võimaldab jaama soojusvõimsust tõsta kuni 68 MW_s-ni.

18.-25. septembrini 2009 viis ESTIS oma liikmed Hispaaniasse. Saime ülevaate Hispaania energiatootmise suundadest ja oli võimalus tutvuda Puertollano kivisöel töötava kombitsükliga gaasiturbiinjaamaga (IGCC tehnoloogia) ning päikeseenergia uurimiskeskusega.

Väga huvitav oli tutvumine Puertollano Elektriijaamaga (*foto*). Jaam elektrilise võimsusega 335 MW_e anti käiku 1999. aastal. Kütuseks on kohalik madala kütteväärtuse ja suure tuhasisaldusega kivisüsi ja koks. Kasutatakse IGCC tehnoloogiat – integreeritud gaasturbiin kombitsükl, kus kivisüsi koos koksiga esmalt gaasistatakse spetsiaalses 42 m kõrguses gaasistis – rõhu all töötavas keevkihtkoldes. Saadud gaas puhastatakse ja juhitakse gaasiturbiini, edasi kuum gaas läheb järelpõlemiskatlasse ja katlast saadav aur – auruturbiini. Kogu protsessi elektriline kasutegur on 42%, tehnoloogia täiustamisega on lootus jõuda kuni 50%-ni. Edasised uuringud hõlmavad ka CO₂ sidumist. Tehnoloogia esindab tänapäeva tipp tehnoloogiat Euroopas madala kütteväärtusega kivisöe põletamisel elektri tootmisel.

Hispaania on maailma liidreid päikese- ja tuuleenergia ära kasutamisel (*fotod*). Olulisel kohal on selles suunas tehtavad uurimistööd. Külastasime Almeria päikeseenergia uurimiskeskust – suurimat omataolist Euroopas. Uuringuid päikeseenergia kasutamiseks arendatakse mitmes suunas: tavalised fotoelektrilised päikesepaneelid vahetult elektri tootmiseks, peeglitega süsteemid vee kuumutamiseks ning „päikesetorn“ kuhu suunatakse paraboolpeeglitel päikeseenergia, tornis on aurukatel, saadav aur suunatakse auruturbiini.

Päikesetorni ja aurukatla tehnoloogiaga on rajatud Sevilla lähedal päikeseenergiajaam, millest töötab praegu esimene järk võimsusega 11 MW. Jaama kogu planeeritud elektriline võimsus on 300 MW!

ESTISE koolitusreisidel ja nende ettevalmistamisel on suureks toeks olnud Tallinna Tehnikaülikooli Soojustehnika Instituudi õppejõud ja teadlased eesotsas akadeemik emeriitprofessor Arvo Otsaga, dotsent Arvi Poobusega ja vanemteadur Ülo Kasega. Nad on aidanud paljusid tehnoloogilisi protsesse lahti seletada nii eelinfos, kohapeal ettevõtetes, bussisõidul või õhtusel vestlusel. See on teinud jaamade tehnoloogiad kõigile mõistetavamaks.

Lisaks pikematele reisidele on ESTIS korraldanud loengute täiendamiseks ka kohapeal tutvumist Tallinna energeetikaettevõtetega – nüüdisajastatud Tallinna Kütte Kadaka katlamajaga, Elingi Eesti elektrisüsteemi juhtimiskeskusega ja uue biokütusel töötava Tallinna Elektriijaamaga Vao karjäärides (*foto*). Need külastused on andnud olulisi teadmisi mõistmaks paremini energeetikas toimuvat.

Sellised on olnud ESTISE koolitusreisid esimese kümne tegevusaasta jooksul. Lühivõttes ei ole võimalik käsitleda kõiki reisidel nähtut, piirduda tuli vaid kõige olulisemaga. Reisidel ei jäänud kõrvale ka tutvumine külastatava maa looduse ja kultuuriga nii palju kui aeg lubas.

Koolitusreisidel on tutvutud mitmete uute ja Eestis vähetuntud energiatehnoloogiate ja ettevõtetega – keevkihtkatlad Narvas, gaasiturbiinid Lätis, turbal töötavad suured elektrijaamad Iirimaa, termalenergia kasutamine Islandil, tõusu-mõõna elektrijaam Prantsusmaal, hüdroakumulatsioonijaam Itaalias ja päikeseenergia uurimiskeskus Hispaanias.

2010. aastal on ESTISel kavas kaks väga huvitavat koolitusreisi. Maikuu reis viib **Venemaale** Tšeljabinski oblastisse, kus Soome firma Fortum moderniseerib Eesti energeetikaspetsialistide kaasabil Venemaa ühe suurema tööstuspiirkonna energiamajandust.

Teine koolitusreis septembris on planeeritud **Baierimaale**, kus eesmärk on tutvuda biokütuse kasutamisega energia tootmisel ja uudsel orgaanilise soojuskandja tsükli (ORC) põhineval energia tootmisel. Sellele reisile on veel mõned vabad kohad.

Nüüd võib küsida – kuhu minna edaspidi, kas kõik uus on juba ära nähtud? Kaugel sellest – ütlesin, et see on alles algus. Maailmas on palju uut energia tootmise vallas ja sellega tutvumine on järgmiste aastate reise eesmärk. Aastal 2009 läks Poolas Lagiszas käiku uus keevkihtkatlaga ülekriitiliste parameetritega energiaplokk; tõsist tööd tehakse mitmetes riikides kütuste põletamisel tekkiva CO₂ ja SO₂ sidumiseks, paljudes linnades on kasutusel lisaks küttesüsteemidele ka tsentraalsed jahutussüsteemid, taastuvkütuse ja jäätmete kasutamisel kütusena on ees veel palju uut ja huvitavat ning uued energia tootmise tehnoloogiad...

Ka Eesti energeetika ei seisa paigal. Eesti elektrimajanduse arengukava annab ette suunad, mille järgi tuleb 2020. aastal pool Eestile vajaminevast elektrist toota taastuvenergia kasutamisega ja uute tehnoloogiatega – koostootmisjaamades, elektrituulikutega, gaasiturbiinidega. Käesoleval aastal läheb käiku Pärnu uus kohalik kütusel töötav elektrijaam, ettevalmistamisel on jäätmeid kütuseks kasutava energiaploki rajamine Tallinna lähistele, planeeritakse Narva uue energiaploki ehitust, Narva õlitehase laiendamist ning tuuleparke tasakaalustava gaasiturbiinijaama ehitust.

Kõiki neid uusi tehnilisi lahendusi tahaksid oma silmaga näha ka ESTISE liikmed. Uute kohtumisteni järgmistel koolitusreisidel!!

ESTISE LIIKMED SEISUGA 1.04.2010

♦ – volitatud insener

Nimi	Seltsi astunud
SVEN AASA	2002
TRIIN AAVIK	2007
REIN ABEL	2001
REIN ALBRI	2004
KADRIN ALLIK ♦	2001
RAAJA ALUVEE	2007
ELENA ANASHKOVA	2009
PRIIT ANNUSVER	2007
TOIVO ARDEL	2008
HENDRIK ARRO	2001
MATI ARUS	2001
TATJANA BOJARINOVA	2004
VITALI BOROVIKOV	2001
SERGEI DANILOV	2009
ANDREI DEDOV	2002
NADEŽDA DEMENTJEVA	2009
HAIN DENGÓ	2005
MART EHTMAA	2006
LIDIA GOLOVAŠKOVA ♦	2003

Nimi	Seltsi astunud
IGOR HABAROV ♦	2006
RAIDO HALLIK	2010
RIHTI HARMANTS	2008
ALEKSANDR HLEBNIKOV ♦	2001
MEELI HÜÜS	2010
JAAK HÄRMAND ♦	2003
KAMIL IMINOV	2006
KARL INGERMANN	2007
ALEKSANDER IIVANAINEN ♦	2001
ANNA JOANNESJAN	2006
EIMAR JÖGISU ♦	2000
TIIA KAAREP ♦	2003
ERIK KALDAS	2003
AIVO KALDMETS	2001
MAIT KALJUVEER	2001
VALDEKO KANARBIK ♦	2001
KONSTANTIN KANGUR ♦	2003
JOHANNES KASEMETS	2005
LIVIA KASK	2002

Nimi	Seltsi astunud
ÜLO KASK ♦	2001
VOLDEMAR KEEROV	2001
ÜLO KESKÜLL	2007
TIMUR KEVORKOV	2010
EINARI KISEL	2000
JÜRI KLEESMAA ♦	2003
IVAN KLEVTSOV ♦	2001
ALAR KONIST	2006
MATI KOOSKORA	2005
KAURI KOSTER	2007
IVAR KRAVETS	2007
REIN KRIIS	2002
IGOR KRUPENSKI ♦	2007
HANS KRUUS	2003
MAIT KUKK	2010
REIN KRUUS	2001
ARVO KULL	2001
ANDERO KULLERKUPP	2009
ARVO KUUSK	2001
MATI KUUSK ♦	2003
MÄRT KÕRGEMA	2001
KUUNO KÜLASALU	2005
ENDEL KÜTT	2005
EDUARD LATÕŠOV	2005
TOOMAS LAUSMAA	2002

Nimi	Seltsi astunud
ALEKSANDR LEDVANOV ♦	2006
UUDO-REIN LEHTSE ♦	2000
PRIIT LEPMETS	2006
ANDO LEPPIMAN	2008
SIIM LINK ♦	2003
PEEP LOIT	2004
STANISLAV LOMUNOV	2005
JÜRI LOOSAAR	2002
HELI LOOTUS	2004
ROBERT LÄÄNE	2001
VILJAR MAANIIT ♦	2001
MART MAHHOV	2008
URMAS MAIVEL ♦	2002
ANDREI MELNIKOV	2004
JULIA MININA	2004
ANDREI MERKULOV	2005
ÜLO METS ♦	2001
ERIK MEYBAUM	2008
ILJA MIGUNOV	2009
OKSANA MILJUTINA	2004
ANDREI MJAGKOV	2008
ARTJOM MOLODTSOV	2002
VITALI MOSKALENKO	2002
JANN MUTSO	2007
MÄRT MÕTUS	2001

Nimi	Seltsi astunud
IVAR MÄNNIKUS	2001
VALERI NABOKOV	2001
ÜLO NAGLAND	2009
DMITRI NEŠUMAJEV	2001
PEETER NIIDAS ♦	2002
JULIANA NOVASHEVSKAJA	2008
HEINAR NURSTE	2003
MAARIS NUUTRE	2007
OLEV OJALILL	2009
ARVO OTS	2001
MÄRT OTS	2002
TOIVO-RICHARD PAIDE	2009
AADU PAIST ♦	2000
SIIM PAIST	2005
TEET PARVE	2004
VILLU PELLA ♦	2002
VIKTOR PERETS	2009
RAIGO PERT ♦	2005
INDREK PERTMANN	2004
ENRI PETROV	2005
VLADIMIR PETUHHOV	2001
PRIIT-MIHKEL PIHU	2009
TÕNU PIHU	2009
SILLI PIILBERG	2007
SILVER PLAMUS	2008

Nimi	Seltsi astunud
ARVI POOBUS ♦	2000
VITALI PRAUNIN	2009
ARVI PRIKK	2002
JELENA PRISS	2007
TIIT PUKK ♦	2001
MALLE PUOLAKAINEN	2009
KALEV PÖLDSEPP	2005
LEO RABINOVITŠ	2008
Aavo RAMMUS	2004
RAIMO REBO	2005
JAKO REINASTE	2005
ELMO RIIG	2009
ANTON ROHUSALI	2010
JEVGENI ROMANOV	2004
ENN ROONEEM ♦	2004
INGE ROOS	2005
PRIIT ROOSNUPP	2003
TÕNIS ROOSSAAR	2009
REIN ROOTAMM	2001
LEO RUMMEL	2008
JELENA RUSMANOVA	2007
TOOMAS RÄHMÖNEN ♦	2006
AIN SAAGIM	2009
JAAN SAAR ♦	2002
MIKK SAAR	2006

Nimi	Seltsi astunud
AIN SAAREPUU	2001
JÜRI SARV	2008
VELLO SELG	2001
TOIVO SEPP	2001
ANDRES SIIRDE ♦	2001
VAHUR SIKASTE	2007
REIN SILLAMETS	2001
JELENA SITNIK	2008
ANTS SOOMERI	2007
NIKOLAI SUDBIN	2008
HEINRICH SUIK ♦	2002
ANNE-LIIS SUUR	2001
TÕNU SUURKUUSK	2001
ALEKSANDR ŠABLINSKI	2007
DMITRI ŠIROKOV	2009
JAAK ZIUGOV ♦	2001
TIIT TAIMISTU ♦	2001
HARRI TALLERMO	2002
VELLO TALLO	2001
TARMO TALVOJA	2005
TÕNU TAMM	2007
TIIT TARTLAN ♦	2001

Nimi	Seltsi astunud
MATI TATAR ♦	2000
TIMO TATAR	2008
ANDRES TAUJAR ♦	2005
JAAN-ÜLO TEHVER	2003
SVEN TROFIMOV	2001
EDVARD TRUMM	2008
OLAVI TUTT	2009
ÜLLE TUULIK	2005
LEIDA UIBO ♦	2002
TIIT UMBERG ♦	2003
MARTIN UNGER	2004
REIN UNGERT	2001
MATI UUS	2001
ALAN VAHT	2002
KOIT VAHTRE	2004
VILLU VARES ♦	2001
RAIN VEINJÄRV	2009
ANTS VESKI	2002
JÜRI VESKI	2001
ALLAN VRAGER	2005
Toivo ÄÄREMETS	2009

KUIDAS SAADA SOOJUSTEHNİKAINSENERI KUTSET?

UUDO-REIN LEHTSE

Tore, kui astuksid kõigepealt oma erialaseltsi liikmeks (kui sa veel ei ole). Seltsi liikmena saad pidevat täiendkoolitust ning võimaluse osaleda koolitusreisidel välismaal. Koolitusel osalemine annab sulle täiendõppe punkte, millised on vajalikud insenerikutse saamiseks.

Käesoleval ajal on võimalik saada järgmisi kutsetasemeid:

- soojustehnikainsener IV
- diplomeeritud soojustehnikainsener V
- volitatud soojustehnikainsener V

Insenerikutse saamiseks on vajalik esitada avaldus ja selle juurde vajalikud dokumendid. Nende alusel toimub kutse omistamine.

Kutse taotlemine on tasuline.

Kutse omandanud insenerile väljastatakse ESTISE ja Kutsekvalifikatsiooni Sihtasutuse Kutsekoda poolt välja antud kutsetunnistus, mis kantakse riiklikku kutse-registrisse.

Soojustehnika valdkonna kutsekomisjoni koosseis:

UUDO-REIN LEHTSE	komisjoni esimees
AADU PAIST	komisjoni esimehe asetäitja
EIMAR JÕGISU	komisjoni liige
LEIDA UIBO	komisjoni liige
MATI TATAR	komisjoni liige
ARVI POOBUS	komisjoni liige
ENN ROONEEM	komisjoni liige

Täpsed vormid ja nõuded leiad ESTISE kodulehelt www.estis.ee

FOTOVALIK

Pildivalik püüab elustada / illustreerida esimese juubeliraamatu erinevates kirjatükkides kirjutatut:

- UUDO-REIN LEHTSE – *Eesti Soojustehnikainseneride Selts 10 aastane*
- AADU PAIST, ÜLO KASK – *Biokütuste alastest uuringutest TTÜ STIs*
- JÜRI LOOSAAR – *Keskkonnaheitmete alased uuringud TTÜ STIs*
- LEO RUMMEL – *Minu kogemus ESTISE liikmena*
- EIMAR JÕGISU – *ESTISE koolitusreisid*



ESTISE kooslolek, veebruar 2010.

Esireas vasakult: V. Petuhhov, L. Uibo, R. Kriis, L. Golovačkova

Tagareas vasakult: R. Lääne, U.-R. Lehtse, R. Rooneem, E. Jõgisu, U. Maivel, A. Poobus



Fotod
A. Vrager

ESTIS 2000 - 2010

EESTI SOOJUSTEHNIKAINSENERIDE SELTS 10 AASTANE



Kolm professorit:
vasakult
Ilmar Öpik,
Arvo Ots
ja Olev Träss
kuulamas prof
Eric Suubergi
esinemist



Anne-Liis Suur ja
prof Ilmar Öpik
arutavad kuulnud
esitust
(tagaplaanil
Eimar Jõgisu ja
Lembit Vaher)

EESTI SOOJUSTEHNKAINEENERIDE SELTS 10 AASTANE



ESTISe liikmed kuulavad AS Narva Elektriijaamad peadirektorit Ants Paulsi (ees paremal), oktoober 2002

Arvo Niitenberg ja Märt Mõtus kuulavad ettekannet (tagaplaanil Kaido Rajur jt)



ESTIS 2000 - 2010

BIOKÜTUSTE ALASTEST UURINGUTEST TTÜ STIS



Luhaheina
etteanne
purustisse
Lihula
katlamajas

Pilliroo-
brikketide
põletamine
tavaahjus

KESKKONNAHEITMETE ALASED UURINGUD TTÜ STIS



Glütserooli ja biomassi
põletamise katsed
TTÜ STIS



Keevkihtkatelde õhuheitmete
määramised Eesti
Elektrijaamas

ESTIS 2000 - 2010

KESKKONNAHEITMETE ALASED UURINGUD TTÜ STIS



Seminaril Päästõmittajapäivat Lahtis, kus tutvustatakse oma tegemisi ja jagatakse vastastikku praktilisi kogemusi



Õhuheitmete
võrdlus-
mõõtmistel
Hanasaare
Elektrijaamas
Helsingis,
2009

MINU KOGEMUS ESTISE LIIKMENA



Eesti Energia
delegatsiooniga
ESTISE
koolitusreisil
Sitsiiliasse



Sitsiilia saarel,
sügis 2008

ESTIS 2000 - 2010

ESTISE KOOLITUSREISID



Lahti
Lämpövoima OY
Kymijärve
Jõujaam



Balti
Elektrijaama
Foster Wheeleri
keevkiht-
kateldega
11. energiaplokk

ESTIS 2000 - 2010

ESTISE KOOLITUSREISID



Latvenergo
kombitsükliga
gaasiturbiinjaam.
Fotod ehitusest
(2004) ja töötavast
jaamast (2006)



ESTIS 2000 - 2010

ESTISe KOOLITUSREISID



Puertollano
elektrijaam,
Hispaania 2009



Loch Ree
100 MWe
elektrijaam
Iirimaa
Lanesboroughs

ESTISE KOOLITUSREISID



Stokkuri kuumaveeallikad Islandil, mai 2007



Udo-Rein Lehtse ja
Mati Kaare
koolituse vaheajal
tutvumas Norra loodusega,
mai 2004

ESTIS 2000 - 2010



Eesti Soojustehnikainseneride Seltsi koolitusreisil Islandil, 2007

ESTISE reisiseltskond Irimaal (*Rock of Cashel, Tipperary, 2005*)



ESTIS 2000 - 2010

ESTISe KOOLITUSREISID



Koolitusreis Olkluoto tuumajaama Soomes, 2008



ESTISe KOOLITUSREISID



Biokütust põletav Tallinna Elektriijaam Vão karjäärides



Viru-Nigula tuulepargi tuuliku tiivik ootab ülestõstmist (11.09.2006)

MEIE HULGAST ON LAHKUNUD

ILMAR ÖPIK

17.06.1917–29.07.2001

Prof Ilmar Öpik – Eesti TA akadeemik on tuntud eelkõige kui Eesti põlevkivi põletamise süvauuri ja põlevkivil töötavate soojuselektrijaamade rajamise pioneer. Samal ajal on jäänud tagaplaanile tema inseneritöö valgustamine soojustehnikaseadmete konstruktorina, mis oli mitmekülgne ja viljakas.

Esimene etapp I. Öpiku insenertegevuses algas üsna pea pärast seda kui ta oli lõpetanud 1935. a *cum laude* Gustav Adolfi Gümnaasiumi ja temast oli saanud samal aastal üliõpilane TTÜ tehnikateaduskonnas. Õppepraktika mitmes masinatehases (Arsenalis, Sadamatehastes, Chorzovi Mehaanikatehases) viis teda inseneritöö keskkonda. 1937. a sidus ta end juba püsitöölepinguga Fr. Krulli tehasega, mis oli tolleaegses Eestis juhtiv masinaehitustehas, sellel oli lai tootmisprofiil ja täitis väga mitmekülgseid tellimusi. I. Öpik asus tööle tehase konstrueerimisbüroos ja otsekohe tuli tal hakata täitma vastutusrikkaid töid. See nähtub otseselt tööde loetelust, mida noorel konstruktoril tuli täita. Oma mälestusteraamatus loetleb neid ning pälvib imetlust kuidas napi kogemuspagasiga tudengist konstruktor nendega toime tuli: Austraalia põlevkivi utmise kahele tunnelahjule põlemiskamber koos küttepindade kanaliga, Järvakandi klaasivabriku elektrijaama kütuseeleavaator, reisijate diiselmootorvagn Pärnu-Sindi raudteelõigule, Maardu fosforiidimaagi mehaanilise rikastamise vabrik jne. Sellest mittetäielikust loetelust nähtub muuhulgas ülesannete mitmekesisus, millega algaja mehaanikainsener pidi jõudu katsuma. Viimase mainitud projekti lõpetamine langes ajaliselt kokku Tehnika Ülikooli lõpetamisega 14. detsembril 1940 insenermehaaniku *cum laude* diplomiga. Sel puhul tõstis tehase peadirektor von Essen tema palka küll 2,5 korda, kuid sellega lõppes aga ka I. Öpiku töö tehases F. Krull, sest sellest sai peagi Punane Krull ning uued isandad käisid „punase rulliga“ üle insenerikoosseisu ja kuna I. Öpiku sotsiaalsel taustal ei olnud vajalikku värvi, siis oligi päädinud tema inseneritöö esimene etapp. Kogemusi ja oskusi oli muidugi kuhjunud ohtrasti. Võib veel eeldada, et I. Öpik sel perioodil tutvus tehase toodanguga laiemalt, muuhulgas Krull-Lomšakovi liikuvlülidega kaldrestiga, mida kasutati Eestis aastaid tükkpõlevkivi põletamisel.

1. jaanuarist sai I. Öpikust Tehnika Ülikooli aspirant, kuid seda mitte kauaks. Traagiline 1941. aasta paiskas I. Öpiku mobiliseeritud meestega NSV Liidu tagalasse.

Võib arvata, et inseneridiplom ja töökogemused aitasid vältida kõige hullemat saatust tööpataljonis, raskelt haigena ja näljast jõuetuna õnnestus tal välja pääseda laagrast ja

peale toibumist asuda tööle Sverdlovskisse (Jekaterinenburg), kus möödus peamiselt tema inseneritöö teine etapp insenerkonstruktorina. Sverdlovskisse oli koondunud P-Uurali energeetikatööstuse ettevõtteid ning 10.06.1942 sai I. Öpik tööle trusti TEPLOELEKTROPROJEKT Uurali osakonda (UralTEP) I projektibrigaadi insenerina, kuigi suur osa ajast tuli töötada küll väljaspool Sverdlovskit. Esimese suure tööna tuli projekteerida elektrijaama katlad Bogoslovski asulas kohaliku pruunsöe põletamiseks. Järgmine väljasõit oli Solikamskisse projekteerima 12 MW rändrestkoldega energiaplokki magneesiumikombinaadile. Sealt sai alguse I. Öpiku kauaaegne tutvus insener S. Tageriga. Viimane suurem inseneritöö UralTEPis oli katla projekteerimine 25 MW turbiinile Jegoršino elektrijaamas. Sellega ühtlasi sai läbi I. Öpiku teine etapp tema konstruktoritöös. Karmid tööaastad andsid uusi kogemusi, mis edaspidi olid igati asja eest. Samuti tõi I. Öpik Sverdlovski päevilt kaasa kasulikke tutvusi. Prof A. Gurvitš Leningradist oli erudeeritud konsultant ja hilisem hea sõber. Ka tutvus ta seal noore inseneri V. Pomerantsevigaga, pärastise Leningradi Polütehnilise Instituudi professoriga, kellega hiljem arenes ladus koostöö teaduses.

Kevadel 1944 lahkus I. Öpik Uuralist värvatuna Eesti NSV funktsionääride poolt tööle Eestisse taastamaks sõjast laastatud põlevkivitööstust. Jõudnud suvel Moskva kaudu Leningradi jäi ta ootama edasist sündmuste käiku. Ooteaega Leningradis mäletab I. Öpik kui pingevara ja mõnusat eluperioodi. Tagalast oli Leningradi koondatud palju eesti kunstirahvast, teadlasi, insenere jt, kes ootusärevuses vaatasid läände. Väikese rahva sügav tragöödia – olla kahe suurriigivahelise verise sõja kaasosaline, sest samal ajal käisid raevukad lahingud Narva lähistel ja Sinimägedes tõrjumaks ida poolt Eestisse tükkiivat Punaarmeed!

Sõjajärgses Eestis võis I. Öpik end esialgu tunda suhteliselt turvalisena NSV Liidu tagalas viibimise tõttu. Oma sotsiaalse päritolu pärast oleks teda arvatavasti mingil ajal represseeritud, olid ju ka tema teadlastest lilled 1944. a lahkunud kodumaalt Saksamaale. Naasnud Eestisse algas I. Öpikul uus loominguline periood siis, kui ta lõplikult kinnistus TPI Soojusenergeetika kateedris 1948. a ja sai pühenduda põlevkivi tolmipõletamise uurimisele. Kuna peagi selgus, olemasolevad tolmküttekadlad ei sobi põlevkivitolmu põletamiseks, siis oli paratamatu evitada uurimistulemusi viivitamatult katlaehituspraktikaase. Nii sündis tihe koostöö Taganrogi Katlaehitustehase (TKZ) konstruktoritega, kellel oli ülesanne projekteerida katlad ehitatavale Balti Soojuselektrijaamale, hiljem ka Eesti Soojuselektrijaamale. Nii sündisid järjepanu katlad TP-17 (esimene nendest lasti käiku 1959. a lõpul), millele järgnesid kümmekond aastat hiljem TP-67 ja siis ka TP-101. Kõigi nende loomisel läks vaja lisaks I. Öpiku teoreetiliste teadmiste tema mitmekülgseid konstruktorikogemusi.

I. Öpik ei kaotanud teravat konstruktoripilku ka õppetöös TPIs. Allkirjutaja koges seda omal nahal, niipea kui I. Öpik heitis pilgu tema katla kursusprojekti joonisele, osutas sõrmega – karkassi see tala on vales kohas! ESTISE liige aastast 2001.

Käesolev kirjatükk on koostatud tuginedes I. Öpiku enda mälestustel, mis on avaldatud raamatuna.

Arvo Kull

LEMBIT VAHER

19.02.1942–18.11.2001

Paide poiss Lembit Vaher lõpetas TPI tööstusliku soojusenergeetika eriala 1965. aastal. Pärast instituudi lõpetamist alustas ta töömeheteed Tallinna Vineeri- ja Mööblivabrikus meistrina, kus peagi tõusis aurujõumajandi juhatajaks.

Aastatel 1974-1997 töötas Lembit Vaher Riiklikus Tehnilise ja Mäejärelvalve Komitees mitmel ametikohtadel inspektorist juhataja asetäitjani. Lembit oli ettevõttes oodatud, mitte kardetud inspektor, kes ennekõike kasutas oma inseneriteadmisi, mitte talle antud volitusi karistamiseks. 1997. aastast juhtis Lembit Vaher Tallinna Soojuses töökaitse ja tehnilise järelevalve alast tegevust.

Lembit Vaheri teine armastus inseneritöö kõrval oli võrkpall. Ta mängis nii Eesti noorte kui meeste koondises ning viis rühmakaaslastest meeskonna TPI meistritiitlini. Aga elukutsena eelistas ta inseneritööd ja kui treeningkaaslased tulid 1968. aastal Nõukogude Liidu meistriks, oli Lembit juba 26 aastase insenerina TVMK aurujõumajandi juhataja.

ESTISE liige oli Lembit Vaher juba selle algaastatest. Raske haigus viis parimas töömehes Lembit Vaheri meie hulgast kuuekümnendal eluaastal. ESTISE liige aastast 2001.

TÕNU TAMM

14.01.1941–10.04.2004

Tõnu oli pärit Jõgevamaalt Sadalast, lõpetas Jõgeva Keskkooli ja astus 1960. a TPI-sse soojusenergeetikat õppima. Keskkooli aega jääb meenutama tema vastuolu nõukogude võimuga, mistõttu tundis tema vastu huvi ka KGB.

Pärast TPI lõpetamist 1965 suunati ta tööle Balti Soojuselektrijaama, aga juba 1967 asus ta tööle EKE Projekti soojusinseneri-projekteerijana, kus töötas kuni Eesti taasiseseisvumiseni. 1992 asutas ta oma soojustehniliste tööde äriühingu *Elgaso*, mida juhtis oma elupäevade lõpuni. Teda iseloomustab tahe olla iseseisev nii töös kui elus.

Tõnu oli väga elurõõmus ja ühtki pidu ei toimunud temata. Ta armastas talvel suusatamist ja oli ka kirglik kõndija, kes iga päev tegi linnas tiiru, et ennast füüsilises vormis hoida. Oma kätega ehitas ta Murastesse suvila, mille trepil Tõnu süda ootamatult 2004. aasta Suurel Reedel seiskus. ESTISE liige aastast 2004.

TOOMAS TIIKMA

16.10.1945–12.09.2004

Toomas sündis Tallinnas pedagoogide peres – ta isa õpetas teoreetilist mehaanikat ja matemaikat omaaegseses TPIs, ema oli inglise filoloog. 1953-1964 õppis ta Tallinna 2. keskkoolis (Tallinna Reaalkool). 1964 asus ta õppima TPIs tööstuslikku soojustehnikat, mille lõpetas 1969 soojusenergeetika inseneri *cum laude* diplomiga. Aastast 1969 kuni elu lõpuni töötas T. Tiikma TTÜ STIs mitmel ametikohal: 1969-1976 insener, vaneminsener, 1976-1979 teaduslaboratooriumi vanemteadur ja osakonnajuhataja. 1989 valiti ta TTÜ STI dotsendiks, aastast 1997 kuni elu lõpuni oli samas instituudis professor, õppetooli juhataja.

T. Tiikma teadustöö oli mitmekülgne, hõlmates soojusülekande põhiprobleeme sügavuti ja laiuti. 1977 kaitses ta kandidaadi väitekirja, milles esitas aurugeneraatorite küttepindade tuhasadestiste kiirgusomaduste uuringute tulemused. Kiirgussoojusülekande seaduspärasuste uurimused olidki kesksel kohal tema teadustöös. Samuti pälvisid tunnustust tema uurimistööd konvektiivse soojusülekande alal karestatud pinnal, põlemisprotsessi mõjutamisest madalsagedusliku akustilise väljaga, tahkematerjalide soojusfüüsikaliste omaduste valdkonnas. Õppetöös luges ta TTÜs soojus- ja massilevi põhi- ja erikursusi, kuivateid, tööstusahje. Mainitud ainetes kirjutas ta koos kaasosalistega ohtralt õppekirjandust, mis hõlmab peaaegu täielikult tööstusliku soojustehnika õppekava, juhendas kümneid doktorante, magistre, diplomande.

Soojustehnika instituudi töötajate mälestusse jääb püsima Toomas Tiikma kui väga sõbralik, laia huvideringiga, erakordselt töökas kolleeg. ESTISe liige aastast 2001.

IVAR-MIKAEL MÄGISTO

12.11.1933–27.10.2004

Ivar Mägisto lõpetas TPI 1965. a olles tööstusliku soojustehnika esimese grupi rühmavanem. Pärast lõpetamist suunati ta tööle Tallinna Ehituskeraamika Tehasesse. Keraamika-tehas on koht, kus soojustehnikal on õige soliidne positsioon. Lühikese ajaga kerkis ta tootmistehnikaosakonna juhatajaks ja töötas sellel ametikohal aastaid. Mitmete kolleegide arvates oleks Ivari haare eeldanud märgatavalt kõrgemaid ametikohti, kuid järsk ja otsekohene joon suhtlemises seda tol ajal ei võimaldanud.

Ivar Mägisto oli tohutu lugemispagasiga erudiit, kes võis oma teadmistega mistahes elualal rühmakaaslased tigidaks ajada – ei ole võimalik, et sa kõike tead! Ta oli sedavõrd huvitav vestluskaaslane, et ka akadeemik Õpik helistas vahetevahel talle ja siis nad võisid vestelda terve tunni. Kindlasti tuleb ära märkida tema kunstnikukalduvusi ja eriti kalligraafias. Tema TPI aegsed konspektid konfiskeeriti arhiivi ja ka kirjakunstnikuna oleks ta tõenäoliselt tunnustuse leidnud. Vaatamata tõsistele terviseprobleemidele viimastel aastatel ei kaotanud Ivar oma huumorisooni ega huvi kõige ümbritseva suhtes ja ka see on tõeliselt austust väärt. ESTISe liige aastast 2001.

OSKAR MÄEKÜLA

14.09.1929–22.07.2007

TTÜ dotsendi Oskar Mäeküla kogu tööalane tegevus on kulgenud TTÜ (TPI) seinte vahel.

Keskhariduse omandas O. Mäeküla praeguses Gustav Adolfi Gümnaasiumis. Soojustenergeetikat asus ta TPIs õppima 1948 ja lõpetas selle 1953. Seejärel siirdus ta sihtaspirantuuri Leningradi Laevaehitusinstituudis ja omandas tehnikakandidaadi kraadi.

Tema aktiivseim tööperiood langeb ajale, kui TPIs oli laevajõuseadmete eriala. 1956. a võeti ta tööle TPI Laevajõuseadmete kateedrisse, kuhu ta jäi kuni aastani 1973, läbides järjeapanu assistendi, vanemõpetaja ja dotsendi ametikoha. 1965–1970 juhatas ta Laevajõuseadmete kateedrit, 1970–1973 oli energeetikateaduskonna prodekaan. Kui laevaehituse eriala TPIs häabus, viidi O. Mäeküla üle TPI Soojustenergeetika kateedrisse. Seal töötas ta dotsendina ja teadurina.

Väärib esiletõstmist O. Mäeküla järjekindel võitlus laevaehituse eriala eestikeelse õpetamise nimel. Selle tõestamine võimumeeste kabinettides nõudis visadust ja kangekaelsust, kätkedes ebasoosin-gusse sattumise ohtu.

Üpris mitmekülgne on olnud O. Mäeküla seltsielu – ta osales oma noorusaja spordiala harrastajate – vehklejate ettevõtmistes, oli tegev Teadlaste Maja ja Mereväelaste Kogu üritustes. ESTIs liige aastast 2001.

MATI KAARE

7.09.1946–16.04.2008

1993–1994 Ahlström Eesti AS tegevdirektor, 1994–2005 Ahlström Termoflow OY müügijuht, 2005–2008 Foster Wheeler Energi OY müügijuht Baltimaades.

Esimene kohtumine Mati Kaarega toimus 1990. aastate algul ja oli seotud uute keevkatelde ehitamise vajadusega Narva Elektrijaamade tarbeks. Edaspidi toimusid väljasõidud Soome tutvumaks vastava-te uurimistöödega ning töötavate kateldeg. 2002. a pöördus Mati minu poole sooviga astuda meie seltsi liikmeks, öeldes et ehkki ta on ehitusinsener, tuleb nüüd tegeleda soojustenergeetikaga. Mati Kaare kõige olulisemaks tööks oli kahe uue energibloki ehitamine, käivitamine ja tellijale üleandmine Narva Elektrijaamades.

Edaspidi kujunesid meil tihedad sidemed koolitusreisi korraldamise kaudu. Suurimaks ettevõtmiseks oli koolitusreisi korraldamine Norra, Rootsi ja Soome energeetikaobjektidele. Kuna reis oli kavandatud bussiga ja osa ööbimisi toimusid kämpingutes, tuli lahendada palju olmeprobleeme. Viimaste lahendamisel osales aktiivselt Mati abikaasa Mare. Minu hooleks jäi finantspool, ülejäänuga tegeles perekond Kaare. Osteti riiet, et lasta õmmelda kaasavõtmiseks voodipesu. Pikniku korraldamiseks muretseti kõik vajalik, sealhulgas kõige suurem saadaolev pudel viskit. Iga osaleja sai mälestuseks kaelaskantava pitsi ja termoskruusi kohvi jaoks ning muidugi eritellimusel õmmel-dud voodipesu. Tagasiside reisi kohta oli väga positiivne.

Kahju, et raske haigus viis meie hulgast meeldiva inimese. Meie mälestustesse, fotodele ja videote-le jääb ta meeldiva ning optimistliku reisikaaslase ja insenerina. ESTIs liige aastast 2002.

Uudo-Rein Lehtse

Kaido RAJUR

27.01.1944–13.06.2008

Kaido sündis Lääne-Virumaal Naistevälja külas. Tapa 1. Keskkooli lõpetamise järel asus õppima TPLisse – omandas 1968. a soojusenergeetika inseneri diplomi, jäi tööle soojusenergeetika kateedrisse ning alustas teadusliku tööga.

Põhiliseks uurimisteemaks kujunes Eesti põlevkivi ettevalmistamine põletamiseks. Aastail 1972-1974 jätkas õpinguid aspirantuuris. Pärast aspirantuuri lõpetamist jätkas Kaido Rajur tööd TPI tööstusliku soojusenergeetika uurimislaboris ning soojusenergeetika kateedris. Tema teadusuuringud hõlmasid eeskätt põlevkivi jahvatustehnilisi omadusi, aga ka tahkekütuste peenendamise üldküsimusi ning jahvatussüsteemide maatriksmudeleid. Selles valdkonnas juhendas ta enam kui kümnet diplomitööd ning avaldas koos kolleegidega ligi 40 uurimisaruannet ja 30 teaduspublikatsiooni.

Aastal 1987 lahkus Kaido Rajur kateedrist ja asus tööle Eesti TA Keemia Instituuti.

Õpingute ajal TPLis pidi ta majandusliku kitsikuse tõttu pidevalt lisaraha teenima. Nagu Kaido on ise öelnud ei takistanud see aga täielikku osasaamist tudengirõõmudest. Laulmine TPI Akadeemilises Meeskooris ning sealne seltsitegevus ja arvukad kontserdireisid pakkusid igapäevasele rutiinile meeldivat vaheldust. ESTISE liige aastast 2001.

HEINO-JUHAN VASAR

11.04.1942–27.02.2009

Heino-Juhan oli raske saatusega mees. Pärit koolidirektori ja kaitseliitlase perekonnast möödus ta lapsepõlv Siberis. Koju tagasi saabus ta Alatskivi Keskkooli üheksandasse klassi, 1960. a astus ta TPI-sse soojusenergeetika erialale.

Pärast lõpetamist 1965 suunati ta Oru Turbakombinaati, kus alustas konstrueerimisinsenerina, edasi juba tsehhijuhataja, peainseneri ja direktorina. 1987 tuli ta Tallinna tööle Kohaliku Tööstuse Ministeeriumi konstrueerimisbüroosse, kus töötas mitmetel ametikohadel. Viimaseks töökohaks enne rasket haigust jäi tal Eesti Tööstuskommertsit ettevõtte peadirektori ametikoht. Igapäevatöös kasutas ta ära oma soojusenergeetikainseneri teadmised olles samal ajal ka suurepärase organisaator, mida iseloomustavad ka ametikohad, kus ta töötas.

Rühmakaaslased mäletavad Heino-Juhanit lõbusa kaaslasena, kes kunagi ei öelnud abist ära. Samuti oli ta ka spordipoiss, kes lõi kaasa mitmetel spordialadel. ESTISE liige aastast 2001.

RAUL RAHUMÄGI

10.03.1933-12.02.2002

Raul sündis Tallinnas, töölise perekonnas, ema – koduperenaine.

1947-1951 õppis R. Rahumägi Tallinna Elektromehaanika Tehnikumis soojusenergeetika erialal, lõpetas *cum laude*. 1956. a lõpetas *cum laude* ka TPI Mehaanika teaduskonna soojusenergeetiliste seadmete insenerina.

Aastast 1954 töötas R. Rahumägi RPI Eesti Tööstusprojektis (endine ENSV KPKM Projekteerimise ja Teadusliku Uurimise Instituut) Soojustehnika osakonna juhataja asetäitjana (1960), edasi juba juhatajana (1961). 1969-1971 Tallinna TSN TK saadik.

Inimesena oli Raul tähelepanelik ja abivalmis. Igal ajal võis tema poole pöörduda esilekerkinud probleemidele lahenduse leidmiseks. Osakonna töösse ta vahele ei seganud, kuid omas ülevaadet kõikidest töödest ja nende tegijate võimetest, soosis igakülgset täiendõpet ning osalemist sümposionidel ning täiendkursustel. Märkimist väärib ka asjaolu, et ta oli ainuke osakonnajuhataja Eesti Tööstusprojektis, kes ei kuulunud Komparteisse.

Alates 1993 kuni surmani oli R. Rahumägi ETP Grupp AS keskkonnatehnika osakonna insener.

Raul oli aktiivne sportlane (lauatennis), ühiskondlik aktivist. ESTISe liige aastast 2001.

Jaak Härmand

