



TALLINNA
TEHNIKAÜLIKOOL



Soojustehnikainseneride koolitamisest ning inseneride roll tarkade lahenduste väljatöötamisel

Professor Aadu Paist



TTÜ STI struktuur

STI kuulub administratiivselt mehaanikateaduskonda aastast 2000

STI töötab kokku 44 töötajat: õppejõude 8, 2 DSc, 19 PhD, 6 MSc.

STI-s on kolm õppetooli:

- **soojusjõuseadmete õt.** prof A.SIIRDE; termdünaamika, hüdro-gaasidünaamika, tööstustorustikud, auru ja gaasiturbiinid, soojusmootorid
- **soojusenergeetika õt.** prof A. PAIST ; kütused ja põlemine, katelseadmed, kütusemajandus, soojustehnilised mõõtmised, automaatika
- **tööstusliku soojustehnika õt.** prof. I. Klevtsov; soojusvahetus, soojuselektriijaamad, soojustehnilised



Õppekavad

2009/2010. a vastuvõttust käivitus uus õppekava süsteem 3B+2M+4D

Õppe läbiviimise õiguse andmise kehtivus kuupäev
– tähtajatu, sisuline akrediteering aastani –
2013

- Bakalaureuseõpe (MASB02) 180 EAP 3 aastat
õppekavas on 5 moodulit, Kraad lõpetamisel:
tehnikateaduste bakalaureus
- Magistriõpe (MASM02) 120 EAP 2 aastat;
Kraad lõpetamisel: tehnikateaduste magister.
- Doktoriõpe (MAPD02) 240 EAP 4 aastat;
lõputöö 120 EAP, spetsialiseerumine
soojustehnikale 32 AP, kohustuslik
ametipraktika 4 AP. Kraad lõpetamisel:
filosoofiadoktor+eriala nimetus



Bakalaureuseõpe

Bakalaureuseõpe (MASB02) Soojusenergeetika **180**
EAP **3** aastat õppekavas on 5 moodulit, Kraad
lõpetamisel: tehnikateaduste bakalaureus

Üldõppe moodul

Ühiskonnateadused 16 EAP

Alusõppe moodul

Graafika 7 EAP

Informaatika 10 EAP

Matemaatika 20 EAP

Täpis- ja loodusteadused 22 EAP

Põhiõppe moodul

Materjalide, tugevuse ja masinaõpetuse alused 24 EAP

Soojustehnika teoreetilised alused 24 EAP

Soojustehnika põhiõpe 20 EAP

Peaeriala moodul

Soojusenergeetika seadmed ja tehnoloogia 24 EAP

Vabaõppe moodul

Vabaõpe 5 EAP

Lõputöö 8 EAP



Bakalaureuseõppe eriala ained (soojustehnika eriala)

Soojustehnika teoreetilised alused

24 EAP

Termodünaamika I

Termodünaamika II

Soojus-ja massilevi I

Soojus-ja massilevi II

Hüdrogaasimehaanika

Soojustehnika põhiõpe

20 EAP

Kütused ja põlemine

Soojusautomaatika

Soojustehnilised mõõtmised

Valik

Mõõtmise alused

Metroloogia ja mõõtetehnika



Magistriõpe

Magistriõpe (MASM02) Soojusenergeetika 120 EAP
2 aastat; Kraad lõpetamisel: tehnikateaduste
magister.

Üldõppe moodul

Ühiskonnateadused II 18 EAP

Alusõppe moodul

Modelleerimine 4 EAP

Põhiõppe moodul

Soojusenergeetika 14 EAP

Peaeriala moodul

Soojusenergeetika seadmed ja tehnoloogia 18 EAP

Soojusseadmed 16 EAP

Soojusvarustus 12 EAP

Vabaõppe moodul

Vabaõpe 8 EAP

Lõputöö 30 EAP



Magistriõpe

soojusenergeetika põhiõppemoodul

Soojusenergeetika

Kohustuslikud ained

Elektriseadmed ja –edastus

Soojuselektrijaamad

Loodushoid energeetikas

Valikained

Tuumareaktorid

Tuuleenergeetika



Peeriala moodulid

Soojusenergeetika
seadmed ja
tehnoloogia

Kohustuslikud ained

Katlatehnika erikursus

Aru- ja gaasiturbiinid

Valikained

Soojussünergeetika

Energiasüsteemide
strateegiline
arendamine

Kütusemajandus

Soojusseadmed

Kohustuslikud ained

Soojuspumbad

Kompressormasinad

Praktika

Valikained

Energeetikaseadmete
metall ja
konserveerimine

Keevitus ja
keeviskonstruktsioonid



Peaeriala moodulid

Soojusvarustus

Kohustuslikud ained

Tööstustorus ja kaugküttevõrgud

Soojuse ja massileviseadmed

Valikained

Tööstusahjud ja kuivatustehnoloogia

Taastuenergiaallikad



Vastuvõttust ja lõpetamisest

Vastuvõtt

	Bakalaureus	Magister
2011	33	7
2012	36	14
2013	31	13

Lõpetamine

	Bakalaureus	Magister
2011	6	9
2012	14	14
2013	14	7

Magistri lõpetaja saab vastavalt EL kutsestandardile mis hakkab kehtima 2014 aastast taotleda:

- Diplomeeritud soojusenergeetika insener VII
- Volitatud soojusenergeetika insener VIII



Tuumajaamade õppekava arendusest

Eesmärk:

Algne eesmärk oli valmistada ette magistrikraadiga tuumaenergeetika spetsialiste: tuumaenergeetika, tuumaohutuse ning tuumaelektrijaamade alal

Õppida oleks saanud mehaanika, energeetika ja teiste inseneri erialade tudengid, kes on läbinud bakalaureuse õppe

Projekti kestvus algselt planeeritud 01.09.2009-31.12.2012 (40 kuud)

pikendatud 31.12.2013 kaks koolitust TTÜ avatud ülikoolis

Tuumaenergeetika - probleemid ja väljakutsed

- pidi tulema ka ühismagistriõppekava, Tartu Ülikool ja TTÜ

Koostööpartnerid:

Rootsi (KTH, prof. Janne Wallenius)

Soome (Lappeenranta Tehnikaülikool, prof. Riitta Kyrki-Rajamäki)

Leedu (Kaunase tehnikaülikool)

Ungari (Budapesti Tehnoloogia ja Majandusülikool, prof. Aszodi Attila);

Tšehhi Tehnikaülikool Prahás (prof. Lubomir Sklenka).



Koostööpartnerid Eestis

Tallinna Tehnikaülikool (TTÜ):

- **Soojustehnika instituut**
- **Elektroenergeetika instituut**
- **nüüdne Elektrotehnika instituut**

Tartu Ülikool (TÜ)

- **Füüsika Instituut (M. Kirm, A. Tkaczyk , E. Realo)-**

Eesti Energia (EE)

- **Tuumaenergia osakond (Andres Tropp)**



Hajaenergeetika õppekava (Energeetika teaduskonnas)

1. Jätkusuutlikud energiatehnoloogiad
2. Soojustehnika teoreetilised alused
3. Mikro- ja väike koostootmine
4. Soojuspumbad
5. Biomassi termokeemiline muundamine





Materjalid ja protsessid jätkusuutlikus energeetikas

(Keemia ja materjalitehnika teaduskonnas)

1. Jätkusuutlikud energiatehnoloogiad
2. Energia säästmine ja muundamine
3. Energiamaajandus ja planeerimine



Doktoriõpe

Õppekava nimetus: Mehhanotehnika

Peaerialad:

Tootmistehnika

Materjalitehnika

Mehhatroonika

Soojusenergeetika

Üldõpe: Haridus ja teadus

Alusõpe: Mehaanika

Peaeriala: Soojusenergeetika

Doktoritöö

***Doktoritöö on iseseisev teaduslik
uurimus, milles on esitatud vastava
teadusvaldkonna olulise probleemi
lahendus***



Doktorid

2005 **Medhat Hussainov**. Tahkete osakeste mõju gaasi turbulentsile kahefaasilises vooluses.

Dmitrit Nešumajev. Soojusülekanne intensiivistamise kombineeritud tehnoloogiate katseline ja numbriline uuring gaasiga köetavates kanalites.

2006 **Sergei Tisler**. Tahkete osakeste väljasadenemine aerosoolvoolusest tasapinnalise plaadi laminaarses piirikihis.

2007 **Andrei Dedov**. Elektri jaama kõrgetemperatuurse metalli seisundi ja jääkressursi hindamine.

2009 **Nadežža Dementjeva**. Energeetika planeerimise mudelite analüüs ja nende rakendatavus Eesti energiasektoris.

2010 **Igor Krupensi**. Turbulentse kahefaasilise vooluse matemaatiline modelleerimine tuha tsirkuleerivas keevkihis ,

Aleksandr Hlebnikov. Eesti kaugküttevõrkude soojusvõrkude efektiivsuse analüüs ja optimeerimine

2011 **Eduard Latõsov** Soojuse ja elektri koostootmise analüüsi mudel

2011 **Siim Link**. Pilliroo, männi, ebatsuga ja nisupõhu koksides reageerimisvõime.

2012 **Kristjan Plamus**. Põlevkivi kütteväärtuse mõju keevkihtkatla efektiivsusele ja keskkonnale

2013 **Alar Konist**. Põlevkivenergeetika keskkonnakaitselised aspektid

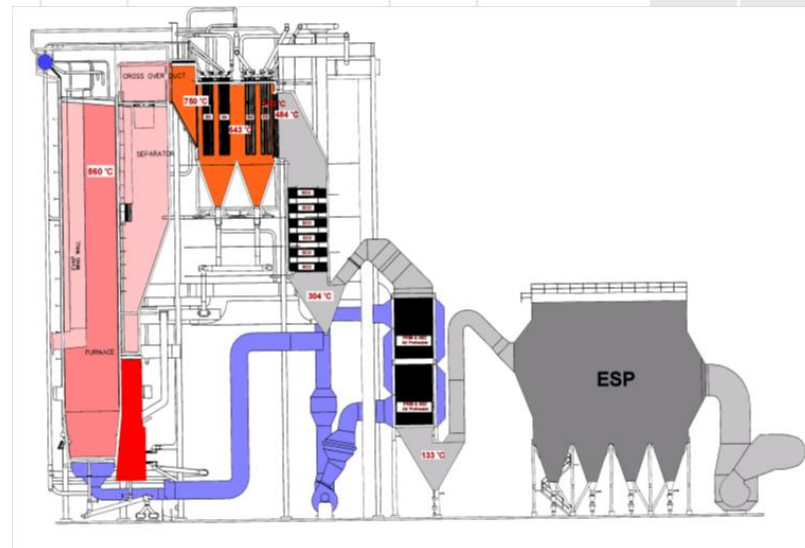
Inge Roos. CO₂ emissiooni arvutusmeetod Eesti põlevkivitööstusele

Tegevusvaldkonnad



Põlevkivienergeetika Põlevkivielektri jaamade käiduga seotud soojustehniliste ja keskkonnavalaste probleemide lahendamine

- ✓ Tolm (PF) ja keevkiht (CFB) põletus,
- ✓ Katelde töökindlus,
- ✓ Saastumine, korrosioon,
- ✓ Tuha käitlemise probleemid,
- ✓ Tuha ladustamine,
- ✓ Õhuheitmed, nende vähendamine:
 - Vääveldioksiid - DeSOx;
 - Lämmastik - DeNOx;
 - Süsinikdioksiid.
- ✓ Põlevkivi ja biomassi koospõletus,
- ✓ Põlevkivi ja kivisöe koospõletus.

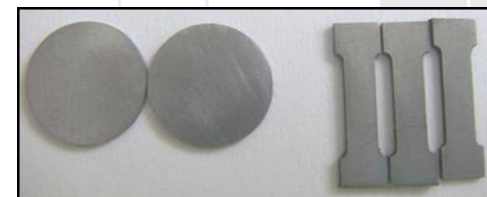


Eesti Energia Narva Elektrijaamade AS surveseadmete ohutu käitamise tagamise uuringud



Energiaploki põhielementide metalli uuringud:

- Kõvaduse määramine,
- Struktuuri uuringud,
- Mehaaniliste omaduste uuringud (miniatuursed tõmbekatsekehad)



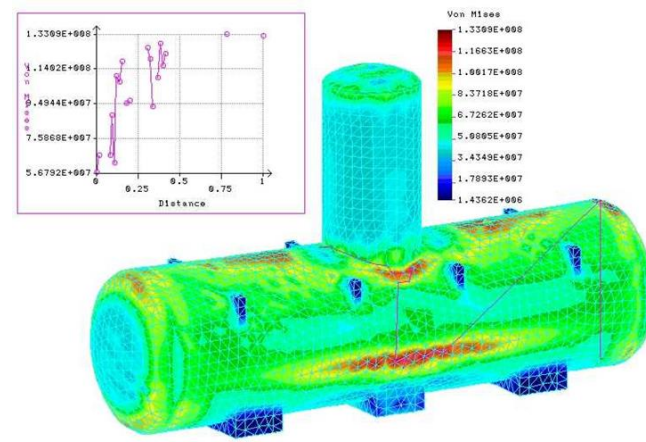
Uuritavad elemendid on:

- Katla peaurustorustik,
- Vaheülekuumendi torustik,
- Katla trummel,
- Ülevisketorud katel-turbiin,
- Turbiinide korpused,
- Turbiinide võllid



Uuringute tulemusena antakse soovitusel energiaploki eksploatatsiooniks teatud perioodiks kuni järgmise ülevaatuseni.

Soojusjõuseadmete metalli seisundi uurimised



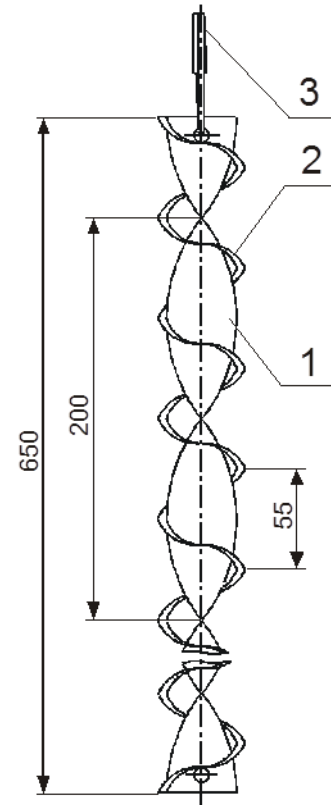
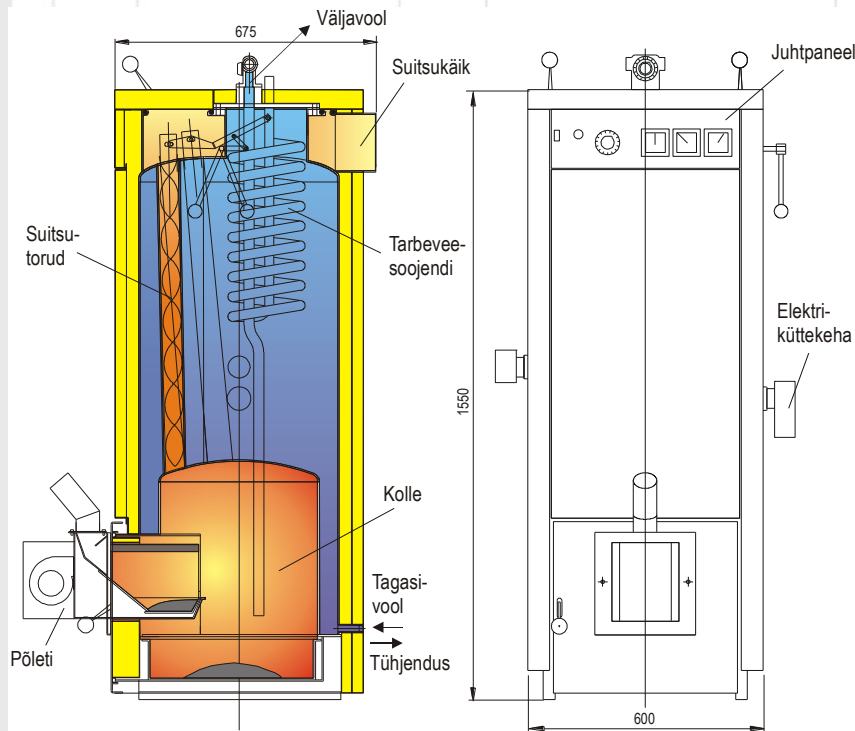


Soojuslevi

Soojusülekanne intensiivistamine

Soojusvahetuse intensiivistamine turbulaatoritega:

- Turbulaatorite arvutus,
- Kasutamine energeetilistes tööstuskateldes,
- Kasutamine väikekateldes.

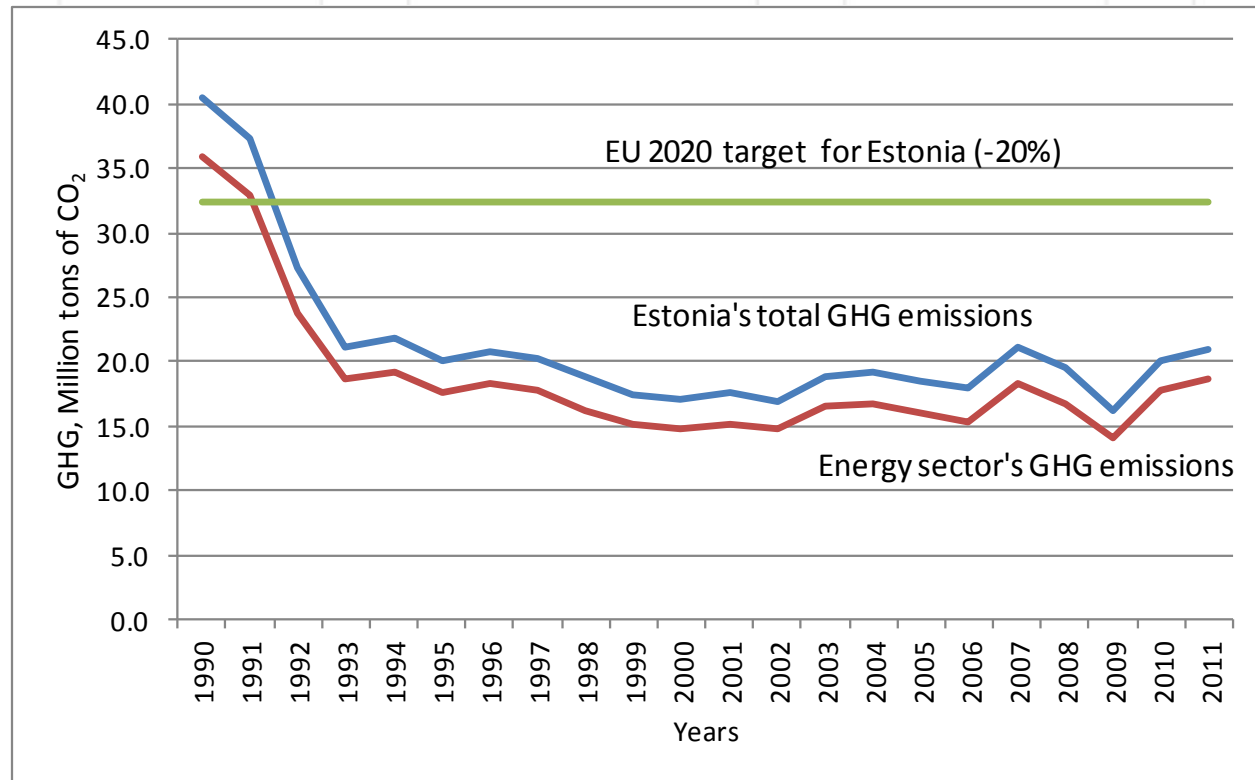




Eesti energeetikasektori kasvuhoonegaaside inventuur

Koostöölepingu raames on STI koostanud iga-aastasi energeetikasektori kasvuhoonegaaside inventuure, mis on üheks osaks riikliku KHG-de inventuuri aruandele mida Eesti riik esitab ÜRO ja Euroopa Liidu Kliimasekretrariaatidele.

Kasvuhoonegaaside emissioonide trend 1990 -2011





Alternatiivsed energiaallikad

Puit, turvas, roog, loohein. Jäätmed, ressurss ja kasutamisevõimalused.

Teadus-arendus projektid Biokütused

Waste to Traffic Fuel (W-Fuel) – INTERREG IVA

Biogaasi tootmise ja kasutamise
pilotuuringud

Koduleht – www.wfuel.info

Reed for Bioenergy and Construction (COFREEN) – INTERREG IVA

Pilliroo kasutusvõimalused ehituses ja
energeetikas

Koduleht – www.cofreen.eu

The Bioenergy System Planners Handbook (Bisyplan) – INTERREG IVC;

Väljundina koostati viiekeelne
internetipõhine käsiraamat.

Koduleht – <http://bisyplan.bioenarea.eu>





Teadusprojekt (ETP)

CO₂ heitmete vähendamine põlemisõhu hapnikurikkamaks muutmisega keevkihtkatlas

Projekti põhietapid:

- Põlevkivi termooksüdatsiooni ning seaduspärasuste määramine (TGA).
- Põlevkivi töötlemine Batch reaktoris. Määratakse põlevkivi mineraalosa koostise muutumise seaduspärasused erinevates tingimustes.
- Põlevkivi põletamine keevkihtstendil. Määratakse põlemisprotsessi optimaalsed parameetrid – temperatuuride jaotus, suitsugaaside koostis ja selle muutumise kineetika, tsirkulatsiooni kordsus jne.

Projekti täitmise käigus:

- Saadakse uusi teadmisi kütuste põlemisprotsesside kohta nn. OXY-režiimis,
- Täiustatakse ja kaasajastatakse STI teadusaparatuuri (CFB stend, TGA, FTIR-analüsaator suitsugaaside koostise määramiseks).





Teadus-arendusprojekt (ETP)

Energiasüsteemide talitluse optimeerimine muutuvkoormuste tasakaalustamiseks

Projekti eesmärk - luua alused ja määrata põlevkivil töötavate tolmküttekateldega energiaplokkide kui muutuv koormust kandvate seadmete energeetilised karakteristikud ja emissioonid muutuval koormusel töötamisel.

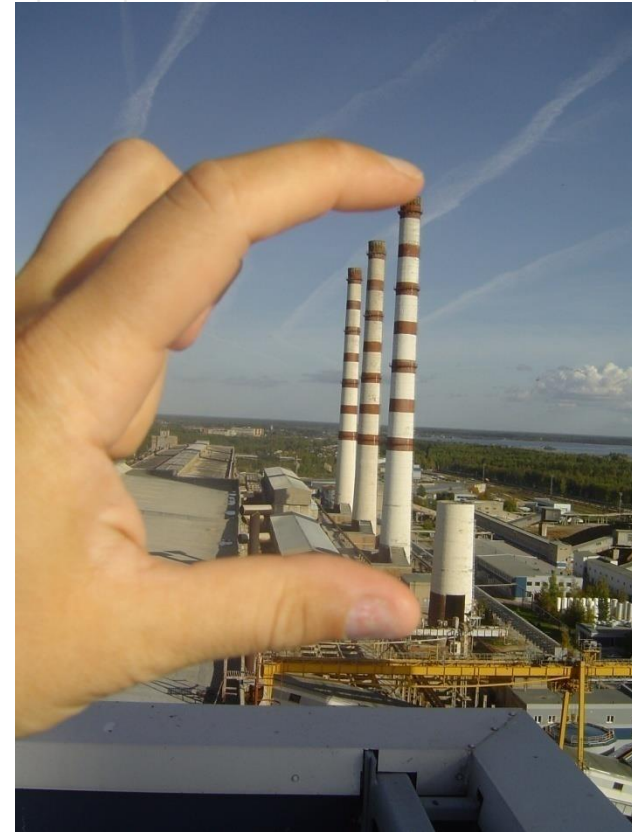
Projekt võimaldab - põlevkivi energiaplokke kasutada muutuvkoormuse balansseerimiseks energiasüsteemis, mis on seotud eelkõige tuuleenergia arengust tingitud mõjudest.

Tuuleenergia hetkevõimsus oleneb teatavast momendi tuule kiirusest, see omakorda on juhuslik ajafunktsioon, mistõttu sellest tulenev võimsuse muutus kajastub ka tasakaalustava võimsuse muutuses.



Katse- ja inspekteerimise tegevus

- Kütuste analüüsid,
- Õhuheitmed,
- Materjalide soojusfüüsikalised mõõtmised,
- TTÜ Sertifitseerimise asutus surveadmete valdkonnas,
- Rõhu all töötava surveadme metalli seisundi inspekteerimine.





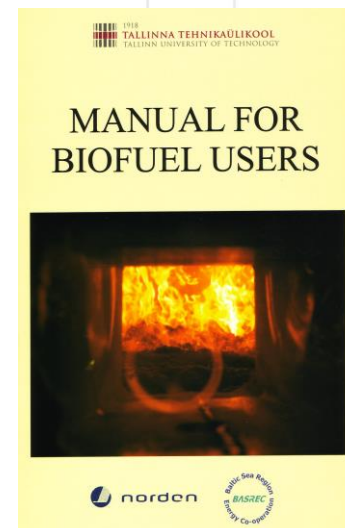
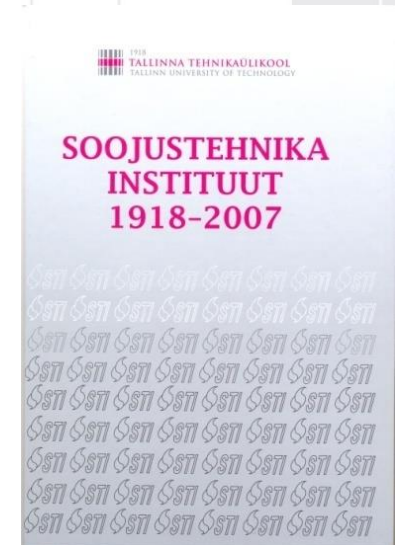
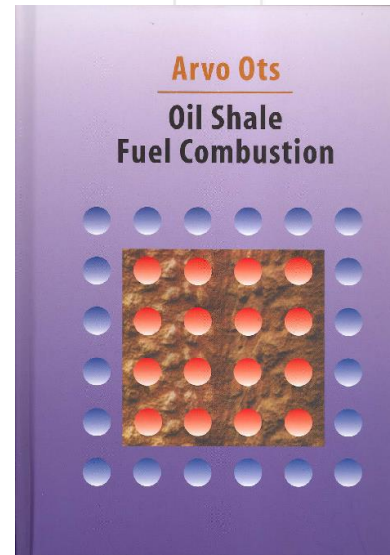
Viimaste aastate raamatuid

Arvo Ots. Põlevkivi põletustehnika. 768 lk. Eesti ja inglise keeles

Soojustehnika instituut 1918- 2007. 536 lk Eesti ja inglise keelne

Villu Vares, Ülo Kask, Peeter Muiste, Tõhu Pihu, Sulev soosaar. Biokütuste kasutaja käsiraamat 172 lk. Eesti, inglise, vene ja hiina keeles

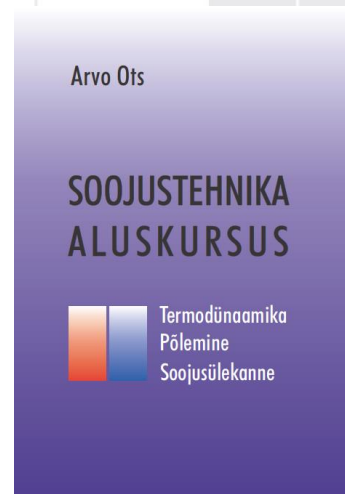
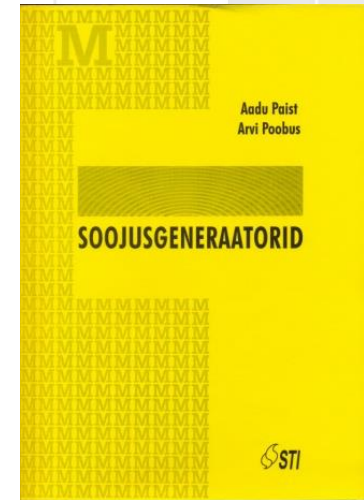
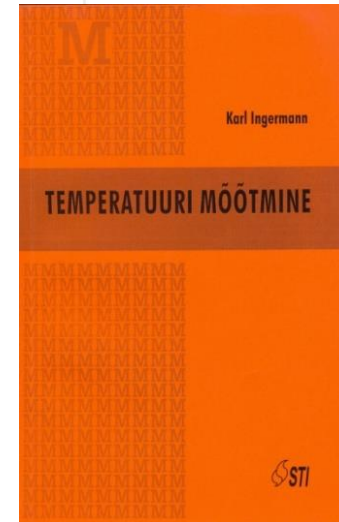
Read up on Reed! Ülo Kask, Livia Kask, Aadu Paist. Reed as Energy Resource in Estonia 123 lk. Inglise





Viimaste aastate raamatuid

- Karl Ingermann Temperatuuri mõõtmine. Õppematerjal. 2009. 147 lk.
- Aadu Paist, Arvi Poobus Soojusgeneraatorid. 2009. Õppematerjal. 147 lk.
- Arvo Ots Peatükk. Ash fouling of Boiler Tubes and Thermophysical Properties and Deposits. (533 – 556 lk) Handbook of Combustion. 2010
- Arvo Ots Soojustehnika aluskursus 2011 817 lk.





Viimaste aastate raamatuid

Aadu Paist, Rein Kruus
Tuumareaktorid. TTÜ kirjastus.
Tallinn 2011. 135 lk.

Aadu Paist, Kristjan Plamus
Lokaalkatlamajad. TTÜ kirjastus.
Tallinn 2013. 111 lk.

Guidebook of Reed Business.
Cofreen. Interreg IV programme
2007-2013. 106 lk.

Kristjan Plamus. The Impact of Oil
Shale Calorific Values 2013.

