



## LIETUVOS ENERGETIKOS INSTITUTAS



VEIKLOS APŽVALGA  
**2012**

# LIETUVOS ENERGETIKOS INSTITUTAS

## 2012 m.



### INSTITUTO MISIJA

Vykdyti tyrimus ir kurti inovacines technologijas energetikos, termoinžinerijos, matavimo inžinerijos, medžiagotyros ir ekonomikos srityse, vykdant mokslinius ir taikomuosius tyrimus, dalyvaujant studijų procesuose, perkeliant taikomųjų mokslinių tyrimų rezultatus ir atradimus į pramonę ir verslą, konsultuojant valstybės, valdžios, viešąsias ir privačias institucijas bei įmones klausimais, susijusias su Lietuvos darnios energetikos plėtra. Aktyviai bendradarbiauti su Lietuvos universitetais ir kitomis aukštosiomis mokyklomis rengiant

specialistus Lietuvos mokslui ir ūkiui.

### INSTITUTO TIKSLAI

- vykdyti ilgalaikius tarptautinio lygio fundamentinius ir taikomuosius mokslinius tyrimus, eksperimentinės plėtros darbus, reikalingus darniai Lietuvos energetikos ir kitų Lietuvos ūkio šakų plėtrai ir integracijai į Europos energetikos sistemas ir Europos mokslinių tyrimų erdvę;
- bendradarbiaujant su verslo, valdžios ir visuomenės subjektais, igyvendinti mokslo žinias į techniškai ir

komerciškai naudingus procesus ir įrenginius, užtikrinančius inovacių energetikos technologijų plėtrą, energetikos objektų ir sistemų ekonomiškumą ir saugumą, energetikos išteklių efektyvų naudojimą ir tausojimą, aplinkos taršos mažinimą ir klimato atšilimo lėtinimą; – skleisti visuomenėje mokslo žinias, skatinti inovacijomis ir žiniomis grindžiamos Lietuvos ekonomikos kūrimą;

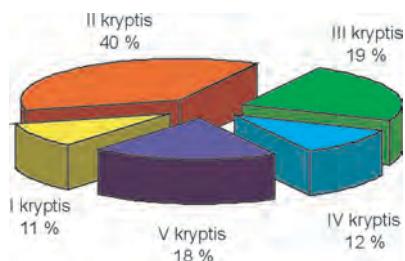
- aktyviai dalyvauti Europos Sąjungos programose ir tarptautiniuose projektuose, plėsti bendradarbiavimą su analogiškais pasaulio mokslinių tyrimų centrais.

### ARTIMIAUSI STRATEGINIAI UŽDAVINIAI

1. *Nacionalinio atviros prieigos Ateities energetikos technologijų mokslo centro sukūrimas.*
2. Mokslo, studijų ir verslo bendradarbiavimo plėtra;
3. Rengti aukščiausios kvalifikacijos specialistus energetikos problemoms spręsti;
4. Eksperimentinės bazės palaikymas ir plėtra.

## INSTITUTO MOKSLINĖ TIRIAMOJI VEIKLA

- I. Šiluminės fizikos, dujų ir skysčių dinamikos bei metrologijos tyrimai;
- II. Medžiagų, procesų ir technologijų tyrimai, skirti atsinaujinančiems energijos ištekliams įsisavinti, vandenilio energetikai, efektyviam energetikos resursų panaudojimui ir aplinkos taršai mažinti;
- III. Branduolinės ir termobranduolinės energetikos bei kitų industriinių objektų sauga ir patikimumas;
- IV. Branduolinių atliekų tvarkymas ir Ignalinos atominės elektrinės eksploatacijos nutraukimas;
- V. Energetinių sistemų modeliavimas ir valdymas, energetikos ekonomika.



Mokslininkų pasiskirstymas pagal mokslinės veiklos kryptis

## NARYSTĖ ŠALIES BEI TARPTAUTINĖSE ORGANIZACIJOSE, BENDRADARBIAVIMAS

LEI priklauso šioms asociacijoms: Branduolinės energetikos asociacija (**BEA**), Lietuvos elektros energetikos asociacija (**LEEA**), Lietuvos energetikos konsulantų asociacija (**LEKA**), Lietuvos inžinerinės pramonės asociacija (**LINPRA**), Lietuvos mokslių bibliotekų asociacija (**LMBA**), Lietuvos mokslo periodikos asociacija (**LMPA**), Lietuvos pramonininkų konfederacija (**LPK**), Lietuvos šiluminės technikos inžinerių asociacija (**LIŠTIA**), Nacionalinė kosmoso asociacija, Dujų ūkio asociacija (**DŪA**), Energetikos ekonomikos asociacija, Statybos produktų bandymų laboratorijų asociacija (**SPBL**), Vandenilio energetikos asociacija, Europos techninės paramos organizacijų tinklas (**ETSON**), Europos vandens tyrimų organizacijų tinklas, (**EurAqua**), Europos saugos, patikimumo ir duomenų asociacija (**EsReDA**), Europos Nacionalinių metrologijos institutų asociacija (**EURAMET**), Europos - Azijos Nacionalinių metrologijos institutų bendradarbiavimas (**COOMET**), Europos branduolinės saugos mokymų ir stažuočių institutas (**ENSTTI**), Tarptautinės energijos agentūros Vandenilio įgyvendinimo sutartis (**IEA HIA**), Nauja Europos kuro elementų ir vandenilio tyrimų grupė

### (N.ERGHY).

Taip pat institutas dalyvauja euro-  
pinių Tvarios branduolinės energijos (Sustainable Nuclear Energy Technology Platform (**SNETP**)) ir Radioaktyviųjų at-  
liekų geologinio laidojimo įgyvendinimo (Implementing Geological Disposal of Radioactive Waste Technology Platform (**IGD-TP**)) ir nacionalinių Vandenilio ir  
kuro elementų (H<sub>2</sub>/FC), Ateities gamyba,  
Nacionalinės šilumos energetikos, Na-  
cionalinės biomasės ir biokuro gamybos  
ir naudojimo bei Lietuvos nacionalinės  
biodegalų technologinių, platformų veik-  
loje.

2012 metai institutui buvo turiningi  
jvykiai ir vizitais.

Metų pradžioje Europos Komisija  
pasirinko Europos branduolinės saugos  
mokymų ir stažuočių institutą (European  
Nuclear Safety Training and Tutoring In-  
stitute, ENSTTI), kurio vienas steigėjų  
yra ir Institutas, mokyti reguliuojančių  
branduolinės energijos organizacijų bei  
techninės paramos organizacijų eksper-  
tus ir tobulinti jų kvalifikaciją. Šis  
Europos Komisijos sprendimas yra  
ENSTTI pripažinimas plėtojant regulia-  
vimo ir techninės galimybes. Sausį taip  
pat buvo pasirašyta AB Kauno energija



LEI direktorius Eugenijus Ušpuras spaudžia ranką EK Jungtinų tyrimų centro Energetikos ir transporto instituto direktoriui Giovanni De Santui (dešinėje) atnaujinus tarpinstitutinę bendradarbiavimo sutartį

ir LEI bendradarbiavimo sutartis dėl bendro projekto **Šilumos tinklo termohidraulinų parametru monitoringo, avarių analizės ir prevencijos sistema** rengimo.

Vasarį institute lankėsi išmaniujujų technologijų asociacijos, Swansea universiteto (Jungtinė Karalystė), Shimizu korporacijos (Japonija) atstovai.

Kovą institutą vizitavo LR Švietimo ir mokslo ministras, Jungtinės Karalystės ambasadorius bei Jungtinių Amerikos Valstijų ambasados patarėjas ekonomikos klausimais.

Kovo 20 d. Briuselyje įvyko naujos asociacijos NUGENIA (Nuclear Generation II & III Association) iškilmingas atidarymas. Vienas NUGENIA asociacijos steigėjų – Lietuvos energetikos institutas.

Balandžio 19 d. institute lankėsi Jungtinių tyrimų centro Energetikos ir transporto instituto direktorius Giovanni De Santi. Vizito metu atnaujinta institutų bendradarbiavimo sutartis. Balandžio 19 d. taip pat pasirašytas susitarimas dėl Swansea universiteto, Kauno technologijos universiteto, Lietuvos sveikatos mokslų universiteto bei LEI bendradarbiavimo.

Gegužė institute vyko konkurso *Šlovės laboratorija* atrankos konkursas,



*Europos Komisijos, Švietimo ir mokslo ministerijos, Finansų ministerijos ir Lietuvos mokslo tarybos atstovai aplankė instituto laboratorijas*

taip pat lankėsi Hitachi atstovai. Pavasarui baigiantis, įvyko dar vienas įsimintinas, kasmečiu tapęs renginys – *9-oji tarptautinė doktorantų ir jaunuųjų mokslinkų konferencija CYSENI 2012*.

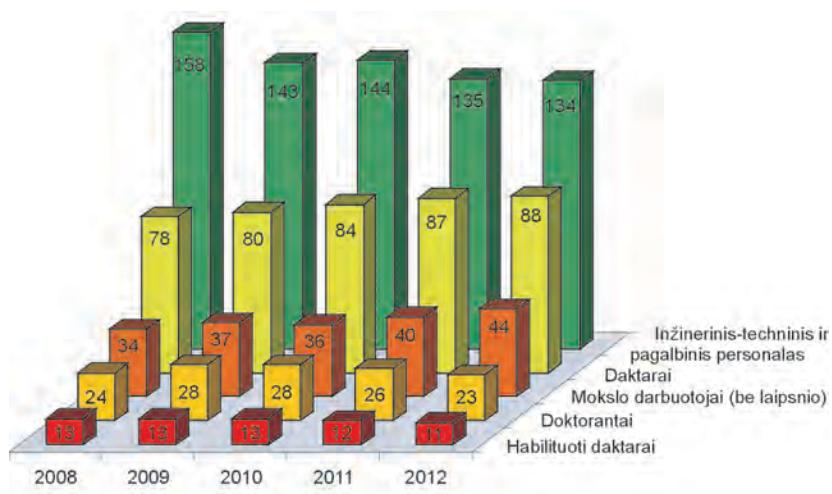
Rugsėjį Lietuvos taikomųjų mokslių akademija institute vedė seminarą *Atviros prieigos centralai: panaudojimo galimybės ir perspektyvos*.

Spalį institute vyko atvirų durų diena; lankėsi AB *Lietuvos energija* delegacija.

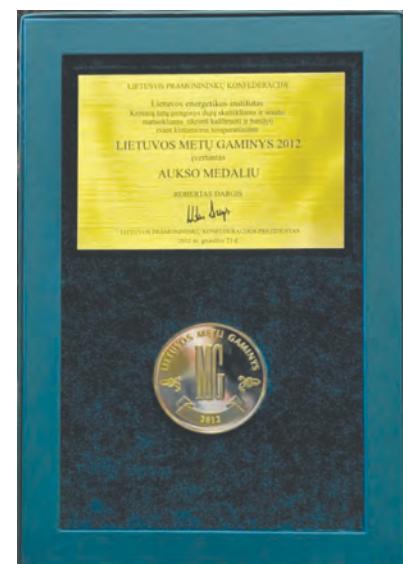
Lapkritį Lietuvoje vyko energetinio saugumo konferencija *Outlook & perspectives in the Baltic Sea region*, kurios vienu organizatorių buvo ir LEI. Europos

Komisijos, Švietimo ir mokslo ministerijos, Finansų ministerijos ir Lietuvos mokslo tarybos atstovai vizitavo instituto laboratorijas, kurios gavo SF paramą infrastruktūros plėtrai vykdant integruoto mokslo, studijų ir verslo slėnio SANTA-KA projektą **Nacionalinio atviros prieigos Ateities energetikos technologijų mokslo centro sukūrimas**.

Gruodį institutas apdovanotas Lietuvos pramonininkų konfederacijos organizuojamo konkurso *Lietuvos metų gaminys 2012* aukso medaliu *Mašinų ir įrengimų grupėje už sukurta įrenginį Kritinių tūtų įrenginys dujų skaitikliai*



*Instituto darbuotojų skaičiaus kaita*



ir srauto matuokliams tikrinti/kalibravoti ir bandyti esant kintamoms temperatūroms. Lietuvos pramonininkų konfederacijos specialia nominacija *Profesijos riteris* pagerbtas ilgametis instituto darbuotojas dr. Gediminas Zygmantas.

Institutas gali pasidžiaugti svariais pasiekimais 7-ojoje Bendrojoje programoje (7BP). LEI dalyvavo teikiant 64 paraškas (EURATOM-LEI yra specialus termobranduolinės sintezės asociacijų projektas), iš kurių 38 perkopė vertinimo slenkstį (~59,4 %), 23 projektais yra finansuotini (~35,9 %). 2012 m. institutas kartu su partneriais pateikė 19 paraškų, iš kurių 16 perkopė vertinimo slenkstį ir 8 paraškos yra finansuotinos. Taip pat reikėtų pažymėti, kad be 7BP projekty, instituto mokslininkai vykdo ir *Pažangi energetika Europai, Baltijos jūros regiono 2007–2013 m., Pietų Baltijos bendradarbiavimo per sieną 2007–2013, TATENA, COST, EUREKA* programų projektus.

## SLĒNIS SANTAKA

Kauno technologijos universitetas, Lietuvos sveikatos mokslų universitetas ir LEI vykdo Integruoto mokslo, studijų ir verslo centro (slēnio) SANTAKA projek-



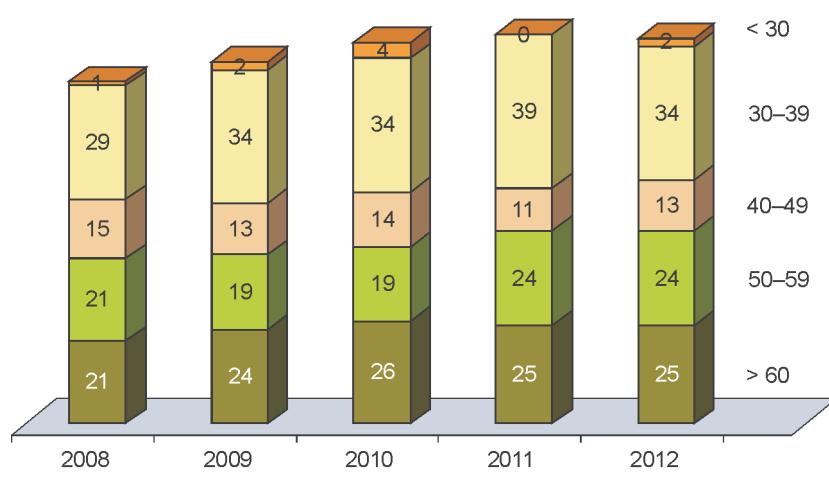
Slēnio **Santaka** lėšomis įsigytą įranga Branduolinės inžinerijos laboratorijoje

tus. Slēnio misija yra, pasitelkiant pui-kiai išplėtotą infrastruktūrą ir geriausius žmogiškuosius ištaklius, kurti naujas žinias, technologijas ir produktus chemijos, mechatronikos, energetikos ir komunikacių technologijų srityse bei perduoti jas verslo subjektams, užtikrinant darnią Lietuvos įmonių plėtrą bei „nišeose“ veikiančių inovatyvių smulkiaus ir vidutinio verslo įmonių steigimąsi. 2012 m. spalio 31 d. pasirašyta sutartis su Kauno technologijos universitetu ir Lietuvos sveikatos mokslų universitetu dėl bendradarbiavimo vykdant slēnio SANTAKA plėtros programą bei joje

numatyta uždavinj – sudaryti palankias sąlygas verslo įmonių ir mokslo institucijų bendradarbiavimui, skatinti naujų technologijų perdavimą ir inovacijų diegimą. Šiuo bendradarbiavimu siekiama suaktyvinti projektų metu sukurtus atviros prieigos centrus.

Instituto vykdomo projekto pagrindinis tikslas – sukurti nacionalinį atviros prieigos ateities energetikos technologijų mokslo centrą, įsigyjant modernią eksperimentinę įrangą ir skaitines programas. Sukurtas centras taptų Europos lygio mokslo tyrimo centru, bendradarbiaujančiu su verslo įmonėmis, studijų bei mokslo įstaigomis, vykdančiu fundamentinius ir taikomuosius tyrimus bei eksperimentinę plėtrą.

Trejų metų investicijos (2010–2012 m.) vykdant mokslo, studijų ir verslo slēnio SANTAKA projektą **Nacionalinio atviros prieigos Ateities energetikos technologijų mokslo centro (NAP AETMC)** sukūrimas sudarė sąlygas institute suformuoti Europos Sajungos (ES) šalių mokslo centrams lygiavertę tyrimų ir eksperimentinės plėtros bazę. Projekto vykdymo metu 2010–2012 m. panaudota per 20 mln. Lt iš ES ir Lietuvos Respublikos biudžeto gautų lėšų, už kurias įsigytą 57 vnt. eksperimentinės įrangos ir 43 vnt. programinės įrangos. Įsigijus



Instituto mokslininkų amžiaus struktūra

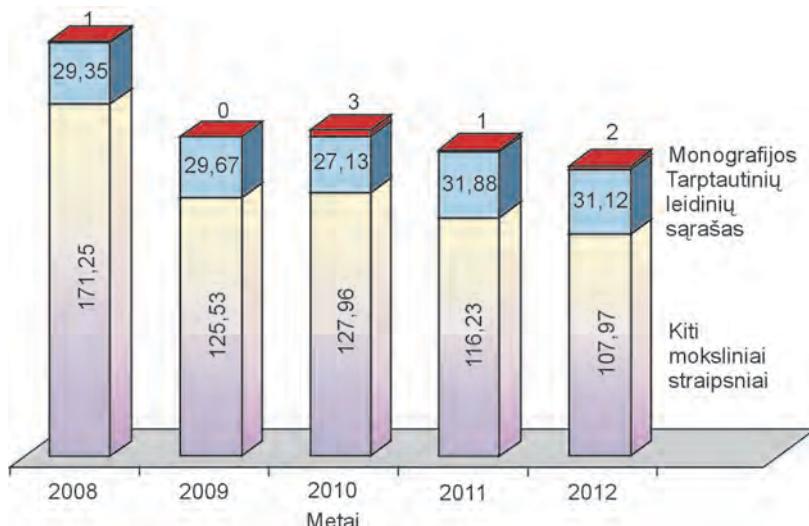
visą projekte numatytaį įrangą, bus galima teigti, kad vykdant šį projektą 10 instituto mokslo padalinių, kurių 2 yra tiksliniai mokslo centrai: Vandenilio energetikos technologijų centras (VETC) ir Atsinaujinančios ir alternatyvios energetikos mokslo centras (AAEMC), yra aprūpinti naujausia pasaulinio lygio eksperimentine ir skaitine įrangą.

NAP AETMC jau aplankė per šimtą Lietuvos ir užsienio mokslo, studijų ir verslo institucijų bei visuomenės atstovų. Lankytojai žavisi VETC infrastruktūra ir atliekamais moksliniais tyrimais bei studijų kokybe. Kiekvieną darbo dieną VETC galima sutikti Kauno technologijos ir Vytauto Didžiojo universitetų studentus, atliekančius laboratorinius darbus ar mokslinius tyrimus. 2012 m. VETC stažavosi jauna tyrėja iš Norvegijos Energetikos technologijų instituto. Šiame centre jau sukurtos 4 patentų paraiškomis apgintos technologijos vandenilio energetikai plėtoti, taip pat gauta MITA parama „purpurinei įmonei“ – UAB Inovatas, įkurti.

## BAIGTI VALSTYBĖS SUBSIDIJOMIS FINANSUOJAMI DARBAI

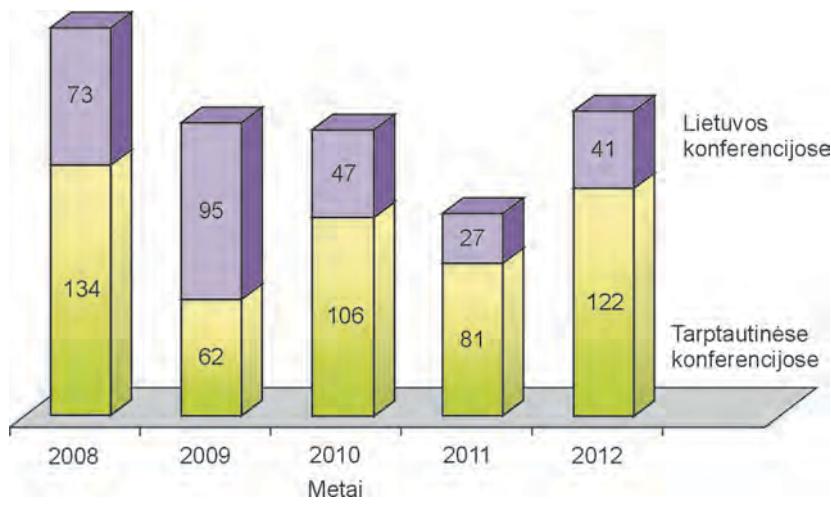
2012 m. institute buvo vykdoma 15 valstybės subsidijomis finansuojamų darbų. 7 darbai buvo užbaigti ir apginti.

1. ***Nanokristalinių metalų hidridų, skirtų energijos saugojimui ir optiniams įrenginiams, sintezė bei savybių analizė.*** (Darbo vadovas dr. D. Milčius).
2. ***Tikimybinis radiacnio poveikio neapibrėžtumo vertinimas, atliekant AE įrenginių išmontavimo ir radioaktyviųjų atliekų tvarkymo analizė.*** (Darbo vadovas prof. habil. dr. P. Poškas).
3. ***Kuršių marių hidrologinio režimo pokyčiai dėl gamtinių ir antropogeninių veiksnių tyrimai.*** (Darbo va-



Mokslinių publikacijų skaičius, ivertinant autorų indėlį

4. ***Procesų sudėtingose techninėse, gamtinėse ir socialinėse sistemos analizė, taikant geriausią iverčio metodologiją.*** (Darbo vadovas habil. dr. A. Kaliatka).
  5. ***Skysčių ir dujų srautų nestacionarumo ir fizikinių savybių kitimo įtakos pertekančių kiekių matavimų tyrimas.*** (Darbo vadovas habil. dr. A. Pedišius).
  6. ***Kietojo biokuro ir jo mišinių naudojimo mažos ir vidutinės galios šildymo įrenginiuose efektyvumo ir taršos tyrimas.*** (Darbo vadovas dr. N. Pedišius).
  7. ***Daugiakriterinių sprendimų priemimo modelio sukūrimas ir taikymas Lietuvos energetikoje. (Energetikos kompleksinių tyrimų laboratorija).*** (Darbo vadovas dr. D. Štreimikienė).
- Institutas 2012 m. pradėjo vykdyti ***Ilgalaikės mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros programas***, patvirtintas 2012-02-23 LR Švietimo ir mokslo ministro įsakymu Nr. V-323:
1. ***Atominių elektrinių eksploatavimo nutraukimo ir radioaktyviųjų atliekų bei panaudoto kuro tvarkymo***
  2. ***procesų tyrimas ir radiacnio poveikio analizė.*** Programos trukmė: 2012–2016 m., vadovas – prof. habil. dr. P. Poškas.
  3. ***Atsinaujinančių išteklių naudojimo efektyviai energijos gamybai ir poveikio aplinkai tyrimas.*** Programos trukmė: 2012–2016 m., vadovas – prof. habil. dr. V. Katinas.
  4. ***Branduoliniuose ir termobranduoliniuose įrenginiuose vykstančių saugai svarbių procesų moksliniai tyrimai.*** Programos trukmė: 2012–2016 m., vadovas – prof. habil. dr. E. Ušpuras.
  5. ***Degimo ir plazminiu procesų eksperimentiniai bei skaitiniai tyrimai energijos generavimo technologijų iš atsinaujinančio biokuro tobulinimui ir aplinkos taršos mažinimui.*** Programos trukmė: 2012–2016 m., vadovai – dr. N. Striūgas, dr. V. Valinčius.
  6. ***Energetikos sektoriaus plėtros ekonominė ir darnumo analizė.*** Programos trukmė: 2012–2016 m., vadovas – prof. habil. dr. V. Miškinis.
  7. ***Vienfazių ir dvifazių srautų dinamikos, šilumos ir masės pernašos procesų tyrimas.*** Programos truk-



*Pranešimų konferencijose skaičius, įvertinant autorų indėlį*

mė: 2012–2016 m., vadovas – dr. R. Poškas.

## TARPTAUTINIAI PROJEKTAI

2012 m. vykdyti 27 tarptautinių programų projektai, tarp jų 10 7BP projektų:

- **Europos termobranduolinės sintezės sutartis** (European Fusion Development Agreement, EURATOM-LEI asociacija). Lietuvos atstovas – prof. habil. dr. E. Ušpuras;
  - **Atominių elektrinių sunkiųjų avarių tyrimų kompetencijos tinklas** (Network of Excellence for a Sustainable Integration of European Research on Severe Accident Phenomenology, SARNET2). Instituto atstovas – habil. dr. A. Kaliatka;
  - **Medžiagų bandymas ir normos** (MATERIALS TEsting and Rules (MATER)). Instituto atstovas – dr. G. Dunulis;
  - **Apsvitinto grafito ir kitų angliesturinčių radioaktyviųjų atliekų apdorojimas ir laidojimas** (Treatment and Disposal of Irradiated Graphite and Other Carbonaceous Waste, CARBOWASTE). Instituto atstovas – prof. habil. dr. P. Poškas;
  - **Geologiniuose PBK/RA kapinynuose susidarančių dujų elgsena** (Fate of Repository Gases, FORGE). Instituto atstovas – prof. habil. dr. P. Poškas;
  - **Naujų valstybių narių prisijungimas glaudžiam bendradarbiavimui EURATOM moksliniuose tyrimuose** (New Member States Linking for an Advanced Cohesion in Euratom Research, NEWLANCER). Instituto atstovas – dr. A. Šmaižys.
  - **Projektas, skirtas naujos kartos Europos reaktorių saugos įvertinimo metodologijų harmonizavimui** (Proposal for a harmonized European methodology for the safety assessment of innovative reactors with fast neutron spectrum planned to be built in Europe, SARGEN\_IV). Instituto atstovas – habil. dr. A. Kaliatka;
  - **Nepriklausomos techninės eksperimentinės radioaktyviųjų atliekų apdorojimo ir laidojimo** (Sustainable network of Independent Technical Expertise for radioactive waste disposal, SITEX). Instituto atstovė – dr. A. Narkūnienė;
  - **Nanotechnologijomis sustiprinta aplinkai palanki ekstrūdinė sluoksniuota armuota plaušu putų cemento statybinė medžiaga** (Nanotechnology Enhanced Extruded Fibre Reinforced Foam Cement Based Environmentally Friendly Sandwich Material for Building Applications, FIBCEM). Instituto atstovė – dr. J. Česnienė;
  - **Produktų ir procesų projektavimas energetiškai taupiems technologiniams įrenginiams, veikiantiems intelektinių prietaisų terpeje** (Product and Process Design for Aml Supported Energy Efficient Manufacturing Installations (DEMI)). Instituto atstovas – dr. R. Škėma.
- Institutas Europos tyrimų erdvėje**  
LEI mokslininkai 2007–2012 m. sėkmingai vykdė šių tarptautinių programų projektus:
- 6 Bendroji programa – 12;
  - 7 Bendroji programa – 15;
  - Pažangi energetika Europai – 24;
  - TATENA – 10;
  - COST programa – 11;
  - EUREKA programa – 3;
  - Šiaurės šalių energetikos programma (NERP) – 2;
  - Baltijos jūros regiono 2007–2013 m. programa – 3;
  - Pietų Baltijos bendradarbiavimo per sieną 2007–2013 m. programma – 1;
  - Leonardo da Vinci programma – 1.

# DOKTORANTŪRA

Lietuvos energetikos institutas kartu su universitetais rengia mokslininkus doktorantūroje:

- technologijos mokslų energetikos ir termoinžinerijos kryptyje (06T) – su Kauno technologijos universitetu;
- technologijos mokslų aplinkos inžinerijos ir kraštotvarkos kryptyje (04T) – su Kauno technologijos universitetu ir Aleksandro Stulginskio universitetu;
- socialinių mokslų ekonomikos kryptyje (04S) – su Kauno technologijos universitetu ir Klaipėdos universitetu.

1992–2012 m. doktorantūrą baigė 80 doktorantų (iš 92 įstojuisių), disertacijas apgynė – 53. 2012 m. į doktorantūrą priimti 3 doktorantai, iš viso studijavo 23 doktorantai.

2012 m. apgintos daktaro disertacijos:

- birželio 15 d. Kauno technologijos universitetas suteikė daktaro mokslo laipsnį Energetikos kompleksinių tyrimų laboratorijos j. m. d. Viktorijai BOBINAITEI, sėkmingai

apgynusiai daktaro disertaciją tema *Didmeninės ir mažmeninės elektros energijos kainų prognozavimo veiksniai, metodai ir modelis* (socialiniai mokslai, ekonomika – 04S). Mokslinė vadovė doc. dr. Aliona Juozapavičienė (Kauno technologijos universitetas);

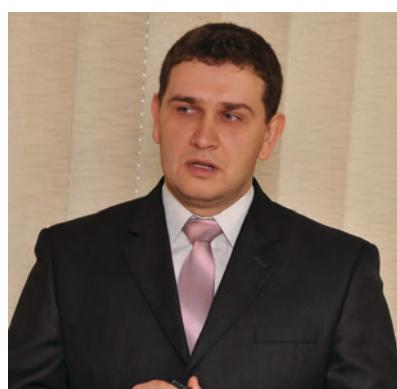
- lapkričio 21 d. daktaro mokslo laipsnis suteiktas Plazminų technologijų laboratorijos doktorantui Mindaugui MILIEŠKAI, Kauno

technologijos universitete sėkmingai apgynusiam daktaro disertaciją *Termohidrodinaminių procesų tyrimas plazmoje pluoštinant sunkiai besilydančias keramines medžiagą* (technologijos mokslai, energetika ir termoinžinerija – 06T). Mokslinis vadovas dr. Vitas Valinčius;

- gruodžio 20 d. Vytauto Didžiojo universitetas suteikė daktaro mokslo laipsnį Vandenilio energetikos



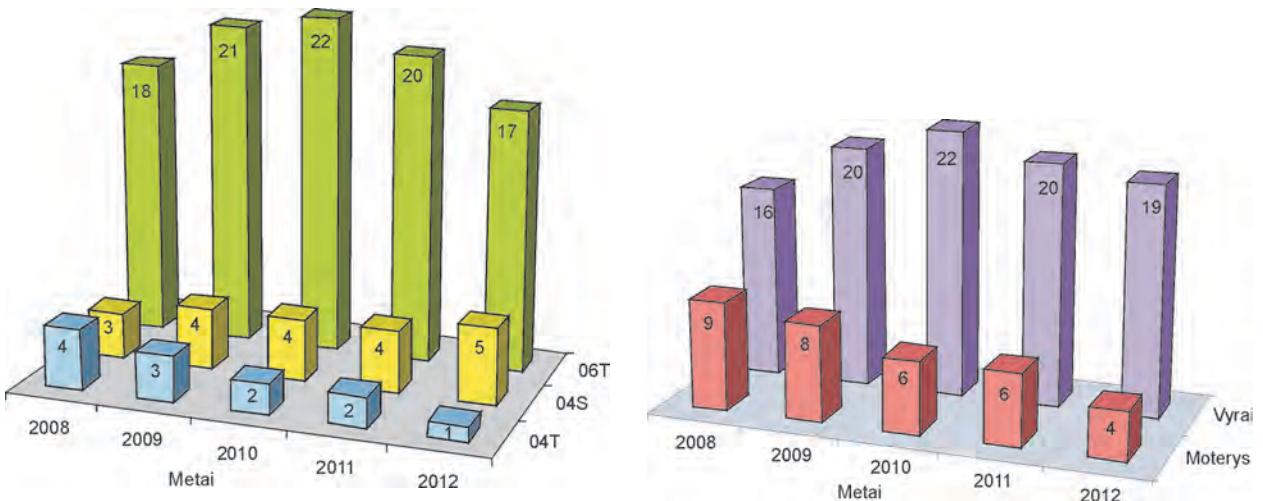
Dr. V. Bobinaitė



Dr. M. Milieška



Dr. M. Lelis



Doktorantų pasiskirstymas pagal mokslo kryptis

Doktorantų skaičiaus struktūra



Doktorantas Darius Justinavičius skaito pranešimą konferencijoje CYSENI 2012



Doktorantų Linę Martišauską (kairėje), vieną geriausių konferencijos CYSENI 2012 darbų autorius, sveikina LEI direktoriaus pav. dr. Rimantas Levinskas, dr. Diana Meilutytė-Barauskienė ir JMS tarybos pirmininkas Darius Laurinavičius

technologijų centro j. m. d. Martynui LELIUI, sėkmingai apgynusiam daktaro disertaciją *Padėkliukų paviršiaus įtakos plonų Mg-Ni, Mg ir Mg-Ti dangų hidrinimo kinetikai tyrimas* (fiziniai mokslai, fizika - 02P). Mokslinis vadovas prof. habil. dr. Liudvikas Pranovičius.

Priėmimas į LEI doktorantūrą vyksta liepos mėn. pirmomis dienomis, likus laisvų vietų – rugsėjo mėn. Doktorantūros studijų metu yra galimybė dalyvauti tarptautiniuose projektuose, stažuotis užsienio mokslo centruose, dalyvauti tarptautinėse konferencijose.

Daugiau informacijos apie instituto doktorantūros studijas galite rasti instituto interneto puslapyje <http://www.lei.lt>, skyrelyje – Informacija – Doktorantūra.

Kontaktinis asmuo:  
Jolanta Kazakevičienė  
Studijų administratorė  
Tel. (8 37) 401 809  
El. paštas [jolanta@mail.lei.lt](mailto:jolanta@mail.lei.lt)

# ŠILUMINIŲ ĮRENGIMŲ TYRIMO IR BANDYMŲ LABORATORIJA

## PAGRINDINĖS LABORATORIJOS MOKSLINIŲ TYRIMŲ KRYPTYS:

- skysčių ir oro (dujų) srautų struktūros, kintant tekėjimo režimams ir veikiant hidrodinaminių trikdžių sukeliamoms srauto pulsacijoms ir turbulentiškumui bei greičio pasiskirstymo ir slėgio gradientų pokyčiams, tyrimai;
- skysčių ir oro (dujų) srautų greičio, tūrio ir debito etaloninių verčių atkūrimo bei perdavimo metodų ir matavimo priemonių tikslumo ir patikimumo tyrimai;
- skysčių ir dujų klampos įtakos turbininių ir kamerinių matuoklių matavimo tikslumui tyrimai, siekiant pagrįsti kilnojamųjų etalonų patikimą veikimą realiomis sąlygomis, kintant srauto fizikinėms savybėms, sudėciai, slėgiui ir temperatūrai;
- kietojo biokuro, jo mišinių ir atgautojo kuro sudėties, šilumingumo ir fizikinių savybių bei jų degimo produktų sudėties tyrimai;
- degimo stadijų skaitiniai ir eksperimentiniai tyrimai;
- kietojo biokuro panaudojimo mažos ir vidutinės galios šildymo įrenginiuose efektyvumo bei pažangiu deginimo technologijų diegimo tyrimai.

## PAGRINDINĖS TAIKOMUJŲ DARBŲ KRYPTYS:

- Lietuvos ūkio ir mokslo metrologinis aprūpinimas skysčių ir dujų srautų matavimo srityje ir matavimų sieties su Europos šalių nacionaliniais matavimų institutais bei Lietuvos laboratorijomis užtikrinimas, pagrįstas Lietuvos Respublikos Vyriausybės įgaliojimais išlaikyti šiose matavimo srityse valstybinių etalonų bazę;
- gaminamų dujinių prietaisų ir vandens šildymo katilų, kūrenamų dujinių, skystuoju ir kietuoju kuru, įskaitant biokurą, bei skystojo kuro, vandens, šilumos bei dujų kiekių matavimo priemonių bandymai ir atitinkties nustatytiems reikalavimams įvertinimai;
- kitos paslaugos, susietos su bendrujų tikslios energetinių ir kitų išteklių apskaitos, tiekimo-vartojimo disbalanso ir efektyvaus išteklių naudojimo uždaviniių sprendimui.

2012 m. buvo tėsiami pagrindiniai moksliniai tyrimai ir taikomieji darbai. Laboratorija vykdė labai svarbius Lietuvos pramonei, verslui ir moksliui ilgalai- kius darbus. Laboratorija aktyviai bend-

radarbiaavo su Lietuvos užsakovais, atsi- žvelgdama į bendrasias mokslinių tyri- mų ir eksperimentinės plėtros tenden- cijas Europos šalyse, plėtojo valstybinių skysčių ir dujų srautų etalonus bei mata-

vimų paslaugas Lietuvos užsakovams, taip pat plėtė mokslinius tyrimus ir kūrė eksperimentinę bazę perspektyviems įvairių rūsių biokuro tyrimams ir jo praktinio panaudojimo plėtrai.

# MOKSLINIŲ TYRIMŲ REZULTATAI IR PERSPEKTYVOS

## *Biudžetiniai darbai*

2012 m. užbaigtu du trejų metų trukmés mokslinių tyrimų darbais:

- pirmajame jų **Skysčių ir dujuų srautų nestacionarumo ir fizikinių savybių kitimo įtakos pratekančių kiekij matavimui tyrimas ir praktinių metodų jai vertinti parengimas** 2012 m. iširta pulsuojančio srauto įtaka tachometrinėjoro (duju) ir vandens debito ir oro greičio matuoklių matavimo tikslumui; oro greičio verčių atkūrimo tikslumo priklausomybės nuo tekėjimo režimo ir atitinkamumo tekėjimo tipo dėsningumai; skysčių ir duju klampos įtaka turbininių ir kamerinių matuoklių matavimo tikslumui, kintant srautų fizikinėms savybėms, sudėčiai, slėgiui ir temperatūrai. Derinant eksperimentinius ir skaitinio modeliavimo metodus nustatyti dėsningumai apibendrinti, susieti su didelės mokslinės ir praktinės reikšmės turinčiais taikymais.

Šiuo darbu užbaigiamas šios krypties mokslinių tyrimų ciklas. Paskutiniu akcentu turi būti doktorantų A. Tonkonogovo ir E. Maslauskos disertacių darbų gynimas 2013 m.;

- antrajame jų **Kietojo biokuro ir jo mišinių naudojimo mažos ir vidutinės galios šildymo įrenginiuose efektyvumo ir taršos tyrimas ir praktinis taikymas** pradėta plėtoti nauja perspektyvi mokslinių tyrimų kryptis, susijusi su biokuro, kaip svarbus atsinaujinančio energijos ištekliaus, panaudojimo plėtra ir jos sukeliamų uždavinų sprendimui. Darbe panaudota iš slėnio SANTAKA programos gauta šiuolaikiška įvairių rūsių biokuro

silumingumo, sudėties, sunkiųjų metalų kiekio, peleningumo, lakių medžiagų sudėties ir jų išsiskyrimo terminio poveikio metu dėsningumų bei kitų savybių analizės įrankia ir aparatūra. Darbe nustatyti pagrindiniai veiksnių, lemiantys įvairių rūsių biokuro sudėjimo efektyvumą atsižvelgus į degimo kameros konstrukciją, antrinio oro tiekimo sąlygas ir kuro rūši bei jo paruošimo būdą.

**technologijas** (BIOKONVERS), trukmė 2012–2014 m., vykdymojai – 3 instituto laboratorijos;

- Europos socialinio fondo agentūros projektai: **Inovatyvios terminio skaidymo technologijos kūrimas ir pritaikymas vandenvalos nuotekų dumblu utilizavimui** (INODUMTECH), projekto Nr. VP1-3.1-ŠMM-10-V-02-009; **Įvairių rūsių paruošto biokuro, gaminamo iš žemės ūkio atliekų ir perdirbimo produkų, savybių bei šio kuro pritaikymo mažos ir vidutinės galios šildymo įrenginiuose tyrimai** (AGROBIO-ATENA), projekto Nr. VP1-3.1-ŠMM-10-V-02-011.

## *Projektai*

Biokuro panaudojimo tematikos perspektyvumą ir svarbą liudija šie patvirtinti ir vykdomi arba preliminariai aprobuoti projektai, kuriuose laboratorija dalyvauja savarankiskai arba su kitomis instituto laboratorijomis:



Bioenergy Promotion



ŠVIETIMO  
IR MOKSLO  
MINISTERIJAI

## *Ilgalaikės programos 2012–2016 m.*

2012 m. kartu su kitomis instituto laboratorijomis pradėti vykdyti darbai pagal ilgalaikes programas: *Vienfazių ir dvifazių srautų dinamikos, šilumos ir mašės pernašos procesų tyrimas*, spręsti 3 uždaviniai; *Atsinaujinančių išteklių naudojimo efektyviai energijos gamybai ir poveikio aplinkai tyrimas*, spręsti 2 uždaviniai.

VALSTYBINIU ETALONU  
MATAVIMO GALIMYBIŲ  
PLĖTOJIMAS

## *Naujos etalonų matavimo ir kalibravimo galimybės*

2012 m. sėkmingai įvykdyti darbai pagal sutartį su LRV Ūkio ministerija (anksčiau pagal kasmetines sutartis su Valstybine metrologijos tarnyba) siekiant efektyviai panaudoti ir plėtoti keturis valstybinius etalonus. Pirmą kartą Lietu-



- Lietuvos mokslo tarybos projektas **Vietinio kuro terminio skaidymo procesų tyrimas kuriant efektyvias ir ekologiškas**

vos valstybinių etalonų galimybės buvo patvirtintos 2005 m. spalio 11 d. ir paskelbtos Tarptautinio svarsčių ir matų biuro (BIPM) tinklalapyje. Vadovaujantis tolesniais skryscių ir dujų srautų matavimų tyrimų rezultatais, nuolat vykdytais techninės įrangos ir aparatučios atnaujinimais ir tobulinimais bei augančiais matavimo paslaugų poreikiaus pramonės, verslo ir mokslo srityse, 2011 m. gruodį EURAMET TK buvo pateiktos naujos etalonų galimybės, smarkiai priartintos prie pirmaujančiųjų Europos šalių nacionalinių laboratorijų lygmens.

2012 m. šios galimybės buvo įvertintos regioninių tarptautinių metrologinių organizacijų EURAMET, APMP ir AFRIMET techninių ekspertų ir, laboratorijai atlikus korekcinius veiksmus, 2012 m. gruodžio 19 d. buvo patvirtintos ir paskelbtos BIPM tinklalapyje [http://kcdb.bipm.org/KCDB\\_news.asp?](http://kcdb.bipm.org/KCDB_news.asp?).

#### ***Veikla tarptautinėse organizacijose***



Laboratorija, vykdyma nacionalinių etalonų laboratorijos funkcijas, 2012 m. dalyvavo tarptautinių organizacijų EURAMET ir COOMET techninių komitetų *Srautai metiniuose posėdžiuose*, Europos notifikuotų įstaigų platformos (NoBoMet) dalyvių darbo susitikime Vokietijoje ir rengė bei teikė informaciją apie kokybės vadybos sistemos funkcionavimo rodiklius EURAMET TK Kokybė.

#### ***Tarptautiniai tarplaboratoriiniai palyginimai***

EURAMET ir COOMET techninių komitetų posėdžiuose apsvarstyti ir patvirtinti palyginimų rezultatai pagal šiuos projektus:

- COOMET Nr. 406/UA/07 (reg. Nr. JCRB-COOMET.M.FF-S2) vykdytas 20 °C vandens debito ribose nuo 3 m<sup>3</sup>/h iki 100 m<sup>3</sup>/h, dalyvaujant Vokietijos (PTB – vadovaujančioji laboratorija), Uzbekistano, Ukrainos, Rusijos, Baltarusijos, Lietuvos ir Slovakijos nacionalinėms laboratorijoms;
- COOMET (reg. Nr. JCRB-COOMET.M.FF.S4 B) vykdytas 20 °C vandens debito ribose nuo 3 m<sup>3</sup>/h iki 20 m<sup>3</sup>/h, dalyvaujant Slovakijos (SMU – vadovaujančioji laboratorija), Lietuvos, Kubos, Moldovos, Meksikos ir Ukrainos nacionalinėms laboratorijoms;
- COOMET Nr. 412/UA/07 vykdytas oro debito ribose nuo 4 m<sup>3</sup>/h iki 160 m<sup>3</sup>/h, dalyvaujant Ukrainos (IvanoFrankovsk standartmetrology – vadovaujančioji laboratorija), Rusijos, Slovakijos ir Lietuvos nacionalinėms laboratorijoms.

Visuose palyginimuose laboratorijos matavimo rezultatų nuokrypis nuo dalyvių matavimo rezultatų svertinio vidurkio vertės yra leidžiamosių ribose.

2012 m. spalį atlikti matavimai pagal EURAMET projektą Nr. 1233 20 °C vandens sraute ir debito nuo 3 m<sup>3</sup>/h iki 30 m<sup>3</sup>/h ribose. Palyginimų vadovaujančioji laboratorija – Turkijos nacionalinė laboratorija TUBITAK UME. Palyginiame dar dalyvauja Lenkija (GUM), Italija (INRIM) ir Bulgarija (NCM). Taip pat pasirengta vykdyti palyginimus pagal EURAMET projektą Nr. 1225 oro greičio nuo 0,05 m/s iki 1 m/s ribose.

#### **SVARBIAUSIEJI TAIKOMIEJI DARBAI IR PASLAUGOS**

2012 m. laboratorija atliko šiuos didesnės apimties taikomuosius darbus:

- nuotolinio duomenų perdavimo sistemų įvertinimas ir įteisinimas – 2 naujos sistemos, kurias sudaro kelijų lygmenų įtaisai: vandens ir šilumos skaitikliai, įrengti pas vartotojus – 1-asis lygmuo; tarpiniai duomenų iš skaitiklių kaupikliai – 2-asis lygmuo; signalų keitikliai – 3-asis lygmuo; duomenų kaupiklis ar modemas, iš kurio duomenys perduodami į pagrindinį kompiuterį – 4-asis lygmuo; pagrindinis kompiuteris duomenims surinkti, apdoroti ir saugoti;
- ištirtos nutekamujų vandenų didelio pralaidumo debitmacių kalibravimo/patikros galimybės eksplotacijos sąlygomis, parengta ir įteisinta metodika;
- išduota 4 šilumos matuoklių tipo tyrimo sertifikatai ir 281 atitinkies tipui sertifikatas;
- AB *Klaipėdos nafta* užsakius parengta studija, kurioje parynktas tinkamiausias suskystintų gamtinių dujų tiekėjas projektuojamam SkGD terminalui;
- gerokai išplėstos Lietuvos užsakovams biokuro savybių tyrimo ir bandymo paslaugos;
- laboratorijoje suprojektuotas 3 m<sup>3</sup> talpos etaloninis saikiklis UAB *Biofuture* gaminamo etilo alkoholio matavimo sistemos periodiškai tikrinti ir kalibravoti. AB *Astra* pagamino saikiklį, kuriam ištirti ir kalibravoti pradėta ruošti įranga;
- laboratorija tėsė veiklą, teikdama paslaugas užsakovams,

kaip sudedamoji atviros prieigos Atsinaujinančios ir alternatyvios energetikos centro dalis.

Lėšos už atliktus taikomuosius darbus 2012 m. sudarė 1,5 mln. Lt.

2012 m. įteisintos naujų taikomųjų paslaugų tiekimo galimybės:

- notifikuota veikla biokurą deginančių įrenginių atitinkties vertinimams pagal Europos Parlamento ir Tarybos Direktyvą 89/106/EEB. Informacija apie tai pateikta Europos Komisijai, ES valstybėms narėms ir ELPA valstybėms, pasirašiusioms EEE sutartį;
- notifikuota veikla skysčių (ne vanduo) matavimo sistemų atitinkties vertinimams pagal Europos Parlamento ir Tarybos Direktyvos 2004/22/EEB F modulį;
- laboratorija išplėtė akreditavimo sritį oro (dujų) debito matuoklių kalibravimui mažų debitų srityje nuo 0,0003 m<sup>3</sup>/h; pradėjo taikyti ir akreditavo kietojo biokuro ir kietojo atgautojo kuro drėgmės, šiluminiumo, peleningumo bei pagrindinių ir šalutinių elementų sudėties nustatymo metodus.

## ESMINIAI PAKITIMAI MOKSLINĖJE TEMATIKOJE IR EKSPERIMENTINĖJE BAZĖJE

2012 m. buvo tęsiama eksperimentinės bazės plėtra, susieta su esminiais pokyčiais mokslinėje tematikoje. Numatomą pradėti mokslinius tyrimus pagal naują temą *Dujų srautų maišymosi ir jų sąveikos su struktūruotais paviršiais tyrimas siekiant efektyviai ir mažiausiai teršiant aplinką panaudoti biokurą šiluminiuose įrenginiuose*. Šiame darbe keliami uždaviniai tirti oro, tiekiamo į degimo zonas mažos galios šiluminiuose įrenginiuose, maišymąsi, siekiant nustatyti optimalias sąlygas, kurios užtikrintų efektyvų kietojo kuro, išskaitant biokurą, sudegimą ir minimalias emisijas į aplinką. Kitas svarbus uždavinys – kietųjų dalelių ir nedegiuju komponentų atskyrimas iš degimo dujų ir dujų, gautų dujinant biokurą. Bus siekiama išplėtoti tyrimuose sukurtos įrangos ir panaudotų metodų įvairių medžiagų pralaidejimui tirti ir srautų struktūrai vizualizuoti taikymą kitų sričių moksliniams ir taikomiesiems uždaviniam spręsti.

2012 m. laboratorijos eksperimentinė įranga SANTAKOS lėšomis papilti



Kilnojamas dūmų dujų analizatorius



dyta nauja įranga ir aparatūra: įranga biokuro mėginiams paruošti, jonų chromatografijos sistema, kilnojamuoju dūmų dujų analizatoriumi, oro drėgmės analizatoriumi, baigiamu konstruoti aerodinaminį įrenginių maišymosi procesams degimo kamerų modeliuose vizualizuoti.

## MOKSLINIŲ REZULTATŲ PUBLIKAVIMAS IR KITI DARBAI

Perskaityti 3 pranešimai tarptautinėse konferencijose, paskelbti 3 straipsniai, 1 straipsnis pateiktas į žurnalą, išrašytą Mokslinės informacijos instituto sąraše.

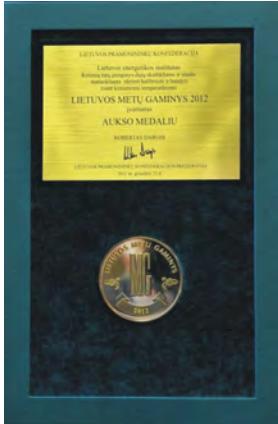
## LABORATORIJOS VEIKLOS PRIPAŽINIMAS

2012 m. laboratorijos veiklos rezultatai pelnė garbingų įvertinimų:

- pagal sutartį Nr. 106596/12-1270.11.11 su AB Lietuvos dujos modernizuotas kritinių



Jonų chromatografijos sistema



tūtų įrenginys, įrengtas AB *Lietuvos dujos* Centrinės kalibravimo ir bandymų laboratorijos Kauno laboratorijoje, apdovanotas *Lietuvos metų gaminio* 2012 aukso medaliu. Pagrindiniai šio darbo vykdymai – v. m. d., dr. J. Tonkonogij, m. d., dr. A. Stankevičius ir j. m. d. A. Tonkonogovas;

- m. d., dr. G. Zygmantas Lietuvos pramonininkų konfederacijos prezidiumo nominuotas Profesijos riteriu už profesionalumą tiriant srautų matavimus ir teikiant taikomąsias paslaugas Lietuvos pramonei ir verslui;
- vyriaus. m. d., habil. dr. A. Pedišius Lietuvos inžinerinės pramo

monės asociacijos LINPRA apdovanotas Garbės ženklu už asmeninius nuopelnus ir indėlį plėtojant Lietuvos inžinerinę pramonę bei didinant jos tarptautinį konkurencingumą.

**Habil. dr. Antanas PEDIŠIUS**  
Šiluminiai įrenginiai tyrimo ir bandymų laboratorijos vadovas  
Tel. (8 37) 401863  
El. paštas: [testlab@mail.lei.lt](mailto:testlab@mail.lei.lt)

# DEGIMO PROCESŲ LABORATORIJA

## PAGRINDINĖS LABORATORIJOS MOKSLINIŲ TYRIMŲ KRYPTYS:

- degimo procesų efektyvumo didinimas;
- atsinaujinančio kuro dujofikavimas;
- teršalų į atmosferą skleidimo mažinimas;
- degiklių, kuro išpurškimo įrenginių kūrimas ir tobulinimas;
- kietųjų kaloringų atliekų terminio skaidymo ir dujinimo tyrimai;
- granuliuotų terpių ir daugelio dalelių sistemų skaitinis modeliavimas;
- poveikio aplinkai vertinimas.

Degimo procesų tyrimai atliekami kuro taupymo, aplinkos taršos mažinimo ir medžiagų terminio nukenksminimo srityse.

## TYRIMO OBJEKTAI IR UŽDAVINIAI

Degimo procesų laboratorija jau daugelį metų dirba degimo procesų efektyvumo didinimo, skysto ir dujinio kuro degiklių kūrimo ir tobulinimo, atliekų terminio nukenksminimo, dujofikacijos ir pirolizės srityse. Per pastaruoju penkerius metus įvykdysti keli dideli tiriamieji moksliniai darbai medžiagų dujofikavimo srityse. Atlikti atliekų dujofikavimo tyrimai leidžia matyti, kad ši technologijų šaka itin perspektyvi ir tinkama siekiant gaminti aukštesnę vertę turinčius produktus. Matant šią perspektyvą, laboratorijoje toliau

tęsiami pradėti moksliniai tyrimai siekiant išplėsti bei optimizuoti pirolizės ir dujinimo procesus, pritaikant biokuro bei kaloringų atliekų perdibimui prie įvairių temperatūrų, panaudojant vandens garų konversiją. Pastaruoju metu pasauliniame moksle ir praktikoje ypatingas dėmesys skiriamas atliekų sunaudojimo, atsinaujinančių energijos šaltinių technologijoms, vandenilio energetikai, kuro sintezės ir taupymo programoms bei aplinkos taršos mažinimo uždaviniams. 2012 metais laboratorijoje buvo atliekami biokuro ir kaloringų medžiagų deginimo, dujinimo procesų eksperimentai, modelių kūrimas ir skaitinis modeliavimas šiose srityse:

1. Katalitiniai dervs skaidymo tyrimai;
2. Anglies likučio dujinimo intensyvinimas  $\text{CO}_2$ ;
3. Azoto oksids mažinimas deginant gamtines dujas su išeinančiu dūmu

recirkuliacija;  
4. Lokalizuotų dalelių grupių išskyrimas granuliuotoje terpėje;  
Šiuos darbus vienija viena bendragija – kuro dujinimo procesas, be kurio supratimo negalimas saugus, ekologiškas ir ekonomiškas atliekų sunaudojimas per deginimą ar biokuro panaudojimas energijos gamybai. Šiuos darbus galima suskirstyti į dvi grupes – kietų ir dujinių kuro rūsių sunaudojimą (utilizavimą) per deginimą ar terminij skaidymą.

## KATALITINIAI DERVŲ SKAIDYMO TYRIMAI

Gazifikacija ir dervų susidarymas yra neatsiejami vienas nuo kito procesai. Iš esmės šiuolaikinės dujofikavimo sistemos susideda iš dujofikatoriaus, valymo sistemos ir energijos konvertavimo įrenginio. Tokia sistema, dėl inves-

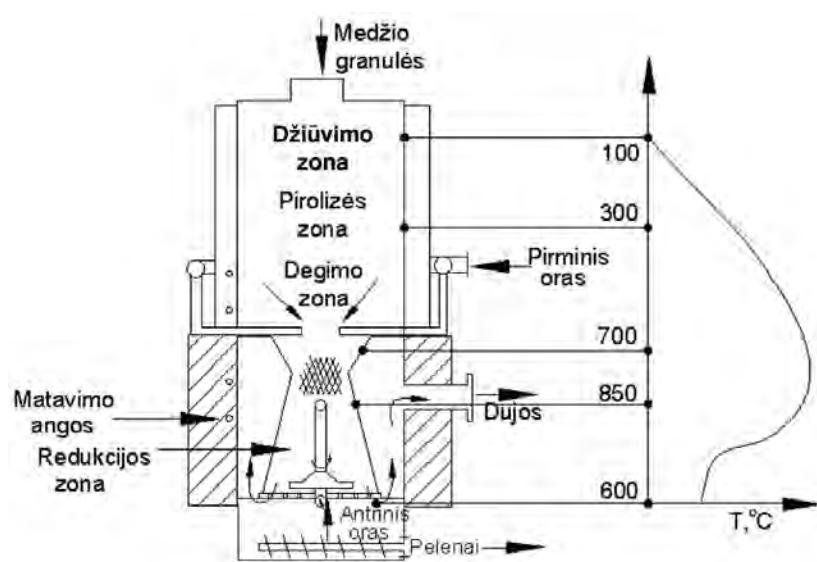
ticių ir operacinių kaštų, patraukli ir efektyvi didelės galios įrenginiams. Mažose šalyse, tokiose kai Lietuva, didesnį pritaikymą rastų mažos galios dujofifikatoriai, pvz.: paukštinai, šiltnamiai ar pan., kuriems reikalinga nedidelės galios elektros ir šilumos energija. Tačiau tam reikalingi dideli investiciniai kaštai ir sudėtingas proceso valdymas, o tai trukdo įsitvirtinti pramonės įmonėse. Vienas iš pigesnių ir efektyvių būdu – aukštoje temperatūroje naudoti anglinį katalizatorių, anglinį dujofikavimo likutį ar anglį, išgautą pirolizuojant organines medžiagas. Pagrindiniai veiksnių, įtakojantys dervų destrukciją, yra temperatūra, išbuvo laikas ir atmosfera, kurioje dervos skaidomos. Dervos gali būti suskaidytos ant katalizatoriaus paviršiaus iki CO ir H<sub>2</sub>, taip vadinamo sauso reformingo būdu; jo reakcijai vykti reikalingas katalizatorius ir vienas iš tokių gali būti anglis. Siekiant gazifikacijos procese paspartinti dervas sudarančių junginių virsmą, būtinės papildomas oksidatorius. Tęstant pradėtus darbus dervų skaidymo, panaudojant aktyvuotą padangų pirolizés likutinę anglį, srityje, nagrinėtas ir CO<sub>2</sub>, kaip oksidatoriaus, įtaką dervų destrukcijai bei palygintas jo efektyvumas, reformuojant angliavandenilius, su kitais procesais: termine destrukcija, vandens garų reformingu bei daline oksidacija. Anglinis katalizatorius paruoštas iš susmulkintų padangų, jas dujofikuojant ir po to aktyvuojant anglies likutį. Neaktyvuoto, aktyvuoto ir naudoto katalizatorius paviršiaus analizė buvo atlikta su *Quantachrome Autosorb iQ* prietaisu. Katalitinio dervų pašalinimo tyrimai atlikti eksperimentiniam stende, kuris susideda iš trijų pagrindinių dalių: biomasės pirolizés reaktoriaus, katalitinio pastovaus sluoksnio reaktoriaus bei dervų kondensatorių. Kaip žaliaiva eksperimentiniuose bandymuose naudojamos komerciškai prieinamos biomasės granulės, pagamintos iš spygliuočių

medžių medienos, pagrinde iš eglės ir pušies. Medienos granulių analizė atlikta, naudojant *ika C5000* kalorimetrą ir *Flash 2000* analizatorių bei vadovaujantis standartais (EN 14918:2009, CEN/TS 15104:2005, EN 14775:2009 ir EN 14774-1:2009). Méginiuose gauti dervų junginių identifikuojami, naudojant *Agilent 7890A* dujų chromatografą su *Agilent 5975C* masių spektrometru ir NIST masių spektrinės paieškos programa v2.0. Aštuoniolika dervas sudarančių junginių sukalibruta ir analizuojami eksperimentinių tyrimų metu. Dervų koncentracija mēginiuose nustatyta, naudojant *Varian GC-3800* dujų chromatografą su liepsnos jonizacijos detektoriumi. Dujinių mēginių analizė atlikta, naudojant *Agilent 7890A* dujų chromatografą su dviejų kanalų šilumos laidumo detektoriais (TCD) ir vožtuvų sistema. Nustatyta, kad CO<sub>2</sub> konversija į CO intensyviausia prie 900 °C temperatūros. Prie šios temperatūros CO<sub>2</sub> koncentracija sumažėja nuo 21 iki 10,8 %. Įvedus papildomai anglies dioksido, likutinė dervų koncentracija dujose padidėja. Dujinių produktų sudėtyje padidėja CO dujų išeiga, tačiau stabdomos C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>-H<sub>2</sub>O bei C-H<sub>2</sub>O reakcijos, kurių pagrindinis produktas H<sub>2</sub>. Eksperimentinių tyrimų

metu CO<sub>2</sub> konversija neviršija 60 % ribos, tai likutinė šių dujų koncentracija sudaro didelį balasto kiekį ir sumažina bendrą dujų kaloringumą. Atlikus katalizatoriaus efektyvumo tyrimus laiko, atžvilgiu nustatyta katalizatoriaus tūrio mažėjimas, dėl ko susidaro laisvas dujų pratekėjimas ir padidėja tūrinis greitis katalizatoriaus sluoksnyje. Padidėjus tūriniam greičiui, sumažėja dervų ir CO<sub>2</sub> konvercijos efektyvumas.

## ANGLIES LIKUČIO DUJINIMO INTENSYVINIMAS

Viena iš pigių ir neteršiančių aplinkos žaliaivų yra medienos deginimas. Lietuvos miškuose susidarančios kirtimo ir miškų valymo atliekos yra viena perspektyviausių vietinio kuro rūšių. Lietuvos įmonės nėra didelės ir pastaruju energijos poreikiai taip pat, todėl reikalinga sukurti mažo našumo dujų generatorius (1–4 MW). Atliekant medžio dujinimo eksperimentus, gaunamos kaloringos iki 6 MJ/m<sup>3</sup> dujos, kurias galima naudoti vietoje gamtinių dujų pramonės įmonių technologinėse krosnyse. Tačiau norint išplėsti tokį reaktorių naudojimą pramonėje, būtina užtikrinti pilną dujinimo medžiagos



Laboratorinio žemyn judančio sluoksnio tipo medienos dujinimo reaktoriaus schema

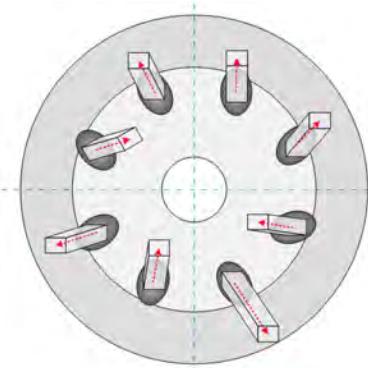
konversiją į dujas. Mediena turi ~80 % lakių medžiagų, likusią dalį sudaro anglis ir drégmė. Medienos dujinimo reaktoriuje, išgaravus lakioms medžiagoms, iš medžio lieka ~10 % pagal masę anglies nuo pradinės žaliavos kieko. Toliau skylant angliai ji smulkėja. Dėl šios priežasties dujų prasiskverbimas pro sluoksnį sudėtingėja. Esant tokioms sąlygoms, reaktoriaus darbas tampa nestabilus. Siekiant sumažinti sluoksnio hidraulinę pasipriešinimą, intensyvinamas ardyno sukimosi dažnis ir šalinama daugiau susidariusios anglies. Tačiau toks nesuskaidytos anglies pašalinimas yra neefektyvus. Siekiant efektyvaus granulinio kuro dujinimo proceso, būtina sumažinti likutinės anglies kiekį, intensyvinant jo terminį skilimą. Anglies sluoksnis būtinės ir dujose esančių dervų skaidymui iki lengvesnių dujinių junginių. Tam, kad suskaidyti likutinę anglį, reikia aukštos temperatūros ir laiko. Anglies skaidymas galimas naudojant tris oksidatorius – deguonį, vandenį ir  $\text{CO}_2$  dujas. Susidariusiose generatorinėse dujose yra ~10 %  $\text{CO}_2$ , kurioms reaguojant su anglimi pagal Boudouard reakciją susidaro CO dujos, kurios pakelia generatorių dujų kaloringumą. Darbo tikslas buvo nustatyti optimalią anglies likučio skaidymo temperatūrą, kuriai esant anglis sparčiausiai suskaidoma į kaloringas dujas prie skirtinės  $\text{CO}_2$  koncentracijų. Tuo tikslu, eksperimentiškai naudojant terminės analizės prietaisą (termogravimetrija) NETZSCH TG STA 449 F3, nustatyta optimali temperatūra CO generavimui laiko atžvilgiu. Pagal anglies koncentracijos kitimą laike, apskaičiuojamos reakcijų greičių konstantos. Eksperimentinių tyrimų metu į terminės analizės prietaiso (TG) krosnyje esantį tigliuką buvo naudojama 0,2–0,3 mm frakcijos medienos pirolizės anglis. Mėginio svoris kito ribose ~10–12 mg. Paruošta susmulkinta anglis dedama į tigliuką ir dedama į termogravimetrą. TG

prietaise prieš bandymą anglis pasveriama, nustatoma ir paleidžiama nustatyta dujinimo programa. Pirminiai anglies dujinimo eksperimentiniai bandymai atliki  $\text{CO}_2$  ir  $\text{N}_2$  (3:1) atmosferoje prie skirtinės temperatūrų. Darbe tirta Boudouard reakcijos greičio priklausomybė nuo oksidatoriaus  $\text{CO}_2$  koncentracijos ir temperatūros. Nustatyta, kad prie 1100 °C prie dujų srauto santykio  $\text{CO}_2:\text{N}_2$  60:20 ml/min anglis sudujinama į CO per 12 min. Esant mažesniam  $\text{CO}_2$  kiekiui 24:56 ml/min sudujinama per 20,6 min, o pasiekus 16:64 santykį dujų mišinyje reakcijos laikas pailgėja iki 32 min. Iš gautų duomenų, nustatytos medžio anglies dujinimo anglies dioksidu reakcijos greičio konstantos. Priklasomai nuo  $\text{CO}_2$  dujų koncentracijos ir temperatūros, atitinkamai keičiasi ir reakcijos greičio konstantos: jos mažėja mažėjant temperatūrai bei daliniams  $\text{CO}_2$  slėgiui dujų mišinyje.

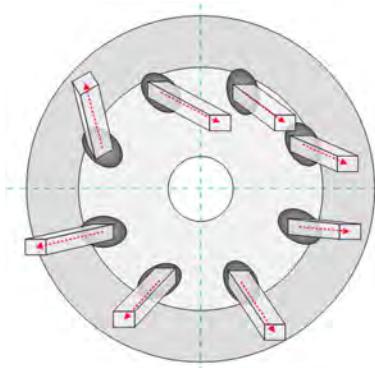
## AZOTO OKSIDŲ MAŽINIMAS DEGINANT GAMTINES DUJAS SU IŠEINANČIŲ DŪMŲ RECIRKULIACIJA

Direktyva 2010/75/ES *Dėl pramoninių išmetamųjų teršalų (taršos) integruotos prevencijos ir kontrolės*, numato griežesnius, nei šiuo metu galiojantys, aplinkos apsaugos ir taršos reikalavimus, įsigaliosiančius nuo 2016 m. sausio 1 d. ir ypač susijusius su į aplinką išmetamų teršalų normų sumažinimu. Deginant dujas nuo 2016 m. normos azoto oksidams ( $\text{NO}_x$ ) griežtės 3,5 kartą – nuo 350 iki 100 mg/nm<sup>3</sup>. Deginant mazutą nuo 2016 m. normos azoto oksidams ( $\text{NO}_x$ ) griežtės 2,7 kartą (nuo 400 iki 150 mg/nm<sup>3</sup>); normos sieros oksidams ( $\text{SO}_2$ ) griežtės 8,5 kartą (nuo 1700 iki 200 mg/nm<sup>3</sup>); normos kietoms dalelėms griežtės 2,5 kartą (nuo 50 iki 20 mg/nm<sup>3</sup>). Tai sudėtingas uždavinys esamiems deginimo įrenginiams: arba keisti esamus degiklius naujais mažų

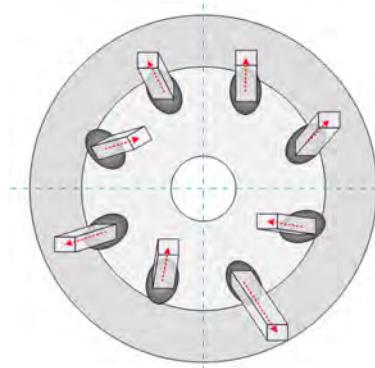
azoto oksidų, arba diegti antrines azoto oksidų mažino priemones. Siekiant sumažinti  $\text{NO}_x$  koncentraciją, degimo zonose būtina išvengti maksimalių degimo fakelo temperatūrų 1500–1600 °C. Šiuo metu vyrauja deginimo proceso kokybės gerinimas naudojant naujo tipo degiklius su specifine periferinio oro funkcija bei tretinio oro įpūtimu virš liepsnos. Viena iš paprastesnių naudojamų priemonių yra dūmų recirkuliacija. Dūmų recirkuliacija nevykdant lemiančio pokyčio degimo procese, tačiau ją naudojant galima sumažinti azoto oksidų koncentraciją išeinančiuose dūmuose iki 20–25%. Norint didesnio  $\text{NO}_x$  sumažinimo ir pasiekti 100 mg/nm<sup>3</sup>, reikalingi radikalesni patobulinimai. Nors jau prieš kelis dešimtmecius sukurtose patikimos katalitinio ir nekatalitinio  $\text{NO}_x$  kieko mažinimo priemonės, tačiau pramonėje jos sunkiai atranda savo vietą dėl didelės investicinės kainos ir sudėtingo proceso valdymo. Šiuo metu yra pasiūlytas ir kitas metodas, kaip palaipsniui mažinti  $\text{NO}_x$  susidarymą degimo proceso eigoje: tai papildomas kuro tiekimas į karščiausią liepsnos fakelo zoną. Degimo procesų laboratorijos pasirinktuose tyrimuose naudojamos trys  $\text{NO}_x$  mažinimo priemonės: dūmų recirkuliacija, lokalinis papildomo kuro tiekimas į apatinį degiklį ir perteklinio oro laipsniavimas į viršutinį degiklį apatinio degiklio atžvilgiu. LEI konstrukcijos degikliais nesunkiai buvo pasiekiami 200 mg/nm<sup>3</sup>  $\text{NO}_x$  ir pagal normatyvą tai buvo priimtinas rezultatas. Tačiau atsiradus nuostatai, kad ateityje teks  $\text{NO}_x$  koncentraciją mažinti iki 100 mg/nm<sup>3</sup>, buvo pradėta eksperimentuoti gerinant degimo procesą vandens šildymo ir pramoniniuose katiluose. Degimo procesų laboratorija, užsibréžus šiuos tikslus, pradėjo vykdyti eksperimentus su stačiakampės pailgos kūryklės katiliu, kurio galingumas yra nuo 50 iki 70 MW. Lygiagrečiai atliki tyrimai ir su specialiai sukonstruotais degikliais



Degiklis Nr. 2



Degiklis Nr.3



Degiklis Nr.1

Dujų srovių paskirstymas per 3 degiklius KVGM-100 katilo kūrykloje

D30 vandens šildymo katilui KVGM 100. Nustatyta, kad pastarojo katilo kūrykla yra itin priimtina dujų deginimui: aerodinamika suformuota taip, kad kūryklos erdvėje vyktų dujų recirkuliaciją, dėl ko užtikrinamas ilgesnis degimo reakcijos kelias. Vandens šildymo katilui KVGM-100 sukonstruoti degikliai, kurie buvo apiforminti standartu D30. Šie degikliai turi dvi pagrindines savybes: centrinio ir periferinio oro srovių atskyrimą ir gamtinių dujų išskirstytą padavimo sistemą per 8 purkštuvus aplink centrinių orą su 7 angomis kiekviename purkštuve. Konstrukcija leido sukioti kiekvieną purkštuvą atskirai, siekiant gauti geriausią degimo procesą su minimaliu oro pertekliaus koeficientu bei minimaliomis emisijomis. Šie degikliai iš pat pradžių išsiskyrė savo kokybišku darbu, todėl buvo atlirkti kruopštūs dujų srovių tiekimo derinimai sudarant režiminę kortelę jau praėjus keliems metams po degiklių pirmojo darbo etapo, kai buvo deginamas mazutras arba dujos. Sukurtų degiklių konstrukcija idealiai atitiko kūryklos geometrijos formą, t. y. liepsnos fakelas nedegino galinio ekrano, liepsna darė posūkius kūrykloje ir sudegimo laikas buvo maksimaliai ilgas, CO ir NO<sub>x</sub> koncentracija išmetamuose dūmuose buvo minimalios. Palyginus su kitų katilų degikliais, NO<sub>x</sub> emisija buvo daugiau nei ketvirtadaliu

mažesnė. Vienos didžiausių Lietuvoje energetikos įmonių UAB *Vilniaus energija*, kurie eksplotuoja aukščiau aptartą vandens šildymo katilą KVGM-100 su D-30 degikliais, buvo atlirkti eksperimentiniai tyrimai, papildomam NO<sub>x</sub> mažinimui recirkuliuojant dūmus. Kadangi šio katilo išmetimuose NO<sub>x</sub> koncentracija neviršija 150 mg/nm<sup>3</sup> prie maksimalaus apkrovimo, kai tuo tarpu kituose didelės galios katiluose NO<sub>x</sub> emisija dūmuose siekia iki 200–250 mg/nm<sup>3</sup>, tai papildomai į oro srautą įvedus dūmus būtų galima pasiekti naujoje ES direktyvoje nurodytus reikalavimus. Atlirkus ekspe-

rimentinius bandymus ir gavus teigiamą rezultatą, būtų išvengta papildomų investicijų NO<sub>x</sub> mažinimui karbamidu. Ruošiantis šiemis eksperimentams, Degimo procesų laboratorijoje *Fluent* programa modeliuojamas degimas kūrykloje, tikslu įvertinti galimą NO<sub>x</sub> sumažinimo efektą, naudojant dūmų recirkuliaciją. Šiuos rezultatus palyginus su literatūroje pateikiamais duomenimis, o taip pat ir su rezultatais, gautais AB *Lietuvos elektrinė*, nustatyta, kad realiai 20 % recirkuliacija gamtinių dujų deginimo atvejui NO<sub>x</sub> koncentraciją galima sumažinti net iki 30 %. Pažymė-

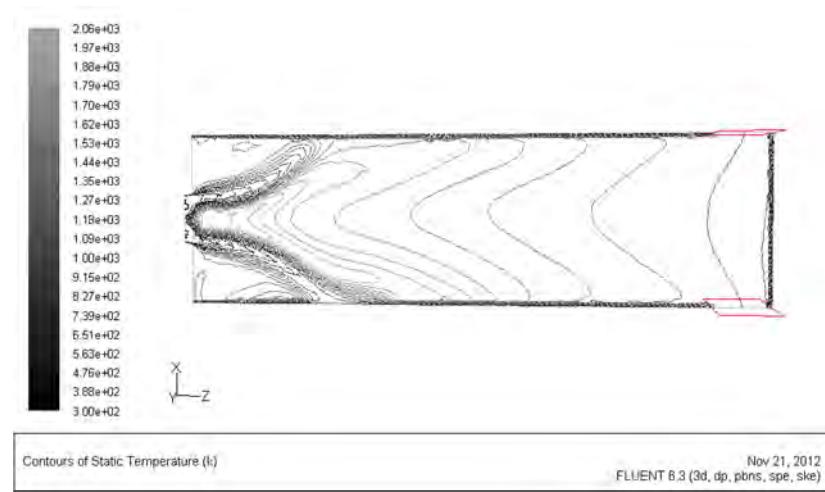


Sumontuoti dūmų recirkuliacijos kanalai taršos azoto oksidais sumažinimui

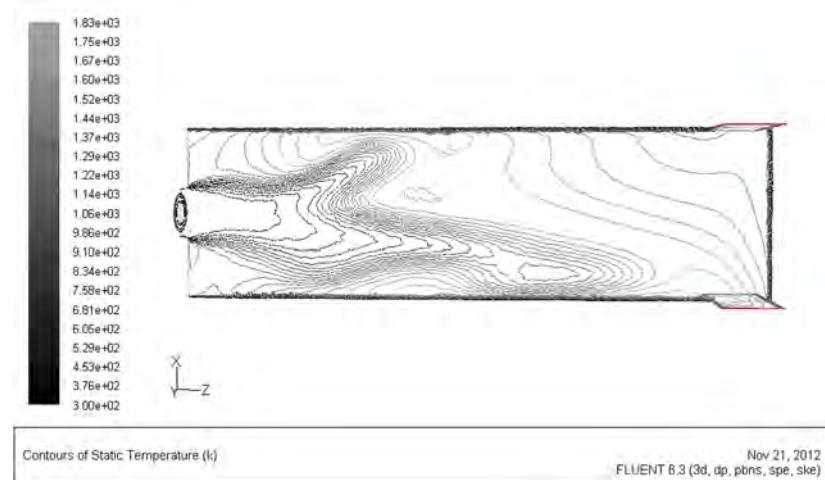
tina, kad recirkuliacijos dūmai turi būti tiekiami tolygiai, srovėmis per visą oro kanalo skerspjūvį į degimui paduodamo oro srautą bei sumaišomi dar prieš patenkant į degiklius. Atliekant eksperimentinius bandymus dūmai buvo įpučiami prieš oro pūtimo ventiliatorius. Ventiliatoriuje dūmai susimaišydavo su degimui tiekamu oru. Jau pirmieji matavimai parodė geresnius rezultatus negu buvo tikėtasi ir geresnius negu laukta pagal teorinius skaičiavimus. Eksperimentiniai bandymais nustatyta, kad prie 75 ir 95 % katilo apkrovimo bei naujodant D-30 degiklius, UAB *Vilniaus energija* sugebės įvykdyti 2016 metų Europos Parlamento ir Tarybos 2010 m. lapkričio 24 d. priimtą direktyvą. Tokiu būdu, pagal gautus rezultatus tikslingu pertvarkyti visus įmonėje eksploatuojamus KVGM-100 katilus.

## DALELIŲ DINAMIKOS SKAITINIO MODELIO PATOBULINIMAS ĮTRAUKIANT SUDĖTINGESNES RIBINIŲ SALYGŲ GEOMETRIJAS IR ĮVAIRESNIUS DALELIŲ PAVIDALUS

Granuliuotų medžiagų ir daugelio dalelių sistemų skaitiniam modeliavimui Diskretinių Elementų Metodu (DEM) dažniausiai naudojamos apvalios dalelės, kadangi joms lengviausia apskaičiuoti tarpusavio sąveikos jėgas. Tačiau apvalios dalelės tinka ne visais atvejais. Didelę dalį granuliuotų medžiagų dalelių pavidalu galima modeliuoti elipsėmis arba superkvadratais, tačiau ir šie pavidalai ne visada tinka granuliuoto biokuro skaitiniam modeliavimui, o be to, skaičiavimo sąnaudos yra didesnės nei apvalių dalelių atveju. Galima naujoti kitus analitinius pavidalus, tokius kaip cilindrai, tačiau skaičiavimo sąnaudos žymiai išsauga. Šiuo metu plačiai naudojamas būdas, kai įvairiausių pavidalų dalelių pavidalai modeliuojami



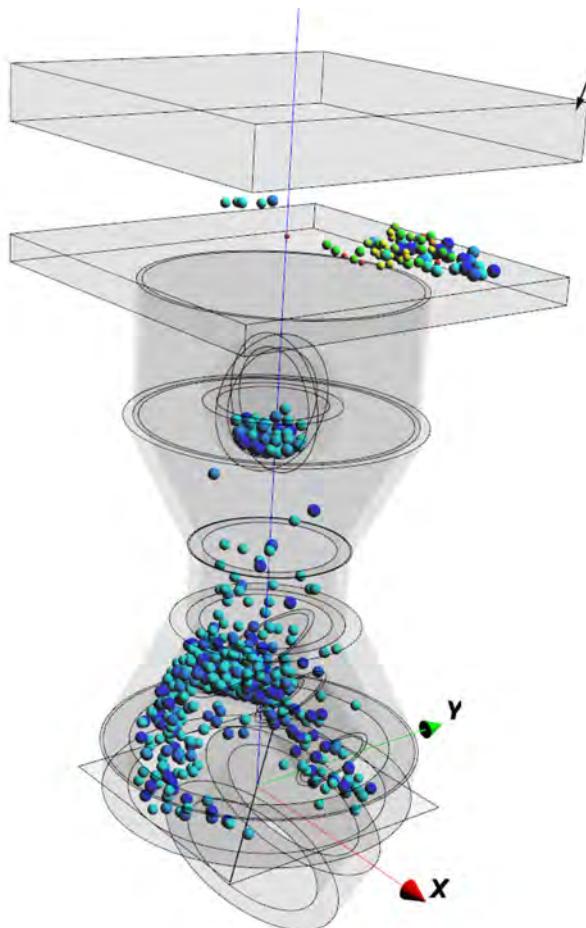
*Temperatūros pasiskirstymas kūrykloje, kai degiklio ore yra 2 % CO<sub>2</sub>. Maksimali temperatūra siekia 1700 °C*



*Temperatūros pasiskirstymas kūrykloje, kai degiklio ore yra 16 % CO<sub>2</sub>. Maksimali temperatūra siekia 1500 °C ir ji išskaidyta kūryklos erdvė*

apvalių dalelių rinkinių – vadinamasis daugelio rutulių (multisferų) metodas. Šis metodas paremtas tuo, kad bet kokio pavidalo dalelės pakeičiamos tvirtai tarpusavyje sujungtais rutuliais, kurių paviršių gaubtinė yra artima modeliuojamos dalelės pavidalo paviršiui norimu tikslumu. Dalelių tarpusavio sąveika modeliuojama daleles sudarančių rutulių sąveika. Šis metodas yra nesudėtingas, nes dalelių tarpusavio sąveikos skaičiavimas yra toks pat, kaip apvalių dalelių atveju. Tikrovėje bet kuri dalelės yra sudaryta iš apvalių atomų, todėl kuo mažesni bus dalelė sudarantys rutuliai, tuo tiksliau jų paviršių gaubtinė atitiks modeliuojamą dalelę. Tačiau kuo

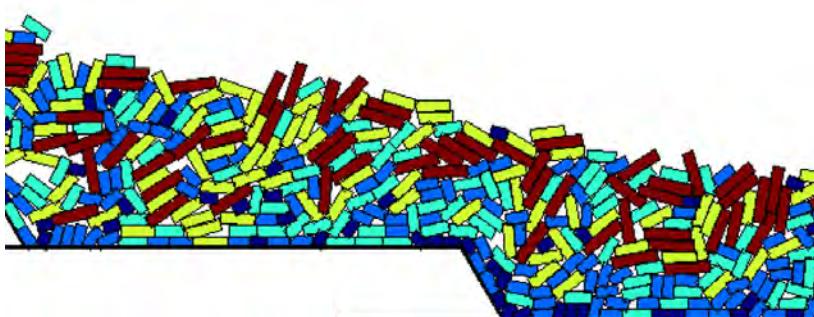
didesnis rutulių skaičius, tuo didesnės skaičiavimo sąnaudos, nes reikia skaičiuoti sąveiką tarp didesnio skaičiaus rutulių. Jei analitinio pavidalo dvi elipsės dalelės gali sąveikauti tik vienam taške, tai elipsės, modeliuojamos rutuliais, gali sąveikauti jau keliuose taškuose. Daugelio rutulių metodas buvo pritaikytas mūsų programe *bed\_motion* ir sekmingai panaudotas įvairiuose uždavinuose. Vaizdumo dėlei dalelių pavidalus galima parodyti ir gaubiančiosiomis. Tuo tikslu buvo sukurtas metodas, leidžiantis apgaubti dvimačius ir trimacių daugelio rutulių dalelių pavidalus. Iki šiol mūsų dalelių judėjimo skaitinio modeliavimo programa *bed\_motion*



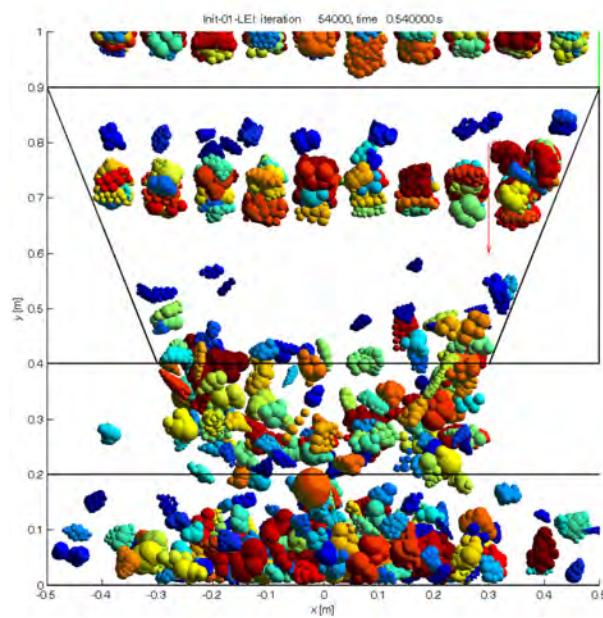
*Apvalių dalelių judėjimo tarp įvairių formų sienų skaitinio modeliavimo pavyzdys*

galėjo naudoti tik stačiakampes plokščias sienas, dėl to sprendžiamų uždavinų ratas buvo labai ribotas. Dalelių judėjimą ribojančių sienų modeliai buvo papildyti trikampiais, kad leistų modeliuoti bet kokio pavidalų sienas. Tačiau kai kuriais atvejais trikampių skaičius

gali būti labai didelis ir tai stipriai padidina skaičiavimo laiką. Todėl buvo sukurti cilindrų (baigtinių ir begalinių), skritulių, tuščiavidurių rutulių ir kūgių analitinių pavidalų modeliai.



*Šiaudų dalelių skaitinis modeliavimas ant judančio ardyno. Šiaudų dalelės yra cilindrinių pavidalų, bet modeliuotos daugelio rutulių metodu ir parodytos tik pavidalų gaubiančiosios*



*Akmens skaldos dalelių skaitinis modeliavimas, realią dalelės formą pavaizduojant daugeliu rutulių*

## **LOKALIZUOTŲ DALELIŲ GRUPIŲ IŠSKYRIMAS GRANULIUOTOJE TERPĖJE**

Modeliuojant granuliuko kuro degimą ir kitus procesus granuliutose terpėse, tiksliausi rezultatai gaunami naudojant diskrečiujų elementų (diskrečiujų dalelių) modelius (DEM/DPM). Šių modelių pagrindas yra kiekvienos atskirios sudėtinės dalelės judėjimo, sąveikos su kitomis dalelėmis ir su kitais sistemos elementais, dalelėje vykstančių procesų sekimas. Tokiu būdu modeliuojant gaunami kiekvienos atskirios dalelės parametrai; šių parametru rinkinį galima pavadinti daugiadalelės sistemos „mikrobūseną“. Praktikoje svarbesni yra ne atskirų dalelių parametrai, bet apibendrinti sistemos parametrai, pvz., temperatūros arba atitinkamų cheminių junginių pasiskirstymas dalelių įkrovoje („makrobūseną“). Vienas iš pavyzdžių, svarbių analizuojant kietojo kuro degimą, yra karštų ir šaltų zonų susidarymas dalelių įkrovoje. Tokie apibendrinti parametrai eksperimen-

tiškai taip pat lengviau nustatomi, negu atskirų dalelių parametrai. Todėl, norint geriau palyginti modeliavimo ir bandymų rezultatus bei nustatyti daugiadalelių sistemų elgesio dėsningumus, reikalinga metodika, kuri leistų tirti stambesnio masto struktūrų susidarymą tokiose sistemose, žinant atskirų dalelių parametrus iš DEM/DPM modeliavimo rezultatų. Siekiant sukurti metodiką, skirtą dalelių su panašiais parametrais grupių išskyrimui, naudojant turimus atskirų dalelių parametrus, išnagrinėti kai kurie anksčiau publikuoti algoritmai, kurie skirti grafų viršunių grupių išskyrimui ("community detection"). Tai yra daugelyje sričių sutinkamas uždavinys, kuriam šiuo metu skiriama daug dėmesio statistinėje mechanikoje. „Makroskopinius“ sistemos parametrus lemia iš esmės sąveikos tarp jų sudarančių dalelių. Tokios sąveikos vaizduojamos kaip grafas, kurio viršūnės vaizduoja atitinkamas daleles, o sąveikos ir ryšiai tarp dalelių vaizduojami kaip briaunos, jungiančios atitinkamas viršunes. Briaunu svoriai yra proporcingi sąveikų arba ryšių tarp dalelių intensyvumui. Kaip šio metodo taikymo pavyzdys nagrinėtas karštų ir šaltų zonų aptikimas dalelių, esančių ant judančio ardyno, įkrovoje. Šiuo atveju nagrinėjamas dalelių parametras yra jų temperatūra, bet žemiau aprašoma metodika tinkama ir tuo atveju, kai reikia išskirti dalelių grupes pagal kitokius jų parametrus, pvz.,

drėgmės kiekį (išskiriant daugiau ar mažiau išdžiūvusias zonas), atitinkamų cheminių junginių koncentracijas ir pan. Čia nagrinėjamu dalelių suskirstymo pagal temperatūras atveju „dalelių grupė“ suprantama kaip lokalizuota grupė dalelių, kurių temperatūrų reikšmės tarpusavyje skiriasi mažiau, negu nuo temperatūrų dalelių, nepriklausantių tai grupei. Nagrinėjamas uždavinys yra suskirstyti daleles į grupes taip, kad tarpusavyje besiliečiančios dalelės, turinčios panašias temperatūrų reikšmes, atsidurtų toje pačioje grupėje. Kadangi temperatūrų panašumo grafas sudaromas taip, kad besiliečiančios dalelės, turinčios panašias temperatūras, sujungiamos didesnio svorio briaunomis, jas vaizduojančios grafo viršūnės tarpusavyje sujungtos didesnio svorio briaunomis. Tokiu būdu, dalelių suskirstymo į grupes pagal temperatūras (tuo pačiu – lokalizuotų temperatūros zonų aptikimo) uždavinys tampa ekvivalentiškas grafo viršunių grupių aptikimo uždavinui, ir galima taikyti jau žinomus grupių aptikimo grafuose algoritmus. Tam tikslui pritaikyta *igraph* programinė biblioteka. Taip pat buvo išbandyti du skirtinės algoritmai, nesusiję su grafų viršunių grupių aptikimu, bet specialiai skirti išskirti lokalizuotoms dalelių grupėms:

- 1) dalelių klasifikavimas į temperatūros intervalus;
- 2) sujungimas pagal dalelių para-

metrų panašumą.

Nors skirtinės algoritmu išskiriamos dalelių grupės pastebimai skiriasi, galima išskirti statistinius dėsninius, nagrinėjant skirtinės dalelių konfigūracijų (ir jas vaizduojančių grafų) rinkinį. Kiti du paminėti algoritmai – klasifikavimas pagal parametrų intervalus ir sujungimas pagal parametrų panašumą – gali sukurti „geresnius“ suskirstymus, t. y., tokius, kuriuose yra didesnės ir labiau vienalytės grupės, tačiau juose naudojami parametrai, kuriuos reikia tinkamai parinkti. Iš kitos pusės, rezultatus, kuriuos duoda algoritmai, sukurti specialiai dalelių grupėms išskirti, galima panaudoti kaip šabloną, lyginant su rezultatais, kuriuos duoda „standartiniai“ algoritmai, skirti išskirti grafų viršunių grupes.

2012 metais laboratorijos darbuotojai paskelbė 1 monografijos skyrių, 7 straipsnius, iš jų 6 straipsnius leidiniuose, įrašytuose Mokslinei informacijos instituto (ISI) sąraše, 1 straipsnį leidinyje, registruotame tarptautinėse mokslinei informacijos duomenų bazėse, 2 straipsnius kituose periodiniuose leidiniuose, ir padarė 3 pranešimus tarptautinėse konferencijose.

**Dr. Nerijus STRIŪGAS**  
Degimo procesų laboratorijos vadovas  
Tel. (8 37) 401 977  
El. paštas: [striugas@mail.lei.lt](mailto:striugas@mail.lei.lt)

# MEDŽIAGŲ TYRIMŲ IR BANDYMŲ LABORATORIJA

## PAGRINDINĖS LABORATORIJOS TYRIMŲ KRYPTYS:

- energetinių objektų įrenginių patikimumas: metalų senėjimo procesų ir savybių degradacijos dėl eksploatacijos veiksnių poveikio tyrimai;
- daugiafunkcinių medžiagų ir kompozitų kūrimas ir tyrimai;
- medžiagų bandymai, kokybės rodiklių įvertinimas ir analizė.

## ENERGETINIŲ OBJEKTŲ ĮRENGINIŲ PATIKIMUMAS: METALŲ SENĖJIMO PROCESŲ IR SAVYBIŲ DEGRADACIJOS DĖL EKSPLOATACIJOS VEIKSNIŲ TYRIMAI

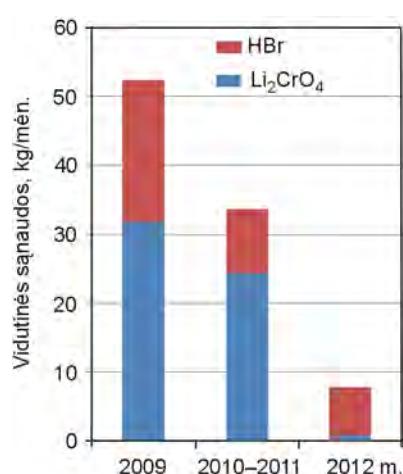
Laboratorijoje atliekami tyrimai, skirti plienų ir specialių lydinių, taikomų energetinių įrenginių konstrukciniuose elementuose, senėjimo procesų dėsninių gumams pažinti, šiu procesų valdymo bei ilgaamžiškumo klausimams spręsti. Taikant mechaninius bandymus, rentgeno spinduliuotės difrakcinę (XRD), sudėties elementinę analizes, optinę ir skenuojančią elektroninę mikroskopiją, tiriami eksploatuotų plienų bei spalvotųjų metalų lydinių savybių ir struktūros pokyčiai. Taikant eksperimentinius ir skaitinius metodus prognozuojamas eksploatacinis patikimumas, atsižvelgiant į eksploatacijos metu veikiančius veiksnius bei medžiagų senėjimo procesus. Vykdant darbus, daug dėmesio skiriama fundamentiniams fiziniui ir

cheminių reiškinių įtakos metalų struktūrai ir savybėms tyrimams. Šioje tyrimų kryptyje laboratorijos darbuotojai dalyvauja ilgalaikėse mokslinių tyrimų ir eksperimentinės (socialinės, kultūrinės) plėtros programose: *Branduoliniuose ir termobranduoliniuose įrenginiuose vykstančių saugai svarbių procesų moksliiniai tyrimai* (9 uždavinys) ir *Atominių elektrinių eksploatavimo nutraukimo ir radioaktyviųjų atliekų bei panaudoto kuro tvarkymo procesų tyrimas ir radiacinio poveikio analizė* (5 uždavinys).



Pagal sutartį su UAB GEOTERMA *Procesų, turinčių įtakos absorbcinių šilumos siurblių darbui, tyrimai: eksploatacinio patikimumo ir efektyvumo didinimas* toliau buvo tēsiami tiriamieji

darbai, pradėti vykdyti 2010 m. Pagrindiniai darbo uždaviniai – atlkti absorbcinių šilumos siurblių (AŠS) sistemoje vykstančių procesų analizę bei, atlikus reikiamus tyrimus, parengti techninius sprendimus, leidžiančius padidinti įrangos patikimumą, ištirti ir nustatyti veiksnius, turinčius įtakos korozijos procesams bei medžiagų sąnaudoms geoter-



UAB Geoterma absorbciniame šilumos siurblyje papildymui naudojamų medžiagų sąnaudų klimtas

minėje elektrinėje bei užtikrinant šilumos siurbliuose naudojamo ličio bromido tirpalo parametru stabilumą.

Darbo metu buvo vykdoma AŠS stebėsenos duomenų analizė, ivertinant eksplotacinių darbo parametru įtaką, atliekama LiBr tirpalo parametru kontroliė ir nustatyti jų reikšmių palaikymas. Atlikta šarmingumo bei korozijos inhibitoriaus sąnaudų analizė, nustatyti sąnaudų kitimo dėsningsumai, ivertinant atskirų eksplotacinių veiksnių įtaką. Atlirkti tyrimai leido optimizuoti LiBr tirpalui papildyti reikiama medžiagų kiekius, sumažinti jų sąnaudas bei korozijos procesų intensyvumą.

Taip pat pasiūlytas alternatyvus, praktiniu ir ekonominiu atžvilgiu efektyvesnis šarmingumo bei inhibitoriaus sąnaudų korekcijos būdas stabiliam LiBr tirpalui šarmingumui bei chromatų koncentracijai palaikyti.

Be šių tyrimų, skirtų absorbcinių šilumos siurblių darbui optimizuoti bei ištaklui didinti, atlirkti darbai, susiję su eksplotacinių veiksnių įtakos medžiagų ilgalaikiam struktūriniam vientisumui tyrimais. Buvo nustatytos geoterminių grėžinių siurblių velenų plieno sisteminių lūžių priežastys ir pateikt išlaidos, užtikrantys ilgalaikę jų eksplotaciją. Atliekami ir kiti tyrimai, susiję su įrangos eksplotacinių parametru optimizavimu bei palaikymu.



Laboratorija tėsiai 1998 m. pradėtais tyrimus, susijusius su vandenilio ir hidridų degradaciniu poveikiu cirkonio lydiniams. Nuo 2011 m. laboratorija dalyvauja naujamame Tarptautinės atominės energetikos agentūros (TATENA) koordinuojamame tyrimų projekte **Cirkonio lydinių vandenilio sukeliamas degra-**

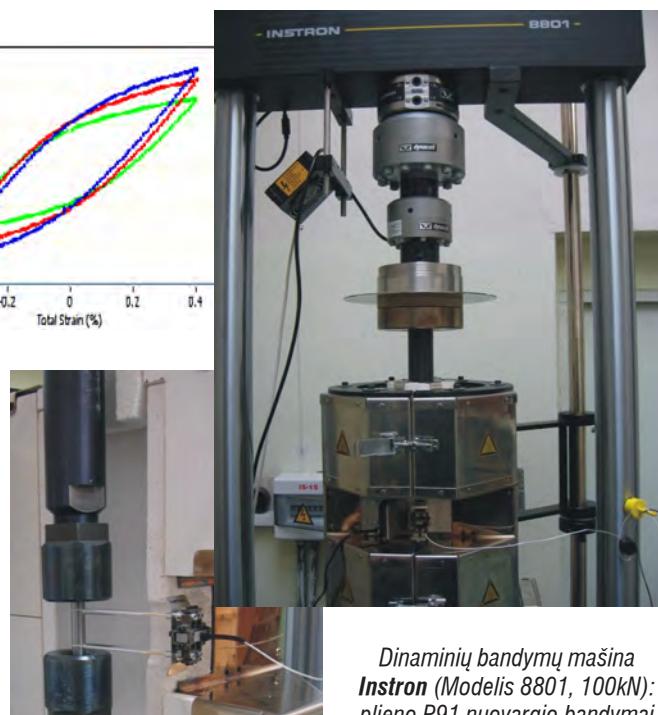
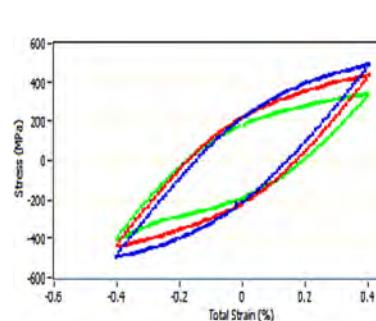
**dacijos sąlygų ivertinimas branduolinio kuro eksplotacijos ir ilgalaikio saugojimo metu.**

Šio darbo tikslas – sukurti eksperimentines procedūras, siekiant ivertinti hidridinio pleišėjimo sąlygas cirkonio lydiniu kuro apvalkaluose bei nustatyti įtempių koncentracijos koeficientų reikšmes ir temperatūros ribas, kuriose gali suverti kuro apvalkalai. Tai- kant kontroliuojamą vandenilinimą iš cirkonio lydiniu kuro apvalkalo pagaminti specialios konstrukcijos bandiniai, kuriuose keičiant įtempių lygį buvo tiriamas hidridinio pleišėjimo procesas numatytomis temperatūros sąlygomis. Darbas aktualus sprendžiant atominių elektrinių saugaus darbo užtikrinimo problemas bei ivertinant kuro apvalkalo atsparumą hidridiniam pleišėjimui pa- naudoto branduolinio kuro ilgalaikio saugojimo metu.

Europos Sąjungos 7-osios bendrosios programos projektas **Medžiagų bandymas ir normos (MATTER (MATERials TEsting and Rules))**. 2010 m. gruodžio 13 d. pasirašytas naujas ES 7-



osios bendrosios programos projektas **Medžiagų bandymas ir normos (MATTER (MATERials TEsting and Rules))**. Šis projektas pradėtas vykdyti 2011 m. sausio 1 d. Jame iš LEI dalyvauja Medžiagų tyrimų ir bandymų bei Branduolinio įrenginių laboratorijų mokslininkai. Pagal projekto uždavinius suformuota 15 darinių paketų. Dalyvaujama dviem darbo grupių veikloje – *Gamyba ir suvininimas (Manufacturing and welding)* ir *Bandymų atlikimas palaikant projekta- vimą (Testing activities in support of de- sign)*. Projekte pradėti vykdyti nauji tiks- liniai medžiagų elgsenos IV kartos reaktorių darbo sąlygomis tyrimai. Šiais tyrimais siekiama, atsižvelgiant į me- džiagų senėjimo mechanizmų ypaty- mus, nustatyti aukščiausius jų taikymo



Dinaminės bandymų mašina  
**Instron** (Modelis 8801, 100kN):  
plieno P91 nuovargio bandymai  
numatytose deformacijos  
sąlygomis 550 °C temperatūroje

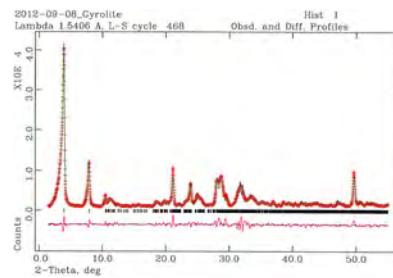
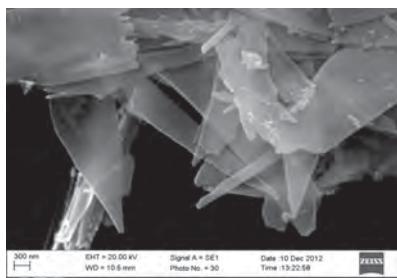
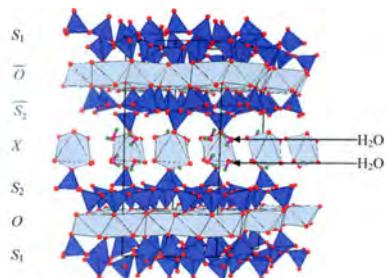
patikimumo kriterijus. Vienas pagrindinių šio eksperimentinio darbo tikslų – nustatyti branduolinių komponentų, veikiančių aukštos temperatūros sąlygomis plienų suvirinimo siūlių, gautų taikant naujas suvirinimo technologijas, leistinas nuovargio ribas ir jų koeficientų reikšmes. Atsižvelgiant į šiuolaikinių bandymų procedūrų reikalavimus, eksperimentams atlikti sudaryta tyrimų metodika. Nuovargio bandymai 550 °C temperatūroje, esant kontroluojamas numatytose deformacijos sąlygomis, atliekami taikant dinaminių bandymų mašina *Instron* (Modelis 8801, 100kN), aprūpinta specialia bandymų ir programine eksperimento valdymo įrangą. Gauti šio darbo nauji duomenys, apibūdinantys suvirinimo siūlių elgseną dėl

valkšumo-nuovargio procesų aukštose temperatūrose, svarbūs prognozuojant jų ilgaamžiškumą reaktoriaus komponentuose bei suvirinimo technologijų tinkamumui įvertinti, vykdant tolesnius suvirinimo medžiagų bei eksploracinių veiksnių sukeliamų procesų branduoliuose komponentuose tyrimus.

## DAUGIAFUNKCIJŲ MEDŽIAGŲ IR KOMPOZITU KŪRIMAS IR TYRIMAI

2012 m. tėtas biudžeto subdijomis finansuojamas mokslinis darbas ***Modifikuojančių priedų bei nanouzpildų įtaka konstrukcinių kompozicinių medžiagų struktūrai ir savybėms***, kuriamė tiriamas nanomatmenų užpildų bei kitų

modifikuojančių priedų įtaka naujų kompozitų struktūrai bei savybėms, taip pat nanouzpildų suderinamumas su išsamiųjų medžiagų. Kartu taikant rentgeno struktūrinės analizės, *Rietveld* struktūros patikslinimo ir modeliavimo metodus, nustatyta sintetinio girolio kristalinė struktūra bei sukurti modifikuotų sintetinio girolio ir girolio su įterptais Na<sup>+</sup> jonais kristalinės struktūros modeliai, aprašantys modifikatorių įtaką sluoksninio silikato montmorilonito tarpsluoksnio struktūrai. Taikant rentgeno struktūrinės, vienalaikės terminės, Furjė transformacijos infraraudonosios srities spektroskopijos ir skenuojančiosios elektroninės mikroskopijos tyrimo metodus, parengta ir patikslinta silikatų modifikavimo metodika.



Sintetinio girolio kristalinės struktūros schema, skenuojančio elektroninio mikroskopio nuotrauka (SEM vaizdas) ir struktūros patikslinimas *Rietveld* metodu

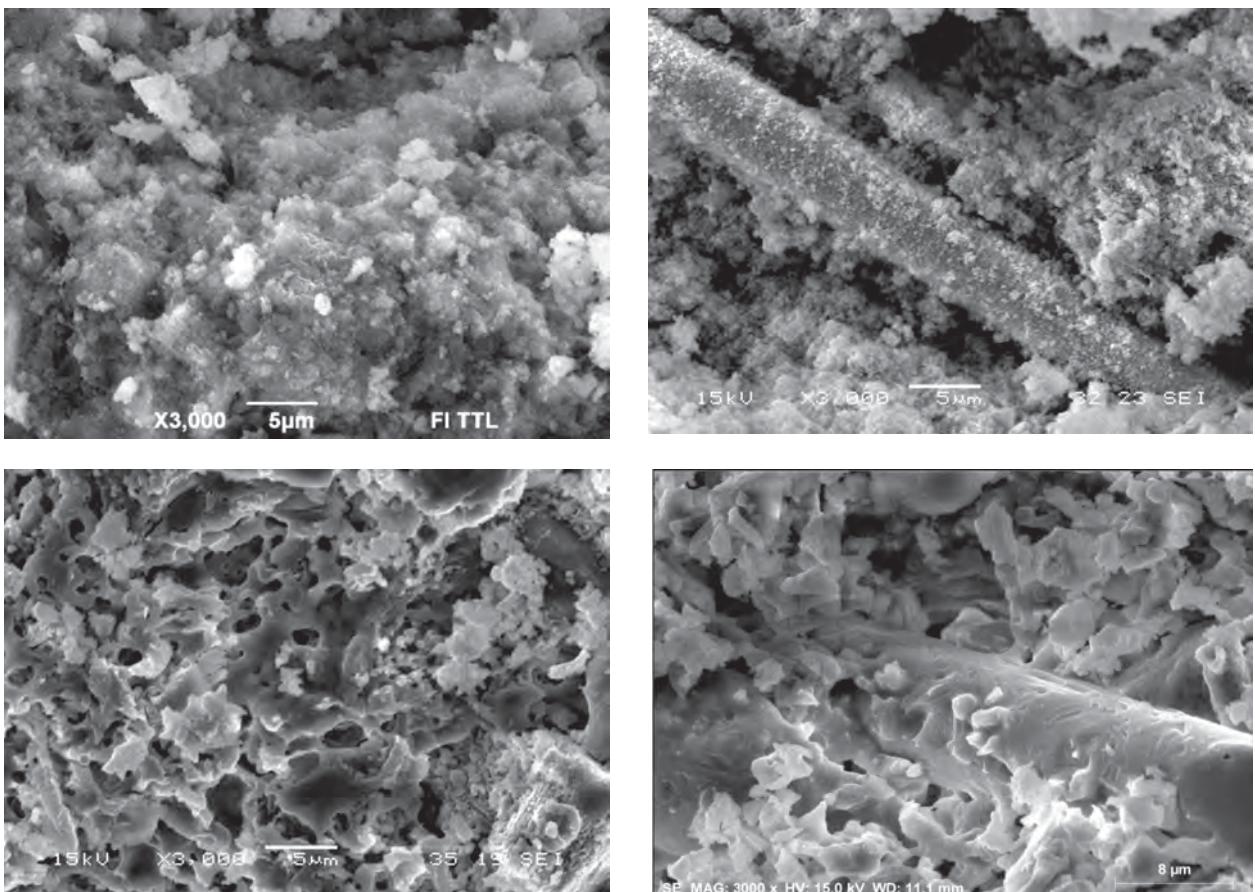
Darbo metu taip pat tirtas neorganinis rišiklis, kuris naudojamas ugniai atspariose kompozicijoje, skirtose šilumininių agregatų išsklojoms, pakurų siejoms atnaujinti. Siekiant prailginti šių kompozitų naudojimo laikotarpi, parinkti keli modifikuojantys priedai, turintys specifinę paskirtį: stabdyti trūkių susidarymą medžiagoje, padidinti medžiagos tankį ar sumažinti rišiklio išeigą. Išanalizuoti gautų kompozitų mikrostruktūros pokyčiai atsižvelgiant į pasirinktą vieną ar kitą modifikuojantį priedą, nustatytas optimalus jų kiekis medžiagoje. Tyrimais nustatyta, kad modifikuojantys priedai lemia mikrostruktūros ir fazinės

sudėties pokyčius ir mažina kompozitų susitraukimą bei didina jų atsparumą ilgalaikeiems šiluminėms apkrovoms paveikiant aukštoms temperatūroms.



ES 7-osios bendrosios programos projektas ***Nanotechnologijomis sustiprinta aplinkai palanki ekstrudinė sluoks-***

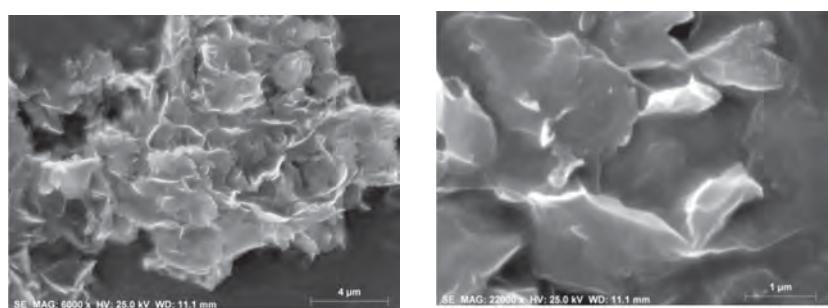
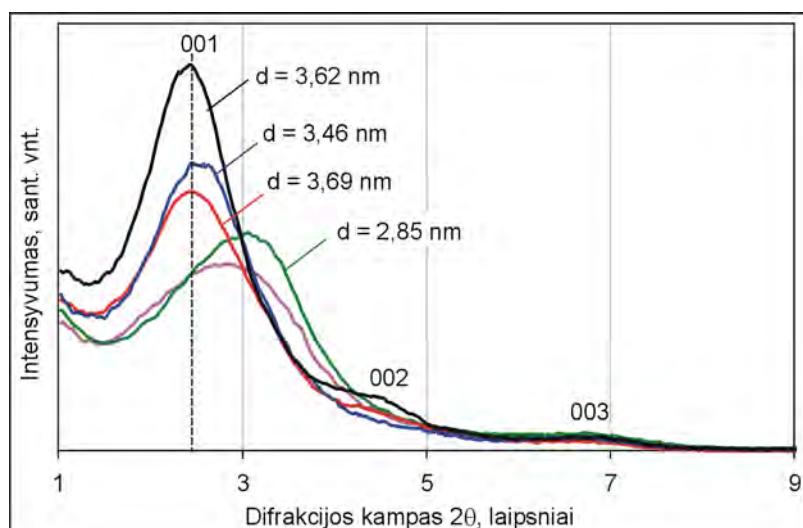
***niuota armuota plausu putų cemento statybinių medžiaga*** (FIBCEM (*Nanotechnology Enhanced Extruded Fibre Reinforced Foam Cement Based Environmentally Friendly Sandwich Material for Building Applications*)). Trejų metų trukmės projektas pradėtas 2011 m. gruodį. FIBCEM projekte dalyvauja 10 partnerių iš 5 šalių – Italijos, Ispanijos, Jungtinės Karalystės, Danijos ir Lietuvos. FIBCEM projekto tikslas – sukurti perspektyvią, mažai energijos reikalaujančią, technologiją putų cemento plokštėms gaminti, kuri leistų sumažinti išmetamo į aplinką anglies dioksido kiekį.



Nemodifikuoto kompozito (kairėje) ir kompozito, modifikuoto mikroplaušu (3 %) ir  $SiO_2$  mikrodulkėmis (5 %) (dešinėje), mikrostruktūrų vaizdai po kaitinimo 100 °C (viršuje) ir 1000 °C (apačioje) temperatūroje

Šiame projekte laboratorijos darbuotojai ne tik vykdo programoje numatytais mokslinius tyrimus, bet ir vadovauja ketvirtajai darbo (WP4) grupei, kurios darbo tikslas yra filosilikatų modifikavimo metodikos sukūrimas, darbų koordinavimas bei bendradarbiavimas su kitomis darbo grupėmis.

2012 m. laboratorijos darbuotojai dalyvavo keturiuose techniniuose WP4 grupės projekto vykdytojų susitikimuose – Beroun, Čekija (Cembrit); Livorno, Italija (Laviosa Chimica Mineraria); Londone, Jungtinė Karalystė (Brunelio universitetas); Kopenhagoje-Lingga, Danija (Danijos technikos universitetas). Bendradarbiaujant su projekto partneriu Laviosa Chimica Mineraria (Italija) parengta nanobentonito modifikavimo metodika.



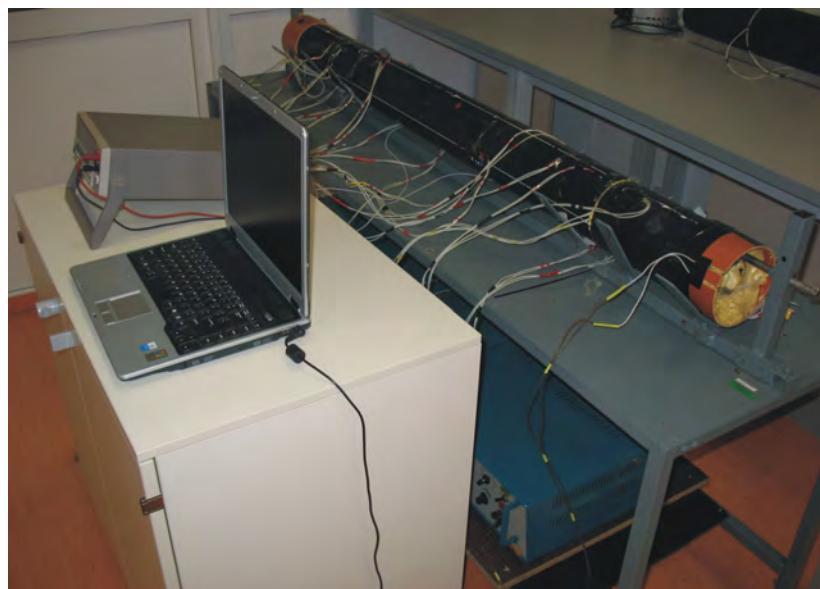
Modifikuoto bentonito XRD kreivės ir SEM nuotraukos

# MEDŽIAGŲ BANDYMAI, KOKYBĖS RODIKLIŲ JVERTINIMAS IR ANALIZĖ

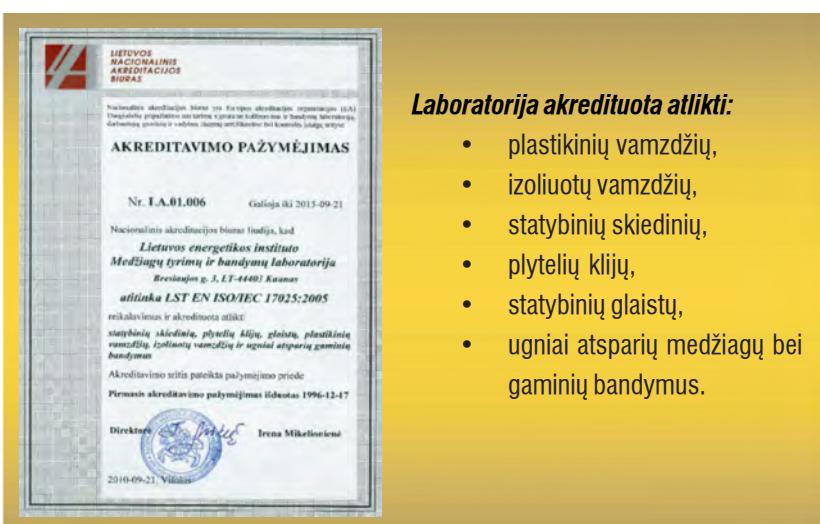
Laboratorijos darbuotojai vykdo darbus teikdami akredituotos laboratorijos paslaugas, atliekant medžiagų bandymus ir jų kokybės rodiklių jvertinimą (laboratorija akredituota LST EN ISO/IEC 17025 standarto atitinkamai). Sékmingai bendradarbiaujama su ūkio subjektais, vykdant tiriamuosius darbus bei teikiant konsultacijas gamybos produktų kokybės užtikrinimo srityje.

Įsisavinus vamzdžių komplekto šiluminio laidžio nustatymo apsauginio galo metodu metodiką pagal LST EN 253 ir LST EN ISO 8497 standarty reikalavimus, išplėsta laboratorijos akreditavimo sritis.

2012 m. laboratorijos darbuotojų atlikę tyrimų rezultatai paskelbti 4 moksliniuose leidiniuose, įrašytuose Mokslinės informacijos instituto (ISI) leidinių sąraše, bei 1 recenzuojamame konferencijų pranešimų leidinyje. Dalyvauta ir perskaityti 4 pranešimai respublikinėje ir 1 tarptautinėje konferencijoje.



Įvamzdžių komplekto šiluminio laidžio nustatymas apsauginio galo metodu



## Laboratorija akredituota atlikti:

- plastikinių vamzdžių,
- izoliuotų vamzdžių,
- statybinių skiedinių,
- plytelinių klijų,
- statybinių glaistų,
- ugniai atsparių medžiagų bei gaminių bandymus.

**Dr. Albertas GRYBĖNAS**

Medžiagų tyrimų ir bandymų  
laboratorijos vadovas

Tel. (8 37) 401 908

Ei. paštas [grybenas@mail.lei.lt](mailto:grybenas@mail.lei.lt)

# PLAZMINIŲ TECHNOLOGIJŲ LABORATORIJA

## PAGRINDINĖS LABORATORIJOS TYRIMŲ KRYPTYS:

- įvairios paskirties nuolatinės srovės plazmos šaltinių kūrimas ir tyrimas;
- iškrovos kanaluose, plazmos srautuose ir srovėse vykstančių procesų bei reiškinii tyrimas;
- plazmos ir aukštos temperatūros srautų diagnostika bei diagnostikos priemonių kūrimas;
- plazmos srautų ir medžiagų sąveika įvairiuose plazminiuose-technologiniuose procesuose;
- plazminio itin kenksmingų medžiagų neutralizavimo procesų tyrimas ir realizavimas;
- katalizinių ir tribologinių dangų sintezė plazminėje aplinkoje bei jų savybių tyrimas;
- šilumininių ir heterogeninių procesų tyrimas, reaguojantiems produktams aptekant katalizinį paviršių;
- plazminis konstrukcinių medžiagų paviršinių sluoksnių formavimas ir modifikavimas;
- mikro- ir nanodispersinių granulių bei mineralinio plaušo iš sunkiai besilydančių medžiagų sintezė ir savybių tyrimas;
- vandens garo plazmos generavimas ir jos panaudojimas kuro konversijai bei pavojingoms atliekomis neutralizuoti.

Plazminių technologijų laboratorijos mokslininkai jau daugiau nei 40 metų dirba įvairose plazminiu technologijų kūrimo, mokslinio tyrimo ir pritaikymo srityse ir gali sėkmingai modeliuoti naujas plazmines technologijas, panaudodami laboratorijoje pagamintus plazmos įrenginius. Plazmos srautui gauti naudojamos įvairios sudėties dujos ar jų mišiniai. Laboratorija turi bandomosios gamybos technologinę įrangą, kuri naudojama įvairių medžiagų paviršių sluoksnių mechaninėms, tribologinėms, cheminėms ir optinėms savybėms keisti bei modifikuoti. Nuolat atnaujinama bei plečiama techninė bazė ir disponavimas esama analizine aparatu leidžia atlikti plazmos šaltinių

tyrimus, plazmos srovų ir srautų diagnostiką, dujų dinaminių charakteristikų ir šilumos–masės mainų analizę.

Plazminų technologijų laboratorijoje sukauptų mokslo žinių pagrindu atliekami šie tyrimai:

### PLAZMOS ŠALTINIŲ KŪRIMAS IR PLAZMOS SRAUTŲ TYRIMAS

Plazminų technologijų laboratorijoje tobulinami esami ir kuriami nauji mažesnės nei 200 kW galios plazmos generatoriai. Šiuo metu sukurtas naujos konstrukcijos vandens garo plazmos generatorius. Vadovaujantis žiniomis

apie procesus, vykstančius reakcinėse iškrovos kamerose, ir pasitelkiant plazminų procesų panašumo teoriją, apibendrintos jo voltamperinės ir šiluminės charakteristikos, nustatyti stabilaus darbo režimai elektros lankui kaitinant perkaitintą vandens garą, esant įvairiems slėgiams. Gautieji rezultatai rodo, kad vandens garo plazmos generatorius yra tinkamas realizuoti įvairius procesus reakcinėje lanko zonoje, gali būti panaudotas kietų ir skystų, organinių bei neorganinių medžiagų konversijai į dujinės fazės medžiagas.

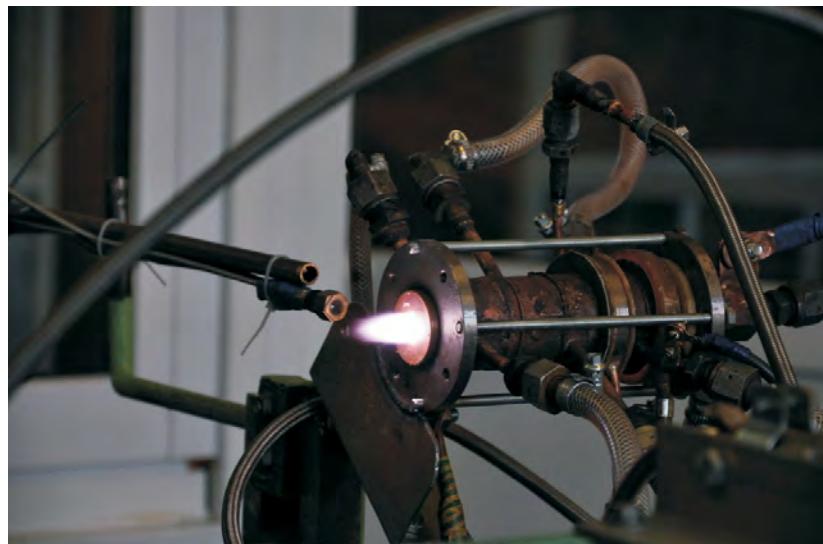
Laboratorijoje toliau tiriami šilumos mainai plazmotronų reakcinėje lanko zonoje, nagrinėjamas elektros lanko stiprio kitimas esant laminariniam ir

turbulentiniams tekėjimo režimui, įvairių veiksniių įtaka plazmos srautų ir srovų charakteristikoms, lanko spinduliuavimo ypatumai tekant skirtingoms dujoms. Ištirti linijinių elektros lanko dujų kaitintuvų ir reaktorių darbo režimai, jų eksploatacinės charakteristikos, nustatyti darbo trukmės padidinimo sąlygos, ištirti lanko turbulizavimo ir nauji energijos panaudojimo plazminiuose įrenginiuose metodai.

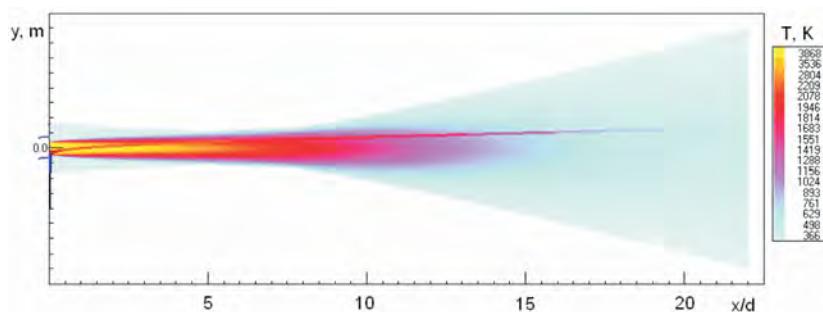
## PLAZMOS IR AUKŠTOS TEMPERATŪROS SRAUTŲ DIAGNOSTIKA

Laboratorijoje nagrinėjamamas aukštos temperatūros dujų srauto susidarymas, jo dinamika, šilumos mainai įvairių formų kanaluose, jų įtekamosiose dalyse, šilumokaičių elementuose. Plazmos diagnostika laboratorijoje vykdoma skaitmeniniai ir eksperimentiniai metodais. Skaitmeninis įkaitintų dujų srauto kanale tyrimas atliktas taikant *Fluent* hidrodinamikos programinį paketą. Skaičiavimas vykdomas pagal standartinį  $k-\epsilon$  modelį, kuriame fluidui tekėti sprendžiamos pilnos Navje-Stokso ir energijos lygtys. Tačiau, tekant multifaziniams srautams, kai jų srautą įpučiamos kietosios dalelės, skaičiavimai tampa sudėtingi. Taip yra dėl ypatinguočių plazmos savybių, todėl dvifazio plazmos srauto skaitmeniniai tyrimai atliekami taikant *Jets&Poudres* programinį paketą, pritaikytą modeliuoti plazmos srautams. Tačiau gerokai nesupaprastinus uždavininių sąlygų, multifazinių plazmos srautų skaitmeniniai metodais tyrinėti neįmanoma, todėl laboratorijoje pasitelkiamas eksperimentinis metodas, kuriam teikiama pirmenybė.

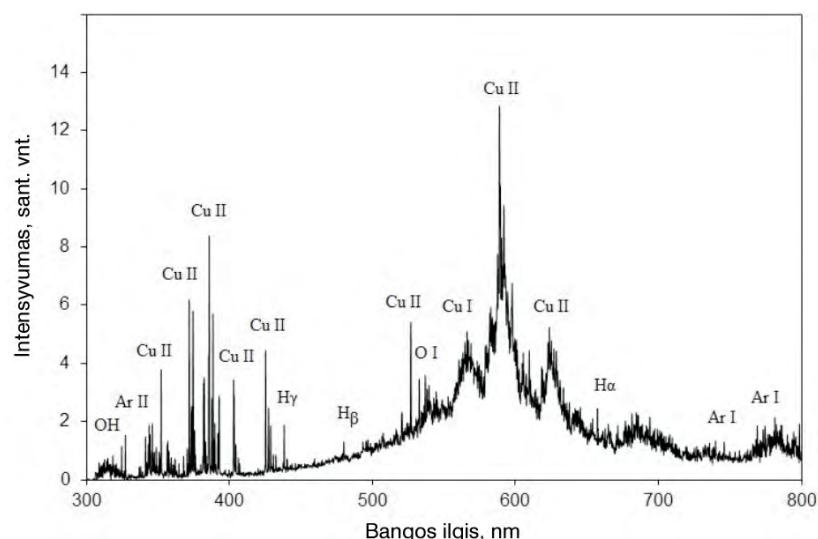
Pastaruoju metu plazmos diagnostikai laboratorijoje plačiai taikomi bekontraktiniai metodai. Vienas jų – optinės spektroskopijos metodas, kurio pagrindinis įrenginys – šviesolaidis spektrometras *AOS-4*. Tai labai greita optinė



*Argono plazmos srovė, ištekanti iš pastovios srovės linijinio plazmos generatoriaus*



*Temperatūrų pasiskirstymas oro plazmos srovėje, lekiant  $50 \mu\text{m} \text{Al}_2\text{O}_3$  dalelei*



*Elementinės argono ir vandens garo plazmos srovės, ištekančios iš 35 kW galios plazmos generatoriaus, sudėtis, nustatyta optinės spektroskopijos metodu.  
Vandens garo srautas  $G=2 \text{ g}\cdot\text{s}^{-1}$*

matavimo sistema, kuria galima tyrinėti dujų emisinių spektrų pikus 250–800 nm bangų ruože. Sistema naudojama plaz-

mos elementų sudėčiai, emisiniams spektrams tyrinėti.

Multifazinių plazmos srovių vizua-

lizacijai bei kai kurioms dinaminėms charakteristikoms nustatyti naudojama X serijos greitaeigė optinė kamera su CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*) jautriuoju elementu, kuri leidžia greitaeigį filmavimą 100 ns intervale bei judančių objekty fiksavimą labai dideliu greičiu. Laboratorijoje naudojama *MotionPro X4* greitaeigė kamera.

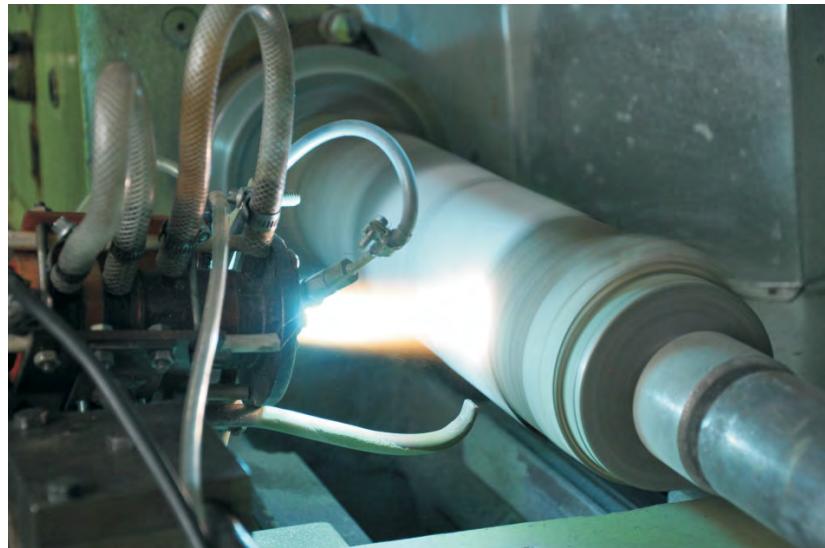


*Lydalo ir granulių judėjimas bei mineralinio pluošto susidarymo procesas viršgarsinėje oro plazmos srovėje, stebimas greitaeigė vaizdo kamera*

## KONSTRUKCINIŲ MEDŽIAGŲ PAVIRŠINIŲ SLUOKSNIŲ FORMAVIMAS PLAZMINĖMIS TECHNOLOGIJOMIS

### **Dangų sintezė plazmos srovėje**

Panaudojant laboratorijoje sukurtą plazminę-miltelinę dangų formavimo technologiją, buvo formuojamos katalinės, tribologinės, apsauginės, taip pat sudaromos kietosios keraminės dangos, naudojamos konstrukcinių medžiagų paviršinių sluoksninių eksploatacinėms savybėms mechanikoje, chemijoje, energetikoje, medicinoje pagerinti. Jos padidina atsparumą korozijai  $10^2$ – $10^3$  kartų, gerokai sumažina trinties koeficientą ir padidina atsparumą mechaniniam dėvėjimuisi. Taikant plazminę technologiją, mažėja brangių konstrukcinių medžiagų paklausa, nes jvairaus storio dangomis padengtos pigios konstrukcinės medžiagos pakeičia didelius kiekius sunaudojamų brangių medžiagų.



*Konstrukcinių medžiagų paviršinių sluoksninių formavimas atmosferos slėgio oro plazmoje ir paruoštų produktų pavyzdžiai*

paviršius buvo padidinamas ją pakaitinus tam tikroje temperatūroje.

### **Katalinės dangos**

Pastaruju metu pasaulio mokslo ir gamybos srityse itin dominasi atsnaujinančių energijos išteklių technologijomis, vandenilio energetika, kuro sintezės ir taupymo programomis bei aplinkos taršos mažinimo problemomis ir jų sprendimu. Nė vienoje šių sričių neap-

sieinama be specialios paskirties ir savitos sudėties katalizatorių. Apie 70 % visų pasaulyje vykdomų cheminių reakcijų naudojami katalizatoriai. Šiuolaikiški katalininiai reaktoriai gaminami daug materialinių ir laiko sąnaudų reikalaujančiu cheminiu būdu, nusodinant platinos grupės metalus, todėl jie yra brangūs, jų keraminiai substratai yra nepatvarūs, o substratų koriai dėl prasto šilumos laidumo dažnai išsilydo, ir KR

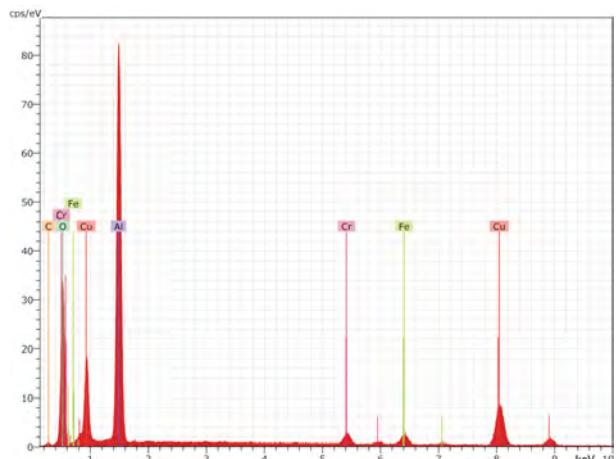
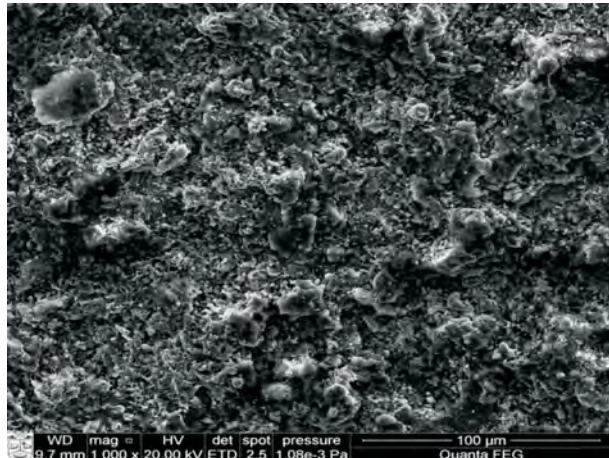
užsikemša. Naujojoje katalizinių neutralizatorių kartoje vietoj keramikos naudojamas metalinis substratas, o tauriuosius metalus pamažu keičia pigesni metalų oksidai, ceolitai ir kitos medžiagos, sėkmingai naudojamos kaip efektyvūs katalizatoriai.

Iš dangų pagamintuose kataliziniuose reaktoriuose masės ir šilumos pernašos procesai buvo tirti laboratorijoje sukurtame katalizinių dangų savybių tyrimo įrenginyje. Propano–butano duju degimo ore produktams susimaišius su

oksidatoriumi, gaunamos išmetamoios dujos, turinčios vidaus degimo varikliams būdingas CO koncentracijas, ir pasiekiamą katalizinei teršalo oksidacijai vykti reikiama temperatūra. Darbui atlikti sukurta duju dinaminių ir šiluminių charakteristikų tyrimo pasienio sluoksnio zonoje metodika, sukompaktuota įranga ir aparatūra srauto struktūrai tirti. Nustatyti reaguojančių duju greičių, temperatūros, medžiagų koncentracijos, pasiskirstymas prie katalizatoriaus sienelės, srauto ir sienelės šilumos–

masės mainų koeficientai.

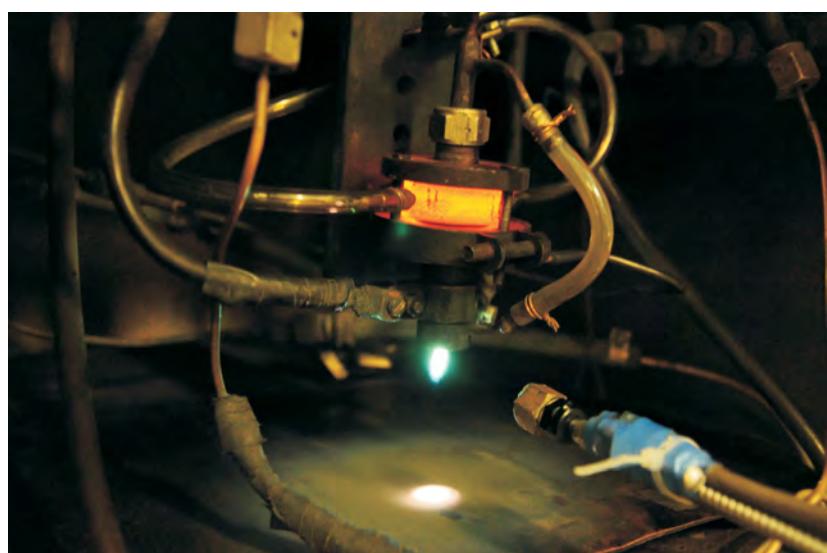
Plazminiu būdu sudarytų oksidinių katalizinių dangų pagrindu galima kurti veiksmingai CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HC ir kitų teršalų emisiją mažinančius katalizinius reaktorius. Jie pagal konversijos laipsnį artimi kataliziniams reaktoriams, sudarytiems iš tauriujų metalų. Šios srities darbai tęsiami vykdant 2007–2013 m. Baltijos jūros regiono programos projekta. Šiuo metu kuriamas naujas efektyvus katalizatorius TiO pagrindu, skirtas sieros junginiams oksiduoti.



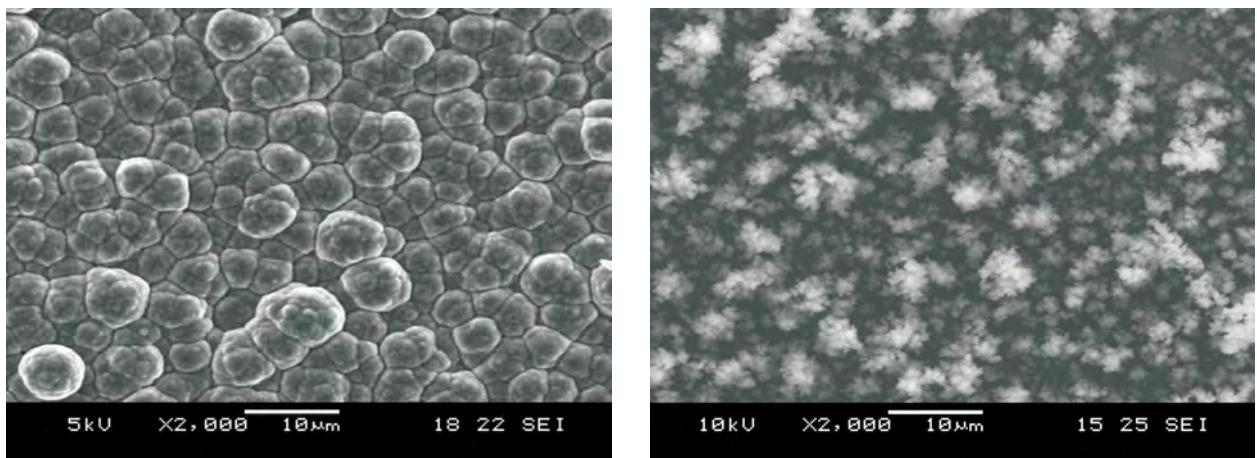
Katalizinė danga (kairėje) ir jos elementinė sudėtis (dešinėje)

### **Anglies darinių dangos**

Konstrukcinių medžiagų paviršinių sluoksninių modifikavimas technologijomis, formuojant įvairios paskirties dangas, plėtai taikomas paviršiaus inžinerijoje. Viena plazminiu technologijų pritaikymo galimybė – tai plazminiu polimerų sintezė. Plazminiai polimerai – plazminiu būdu nusodintos plonos plėvelės turi daugybę pritaikymo sričių: mikroelektronika, medicina, biotechnologijos, puslaidininkų gamyba ir kt. Plazminiai polimerai dažniausiai sintetinami vakuumo. Jų struktūros dar nėra pakankamai gerai ištirtos. Pavyzdžiui, hidro-, halo- anglies polimerų ir hidrintos anglies plėvelių ar šių plėvelių grupių maža kaina



Veikiantis anglies darinių plėvelių sintezės įrenginys, generuojantis argono-acetileno plazmą



*Anglies dangų, gautų iš argono–vandenilio–acetileno plazmos, SEM vaizdai*

ir geros mechaninės savybės, kaip atsparumas korozijai, stiprumas, nedidelė savitoji masė, mažas drėkinimo kampus, leidžia konkuruoti su geriausiomis šiuolaikiškomis medžiagomis ir lydiniais. Vertinant padėti, susidariusią plazminių polimerų sintezės ir tyrimų srityje, pažymėtina, kad šiuo metu reikia geriau suprasti plazmos polimerizacijos procesą, ypač padengimo parametrų įtaką gautų plazmos polimerų savybėms, jų laiko ir temperatūros stabiliumą. Viena plazminių polimerų grupių yra naujos medžiagos, sudarytos iš plazminių polimerų, sumaišytų su metalais arba keramika. Tokios kompozicinės medžiagos sudaro naują dangų klasę iš kompozitų ir nekompozitų ir pasižymi elektrinių, optinių ir mechaninių savybių įvairove. Suformuoti plazminiai polimerai daugiausia naudojami kaip kietos ir apsauginės dangos. Pastaruoju metu plazminių polimerų sintezėje vis plačiau naudojami anglies dariniai.

Nors plazminis dangų formavimo procesas atmosferos slėgyje jau seniai ir plačiai praktiškai naudojamas, tačiau vis dar nėra ištirtas fiziniu požiūriu. Teigiamą, kad yra apie 50 veiksnių, turinčių įtakos gautos dangos cheminėms, fizikinėms, mechaninėms savybėms bei dangos elementinei sudėčiai ir struktūrai. Pagrindiniai iš jų – pradinių medžiagų sudėtis, medžiagos įvedimo

vietos plazmos sraute dislokacija, plazmotrono konstrukcija, darbo charakteristikos, atstumas nuo plazmotrono iki substrato, temperatūra, slėgis, darbo dujų rūšis. Šiuo metu daugiausia dėmesio skiriama sudaryti įvairios sudėties ir savybių kietasias anglies darinių dangas įvairių medžiagų (plieno,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , kvarcinio stiklo ir kt.) paviršiuose ir turimais metodais ištirti jų savybes.

Darbams atliliki sukurtos dvi plazminės kietujų keraminių ir deimanto tipo dangų sintezės sistemos su modifikuotais plazmos generatoriais, tiekiančiais nepusiausvirosios plazmos srautą. Įrenginiai veikia atmosferos ir išretintų dujų – azoto, argono, vandenilio, acetileno, propano–butano ir jų mišinių aplinkoje. Realizavus dangų sintezės procesą, gautos gerais adhezijos rodikliais pasižymintos dangos ant nerūdijančio plieninio, kvarcinio stiklo ir silicio paviršių. Taikant SEM, XRD, IR ir Ramano spektroskopijos metodus, nustatyta dangų paviršių struktūra, jų dalelių dydis ir forma, sudėtis ir jos priklausomumas nuo plazmą sudarančių ir transportuojančių dujų sudėties, įvedimo į plazmotroną vietos ir būdo. Pastebėta, kad visų dangų IR laidžio ir atspindžio spektruose egzistuoja  $\text{CH}_x$ , OH, CO,  $\text{CO}_2$  ir C=C grupėms būdingi ryšiai.

Vadovaujantis atlirkais tyrimais, sudarant dangas atmosferos slėgio

argono–acetileno plazmos aplinkoje, realizuotas superkondensatorių elektrodų dangų sintezės procesas ir gautos anglies darinių dangos, kurių elektrinės charakteristikos leidžia padidinti pastauroju metu praktikoje naudojamų superkondensatorių talpą.

#### **Plazmos srauto ir medžiagų sąveika**

Siekiant gauti aukštą temperatūros labai mažo skersmens pluoštą, perdirbtį kenksmingas atliekas, suformuoti įvairias dangas, sintetinti naujas medžiagas, tiriamą elektros lanko ir plazmos srauto sąveika su dispersinėmis medžiagomis, nustatomos gautų naujų struktūrų fizinės, cheminės ir mechaninės savybės. Plazminių procesų eiga labiausiai priklauso nuo nešančios aplinkos temperatūros, greičio bei dispersinės medžiagos buvimo laiko reakcijos zonoje, cheminių reakcijų pobūdžio. Plazminiu būdu formuojami paviršiai gaunami sluoksniuojant daugybę dispersinių dalelių, kurios, prieš atsimušdamos į kietą paviršių, turi būti aplydytos ir plastinės būsenos. Todėl jų forma ir struktūra dangoje yra labai įvairi. Dalelių ir plazmos srauto tarpusavio sąveiką apibūdina tekėjimo, deformacijos, aušinimo, šaldymo procesai. Plazmos srauto ir dalelių sąveikos rezultatų įvairovė matoma pagal jų pagrindinius parametrus – greitį, temperatūrą ir

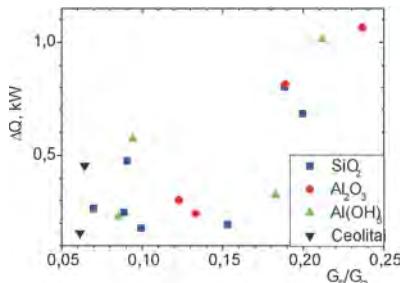
koncentracijas. Nustatyta, kad net vienodo dispersiškumo ir vienos rūšies medžiagos dalelių parametrai skerspjūvyje prie dengiamo substrato yra labai skirtiniai. Realiai kontakto metu šie parametrai yra nestacionarūs. Jų pasiskirstymo funkcijos nusakomos dvifazio srauto formavimosi ir tekėjimo sąlygomis srovės pradinėje dalyje. Ipurškiamos dalelės srovėje pasiskirsto nevienodai. Šie procesai apibūdina gauto galutinio produkto struktūrą ir savybes.

## KERAMINIŲ MEDŽIAGŲ LYDYMAS IR AUKŠTOS TEMPERATŪROS METALŲ OKSIDŲ PLAUŠO SINTEZĖ

Mineraliniams plaušui (MP) gaminti naudojamai tradicinei technologijai ir

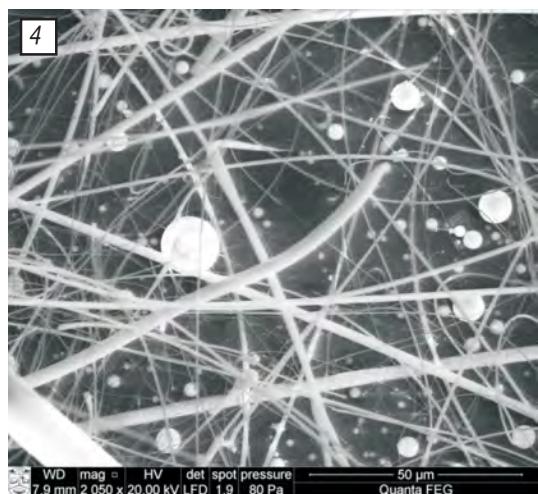
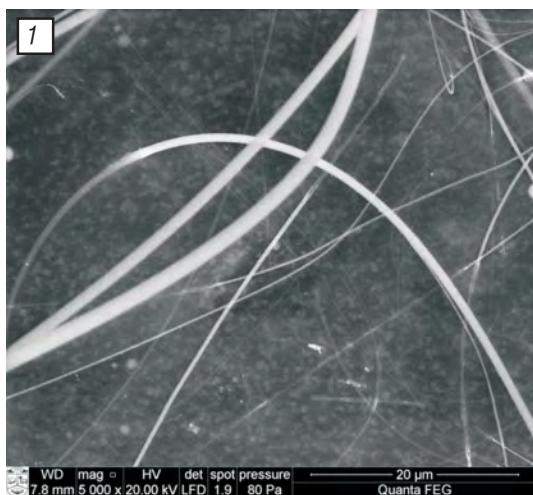
įrenginiams būtinas nepertraukiamo veikimo procesas, sudėtingos ir brangių lydymo krosnys bei izoliacinės medžiagos. Tradiciniai metodai gamina plaušo kokybę ir sudėtį taip pat riboja žaliavos lydymosi temperatūrą: šis metodas neleidžia gaminti aukštos temperatūros termoizoliacinio plaušo, vis labiau naudojamo įvairiose srityse.

Vienintelis alternatyvus būdas gauti aukštos kokybės aukštos temperatūros plaušą yra plazminė technologija. Ja suformuotas pluoštas pasižymi unikalios savybėmis, tokiomis kaip atsparumas aukštai temperatūrai, mažas šilumos laidumas, didelis cheminis stabilumas. Lydant ir plaušinant keramines medžiagas, formuojant MP naudojamas laboratorijoje sukurtas eksperimentinis plazminis įrenginys su 70–90 kW galios



Dispersinių dalelių įtaka šilumos srauto į reaktoriaus sienelės kritimui.  $G_d$  ir  $G_o$  – dalelių ir oro srautai

plazmos generatoriumi. Juo formuojamas plaušas iš dispersinių dalelių, naujodant orą kaip plazmą sudarančias dujas bei pagalbinius oro ir propano duju mišinius. Kaip žaliaava aukštoms temperatūroms atspariam keraminiam plaušui gaminti naudojamos pigios ir plačiai gamtoje paplitusios keraminės medžiagos, pvz., kvarcinis smėlis, dolomitas,



Ceolity pluošto SEM vaizdai esant skirtiniems plazmos srauto greičiams. 1 – 1600 m/s, 2 – 1500 m/s, 3 – 1200 m/s, 4 – 1000 m/s

molis, aliuminio oksidas, pramonės keraminės atliekos ir kt.

Atlikus eksperimentinius ir skaitinius tyrimus nustatyta, kad plazminiam keraminių medžiagų plaušinimo procesui lemiamos įtakos turi plazmos srauto dinaminės ir energetinės charakteristikos. Kadangi keraminių medžiagų lydymosi temperatūros siekia net iki 2500 K, tai, norint visiškai išlydyti ir išplaušinti keramines medžiagas, reikia naudoti plazmos srautą, kurio temperatūra turi būti 2 500–3 000 K, o greitis – 700–1 000 m/s. Jame vidutinė masinė temperatūra ir greitis per visą reaktoriaus kanalo ilgį tolygiai mažėja ir reaktoriaus gale pakinta, atitinkamai, 14 ir 10 %, neatsižvelgiant į plazmos generatoriaus darbo režimus. Tai leidžia lengvai reguliuoti plazmos srauto parametrus reaktoriaus ištakėjime. Išaiškinus keramino plaušo formavimo plazmocheminiame reaktoriuje mechanizmą buvo nustatyta, kad dalelių lydymas vyksta reaktoriaus kanale, o plaušo elementų formavimas, trunkantis 4–10 ms, – už reaktoriaus ribų. Į reaktorių įpūtus žaliavos dispersines daleles, šilumos mainai vyksta ne tik tarp plazmos srauto ir reaktoriaus sienelių, bet ir tarp dispersinių dalelių, o tai turi įtakos plazmos srauto temperatūros kritimui. Ištirta, kad plazmos srauto ir dispersinių dalelių šilumos mainai tuo intensyvesni, kuo didesnė dalelių koncentracija sraute ir mažesni jų matmenys. Didėjant masinei šaltų dispersinių dalelių koncentracijai plazmos sraute nuo 6 iki 2 %, šilumos srautas į reaktoriaus sienelę sumažėja nuo 6 iki 31 %, dėl intensyvaus srauto šilumos atidavimo dalelėms.

Plazmos srauto greitis yra vienas pagrindinių keramino plaušo kokybė lemiančių veiksnių, kadangi padidėjus iš reaktoriaus ištakančios plazmos srauto greičiui 60 %, formuojamo plaušo išeiga didėja 5 %, o plaušą sudarančių skaidulų skersmuo ir granulių kiekis tame mažėja.

Gautas plaušas yra nepakeiciamas mufelinį krosnių, MHD generatorių, aukštakrosnių gamyboje, o dėl puikių garsą izoliuojančių savybių – ir garso izoliacijai. Keraminis plaušas gali būti tinkamas ir įvairių filtrojančių medžiagų gamyboje bei kaip statybinė, betoną suvertinant medžiaga, o tam tikros sudėties keraminis plaušas gali praversti ir kaip katalizatorius.

## VANDENS GARO PLAZMINĖ TECHNOLOGIJA

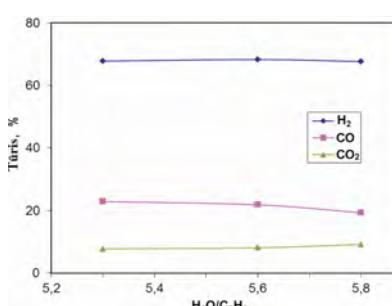
Pasaulyje vis populiarėja plazminė technologijų taikymas įvairiose pramonės srityse. Vandens garo masinė entalpija, esant aukštoms temperatūroms (nuo 4000 K), apie 6 kartus virsija oro entalpiją. Taigi, vandens garui įkaitinti reikalinga 6 kartus didesnė galia, negu tam pačiam oro masiniam srautui įkaitinti. Esant aukštai temperatūrai, vandens garas skyla į deguonį, vandenilių ir jų junginius, kurie dalyvauja plazmo-

cheminėse reakcijose. Skaidant įvairių rūšių atliekas plazminiu būdu, dėl savo unikalių savybių jis pasižymi kaip aplinkai ypač palankus procesas. Plazminė organinių atliekų pirolizė naudotina dviem atvejais: kuomet reikia sunaikinti labai pavojingas atliekas (pvz., chloro organinius pesticidus) arba plazmocheminio organinių atliekų perdirbimo metu siekiant gauti naudingas medžiagas. Naudojant vandens garu dirbantį plazmotroną, plazmos déka galima gauti naudinges vandeniliu ir CO praturtintas, vadina-masias sintetines dujas.

Vandens garo plazmoje vyksta ypač greiti cheminiai procesai, kuomet susidaro reaktyvieji elementai H ir O. Dėl šios srauto savybės į vandens garo plazmą įvedami anglavandeniliai suskaidomi labai efektyviai. Ši technologija gali būti pritaikyta atliekoms bei aplinkai žalingoms medžiagoms skaidyti arba, vykstant konversijai, jas paversti į sintetines dujas.



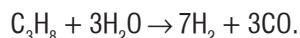
*Veikiantis vandens garo plazminis įrenginys, skirtas organinėms medžiagoms skaidyti*



*Plazmocheminiame reaktoriuje gautų sintetinių duju sudėtis, esant H<sub>2</sub>O garo srautui 3,51–4,48 × 10<sup>-3</sup> kg/s, propano srautui 0,34 × 10<sup>-3</sup> kg/s*

Atlikti pirmieji organinių medžiagų skaidymo bandymai. Konversijai vykdyti į plazmocheminį reaktorių buvo tiekiamos anglavandeniliinės dujos. Kaip pradinis mėginys, skaidymui buvo pasirinktos propanas (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), kadangi jo sudėtyje yra aktyvios anglies bei vandenilio. Jį skaidant vandens garo aplinkoje, į aplinką nepatenka kenksmingų medžiagų. Propano konversija vandens garo plazmos aplinkoje yra endotermiška reakcija

(498 kJ mol<sup>-1</sup>):

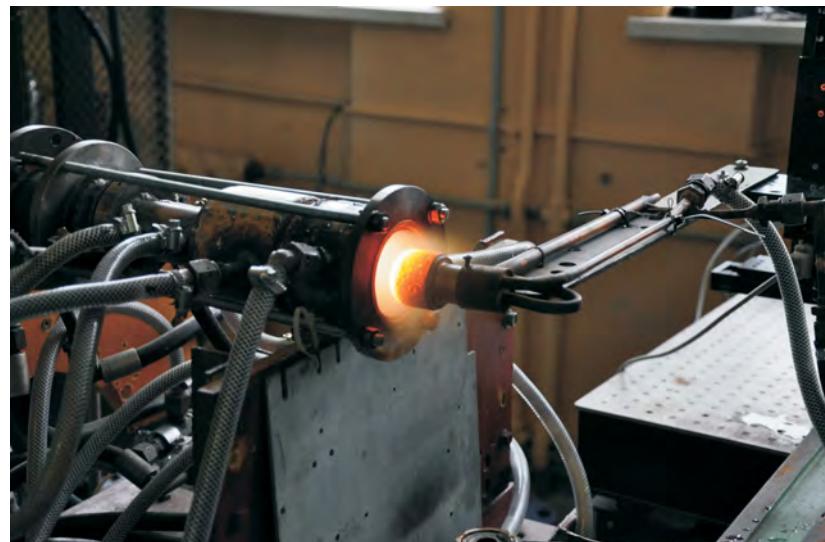


Atlikus pirmius konversijos tyrimus bei reakcijos produktų analizę dujų chromatografu ir apibendrinus rezultatus, nustatyta, kad, esant įvairiam vandens garo ir propano santykui, susidariusio vandenilio kiekis visuomet didesnis nei 60 %.

## LABORATORIJOS DARBAI NACIONALINEI KOSMOSO PROGRAMAI

Plazminių technologijų laboratorijos darbuotojai 1981–1989 m. intensyviai dirbo atliekant įvairių medžiagų, skirtų buvusios Tarybų Sąjungos daugkartinio naudojimo kosminiu aparatų korpusams gaminti, bandymus plazmos srovėse ir srautuose. Buvo tiriamas aukštos temperatūros ir greičio poveikis daugkartinio erdvėlaivio *Buran* korpusui gaminti skirtų medžiagų struktūrai ir savybėms.

Šiuo metu laboratorija turi analogiškus plazminių įrenginius, kurių galia siekia 150 kW. Plazmos srauto, ištakan-



Sunkiai besilydančių medžiagų elgsenos aukštos temperatūros zonoje tyrimas.  
Dešinėje – pavyzdys po plazmos srauto poveikio

čio iš plazmos generatoriaus, temperatūra – 1600–7500 K, greitis – 150–750 m/s, todėl yra reali galimybė tyrinėti įvairių medžiagų elgseną plazmos sraute, formuoti įvairios paskirties konstrukcinių medžiagų paviršinius sluoksnius, sudaryti įvairios paskirties ir savybių apsaugines dangas, kurios gali būti panaudotos raketinėje technikoje ir kosmonautikoje.

2010 m. atnaujinti tyrimų ir bandymų darbai šia kryptimi. Vykdant inova-

cinio čekio gavimo sutartį *Grąžinamų iš kosmoso į Žemę aparatų paviršių terminei apsaugai naudojamų medžiagų tyrimų terminiam atsparumui naudojant žemos temperatūros plazmos srautą, studija* ir bendradarbiaujant su Medžiagų tyrimo ir bandymų laboratorijos darbuotojais, plazmos srovėje buvo patalpinti sunkiai besilydančių medžiagų pavyzdžiai ir tiriamas aukštos temperatūros bei didelių greičių poveikis medžiagos erozijos rodikliams ir struktūrai.

## 2012 M. ĮVYKIAI IR RENGINIAI

### ISFV-15 konferencija, Minskas, Baltarusija.

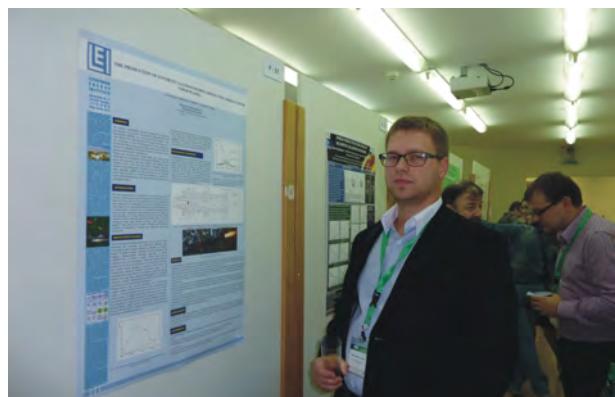
Už pristatytus rezultatus srautų vizualizacijos srityje dr. Viktorijai Grigaitienei įteiktas Soloukhino vardinis apdovanojimas (nuotr. kairėje).

J. m. d. Mindaugas Milieška apsigynė daktaro disertaciją *Termohidrodinaminė procesų tyrimas plazmoje pluoštinant sunkiai besilydančias keramines medžiagas* (06T).





*Ekskursija į Plazminių technologijų laboratoriją LEI Atvirų durų dienos metu*



*Vykdomų Ateities energetika projekto rezultatų pristatymas tarptautinėje konferencijoje UBIOCHEM-2012*

## LABORATORIOJE VYKDOMI PROJEKTAI



ŠVIETIMO  
IR MOKSLO  
MINISTERIJA

2012 m. kartu su Degimo procesų laboratorijos mokslininkais pradėta vykdyti nauja ilgalaikė mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros programa *Degimo ir plazminių procesų eksperimentiniai bei skaitiniai tyrimai energijos generavimo technologijų iš atsinaujinančio biokuro tobulinimui ir aplinkos taršos mažinimui*, kurioje Plazminių technologijų laboratorijos tikslas – sukurti vandens garo plazmine technologiją, skirtą biomasés ir kieto kuro konversijai, skaitiniais bei eksperimentiniais metodais ištirti konversijos metu

vykstančius procesus ir nustatyti jų dėsnimus. Ištirti galimybes ir sudaryti salygas panaudoti vandens garo plazmos generatorių naujų aplinkosauginių technologijų kūrimo srityje.

2012 m. pradėtas naujas biudžeto subsidijomis finansuojamas mokslinis darbas *Anglies dangų sintezė argono-acetileno ir argono-vandenilio-acetileno plazmoje ir jų savybių tyrimas*. Vykdant darbo užduotis, pritaikius LEI darbuotojų ilgametę patirtį ir disponuojamus įrenginius siekiama ištirti galimybes ir salygas naujos kartos anglies dangų sukūrimui. Projekto vykdymo metu bus realizuotas plazminis amorfinių ir kristalinų kietų anglies dangų suformavimo procesas, kuriam plazmą sudarančios dujos argonas, acetileno bei vandenilio dujos. Tiekiant įvairius modifikuojančius priedus bus siekiama

ištirti jų įtaką gautų dangų struktūrai ir savybėms.

Laboratorijos darbuotojai 2012 m. dalyvavo respublikiniuose bei tarptautiniuose projektuose ir programose:



- COST CM0903 veikla *Biomasés utilizavimas į alternatyvųjį kurą ir cheminius preparatus (UBIOCHEM)*, iki 2013 m. Šioje veikloje laboratorijos darbuotojai vykdo individualų projektą *Vandens garo plazmos naudojimas biomasés konversijai ir atliekų perdibimui*, kurį vykdant bus sukurta nauja, iki šiol pasaulio praktikoje dar nerealizuota plazminė technologija, įvairios sudėties

organines medžiagas galinti paversti sintetinėmis dujomis su padidintu vandenilio kiekiu. Vykdant darbą, numatoma vandens garo plazmine technologija apdoroti ne tik įvairias atliekas, bet ir medžiagas, pavojingas aplinkai bei žmonių sveikatai. Veikloje dalyvauja 18 Europos šalių mokslininkai.



- 2012–2014 m. LMT finansuojamas mokslininkų grupių technologinės plėtros projektas ***Plazminėmis technologijomis formuojamas keraminio pluošto katalizatorius teršalų emisijai mažinti***. Pagrindinis projekto tikslas – panaudojant plazminę technologiją, sudaryti pageidaujamų savybių katalizinį keraminį pluoštą, iš kurio pagaminti reikiamų savybių metalų oksidų pluošto katalizatorių, skirtą aplinkos teršalamams neutralizuoti, suprojektuoti ir pagaminti eksperimentinį katalizinių savybių tyrimo įrenginį bei realizuoti tyrimą realių išmetamų degimo produktų srautuose.
- Tarptautinis projektas ***Ivairios funkcinės paskirties metalų oksidų dangų, sudaromų kombinuotais lazeriniais-plazminiais metodais, struktūros formavimosi dėsningumų ir savybių tyrimas*** pagal Lietuvos ir Baltarusijos dvišalio bendradarbiavimo mokslo ir technologijų srityje programą. Projekto tikslas – metalų oksidų dangų su reguliuojamomis fizikinėmis-mechaninėmis ir eksploatacinėmis charakteristikomis, suformuotų plazminiais ir lazeriniais metodais, struktūros ir savybių nustatymas.



- Nacionalinės mokslo programos *Ateities energetika* projektas ***ATE02/2012 Vietinio kuro terminio skaidymo procesų tyrimas kuriant efektyvias ir ekologiškas technologijas***.
- Nacionalinės mokslo programos *Ateities energetika* projektas ***ATE10/2012 Organinių atliekų konversija vandens garo plazmoje mažinant aplinkos taršą***.
- ES paramos priemonės Aukšto tarptautinio lygio mokslinių tyrimų skatinimas projekte ***Inovatyvios terminio skaidymo technologijos sukūrimas ir pritaikymas vanden-***

#### ***valos nuotekų dumblo utilizavimui (INODUMTECH)***

Projekto metu planuojama sukurti bandomajį iki 100 kW galios dujinimo proceso-technologijos prototipą, tinkantį utilizuoti mažų Lietuvos miestelių nuotekų valymo įmonėse susidarančius dumblo kiekius. Projekto idėja įgyvendinama kartu su instituto Degimo procesų, Branduolinės inžinerijos problemų bei Šiluminiių įrengimų tyrimo ir bandymų laboratorijomis.



- Baltijos jūros regiono programos 2007–2013 m. projektas ***Aplinkosauginių plazminių technologijų inovacijų sklaida ir plėtra Baltijos jūros regione (PlasTEP)***. Pagrindiniai projekto tikslai – kurti bei panaudoti plazminės technologijas aplinkosaugos problemoms spręsti. Sukurti atitikmenis, įrodančius galimybę praktiškai pagerinti oro ir vandens kokybę, realizuoti plazminių technologijų įdiegimą aplinkosaugos srityje.

Pagrindiniai projekto uždaviniai:

- kenksmingų medžiagų emisijų kontrolė ir mažinimas;
- plazminių technologijų pritaikymas pramonės įmonių išmetamoms pavojingoms atliekomis neutralizuoti;
- atmosferos oro ir vandens užterštumo mažinimas;
- aplinkosaugos technologijų klasterių Baltijos jūros regione kūrimas;
- paramos ir investicijų naujoms aplinkosaugos technologijoms skatinimas;
- politikų ir valstybinės valdžios atstovų pritraukimas į projekto veiklą;
- pramonės ir mokslo partnerių grupių aplinkosaugos srityje sudarymas;
- specializuotų grupių, siekiančių mažinti NO<sub>x</sub> ir SO<sub>x</sub> emisiją, neutralizuoti LOM (lakiasi organines medžiagas) bei kvapus, organizuoti vandens valymą, sukūrimas;
- žinių ir aplinkosaugos technologijų Baltijos jūros regiono valstybėse platinimas.

Plazminių technologijų laboratorijoje dirba 8 daktaro laipsnį įgiję mokslininkai, 1 jaunesnysis mokslininkas –

## PlasTEP Project Partners

15 partners from 8 countries work together within the Baltic Sea Region Programme 2007-2013

**Denmark**  
Risa National Laboratory for Sustainable Energy, Technical University of Denmark  

- Build-up of a NOx/SOx reduction reactor with flexible design
- Optimisation of ozone injection and mixing scheme with exhaust gas
- Proposal of an optimised scheme for time dependent NOx/SOx processes

**Estonia**  
University of Tartu  

- Optimisation of the reactor's design:
- Discharge mode and the optimum input power and gas flow rate
- Phase and morphology of TiO<sub>2</sub> coating

**Finland**  
Lappeenranta University of Technology, ASTRAL  

- Optimisation of photo catalytic materials and pore-penetration characteristics
- Coating performance on modules for integration into the combined plasma/catalytic module

**Germany**  
Leibniz Institute for Plasma Science and Technology (INP)  

- Coordination joint compendium on VOC removal by means of plasma based and assisted technologies
- Construction of a novel and up-scalable reactor design

Technology Centre of Western Pomerania (TzV)  

- Leadpartner
- Experiences through built up of BalticNet-PlasmaTec (network) and in scientific marketing
- Leads communication and information and is involved in technology transfer

**VDI**  
West Mecklenburg Western Pomerania  

- Inform the members about possibilities and chances of plasma technology
- Share their organisational requirements together with the SEP and other partners
- Render assistance for communications and information process to decision makers from industry, policy and society.

**Latvia**  
Riga Technical University (Host for Summer School 2010)  

- Model heat and mass transfer processes
- Optimisation of ozone injection and mixing scheme with exhaust gas
- Proposal of an optimised scheme for time dependent NOx/SOx processes

**Lithuania**  
Kaunas University of Technology  

- Performing eco-efficiency analysis of plasma technologies and producing reports
- Evaluation of the impact of plasma-based treatment technologies to the environment

Baltic Sea Region  
Project funded by the European Union (European Regional Development Fund)



glossary for environment protection

### Lithuania

**Lithuanian Energy Institute**  

- Creation of specific equipment and characterisation of deposited coatings
- Selection and identification of representative materials for plasma treatment
- Realisation of the plasma process for producing catalysts

**Vilnius Gediminas Technical University (VGTU)**  

- Emission inventories e.g. data from Lithuania on amounts of pollutants emitted into the atmosphere/water which can be treated by plasma-based applications
- Share and enforce the current expertise in NOx and SOx reduction in the BSR;
- Analyse the process of VOC removals and control it

### Poland

**Association of Polish Electrical Engineers, Szczecin Branch (SEP)**  

- Inform their members about the possibilities and chances of this technology
- Support for preparing investments together with other partners of PlasTEP
- Render assistance for the communication and information process

**Institute of Nuclear Chemistry and Technology (INCT)**  

- Laboratory research and theoretical studies (modelling) on VOC removal by electron beam flue gas treatment (EFBGT)
- Market studies on plasma technology applications in Poland
- Cooperation with other research groups to define application fields

### The Szewalski Institute of Fluid-Flow Machinery (IMP)

- Developing a plasma generation module for a water cleaning device
- Managing the combination of all modules into one device
- Controlling device tests and managing the preparation of reports
- Takes part in designing, manufacturing and testing of plasma filters.

### West Pomeranian University of Technology

- Performing studies considering NOx and SOx pollution sources
- Evaluation and prototype construction of:
  - 1. Plasma reactor supply system for a mobile VOC destruction pilot installation
  - 2. Mobile water quality improvement pilot floating device

### Sweden

**Uppsala University, The Ångström Laboratory**  

- Combination of the plasma filter with catalysts
- Research in the field of NOx/SOx and Hydrocarbon abatement process
- Development of a prototype for VOC reduction

Baltic Sea Region  
Project funded by the European Union (European Regional Development Fund)



glossary for environment protection

## PlasTEP projekto partneriai

doktorantas, 1 jaunesnysis mokslo darbuotojas, taip pat darbo patirtį turintis pagalbinis personalas – 3 inžinieriai ir 2 aukštos kvalifikacijos meistrai.

Nuo 2007 m. Plazminių technologijų laboratorija aktyviai dalyvauja Baltijos šalių Plazminių technologijų tinklo veikloje. Laboratorijos mokslinei ir technologinei produkcija 2012 m. pristatyta tarptautinėse (13 pranešimų) ir respublikinėse (3

pranešimai) konferencijose, paskelbt i 6 straipsniai leidiniuose, išrašytuose Mokslienės informacijos instituto (ISI) sąraše, 2 straipsniai mokslo populiarinimo leidiniuose.

**Dr. Vitas VALINČIUS**  
*Plazminių technologijų laboratorijos vadovas*  
 Tel. (8 37) 401 986  
 El. paštas [vitas@mail.lei.lt](mailto:vitas@mail.lei.lt)

# VANDENILIO ENERGETIKOS TECHNOLOGIJŲ CENTRAS

## PAGRINDINĖS CENTRO MOKSLINĖS VEIKLOS KRYPTYS:

- tyrimai vandenilio energetikos srityje:
  - vandenilio atskyrimo membranų sintezė ir savybių analizė;
  - vandenilio gavyba, panaudojant vandens reakcijas su metalų ir jų lydinių nanodalelėmis;
  - metalų ir jų lydinių hidridų, skirtų vandeniliui saugoti sintezė ir savybių analizė;
  - vandenilio kuro elementų anodu/elektrolytu/katodų sintezė, taikant fizikinius medžiagų nusodinimo metodus.

2012 m. baigtas valstybės subsidejomis finansuojamas projektas ***Nanokristalininių metalų hidridų, skirtų enerģijos saugojimui ir optiniams įrenginiams, sintezė bei savybių analizė***. Pagrindinės problemos, ribojančios metalo lydinių panaudojimą, yra susijusios su hidridinimo/dehidridinimo procesu. Šiuo metu plačiai naudojami metalo lydiniai, skirti vandeniliui saugoti, yra suformuojami naudojant chemines technologijas. Gautų lydinių hidridinimo proceso metu vandenilio slėgis siekia iki 10 MPa ir dehidridinimas vyksta 500 °C temperatūroje.

Šio darbo originalumas – surasti dar neištirtas magnio lydinių metastabilias būsenas, kuriose medžiaga efektyviai adsorbuoja/desorbuoja vandenilį. Tuo tikslu taikomos nepusiausvirinės fizikinės technologijos, kurių metu (*in*

*situ*) bus realizuota energetinė aktyvacija, besiformuojančios struktūros korpuskulinių dalelių srautais (fotonai, elektronai ir jonai), išgaunamais iš plazmos. Gautos medžiagos dėl struktūrių ypatumų (nanokristalinė ar amorfinė struktūra, defektų kiekie, tekstūra) pasižymi unikaliomis adsorbcinėmis/desorbcinėmis savybėmis ir yra realios kandidatės naujos kartos vandenilio saugojimo įtaisams kurti, panaudoti baterijose ir persijungiančiuose optiniuose veidrodžiuose.

Darbo metu atlikta daug eksperimentų, susijusių su Mg-Ti, Mg-Ti-H, Ni-Mg-Ti-H ir Mg-Al-H sinteze ir savybių analize. Sintezei buvo pritaikytas magnetroninio garinimo metodas, o gautų struktūrų hidrinimas atliktas naudojant dvi technologijas: pusiausvirinį hidrinimą aukštame slėgyje ir temperatūroje ir nepusiausvirinius hidrinimo procesus

žemos temperatūros plazmoje.

Sintezės metu gautas  $Mg_7TiH_{16}$  junginys, kuris plačiai naudojamas vandeniliui saugoti, optiniams prietaisams ir baterijoms. Taip pat parodyta, kad  $Mg_7TiH_{16}$  sintezės eksperimentuose Pt ir Pd galima pakeisti Ni katalizatoriais. Eksperimentų metu patvirtintas LEI patentuotos technologijos efektyvumas plazmoje aktyvuoto Mg hidrinimą vykdant aukštame vandenilio slėgyje ir temperatūroje. Parodyta, kad gaunamų hidridų savybėms daug įtakos turi padėkliukų, ant kurių gaunamos dangos, savybės (1 pav.).

2012 m., vykdant ES SF projektą ***Nacionalinio atviros prieigos ateities energetikos technologijų mokslo centro sukūrimas***, Lietuvos energetikos instituto (LEI) Vandenilio energetikos techno-

riant ir tiriant nanokristalines medžias, skirtas nešiojamiems, kosmoso ir transporto vandenilio energetikos įrenginiams ir sistemoms.

Bendradarbiaujant su Vytauto Didžiojo universiteto (VDU) Fizikos katedros ir Kauno technologijos universiteto Fizikos katedros dėstytojais ir studenčiais sukurtas Vandenilio energetikos centras sutelkia tyrimams būtiną įrangą, sudaro sąlygas dėstytojams naudoti modernias mokymo priemones, ruošti aukščiausios kvalifikacijos specialistus (apimant visas studijų pakopas), plėtoti konkurencingus tyrimus. Ne mažiau svarbus faktas, kad LEI tapo stipriu jaunuju mokslininkų traukos centrų.



*1 pav. Metalinių Mg-Ni dangų, užgarintų ant pirminių (a ir b) ir apdorotų nuolatinės srovės šaltiniu (c ir d) bei impulsiniu nuolatinės srovės šaltiniu (e ir f) generuota plazma, Si padėkiukų SEM nuotraukos. Papildomai a, b ir c SEM nuotraukose įterpti bandinių AJM profilių bei iš jų nustatyti šiurkštumo parametrai (analizė atliekama skirtingais metodais, todėl bandinio analizés vieta nesutampa)*

Nuo 2012 m. Mokslo, inovacijų ir technologijų agentūra finansuoja projektą **Lietuvos energetikos instituto, Vandenilio energetikos technologijų centre** sukurtų technologijų komer-

logijų centre nupirktas ir įdiegtas HITACHI S-3400N skenuojantis elektro-ninis mikroskopas (2 pav.). Tai aukščiausios klasės analitinis įrenginys, skirtas metalų hidridams, naudojamiems vandeniliui saugoti, ir oksidams, skirtiems vandenilio kuro elementų ir gavybos membranų paviršių ir skerspjūvių morfologijai, analizuoti. Prietaisais gali būti panaudotas tiek plonomis dangomis, tiek milteliniamis bandiniams analizuoti. Šiuo prietaisu gaunami rezultatai suteikia fundamentalią informaciją apie tiriamųjų bandinių paviršiaus/skerspjūvio struktūrą, morfologiją, paviršinių/tūriinių defektų buvimą ir struktūrą ir t. t. Šis prietaisas kompleksiškai su kitais Vandenilio energetikos technologijų centro prietaisais numatomas panaudoti, ku-



*2 pav. HITACHI S-3400N skenuojantis elektroninis mikroskopas*

**cionalizavimas** (2012-08-13 Nr. 31V-137). Šiuo tikslu centro darbuotojai įkūrė UAB *Inovatas*, kuri yra susieta su LEI purpurinės kompanijos (angl. *spin-off*) sutartimi. Šio projekto pagrindinis tikslas – komercializuoti vertingiausias technologijas, sukurtas VETC. Projekto metu būtų dirbama su trimis technologijomis:

Pirma technologija – *Metalų ir jų lydinių hidrinimo būdas* (LR patentas Nr. 5789; išduotas EPO paraiška Nr. 10478001.0, pateikta 2011-06-29). Projekto uždavinys susijęs su šia technologija – licencijuoti sukurtą technologiją. Siekiant pasiekti šį tikslą, projekto metu numatoma parengti potencialiems investuotojams skirtą tarptautinio lygmens galimybų studiją, kurioje atsispinketų pagrindiniai komercializuojamos technologijos privalumai ir iššūkiai. Projekto metu taip pat bus siekiama sukurti parodomajį įrenginį, kuriame būtų galima realiai vykdyti metalų hidrinimo eksperimentus, naudojant medžiagų kiekius, artimus realiems nešiojamų prietaisų poreikiams – taip pademonstruojant potencialiems investuotojams technologijos veikimo principus.

Antra technologija – *Vandenilio gavybos iš vandens būdas, panaudojant*

vandens sąveiką su plazmoje aktyvuotais metalų ar jų lydinių paviršiais

(LR patento paraiška Nr. 2012 026, pateikta 2012-04-03). Šios technologijos pagrindinė rinka – JAV automobilių pramonės gamintojai ir nestabilių atsinaujinančios energijos sistemų (vėjas, saulė) eksplatuotojai visame pasaulyje. Pagrindinis projekto uždavinys susijęs su antra technologija – parengti pardavimui nanomedžiagas, skirtas vandenilio gavybai, panaudojant rutulinio malimo ir fizikinio medžiagų nusodinimo technologijas, ir pristatyti šią vandenilio gavybos technologiją pagrindiniams JAV automobilių pramonės gamintojams ir rizikos kapitalo įmonėms.

Trečia technologija – dabar VETC kuriamos naujos kartos Ni-Zr-NB, Ni-Ti-Al, Ti-Al ir t. t. amorfines membranas skirtos vandenilio atskirti iš anglavanenilio (gamtinės dujos, biodujos, naftos produktai ir t. t.) ir alkoholių. Šios membranas yra gerokai pigesnės nei šiuo metu naudojamos Pt, Pd pagrindu kuriamos membranas. Pagrindinis projekto uždavinys susijęs su trečia technologija – išbaigtai panaudotas membranas, parengiant jas pardavimui, ir pristatyti sukurtais membranas galimiems vartotojams.



2012 m. aktyviai dalyvauja Tarptautinės energetikos agentūros vandenilio taikymo sutarties (IEA HIA) 22 grupės tyrimuose – **Fundamentinis ir taikomas medžiagų vandenilio saugojimui vystymas**. Šiame darbe metalų ir jų lydinių hidridų cheminis destabilizavimas atliekamas į medžiagą įtraukiant naujus elementus, kurie hidrido dekompozicijos metu formuoja tarpinius darinius, sistemių neleidžiant relaksuoti iki žemiausių energetinės būsenos, arba hidrinosi metu susiformuoja destabilizuotas hidridas.

2012 m. centro darbuotojai paskelbė 3 mokslinius straipsnius leidiuniuose, įrašytuose Mokslinės informacijos instituto (ISI) leidinių sąraše, ir perskaitė 9 pranešimus tarptautinėse konferencijose.

**Dr. Darius MILČIUS**  
Vandenilio energetikos technologijų centro vadovas  
Tel. (8 37) 401 909  
El. paštas [milcius@mail.lei.lt](mailto:milcius@mail.lei.lt)

# BRANDUOLINĖS INŽINERIJOS PROBLEMŲ LABORATORIJA

## PAGRINDINĖS LABORATORIJOS MOKSLINĖS VEIKLOS KRYPTYS:

- šiluminių procesų tyrimai energetinių įrenginių komponentuose;
- priverstinė ir mišri konvekcija; turbulentinis ir pereinamasis tekėjimo režimai; kanalo geometrijos, kintamų fizikinių savybių, šiurkštumo, nestacionarumo, išcentrinį jėgų įtaka;
- skaitinis šilumos mainų ir pernešimo procesų modeliavimas įvairiuose kanaluose bei geologinėse struktūrose;
- biokuro deginimo metu su dūmais išeinančių emisių mažinimas naudojant elektrostatinius filtrus; šilumos ir masės pernešimo tyrimai biokuru kūrenamų objektų įrengimuose;
- panaudoto branduolinio kuro tvarkymo sauga: kuro charakteristikų modeliavimas, saugojimo ir šalinimo įrenginių saugos bei poveikio aplinkai įvertinimas, norminė ir įstatyminė bazė;
- radioaktyviųjų atliekų tvarkymo sauga: strategija, apdorojimo technologinės įrangos bei saugojimo ir šalinimo įrenginių saugos ir poveikio aplinkai įvertinimas, norminė ir įstatyminė bazė;
- atominiių elektrinių eksploatavimo nutraukimo įvairių veiksnių vertinimas: ekspluatavimo nutraukimo ir išmontavimo planavimas bei išlaidos; teritorijos, statinių, sistemų ir įrangos radiologinis apibūdinimas; atskirų objektų saugos bei poveikio aplinkai įvertinimas; norminė ir įstatyminė bazė;
- gaisro saugos atominėse elektrinėse ir kituose svarbiuose objektuose įvertinimas;
- tyrimai, susiję su naujos atominės elektrinės statyba Lietuvoje.



ŠVIETIMO  
IR MOKSLO  
MINISTERIJA

Branduolinės inžinerijos problemų laboratorijos mokslininkai kartu su kitomis instituto laboratorijomis koordinuoja ir vykdo dvi, 2012 m. pradžioje Švietimo ir mokslo ministerijos patvirtintas, ilgalaikes mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros programas:

- **Vienfazių ir dvifazių srautų dinamikos, šilumos ir masės pernašos**

### *prosesų tyrimas* (2012–2016).

Programos tikslas – išplėtoti tyrimų metodus ir atlikti vienfazių ir dvifazių srautų struktūros, šilumos ir masės pernašos dėsningumų tyrimus, sprendžiant naujų šilumos energijos gamybos iš biokuro schemų efektyvumą, energijos ir masės srautų matavimo ir šilumos bei masės pernašos intensyvinimo uždavinius, pasireiškiant srautų nestacionarumams, pereinamiesiems tekėjimo režimams, fizinių savybių ir termogravitacijos jėgų poveikiui bei garo kondensacijos procesams.

- **Atominiių elektrinių eksploatavimo nutraukimo ir radioaktyviųjų atliekų bei panaudoto kuro tvarkymo procesų tyrimas ir radiacinio poveikio analizė** (2012–2016). Programos tikslas – taikant skaitinius ir eksperimentinių tyrimų metodus bei atsižvelgiant į Ignalinos AE ekspluatavimo nutraukimo procesų ypatumus, išanalizuoti ir įvertinti radiacinį poveikį žmonėms ir aplinkai tvarkant, saugojant ir šalinant radioaktyvias atliekas ir PBK.

## ŠILUMINIŲ PROCESŲ TYRIMAI ENERGETIKOS ĮRENGINIŲ KOMPONENTUOSE

Laboratorijoje yra vykdomi šilumos mainų ir hidrodinamikos tyrimai jvairios paskirties energetikos įrenginiuose (branduolinių reaktorių, jvairių šilumokaičių elementuose ir kt.). Tiek laminarinio, tiek turbulentinio tekėjimo atvejais daugelyje energetikos įrenginių šilumos mainams gali turėti įtakos paviršiaus šiurkštumas, išcentrinių bei termogravitacijos jėgų (mišrios konvekcijos) po-veikis, kuris tam tikromis sąlygomis galiapti avarijų jvairiuose įrengimuose priežastimi. Todėl, siekiant nuodugniai ištirti šią problemą, laboratorijoje vykdomi eksperimentiniai mišrios konvekcijos moksliniai tyrimai jvairiuose kanaluose. Lygiagrečiai vykdomi ir skaitiniai tyrimai, pasitelkiant programinį paketą ANSYS CFD (ANSYS, JAV), kuris plačiai taikomas visame pasaulyje, modeliuojant takuijų medžiagų judėjimą ir šilumos mainus sudētingose dvimatėse arba trimatėse sistemose. Taikyti jvairūs laminarinio, pereinamojo ir turbulentinio pernešimo modeliai. Be to, analizuojant Ignalinos AE panaudoto branduolinio kuro šalinimo galimybes, šilumos nuvedimo skaitiniai tyrimai vykdomi ir geologinėse struktūrose.

2012 m. buvo tesiama mišrios konvekcijos šilumos mainų ir tékmės struktūros skaitiniai tyrimai plokščiame kanale pereinamojo tekėjimo zonoje, naudojant ANSYS CFD kompiuterinę programą. Gauti šilumos mainų ir tékmės hidrodinamikos rezultatai praplečia suvokimą apie laminarinio tekėjimo perėjimą į turbulentinį, veikiant termogravitacijos jėgomis.

Išsvyčiusios šalys daug dėmesio skiria jvairių energetikos objektų aplinkai daromam žalingam poveikiui mažinti. Taršos mažinimas yra itin aktualus deginant kietajį kurą. Vienas taršos mažinimo būdų yra elektrostatinio filtro

panaudojimas. Tai efektyvi kietųjų dalelių (ypač smulkių, kurių nesugeba sugaudyti kiti (pvz., cikloniniai) filtri) emisijų valymo priemonė. Siekiant sumažinti aplinkos taršą pramoniniuose ir energetiniuose įrenginiuose, naudojami elektrostatiniai filtri, kurie nusodina degimo produkto kietasias daleles. Šie filtri dažniausiai yra naudojami vidutinės ar didelės galios elektrinėse, kai deginamos anglys ar panašus kuras. Elektrostatiniai filtri taip pat yra aktualūs specifinėse pramonės įmonėse (cemento gamyboje, atliekų deginimo elektrinėse ir t. t.), kuriose produkto gamybos metu su dūmais išmetamos kenksmingos medžiagos. Atsižvelgiant į deginamo biokuro rūšį, su dūmais išmetamos skirtingu dydžių dalelės bei keičiasi dūmų sudėtis, dėl to pasikeičia elektrostatinių filtri veikimas (efektyvumas). Išsamiai ištýrus šiuos veiksnius galima išspręsti aktualias technologijų tobulinimo Lietuvos energetikoje problemas. 2012 m. laboratorijos specialistai pagal Lietuvos mokslo tarybos nacionalinę mokslo programos **Ateities energetika** finansuojamą projektą **Vietinio kuro terminio skaidymo procesų tyrimas kuriant efektyvius ir ekologiškas technologijas** (2012–2014) kartu su kitomis instituto laboratorijomis vykdo šiuos tyrimus. 2012 m.



Lietuvos  
mokslo  
taryba

atlikta biokuro degimo produktų valymo tyrimo mokslinių ir praktinių poreikių sričių analizė siekiant nustatyti tyrimų sritis ir plėtros galimybes. Taip pat laboratorijoje suprojektuotas stendas tokiams tyrimams atligli.



2012 m. laboratorija dalyvaudama atviros prieigos mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros (MTEP) centro **Santakos slénis** projekto veikloje įsigijo LDA ir PIV įrangą, skirtą tyrinéti srauto struktūrą dujose ir skysčiuose placiose greičių kitimo ribose. Ši įranga gali matuoti tekėjimo greičius ir pulsacijas, sūkurių sukimosi dažnus, juos vizualizuoti ir t. t. Taip pat laboratorija gavo skystujų kristalų termografijos įrangą, leidžiančią nuotoliniu neinvaziniu būdu matuoti jvairių objektų temperatūrą bei atskirų tiriamo objekto vaizdo dalijų temperatūros kitimą.



Lietuvos energetikos instituto Atvirų durų dieną v. m. d. dr. R. Poškas supažindina studentus su laboratorijos veikla (2012 m. spalio 10 d., LEI)



*Irangos gamintojo atstovas atlieka mokymus darbui su iranga įsigyta vykdant Santakos slėnio projektą (2012 m. vasario 2 d., LEI)*

## PANAUDOTO BRANDUOLINIO KURO TVARKYMO SAUGA

Ignalinos AE nusprendus panau-dotą branduolinį kurą (PBK) saugoti sausojo tipo CASTOR ir CONSTOR konteineriuose, laboratorijos specialistai jau 1997 m. pradėjo vykdyti tyrimus, susijusius su PBK tvarkymu, saugojimo bei šalinimo kompleksų saugos vertinimu. Konteineriams su PBK įprasto eksploratyvimo ir avarinėmis sąlygomis atlikti nuklidų aktyvumo kitimo saugojimo laikotarpiu, kritiškumo bei radiacijos dozių ant konteinerių paviršiaus ir apibrėžtu atstumu nuo jo bei temperatūros laukų įvertinimai.

Vykstant PBK šalinimo Lietuvoje tyrimus, Švedijos ekspertų konsultuo-jami laboratorijos specialistai pasiūlė giluminio geologinio atliekyno panau-dotam branduoliniam kurui ir ilgaam-žėms vidutinio aktyvumo atliekoms molio aplinkoje bei kristalinėse uolienose įrengimo Lietuvoje koncepcijas, kurios nuolat tikslinamos ir optimizuo-jamos atsižvelgiant į tarptautinę patirtį ir konkrečios atliekyno vietas fizikines, chemines, šilumines bei mechanines savybes. Analizuojant PBK šalinimo Lietuvoje galimybes, atliktas geologinio

atliekyno įrengimo išlaidų įvertinimas bei pradėtas bendrasis atliekyno saugos vertinimas.

2012 m. vykdant biudžeto subsidi-jomis finansuojamą mokslinį darbą **Tiki-mybinis radiaciniu poveikiu neapibrėžtumo vertinimas, atliekant AE įrenginių išmontavimo ir radioaktyviųjų atliekų tvarkymo analizę** (2010–2012) buvo atliktas radionuklidų sklaidos iš gilumi-

nio PBK atliekyno vertinimas, t. y. buvo analizuojamas radionuklidų pernašos šalinimo konteinerio su defektu siene-lėje scenarijus. Šalinimo konteineris, turintis nedidelį defektą (nesandarumą) sienelėje, po patikros taikant neardančios kontrolės metodus gali būti patalpin-tas atliekyne. Modeliuojama radionuklidų pernaša iš šalinimo konteinerio per sienelėje esantį defektą. Iš konteinerio pasklidę radionuklidai sklinda bentonito sluoksniu (inžineriniais barjerais) ir difunduoja į požeminį vandenį, kuris teka su patalpinimo tuneliu besiribojančiu plyšiu kristalinėse uolienose.

Vykstant tyrimus sukurtas radio-nuklidų sklaidos iš RBMK-1500 PBK giluminio atliekyno modelis ir siekiama įvertinti su konteinerio sienelės defekto padidėjimu susijusio neapibrėžtumo įtaką atskirų radionuklidų pernašai iš konteinerio. Darbe buvo išnagrinėta konteinerio defekto padidėjimo laiko ir kitų sklaidos parametru neapibrėžtumo įtaka ilgaamžių radionuklidų  $^{129}\text{I}$  ir  $^{226}\text{Ra}$  pernašos (vidutinės, maksimalios) ver-tinimo rezultatams. Taip pat atlikta tiek laike kintančio, tiek maksimalaus radio-



*Dr. A. Narkūnienė TATENA mokymo kursuose radioaktyviųjų atliekų atliekynų ilgalaike-s saugos vertinimo klausimais, susijusiais su rezultatų neapibrėžtumo vertinimu (2012 m. birželio 16–23 d., Portugalija)*



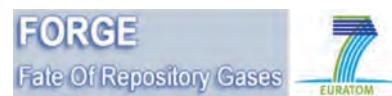
Doktorantas D. Justinavičius su kitų šalių atstovais eksperimentiniame tyrimų tunelyje molingoje aplinkoje (TATENA mokymo kursai, 2012 m. rugėjo 9–16 d. Tournemire, Prancūzija)

nuklidų srauto jautrumo analizė, nustatyti didžiausią įtaką turintys parametrai pasirinktais laiko momentais.

Atlikus tikimybinį radionuklidų sklaidos vertinimą nustatyta, kad optimizuojant radionuklido  $^{129}\text{I}$  pernašos inžineriniai barjerais analizę, tikslinga tolesnius tyrimus orientuoti į parametrų, nusakančių difuziją bentonite, iškart išsiskiriančios taršos dalį bei PBK matricos irimo greitį, o  $^{226}\text{Ra}$  atveju – į PBK matricos irimo greičio, sorbcijos bentonite koeficiente bei požeminio vandens ekvivalentinio srauto dydžio tikslinimą. Taip pat nustatyta, kad defekto padidėjimo laiko neapibrėžtumas ilgaamžių radionuklidų  $^{129}\text{I}$  bei  $^{226}\text{Ra}$  maksimaliam srautui už atliekyno inžinerinių barjerų reikšmingos įtakos neturi, tačiau yra reikšmingas  $^{129}\text{I}$  vidutinio srauto atžvilgiu.

Taip pat buvo tesiama kompleksiniai šilumos sklaidos bei mechaninių procesų įtakos tyrimai nevisiškai vandeniu prisintuose atliekyno inžineriniuose ir gamtiniuose barjeroose. Skaitiniams tyrimams taikyta COMPASS (GRC, Jungtinė Karalystė) kompiuterinė programa. Radionuklidų sklaidai vertinti taiky-

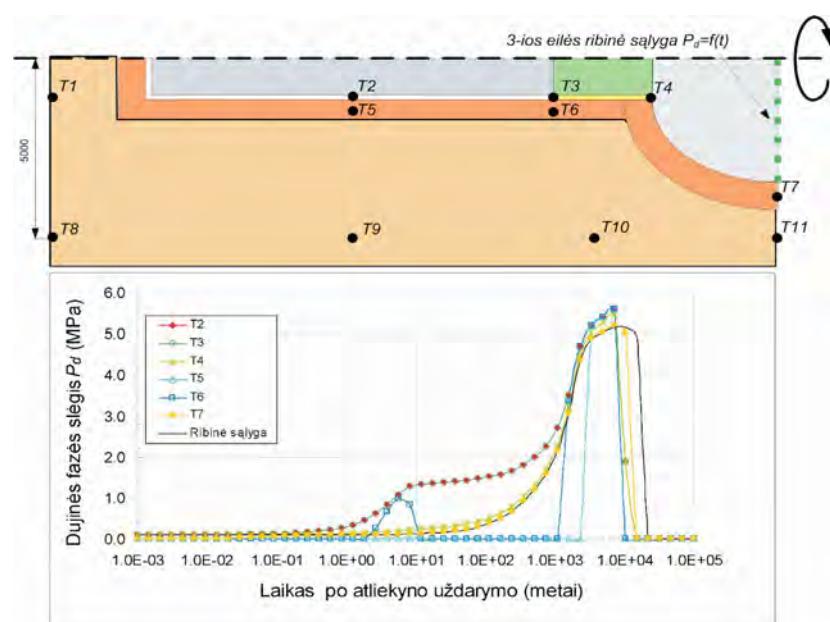
tos AMBER (Quintessa, Jungtinė Karalystė), PETRASIM (JAV), COMPULINK, CHAN3D, PREBAT-BATEMAN (SKB, Švedija) kompiuterinės programos.



2012 m. buvo tesiama dujų sklaidos iš giluminio PBK atliekyno tyrimai. Dujos

atliekyne susidarys dėl plieninių inžinerinių komponentų ir šalinimo konteinerių korozijos, o jų kiekis priklausys nuo laidojamų atliekų tipo bei pasirinktos atliekyno koncepcijos. Laboratorijs specialistai šiuos tyrimus atliko biudžeto subsidijomis finansuotame mokslo tiriamajame darbe bei kartu su 23 partneriais iš 10 Europos Sąjungos šalių įgyvendina 7-osios bendrosios programos (7BP) finansuojamame projekte **Geologiniuose PBK/RA atliekynuose susidarančių dujų elgsena (FORGE)** (2009–2013). Buvo sukurtas dujų sklaidos modelis viename iš didelio aktyvumo atliekų talpinimo tunelių ir atliktas skatinis vertinimas kompiuterine programa PETRASIM (JAV). Nustatyotos atliekyno saugos atžvilgiu svarbių parametru – maksimalaus dujų slėgio ir pernešamų dujų (iš radioaktyviųjų atliekų talpinimo tunelio į transportavimo tunelį) kieko vertės. 2012 m. atlikta šių rezultatų jautrumo analizė – įvertinta, kurie veiksnių lemia jų padidėjimą ar sumažėjimą. Gauti rezultatai koreliuoja su projekto partnerių modeliavimo rezultatais.

2012 m. laboratorijs kartu su GNS – NUKEM Technologies GmbH



Dujinės fazės slėgio  $P_d$  kaita didelio aktyvumo atliekų giluminiaiame atliekynė

(Vokietija) konsorciumu toliau vykdė didelės apimties *Laikinosios sausojo tipo saugyklos, skirtos RBMK panaudoto branduolinio kuro rinklių iš Ignalinos AE 1 ir 2 blokų saugojimui, projektavimas bei įrengimas* (2005–2013) projektą, kuriame analizuojami visi naujos saugyklos projektavimo, statybos, montavimo, perdavimo ir priėmimo eksplloatuoti, eksplloatavimo ir eksplloatavimo nutraukimo veiksmai, taip pat vykdomi visi būtini darbai, susiję su PBK išémimu, supakavimu, sandarinimu, pervežimu ir tinkamos įrangos pasirinktam projektiniams sprendimui įvykdinti eksplloatavimui. Saugykloje planuojama patalpinti per 200 naujo CONSTOR tipo konteinerių su sveiku ir pažeistu PBK.

Laboratorijos specialistai rengia šios PBK saugyklos (eksplloatavimo laikas ne mažiau kaip 50 m.) poveikio aplinkai vertinimo ir saugos analizés ataskaitas bei teikia paramą licencijuojant saugykłą. 2007 m. suderinta ir patvirtinta Aplinkos ministerijoje *Poveikio aplinkai vertinimo ataskaita*. 2009 m. parengta bei suderinta *Preliminari saugos analizés ataskaita* (PSAA), ir VATESI išdavė licenciją statyti saugykłą. 2010–2011 m. buvo rengiamas PSAA priedas, kuriame vertinti pažeistų RBMK-1500 branduolinio kuro rinklių tvarkymo bei saugojimo saugos aspektai.

## RADIOAKTYVIJŲ ATLIEKŲ TVARKYMO SAUGA

Nuo 1994 m. laboratorija aktyviai dalyvauja analizuojant Ignalinos AE radioaktyviųjų atliekų tvarkymo problemas. Laboratorijos ekspertai drauge su kompanija SKB International (Švedija) vykdė keletą projektų, kuriuose įvertinta jau esamų Ignalinos AE radioaktyviųjų atliekų saugykłų sauga bei galimybės jas transformuoti į atliekynus. Kartu su Prancūzijos kompanijomis Thales Engineering and Consulting ir ANDRA bei Fizikos institutu laboratorija vykdė

PHARE projektą – *Maišagalos kapinyno saugos įvertinimas ir gerinimas*, kuriamo dalyvavo rengiant Saugos analizés ataskaitą, sukūrė duomenų bazę apie radioaktyviųjų atliekas, patalpintas Maišagalos atliekyne, bei atliko išsamią radionuklidinės sudėties analizę. Kartu su Framatome ANP GmbH (Vokietija) laboratorija dalyvavo atliekant Ignalinos AE cementavimo įrenginio ir laikinosios sukietintų radioaktyviųjų atliekų saugyklos poveikio aplinkai ir saugos vertinimus. Laboratorija nuolat dalyvauja TATENA koordinuojamose tyrimų programose.

Pastaraisiais metais daug dėmesio skirta vykdant statybos vietos paiešką naujajam paviršiniams radioaktyviųjų atliekų atliekynui Lietuvoje bei moksliniams tyrimams, susijusiems su radionuklidų sklaida iš radioaktyviųjų atliekų atliekynų ir jų įtaka saugai. Švedijos ekspertų konsultuojami, laboratorijos mokslininkai nustatė kriterijus paviršinio atliekyno vietai parinkti, tobulinta paviršinio atliekyno projekto koncepciją, parengta įgyvendinimo programa. Išanalizuota heterogeniško (netolygaus) atliekų aktyvumo pasiskirstymo įtaka radionuklidų sklaidai iš modelinio paviršinio atliekyno. Tyrimams taikyti DUST (BNL, JAV), GENII (PNNL, JAV), GWScreen (INEEL, JAV), AMBER (Quintessa, Jungtinė Karalystė) kompiuterinės programos. 2006–2009 m. laboratorijos specialistai vykdė projektą – *Ignalinos AE bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos (158 statinio) pertvarkymas į kapinyną*. Parengtas planuojamo atliekyno ilgalaikės saugos įvertinimas, kuriame vadovautasi galimais saugyklos statinio pertvarkymo į atliekyną inžineriniais sprendimais, šalinimo sistemos komponentų, t. y. radioaktyviųjų atliekų, saugyklos statinio ir planuojamų virš jo įrengti inžinerinių barjerų bei aikštelės aplinkos charakteristikomis.

2012 m. laboratorija kartu su NUKEM Technologies GmbH (Vokietija) toliau vykdė projektą – *Ignalinos AE naujas kietujų atliekų tvarkymo ir saugojimo kompleksas* (2006–2013). Kompleksas skirtas išimti, rūšiuoti, transportuoti, apdoroti (pagal numatytas technologijas), supakuoti, charakterizuoti ir saugoti kietasias radioaktyviųjų atliekas. Visą kompleksą sudarys keli kompleksai, išsidėstę dvejose vietose: kietujų atliekų išémimo kompleksas prie Ignalinos AE esamų kietujų atliekų saugyklių ir naujas kietujų atliekų tvarkymo ir ilgaamžių bei trumpamžių radioaktyviųjų atliekų saugojimo atskirose saugyklose kompleksas.

Laboratorijos specialistai rengia šio komplekso poveikio aplinkai vertinimo bei saugos analizés ataskaitas. 2008 m. buvo suderinta ir patvirtinta Aplinkos ministerijoje *Poveikio aplinkai vertinimo ataskaita*. Taip pat parengtos dvi preliminarios saugos analizés ataskaitos (PSAA): *Ignalinos AE naujas kietujų atliekų apdorojimo ir saugojimo kompleksas bei Ignalinos AE naujas kietujų atliekų išémimo kompleksas*. Pirmoji PSAA patvirtinta 2009 m., ir VATESI išdavė licenciją statyti saugojimo kompleksą. 2009 m. naujai parengtos dar dvi PSAA *Ignalinos AE naujojo kietujų atliekų išémimo komplekso 1 ir 2-3 moduliams*. 2010 m. abi PSAA pateiktos atsakingoms institucijoms peržiūrėti. Pirmoji PSAA jau atnaujinta vadovaujantis institucijų pastabomis ir 2010 m. pabaigoje buvo patvirtinta VATESI, o 2011 m. viduryje gautas leidimas statyti šį kompleksą. 2011–2012 m. buvo atnaujinama antroji PSAA atsižvelgiant į institucijų pastabas.

2012 m. laboratorija lietuviško konsorciumo sudėtyje (UAB Specialus montažas-NTP – LEI – AB Pramprojektas – UAB Vil stata) tėsė *Laba maižo aktyvumo radioaktyviųjų atliekų kapinyno (Landfill) įrengimas* (2008–2012)



Irengtoje Landfill atliekyno buferinėje saugykloje atliekami „karšti“ konteinerių bandymai

projektą. *Landfill* atliekynas, skirtas Ignalinos AE eksplotavimo ir eksploatavimo nutraukimo metu susidariusioms trumpaamžėms labai mažo aktyvumo atliekoms laidoti. Visą *Landfill* kompleksą sudarys trys šalinimo moduliai ir buferinė saugykla, kurioje bus kaupiamos atliekos iki jų pašalinimo. Laboratorijos specialistai parengė planuoojamas ūkinės veiklos *Poveikio aplinkai vertinimo* ataskaitą (patvirtinta Aplinkos ministerijoje 2009 m.) bei dvi PSAA: *Landfill kapinyno buferinei saugykli* (patvirtinta VATESI 2009 m.) ir *Landfill kapinyno laidojimo moduliams* (suderinta VATESI 2010 m.). Parengtas *Landfill kapinyno buferinės saugyklos bendrujų duomenų sąvadas* (patvirtinta Europos Komisijos 2010 m.). 2011 m. parengtas *Landfill kapinyno laidojimo modulių bendrujų duomenų sąvadas*, kuris pateiktas Europos Komisijai. 2012 m. parengti trijų tipų radioaktyviųjų pakuočių, numatyti galutiniam šalinimui labai mažo aktyvumo radioaktyviųjų atliekų atliekyne, aprašai: *supresuotoms atliekoms, nepresuojamoms atliekoms* bei *panaudotoms jonitinėms dervoms*. Aprašai suderinti su RATA ir VATESI. Taip pat laboratorijos specialistai parengė galutinę saugos analizės ataskaitą (GSAA) *Landfill kapinyno buferinei saugykli*. GSAA pateikta derinti su VATESI.

2012 m. laboratorija kartu su partneriais iš Prancūzijos kompanijų AREVA TA ir ANDRA bei partneriais iš Lietuvos UAB *Specialus montažas-NTP* bei AB *Pramprojektas* tėsė ***Mažo ir vidutinio aktyvumo trumpaamžių radioaktyviųjų atliekų paviršinis kapinynas (projektavimas)*** (2009–2013) projektą. Atliekynas skirtas Ignalinos AE eksplotavimo ir eksploatavimo nutraukimo metu susidariusioms trumpaamžėms mažo ir vidutinio aktyvumo atliekoms laidoti. 2010–2011 m. buvo paruoštos ir Užsakovui pateiktos bei patvirtintos projektinių sprendimų, atliekų aprašo bei galutinio aikštelės patvirtinimo ataskaitos, kurias ruošiant prisdėjo laboratorijos specialistai. 2012 m. paruošta ir

pateikta Užsakovui ***Mažo ir vidutinio aktyvumo trumpaamžių radioaktyviųjų atliekų paviršinio atliekyno eskizinio*** projekto ataskaita. Šiai ataskaitai laboratorijos specialistai paruošė keturis skyrius: atliekų apibūdinimas, ilgalaikės saugos įvertinimas, atliekų priimtinumo ir atliekų pakuočių aprašymas bei aplinkos stebėsenos ir priežūros bendra apžvalga. Taip pat 2012 m. pradėti vykdyti techninio projekto rengimo darbai, kurių metu laboratorijos specialistai įvertins ilgalaikę planuojamo atliekyno saugą bei paruoš išankstinės saugos analizės ataskaitos skyrius. 2013 m. taip pat numatyta aplinkos stebėsenos programos paruošimas ir suderinimas su atsakingomis valstybės institucijomis.



Dr. R. Kilda ir dr. V. Ragaišis susitikime su partneriais AREVA būstinėje (2012 m. lapkričio 14 d., Prancūzija)

Tęsdami ankstesnius radioaktyviosios taršos sklaidos iš paviršinio radioaktyviųjų atliekų atliekyno mokslinius tyrimus 2012 m. laboratorijos mokslininkai anksčiau minėto biudžeto subsdijomis finansuojamo mokslo tiriamojo darbo metu kompleksiškai įvertino parametru neapibrėžtumo įtaką atskirų radio-nuklidų sklaidos iš paviršinio atliekyno modeliavimo rezultatams taikant tikimybinius vertinimo metodus. Atlikta parametru jautrumo analizė ir nustatyti reikšmingiausi parametrai radiaciniu poveikiu neapibrėžtumui.



2012 m. vykdant Europos Sajungos 7-osios bendrosios programos (7BP) finansuojamą projektą ***Apšvitintų grafito ir kitų anglies atliekų apdorojimas ir šalinimas (CARBOWASTE)*** (2008–2013) buvo tesiama skaitiniai tyrimai, susiję su RBMK-1500 reaktoriaus konstrukcinių medžiagų, o būtent – apšvitinto grafito, radiologiniu charakterizavimu. Grafito aktyvacijos tyrimų srityje buvo atnaujinti ir susisteminti literatūros duomenys apie galimas pradines priemaišas (ir jų kiekius) RBMK reaktorių grafitę, vadovaujantis patikslinta galima pagrindinių radionuklidų aktyvumo reikšmių sklaida, atsižvelgiant į pradinį priemaišų kiekį. Tyrimai atlikti tiek deterministiškai, tiek tikimybiškai, įvertinant galimą priemaišų koncentracijų kitimo intervalą, bei nustatant priemaišas, labiausiai lemiančias atskirų radionuklidų susidarymą. Pagal gautos radionuklidų aktyvumų matavimų rezultatus buvo atnaujintas ir sukurtų modelių kalibravimas. šiemis skaitiniams tyrimams ir toliau taikytos MCNP (LANL, JAV) ir ORIGEN-S (iš SCALE kompiuterinių

programų sistemos) (ORNL, JAV) kompiuterinės programos.

2012 m. ***CARBOWASTE*** projekte toliau buvo vykdomi RBMK-1500 reaktoriaus grafito galutinio šalinimo atliekyne galimybių tyrimai. Sukurti atliekyno aplinkos modeliai realizuoti kompiuterine programa AMBER (Quintessa, Jungtinė Karalystė). Radionuklidų pernašos analizė atlikta atsižvelgiant į šiame projekte atliktų tyrimų rezultatus, o siekiant nustatyti atliekų apdorojimo ir galutinio šalinimo ryšį, buvo nagrinėjamas radionuklidų išsiskyrimo greičio ir maksimalaus radionuklidų srauto už atliekyno inžinerinių barjerų ryšys. Analizės metu buvo atsižvelgiama į galimą skirtinį inžinerinių barjerų funkcinavimą ir sukurti skaitiniai radionuklidų sklaidos modeliai, kai konteineryje talpinamos tik grafito atliekos ir sucementuotos grafito atliekos, taip įvertinant imobilizavimo cemento medžiagoje įtaką. Tolesni pernašai gamtinėje aplinkoje įvertinti buvo sukurti skaitiniai modeliai kompiuterinės programos TOUGH2 (LBNL, JAV) aplinkoje ir įvertinta gamtinėjų barjerų įtaka radionuklidų pernašai.

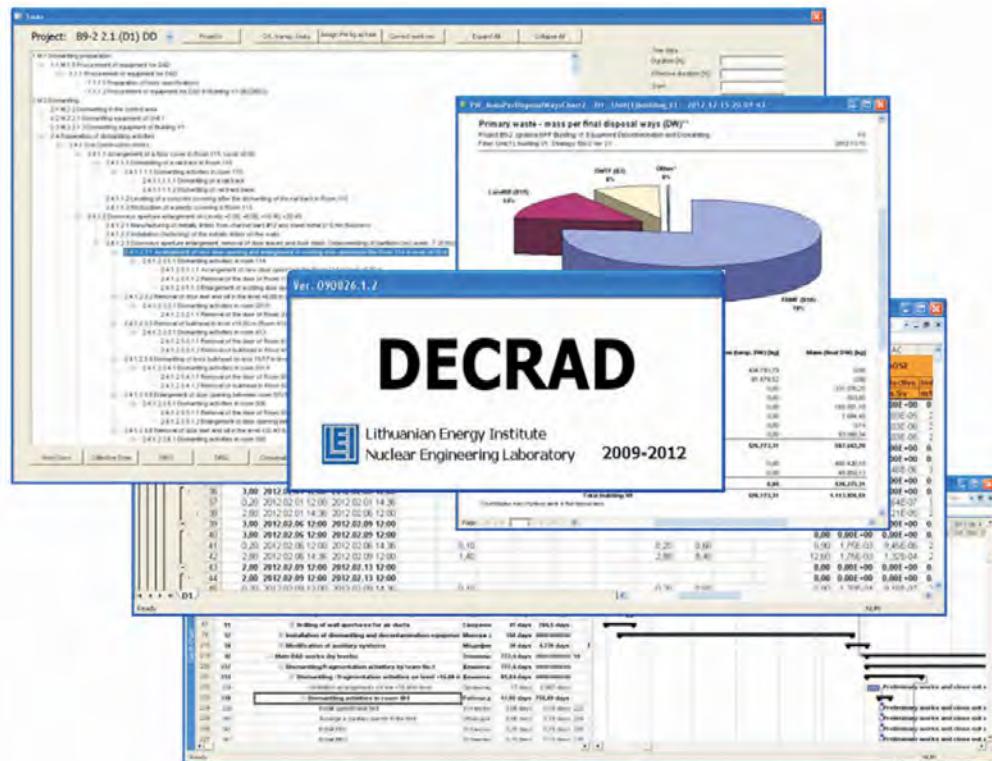
## ATOMINIŲ ELEKTRINIŲ EKSPLOATAVIMO NUTRAUKIMO ĮVAIRIŲ VEIKSNIŲ ĮVERTINIMAS

Laboratorijos specialistai aktyviai dalyvauja Ignalinos AE įrangos deaktyvacijos ir išmontavimo projektuose. LEI, būdamas konsorciumo Babcock (buvusi VT Nuclear Services Ltd.) (Jungtinė Karalystė) – LEI – NUKEM Technologies GmbH (Vokietija) partneriu, vykdė ***IAE 117/1 pastato įrenginių deaktyvacija ir išmontavimas*** (2007–2010) projektą. 2009 m. buvo laboratorijos specialistų paruošta ir su institucijomis suderinta ***Poveikio aplinkai vertinimo ataskaita***, 2010 m. parengtas ***Atliekų šalinimo bendrujų duomenų*** savadas. Laboratorijos

specialistai dalyvavo rengiant ***Darbo projektą***, kuris 2010 m. suderintas ir perduotas Užsakovui, bei ***Technologinių projektų ir Saugos pagrindimą***, kurie buvo suderinti su institucijomis. Laboratorijos mokslininkai išanalizavo 117/1 pastate esančią įrangą, susidarancius atliekų kiekius bei jų charakteristikas ir atliko ekonominį planuojamų vykdyti išmontavimo ir dezaktyvavimo darbų vertinimą. Ignalinos AE pagal parengtą dokumentaciją 2010 m. gruodžio 1 d. pradėjo 117/1 pastate esančių įrenginių išmontavimo ir deaktyvavimo darbus, kurie buvo baigti 2011 m. spalį.

2012 m. užbaigtas konsorciumo Babcock (Jungtinė Karalystė) – LEI – NUKEM Technologies GmbH (Vokietija) ***IAE V1 pastato įrenginių deaktyvacija ir išmontavimas*** (2009–2012) projektas. 2010 m. laboratorijos specialistai baigė rengti ***Atliekų šalinimo bendrujų duomenų*** savadą. 2011 m. laboratorijos specialistai parengė ir suderino su Aplinkos ministerija ***Poveikio aplinkai vertinimo ataskaitą***. 2012 m. suderinti su institucijomis ***Technologinis projektas*** bei ***Saugos pagrindimas*** bei Užsakovui pateiktas ***Darbo projektas***. 2012 m. Ignalinos AE darbuotojai pradėjo V1 pastato įrangos išmontavimo ir deaktyvavimo darbus.

2009 m. laboratorijos specialistai sukūrė DECRAD kompiuterinę programą, kuri skirta atominių elektrinių išmontavimo ir dezaktyvavimo darbams įvertinti, taip pat sąnaudoms, išlaidoms, darbo jėgos poreikiui planuoti, darbuotojų gaunamoms apšvitos dozems apskaičiuoti, radioaktyviųjų atliekų šalinimui planuoti ir kitims parametrams, susijusiems su eksplotavimo nutraukimu, vertinti. Ši programa gali būti taikoma įvairių atominių elektrinių bei atskirų pastatų ar blokų eksplotavimo nutraukimo darbams planuoti bei analizuoti.



DECRAD programos vaizdas

2012 m. buvo toliau tobulinama DECRAD kompiuterinė programa. Programa buvo atlikti vertinimai vykdant projektą **IAE V1 pastato įrenginių deaktyvacija ir išmontavimas** (2009–2012).

2012 m. vykdant **CARBOWASTE** projektą susipažinta su daugiakriterinių sprendimų analizės (angl. *Multi-Criteria Decision Analysis*) metodika. AHP metodas (angl. *Analytic Hierarchy Process*) nustatytas tinkamiausiu metodu branduolinių įrenginių išmontavimo strategijoms parinkti. Buvo sudarytos branduolinių įrenginių išmontavimo strategijos, o strategijoms palyginti suformuluotas kokybinių ir kiekybinių kriterijų sąrašas, susidedantis iš aukštesnio lygio kriterijų (atliekų srautų, išlaidų, trukmės, saugumo, technologinių, aplinkosaugos ir socialinių) ir žemesnio lygio kriterijų. Pirminiai duomenys apdoroti bei kiekybinių kriterijų reikšmės skirtingoms išmontavimo strategijoms

jvertintos naudojant laboratorijoje sukurta kompiuterinę programą DECRAD. AHP metodu atlikta išmontavimo strategijų analizė ir gauti strategijų rangavimo rezultatai. Šie tyrimai išplėsti jau minėto biudžeto subsidijomis finansuojamo mokslo tiriamojo darbo metu, kai buvo atliktas alternatyvų rangavimo savykinių svorių neapibrėžtumo tikimybinis įvertinimas (vertinant kiekybinių kriterijų neapibrėžtumą) bei alternatyvų rangavimo savykinių svorių jautrumo analizė.

Vykstant Ignalinos AE eksplotavimo nutraukimą, vieni svarbiausių uždavinių yra saugus įrengimų išmontavimas. Todėl 2012 m. biudžeto subsidijomis finansuojamo mokslo tiriamojo darbo metu buvo atliktas darbuotojų, išmontuojančių Ignalinos AE reaktoriaus avarinio aušinimo sistemos vamzdynus, tikimybinis radiacino poveikio neapibrėžtumo vertinimas bei parametrujų jautrumo analizė. Buvo analizuojamos dvi

vamzdynų išmontavimo alternatyvos, įvertintas kvėpavimo takų apsaugos priemonių efektyvumas ir jų įtaka bendrai pjovėjo efektinei dozei. Vertinant pjovėjo tiesioginę efektinę dozę nuo radioaktyvios jėrangos buvo panaudota kompiuterinė programa VISIPLAN (Belgija).

2012 m. LEI Branduolinės inžinerijos problemų laboratorija, būdama tarptautinio konsorciumo (UAB *Specialus montażas-NTP* – FTMC – LEI – ATP (Bulgarija) – INRNE (Bulgarija) – VNIIAES (Rusija)) partnere, pradėjo vykdyti **Kozloduy AE 1–4 blokų sukauptų medžiagų įvertinimas ir radiologinis inventoriavimas** projektą. Šis projektas yra skirtas Kozlodujaus (Bulgarija) AE 1–4 reaktorių (VVER) blokus amančių pastatų, patalpų, jėrangos, teritorijos ir radioaktyviųjų atliekų radiologiniam charakterizavimui bei radioaktyviųjų ir pavojingų medžiagų kiekiui nustatyti. 2012 m. laboratorijos specialistai sukūrė duomenų bazę projekto



G. Poškas ir dr. A. Šimonis dalyvavo tarptautinėje konferencijoje ICRS-12 (2012 m. rugsėjo 2–7 d., Nara, Japonija)

rezultatams saugoti bei suteikė techninę pagalbą konsorciumo partneriams.

Nuo 2002 m. laboratorija atlieka gaisro saugos atominėse elektrinėse ir kituose svarbiuose objektuose vertinius. Laboratorijos specialistai, konsultuojami Švedijos ekspertų, įvertino IAE 1-ojo ir 2-ojo blokų gaisro saugą. Taip pat įvertinta kai kurių atnaujintų pakelės paskirties IAE patalpų bei naujajų projektuojamų IAE panaudoto branduolinio kuro ir radioaktyviųjų atliekų saugyklių gaisro sauga, vertintas išorinio gaisro poveikis IAE naujajam kietujų atliekų apdorojimo ir saugojimo kompleksui bei komplekso vidinio gaisro rizikos analizė pavojingiausiose gaisro atveju patalpose. 2009 m. vertintas gaisro poveikis, atliekant IAE 117/1 pastato išmontavimo ir deaktyvavimo darbus, taip pat įvertinta naujai projektuojamo *Landfill* atliekyno buferinės saugyklos ir šalinimo modulių gaisro sauga. 2010 m. vertintas gaisro poveikis, atliekant IAE V1 bloko išmontavimo ir dezaktyvavimo

darbus. 2012 m. ***Labai mažo aktyvumo radioaktyviųjų atliekų kapinyno (Landfill) įrengimas*** (2008–2012) projekte buvo atnaujinta B19 komplekso gaisro pavojaus analizės ataskaita, vadovaujantis detalaus projekto dokumentacija. Ši ataskaita 2012 m. buvo patvirtinta institucijų.

#### TYRIMAI, SUSIJĘ SU NAUJOS ATOMINĖS ELEKTRINĖS STATYBA LIETUVОJE, IR KITA LABORATORIJOS TARPTAUTINĖ VEIKLA

2007–2009 m. laboratorijos specialistai konsorciume su Pöyry Energy Oy (Suomija) vykdė tyrimus, susijusius su naujos atominės elektrinės statyba Lietuvōje. Parengtos *Naujos atominės elektrinės poveikio aplinkai vertinimo programa* ir *Naujos atominės elektrinės poveikio aplinkai vertinimo ataskaita*. PAV ataskaitoje, pasitelkus kitų Suomijos ir Lietuvos institucijų (Botanikos instituto,

Ekologijos instituto, Nacionalinės visuomenės sveikatos priežiūros laboratorijos) specialistus bei ekspertus, įvertinti galimi poveikiai aplinkai naujos AE statybos ir eksploatacijos metu. 2009 m. pagal PAV ataskaitą iš atsakingų institucijų gautos teigiamos išvados dėl planuojamos ūkinės veiklos, ir Aplinkos ministerija, vadovaudamasi PAV ataskaita, priėmė sprendimą dėl naujos atominės elektrinės statybos Lietuvōje galimybę.



Laboratorijos mokslininkai dalyvauja TATENA koordinuojamuose tyrimų projektuose:

- ***Reikalavimai RBMK-1500 apšvintinto grafito apdorojimui siekiant ivykdyti šalinimo reikalavimus Lietuvōje (2010–2014),***

- *RBMK-1500 panaudoto branduolinio kuro ir saugojimo konteinerių savybių tyrimas labai ilgo saugimo laikotarpiu* (2012–2016).

Laboratorijos mokslininkai vykdo 4 Europos Sąjungos 7-osios bendrosios programos (7BP) finansuojamus projektus. Du iš jų yra mokslinių tyrimų projektai ir buvo anksčiau paminėti:

- *Apšvitintų grafito ir kitų anglies atliekų apdorojimas ir šalinimas (CARBOWASTE)* (2008–2013),
- *Geologiniuose PBK/RA atliekynuose susidarančių dujų elgsena (FORGE)* (2009–2013).

Likusieji du – koordinavimo ir paramos veiklos projektai:

- *Naujų valstybių narių prisijungimas glaudžiam bendradarbiavimui EURATOM moksliniuose tyrimuose (NEWLANCE)* (2011–2013). Šį projektą vykdo laboratorijos mokslininkai kartu su 15 partnerių iš 9 ES šalių, kurio pagrindinis tikslas – išanalizuoti naujų ES vals-



tybių narių mokslinių tyrimų galimybes bei skatinti mokslinę bendradarbiavimą su senosiomis ES valstybėmis. 2012 m. įvyko nacionalinis ir regioniniai (Vengrijoje, Bulgarijoje) ekspertų susitikimai, kuriuose aptarta darbų eiga bei rezultatai ir tolesnė veikla. Laboratorijos atstovas šiuose susitikimuose pristatė Lietuvos mokslo tyrimo institucijų dalyvavimo EURATOM programe apžvalgą, LEI ekspertų atliktos stiprybių, silpnybių, galimybų ir grėsmių analizės rezultatus, nacionalines strategijas ir programas radioaktyviųjų atliekų ir panaudoto branduolinio kuro tvarkymo srityse.

- *Nepriklausomos techninės ekspertizės tinklas radioaktyviųjų atliekų šalinimo srityje (SITEX)* (2012–

2014). Šį projektą vykdo laboratorijos mokslininkai kartu su 15 kitų organizacijų iš ES šalių, Kanados, Nyderlandų ir Švedijos. Projekto pagrindinis tikslas yra nustatyti efektyvias priemones, kurias reikia įvykdyti siekiant sukurti nuolatinę nepriklausomos techninės ekspertizės tinklą Europoje radioaktyviųjų atliekų šalinimo srityje. Taip siekiama stiprinti abipusį ir bendrą atliekynų saugos aspektų supratimą tarp reguliuojančių institucijų, techninės saugos ekspertizę vykdančių ir atliekų tvarkymo organizacijų, taip pat siekiama įvertinti nepriklausomą mokslinių tyrimų poreikį, nustatyti rekomendacijų



Dr. A. Šmaižys NEWLANCE projekto dalyvių susitikime Vengrijos mokslo akademijoje (2012 m. balandžio 2 d., Budapeštas, Vengrija)



Dr. A. Narkūnienė ir G. Poškas SITEX projekto dalyvių susitikime TATENA būstinėje (2012 m. gegužės 24 d., Viena, Austrija)

techninei ekspertizei poreikį ir kt. 2012 m. buvo vykdomas įvairių su atliekynų sauga susijusių reikalavimų, rekomendacijų, techninės ekspertizės metodikų palyginimas, analizuojamas mokslinių tyrimų poreikis ir galimybės.

darbą **Tikimybinis radiacino poveikio neapibrėžtumo vertinimas, atliekant AE įrenginių išmontavimo ir radioaktyviųjų atliekų tvarkymo analizę** (2010–2012). Taip pat baigtas projektas **IAE V1 pastato įrenginių deaktyvacija ir išmontavimas** (2009–2012), kuriame dalyvavo ir laboratorijos mokslininkai.

## PAGRINDINIAI REZULTATAI

2012 m. laboratorija (26 darbuotojai) baigė LR biudžeto subsidijų lėšomis finansuojamą mokslo tiriamąjį

mokymo programose, koordinaciniuose susitikimuose, perskaitė 7 pranešimus tarptautinėse konferencijose (Maltoje, Baltarusijoje, Prancūzijoje, Japonijoje ir Lietuvoje), paskelbė 14 mokslinių straipsnių užsienio ir Lietuvos žurnaluose bei leidiniuose.

Laboratorijos darbuotojai vykdė 13 taikomujų darbų bei uždirbo beveik du milijonus litų. Taip pat aktyviai tobulino kvalifikaciją dalyvaudami įvairiose

**Prof. habil. dr. Povilas POŠKAS**  
Branduolinės inžinerijos problemų  
laboratorijos vadovas  
Tel.: 8 37 401 891  
El. paštas: [poskas@mail.lei.lt](mailto:poskas@mail.lei.lt)

# BRANDUOLINIŲ ĮRENGINIŲ SAUGOS LABORATORIJA

## PAGRINDINĖS LABORATORIJOS TYRIMŲ KRYPTYS:

- branduolinių jégainių saugos vertinimas;
- termobranduolinės sintezės reaktorių saugos analizė;
- naujų atominių elektrinių analizė;
- termohidraulinės avarinių ir pereinamujų procesų analizė;
- termohidraulinės parametru kaimimo atominių elektrinių apsauginiuose gaubtuose ir kitose patalpose įvertinimas;
- radionuklidų bei aerozolių pernešimo patalpose modeliavimas;
- branduolinių reaktorių reaktyvinių avarinių procesų analizė bei aktyviosios zonas modifikacijų pagrindimas;
- energetikos sistemų patikimumo vertinimas ir kontrolė;
- branduolinių įrenginių 1 ir 2 lygio tikimybinė saugos analizė;
- sudėtingų techninių objektų statybinių konstrukcijų, vamzdynų ir kitų elementų stiprumo analizė;
- sudėtingų techninių sistemų gedimų analizė ir inžinerinis įvertinimas;
- pramonės objektų pavojaus ir rizikos įvertinimas;
- energijos tiekimo saugumo vertinimas;
- tinklinėse sistemoje vykstančių procesų modeliavimas ir patikimumo vertinimas;
- tikimybinis neįprastų įvykių modeliavimas ir analizė;
- modeliavimo rezultatų jautrumo ir neapibréžtumo analizė;
- fundamentiniai šiluminės fizikos tyrimai.

2012 m. kartu su šalies ir užsienio subjektais laboratorijos darbuotojai vykdė 23 projektus: 3 biudžeto subsidijomis finansuotus mokslo tiriamuosius darbus; 2 nacionalinės mokslo programos **Ateities energetika** projektus; 1 ilgalaikę institucinę mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros programą; 14 tarptautinių projektų (iš jų 6 Europos Sąjungos (ES) 6-osios ir 7-osios BP); 3 projektus pagal Lietuvos ūkio subjektų užsakymus.



Lietuvos  
mokslo  
taryba

## 1. NACIONALINĖ MOKSLO PROGRAMA *AETITIES ENERGETIKA*

2012 m. laboratorijos mokslininkai vykdė du Nacionalinės mokslo programos (NMP) **Ateities energetika** Lietuvos mokslo tarybos finansuojamus projektus.

Projekto *Lietuvos energetikos sistemų patikimumo ir rizikos tyrimas* tikslas – atlkti Lietuvos energetikos sistemų patikimumo ir rizikos tyrimą vadovaujantis LMT 2010–2011 m. finansuotame projekte *Energetikos sistemų patikimumo ir jo įtakos energetiniams saugumui vertinimo metodika bei tyrimas* sudaryta metodika.

Projektą numatoma įvykdyti iki 2014 m. pabaigos. 2012 m. daugiausiai dėmesio buvo skirta parengiamiesiems

darbams, susijusiems su pradinių duomenų surinkimu, jų apdorojimu, energetikos sistemų modelių ir modeliavimo priemonių parengimu. Parengiamajame etape apibendrinti atskirų energetikos sistemų komponentų patikimumo duomenys bus naudojami atliekant energetikos sistemų patikimumo ir rizikos analizę. Ataskaitiniame etape buvo surinkti duomenys apie energetikos sistemas (elektros, šilumos ir dujų) bei jose įvykusius gedimus, šie duomenys buvo išanalizuoti ir nustatyti atskirų komponentų patikimumo rodikliai. Projekto vykdymo eigoje atsiradus naujiems duomenims ar kitai informacijai, jau apskaičiuoti patikimumo rodikliai bus atnaujinti. Šių duomenų pagrindu parengtos elektroninės duomenų bazės. Duomenų saugojimas elektroninėje formoje leis gerokai paspartinti sistemų patikimumo vertinimo procesą, kadangi daugeliu atveju patikimumo modeliavimo priemonės galės būti tiesiogiai susiejamos su elektroninėmis duomenų kaupimo sistemomis.

Siekiant įvertinti centralizuotų šilumos tiekimo sistemų patikimumą, buvo nustatyti atskirų elementų patikimumui įtakos galintys turėti veiksnių. Taip pat, vadovaujantis statistikos duomenimis, buvo atlikta pažeidimų priežasčių analizė ir nustatytos pagrindinės vamzdynų pažeidimus lemiančios priežastys. Šiame etape buvo paruoštas pradinis Kauno miesto centralizuotos šilumos tiekimo sistemos termohidraulinis modelis, kuris bus naudojamas atliekant termohidraulinę šilumos tiekimo sistemos analizę.

Vertinant Lietuvos dujų tiekimo sistemos patikimumą šiame projekto etape buvo atlikta dujotiekų pažeidimų priežasčių ir senėjimo procesų analizė. Kadangi Lietuvos dujų tiekimo sistema yra palyginti nedidelė, todėl siekiant patikimų rezultatų, Lietuvos dujų tiekimo sistemos duomenys buvo išanalizuoti ir palyginti su kitu šalių (Rusijos, Vakarų Europos, JAV, Didžiosios Britanijos)

dujotiekų pažeidimų duomenimis. Analizuojant Lietuvos dujotiekų pažeidimų pasiskirstymą pagal jų priežastis nustatyta, kad jis yra artimas Rusijos vamzdynų sistemoms. Bendrosios energetikos sistemos pagrindiniai elementai yra elektros, šilumos bei dujų ir naftos perdavimo sistemos. Projekto įgyvendinimo metu sukurtas elektros tinklų patikimumo ir rizikos vertinimo bendrosios metodikos pagrindas yra patikimumo tyrimo ir vertinimo bei to vertinimo taikymo atskiros metodikos. Bendroji elektros tinklų patikimumo vertinimo metodika susideda iš šiame projekte išplėtotų specialių metodų bei metodikų, skirtų atskirų elektros įrenginių patikimumui įvertinti, visos elektros energetikos sistemas (EES) patikimumui tirti, pagrindinių avarinių scenarijų tikimybinių rizikų analizuoti, bendro patikimumo ir rizikos modeliui sudaryti bei taikyti, statistinių gedimų duomenims analizuoti ir juos taikyti tinklo pastočių ir jų fragmentų patikimumo parametrams įvertinti, elektros perdavimo ir skirstomojo tinklo sutrikimo ir patikimumo rodikliams skaičiuoti, EES stacionariesiems bei dinaminiams darbo režimams modeliuoti ir vertinti, bei EES darbo režimų tikimybiniam vertinimui ir rangavimui. Sudarytos atskiros metodikos parodo, kaip naudojami patikimumo tyrimo metodai bei ESS modeliai. Elektros tinklų patikimumo vertinimo metodikų patikrai buvo atlikti bandomieji skaičiavimai ir rezultatų analizė, kuri pademonstravo galimybę atlikti tokį elektros tinklų patikimumo vertinimą, kuris taikant integralinį patikimumo parametru ir įtakos vertinimą leis nustatyti ESS patikimumo įtaką energetiniams saugumui.

Ataskaitiniame etape buvo parinkti, išpjauti ir eksperimentiniams tyrimams parengti vamzdžių segmentai iš eksplotuojamų dujotiekų bei parengta eksperimentinių tyrimų metodika. Eksperimentinių tyrimų rezultatai bus naudojami tolesniuose projekto etapuose, atliekant

dujotiekų vamzdynų struktūrinio vientisuomo ir suirimo tikimybinių analizę.

Gauti pradiniai rezultatai leis toliau vykdyti projekte numatytus uždavinius, siekiant atlikti išsamius energetikos sistemų patikimumo ir rizikos vertinimo tyrimus. Gauti rezultatai bus panaudoti lygiagrečiai vykdomame kitame NMP **Ateities energetika** projekte, skirtame Lietuvos energetinio saugumo tyrimui.

2012 m. kartu su partneriais iš Vytauto Didžiojo universiteto buvo pradėtas Nacionalinės mokslo programos **Ateities energetika** projektas *Lietuvos energetinio saugumo tyrimas ir energėtinio saugumo lygio įvertinimas*, kurio pagrindinis tikslas – įvertinti Lietuvos energetinį saugumą ir atlikti jo tyrimą vadovaujantis LMT finansuoto projekto ATE-08/2010 metu sukurta metodika. Tuo yra siekiama maksimaliai užtikrinti ATE-08/2010 projekto tēstinumą ir NMP priemonės 1.1 *Lietuvos energetinio saugumo analizės modelio sukūrimas ir tyrimas* tikslų pasiekimą. Projekto tikslui pasiekti yra suformuluoti 5 uždaviniai, iš kurių 2012 m. buvo visiškai įvykdyti šie: Lietuvos energetinės sistemos ekonominio modelio techninių parametru įvertinimas ir modelio pradinių duomenų parengimas; Lietuvos energetinės sistemos pasipriešinimo trikdžiamos tikimybinių parametru įvertinimas; Didžiausią socialinę įtampą bei socialinį nesaugumą didinančių energetinės sistemos grėsmių nustatymas.

## 2. BRANDUOLINĖS ENERGETIKOS OBJEKTO SAUGOS TYRIMAI

Laboratorijos mokslininkai dalyvauja pažangiausiuose tarptautiniuose branduolinės energetikos mokslinių tyrimų projektuose, skirtuose naujiems branduoliniam reaktoriams kurti ir kitiems svarbiems, su branduolinės energetikos sauga susijusiems, klausimams spręsti. Taip pat buvo tesiama

bendradarbiavimas projektuose, skirtuose mokymams bei žinioms perduoti kitoms šalies branduolinės energetikos infrastruktūros organizacijoms. Visi šie darbai padeda stiprinti Lietuvos kompetenciją branduolinės energetikos srityje, kuri būtina kiekvienai valstybei, turinčiai branduolinės energetikos objektų (branduolinių jégainių, branduolinio kuro ir radioaktyvių atliekų saugykłų bei atliekynų ir pan.).



***Ilgalaikė institucinė moksliinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros programa „Branduoliuose ir termobranduoliuose įrenginiuose vykstančių saugai svarbių procesų moksliiniai tyrimai“***

Šios 2012 m. pradėtos 5 metų trukmės programos tikslas – atlikti šiuolaikiškuose ir naujos kartos branduoliuose reaktoriuose bei termobranduoliuose įrenginiuose vykstančių saugai svarbių procesų tyrimus. Šiuo metu nėra sukurtos vieningos saugos vertinimo metodologijos, tuo tarpu saugai vertinti atskirai naudojamos deterministinės ir tikimybinės saugos analizės neįvertina tarpusavio sėrišio aspektų. Vykdomas darbas yra kompleksinis, kuriame saugai vertinti rengiama bei taikoma integruota deterministinės ir tikimybinės analizės metodika, apimanti neutronų kinetikos, termohidraulikos, stiprumo analizės, medžiagotyros, matematinio modeliavimo sritis.

2012 m. nustatyti deterministinės ir tikimybinės saugos analizų tarpusavio sėrišio aspektai, parengta pradinės įvykių ir jų derinių parinkimo metodika, atlikti naujos kartos branduolinių reaktorių ir termobranduolinės sintezės įrenginių bei branduolinio kuro rinklėse

sunkiuju avarių metu vykstančių procesų tyrimams atliekamų eksperimentų (PHEBUS, QUENCH) apžvalga, sudarytas galimų avarių sąrašas termobranduolinės sintezės įrenginiui W7-X bei atrinkta pavojingiausia avarinė situacija, parinkti vandenilio dujų ir vandens garų išleidimo į apsauginio kiauto atmosferą scenarijai, kurie bus nagrinėjami tolesniuose programos etapuose atliekant vandenilio maišymosi ir degimo atominių elektrinių apsauginiuose kiautuose tyrimą. Taip pat pradėta vykdyti nemažai kitų programos etapų, skirtų naujos kartos branduoliuose reaktoriuose bei termobranduoliuose įrenginiuose vykstančių saugai svarbių procesų tyrimams bei skėtinės kompleksinės (deterministinės ir tikimybinės) saugos analizės metodologijai rengti.

Programos vykdymo metu atlikti tyrimai ir sukaupta patirtis bus svarbi tobulinant branduolinės energetikos srityje dirbančių Lietuvos mokslinkų kompetenciją, kuri būtina siekiant įvertinti tiek Lietuvoje, tiek kaimyninėse šalyse statomų ar planuojamų statyti branduolinių jégainių saugą visuose AE gyvavimo etapuose – AE parinkime, projektavime, statyboje, eksploatacijoje ir jos nutraukime bei radioaktyviųjų atliekų tvarkyme. Dalyvavimas termobranduolinės sintezės įrenginių projektavimo ir analizės darbuose leis neatsilikti nuo pažangiausių technologijų ir išlaikyti aukštą pasaulinio lygio mokslių potencialą.

***Įvykių atžvilgiu atnaujinimas ir papildymas*** 2012 m. buvo tesiama papildomi tyrimai ir derinamos ataskaitos pagal suinteresuotų institucijų pastabas, nagrinėjant šiuos išorinius veiksnius ir savybes: žmogaus sukelti įvykiai (taip pat dujų sprogimas), meteorologiniai reiškiniai ir šilumos sugériklio savybės bei užtvindymo pavojas. Šio projekto tikslas – vadovaujantis LR Valstybinės atominės energetikos saugos inspekcijos (VATESI) naujai patvirtintais Branduolinės saugos reikalavimais bei atnaujintais Tarptautinės atominės energetikos agentūros (TATENA) saugos reikalavimais, taip pat atsižvelgiant į naujausią duomenų ir mokslių tyrimų rezultatus, įvertinti potencialių aikštelių tinkamumą VAE statybai. Visi darbai buvo skirstomi į atskirus penkis uždavinius/temas: įvykių ir pavoju įvertinimo atnaujinimas, išsamus dujų sprogimo vertinimas, reagavimo į ekstremalias situacijas galimybių aprašymas, fizinės apsaugos priemonių taikymo galimybių aprašymas ir galutinio šilumos sugériklio savybių įvertinimas. 2012 m. atlikti papildomi tyrimai, įvertinant netycinius žmogaus sukeltus įvykius, meteorologinius bei užtvindymo pavojas, paruošta techninę pažymą *Statistinių duomenų ir tikimybinės metodų apžvalga*, užsakovui perduoti pradiniai duomenys bei atnaujintos galutinės atskirų temų ataskaitos, kurios taip pat buvo derinamos su atsakingomis institucijomis.

Metų pabaigoje atsiradus naujoms pastaboms ir tariant jau atliktus darbus bei atnaujinus anksčiau suteiktus garantinius įsipareigojimus buvo vykdoma nauja trumpalaikė sutartis **Potencialių Visagino atominės elektrinės statybos aikštelių įvertinimo išorinių įvykių atžvilgiu atnaujinimas ir papildymas bei koregovimas derinant su suinteresuotomis institucijomis**. Atsižvelgiant į LR Vyriausybės 2012 m. sausio 25 d. nutrimą Nr. 83 *Dėl branduolinės (atominės)*



***Visagino AE parengiamieji darbai***

Pagal UAB Visagino atominė elektrinė ir LEI sutartį **Potencialių Visagino AE statybos aikštelių įvertinimo išorinių**

elektrinės statybos vietas (aikštelės) ver-

tinimo ataskaitos peržiūros tvarkos apra-

šo patvirtinimo ir išnagrinėjus minėtame

nutarime minimų suinteresuotų institu-

cijų naujas pastabas keliskart papildžius

modelius ir atlikus perskaiciavimus bu-

vo pakoreguota vienos temos galutinės

ataskaitos 1-a dalis *Netyčinių žmogaus*

*sukelto įvykių įvertinimo atnaujinimas*,

2-a dalis *Meteorologinių pavoju įverti-*

*nimo atnaujinimas* ir atlikus mokslinius

tyrimus akcentuojant techninė pažyma

*Statistinių duomenų ir tikimybinių meto-*

*dų apžvalga* bei ataskaita *Galutinio šilu-*

*mų sugériklio savybių bei užtvindymo*

*pavoju įvertinimas* ir ataskaita *Detalus*

*dujų sprogimo vertinimas*.

Šio projekto metu atlikę tyrimų rez-

ultatai gali būti svarbūs priimant spren-

dimą dėl konkrečios VAE statybos aikš-

telės bei planuojant jos rizikos valdymą.

Pagal TATENA rekomendacijas, gavus

naujos reikšmingos informacijos, išori-

nių įvykių analizę ateityje būtina atnau-

jinti.



#### **Atominių elektrinių sunkiųjų avarių** **tyrimų kompetencijos tinklas** **SARNET-2**

2012 m. buvo tēsiami darbai pagal

ES 7BP **SARNET-2** projektą (dotacijos

sutartis pasirašyta 2009 m.). Šis pro-

jeektas skirtas AE sunkiųjų avarių reiški-

nių ir valdymo tyrimų integracijai

Europoje. Kartu su LEI šiame projekte

dalyvauja 41 ES šalių mokslo ir verslo

institucija. Laboratorijos mokslininkai

SARNET-2 projekte dalyvauja trijų darbo

grupių veikloje:

- WP4 ASTEC – integralinio
- programų paketo ASTEC, skir-
- to sunkiųjų avarių branduo-
- linėse jégainėse modeliavimui,
- adaptavimas ir patikra;

- WP5 COOL – išsilydžiusios
- aktyviosios zonas ir likusių
- nuolaužų aušinimas;
- WP7 CONT – procesų, vyks-
- tančių branduolinį jégainių
- apsauginiuose kiautuose,
- analizė.

Dalyvaudami WP4 ASTEC darbo

grupės veikloje LEI atstovai buvo nuvykę

į Europos sunkiųjų avarių tyrimų apžvalginį susitikimą ERMSAR-2012, kuris

vyko 2012 m. kovo 20–24 d. Kelne, Vo-

kietija. Šį renginį organizavo ASTEC kūrė-

jai IRSN (Institut de Radioprotection et

de Sûreté Nucléaire) ir GRS (Gesellschaft

für Anlagen-und Reaktorsicherheit).

ERMSAR-2012 konferencijos metu

SARNET kompetencijos tinklo dalyviai

pasidalijo patirtimi apie vykdomus

eksperimentinius bandymus ir ASTEC

programų paketo galimybes, taikymo

perspektyvas, pastaruoju metu atlikus

patobulinimus.

2012 m. spalio 3–5 d. Budapešte

vyko SARNET-2 darbo paketo WP5 COOL

apžvalginis susitikimas. Ši darbo grupė

sprendžia sunkiųjų avarių metu išsi-

lydžiusios aktyviosios zonas ir likusių

nuolaužų aušinimo problemas. Susiti-

kimo metu buvo aptarta grupės veikla

per praėjusius metus bei numatomų

ateities planai. LEI dalyvauja vykdant tris

WP5 COOL užduotis:

- WP5.1 – Pažeistos aktyviosios
- zonos pakartotinas užpylimas
- ir aušinimas;
- WP5.4 – Tyrimo rezultatų pri-
- taikymas reaktoriams;
- WP5.5 – Procesų panaudoto
- branduolinio kuro baseinuose
- analizė.

Dirbant pagal šias užduotis,

RELAP5 ir ASTEC programų paketais

buvo sumodeliuotas QUENCH eksperi-

mentiniame stende atliktas aktyviosios

zonos imitatoriaus perkaitimo ir po to

užliejimo vandeniu eksperimentas.

ATHLET-CD déka sumodeliuotas Fukuši-

mos AE 4-ojo bloko panaudoto kuro ba-

seinas. Pateikiti pirmieji vandens aušini-

mo praradimo avarijos modeliavimo

rezultatai. Taip pat sumodeliuotos hipo-

tetinės avarijos Ignalinos AE antrojo

energetinio bloko panaudoto kuro ba-

seine. Šie skaitiniai tyrimai atliki darant

prielaidą, kad baseinas pripildytas iš

reaktoriaus aktyviosios zonas iškrauto-

mis kuro rinklėmis ir šilumos išsiskyrī-

mas baseine yra maksimalus. Taip pat

buvo nagrinėta ir dabartinė situacija IAE

antrojo bloko panaudoto kuro baseine,

t. y. praėjus 3 metams po kuro patalpi-

nimo į baseiną. Maksimalus šilumos

išsiskyrimo dėl liekamosios skilimo

energijos atveju, praradus vandenį pa-

naudotas kuras perkaista. Jei kuro rinklė-

lių aušinimas, tiekiant šaltą vandenį iš

avarinių sistemų, vėluoja, dėl egzoter-

minės vandens garo–cirkonio reakcijos

išsiskiria papildomas šilumos kiekis,

pažeidžiami šiluminiai elementų apval-

kalai, išsiskiria didelis kiekis vandenilio,

ir tai sukelia sprogimo pavoju. Tyrimo

metu nustatyta, kad dabar šilumos išsi-

skyrimas dėl liekamosios skilimo

energijos panaudoto kuro saugojimo

baseine sumažėjo tiek, kad kuro rinklės

gali būti ataušintos ir oru.

2012 m. vasario 14–15 d. Blede

(Slovénija) vyko WP7 CONT darbo

grupės posėdis, kuriame buvo aptariami

vykdomi darbai, pasiekti rezultatai ir

planai ateinantiems metams. LEI daly-

vauja vykdant dvi WP7 CONT užduotis:

WP7.2 – *Vandenilio maišymasis ir degi-*

*mas apsauginiame kiaute* ir WP7.3 –

*Tyrimo rezultatų pritaikymas reaktoriui*.

Vandens lašelių ir apsauginio kiau-

to atmosferos sąveika yra svarbus tyri-

mų objektas, kadangi hipotetinės sun-

kiosios avarijos atveju AE apsauginia-

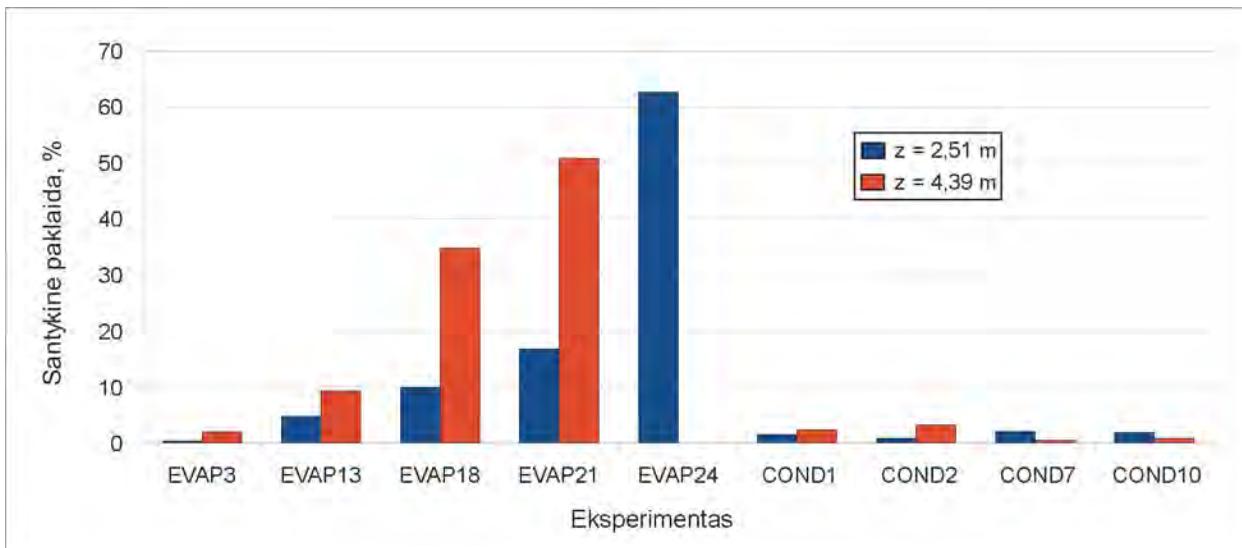
me kiaute esančios vandens purškimo

sistemos būtų naudojamos siekiant

neleisti dėl vandens garo ištakėjimo

susidaryti pavojingam slėgiui ir siekiant

užtikrinti tolygų dujų koncentracijos



Lašelių dydžio modeliavimo rezultatų (LEI) atitikimas eksperimentiniams duomenims

pasiskirstymą tūryje, taip užkertant kelią pavojingoms vandinėms vandenilio koncentracijoms susidaryti. Taigi, vykdant WP7.2 pirmają užduotį *Apsauginiuose kiautuose naudojamų purkštuvų modeliavimas* Prancūzijoje buvo atlikti eksperimentai, o likę projekto dalyviai, taip pat LEI, atliko skaitinius tyrimus skirtingais programų paketais (LEI – COCOSYS). Iš viso buvo įvykdyti 9 eksperimentai, iš jų penki skirti lašelio garavimui (EVAP<sub>i</sub>), kiti keturi – garo kondensacijai ant lašelio (COND<sub>i</sub>) analizuoti. Apibendrinant skaitinius tyrimus gauta, kad garo kondensacijos ant lašelio atveju santykinės paklaidos yra mažos, o lašelių garavimo modeliavimas nėra pakankamai tikslus. 2013 m. planuojama testi lašelių įtakos dujų maišymuisi apsauginiame kiaute tyrimus.

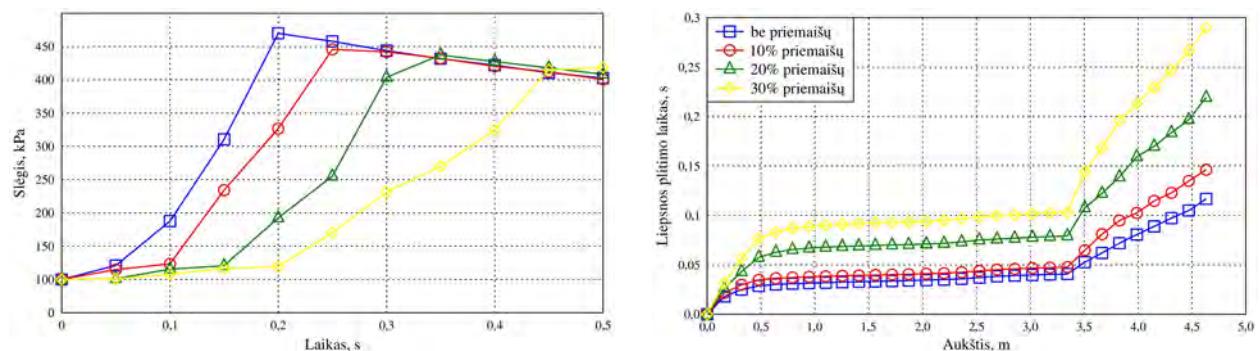
Dalyvaujant trečioje WP7.2 užduotyje buvo nagrinėjamas *Vandenilio degimas* apsauginiame kiaute. 2011 m. buvo tiriamas turbulencijos įtaka vandenilio degimui, tuo tarpu 2012 m. tyrimai praplėsti nagrinėjant priemaišų įtaką vandenilio degimo procesui. Natūriniai eksperimentai buvo atlikti Prancūzijoje esančiame ENACCEF stende, kurį sudaro

dvi dalys – 3,2 m ilgio siauras (skersmuo 154 mm) „greitinimo vamzdis“ ir 1,9 m ilgio ritinio formos platesnė (skersmuo 726 mm) dalis. Eksperimento pradžioje degus mišinys yra uždegamas stendo apačioje esančiais volframo elektrodais ir toliau liepsna sklinda sten-

du aukštyn. Palyginamiesiems skaičiavimams buvo atrinkti keturi eksperimentai, kurie tarpusavyje skyrėsi dujų mišinyje esančių priemaišų dalimi. Priemaišos buvo sudarytos iš 60 % anglies dioksido ir 40 % helio.



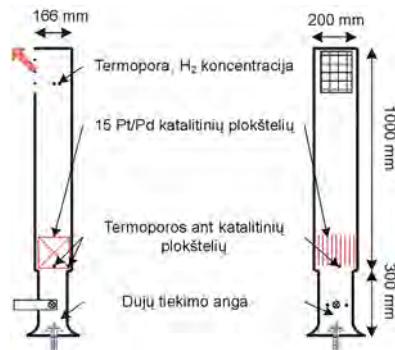
ENACCEF stendas



Slėgio ir liepsnos plitimo laiko kitimas ENACCEF stende (LEI rezultatai)

Skaitinių tyrimų metu nustatyta, kad didėjant priemaišų daliai dujų mišinyje, slėgis vandenilio degimo metu kyla lėčiau (mažiau degus mišinys – lėtesnis degimas) ir maksimalaus slėgio vertė yra mažesnė. Didėjant priemaišų daliai dujų mišinyje, vandenilio degimo greitis yra mažesnis ir liepsna stendo viršu pasiekia vėliau. Vandenilio degimo greitis eksperimentų metu buvo apibrėžiamas laiku, per kurį liepsna pasieka skirtingame stendo aukštyje esančius matavimo prietaisus.

LEI dalyvavo WP7.3 užduoties *Pasyvųjų autokatalitinių įrenginių modeliavimo analizė* tyime, skirtame palyginti įvairiuose programų paketuose iđiegtas specialias šiemis procesams modeliuoti koreliacijas. Pasyvūs katalitiniai vandenilio deginimo įrenginiai (angl. *Passive Autocatalytic Recombiners* (PAR) yra

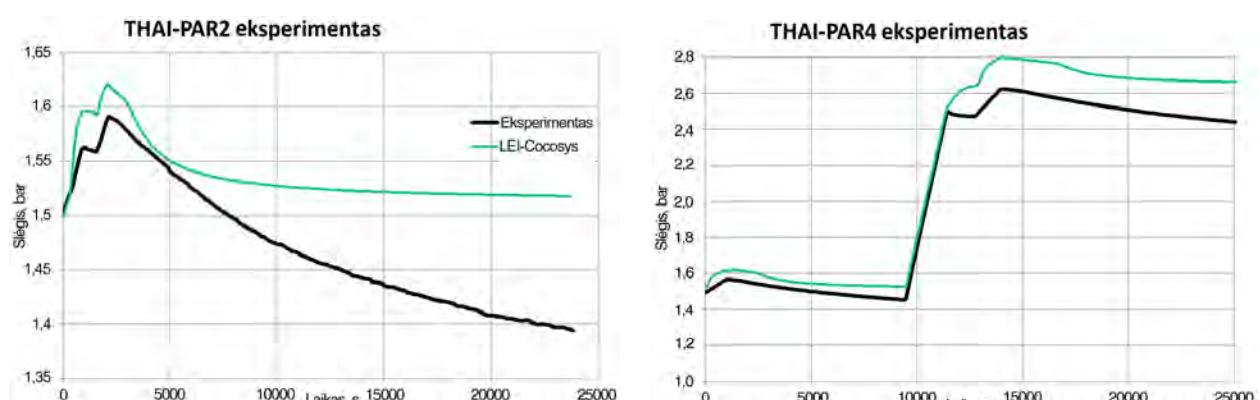


AREVA-Siemens pasyvus katalitinis vandenilio deginimo įrenginis FR90-150 su papildoma matavimo įranga

viens būdų sumažinti vandenilio koncentraciją AE apsauginiame kiaute. Šių įrenginių sąveika su apsauginiame kiaute esančiu dujų ir garo mišiniu yra vienas svarbiausių uždavinii, nagrinėjant apsauginio kiauto atmosferos ir saugos sistemų sąveikos klausimus. Vykdant šią užduotį sumodeliuoti du

THAI stende atlikti eksperimentai (PAR2 ir PAR4), naudojant AREVA-Siemens pagamintą PAR įrenginį FR90-150. I šį įrenginį vandenilio, oro ir garo mišinys įteka iš apačios ir patenka tarp katalizatoriumi padengtų plokštelių. Vykstant cheminei reakcijai ant šių plokštelių paviršių vandenilis sudega ir virsta vandenės garu, kuris po to ištaka per viršuje esančią angą. PAR4 eksperimentas buvo ilgesnis, jo metu į indą buvo papildomai tiekiama oro.

Pagal LEI mokslininkų gautus skaitinio tyrimo rezultatus nustatyta, kad COCOSYS programų paketu galima sumodeliuoti esminius procesus, vykstančius vandeniliui sąveikaujant su pasyviais katalitiniais vandenilio deginimais, tačiau iđiegti vandenilio degimo modeliai dar turėtų būti koreguojami ateityje.



Išmatuoto ir apskaičiuoto slėgio kitimas PAR2 ir PAR4 eksperimentų metu (LEI rezultatai)



## **Branduolinių jėgainių darbo ištekliaus įvertinimas**

2012 m. buvo pabaigti ES 6BP kompetencijos tinklo **NULIFE** (*Nuclear Plant Life Prediction*) suplanuoti darbai. Šio projekto vykdytojai – konsorciumas, kurį sudaro 10 organizacijų dalyviai ir 27 organizacijų sutarties partneriai, koordinatorius – Suomijos mokslinių tyrimų centras VTT. 2012 m. laboratorijos mokslininkai dalyvavo *Ekspertų grupės (IA-2)* veikloje ir organizuotame susitikime. Kartu su kitų organizacijų projekto vykdytojais buvo paruoštas ataskaitos *Įvertinimo metodų, naudojamų atominių elektrinių senėjimo valdyme, apžvalga (Review of Assessment Methods Used in Nuclear Plant Life Management)* galutinis variantas.



Asociacija NUGENIA – integracijos rezultatas (šaltinis – [www.nugenia.org](http://www.nugenia.org))

organizuota septyniose mokslinių tyrimų kryptyse ir apima tyrimų kryptis, apibrėžtas SNETP *Strateginiame mokslinių tyrimų plane*. LEI yra NUGENIA asociacijos narys ir kartu su kitomis ETSON organizacijomis aktyviai dalyvauja visose septyniose NUGENIA asociacijos mokslinių tyrimų ir plėtros srityse.

### **Europos techninių saugos organizacijų tinklas**



Branduolinių įrenginių saugos laboratorijos mokslininkai nuo 2009 m. dalyvauja **Europos techninių saugos organizacijų tinklo** (ETSON) veikloje. Pagrindiniai ETSON tikslai yra:

- Skatinti branduolinių saugos mokslio tyrimo programų vykdymą;
- Būti branduolinės saugos srities mokslinių tyrimų ir plėtros mainų forumu;
- Koordinuoti siūlyti profesionalias paslaugas visose branduolinės saugos, radiacinės saugos ir atliekų tvarkymo srityse;
- Skatinti techninės branduolinės saugos praktikos Europoje suvenodinimą, išskaitant bendrų saugos įvertinimo vadovų rengimą.

- Eksplatacinės patirties vertinimas, išskaitant avarinių įvykių ir jų priežasčių analizę;
- Mechaninės sistemos;
- Elektrinės sistemos;
- Sunkiosios avarijos;
- Įrangos atestacija aplinkos sąlygoms;
- Šilumnešio saugos sistemos, išskaitant pagalbinės sistemas;



## **II ir III kartos branduolinių reaktorių asociacija**

2011 m. pabaigoje įkurta asociacija NUGENIA, apimanti Darnios branduolinės energetikos platformos (SNETP) bei kompetencijos tinklų NULIFE ir SARNET veiklas. Asociacija apjungia pramonės, mokslinių tyrimų ir saugos organizacijas, vykdančias bendrus mokslinių tyrimų ir plėtros projektus branduolinės energetikos srityje. Asociacija inicijuoja ir koordinuoja ES valstybėse eksplotuojamieems II ir III kartos branduoliniam reaktoriams aktualius mokslinius tyrimus. NUGENIA veikla



- Žmogaus ir organizacijos veiksnų įtaka;
- Tikimybinė saugos analizė;
- Eksplotacijos ištekliaus valdymas (įrangos senėjimas);
- Termohidraulinė analizė (pereinamieji įvykiai, avarijos);
- Saugos koncepcijos, apsauga „i gyli“;
- Procesai reaktoriaus aktyviojoje zonoje;
- Avarinė parengtis.

Pastaruoju metu aktyviausiai veikė šilumnešio saugos sistemų, tikimybinės saugos, sunkiųjų avarijų ir termohidraulinės analizės ekspertų grupės. Laboratorijos specialistai aktyviai dalyvavo šių grupių rengamuose susitikimuose bei įnešė savo įnašą, analizuojant esamus dokumentus bei redaguojant ruošiamus techninius saugos įvertinimo vadovus. Dalyvaujant laboratorijos darbuotojams parengta nauja *Sunkiųjų avarijų deterministinės analizės ekspertizės vadovo versija*, rengiamas *Šilumnešio saugos sistemų saugos įvertinimo vadovas* bei atlikta įvairių tikimybinės saugos analizės dokumentų apžvalga.

Siekiant suaktyvinti ETSON veiklą, atlikti techninę programos kokybės peržiūros funkciją bei suteikti mokslinę pagalbą ETSON valdybai ir Generalinei asamblėjai jų sprendimų priėmimo procese, 2012 m. rudenį įkurta ETSON Reaktorių saugos techninė taryba. Pirmasis šios saugos tarybos posėdis vyko Briuselyje BelV patalpose. Posėdyje dalyvavo atstovai iš BelV (Belgija), GRS (Vokietija), IRSN (Prancūzija), LEI (Lietuva), VUJE (Slovakija) ir SEC NRS (Rusija). Pirmajame posėdyje daugiausiai dėmesio buvo skiriamas ekspertų grupių veiklai koordinuoti ir rengiamiems Techninių saugos įvertinimo vadovams aptarti. Ekspertų grupėse rengiami techniniai saugos įvertinimo vadovai apibendrina geriausią Europos techninės paramos organizacijų (TPO)

patirtį, ir tai bus pagalba atskiroms TPO, atliekant saugos vertinimo analizes (ekspertizes). Reaktorių saugos techninėje valdyboje buvo aptarti ekspertų grupėse parengti dokumentai, reglamentuojantys saugos vertinimo eksperтиžės atlikimą. Vėliau, 2012 m. lapkričio 7 d. vykusiamame ETSON Generalinės asamblėjos posėdyje, buvo patvirtinti šie techniniai saugos vertinimo vadovai:

- *Žmogaus ir organizaciniai veikiniai branduolinės energetikos objektuose jų projektavimo ir modifikavimo metu;*
- *Sunkiujujų avarių deterministinė analizė;*
- *Incidentų ir prekursorių analizė.*

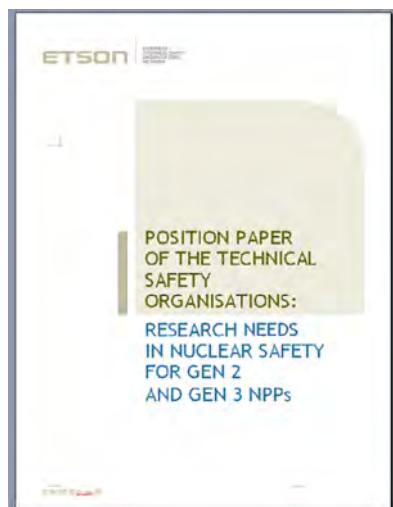
Šie dokumentai mums bus naudingi atliekant saugos įvertinimą bei ruošiant nacionalinius branduolinę saugą reglamentuojančius dokumentus.

Vienas pagrindinių ETSON Mokslinių tyrimų grupės (Research group) tikslų yra prioritetinių mokslinių tyrimų krypčių branduolinės saugos srityje identifikavimas, rekomendacijų pateikimas tarptautinėms organizacijoms, tokioms kaip Darnios branduolinės energetikos technologinė platforma (SNETP) bei II ir III kartos branduolinių reaktorių asociacija NUGENIA. Taip ETSON priseda prie šių metu rengiamų dokumentų *NUGENIA asociacijos tyrimų gairės*

bei *Strateginis mokslinių tyrimų ir inovacijų planas* (SNETP rengiamas dokumentas), formuojančiu ES mokslinių tyrimų politiką branduolinėje energetikoje. 2012 m. vykusiuose ETSON mokslinių tyrimų grupės susirinkimuose, kuriuose dalyvavo ir LEI atstovas, daugiausiai dėmesio buvo skiriamas šių dokumentų analizei. Siekiant užtikrinti, kad šiuose dokumentuose būtų išreikštī ETSON identifikuoti mokslinių tyrimų prioritetai, paskelbtai ETSON Mokslinių tyrimų grupės parengtame dokumente *Techninių saugos organizacijų pozicija: mokslinių tyrimų poreikiai 2-os ir 3-ios kartos AE saugos srityje*, susirinkime ETSON organizacijos pasiskirstė darbus teikiant komentarus NUGENIA asociacijos veiklos gairėms.

ETSON ekspertų grupių bei koordinuojančių grupių susitikimuose nuolat aptariamas ETSON organizacijų dalyvavimas planuojamuose ir vykdomuose ES projektuose. Dalyvavimas tokiuose Europos valstybių ekspertų susitikimuose leidžia betarpiskai susipažinti su naujausiomis deterministinėmis saugos, rizikos vertinimo bei tikimybinės analizės atlaimo ir taikymo idėjomis ir įsitratukti į naujus mokslinius ir taikomuosius darbus saugos analizės srityje.

ETSON aktyviai dalyvauja rengiant kasmet vykstančias EUROSAFE konferencijas, kurios yra vienės svarbesnių Europoje organizuojamų branduolinės saugos renginių. Tuo tikslu yra įsteigta EUROSAFE programos komitetas (EPC), koordinuojantis konferencijų organizavimą bei rengiantis jų programą. Rengiantis 2012 m. lapkričio 5–6 d. Briuselyje vykusiai EUROSAFE konferencijai *Link sustiprintos branduolinės saugos*, vienas posėdis 2012 m. birželio mėn. buvo surengtas Kaune, LEI patalpose. Posėdyje dalyvavo BelV (Belgija), GRS (Vokietija), IRSN (Prancūzija), SSM (Švedija), UJV (Čekija), VTT (Suomija) ir LEI (Lietuva) atstovai.





EUROSAFE programos komitetas Kaune, LEI

ETSON Generalinės asamblėjos posėdyje, vykusiame 2012 m. lapkričio 7 d., pritarta, kad 2013 m. rugpjūčio 25–30 d. LEI vyks ETSON Jaunuų darbuotojų programos vasaros seminaras avarijų valdymo klausimais bei EUROSAFE Programos komiteto posėdis.

#### **Naujos kartos reaktorių saugos įvertinimas**



2012 m. prasidėjo tarptautinis ES 7 BP projektas **SARGEN-IV**, kurio tikslas yra sukurti suderintą Europinę metodiką, skirtą ketvirtosios kartos greityjų neutronų spekto reaktorių, planuojamų pastatyti Europoje, saugai vertinti. Šio projekto koordinatorius yra Radiacinės ir branduolinės saugos institutas (IRSN, Prancūzija), o tarp 22 dalyvaujančių ES institucijų yra ir LEI. LEI šiame projekte dalyvauja trijų darbo grupių veikloje: (1) novatoriškų reaktorių saugos įvertinimo metodikų apžvalga; (2) Europos šalių saugos metodikų bandomasis taikymas; (3) greityjų neutronų reaktorių saugai skirtų mokslinių tyrimų ir technologijų plėtros Europoje veiksmų plano išplėtojimas. Pirmojoje iš minėtų darbo grupių LEI buvo vienos užduočių *IV kartos*

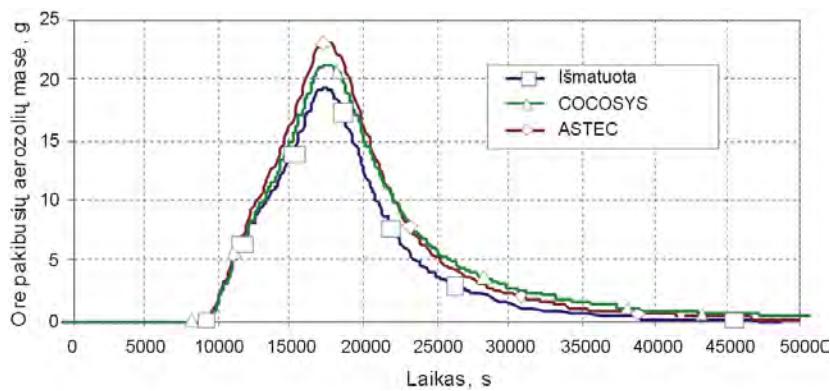
*reaktorių saugos vertinimas bei tarptautinių dokumentų apžvalga* koordinatorius. Kartu su kolegomis iš Belgijos branduolinių tyrimų centro ir Madrido politechnikos instituto LEI mokslininkai atliko tarptautinių novatoriškų reaktorių saugos vertinimą reglamentuojančių dokumentų apžvalgą. Parengtoje ataskaitoje sukaupta informacija apie šiuolaikiškų branduolinių reaktorių saugos įvertinimą, vėliau kitų projekto dalyvių buvo papildyta patirtimi apie kuriamą integruotą ketvirtosios kartos branduolinių reaktorių saugos vertinimo metodiką.

Klasifikavimas pagal kartas atspindi reaktorių plėtojimą – nuo atsiradimo pirmųjų branduolinių reaktorių, kurie priskiriami I kartai, iki sukurtų bei dar tobulinamų ateities reaktorių konsepcijų, kurios priskiriamos IV kartai. Pastarajai reaktorių kartai priklauso labai aukštų temperatūrų ar superkritinių vandens parametruų šiluminių neutronų reaktoriai bei greityjų neutronų reaktoriai. SARGEN-IV projekte buvo išskirti kaip toliau nagrinėtini keturi IV kartos greityjų reaktorių prototipai: (1) dujomis aušinamas greityjų neutronų reaktorius, (2) skystuoju natriu aušinamas greityjų neutronų reaktorius, (3) skystuoju metalu (švinu) aušinamas greityjų neutronų reaktorius ir (4) švinu – bismutu aušinamas greitintuvo principu veikiantis įrenginys. Tęsiant SARGEN-IV projektą

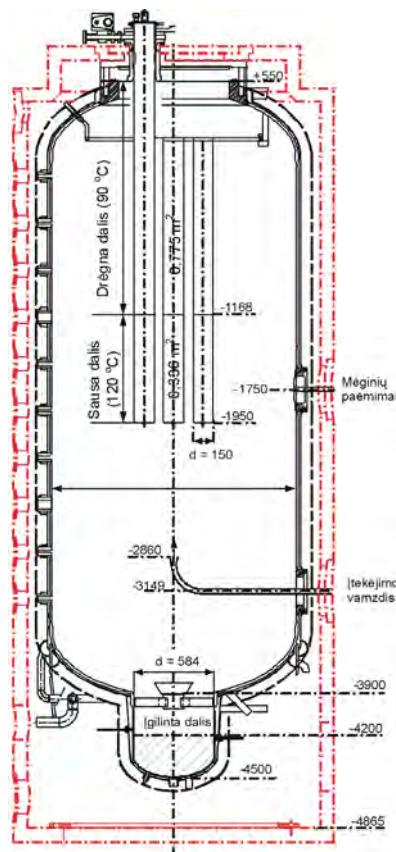
LEI dalyvauja atliekant pasiūlytos saugos metodikos bandomajį taikymą. Įgyvendinus šį taikymą bus patobulinta parengta metodika bei numatoma parengti rekomendacijas tolesniems mokslo tyrimo projektams, skirtiems skirtiniams IV kartos branduolinių reaktorių prototipams plėtoti. Projektas baigsis 2013 m. pabaigoje.



Laboratorijos mokslininkai tęsė tyrimus **PHEBUS-FP programoje**, kuri buvo užbaigta 2012 m. Tai viena didžiausių tarptautinių tyrimų programų, skirta vandeniu aušinamų branduolinių reaktorių saugai bei sunkiųjų avarijų tyrimams. 1988 m. programą inicijavo ir koordinavo IRSN (Prancūzija). LEI, taikant COCOSYS programų paketą, buvo atliekami PHEBUS apsauginiame kiaute vykstančių reiškiniių skaitiniai tyrimai. Aerozoliai ir radionuklidai iš pažeisto branduolinio kuro į apsauginį kiautą patenka per specialų vamzdį, nukreiptą į viršų link trijų kondensatorių, sudarytų iš dviejų dalių – viena dalis kaitinama, kita aušinama. Šiais kondensatoriais



Apsauginio kiauto dujinėje fazėje esančių aerozolių masė



PHEBUS apsauginio kiauto schema

imituoja, kad realiame apsauginiame kiaute avarijos metu gali būti įvairios temperatūros konstrukcijų. Išorinės apsauginio kiauto sienelės yra kaitinamos siekiant sumažinti aerozolių nusėdimą ant jų. Eksperimento metu buvo matuojami įvairūs parametrai ir imami mėginių, siekiant nustatyti aerozolių koncentraciją ore ir jų dydžio skirstinius. Siekiant įvertinti COCOSYS programų paketu atlilikų skaičiavimų tikslumą buvo sudarytas analogiškas skaitinis modelis ASTEC programų paketo CPA moduliu ir atliliki skaičiavimai. Gauti rezultatai parodė, kad abiem programų paketais yra apskaičiuojama didesnė ore esančių aerozolių masė nei išmatuota, tačiau ASTEC programų paketu gaunamas aerozolių nusėdimo ant įvairių paviršių pasiskirstymas yra artimesnis eksperimentinėms vertėms.

## Aerozolių nusėdimo pasiskirstymas

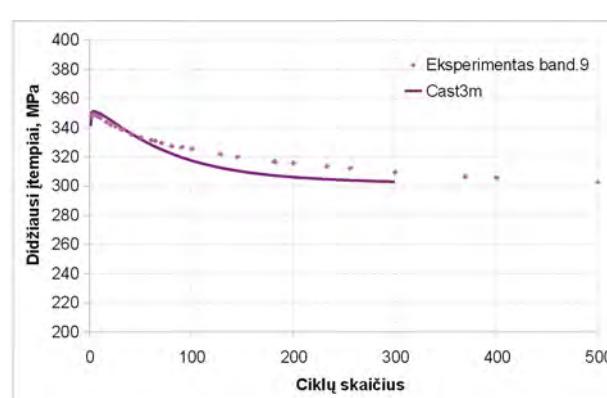
	Apsauginio kiauto apačia	Kondensatorių paviršiai ir įgilinta dalis	Apsauginio kiauto sienelės ir mėginių
Išmatuota FPT2	74,0 %	14,0 %	12,0 %
COCOSYS	86,0 %	13,28 %	0,72 %
ASTEC	82,98 %	14,88 %	2,14 %

## MATTER

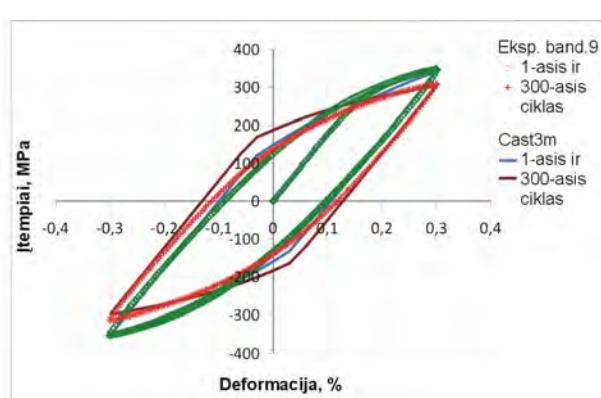
### Medžiagų bandymas ir normos (MATERIALS TEsting and Rules)

2012 m. buvo tesiama ES 7 BP projektas **MATTER** (pradžia 2011-01-01). Pagrindinis projekto tikslas yra atliki išsamius medžiagų elgsenos tyrimus, esant IV kartos branduolinių reaktorių eksploatavimo sąlygoms. Darbe dalyvauja Branduolinių įrenginių saugos ir Medžiagų tyrimų ir bandymų laboratorijų mokslininkai.

2012 m. buvo atliekami gauto baziino P91 plieno tyrimai bei patikslinta nuovargio bandymų metodika. Atliki šio plieno pradinių savybių tyrimai bei nustatytos charakteristikos, kurios svarbios tolesnių tyrimų rezultatams įvertinti ir kontroliuoti. Buvo pagaminti bandiniai ir atliliki dalis nuovargio bandymų, reikalingų nuovargio kreivei sudaryti.



Įtempių priklausomybės nuo ciklų skaičiaus



1-ojo ir 300-ojo ciklo histerezės kilpos

Ištyrus suvirintus bandinius bei vado-vaujantis šia nuovargio kreive bus nustatytos suvirinimo koeficientų reikšmės. Šiuos darbus atliko Medžiagų tyrimų ir bandymų laboratorijos mokslininkai.

Lygiagrečiai eksperimentiniams tyrimams buvo atliktas medžiagų nuovargio modeliavimas, panaudojant baigtinių elementų metodiką. Baigtinių elementų analizės rezultatai leido išsamiau suprasti medžiagos elgseną esant nuovargiui. Nuovargio skaitinio tyrimo metu buvo naudojama baigtinių elementų programa Cast3m. Tai baigtinių elementų programa, sukurta bei tebeplėtojama atominės energetikos centre (CAE), Prancūzijoje. Šiuos darbus atliko Branduolinių įrenginių saugos laboratorijos mokslininkai.

#### **Pagalba Inspecta Nuclear AB, igaliotajai trečiajai šaliai, atliekant PLEX Oskarshamn 2 projekto ekspertizę**

Projektas PLEX skirtas AE galiai padidinti bei eksploatacijos laikui pratęsti. Projekto vykdymo metu atlikto saugos vertinimo viena sudėtinių dalių yra vamzdynų sistemų struktūrinio vientisumo skaičiavimai, pagrindžiantys tų sistemų priimtinumą esant naujoms apkrovoms (dėl galios padidinimo) ir ilgesniams eksploatacijos laikui. 17 laboratorijos darbuotojai šiame projekte dalyvavo peržiūrint Oskarshamn 2 AE atskirų vamzdynų sistemų struktūrinio vientisumo įvertinimo ataskaitas.

#### **Pažangus ir saugus tarptautinis reaktorius**

Anksčiau vykdyti tyrimai rengiant koncepcinį IRIS elektrinės projektą pagal projekto **International Reactor Innovative and Secure (IRIS)** planus ir jungtinį projekto dalyvių bei *Westinghouse Electric Company LLC* susitarimą 2012 m.



### **3. BRANDUOLINĖS SAUGOS ŽINIŲ PERDAVIMAS IR MOKYMU ORGANIZAVIMAS**



#### **Europos branduolinės saugos mokymo ir konsultavimo institutas**

Europos branduolinės saugos mokymo ir konsultavimo institutas **European Nuclear Safety Training and Tutoring Institute (ENSTTI)** įkurtas 2010 m. Šį institutą įkūrė ETSON organizacijos, inicijuojamos Radiacinės ir branduolinės saugos instituto (IRSN). Instituto steigėjos buvo IRSN (Prancūzija) ir LEI (Lietuva). Šiuo metu instituto nariais, be minėtų organizacijų steigėjų, taip pat yra GRS (Vokietija) ir BelV (Belgija). ENSTTI tikslas yra teikti mokymo, konsultavimo ir praktikos paslaugas, vertinant branduolinę ir radiacinę saugą. Siekiama, kad techninės paramos organizacijos dalytuosi patirtimi, siekiant pagerinti branduolinę saugą, skleidžiant žinias ir praktinę patirtį branduolinės saugos kultūros srityje.

2012 m. ENSTTI organizavo tradicinius keturių savaičių vasaros įvadinius branduolinės energetikos saugos mokymo kursus, vykusius birželio 11 – liepos 6 d. GRS mokslo tyrimų centre Vokietijoje. Paskaitas apie branduolinių įgainių išmontavimo strategijas ir Ignalinos AE išmontavimo problemas skaitė laboratorijos darbuotojai. Kursuose dalyvavo 16 dalyvių iš Arménijos, Baltarusijos, Čekijos, Jungtinių Arabų Emiratų, Jordanijos, Lenkijos, Lietuvos, Maroko, Turkijos ir Ukrainos.

ENSTTI veikla neapsiriboja vien tokiais parengiamaisiais įvadiniais kur-

sais. 2012 m. pradėtas vykdyti kontaktas su Europos Komisija dėl mokymo projekto ***Branduolinio reguliavimo institucijų ir jų techninės paramos organizacijų mokymas ir parengimas***. Pagal šį projektą ENSTI sukurtas konsorciumas (be LEI, tame dalyvauja IRSN (Prancūzija), GRS (Vokietija), SSTC (Ukraina), ENEA (Italija) ir VUJE (Čekija)) vykdo darbą pagal užduotį LOT2 ***Branduolinės saugos įvertinimas ir tikrinimas (inspektavimas)***. Mokymai yra skirti 15 besivystančioms ir branduolinę energetiką plėtojančioms (ar planuojančioms plėtoti) šalims: Tunisas, Indonezija, Malaizija, Jordanas, Baltarusija, Gruzija, Vietnamas, Marokas, Filipinai, Rusija, Ukraina, Arménija, Egiptas, Meksika ir Brazilija. Iki 2014 m. pabaigos planuojama surengti 27 savaitinius mokymo kursus. Kadangi šie kursai yra skirti specifiniams branduolinių įrenginių sau-

gos klausimams nagrinėti ir skirti jau turintiems patirties klausytojams, tai paskaitas skaitantys specialistai turi būti atitinkamos srities ekspertai. 2012 m. LEI darbuotojai skaitė 19 paskaitų penkiuose mokymo kursuose:

1. *Termohidraulika ir reaktoriaus kritišumo sauga*, Bolonija, Italija, rugsėjo 24–28 d.
  2. *Jrangos senėjimas ir mechaninė analizė*, Kelnas, Vokietija, spalio 19–23 d.
  3. *Branduolinių reaktorių sauga I*, Bolonija, Italija, lapkričio 26–30 d.
  4. *Branduolinių reaktorių sauga II*, Paryžius, Prancūzija, lapkričio 26–30 d.
  5. *Branduolinių įrenginių vertinimas priešgaisrinės saugos atžvilgiu*, Kelnas, Vokietija, gruodžio 3–7 d.
- Pirmajį mokymo kursą *Termohidraulika ir reaktoriaus kritišumo sauga*

visiškai parengė (sudarytas paskaitų ir praktinių užsiėmimų sąrašas, suderinta darbotvarkė) LEI ir ENEA (Italija). Paskaitų metu laboratorijos specialistai skaitė paskaitas apie reaktoriaus kritiškumą bei jo vertinimą programų paketais, termohidraulinis procesus branduoliniuose reaktoriuose, termohidraulinei analizei keliamus reikalavimus ir tokiai analizei naudojamus programų paketus. Taip pat pravedė praktinį užsiėmimą, kurio metu kursų klausytojai turėjo galiomybę įgyti patirties modeliuojant reaktoriaus aktyviają zoną. Mokymo kursuose, skirtuose jrangos senėjimui ir mechaninėi analizei bei branduolinių reaktorių saugai, buvo skaitytos paskaitos apie procesus ir mechanizmus, sukeliančius jrangos senėjimą, šių procesų modeliavimą, trečiosios kartos branduolinių reaktorių specifiką, branduolinę saugą regiliuojančius dokumentus,



*Mokymo kursų Termo-hidraulika ir reaktoriaus kritišumo sauga* klausytojai ir lektorai Brasimone branduolinių tyrimų centre (Italija)

branduolinių jėgainių išmontavimo specifika ir IAE patirtį šioje srityje. Mokymai apie branduolinių įrenginių vertinimą priešgaisrinės saugos atžvilgiu buvo skirti supažindinti įvairių šalių branduolinės energetikos reguliuojančių institucijų bei jų techninės paramos organizacijų atstovus su gaisrų fizikiniai pagrindais, skaičiavimo metodais bei naujojamais kompiuteriniai kodais, gaisrų rizikos bei tikimybinės saugos analizės pagrindais, taip pat gaisrų saugos bei reguliuojančių institucijų kontrolės praktika skirtingose šalyse. LEI skaitė paskaitas ir atsakinėjo į kursų klausytojų bei kitų lektorių klausimus šiomis temomis:

- Deterministinės bei tikimybinės gaisrų analizės tikslai;
- Gaisrų rizikos analizė – paruošimas, rezultatai bei įvertinimas;
- Duomenų mainai tarp gaisrų rizikos analizės ir gaisrų tikimybinės analizės;
- Gaisrų rizikos analizės bei gaisrų tikimybinės analizės taikymas ir saugos gerinimo pavyzdžiai.

LEI dalyvavimas šio projekto veikloje leidžia įgyti patirties organizuojant panašius kursus bei tobulinti savo kvalifikaciją. Tokia patirtis gali būti naudinga prasidėjus Visagino AE statybai, kai reikės ruošti naujus jos bei prižiūrinčiųjų organizacijų darbuotojus.

#### ***Europinės reguliavimo metodologijos ir praktikos perdavimas Baltarusijos branduolinės saugos institucijoms***

Pagal LEI sutartį su RISKAUDIT IRSN/GRS INTERNATIONAL (GEIE) 2012 m. buvo tesiama darbas EK ir RISKAUDIT projekte *Europinės reguliavimo metodologijos ir praktikos perdavimas Baltarusijos branduolinės saugos institucijoms. Institucinis ir techninis*



*bendradarbiavimas su Gosatomnadzor, siekiant plėtoti jo pajėgumus perduodant Europos saugos principus ir praktiką.* LEI dalyvauja keturių darbo grupių veikloje: (1) teisinės sistemos branduolinės saugos srityje plėtra; (2) licencijavimo parama branduolinės saugos srityje, kuriant reguliavimo instituciją ir plėtojant jos funkcijas; (3) reguliavimo institucijos darbuotojų mokymas; (4) Avarinių situacijų ministerijos švietimo įstaigų darbuotojų mokymas. Atskirų darbo grupių organizuojamuose seminaruose LEI kartu su projekto partneriais pristatė tarpautinius branduolinės energetikos saugos reikalavimus ir Europos reguliavimo institucijų ir techninės paramos organizacijų patirtį, susijusią su branduolinių jėgainių saugos įvertinimu ir branduolinių objektų licencijavimu. Ketvirtoje darbo grupėje LEI yra paskirtas darbio grupės lyderiu ir koordinuoją Lietuvos, Ukrainos ir Suomijos specialistų veiklą organizuojant ir pravedant darbinius seminarus. Laboratorijos darbuotojai 2012 m. vasarį Minske organizavo penkių dienų seminarą, kurio metu kartu su kitais partneriais iš Ukrainos ir Suomijos skaitė paskaitas apie avarinę parengtį branduoliniuose objektuose ir už jų ribų, visuomenės informavimą apie avarinius įvykius. Taip pat buvo pristatoma mokymo kursų rengimo ir lektorių pasirengimo tokiems mokymams metodika (įvertinant branduolinės saugos specifiką).

Šie klausimai buvo aktualūs auditorijai, kadangi klausytojai buvo Baltarusijos Respublikos Avarinių situacijų ministerijos darbuotojai, kurie ateityje patys turės organizuoti panašius branduolinės saugos mokymus, rengiant branduolinių avarių likvidavimo specialistus Baltarusijoje. Tokia parama kaimyninei šalai būtina, siekiant laiku užtikrinti Baltarusijos branduolinio reguliavimo institucijų efektyvią naujai statomos Baltarusijoje branduolinės jėgainės priežiūrą, ir tai yra labai svarbu tiek Baltarusijai, tiek Lietuvai (kurios pasienyje statoma ši jėgainė) bei visai Europai.

#### **4. TERMOBRANDUOLINĖS SINTEZĖS REAKTORIŲ SAUGOS ANALIZĖ**

Mokslo tyrimai pagal Europos termobranduolinės sintezės energijos plėtros sutartį (FUSION) yra viena prioritetinių ES 7BP tyrimų sričių. Vykdant šios srities tyrimus, LEI tėsė **7BP EURATOM–LEI asociacijos sutartyje** numatytais darbus. LEI ir Greifswalde (Vokietija) įsikūrusio Makso Planko plazmos fizikos instituto (Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP)) bendradarbiavimas prasidėjo 2007 m. ir tėsiamas iki šiol. IPP yra statomas eksperimentinis termobranduolinės sintezės įrenginys Wendelstein 7X (W7-X). 2012 m. buvo įvertintas W7-X plazmos indo apsaugos sistemas patikimumas, atliktas tikimybinis divertoriaus aušinimo sistemas kontūro patikimumo vertinimas ir apskaičiuoti plazmos indo angos AEU30 suvirinimo siūlių ribiniai įtempiai.

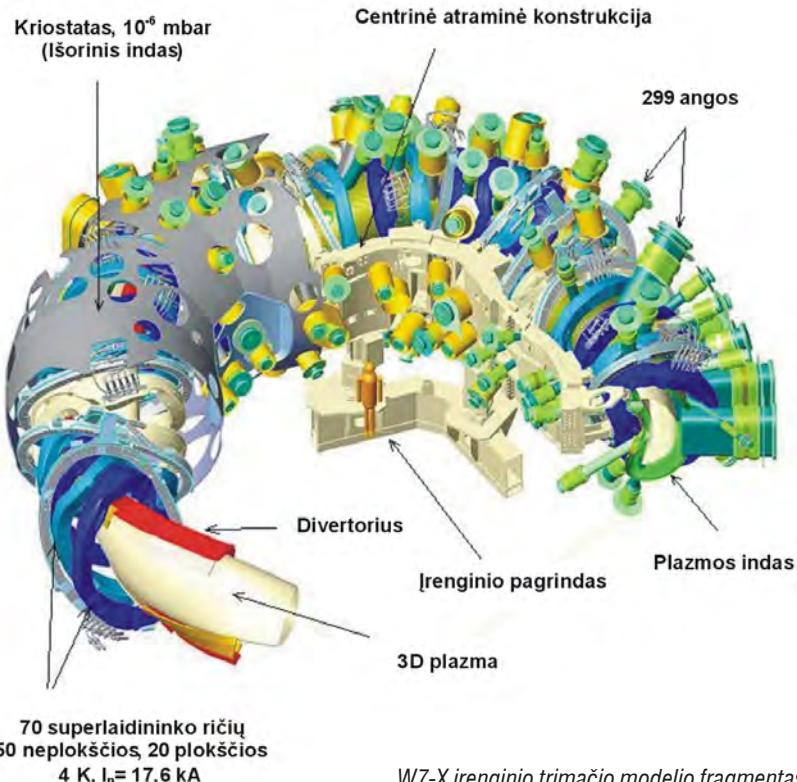
2012 m. gruodžio 2–8 d. LEI eksperčių vizito į IPP (kurio tikslas buvo aptarti gautus skaičiavimų rezultatus ir patikslinti turimus projektinius duomenis) metu buvo apžiūrėtas statomas W7-X įrenginys ir įrengti vamzdynai. Šiuo metu jau sumontuoti visų plazmos indo moduliai ir montuojami vidiniai komponentai ir periferinė įranga. Dauguma aušinimo sistemas vamzdynų jau sumontuoti ir išbandyti. W7-X įrenginio ekspluataciją numatoma pradėti 2014 m. rugpjūtį. Vizito metu su IPP atstovais buvo aptarta 2013 m. darbų programa.

## **W7-X plazmos indo apsaugos sistemos patikimumas**

Siekiant patikrinti gaunamų skaičiavimų rezultatų patikimumą slėgio kitimo W7-X plazmos inde analizė buvo atlikta skirtingais programų paketais COCOSYS ir RELAP5. Atlikus analizę pastebėta, kad esminis skirtumas atsiranda naudojant skirtingus vandens ištekėjimo modelius COCOSYS programų pakete. Siekiant nustatyti, kuris modelis geriau aprašo vandens ištekėjimą į žemesnį už atmosferos slėgio aplinką 2013 m. planuojama atlikti eksperimentų modeliavimą.

## **W7-X plazmos indo angos AEU30 suvirinimo siūlių ribiniai įtempiai**

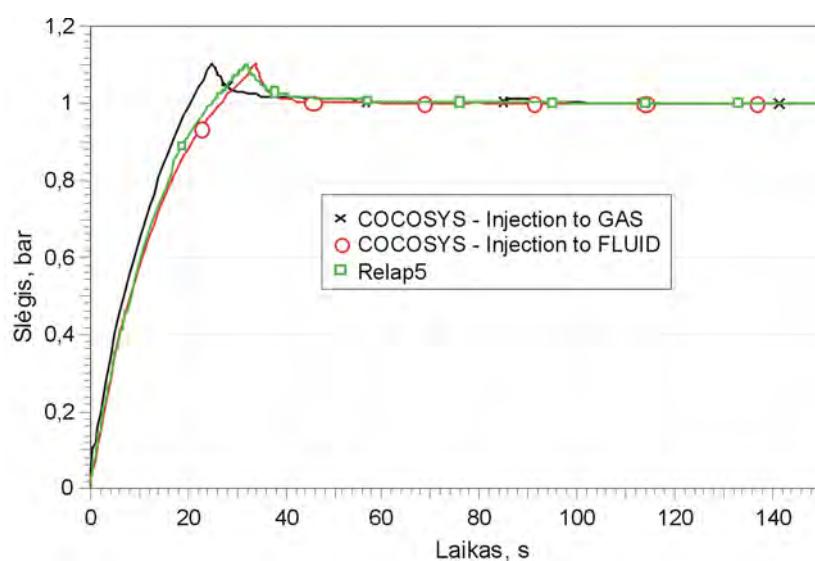
Siekiant atlikti plazmos indo angų suvirinimo siūlių stipruminę analizę buvo sudaryti baigtinių elementų modeliai. Atliekant tyrimus buvo įvertinti plazmos indo angos AEU30 suvirinimo siūlių ribiniai įtempiai esant 1 ir 6 mm suvirimo siūlių storui ir skirtingesiai suvirinimo kokybei (0,7 ir 0,85). Tyrimams atlikti angų geometriniai modeliai buvo perkelti į baigtinių elementų kompiuterinę programą ABAQUS/Standard, kuri buvo



*W7-X įrenginio trimacijo modelio fragmentas*

naudojama plazmos indo angų suvirinimo siūlių baigtinių elementų modeliams parengti. Analizė atlikta esant specifinėms darbinėms apkrovos sąlygomis bei ribiniu atveju (300 % apkrova). Nustatyta, kad plazmos indo angų suvirinimo siūlių stabilumas bus išlaikytas visomis nagrinėtomis apkrovimo sąly-

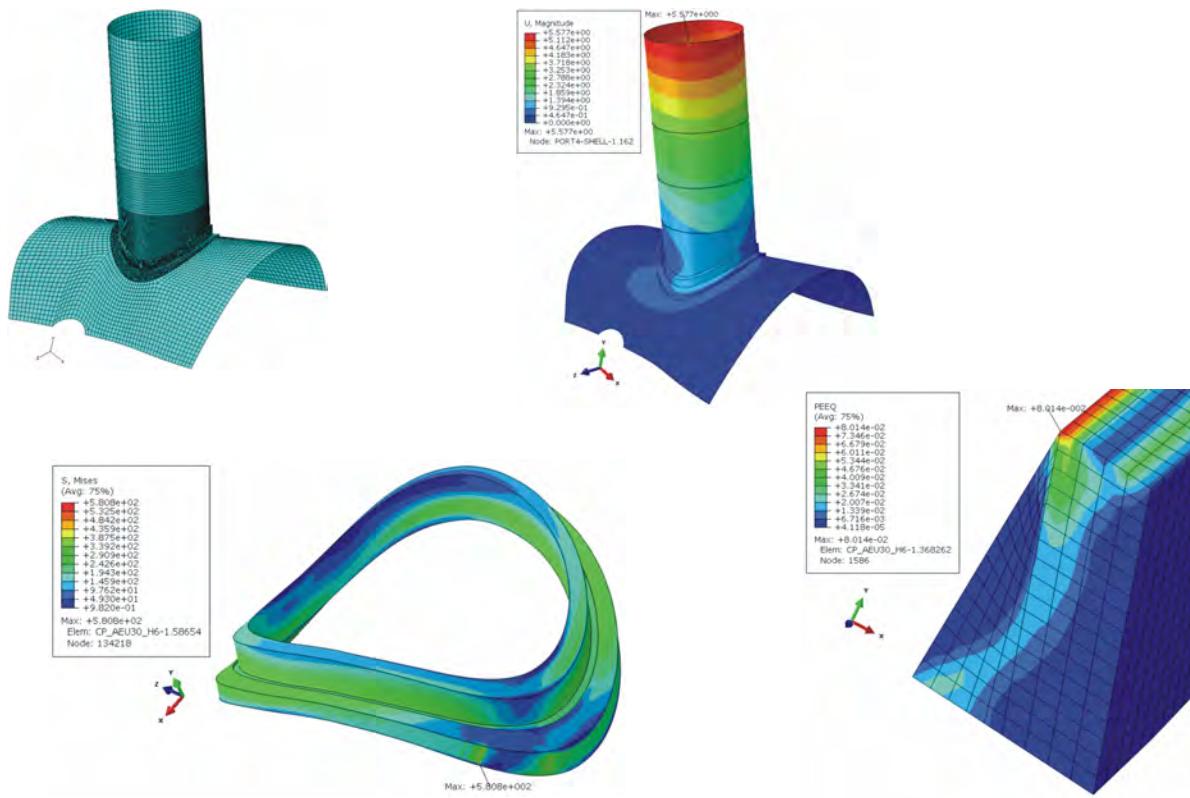
gomis. Ribiniu atveju nenustatyta, kad poslinkiai jėgos veikimo vietoje pradėtų greitai augti, skaičiavimo konvergencija buvo išlaikyta visos analizės metu. Ribinių įtempilių analizė parodė, kad geriausi rezultatai gaunami siūlės storui esant 1 mm ir suvirinimo kokybei 0,85, tačiau išlaikant aukštą suvirinimo kokybę geri rezultatai gaunami ir su 6 mm siūle. Esant 1 mm suvirinimo siūlei ribiniai įtempiai yra priimtini ir kai suvirinimo kokybė yra žemesnė, t. y. 0,7.



*Slėgio kitimas W7-X plazmos inde. COCOSYS ir RELAP5 rezultatų palyginimas*

## **W7-X įrangos patikimumo, parengtumo ir priežiūros analizė**

Siekiant įvertinti W7-X įrangos patikimumą buvo atlikta analizė, kurioje pasinaudota AE sukurtą įrangos patikimumo vertinimo metodika. Panaši analizės metodika taikoma ir ITER įrenginiui. Analizė atlikta divertoriaus aušinimo sistemos kontūru ACK10, kai nutrūksta išorinis energijos tiekimas. Tyrimo metu naudota programinė įranga RiskSpect-



Plazmos indo angos AEU30 6 mm storio suvirinimo siūlės baigtinių elementų modelis

rum ® PSA Professional, sukurta Relcon Scandpower AB (Švedija).

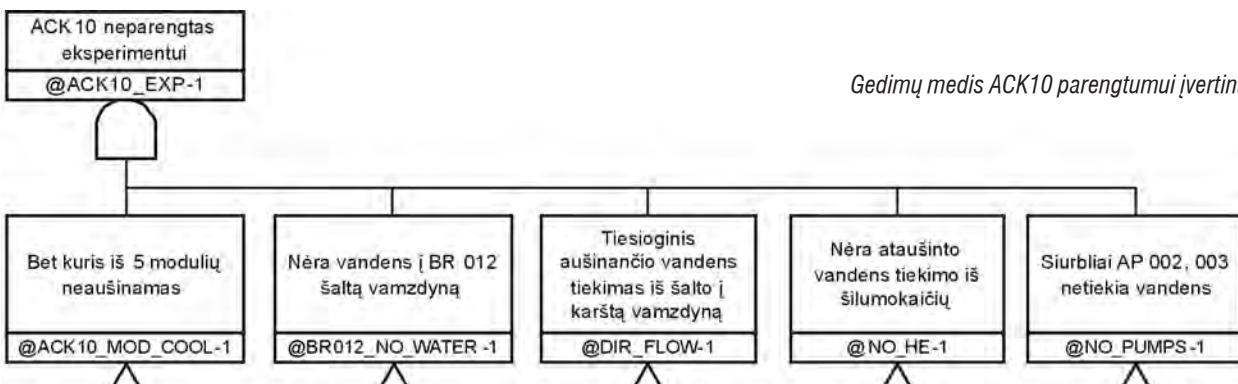
Atliekant analizę buvo sudarytas divertoriaus aušinimo kontūro ACK10 patikimumo modelis, įvertintas ACK10 komponentų patikimumas, nustatyti komponentai, turintys didžiausią įtaką sistemos neparengtumui, ir pasiūlytos rekomendacijos kaip būtų galima padidinti šios sistemos patikimumą. Siekiant išsiaiškinti priežastis, kodėl šis kontūras gali būti neparengtas darbui, sudarytas gedimų medis, išskiriant penkis scenarijus. Atlikus komponentų patikimumo

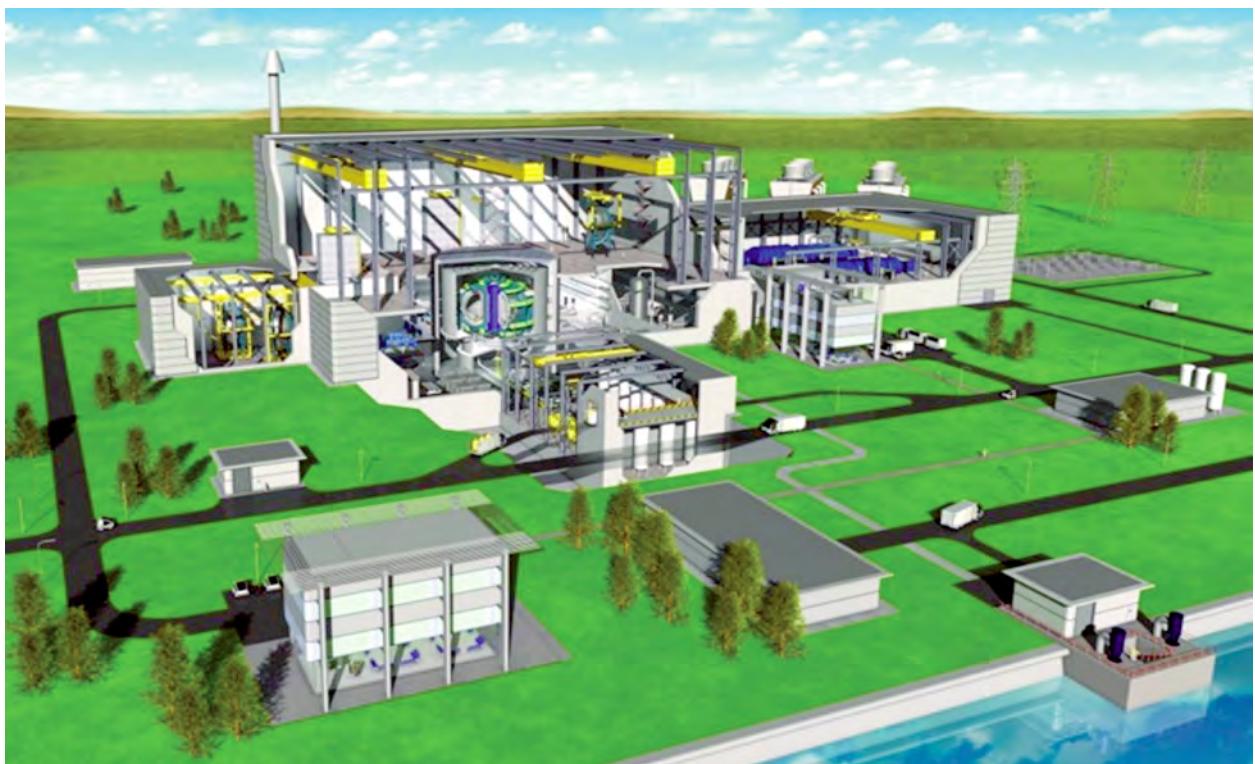
analizę buvo gauta, kad bendras ACK10 neparengtumas yra 0,188. Didžiausią įtaką šiam neparengtumui turi siurblio AP002 gedimas (51 %) ir pneumatinio vožtuvo KA510 neatsidarymas (35,1%) bei mažas įrangos rezervavimo lygis sistemoje (vieno komponento gedimas sukelia visos sistemos gedimą). Darbo eigoje buvo pasiūlytos kompensacinės priemonės, leisiančios padidinti šios sistemos parengtumą, t. y. buvo pasiūlyta: sumažinti įjungimo/išjungimo ciklų skaičių rezerviniams siurbliui, užtikrinti planinį remontą, įsigyti ir turėti remontui būtinų

atsarginių detalių, įdiegti trečią rezervinį siurblių.

2012 m. EURATOM su Europos Komisija pasiraše sutartį *Power Plant Physics and Technology Implementing Agreement*, kurios tikslas yra sukurti fizikinę ir technologinę bazę ateities termobranduolinės sintezės jėgainėms ir parengti jų koncepcinį projektą.

LEI prисidėjo prie šios sutarties apimtyje inicijuotų tyrimų ir pagal tematiką *Vidinių plazmos indo komponentų patikimumo didinimas ir rizikos minimi-*





*Europos termobranduolinės sintezės jégainės projekto vizualizacija, © EFDA*

zavimas vykdė dvi užduotis:

- Istoriniai duomenimis pagrįstas laukiamas DEMO jégainės pradinis parengtumas ir parengtumo didėjimas;
- RAMI priemonių tinkamumo įvertinimas DEMO jégainei.

RAMI (Reliability, Availability, Maintainability, Inspectability) koncepciją EFDA planuoja taikyti visose DEMO projekto stadijose. Tuo tikslu pirmiausia buvo siekiama nustatyti, koks yra istorinių duomenimis pagrįstas laukiamas DEMO jégainės pradinis parengtumas ir parengtumo didėjimas. Kaip numatytą, LEI mokslininkai 2012 m. apžvelgė įvairias energiją gaminančias Europos technologijas/jrenginius (iškastinio kuro jégaines, atomines elektrines, kombinuoto ciklo bei dujomis kūrenamas jégaines) ir nagrinėjo, kaip jų neparengtumo vertinimas gali būti sietinas su DEMO planais. Nustatyta, kad DEMO jégainė turi pasiekti mažiausiai 30 % parengtumą. Tačiau, jei bus siekiama pademonstruoti konkurencingą jégainės

parengtumą, tai jis turėtų būti 40–70 %.

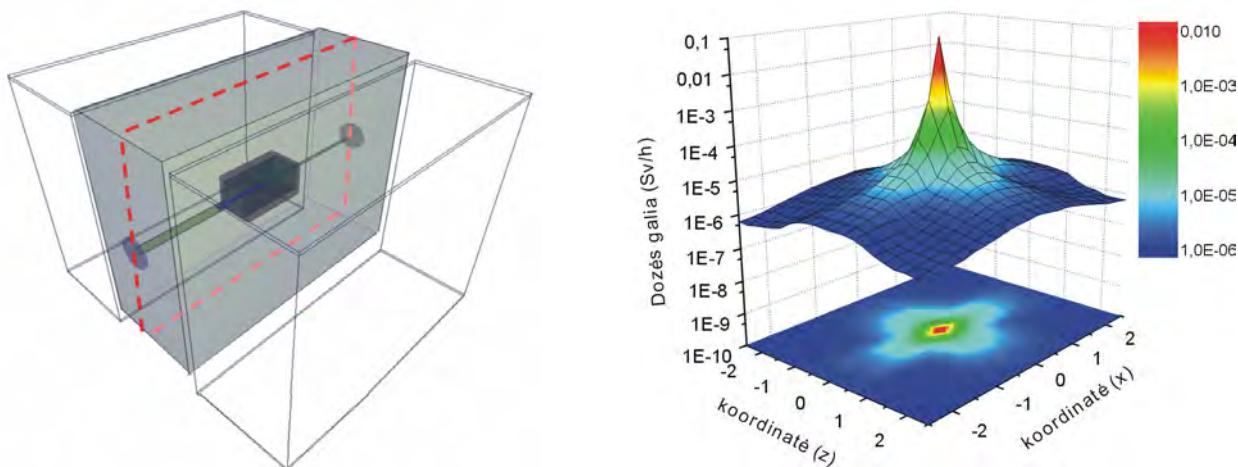
Be to, EFDA identifikavus tinkamo programinės įrangos pasirinkimo aktualumą LEI mokslininkai vykdė įvairios RAMI programinės įrangos palyginimą bei tų priemonių sudaromų galimybių apžvalgą, o tai yra labai svarbu tolesnių DEMO jégainės projektavimo ir tyrimo uždavinių vykdymui. Atkreipus dėmesį į RiskSpectrum ir ReliaSoft paketų grupės įrangą buvo pažymėti ir pademonstruoti pastarosios įrangos privalumai bei galimybės ją pritaikyti DEMO projekto tikslams.

### **JET tyrimai**

2012 m. LEI pirmą kartą įsitraukė į veiklą, susijusią su Joint European Torus (JET) įrenginyje vykdomais tyrimais. LEI atliekamų darbų tikslas yra sumodeliuoti neutronų šaltinio biologinės apsaugos maketus ir įvertinti galimą dozės galios nuotekį. Tam, kad būtų galima įvertinti dozės galios nuotekį į aplinką per biologinę apsaugą, kurioje



patalpintas Cf-252 neutronų šaltinis, buvo apskaičiuotos dozių vertės ir sukurti dozių žemėlapiai neutronų ir gama spindulių atvejams tam tikrais atstumais nuo šaltinio. Skaičiavimų rezultatai yra panaudojami sprendžiant saugos klausimus, t. y. šalia šaltinio nustatyti dirbančio personalo darbo trukmę bei apsaugoti žmones nuo radioaktyvios spinduliuotės. Gauti rezultatai suteikė vertingos informacijos apie poveikį radiaciniam fonui atsižvelgiant į šaltinio padėtį JET įrenginyje. Tai aktualu planuojant darbus šio tokamako viduje ir išorėje tiek personalui, tiek technologinei įrangai. Gauti skaičiavimų rezultatai pateikė išsamią informaciją apie galimą dozių pasiskirstymą aplinkoje įvairiais veiklos scenarijų atvejais, jie naudojami planuojant darbus bei parenkant apsaugos priemones užtikrinant saugią darbo aplinką.

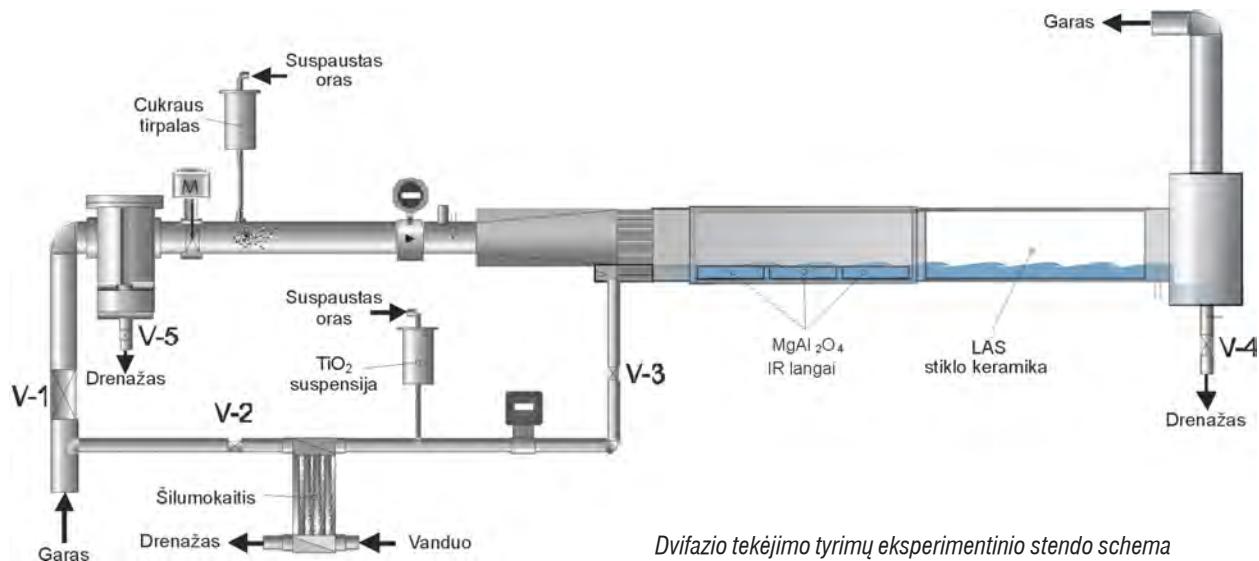


Neutronų šaltinio biologinės apsaugos maketas ir gama dozių pasiskirstymo žemėlapis

## 5. KONDENSACIJOS PLIŪPSNIO TYRIMAI

2012 m. pradėtas biudžeto lėšomis finansuotas darbas **Besikondensuojančios dvifazės tékmés greičių lauko tyrimas horizontaliame stačiakampiame kanale**. Pirmaisiais vykdymo metais atliki šie darbai:

- 1) Atliki besikondensuojančios dvifazės tékmés vandens temperatūros profilių priklausomybės nuo kondensacijos intensyvumo matavimai IR radiometrijos metodu. Išaiškinti metodo privalumai ir apribojimai. Išanalizavus gautus rezultatus ir siekiant geresnio matavimų tikslumo, palyginamumo bei platenės vandens tékmés apimties suplanuota ir įvykdyta eksperimentinio stendo rekonstrukcija.
- 2) Greičių laukui matuoti parinkta, įsigyta, išbandyta ir pradėta naudoti 3D-LDV įranga. Eksperimentinis kanalas rekonstruotas suderinus optines bei mechanines langų medžiagos savybes bei pritaikant didžiausiai įmanomai tékmés apžvalgai LDV detektoriais. Realaus eksperimento sąlygomis nustatyta papildomo šviesą atspindinčių dailelių sėjimo į garo ir vandens tékmės būtinybę ir parinkti sėjimo metodai.
- 3) Medžiagų koncentracijos profiliams matuoti parinkta, įsigyta ir realiomis eksperimento sąlygomis išbandyta RAMAN spektroskopijos įranga.
- 4) Dvifazės besikondensuojančios tékmés modeliavimui parinkta, įsigyta, į superkompiuterį įdiegta ir pradėta naudoti ANSYS CFD Research programinė įranga.



Dvifazio tekėjimo tyrimų eksperimentinio stendo schema



*Temperatūros lauko matavimas IR radiometrijos metodu*



*3D LDV įranga*

## 6. GERIAUSIO ĮVERČIO METODOLOGIJOS TAIKYMAS

2012 m. buvo užbaigtas trejų metų trukmės LR biudžeto subsidijų lėšomis finansuojamas darbas ***Procesų sudėtinėse, gamtinėse ir socialinėse sistemos analizė, taikant geriausio įverčio metodologiją***. Šiame darbe taip pat dalyvauja Hidrologijos ir Energetikos kompleksinių tyrimų laboratorijų mokslininkai.

Kuriant skaitinius modelius, nusakant modeliuojamo objekto kraštines sąlygas bei parametru kitimo ribas, neapsieinama be matavimo rezultatų ir ekspertinių vertinimų, turinčių savo paklaidas. Net naudojant moderniausiems metodams ir programams paketus neįmanoma išvengti neapibrėžtumų dėl modeliavimų paklaidų. Šiemis neapibrėžtumams įvertinti branduolinėje energetikoje, atliekant avarijų analizę, yra taikoma vadinamoji „geriausio įverčio“ metodologija. Ši branduolinėje energetikoje pri-gijusi metodologija gali būti taikoma ir kitokius fizikinius procesus aprašantiems modeliams (pvz., hidrologiniams), taip pat atliekant modeliavimo rezultatų, gautų socialiniuose (pvz., energetikos ekonomikoje) moksluose, analizę. LR biudžeto subsidijų lėšomis finansuojamo

darbo tikslas buvo neapibrėžtumų analizės metodologijos taikymas techninių ir socialinių mokslo srityje bei atliekant hidrologinių procesų modeliavimą. Galutinėje darbo ataskaitoje pademonstruotas geriausio įverčio metodologijos tinkamumas ne tik modeliuoti branduolinio kuro rinklėse ir reaktoriuje sunkiųjų avarijų metu vykstančius procesus, bet ir taikant jautrumo ir neapibrėžtumo analizės metodus hidrologiniam modeiliams kalibruti, vandens telkiniių balansui skaičiuoti bei atliekant centralizuoto šildymo raidos Kauno mieste analizę bei tiriant biokuro naudojimo socialinius ir ekonominius efektus.

Atliekant skaitinius tyrimus techninėse sistemos, daugiausiai dėmesio buvo skirta tiriant procesus, vykstančius branduoliniuose reaktoriuose sunkiųjų avarijų metu. Tuo tikslu geriausio įverčio programų paketais RELAP/SCDAPSIM ir ASTEC bei jautrumui ir neapibrėžtumui įvertinti skirtomis kompiuterinėmis programomis SUSA bei SUNSET buvo sumodeliuoti PHEBUS ir QUENCH eksperimentiniuose stenduose vykdyti eksperimentai. Atlikta geriausio įverčio analizė parodė, kad RELAP/SCDAPSIM ir ASTEC, įvertinant naudotus fizikinių ir programų paketo parametru neapibrėžtumus, gali modeliuoti pagrindinius

sunkiųjų avarijų metu kure vykstančius procesus. Nustatyti skirtingų programų paketu taikymo ypatumai.

Geriausio įverčio metodologijos taikymo, ieškant optimalių energetinių sistemų sprendinių, geras pavyzdys būtų biokuro panaudojimo šilumai gaminti Kauno mieste galimybių analizė. Pa-prastai tokia analizė Energetikos kompleksinių tyrimų laboratorijoje vykdoma sukurtu modeliu atliekant daug variantinių skaičiavimų ir po to iš jų išrenkant optimaliausius rezultatus. Tačiau dėl nagrinėjamo uždavinio kompleksišumo labai didelio variantų skaičiaus generavimas ir analizė yra problemiški, kadangi užtrunka daug laiko. Šiame darbe, panaudojus statistikos metodų programų paketą SUSA ir „tikslo funkcija“ pasirinkus diskontuotas bendrasias šilumos gamybos sąnaudas, pakako tik trijų priartėjimų norimam rezultatui pasiekti. Atsižvelgiant į parametru įtaką, buvo susiaurintos parametru ribos, artėjant prie parametru reikšmių, atitinkančių mažesnes sąnaudas. Priartėjimo būdu pavyko rasti optimalesnius šilumos šaltinių įdiegimo metų ir galios reikšmių rinkinius. Taigi, pasitelkus geriausio įverčio metodologiją (neapibrėžtumų ir jautrumo analizę) buvo atliktas kryptinės neapibrėžtumų mažinimas, lemian-

tis optimalesnio sprendinio nustatymą.

Modeliuojant hidrologinius procesus, taikant neapibrėžtumų ir jautrumo analizę galima įvertinti kalibravimo parametru reikšmingumą kiekvienam modeliavimo laikotarpio žingsniui. Todėl galima atlikti įvadinių parametrų jautrumo analizę pasirinktais hidrologiniais laikotarpiais per metus, nes vieni kalibravimo parametrai turi didesnę įtaką potvyniams ir poplūdžiams, o kiti parametrai – sausajam laikotarpiui. Kaip tokio modeliavimo pavyzdjį galima patiekti Merkio baseino hidrologinio modelio kalibravimą. Atliktu tyrimų rezultatai parodė, kad geriausio įverčio metodologijos dėka galima nustatyti, kurie modelio kalibravimo parametrai yra reikšmingiausi skirtingais laikotarpiais ir kokią įtaką jie turi modeliavimo rezultatams. Tai palengvina hidrologinių modelių kalibravimo procesą.

## 7. ENERGIJOS TIEKIMO SAUGUMO VERTINIMAS

2012 m. pradėtas naujas biudžeto subsidijomis finansuojamas 3 metų trukmės mokslinis tyrimas **Ypatingos svarbos energetikos infrastruktūrų vertinimo metodų kūrimas ir taikymas**. Pagrindinis darbo tikslas – sukurti ypatingos svarbos energetikos infrastruktūrų kritiškumo tikimybinius vertinimo metodus ir pritaikyti juos Lietuvos energetikos sistemai. 2012 m. atlikta metodų ir priemonių, kurie yra naudojami ypatingos svarbos infrastruktūrai modeliuoti ir vertinti, literatūros apžvalga, pateiktas šių metodų ir priemonių klasifikavimas.

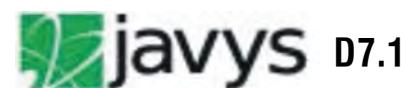
## 8. DALYVAVIMAS AE EKSPLAATACIJOS NUTRAUKIMO PROJEKTUOSE LIETUVOS IR SLOVAKIOJE

2012 m. buvo tęsiami projekto **Ignalinos AE V1 pastate esančios įrangos dezaktyvacijos ir išmontavimo**

**projekto (B9-2) rengimas** darbai. Ši projektą vykdo Babcock (Jungtinė Karalystė), LEI, Nukem Technologies GmbH (Vokietija) ir Ansaldo (Italija) konsorciumas. Pagrindinis projekto tikslas – parengti optimalią IAE V1 pastate esančių reaktoriaus dujų kontūro, išmetamų dujų išvalymo sistemos, reaktoriaus remontinio aušinimo bakų sistemos, ventiliacijos sistemų ir reaktoriaus avarinio aušinimo sistemos įrangos išmontavimo ir dezaktyvacijos strategiją bei visą projektui įvykdysi reikalingą projektinę ir saugos pagrindimo dokumentaciją, taip pat suteikti paramą Užsakovui projekto licencijavimo bei įdiegimo metu. 2012 m. laboratorijos darbuotojai baigė rengti Darbo projekto dokumentus, kurie buvo suderinti su Užsakovu. Projekte B9-2 buvo numatyta galimybė teikti paramą IAE, atliekant projekto įdiegimo darbus. Tačiau IAE nusprendė nepasinaudoti šia galimybe ir neprasyti Rangovo (konsorciumo) pagalbos projekto įdiegimo etape. Kaip pripažino IAE, tai rodo Užsakovo pasitikėjimą darbu, atliktu ankstesniuose etapuose, rengiant projekto dokumentaciją bei ją derinant su VATESI. IAE specialistai naudodamiesi paruoštais dokumentais sėkmingai pabaigė pastato V1 paruošiamuosius darbus.

2012 m. buvo tęsiami darbai pagal kontraktą su GNS (Gessellschaft für Nuklear-Service mbH, Vokietija) **Panaudoto branduolinio kuro konteinerių pagalbinių aptarnavimo sistemų modifikacijos arba pakeitimas IAE panaudoto kuro baseinų salėse**. Darbas vykdomas bendradarbiaujant su AB TECOS bei mašinų gamykla AB ASTRA. Projekto vykdymo metu numatoma pagaminti ir IAE kuro baseinų salėse sumontuoti 6 amortizatorių (po tris skirtingus amortizatorių kiekviename IAE bloke) bei kita panaudoto branduolinio kuro konteinerių aptarnavimo įrangą. Pagrindinių šios įrangos komponentų, amortizatorių paskirtis – absorbuoti energiją branduo-

liniu kuru užpildyto konteinerio avarinių kritimų ir žemės drebėjimo atvejais ir užtikrinti, kad apkrovos pastato ir konteinerio konstrukcijoms neviršys leistinų reikšmių. 2012 m. buvo tobulinama amortizatorių konstrukcija, parenkant optimalius pagrindinių absorbuojamą energiją priimančių komponentų (vamzdžių) parametrus. Inicijuota bandomoji vamzdžio gamyba mašinų gamykloje AB ASTRA, siekiant patikrinti reikiama sie nelės storio ir skersmens vamzdžių gamybos galimybes ir pagaminto vamzdžio charakteristikų tikslumą.



## V1 AE pirmonio kontūro įrangos išmontavimo ir dezaktyvacijos galimybių studija

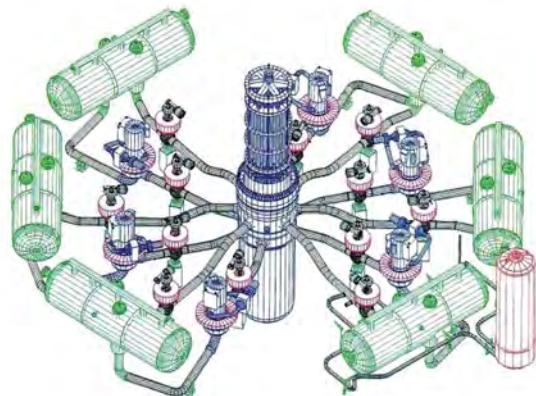
Pagal Slovakijos V1 atominės elektinės dviejų blokų įrangos dezaktyvacijos ir išmontavimo programą 2012 m. LEI, kartu su UAB Specialus Montażas-NTP ir VNIAES (Rusija), pradėjo šią galimybių studiją, kurios pagrindiniai tikslai:

- išanalizuoti, parengti bei pagrįsti pirmonio kontūro įrangos (reaktoriaus korpuso bei vidinių konstrukcijų, pagrindinio aušinimo kontūro vamzdynų ir siurblių, garo generatorių, vandens talpyklų, reaktoriaus biologines apsaugos ir t. t.) dezaktyvacijos bei išardymo variantus;
- vadovaujantis pateiktomis alternatyvomis paruošti pasiūlymus esamų V1 AE bei Mochovce paviršinės saugyklos saugos pagrindimo ataskaitų atnaujinimams.

Laboratorijos darbuotojai šiame darbe dalyvauja parenkant pirmonio kontūro įrangos dezaktyvacijos ir išardymo variantus, atlieka Slovakijos bei TATENA normatyvinių dokumentų analizę bei ruošia pasiūlymus esamų saugos pagrindimo ataskaitų atnaujinimams.



Bendras V1 AE reaktorių salės vaizdas



Pirminio kontūro sistemų 3D modelis

2012 m. paruošti bei su Užsakovu suderinti pradiniai projekto dokumentai, darbų vykdymo metodologija, projekto kokybės bei rizikų valdymo planai. Taip pat Užsakovo peržiūrai buvo pateikta V1 AE pirminio kontūro įrangos ir Slovakijoje galiojančios atliekų tvarkymo sistemos įvertinimo ataskaita.

## 9. KITI PROJEKTAI



**Produktų ir procesų projektavimas aplinkos intelektu paremtiems energetiškai taupiems gamybiniams įrenginiams**

2012 m. laboratorijos mokslo darbuotojai intensyviai tėsė tyrimus ES 7 BP mokslinių tyrimų, technologinės plėtros ir demonstracinių veiklos programos tarptautiniame projekte **Product and Process Design for Aml Supported Energy Efficient Manufacturing Installations (DEMI)**, kuris yra skirtas produktų ir procesų projektavimui aplinkos intelektu (Ambient Intelligence – Aml) paremtiems energetiškai taupiems

gamybiniams įrenginiams. Projeketas vykdomas kartu su 8-iais partneriais iš 7-ių ES šalių. Projekto koordinatorius – Ispanijos technologinių tyrimų centras *Tecnalia*. LEI projekto koordinuoją *Efektyvaus energijos naudojimo tyrimų ir informacijos centras*.

Projekto įgyvendinimo laikotarpis 2010–2013 m. Pagrindinis projekto tikslas yra papildyti esamas produkų ir procesų projektavimo sistemas naujomis funkcijomis, kurios leistų inžinieriams projektuoti energetiškai efektyvius ir ekologiškai optimalius gamybinius procesus. Kartu šios funkcijos leistų išplėsti stebėsenos ir sprendimų priėmimo galimybes jau suprojektuotiems ir įdiegtiems procesams. Visa tai padėtų minimizuoti/optimizuoti gamybinų procesų ir įrenginių poveikį aplinkai visą jų gyvavimo laikotarpi. Kad produktai ir paslaugos būtų energetiškai efektyvūs, gamintojai nemažai investuoja, tačiau iki šiol vis dar trūksta informacinių ir komunikaciinių technologijų (IKT) pagrindu sukurtų sistemų/priemonių, kurios patobulintų produkų ir procesų projektavimą atsižvelgiant į energijų efektyvumą.

Vienas pagrindinių uždavinii optimizuojant gamybinų procesų energijos sąnaudas (projektavimo metu) – nustatyti ir pagerinti tų procesų energijos vartojimo charakteristikas. Tai galima pasiekti projektuojant aplinkos intelektu (intelektualiomis IKT priemonėmis) pa-

remtus gamybinius procesus. Toks projektavimas leistų vykdyti ir energinio efektyvumo kontrolės funkcijas.

Ivykdžius projektą, numatoma sukurti bendrają metodiką ir esamoms projektavimo sistemoms lengvai pritaikomus tokius IKT komponentus:

- Energinių sąryšių selektorius (angl. *Energy Dependency Selector*), skirtą ikiprojektinei analizei ir leidžiantį pasirinkti įrenginį (įtaisą), kuris atitiks ir gamybinius, ir energinio efektyvumo reikalavimus visą projektuojamo proceso ar produkto gyvavimo ciklą. Tuo tikslu bus taikoma TRIZ metodika (rus. k. santrumpa, verčiama kaip išradybinių uždaviniių sprendimo teorija) ir eko-projektavimo principai.
- Energijos stebėsenos sistemą (angl. *Energy Monitoring Setup*), skirtą projektuoti ir parinkti aplinkos intelektu paremtas technologijas ir kitas matavimo sistemas, užtikrinančias įdiegto gamybinio proceso energijų efektyvumą.
- Energijos analizatorių, vykdantį gamybinio proceso ir įrangos energinio efektyvumo optimizaciją.
- Energijos simuliatorių, skirtą modeliuoti gamybinų procesų ir įrangos projektavimo variantus ir įvertinti jų energijos sąnaudas.

Projekto metu esamas produktų gamybos ir gamybinų procesų projek-

tavimo sistemas numatoma papildyti minėtais IKT komponentais. Tokiomis papildytomis projektavimo sistemomis gauti sprendiniai bus patikrinti naudojant realių gamybinių procesų duomenis. Naujų procesų projektiniai sprendimai turėtų užtikrinti bent 15 % mažesnes energijos sąnaudas.

Pagal antrujų metų projekto vykdymo programą, 2012 m. buvo išplėtotas DEMI projekto IKT komponento *Energy Simulator* laboratorinis ir ankstyvasis prototipai bei įgyvendintas visus numatytaus uždaviniaus sprendžiantis galutinis prototipas. Taip pat šiais metais taikant (bei iš dalies modifikuojant) suspausto oro sistemos projektavimo ir modeliavimo koncepciją buvo baigtas kurti plieno konstrukcijų apdirbimo procese suvarojamos energijos vertinimo modelis. Tokiu būdu realizuojant ne tik suspausto oro, bet ir kitų sistemų, modeliavimą siekiama išlaikyti vieningą modelio konfigūravimo bei reikalingų duomenų struktūrą.

Pritaikius turimą hibridinių sistemų modeliavimo patirtį ir įsisavintas naujas IKT galimybes buvo išplėtota universal, gamyboje taikomai sistemai projektuoti skirta, programinė įranga ir su ja susiję modeliavimo metodai. Šios modeliavimo ir energijos sąnaudų vertinimo priemonės veikia atsižvelgiant į *Energy Analyzer* distanciniu būdu nustatomą sistemos konfigūraciją, projektavimo reikalavimus ir kraštines sąlygas. Skirtingą sistemas ir joje vykstančių procesų kintamujų (pvz., oro slėgio ir srauto) kontrolę bei skirtingas darbo sąlygas (pvz., suspausto oro vartojimą) atspindintys sistemas modeliai sudaromi naudojant MATLAB (Simulink ir SimScape) programinę įrangą bei taikant sukurtas automatino modeliavimo ir energetinių sąnaudų vertinimo priemones.

Atsižvelgiant į projekto darbų planus 2012 m. LEI buvo vykdytos tokios veiklos:

- Energijos simuliatoriaus galutinio prototipo įgyvendinimas, apimantis:

- DEMI IKT ir pramonės metodologijos sudarymą;
- Energijos suvartojimo modeliavimą.
- IKT integravimas, testavimas ir vertinimas, apimantis:
  - Išbandymą ir taikymo scenarijų aprašymą;
  - Taikymo scenarijų vertinimą.
- Demonstratorių rengimas, apimantis:
  - Plastikinių gaminių aušinimo modeliavimo demonstravimą;
  - Metalo terminio apdirbimo modeliavimo demonstravimą;
  - Suspausto oro sistemų modeliavimo demonstravimą.
- Eksplotatavimo ir sklaidos rengimas bei projekto vadyba.

Atsižvelgiant į DEMI projekto vieną iš tikslų – DEMI programinės įrangos sukūrimą, šio projekto veikloje itin daug dėmesio skiriama bendradarbiavimui skatinti ir naujiems metodams bei programinei įrangai ir jos taikymo metodams plėtoti. Dabar tiniųje projekto fazėje LEI tyrėjai dalyvaudami su projektu susijusioje veikloje (darbas kuriant programinės įrangos prototipus) taip pat gali prisidėti prie naujų informacinių technologijų ar kitų inovaciinių projektų rengimo.

#### ***Dekompozicijos metodo taikymo sudėtingų tinklų analizėje galimybių studija***

2012 m. LEI toliau buvo tęsiami tyrimai ypatingos svarbos infrastruktūrų (YSI) rizikos ir pažeidžiamumo vertinimo srityje. Šioje tematikoje pagal EK Jungtinių tyrimų centro Energetikos ir transporto instituto (EC JRC IET) ir LEI sutartj atlikta ***Dekompozicijos metodo taikymo sudėtingų tinklų analizėje galimybių studija***. Daugelis ypatingos svarbos infrastruktūrų, ypač energetikos sektoriuje, yra sudėtingos tinklinės sistemas (pvz., elektros, dujų ar naftos transportavimo ir skirstymo sistemas). Tokių kompleksinių sistemų analizė dėl

jos apimties yra itin sudėtinga ir reikalaujanti daug žmogiškųjų ir techninių išteklių. Vienas galimų šio tipo problemos sprendimų būdą yra dekompozicijos metodo taikymas, kuomet problema išskaidoma į paprastesnius uždavinius pagal tam tikras taisykles ir gauti rezultatai vėliau apibendrinami gaunant pradinio uždavinio rezultatą. Šios galimybų studijos metu įvertintos dekompozicijos metodo taikymo kompleksinių tinklų analizėje galimybės bei šio metodo privalumai ir trūkumai. Taip pat pateiktas pavyzdys, rodantis galimą metodo taikymą didelio dujų transportavimo tinklo patikimumui vertinti.

### **10. MOKSLININKŲ RENGIMAS IR MOKSLO REZULTATŲ SKELBIMAS**

2012 m. doktorantūroje studijavo 11 Branduolinių įrenginių saugos laboratorijos doktorantų. Jaunieji tyrėjai kartu su patyrusiais mokslininkais 2012 m. gautus tyrimų rezultatus pateikė mokslo tyrimų ataskaitose, 42 moksliniuose straipsniuose (iš jų 17 leidinių, esančių Mokslišnės informacijos instituto sąraše), mokslinėse konferencijose perskaityti 36 pranešimai. Laboratorijos darbuotojai dalyvavo branduoline temoje vykusiuose renginiuose ir perskaitė pranešimus pagrindinėse tarptautinėse konferencijose, kuriose buvo nagrinėjama saugi branduolinių jėgainių eksploatacija ir jose vykstantys fiziniai reiškiniai. Mokslininkai aktyviai dalyvavo įvairiose tarptautinėse ir Lietuvoje vykusiose mokymo programose, TATENA seminaruose, komitetų posėdžiuose ir koordinaciniuose susitikimuose, termobranduolinės sintezės energetikos (FUSION) plėtros komitetų ir kitų organizacijų bei mokslo junginių veikloje.

**Dr. Sigitas RIMKEVIČIUS**  
Branduolinių įrenginių saugos  
laboratorijos vadovas  
Tel.: (8 37) 401 924  
El. paštas: [sigis@mail.lei.lt](mailto:sigis@mail.lei.lt)

# ENERGETIKOS KOMPLEKSINIŲ TYRIMŲ LABORATORIJA

## PAGRINDINĖS LABORATORIJOS TYRIMŲ KRYPTYS:

- makroekonomikos plėtros scenarijų analizė, energijos poreikių modeliavimas ir prognozavimas;
- vidutinės ir ilgalaikės trukmės energijos tiekimo scenarijų analizė, taikant plačiai aprobuotus optimizacinius modelius;
- energetikos įtakos aplinkai vertinimas, teršalų mažinimo technologijų analizė ir aplinkosaugos politikos diegimas;
- energetikos vadybos ir rinkodaros tyrimai;
- atsinaujinančių energijos išteklių paramos priemonių efektyvumo tyrimai;
- energetikos restruktūrizavimo ir liberalizavimo patirties ES ir Vidurio bei Rytų Europos šalyse apibendrinimas ir taikymas vykdant reformas Lietuvos energetikos sektoriuje;
- energetikos informacinės sistemos kūrimas, Lietuvos ir užsienio šalių statistinių energetikos raidos duomenų kaupimas.

Baigto biudžeto subsidijomis finansuojamo mokslo tiriamojo darbo **Daugiakriterinio sprendimų priėmimo modelio sukūrimas ir taikymas Lietuvos energetikoje** galutinėje ataskaitoje patobulinta daugiakriterinio sprendimų priėmimo energetikos sektoriuje metodika. Pateikta daugiakriterinio sprendimų priėmimo energetikoje paramos modelio koncepcija ir nuosekli daugiakriterinio sprendimų priėmimo energetikos sektoriuje metodika, aprašanti tyrimo etapus, uždavinius ir tyrimo rezultatus bei jų tarpusavio ryšius. Parengta metodika leidžia įvairiapusiškai įvertinti tarpusavyje susijusius sprendimus energetikos sektoriuje, atsižvelgiant į šio sektorius plėtros strateginius prioritetus. Taip pat parengtas kompiuterinis daugiakriterinio sprendimų priėmimo modelis, kuris gali būti taikomas Lietu-

vos energetikos sektorius raidai analizuoti. Šis modelis taikytas elektros energetikos sistemai, atliekant esamų objektų lyginamąjį analizę, paremtą rinkos vertės nustatymu. Sukurtam modeliui realizuoti pasirinkti elektros energetikos sistemos objektai, taikantys skirtinges energijos gamybos technologijas ir skirtinges pirminės energijos išteklius: Lietuvos elektrinė (energijai gaminti naudojanti importuojamą iškastinį kurą), Kauno hidroelektrinė (gaminanti elektrą iš atsinaujinančių energijos išteklių), Kruonio hidroakumuliacinė elektrinė ir Klaipėdos geoterminė jégainė (energijai gaminti naudojanti iškastinį kurą ir atsinaujinančius energijos išteklius).

Pagal parengtą metodiką sukurtos trys kompiuterinės daugiakriterinio sprendimų priėmimo paramos sistemas energetikos sektorius įmonių aplinkos

veiksnių poveikio vertei nustatyti. Jos pagrįstos skirtingomis daugiakriterinio sprendimų priėmimo priemonėmis: ESIAPVN-SPS, EGTAV-SPS, EGT-SELECT-SPS. Pagrindinis sukurtų sistemų privalumas – jos leidžia nešališkai ir įvairiapusiškai išanalizuoti technologijas, nustatyti kiekvienos jų pranašumus ir trūkumus, taip pat juos lemiančių veiksnių reikšmingumą. Išanalizavus pagrindinių elektros energijos gamybos technologijų vertinimo rezultatus, nustatyta, kad taikant skirtinges daugiakriterinio sprendimų priėmimo paramos sistemas, gauti rezultatai praktiskai yra identiški.

Vykstant mokslo tiriamajį darbą, podoktorantūros studijoms buvo priimta dr. J. Šliogerienė, kuri laimėjo Lietuvos mokslo tarybos konkursą podoktorantūros stažuotei *Energijos gamybos*

*technologijų vertinimo intelektinės sprendimų paramos sistemos kūrimas* tema. J. Šliogerienė savo podoktorantūros stažuotės metu tiesiogiai prisidėjo vykdant mokslo tiriamajį darbą **Daugia-kriterinio sprendimų priėmimo modelio sukūrimas ir taikymas Lietuvos energetikoje**, kuriant daugiakriterinio sprendimų priėmimo modelį, realizuojant kompiuterines sprendimų paramos sistemas bei jas pritaikant sprendimų priemimui Lietuvos energetikos sektoriuje.

Baigtas biudžeto subsidijomis finansuotas mokslo tiriamasis darbas **Procesų sudėtingose techninėse, gamtinėse ir socialinėse sistemoje analizė, taikant geriausio įverčio metodologiją**, vykdytas kartu su Branduolinių įrenginių saugos bei Hidrologijos laboratorijomis. Microsoft Excel aplinkoje sukurtas specialus modelis suteikė galimybę generuoti šilumos gamybos šaltinių plėtros variantus automatiškai, taikant ilgo laikotarpio analizės modulį. Tai realizuota šilumos gamybos šaltinių įdiegimo metus bei jų galias generuojant kaip atsitiktinius skaičius iš anksto numatytose ribose. Ieškant racionalių biokuro panaudojimo šilumai gaminti Kauno mieste krypčių, šis metodas taikytas modeliuojamų šilumos šaltinių įdiegimo metų ir galios rodikliams nustatyti, automatiškai generuojant variantus, iš kurių pagal tikslų funkciją atrenkami geriausi. Pateiktuose skaičiavimuose tikslų funkcija atitinka diskontuotų bendrijų šilumos gamybos sąnaudų sumą. Todėl prioritetas teikiamas ekonominiui pozūriui efektyviausiemis sprendimams.

Praktinis modelio taikymas parodė, kad dėl nagrinėjamo uždavinio apimties tenka generuoti labai daug variantų, o jų analizė užtrunka daug laiko. Siekiant supaprastinti skaičiavimo ir rezultatų analizės procedūras, buvo naudojama SUSA programinė įranga, kuri paprastai taikoma atliekant geriausio įverčio metodu pagrįstą analizę. Šiame darbe buvo

taikytai geriausio įverčio metodologijos metodai ir taip buvo supaprastintas bei pagreitintas racionalių šilumos šaltinių raidos krypčių nustatymo procesas.

Tyrimams buvo panaudotas aukštų kuro kainų ir sąlyginai pastovių šilumos poreikių scenarijus. Kadangi variantai generuojami atsitiktiniai skaičiai, kai kuriuose jų numatytos šilumos šaltinių įrengtosios galios yra nepakankamos, kad būtų galima patenkinti šilumos poreikius piko metu. Siekiant supaprastinti analizę, buvo įvesta papildoma fiktyvi technologija, kuri trūkstamą galios poreikį patenkina didele kaina (9,99 Lt/kWh). Šią technologiją galima interpretuoti kaip nepatogumą, patirtų dėl nepakankamos šilumos gamybos apimties, kainą, arba kaip pakankamai didelę šilumos kainą, kuri galėtų pritraukiti investicijas į papildomą šilumos gamybos šaltinių.

Šiame darbe pritaikyta Vokietijos kompanijos GRS metodika ir statistikos metodų programų paketas SUSA. Metodika pasirinkta dėl šių priežasčių:

- 1) skaičiavimų kiekis nepriklauso nuo tiriamų parametrų kiekiui, o visi parametrai kinta atsitiktinai, atsižvelgiant į nurodytas pasiskirstymo ribas ir dėsnį. Taip galima ištirti daugiau parametrų, nes nereikia iš anksto atrinkti, kuris parametras gali būti labiau svarbus, o kuris ne tokis svarbus;
- 2) ši metodika įvertina parametrų neapibrėžtumų jautrumą galutiniams rezultatams, o tai leidžia ranguoti parametrus ir nustatyti, kur reikia didinti tikslumą (tai ypač aktualu tobulinant modelį), norint gauti siauresnes galutinių rezultatų neapibrėžtumų ribas;
- 3) GRS neapibrėžtumų skaičiavimo metodika nuo kitų skiriasi tuo, kad rangavimas yra analizės rezultatas, o ne iš anksto nustatytas. Tai leidžia analizuoti tiek vieną pradinę reikšmę turinčių parametrų, tiek reikš-

mių aibę (laiko funkciją) turinčių parametrų neapibrėžtumus ir jautrumą;

- 4) skaičiavimų kiekis priklauso nuo reikiamas statistinių tolerancijos ribų tikimybės ir reikiama pasikliautinumo intervalo, o reikiamas mažiausias skaičiavimų kiekis apskaičiuojamas pagal Wilkso formulę.

Šilumos šaltinių įdiegimo metai ir galios ribos buvo traktuojamos kaip potencialiai galimi neapibrėžtumai, turintys įtakos modeliavimo rezultatams. Modeliavimo rezultatas šiuo atveju yra anksčiau minėta tikslų funkcija – diskontuotų bendrijų šilumos gamybos sąnaudų suma. Kuo gamybos sąnaudos mažesnės, tuo šis šilumos šaltinių įdiegimo metų ir įrengtųjų galių rinkinys yra artimesnis optimaliam. Priimta, kad visos parametrų kitimo vertės pasirinktuose intervaluose yra vienodai tikėtinos ir parametrų pasiskirstymo dėsnis intervale – diskretus. Naudojantis programų paketu SUSA, buvo sugeneruoti šių šaltinių įdiegimo metų ir įrengtųjų galių rinkiniai (parinktų parametrų aibės). Analizei su dvipuse statistinės tolerancijos riba (gaunamų analizės rezultatų tolerancijos riba sunė 95 % tikimybė, priimant mažiausiai 95 % pasikliautinumo intervalą), pagal Wilkso formulę, reikia atligli ne mažiau kaip 93 skaičiavimus su skirtiniais parametrų rinkiniais. Realiai, pasinaudojant SUSA paketu buvo sugeneruota 100 parametrų rinkinių, o taikant 31 laboratorijoje sukurtą modelį, kiekvienam iš jų buvo surastos tikslų funkcijos – diskontuotų bendrijų šilumos gamybos sąnaudų sumos. Pirmuoju prioritetiniu nustatyta, kad suminės diskontuotos sąnaudos sistemoje 2010–2030 m. kinta nuo 2,49 iki 3,59 mlrd. Lt.

Paketas SUSA leidžia nustatyti atskirų parametrų Spirmeno ranginį koreliacijos koeficientą, t. y. leidžia ištirti į modelį įvedamų parametrų (šilumos šaltinių įdiegimo metų ir įrengtųjų galių)

įtaką modeliavimo rezultatams (tikslo funkcijai). Spirmeno ranginis koreliacijos koeficientas rodo bendrą suminę konkretaus parametru ir jo sąveikos su kitais parametrais įtaką nagrinėjamam rezultatui. Nustatyta, kad parametru įtaka yra skirtingu dydžiu ir yra tiek teigama, tiek neigama. Kuo didesnė absolютinių dydžių parametru jautrumo koeficiente reikšmė, tuo tas parametras yra svarbesnis ir turi daugiau įtakos modelio rezultatui. Pagal šį tyrimą buvo atrinkti daugiausiai įtakos tikslo funkcijai turintys parametrai: KTE KCDTE galia, šilumos tiekimo trasa iš Lietuvos elektrinės, KTE dujų turbininės TE galia, dujinių katalių, kuriuos planuoja statyti *Korelita*, *Filan*, galia ir pan. Siekiant gauti optimalų sprendimą (sumažinti sumines diskontuotas sąnaudas šilumos tiekimo sistemoje), pirmiausia reikia atkreipti dėmesį į parametrus, turinčius daugiausiai įtakos. Atrinkus šilumos šaltinių įdiegimo metų ir galių rinkinius, kuriuos įgyvendinlus suminės sąnaudos būtų mažiausios, antrajame etape buvo susiaurinti daugiausiai įtakos tikslo funkcijai turinčių parametru kitimo intervalai. SUSU paketu buvo sugeneruota šimtas naujų parametru rinkinių visiems šiemis šaltinių įdiegimo metų ir galių rinkiniams. Suradus diskontuotų bendruju šilumos gamybos sąnaudų sumas šiemis parametru rinkiniams taikant laboratorijoje sukurtą modelį, buvo nustatyta, kad minimali diskontuotų sąnaudų sistemoje suma sumažėjo iki 2,397 mlrd. Lt. Dar labiau susiaurinus svarbiausių parametru ribas ir atlikus skaičiavimus šimtui dar kartą naujai sugeneruotų parametru rinkinių, minimali diskontuotų sąnaudų sistemoje suma sumažėjo iki 2,379 mlrd. Lt. Toks kryptingas neapibrėžtumų mažinimas leido nustatyti optimalų sprendinį.

Laboratorijos mokslininkų kvalifikacijai patvirtinti labai reikšmingas yra



Vartojimo maksimizavimas ar išlaidų ūkio padalinių plėtrai ir funkcionavimui minimizavimas iš dalies galėtų pakeisti socialinės gerovės rodiklio maksimizavimą.

Siekiant visuomeninės naudos ir į energetikos ūkį integruiant ateities technologijas, jų įdiegimo metu dažnai reikalingos paramos schemas atskiriems ūkio subjektams paskatinti, kad jie, tenkindami savus interesus, vykdymą veiklą pakreiptų visas visuomenės interesų tenkinimo linkme. Vykdant šį projektą, išsamiai išnagrinėta paramos schema taikymo kitose ES šalyse patirtis, išanalizuoti ES ir Lietuvos dokumentai, reglamentuojantys energetikos sektoriaus raidą. Optimalus ateities technologijų integravimas turi įvairiapusiai atspindėti visuomenės darnios raidos interesus, todėl parengtoje ataskaitoje išnagrinėtos ir daugiakriterinių sprendimų priėmimo mechanizmų panaudojimo galimybės ir taikymo sritis, išoriniai energetikos technologijų kaštai ir jų įvertinimo būdai.

Daugiausiai dėmesio šio projekto galutinėje ataskaitoje skiriama išsamiai matematiškai aprašyti hibridinj energetikos–ekonomikos modelį, sukurtų ir mokslinėje literatūroje skelbtų, bet energetikos sektoriaus modeliavimo praktikoje menkai tyrinėtų specifinių procesų (stochastinj darbo pobūdij turinčių technologijų, įrengimų modernizavimo ir konservavimo, energijos vartojimo efektyvumo didinimo, energijos vartotojų elgsenos, elastingu poreikiu ir kt.), vykstančių energetikos sektoriuje, matematinio modeliavimo sprendimų pateikimui, taip pat išsamiai aprašyti energetikos sektoriaus perspektyvinės raidos analizės matematinio modelio ir hibridinio energetikos–ekonomikos modelio bendro panaudojimo būdus. Darbo metu taip pat išanalizuotos išmaniju tinklų savybės, turinčios įtakos kitų ateities technologijų integravimui į energetikos sektorių, nagrinėjamos išmaniju tinklų

matematinio reprezentavimo energetikos sektoriaus perspektyvinės raidos analizės matematiniam modelyje galimybės. Sukurti ir išnagrinėti modeliavimo metodai, surinkta ir apibendrinta nemaža dalis tokiai analizei reikalingos įvairiapusiškos informacijos.



ŠVIETIMO  
IR MOKSLO  
MINISTERIJA

2012 m. pradėta ilgalaikių institucinių moksliinių tyrimų ir eksperimentinės (socialinės, kultūrinės) plėtros programa ***Energetikos sektoriaus plėtros ekonominė ir darnumo analizė***, kuri bus vykdoma kartu su Regionų energetikos plėtros ir Sistemų valdymo ir automatizavimo laboratorijomis.

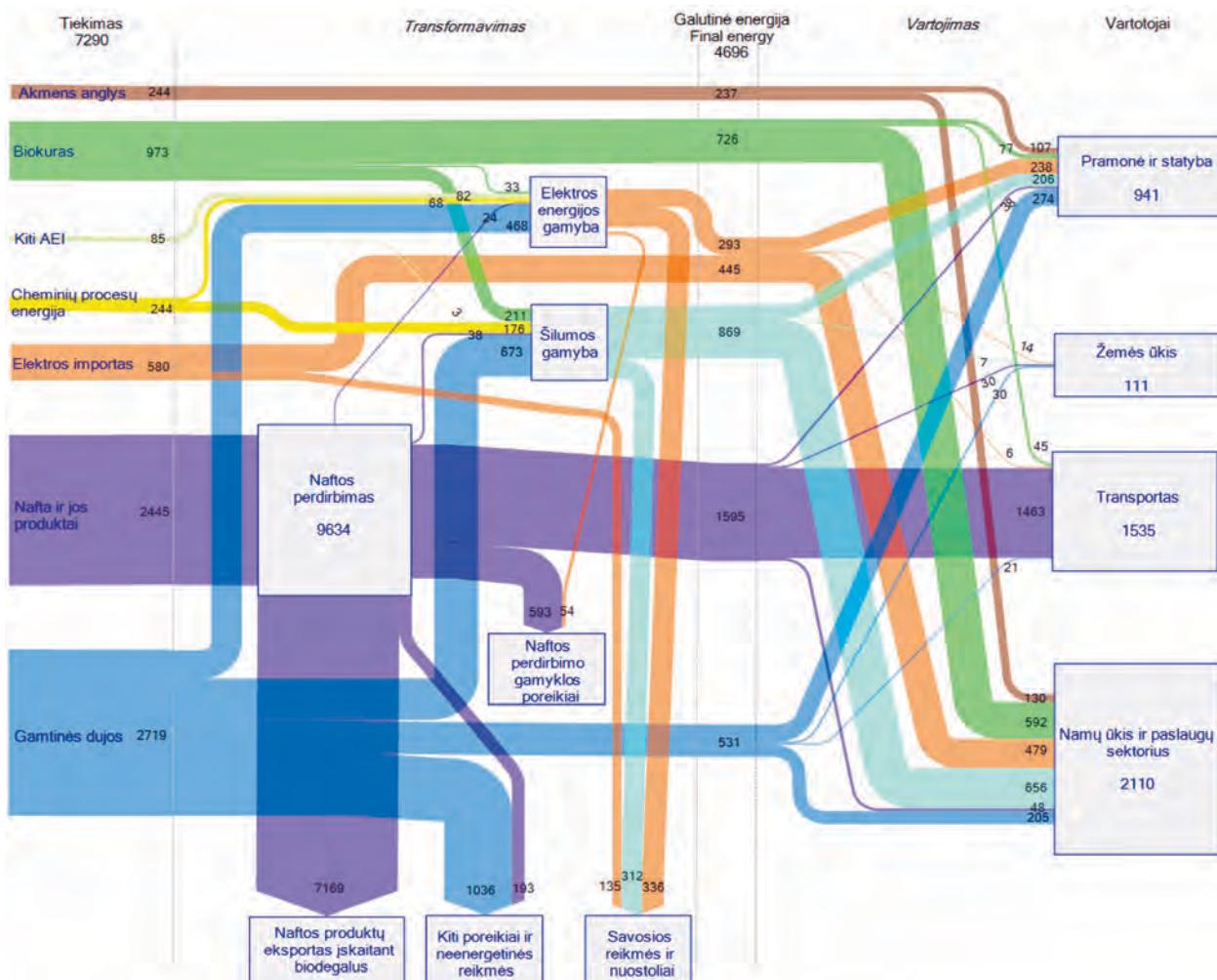
Ilgalaikėje programe keliamas ambicingas tikslas išspręsti šiuos uždavinius:

- 1) suformuoti energetikos harmoninės pažangos teoriją darnios raidos ir žiniomis grindžiamos ekonomikos koncepcijų sasajų pagrindu;
- 2) išnagrinėti Lietuvos energetikos sektoriaus perspektyvinės raidos galimybes ir parengti rekomendacijas dėl racionalių perspektyvinės techninės energetikos sektoriaus raidos krypčių, kuro ir energijos balanso pokyčių, gamtosauginių veiksnių;
- 3) suformuoti metodinius pagrindus valstybės ir savivaldybių darnios energetikos plėtros skatinimo priemonių efektyvumo įvertinimui, įvertinti jau taikomų ir siūlomų tai-

kyti skatinimo priemonių efektyvumą;

- 4) ištirti Lietuvos elektros energetikos sistemos synchroninio darbo su ENTSO-E galimybes, atsižvelgiant į perspektyvinę generuojančių galų plėtrą.

Vykstant antrajį uždavinį, laboratorijos mokslo darbuotojai daugiausiai dėmesio skyrė įvairiapusiškai energetikos sektoriaus raidos kompleksinio modeliavimo bazei sukurti. Pirmajame tyrimų etape išryškinti reikšmingi pokyčiai Lietuvos energetikos sektoriuje, atlikta išsamiai Lietuvos, ES šalių ir didžiųjų pasaulio valstybių energetikos raidos tendencijų analizė, atnaujinta, papildyta ir susisteminta energijos poreikiams prognozuoti ir energetikos sistemų plėtrai optimizuoti reikalingų



Pagrindiniai Lietuvos kuro ir energijos srautai 2011 m.

energetinių, techninių ir ekonominių duomenų bazė.

Energetikos sektoriaus plėtros kryptims pagrįsti labai reikšmingi šie bendrieji vidaus ir globalūs pokyčiai: uždarius Ignalinos AE, kardinaliai pasikeitė apsirūpinimo pirminės energijos ištakelias ir elektros energija būdai; Lietuvos pirminės energijos balanse pagrindine kuro rūšimi tapo gamtinės dujos, kurias galima importuoti iš vienintelio šaltinio; ES aprobuotas Baltijos energijos rinkos jungčių planas iš esmės nubrėžė naujas gaires Lietuvos energetikos sistemų integracijai į Europos energetikos sistemas, bet naujų jungčių finansavimo šaltiniai ir įgyvendinimo terminai nėra vienareikšmiškai patvirtinti; labai aukštos šilumos ir elektros energijos kainos galutiniams vartotojams kelia daug socialinių problemų; labai griežtus reikalavimus Lietuvai kelia naujos ES direktyvos 2010/31/ES dėl pastatų energinio naudingumo, 2010/75/ES dėl pramoninių išmetamų teršalų ir 2012/27/ES dėl energijos vartojimo efektyvumo.

Pagal atliktą Lietuvos statistikos departamento duomenų bazėje esamų energetinių ir ekonominių rodiklių analizę, taip pat kitų Baltijos šalių ir tarptautinių organizacijų (Eurostat, Tarptautinės energetikos agentūros ir kt.) bazėse ir statistikos leidiniuose prieinamos informacijos palyginamąjį analizę, nustatyti rodiklių, kurie apibūdina darinią šalies energetikos sektoriaus plėtrą, kaitos tendencijas: Lietuvoje sparčiau nei daugelyje kitų ES šalių mažėja pirminės ir galutinės energijos intensyvumas, reikšmingai pakito ir atsinaujinančių energijos ištakelių vaidmenį apibūdinantys rodikliai (jų dalies pirminės energijos, bendrosiose elektros energijos ir bendrosiose galutinės energijos sąnaudose augimas).

Sékmingai vykdomas **Lietuvos mokslo tarybos** projektas **Šiltnamio**

**efektą sukeliančių duju emisijų mažinimo namų ūkiuose potencialo vertinimas Lietuvoje** (vadovė D. Štreimikienė), kuriame tiriamos energijos vartojimo ir šiltnamio duju emisijos namų ūkiuose bei nustatyti pagrindiniai socialiniai-ekonominiai ir technologiniai bei kultūriniai veiksnių, turintys įtakos šiltnamio duju emisijoms namų ūkiuose.

## MOKSLO TIRIAMIEJI DARBAI ŠALIES ŪKIUI

Pagal sutartį su **UAB Projekty centras** buvo vykdytas mokslo tiriamasis darbas **Klaipėdos uosto Smeltės pusiasalio ofšorinio suskystintų gamtinių duju terminalo plėtros plano atskirų dalių rengimas**. Vykdant šį mokslo tiriamajį darbą buvo atlikta Lietuvos energetikos sektoriaus esamos būklės analizė, parengtos perspektyvinių galutinės energijos poreikių prognozės, nustatyti gamtinių duju poreikiai įvertinant racionalius energetikos sektoriaus raidos scenarijus, išanalizuotas gamtinių duju vartojimo pasiskirstymas šalies teritorijoje; ataskaitoje taip pat pateikta gamtinių duju per davimo tinklų modeliavimo analizė, nustatyti suskystintų duju terminalo efektyvaus panaudojimo galimybės bei galimi duju tiekimo ribojimai.

Suskystintų gamtinių duju naudojimas neatsiejamas nuo dujotiekų infrastruktūros, todėl labai reikšminga šio darbo dalis skirta suskystintų gamtinių duju tiekimo režimams ir gamtinių duju per davimo tinklams modeliuoti bei techniniams režimams skaičiuoti. Sumodeliuoti esminiai esamos dujotiekų sistemos stiprinimo variantai (be tinklų stiprinimo, linijos Gargždai–Kuršėnai arba linijos Jurbarkas–Klaipėda stiprinimas) ir įvertintos tam reikalingos investicijos. Kompleksinis gamtinių duju tiekimo modeliavimas leido nustatyti šalies aprūpinto gamtinėmis dujomis, suskystintų gamtinių duju terminalų panaudojimo ir

apkrovų pasidalinimo galimybes, atsižvelgiant į gamtinių duju prognozuojamus poreikius ir tinklų stiprinimo scenarijus. Nustatyta, kad vietoj planuojamo 400 mm skersmens dujotiekio Jurbaršas–Klaipėda nutiesus 700 ar 800 mm skersmens dujotiekį, suskystintų gamtinių duju terminalo apkrovą būtų galima padidinti iki 4,2–4,6 mlrd. m<sup>3</sup> per metus. Šiuo atveju, net ir nutrūkus duju tiekimui iš Rusijos, iš suskystintų gamtinių duju terminalo būtų galima patenkinti visus šalies vartotojų poreikius.

Pagal sutartį su **Aplinkos ministreria** baigtas mokslo tiriamasis darbas **Nacionalinės išmetamų į atmosferą šiltnamio efektą sukeliančių duju 2010 m. apskaitos ekspertinė duomenų analizė energetikos sektoriuje**. Vykdant šį mokslo tiriamajį darbą, parengta Nacionalinė šiltnamio efektą sukeliančių duju inventoriacija energetikos sektoriuje pagal Europos Parlamento ir Tarybos sprendimo 280/2004/EB dėl šiltnamio efektą sukeliančių duju emisijos Bendrijoje stebésenos mechanizmo ir Kioto protokolio įgyvendinimo reikalavimus bei Tarpvyriausybinių klimato kaitos grupės metodologiją. Taip pat dalyvauta Jungtinių Tautų bendrosios klimato kaitos konvencijos sekretoriato ekspertų Lietuvos šiltnamio efektą sukeliančių duju apskaitos vertinimo peržiūroje. Už atliktą atsakingą darbą šios peržiūros metu dr. I. Konstantinavičiūtei buvo įteiktas aplinkos ministro G. Kazlausko padėkos raštas.

Pagal sutartį su **Aplinkos ministreria** atliktas mokslo tiriamasis darbas **Šiltnamio efektą sukeliančių duju nacionalinių emisijų rodiklių energetikos sektoriuje įvertinimas**. Lietuva, vykdama Jungtinių Tautų bendrosios klimato kaitos konvencijos (JTBKKK), Kioto Protokolo bei ES Direktyvų 280/2004/EB ir 2005/166/EB reikalavimus, turi periodiškai, t. y. kiekvienais metais, pateikti na-

cionalinę visų šiltnamio efektą sukeliančių dujų, kurių nekontroliuoja Monrealio protokolas, apskaitą. Šiltnamio efektą sukeliančių dujų apskaita apima visas šiltnamio reiškinį sukeliančias dujas: anglies dioksidą ( $\text{CO}_2$ ), metaną ( $\text{CH}_4$ ), nitrito oksidą ( $\text{N}_2\text{O}$ ), hidrofluoroanglia-vandenilius (HFC), perfluorangliavandeniilius (PFC) ir sieros heksafluoridą ( $\text{SF}_6$ ) pagal atitinkamas šaltinių ir absorbentų kategorijas. Šiu dujų apskaita rengiama vadovaujantis Tarpvyriausybinio klimato kaitos komiteto (TKKK) rekomenduota bendraja metodika ir apima visą nagrinėjamą laikotarpį nuo 1990 m. iki ataskaitinių metų.

JTBKKK sekretoriato ekspertai, analizavę 2011 m. pateiktą nacionalinę šiltnamio dujų apskaitos ataskaitą, energetikos sektoriaus šiltnamio dujų kiekiui nustatyti rekomendavo naudoti nacionalinius emisijų rodiklius. Siekiant užtikrinti tikslią išmetamų šiltnamio dujų kieko apskaitą Lietuvos energetikos sektorius ir kitose ūkio šakose, kuriose deginamas kuras, šiame darbe buvo atlikta išsami emisijų rodiklių analizė ir pagal ją pateiktos rekomenduoamos nacionalinių emisijų rodiklių reikšmės.

Šiltnamio dujų, susidarančių dėl kuro deginimo, jų kitimo tendencijų ir struktūrinių pokyčių analizė leido identifikuoti svarbiausias kuro rūšis, t. y. nustatyti tas rūšis, kurių nacionalinių emisijų rodiklių įvertinimas yra reikšmingiausias, siekiant gerokai pagerinti apskaitos rengimo patikimumą. Labai svari šio darbo dalis – išsami ES šalyse taikomų emisijų rodiklių palyginamoji analizė. Tokiai analizei buvo pasirinkta 14 ES šalių, kurių patirtimi galėtų pasinaudoti Lietuva, vykdyma šiltnamio dujų apskaitą. Šios šalys taiko trijų tipų emisijų rodiklius: standartinius, nacionalinius ir įrenginio lygmens. Atlikta analizė parodė, kad daugelis ES šalių kuro rūšims, vyraujančioms bendroje vartojamo kuro struktūroje, taip pat vietinio kuro rūšims yra nustačiusios

nacionalinius emisijų rodiklius, o vienos kitoms kuro rūšims taiko standartinius. Kai kurios šalys (Švedija, Vokietija, Suomija ir Austrija) yra nustatęs nacionalinius emisijų rodiklius daugeliui deginamo kuro rūšių. Atliekant emisijų rodiklių palyginamają analizę, daugiausiai dėmesio buvo skiriama tiems ūkio sektoriams ir toms kuro rūšims, kurios būdingos Lietuvai. Atliekant palyginamają analizę, ES šalių taikomi emisijų rodikliai palyginti su TKKK rekomenduotinomis standartinėmis reikšmėmis, taip siekiant identifikuoti emisijos rodiklių reikšmių ribas bei nukrypimus nuo standartinės vertės.

Išsami Lietuvos šiltnamio dujų apyvartinių taršos leidimų prekybos sistemoje dalyvaujančių energetikos įrenginių teikiamų ataskaitų analizė parodė, kad, pagal „iš apačios į viršų“ metodiką, t. y. naudojant atskirų įrenginių duomenis, kurie  $\text{CO}_2$  emisijų rodikliams nustatyti taiko 3-iajų ar 2b pakopą, galima patikslinti energetikos sektoriaus emisijų rodiklius atitinkamoms kuro rūšims. Rengiant Lietuvos nacionalinę šiltnamio dujų apskaitą, kai kurių įrenginių atveju galima taikyti konkrečius to įrenginio lygyje nustatytus emisijų rodiklius ir taip užtikrinti mažą skaičiavimų neapibrėžtumą.

Ataskaitoje taip pat apibendrinti įvairių Lietuvos mokslių studijų, skirtų šiltnamio dujų energetikos sektorius ir kitose ūkio šakose, kuriuose deginamas kuras, analizei, rezultatai. Palyginus įvairose institucijose vykdytų tyrimų nustatytas anglies diokso reikšmes su TKKK rekomenduotinomis jų reikšmėmis, nustatyta:

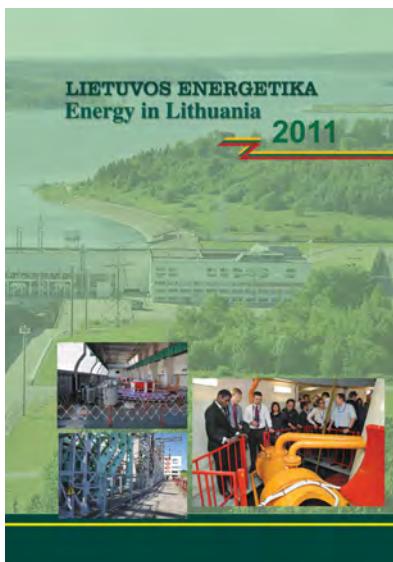
- 1) pagrindinių kuro rūšių  $\text{CO}_2$  emisijų rodikliai, nustatyti Lietuvoje vykdytuose tyrimuose, nedaug skiriasi nuo standartinių;
- 2) kai kurioms kuro rūšims (dūpėms, lignitui, orimulsijai ir kt.) nustatyti emisijų rodikliai

skiriasi beveik dvigubai.

Rengiant nacionalinę šiltnamio dujų emisijų apskaitą, kai kurių energetikos įrenginių atveju, turėtų būti taikomi emisijų rodikliai, kurie nustatyti atitinkamų įrenginių lygiu, pavyzdžiui, AB *ORLEN Lietuva* Kokybės tyrimų centro laboratorijoje, AB *Lietuvos dujos* Centrinėje kalibravimo ir bandymų laboratorijoje. Juos papildo apibendrinti LEI Šiluminės įrengimų tyrimo ir bandymų laboratorijoje atliktu pagrindinių rūsių kuro, deginamo Lietuvos energetikos sektorius, laboratoriinių tyrimų rezultatai. Atsižvelgus į tyrimų rezultatus, patikslinti ir apibrėžti Lietuvoje naudojamų pagrindinių kuro rūsių (benzino A–95, suskystintų naftos dujų, reaktyvinių variklių kuro, dyzelino, gazolių, gamtinių dujų ir malukų) nacionaliniai  $\text{CO}_2$  emisijų rodikliai.

Darbo metu atliktos išsamios analizės rezultatas – pasiūlytos nacionalinių emisijų rodiklių reikšmės pagal TKKK šaltinių kategorijas ir atitinkamas Lietuvos deginamo kuro rūšis. Emisijų rodiklių ekspertinis neapibrėžtumų įvertinimas atliktas agreguotu sektoriu ir kuro rūsių lygiu, atsižvelgiant į tarptautinę patirtį. Atlikti tyrimai neabejotinai padės ruošti metines nacionalines šiltnamio efektą sukeliančių dujų ataskaitas.

Pagrindinių šalies energetikos asociacijų (*Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija*, *Lietuvos biomasės energetikos asociacija*, *Lietuvos elektros energijos gamintojų asociacija* ir *Lietuvos energetikos konsulantų asociacija*) užsakymu išleistas kasmetis statistinių duomenų leidinys *Lietuvos energetika 2011*. Šiame leidinyje pateikta naujausia susisteminta informacija, apibūdinanti Lietuvos energetikos sektoriaus ir jo šakų raidos tendencijas 2008–2011 m., pateikti išsamūs šalies kuro ir energijos balansai ir pagrindiniai Lietuvos energetikos sektorių apibūdinantys rodikliai. 2010 ir 2011 m. statistiniai duomenys apie Lietuvos bendrasias pirminės ir



galutinės energijos sąnaudas, elektros bei centralizuotai tiekiamos šilumos gamybą ir vartojimą, BVP augimą, taip pat lyginamieji energetikos ir ekonomikos rodikliai palyginti su atitinkamais Estijos ir Latvijos rodikliais. Leidinyje

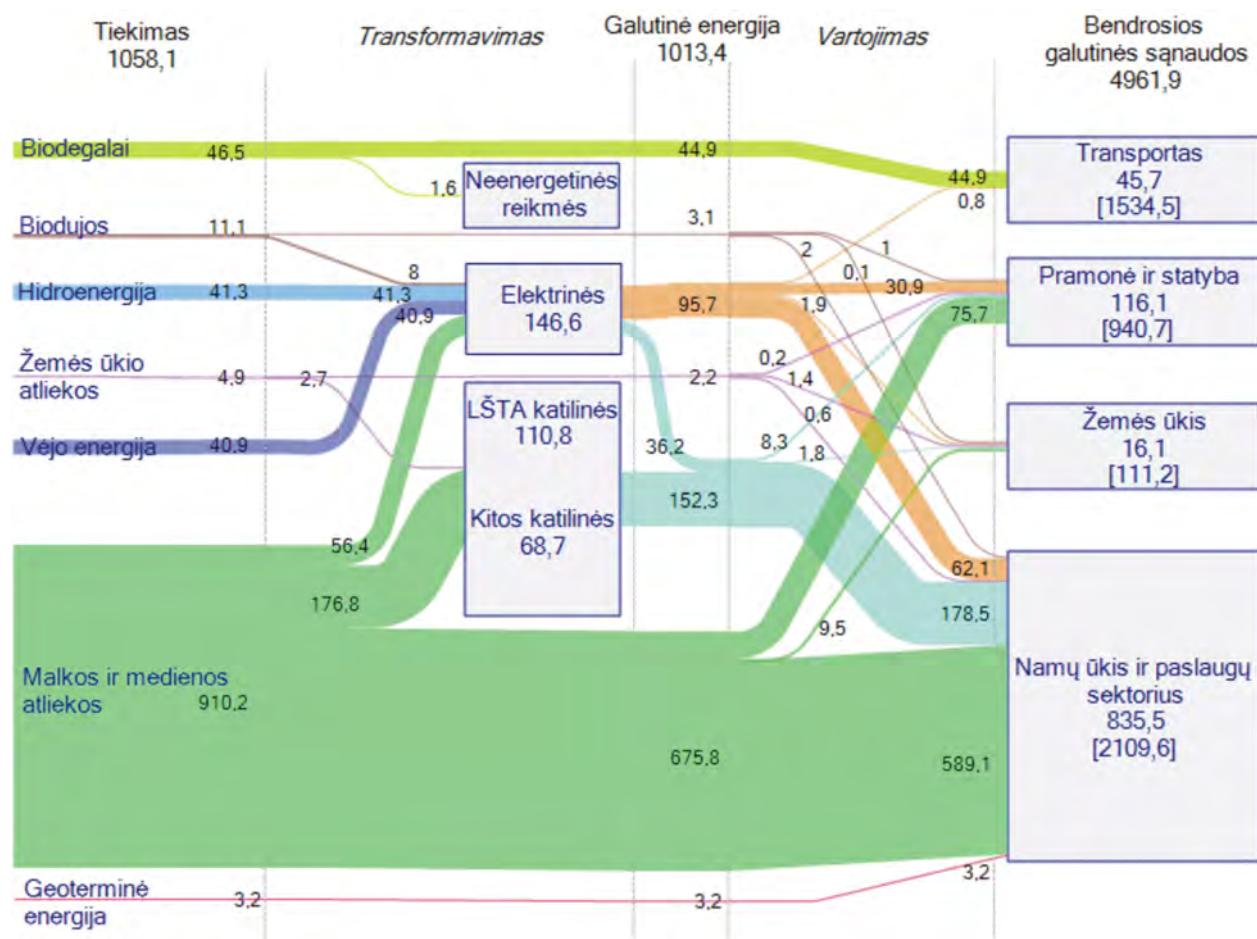
taip pat pateiki Junginių Tautų Bendrają klimato kaitos konvenciją ir Kioto protokolą pasirašiusiose 1 priedo šalyse 1990 ir 2010 m. į atmosferą išmestų šiltnamio dujų kiekiai ir jų struktūra pagal sektorius.

Leidinyje pateikta Europos Sąjungos, didžiausių pasaulio valstybių, Ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizacijos šalių (EBPO), taip pat apibendrintų bendrujų pasaulio ekonominės ir energetikos rodiklių (BVP, energijos sąnaudų vienam gyventojui, energijos intensyvumo ir kt.) lyginamoji analizė 2009 ir 2010 m. Ši analizė atlikta taikant naujausius Tarptautinės energetikos agentūros paskelbtus duomenis ir metodiką. Vadovaujantis šios agentūros metodiniais principais, visų leidinyje pateiktų šalių elektros sąnaudose nevertinti nuostoliai tinkluose, o galutinės energijos sąnaudose išskaičiuoti ir neenergeti-

nėms reikmėms sunaudoti energijos ištakliai.

Leidinys apibendrina pokyčius šalies ekonominėje ir energetikoje. Lietuvos BVP sparčiai augo 2000–2008 m., bet 2009 m. smuko 14,8 %. 2011 m. BVP padidėjo 5,9 % ir grandine susieta apimtis sudarė 80,7 mlrd. Lt, arba 26,6 tūkst. Lt/gvy. Pirminės energijos sąnaudos 2011 m. padidėjo 3,3 % ir sudarė 7,29 mln. tne. Energetinėms reikmėms ūkio šakose sunaudojamos galutinės energijos sąnaudos sumažėjo 1,5 % ir sudarė 4,70 mln. tne, galutinės elektros energijos sąnaudos padidėjo 3,0 % ir sudarė 8,58 TWh. Pirminės energijos sąnaudos, tenkančios BVP vienetiui, 2011 m. sumažėjo 2,4 %, o tiesiogiai ūkio šakose sunaudojamos galutinės energijos intensyvumas – 7,0 %.

Šis leidinys parengtas glaudžiai bendradarbiaujant su šalies Statistikos



Atsinaujinančių energijos ištaklių srautai 2011 m.

departamentu, Lietuvos šilumos tiekėjų asociacijos ir energetikos įmonių bei asociacijų specialistais. Rengiant leidinį buvo panaudota informacija, paskelbta Statistikos departamento (Kuro ir energijos balansas, 2008, 2009, 2010 ir 2011), Valstybinės kainų ir energetikos kontrolės komisijos, energetikos įmonių ir kitų žinybų metinėse veiklos ataskaitose bei tarptautinių organizacijų (Tarpautinės energetikos agentūros, Eurostat) parengtuose informaciniuose leidiniuose.

Pagal sutartį su **Aplinkos ministrą** pradėtas naujas mokslo tiriamasis darbas **Nacionalinės išmetamų į atmosferą šiltnamio efektą sukeliančių dujų 2013 m. apskaitos ekspertinės duomenų analizė energetikos sektoriuje**. Vykdant šį mokslo tiriamajį darbą, parengta Nacionalinė šiltnamio efektą sukeliančių dujų inventorizacija energetikos sektoriuje 1990–2011 m. pagal Tarpvystausybines klimato kaitos grupės rekomenduojamą metodologiją.

## DALYVAVIMAS TARPTAUTINĖSE PROGRAMOSE

Laboratorijos darbuotojų kvalifikacijai tobulinti jvairiapusiškai yra reikšminga patirtis, sukaupta rengiant jvairius tarptautinius projektus. 2012 m. sėkmingesnai baigtas **Tarpautinės atominės energijos agentūros** (TATENA) koordinuojamas projektas **Ekonominis-techninis CO<sub>2</sub> ir branduolinio atliekų saugojimo įrenginių palyginimas** (vadovė D. Štreimikienė). Projekte išnagrinėtos anglies dvideginio saugojimo ir branduolinio kuro laidojimo galimybės Lietuvoje, atliktas ekonominis-techninis galimų saugojimo įrenginių įvertinimas ir parengtos rekomendacijos.

Pradėtas vykdyti **Tarpautinės atominės energijos agentūros** (TATENA)



koordinuojamas 3 metų trukmės projektas **Lietuvos atsinaujinančių ir kitų energijos išteklių sektoriaus, žemės ir vandens naudojimo darnios plėtros analizė**. Pagrindinis šio darbo tikslas yra numatyti darnaus Lietuvos energetikos sektoriaus plėtros, žemės ir vandens naudojimo gaires. Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas turi įtakos darniai plėtrai, kadangi leidžia sumažinti neigiamą poveikį aplinkai, skatina nacionalinės ir regioninės ekonomikos plėtrą, lemia energijos kainas, sukuria papildomas darbo vietas ir pan. Šalies energetinis saugumas (užtikrinant energijos poreikius už socialiai priimtiną kainą) taip pat yra neatskiriamai darnios ekonominės ir socialinės politikos dalis. Pirmajame šio darbo etape parengta principinė matematinio modelio struktūra. Siekiant įgyvendinti studijos tikslus, numatyta aprėpti ir analizuoti visą energijos srautų grandinę, pradedant nuo išteklių ir baigiant atskirų energijos rūsių, gautų iš šių išteklių, panaudojimu visuomenės poreikiams tenkinti, nepaleikant nuošalyje kitų, neatsinaujinančių, energijos išteklių naudojimo ir poveikio aplinkai vertinimo, atsižvelgiant į šalies įsipareigojimus ES bei strateginius tikslus ir siekiant vartotojams patiekti energiją galimai mažiausiomis kainomis. Atsižvelgiant į paminėtus kriterijus kuriamas optimizacinis modelis naudojant MESSAGE programinės įrangos paketą. 2012 m. taip pat atlikta atsinaujinančių energijos išteklių, žemės ūkio produktų ir kitų galimų energijos išteklių auginimo, surinkimo, transformavimo ir transportavimo technologinių procesų analizė, siekiant parengti jų modeliavimo metodikas. Taip pat buvo įvertintas modeliavimui reikalingų duomenų poreikis ir galimi jų šaltiniai, sukaupta dalis

reikiamų duomenų, atlikta jų pritaikymo rengiamam modeliui analizė.

2011 m. laboratorijos darbuotojai pagal bendradarbiavimo sutartį su **Amsterdamo universiteto Aplinkosaugos mokslo institutu** buvo pakvesti dalyvauti rengiant tarptautinį projektą **Apskaičiuotos biudžetinės paramos ir mokesčinių išlaidų iškastiniams kurui inventorizacija** (angl. *Inventory of Estimated Budgetary Support and Tax Expenditures for Fossil Fuels*). Kartu su kitų šalių ekspertais jie apibendrino Bulgarijos, Lietuvos, Latvijos, Kipro, Maltos ir Rumunijos patirtį, skatinant iškastinio kuro gamybą ir vartojojamą. Galutinėje projekto ataskaitoje, pateiktoje Europos Komisijos Aplinkos Direktoratui, išanalizuota šešių ES šalių narių energetikos sektorių struktūra, energijos produktų įkainojimo ir apmokestinimo principai ir metodai, taip pat identifikuotas iškastinio kuro rėmimo priemonės bei atlirkas paramos iškastiniams kurui dydžio vertinimas.

## Laboratorijoje sukaupta patirtis plačiai panaudota tarptautiniu mastu:

- Rengiant specialistus energetikos sektoriaus raidai modeliuoti: kovą Sudane dr. A. Galinis, kaip TATENA agentūros deleguotas ekspertas, atsakingas už MESSAGE modelio panaudojimą perspektyvinio energetikos planavimo uždaviniams spręsti, savo patirtį perteikė regioniniuose modeliavimo mokymuose, o spalį Indonezijoje skaitė paškaitas ir atliko praktinius mokymus modeliavimo specialistams, rengiantiems šios šalies energetikos sektoriaus perspektyvinės raidos programą;
- Atliekant TATENA auditus, skirtus Techninio bendradarbiavimo projektui, susijusių su energetikos sektoriaus planavimu ir energetikos

ekonomikos ir aplinkosaugos tyrimais, vertinimui Ganoje ir Botswanos Respublikoje, bei TATENA programmos *Pajėgumų stiprinimas ir energetikos ekonomikos ir aplinkos analizé* auditą Sudane (dr. D. Štreimikienė).

- Atstovaujant TATENA su pranešimu 18-oje Jungtinių Tautų bendrosios klimato kaitos konvencijos šalių konferencija ir 8-ajame Kioto protokolo šalių susitikime Dohoje, Katare (dr. D. Štreimikienė).
- Atliekant Jungtinių Tautų bendrosios klimato kaitos konvencijos sekretoriato organizuotą centralizuotą Prancūzijos, Monako, Ispanijos ir Rumunijos šiltnamio efektą sukeliančių duju inventorizacijų vertinimą Bonoje (dr. I. Konstantinavičiutė);
- Priimant 3 mén. stažuotei doktorantą iš Ganos Isaac Ennison. Stažuotės metu doktorantas susipažino su energetikos sektoriaus techninės ir ekonominės analizės įrankiais ir metodikomis, taip pat su elektros gamybos kaštų įvertinimo metodais. Remdamasis laboratorijos mokslo darbuotojų patirtimi, stažuotojas parengė matematinį modelį, į kurį įtrauktos energijos poreikio kitimo kreivės, atsinaujinančių energijos išteklių jégainės, branduolinė elektrinė bei naftos perdirbimo gamykla, sprendē šių objektų techninių, ekonominiių ir politinių parametru modeliavimo ir analizės uždavinius. Tolesniems jo moksliniams tyrimams bus naudinga laboratorijos ekspertų perteikta patirtis, suakulta modeliuojant įvairių energijos gamybos šaltinių kapitalo, pastoviuosius ir kintamuosius eksploatacijos kaštus. Doktorantas stažuotės metu parengė spaudai du straipsnius, kurie gali



*Isaac Ennison diskutuoja su laboratorijos darbuotojais*

būti paskelbti Lietuvoje leidžiamuose leidiniuose. I. Ennison baimiamajame seminare, apibendrinamas savo stažuotės rezultatus, kaip vieną esminiu pasiekimų išskyrė tai, kad iš laboratorijos darbuotojų perimta patirtis ir Lietuvos energetikos institute pagilintos žinios bus panaudotos sprendžiant branduolinės energetikos ir kitų galimų energijos šaltinių diegimo problemas Ganoje.

lino savo kvalifikaciją TATENA renčiamuose kursuose *Ilgalaikių nacionalinių branduolinės energetikos strategijų kūrimas*, kurie vyko JAV, Argono nacionalinėje laboratorijoje. Jam buvo naudinga susipažinti su energetikai planuoti naudojamų modelių įvairove ir išsamiai pristatyta INPRO metodologija, kuri plačiai taikoma branduolinės energetikos strategijų subalansuotumui vertinti.

### **2012 m. buvo reikšmingi tobulinant laboratorijos darbuotojų kvalifikaciją:**

- J.m.d. V. Bobinaitė birželio 15 d. viešame Ekonomikos mokslo krypties tarybos posėdyje apgynė socialinių mokslų daktaro disertaciją ***Didmeninės ir mažmeninės elektros energijos kainų prognozavimo veiksniai, metodai ir modelis.***
- Doktorantas Vidas Lekavičius birželio 24–25 d. dalyvavo antrojoje tarptautinėje sąnaudų-produkcijos analizės mokykloje Bratislavoje (Slovakija), kur išklausė modulį ***Dinaminis ekonometrinis sąnaudų-produkcijos modeliavimas.*** Rugpjūčio 20–31 d. doktorantas tobu-

**Prof. habil. dr. Vaclovas MIŠKINIS**  
Kompleksinių energetikos tyrimų laboratorijos vadovas  
Tel. (8 37) 401 959  
El. paštas: [miskinis@mail.lei.lt](mailto:miskinis@mail.lei.lt)

# REGIONŲ ENERGETIKOS PLÉTROS LABORATORIJA

## PAGRINDINĖS LABORATORIJOS TYRIMŲ KRYPTYS:

- energetikos darnios plėtros koncepcijos metodologinis pagrindimas;
- metodų ir priemonių kūrimas energetikos planavimo poreikiams savivaldybių ir regionų lygiu;
- darnią energetikos plėtrą skatinančių priemonių poreikio ir jų taikymo poveikio vertinimas.

## TYRIMO OBJEKTAI IR UŽDAVINIAI

Pastaraisiais metais Europos Sąjungos, taip pat ir Lietuvos energetika vis labiau orientuojama darnios plėtros linkme, priimant atitinkamus politinius dokumentus ir taikant priemones šiemis strateginiams tikslams vykdysti. Tuo pat metu ES mokslinių tyrimų erdvėje, taip pat ir Lietuvoje inicijuota nemažai mokslo tyrimo programų, skirtų pagrindinių darnios energetikos politikos tikslams – tiekimo saugumo ir patikimumo, efektyvesnės energijos gamybos ir vartojimo, platesnio atsinaujinančiųjų išteklių energijos (AIE) naudojimo – vykdysti. Skatinimo ir reglamentavimo priemonės, didinančios pažangią technologiją, produktų ir paslaugų paklausą rinkoje yra skirtos skatinti ir valdyti energetikos sektoriaus pertvarką ir yra signalas sprendimų priėmėjams bei energijos vartotojams. Šios priemonės, derinamos su energetikos sektoriaus plėtros planavimu sukuria ekonominį pamatą, turėsiantį

užtikrinti sėkmingą plėtrą ir strateginių tikslų įvykdymą.

Vertinant skatinimo priemonių poveikį vis dar nepakanka universalių jų poveikio vertinimo kriterijų. Verslo atstovai siekia kuo palankesnių sąlygų mažinančių investavimo riziką ir užsitrinkant veiklos pelningumą, o valstybė teikdama paramą kuriu nors technologijų plėtrai iškraipo rinką ir galiausiai padidina energijos išlaidas vartotojams. Kita vertus, nepakankamas skatinimas ir didelė investicijų rizika atbaido potencialius investuotojus ir nėra gaunama nauda, kuri galėtų būti gauta jdiegus naujas technologijas.

Skatinimo priemonių subalansavimas, kad jos netaptų vienapusiskomis, yra svarbus uždavinys, kurį sprendžia daugelis ES šalių, vykdydamos darnios energetikos plėtros strategijas. Galima pastebėti, kad daugelis šalių yra priverstos keisti ekonominio skatinimo politiką, kadangi dėl taikomų skatinančių energijos supirkimo tarifų padidėjusi technologijų pasiūla labai pagyvino

verslo susidomėjimą ir investicijas, tačiau tai didina bendras energijos gamybos išlaidas, už kurias sumoka visi energijos vartotojai. Skatinimo prielaidų ir taikomų priemonių mastui pagersti būtina įvertinti jų naudą ir perspektyvumą įvairiais aspektais ir tuo pagrindu kurti ekonominį, reglamentavimo ir organizacinių paskatų sistemą.

Pagrindžiant skatinimo priemonių mastą, pagrindinė užduotis yra išmatuoti ar kitaip nustatyti jų naudą visuomenei, kuri pasireiškia energijos tiekimo saugumo ir patikimumo padidinimu, prieinamumu visų socialinių sluoksniių vartotojams, miesto ir kaimo socialinių problemų sprendimu, išvengtu neigiamu aplinkos taršos poveikiu ir kita nauda, kuri gali pasireikšti nacionaliniu (pvz. užsienio prekybos balanso gerinimas, didesnio BVP kūrimas energetikoje), arba vietiniu lygiu (pvz. užimtumo gerinimas, gamybos plėtra regionuose).

Vis dėlto, skatinimo priemonių tikslumumo ir jų poveikio klausimai yra dar nauji ir Lietuvoje plačiau nėra nagrinėti.

leškant atsakymo tenka vadovautis kitose šalyse ar tarptautiniu lygiu atliekamais ar netiesiogiai susijusiais tyrimais ir metodais, leidžiančiais vertinti šias priemones platesniu mastu. Tai susiję tiek su technologijų perspektyvumo vertinimu, tiek su taikomomis skatinimo organizacinėmis bei reglamentavimo formomis. Norint gauti vienareikšmius ir sulyginamus regioninių ar miestų energetikos programų rezultatus, atliekinės energijos panaudojimo, emisių reglamentavimo, prietaisų, įrengimų ar sistemų, taip pat pastatų energinio naudingumo ir ekologinio ženklinimo schemų veiksmingumas turi būti analizuojamas pagal vieningą vertinimo metodiką.

Nagrinėjama mokslinė problema – objektyvus energijos vartojimo efektivumo ir atsinaujinančių išteklių energijos naudojimo socialinio naudingumo įvertinimas, galintis išryškinti tuos darnios energetikos pranašumus, kurie neatsispindi vertinant vien tik finansinę naudą. Kartu sprendžiamos aplinkosaugos ir socialines problemas dažnai negali būti vienareikšmiškai įvertintos naudojantis vien tik ekonominiais terminais, kadangi trūksta vieningos metodologijos vertinant nefinansinę naudą. Tokiai metodologijai pagrįsti reikalinga sisteminga visapusiškų žinių visuma bei tikslinga jų sklaida, kad padidėtų pasirinktos strategijos visuomeninis priimtinumas ir parama, be kurios sunku tikėtis jos sėkmingo įvykdymo. Vien tik reglamentavimo priemonės visuomenėje gali būti sutiktos tik kaip ES biurokratų ir tam tikrų grupių lobistinių interesų realizavimas.

Energijos taupymo ir AEI naudojimo technologijų plėtrą riboja gana lėtai didėjanti jų paklusa. AEI technologijų paklausos formavimo klausimas yra mažai tyrinėta problema. Kol kas nėra aiškiai apibrėžta, kurioms AEI technologijoms (ar jų vartotojams) tikslinė



taikyti įvairias paramos priemones. AEI vartotojais gali būti tiek šilumos tiekimo įmonių jégainės (katilinės ar termofikacinių elektrinės), tiek atskiri, taip pat ir individualūs pastatai, kuriuose naudojamas biokuras, geoterminė ar saulės energija patalpų šildymo ir karšto vandens poreikiams patenkinti.

2012 m. buvo parengtas skatinimo priemonių ekonominės ir socialinės naudos įvertinimas, paremtas gyvavimo ciklo sąnaudų metodika, išvengtais išoriniais kaštais, socialine nauda. Buvo išanalizuotos prielaidos, kaip įvairūs AEI technologiniai sprendimai kompleksiškai galėtų būti skatinami formuojant miestų darnios raidos scenarijus.

Habil. dr. V. Klevas įvykdė atsinaujinančių energijos išteklių paklausos skatinimo ekonominius pagrindimus.

V. Klevas kartu su Kauno technologijos universiteto Ekonomikos ir vadybos fakulteto mokslininkais pradėjo įgyvendinti ilgalaikę institucinę ekonomininių tyrimų programą 2012–2013 m. lapkričio 16 d. įvyko pirmasis darbinis KTU Ekonomikos ir vadybos fakulteto kuojuojamos ilgalaikės institucinės 2012–2014 m. ekonomikos mokslinių tyrimų programos *Lietuvos ekonomikos ilgalaikio konkurencingumo iššūkiai*

partnerių susitikimas. Susitikime taip pat dalyvavo ir savo pasiūlymus bei įžvalgas programos vykdytojams teikė Lietuvos banko valdybos pirmininko pavaduotojas Raimondas Kuodis, Vilniaus universiteto profesorius Rimantas Rudzikis ir LMT pirmininko pavaduotoja Rūta Marcinkevičienė.

KTU kartu su LEI bei šešiomis Lietuvos aukštosiomis mokyklomis (VU, VGTU, MRU, LKA, ASU ir VDU) vykdoma programa prasidėjo 2012 m. rudenį. Pirmajame darbiniame susitikime programos vykdytojai aptarė programos tikslus, siekius ir planuojamas veiklas. Susitikime taipogi diskutuota apie pasirinktus tyrimų metodus.

Lietuvos Vyriausybės biudžeto lėšomis finansuojamoje *Lietuvos ekonomikos ilgalaikio konkurencingumo iššūkiai* programoje mokslininkai sieks nustatyti naujų augančių pasaulio ekonominikos centrų konkurencinę grėsmę tradicinėmis technologijomis grindžiamai gamybai Lietuvoje, ištirti aukštųjų technologijų ir inovacijų plėtimo ūkyje sąveiką su verslo aplinka, kreditų rinkos soko poveikį.

Be to, mokslininkai analizuos ir siūlys išteklių skirstymo bei naudojimo

viešajame ūkio sektoriuje tobulinimo priemones, sieks nustatyti žmogiškojo kapitalo, darbo išteklių struktūrinius pokyčius šalies ūkyje įvertinant migracijos poveikį bei atsižvelgiant į pasaulio ekonomikos tendencijas. Programos pabaigoje bus pateiktos rekomendacijos taip pat sukurtos metodikos, pagal kurias bus vertinami makroekonominiai procesai ir modeliuojamas jų poveikis.

## TARPTAUTINIS BENDRADARBIAVIMAS

Be šalies mokslinių tyrimų, laboratorijos darbuotojai dalyvauja daugelyje tarptautinių projektų, prisidedančių prie nacionalinių tyrimų bei informacijos sklaidos. Daugiausiai projektų vykdoma pagal *Pažangios energetikos Europai* programą.

2012 m. laboratorioje toliau buvo tėsiamas ES finansuojamas projektas *ENNREG* (Regionai, tiesiantys kelią link darnios energetikos Europoje), vykdomas pagal *Pažangios energetikos Europai* programą. Projektą koordinuoja partneriai iš Danijos – Energy Consulting Network agentūra. Projekto tikslas – sietinis su Merų Pakto ir ES tikslais: 20 % sumažinti anglies dvideginio emisijas, padidinti atsinaujinančių energijos išteklių dalį galutiniame energijos naudojime



savivaldybės skyrius, ir Jame pristatomos regiono darnios energetikos plėtros naujienos:  
<http://regions2020.eu/cms/home/replication/silute-municipality/>.

iki 20 %, bei 20 % efektyviau vartoti energiją. *ENNREG* projektas atstovauja Europos 12 regionų, Lietuvoje – tai Kuno regionas. Šalia pagrindinio regiono-pionieriaus, šiais metais į projektą buvo įtrauktas ir regionas-dvynys, kuriuo Lietuvoje buvo pasirinkta Šilutės savivaldybė, prisiųgusi prie *Merų pakto* iniciatyvos ir turėjusi sunkumų vykdyti darnios energetikos planavimo įsipareigojimus.

Projekto darbo grupė įsipareigojo padėti atnaujinti ir patikslinti Darnios energetikos veiksmų planą, taip pat prisidėti prie darnios energetikos idėjų sklaidos savivaldybės surengtoje *Darnios energetikos* dienoje. Projekto vykdymo metu buvo atlikta išsami Šilutės rajono savivaldybės energetikos ūkio apžvalga bei įvertintos galimos plėtros galimybės, kurių pagrindu buvo paruoštas darnios energetikos plėtros planas iki 2020 m. Projekto atstovai taip pat apmokė savivaldybių darbuotojus pagrindinių darnios energetikos planavimo principų.

Darbo metu projekto internetinėje svetainėje buvo suformuotas Šilutės

LEI darbo grupė taip pat aktyviai padėjo Šilutės savivaldybės atstovams surengti *Darnios energetikos* dieną Šilutėje 2012 m. gegužės 17 d. Projekto dalyviai paruošė medžiagą darnios energetikos pamokai, kuri vyko visose savivaldybės mokyklose vyresniųjų klasių moksleiviams, ir kuri buvo gausiai iliustruota šioje savivaldybėje vykdomais projektais. LEI atstovas skaitė pranešimą šventės metu savivaldybėje vykusioje konferencijoje apie darnios energetikos planavimo svarbą.

2012 m. darbo grupė skatino labiau aktyvinti šilumos ir elektros energijos taupymo veiksmus gyvenamuosiuose namuose. Kovo 10 d. susitikime su Kuno m. Eigilių bendruomenės atstovais buvo pasakojama apie termovizijos taikymą ir daugiabučių namų termovizinius tyrimus. Kovo 15–18 d. Kauno manieže vykusioje parodoje *Namų pasaulis 2012* lankytojams buvo pristatomos šilumos ir elektros taupymo pastatuose galimybės, platinamos projekto metu paruoštos brošūros su daug naudingos informacijos.



Šilutės savivaldybės darbuotojų apmokymai 2012-04-17

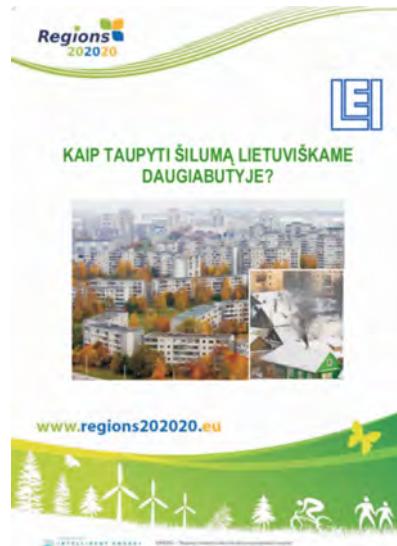


Darnios energetikos diena Šilutėje – konferencija savivaldybėje 2012-05-17

Projekto metu taip pat renkami ir ruošiami darnios energetikos plėtros projektai, kurie pristatomi kituose ES regionuose kaip geros patirties pavyzdžiai. Vienas tokų pavyzdžių buvo Birštono, kaip ekomiesto pristatymas projekto surengtoje konferencijoje, vykusioje 2012 m. gegužės 22 d. Poznajėje (Lenkija).

Projekto partneriai aktyviai dalyvavo projekto tarptautinėje veikloje tiek užsienyje, tiek Lietuvoje. 2012 m. lapkričio 8 d. atstovavome Kauno regionui ENNEREG seminare, kuris vyko lygiagrečiai su Fedarene (European Federation of Agencies and Regions for Energy and Environment) generaline asamblėja Bilbao (Ispanija). Projekto darbo grupė taip pat apsilankė mokslinio tyrimo centre, kuris specializuojasi energetikos ir aplinkosaugos inovacijų tyrimuose.

2012 m. Panevėžyje įvyko tarptautinė konferencija ***Merų paktas ir naujasios Europos komisijos iniciatyvos – savivaldybių šilumos ūkiui ir pastatų energiniams efektyvumui gerinti***, kurią organizavo Panevėžio miesto savivaldybė kartu su *Pažangios energetikos Europai* programos techninės paramos iniciatyva *ManagEnergy*. ENNEREG projekto atstovas skaitė pranešimą apie Tvarios energetikos planavimo patirtį Kauno regione.



ENNEREG projekto paruoštasis brošiūras energijos vartotojams

Su visa regionams skirta medžiaga susipažinti ir ją atsiisiųsti galima tinklapje: [www.regions2020.eu](http://www.regions2020.eu).

Šią regionų bendruomenėms skirtą medžiagą galima rasti ir lietuvių kalba: <http://www.regions2020.eu/news/secnews-1-lt/>.

#### NAUJOS VERSLO GALIMYBĖS PANAUDOJANT SAULĖS ENERGIJĄ CENTRALIZUOTAM ŠILUMOS IR VĖSUMOS TIEKIMUI

2012 m. liepą laboratorija prisijungė prie ES šalių partnerių pradedamo naujo, 36 mėnesių trukmės projekto ***Naujos***



***verslo galimybės naudojant saulės energiją centralizuotos šilumos ir vėsumos tiekimui*** (SDHplus), kuris yra anksčiau vykdyto projekto IEE programos *SDHtake-off* tėsinys. Projektą koordinuoja partneriai iš Vokietijos – Saulės ir darnių energetinių sistemų tyrimo institutas, SFZ Solites. Projektas vienija 18 partnerių iš 12 Europos Sąjungos šalių.

Pirmojo projekto partneriai analizavę rinkos sąlygas ir kliūtis pateikė



Susitikimas su Kauno m. Eigulių bendruomene 2012-03-10



Atsakymai į lankytojų klausimus LEI stende parodoje ***Naujasis pasaulis 2012*** 2012-03-15/18



Birštono kaip ekologiško miesto plėtros pristatymas konferencijoje Poznanėje (Lenkija), vykusioje 2012-05-22



Eksperimentinio energinio efektyvumo priemonių išbandymo pastato apžiūra Bilbao (Ispanija) 2012-11-09

sprendimų priėmėjams reikiamas žinias, rekomendacijas, galimas paramos schemas plėtojant saulės centralizuoto šilumos tiekimo (SCŠT) jégaines. Tęstinis projektas **SDHplus** orientuotas į platesnį SCŠT jégainių integravimą centralizuotuose šilumos tinkluose bei šilumos poreikių tenkinimą pastatuose.

**SDHplus** projekto tikslai – skatinti platesnį saulės energijos naudojimą centralizuotame šilumos tiekime:

- Aprašant ir skleidžiant sėkmindo saulės energijos integ-

- ravimo į SCŠT sistemas pavyzdžius;
- Plėtojant ir diegiant naujus pilotinius verslo modelius SCŠT ir sutelkiant dėmesį į aplinkybę, kad centralizuotas šilumos tiekimas naudoja atsnaujinančius energijos ištaklius, kurių naudojimas pastatuose priskiriamas energinio naudingumo didinimo priemonėms;
- Plėtojant ir realizuojant naujas

rinkos strategijas saulės energijai centralizuotame energijos tiekimo sektoriuje (tokias, kaip žaliasis tarifas, supirkimo modeliai).

Numatomi projekto rezultatai:

- Nauji SCŠT verslo modeliai ir rinkos strategijos atversiančios naujas galimybes centralizuotos šilumos tiekėjams ir kitiems rinkos dalyviams tiesiogiai prisidės prie SCŠT rinkos augimo;
- Bandomieji SCŠT jégainių integravimo projektais įvairiose centralizuoto šildymo sistemoose. Šiuose projektuose bus atsižvelgta į atsirandančias rinkos kliūties centralizuoto šilumos tiekimo sistemose (kombiniuotas saulės kolektorių ir kogeneracijos veikimas, dideli kaštai);
- Centralizuoto saulės energijos tiekimo rinkos plėtojimas naujose šalyse: Lietuvoje, Prancūzijoje, Lenkijoje, Slovakijoje, Kroatijoje. Europos ekspertų įvertinimais šiose šalyse iki 2020 m. saulės šilumos jégainių galia gali pasiekti 500 MW;



Pranešimas Panevėžio konferencijoje 2012-12-04



*SDHplus projekto dalyviai prie Vokietijoje įrengtų Saulės kolektorių*

- Informacijos sklaida, ypač tarptautiniai SCŠT seminarai ir centralizuoto šilumos tiekimo rinkos dalyvių vizitai į esančias SCŠT jégaines.

Šiuo metu Europoje eksploatuojama apie 130 Saulės jégainių, kurių kiekvienos galia didesnė nei 350 kW. Iš jų 40 jégainių, kurių nominali galia didesnė nei 1 MW. Plėtojamos didelės galios jégainės su saugyklos paros šilumos poreikiams tenkinti gyvenamiesiems namams. Pietinėse Europos šalyse saulės šiluma verčiama į vėsumą. Danijoje ir Vokietijoje toliau plėtojamos saulės jégainės su sezominėmis šilumos saugojimo talpyklomis.

Keturios patyrusios šalys, dalyvaujančios projekte, saulės jégaines plėtoja šiomis kryptimis:

- Švedija saulės jégaines derina su biomasės panaudojimu šilumos tinkluose, o galutinis vartotojas, gaminantis šilumą, tiekia ją į miesto centralizuotus šilumos tinklus. Kungalv miestelyje ant žemės sumontuoti 7 MW saulės kolektoriai šildo 1000 m<sup>3</sup> talpos saugykla.
- Danija saulės kolektorių jégaines integruoja į vietinius centralizuoto šilumos tiekimo tinklus. Miestelyje ant žemės sumontuoti 13 MW saulės kolektoriai šildo 10 tūkst. m<sup>3</sup> talpos saugykla.
- Vokietijoje saulės kolektoriai įrengti ant namų stogų šildo gyvenamuosius namus ir šilumos perteklių perduoda į

sezominę šilumos saugykla. Neckarsulmo miestelyje 4 MW saulės kolektoriai sumontuoti ant gyvenamujų namų stogų ir sujungti su 63 tūkst. m<sup>3</sup> talpos saugykla.

- Austrijoje decentralizuotą saulės šilumos tiekimą miesto centralizuotiems tinklams vykdė energetinių paslaugų kompanijos (ESCO). Graco mieste 1 MW saulės kolektoriai tiesiogiai sujunti su miesto centralizuoto šildymo tinklais.

Lietuvoje saulės energijos šiluma centralizuoto šilumos tiekimo tinkluose kol kas nėra naudojama. Šis projektas pagelbės skleidžiant žinias apie saulės energijos naudojimo CŠT galimybes ir



*Danijos Breadstrup miestelio CŠTS schema*



*Saulės kolektoriai CŠT įmonės teritorijoje*



Saulės kolektoriai integravoti gyvenamujų namų stoguose



Sukauptos saulės energijos 63 tūkst. m<sup>3</sup> talpos saugykla

taikomas technologijas. Nepaisant to, kad Lietuvoje Saulės spindėjimo intensyvumas yra mažesnis, negu Pietų Europos šalyse, Skandinavijos šalių patirtis rodo, kad ir šioje klimato zonoje tai gali būti gera alternatyva biomasei, tuo labiau iškastiniams kurui, įvertinant tai, kad tam pačiam energijos kiekiui sukaupti biomasės formoje reikia apie 30 kartų didesnio žemės paveršiaus ploto, o įvertinti šilumos gamybos kaštai (Vokietijoje) yra apie 40 eury/MWh (~13,8 ct/kWh).

Išsamesnė informacija internteinėje projekto svetainėje: [www.solar-district-heating.eu](http://www.solar-district-heating.eu).



2012 m. baigiamas vykdyti projektas **Ecoheat4Cities**, kurio ilgalaikis tikslas – CŠVT plėtra didėjančio harmoningumo ir ateities perspektyvoje pateisinamų sistemų linkme, tinkamai konsultuojant dėl efektyviausių sprendimų pasirenkant, integravojant AEI ir energinį efektyvumą. Konkretūs tikslai yra šalinti netechnologinio pobūdžio kliūtis, trukdančias išnaudoti CŠVT potencialą.

Centralizuotas šilumos ir vėsumos tiekimas (CŠVT) yra efektyvus ir aplinkai draugiškas būdas teikti šildymo ir

vėsinimo paslaugas gyventojams, komercinėms įstaigoms ir pramonei. CŠVT iš tikro siūlo priemones pasiekti Europos energetikos politikos tikslus, ypač efektyviai naudojant pirminės energijos šaltinius ir integravojant atsinaujinančius energijos išteklius. Deja, vis dar išlieka tam tikrų kliūčių plačiau naudoti CŠVT Europos mastu. Iš netechnologinių kliūčių, kliudančių CŠVT plėtrai Europos miestuose yra tai, kad šis energetikos sektorius laikomas nepakankamai skaidriu, kadangi jį sunku palyginti su kitomis šildymo ir vėsinimo poreikių rinkos patenkinimo alternatyvomis (individualiomis AEI technologijomis, šilumos siurbliais ir pan.); vietinis CŠVT pobūdis ir labai platus įvairių generavimo, paskirstymo ir tiekimo variantų diapazonas sukelia vietiniams planuo-

tojams ir investuotojams sunkumų vertinant projektus, o politikams – pagrindžiant, apsisprendžiant ir vertinant politikos priemonių poveikį; vartotojai dažnai mažai žino apie CŠTV energinį efektyvumą ir aplinkosaugos naudą.

**Ecoheat4Cities** projekte šias netechnologines kliūties siekiama šalinti gerinant CŠVT priimtinumą vartotojams, sukuriant laisvanorišką žalios energijos (šildymo ir vėsinimo) žymėjimo (etikecių) schemą. Sukuriant tokią žymėjimo schemą, kurioje vertinamas energinis efektyvumas ir atsinaujinančių išteklių naudojimas ir pateikiant šią informaciją vietus politikams, piliečiams ir potencialiems investuotojams šis projektas padės pasirinkti energetiškai efektyvius ir atsinaujinančiais energijos ištekliais pagrįstus sprendimus.



**Ecoheat4cities**

www.ecoheat4cities.eu

Centralizuoto šilumos tiekimo sistemų techninio įvertinimo gairės

Supported by INTELLIGENT ENERGY EUROPE

Ši atskaita parengta programos „Palangi energetika Europa“ projekto Ecoheat4cities rėmimu.

**Ecoheat4cities**

www.ecoheat4cities.eu

2012 m. spalis

Aplinkosauginė CŠT nauda:  
Ecoheat4cities sistemų ženklinimas  
Gairės CŠT įmonėms

Supported by INTELLIGENT ENERGY EUROPE

Ši atskaita parengta programos „Palangi energetika Europa“ projekto Ecoheat4cities rėmimu.

Ecoheat4cities projekto informacija CŠT įmonėms bei miestų planuotojams apie šių sistemų ženklinimo tiekiamą naudą, privalumus bei rekomendacijas jas tobulinti

Sukurta ženklinimo schema skatinā šilumos ir vésumos tiekimo bendroves informuoti savo vartotojus apie tiekiamą šilumą, žiūrint iš pirminių energijos ištaklių naudojimo perspektyvos. Vartotojai, išskaitant privatų ir viešą sektorius, taip galės lengvai nustatyti centralizuoto šilumos tiekimo ir centralizuoto vésinimo aplinkosauginį naudinįgumą. Etiketės kriterijai bus nustatyti taip, kad CŠVT būtų galima lengvai palyginti su kitais šildymo ir vésinimo metodais, kaip ir šiuo metu taikomose

ir būsimose energinio efektyvumo ir „žaliojo“ žymėjimo schemose.

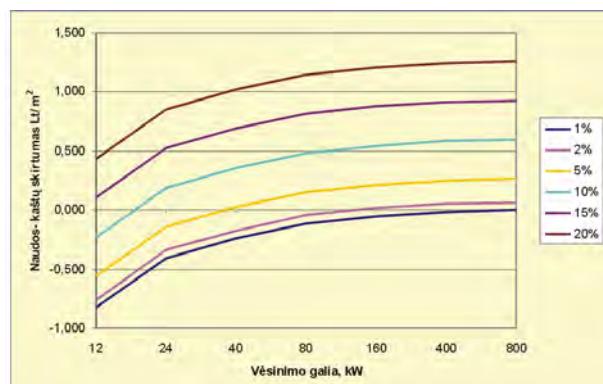
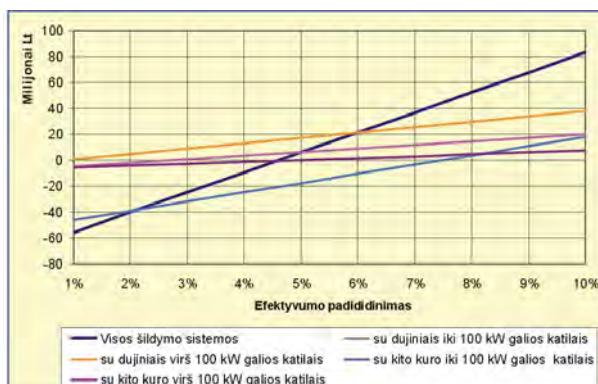
Projekto tinklapis: <http://ecoheat4cities.eu>.

## PAGRINDINIAI LABORATORIJOS TAIKOMIEJI DARBAI

ES Direktyvos 2010/31/ES (nauja redakcija) dėl pastatų energinio naudinįgumo įgyvendinimas apima ir pastatų šildymo sistemų su įrengtais didesnės

nei 20 kW šildymo katilais, taip pat didesnių nei 12 kW galios oro kondicionavimo sistemų reguliaraus tikrinimo reikalavimų ar alternatyvių priemonių reglamentavimą, kurį privalo įgyvendinti valstybės narės.

Energetikos ministerijos užsakymu laboratorijoje atlikta studija, kurioje įvertintas tokų reguliarų tikrinimų ekonominis tikslungumas, grindžiamas tikrinimų sąnaudomis ir prognozuojama tikrinimų nauda dėl efektyvesnio šių pastatų inžinerinių sistemų veikimo ir sutaupomų



Reguliaraus šildymo ir oro kondicionavimo sistemų tikrinimo kaštų-naudos analizės rezultatai

energijos išteklių. Studijos rezultatų pagrindu pasiūlytos reguliarai tikrinti alternatyvios priemonės – pastatų savininkų informavimas, klausimynai – anketos, kurių naudojimas leistų gauti adekvačius reguliariam tikrinimui rezultatus, reikalaujančius daug sąnaudų.

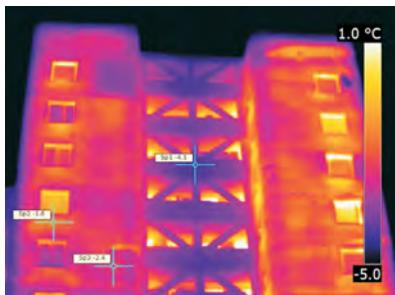
Kita svarbi šio darbo dalis – esančių tikrinimo metodikų peržiūra ir koregavimas ir siūlomi pakeitimai atsižvelgiant į naujają pastatų energinio naudingumo direktyvos redakciją, taip pat į 2007 m. gruodžio 19 d. Komisijos reglamentą (EB) Nr. 1516/2007 pagal Europos Parlamento ir Tarybos reglamentą (EB) Nr. 842/2006, nustatantį standartinius nuotekio patikrinimo reikalavimus stacionariai šaldymo, oro kondicionavimo ir šilumos siurbimo įrangai, kurioje yra tam tikrų fluorintų šiltnamio efektą sukeliančių dujų.

Pateiktą metodiką pakeitimai ir papildymai patvirtinti atitinkamais Lietuvos reglamentais.

## LABORATORIJOS TEIKIAMOS PASLAUGOS

### *Pastatų, elektros ūkio ir technologinių procesų termovizinė diagnostika*

Termovizija – tai nekontaktinio paviršių temperatūros matavimo technologija, pagrįsta šilumos spinduliavimo intensyvumo matavimu. Termoviziniai tyrimai naudojami gyvenamiesiems ir pramonės pastatams, stogams, vamzdynams, elektros ūkiui, kaminams, mechaniniams įrengimams tirti ir prižiūréti, skycių ištekėjimo problemoms, baku/talpu užpildymo lygiui nustatyti, procesams stebeti ir kokybei kontroliuoti.



Termovizininiai tyrimai

Termoviziniai tyrimai atliekami termovizoriu *Flir B400*, kurio paviršių temperatūros matavimo diapazonas yra nuo -20 °C iki +350 °C.

### *Pastatų energinio naudingumo sertifikavimas*

Laboratorijos pastatų energinio naudingumo sertifikavimo ekspertas atlieka pastatų energinio naudingumo sertifikavimą.



Pastato energinio naudingumo sertifikato pavyzdys

## DOKTORANTŪROS STUDIJOS

E. F. Dzenajavičienė 2013 m. sausio 8 d. apgynė disertaciją ***Biokuro efektyvaus panaudojimo darniai savivaldybių energetikos ūkio plėtrai tyrimas*** ir Disertacijų gynimo taryba jai suteikė energetikos ir termoinžinerijos mokslo daktaro laipsnį. Laboratorijoje doktorantūroje studijuojama ir disertacijas rengia dar 3 doktorantai.

## MOKSLINIŲ TYRIMŲ REZULTATŲ SKLAIDA

Paskelbtas V. Klevo knygos skyrius. Pateiktas ir recenzuojamas 1 straipsnis leidinyje, jrašytame Mokslinės informacijos instituto (ISI) sąraše, 1 straipsnis atspausdintas ir dar du pateikiti mokslo leidiniuose, registrotuose tarptautinėse mokslinės informacijos duomenų bazėse. 2012 m. laboratorijos darbuotojai dalyvavo ir skaitė pranešimus vietinėse bei tarptautinėse konferencijose. Iš viso perskaityti ir publikuoti 5 pranešimai tarptautinėse ir 5 pranešimai Lietuvos konferencijose. Laboratorijai labai svarbu švesti mokslo ir techninę bendruomenę bei visuomenę itin aktualiais energetikos klausimais, todėl buvo parašyti 2 populiarinimo straipsniai bei kelios brošiūros. Laboratorijos darbuotojai vykdo mokslo tiriamuosius ir konsultacinius darbus bei teikia paslaugas pagal sutartis su Lietuvos valstybinėmis institucijomis, įmonėmis ir organizacijomis.

**Dr. Vaclovas KVESELIS**  
Regionų energetikos plėtros laboratorijos vadovas  
Tel. (8 37) 401 931  
El. paštas [vkv@mail.lei.lt](mailto:vkv@mail.lei.lt)

# ATSINAUJINANČIŲ ENERGIOS ŠALTINIŲ LABORATORIJA

## PAGRINDINĖS LABORATORIJOS TYRIMŲ KRYPTYS:

- vėjo srautų kaitos Baltijos jūros pakrantėje ir kituose šalies regionuose tyrimai, modeliavimas ir vėjo elektrinių galios kitimo prognozė;
- vėjo elektrinių darbo efektyvumo ir poveikio aplinkai įvertinimas ir vėjo elektrinių ikiprojektinių studijų rengimas;
- biodujų ir biodegalų gamybos procesų ir aplinkosauginių problemų tyrimai;
- kietosios biomasės kuro paruošimo ir deginimo technologijų plėtros tyrimai;
- atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo darnios plėtros analizė ir tyrimai, vykdant Europos Parlamento ir Tarybos direktyvų nutarimus;
- pažangių energijos gamybos technologijų, naudojančių vietinius ir atsinaujinančius energijos išteklius, analizė, duomenų bazių formavimas, paslaugos ir konsultacijos vartotojams, informacijos sklaida visuomenei;
- regionų darnios energetikos plėtros strategijos rengimas.

## ATSINAUJINANČIŲ ENERGIJOS IŠTEKLIŲ EFEKTYVAUS NAUDOJIMO ENERGIJAI GAMINTI IR POVEIKIO APLINKAI TYRIMAI

Laboratorijoje atliekami tyrimai, susiję su biomasės, biodujų, saulės ir vėjo energijos panaudojimu ir technologijų plėtra. Tyrimų tikslas – užtikrinti darnią atsinaujinančių energijos išteklių (toliau AEI) naudojimo plėtrą šalyje, skatinti naujų technologijų plėtojimą ir diegimą, mažinti prilausomumą nuo energijos išteklių importo.

Nacionalinėje atsinaujinančių energijos išteklių plėtros strategijoje ir kituose teisės aktuose numatyta iki 2020 m. padidinti energijos gamybos iš AEI dalį iki 23 % visos šalyje suvartoja-

mos energijos. Siekiama, kad 2020 m. AEI dalis transporto sektoriuje siektų 10 %, elektros energijos, pagamintos iš AEI, dalis padidėtų iki 21 %, o šildymo ir vėsinimo sektoriuose iš AEI pagamintos energijos dalis centralizuoto šilumos tiekimo (CŠT) sistemoje sudarytų 50 %. Iki 2020 m. bus siekiama kasmet po 1,5 % didinti energijos vartojimo efektyvumą ir stiprinti šalies energetinę nepriklausomybę, konkurencingumą bei darnią plėtrą.

Laboratorijoje, siekiant išanalizuoti šių tikslų įgyvendinimo priemones, tiriame AEI konversijos procesai, nagrinėjamos AEI vartojimo naujos technologijos, atliekami ikiprojektiniai tyrimai, kuriamas stebėjimo stočių tinklas, rengiamos demonstracinių projektų įgyvendinimo rekomendacijos, analizuojamos

darnios energetikos plėtros galimybės, ruošiamos regionų darnios energetikos plėtros strategijos AEI naudojimo srityje.

2012 m. pradėtas vykdyti valstybės subsidijomis finansuojamas mokslinis darbas *Mažos galios vėjo elektrinių ir saulės energijos sistemų panaudojimo intensyvinimo ir plėtros galimybių Lietuvoje tyrimai*. Vykdant projektą atliekami vėjo parametru matavimai pajūryje ir Vidurio Lietuvoje. Įvertinta meteorologinių sąlygų, paviršiaus šiurkštumo ir reljefo įtaka vėjo elektrinių darbui. Aprašyta neuroninių tinklų panaudojimo VE galiai prognozuoti metodika, leisianti sujungti fizikinį bei statistinį prognozavimo metodus ir padidinti prognozių tikslumą. Išanalizuotos saulės šiluminės energijos gamybos sistemų techni-

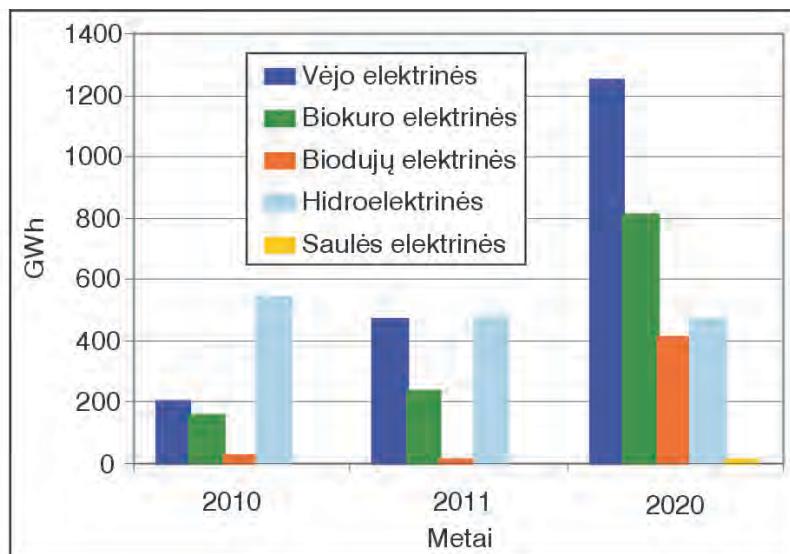


Eksperimentinė mažos galios vėjo jégainė ant Lietuvos energetikos instituto stogo

nés galimybės įvairiais metų laikotarpiais. Atsižvelgiant į karšto vandens poreikį, išanalizuotas karšto vandens ruošimo plokščiais ir vakuuminiais saulės kolektoriais sistemų efektyvumas.

2012 m. spalį ant LEI stogo įrengta 1 kW galios vėjo jégainė, skirta tirti mažosios vėjo energetikos perspektyvas Lietuvos sąlygomis. 2013 m. numatoma papildomai įrengti trijų tipų fotomodulius, siekiant išanalizuoti namų ūkių aprūpinimo elektros energija galimybes.

2012 m. kartu su kitais instituto padaliniais pradėtas vykdyti ilgalaikis institucinių mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros (toliau – MTEP) programų projektas ***Atsinaujinančiųjų išteklių naudojimo efektyviai energijos gamybai ir poveikio aplinkai tyrimas***. Projekto vykdymo metu numatoma ištirti atsinaujinančiųjų energijos išteklių darnios naudojimo plėtros apimtis, eksperimentiniuose tyrimuose pagrįsti pažangiu įvairaus kietojo biokuro panaudojimo šilumos gamybai technologijų efektyvumą mažos ir vidutinės galios įrenginiuose, energijos gamybos ir vartojimo efektyvumą ir poveikį aplinkai lemiančius veiksnius. Vykdant projektą laboratorijoje atliekama atskirų atsinaujinančių



Esama ir prognozuojama elektros energijos gamyba iš skirtingų AEI rūsių

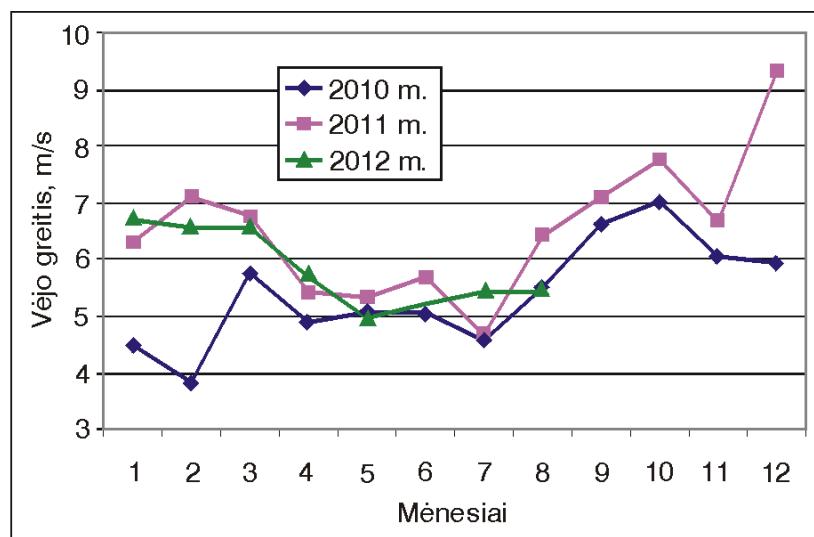
energijos išteklių darnaus vartojimo energijos gamybai analizė ir plėtros galimybių tyrimai.

Išnagrinėti vėjo greičio profilių kitimo dėsningumai ir atlikių jų įtakos vėjo elektrinių darbui tyrimai. Pagal naujausius statistikos duomenis atlikta biomassės kuro ir alternatyvių degalų išteklių naudojimo energijai gaminti analizė. Atlirkas AEI naudojimo techninis-ekonominis vertinimas pagal atskiras AEI rūšis. Nustatytos moksliškai pagrįstos

AEI naudojimo apimtys šilumos, biodegalų ir elektros gamyboje.

Vėjo srautų charakteristikų kaitos Baltijos jūros pakrantėje ir kituose šalies regionuose tyrimai, modeliavimas ir vėjo elektrinių galios kitimo prognozė.

Tyrimais nustatyta, kad įvairose šalies pajūrio regiono vietovėse veikiančių VE galios panaudojimo koeficiente kitimo dėsningumai analogiški. Tai rodo, kad vėjo srautų judėjimai visame šalies pajūrio regione yra koreliuoti. Atlirki



Vėjo srauto greitis 65 m aukštyje Klaipėdos rajone (Giruliaose)

matavimai vienoje pasirinktoje vietovėje, leidžia apytiksliai įvertinti vėjo energetinius parametrus kitose vietovėse.

2010–2011 m. matavimų duomenys rodo, kad vidutinis metinis vėjo greitis 65 m aukštyje kinta apie 18 % (2010 m. – 5,4 m/s, 2011 m. – 6,6 m/s).

Tyrimai rodo, kad Baltijos jūros pajūrio zonoje vyrauja vakarų krypties vėjai. Vėjo srautų didžiausi greičiai yra žiemą, mažiausiai vasarą. Taip pat gerokai kinta ir vėjo greičiai paros metu: dieną vėjo greitis didesnis nei naktį.

Vykstant moksliini tyrimų ir eksperimentinės plėtros veiklas 2012 m. Santakos slėnio lėšomis buvo įsigytas 50 m aukščio meteorologinis bokštas bei vėjo greičio, krypties ir atmosferos fizinių parametru matavimo įranga. Bokštas pastatytas Kaišiadorių rajone ir yra skirtas vėjinguo salygoms šalies vidurio regione tirti. Vėjo greitis matuojamas 10, 30 ir 50 m aukščiuose, o kryptis – 50 m aukštyje. Pirmieji matavimų rezultatai rodo, kad vidutinis vėjo greitis liepą–rugsėjį 50 m aukštyje siekė 5,12 m/s. Kaip ir pajūrio regione, pastebimas vėjo greičio padidėjimo dienos metu dėsningumas.

Matavimų duomenys naudojami trumpalaikės vėjo greičio prognozės VE parkams metodikai tobulinti. Duomenys lyginami su Hidrometeorologijos tarnybos naudojamo skaitmeninių orų prog-



*50 m aukščio meteorologinis bokštas  
Kaišiadorių rajone*

nozių modelio duomenimis, atliekamos korekcijos fiziniai ir statistikos metodais ir apskaičiuojamos paklaidos.

### KIETOSIOS BIOMASĖS KURO PARUOŠIMO IR DEGINIMO TECHNOLOGIJŲ PLĒTROS TYRIMAI

Laboratoriuje analizuojamos įvairių rūsių kietosios biomasės kuro gamybos apimtys ir vartojimo šilumai ir elektrai gaminti technologijos. Biomasė, kaip energijos šaltinis, naudojama kietu (kietoji biomasė), skystu (biode-

galai) ir dujiniu (biodujos) pavidalu. Pa- grindinius kietosios biomasės išteklius sudaro mediena (kirtimų, medžio apdirbimo įmonių ir statybų atliekos) ir žemės ūkio atliekos (šiaudai). Kietasis biomasės kuras naudojamas tiesiogiai arba perdirbtu pavidalu (briketai, granulės, skiedra, pjuvenos).

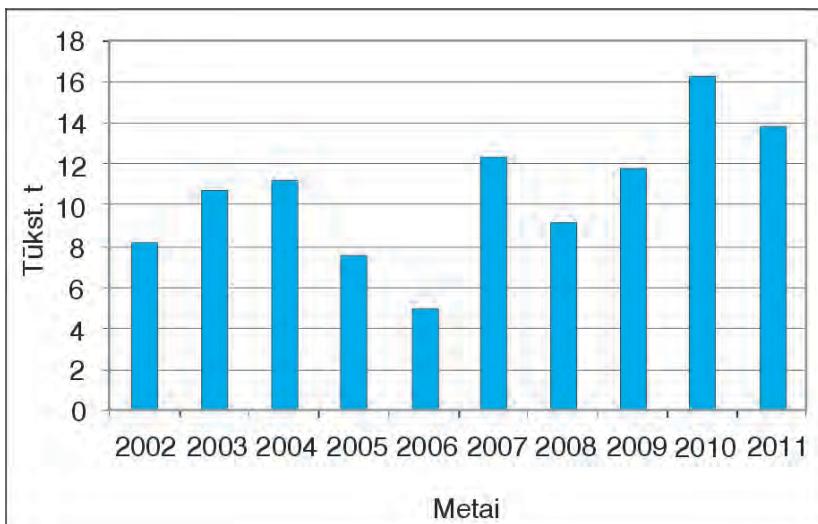
### ***Biokuro panaudojimas CŠT sistemoje***

Lietuvos Šilumos tiekėjų ir Biokuro gamintojų asociacijos ambicingą tikslą – iki 2020 m. pasiekti, kad atsinaujinančių ir kitų vietinių energijos išteklių dalis šilumos gamybos kuro balanse sudarytų ne mažiau kaip 70 % visos pirminės energijos. Norint tai pasiekti, būtina papildomai sukurti biokuro jėgainių tinklą, kurio galia sudarytų apie 1560 MW, o investicijos siektų apie 1,1 mlrd. Lt. Šiuo metu Lietuvos šilumos ūkyje vyrauja iškastinis kuras. Medienos atliekų ir kitų AEI dalis kuro sąnaudų struktūroje nuolat auga, o gamtinių dujų vartojimas nuo 2004 m. palaipsniui mažeja.

Vykstant Nacionalinės energetikos nepriklausomybės strategijos ir Europos Sajungos direktyvų nuostatas būtina padidinti atsinaujinančių ir kitų vietinių energijos išteklių dalį centralizuotai tiekiamos šilumos gamyboje ir kartu sumažinti šiltnamio reiškinį sukeliančių dujų emisiją. Šiuo tikslu siūloma pasta-

### ***Kuro struktūros raida centralizuoto šilumos tiekimo sistemoje***

Kuro rūšis	Metai								
	1998	2000	2002	2004	%	2006	2008	2010	2011
Gamtinės dujos	52,5	80,3	75,5	83,6	79,6	77,0	74,4	73,1	
Mazutas	44,1	17,2	18,7	5,6	4,4	4,1	4,6	2,7	
AEI	2,0	2,0	5,0	10,0	14,0	17,7	19,3	22,4	
Kitas kuras	1,4	0,7	0,8	0,8	2,0	1,2	1,7	1,8	



Šiaudų kuro sunaudojimas 2002–2011 m.

tyti apie 1000 MW bendros galios biokuro jėgainių. Pagrindinis medienos kuro šaltinis visoms didelėms ir vidutinėms biokuro katilinėms yra miško kirtimo atliekos, kurių potencialas naudojamas nepakankamai. Pastaraisiais metais Lietuvoje buvo sunaudojama apie 10 % susidarančių miško kirtimo atliekų.

Didelis šilumos energijos gamybos potencialas slypi žemės ūkio atliekose (šiauduose), kurių Lietuvoje kasmet susidaro apie 4 mln. t. Apie 500 tūkst. t šiaudų galima panaudoti šilumos energijai gaminti, tačiau faktiškai panaudojama tik apie 3 % šio kiekio: 2011 m.

bendras šiaudų kuro sunaudojimas siekė 13,9 tūkst. t.

### BIODUJŲ IR BIODEGALŲ GAMYBOS PROCESŲ IR APLINKOSAUGOS PROBLEMŲ TYRIMAI

#### Biodujos

Daugelį metų laboratorijoje nagrinėjamos anaerobinio skystujų organinių atliekų apdorojimo technologijų ypatybės. Nustatyta, kad jų racionalaus panaudojimo dėka gali būti sėkmingai sprendžiama daugybė aplinkosauginių, ener-

getinių, socialinių bei agrokultūrinių problemų, susijusių su pramonės įmonių gamybinės veiklos žalingo poveikio aplinkai mažinimu. Aplinkosauginio poveikio esmę sudaro tai, kad anaerobinėmis sąlygomis bioreaktoriuje efektyviai (iki 40–60 %) suskaidomos organinės medžiagos ir taip sumažinamas apdorotų nuotekų neigiamas poveikis aplinkai. Lietuvoje veikia 6 biodujų jėgainės, apdorojančios įvairios rūšies skytas organines atliekas. 2011 m. 6 sąvartynuose išgautos sąvartynų dujos vartotas 6,62 MW<sub>el</sub> galios kogeneraciniuose įrenginiuose.

Pastaraisiais metais daugelyje šalių biodujos, pašalinus iš jų CO<sub>2</sub> bei išvalius kitas pašalines priemaišas, tiekiamos į gamtinį duju tinklą arba naudojamos kaip alternatyvūs degalai transporte. Laboratorijoje, analizuojant Lietuvoje bei kitose Europos šalyse veikiančių biodujų jėgainių patirtį, atliekamas išsamus kompleksinis biodujų jėgainių veiklos efektyvumo tyrimas, siekiant mažinti žalingą poveikį ir išmetamų šiltnamio duju apimtis.

#### Biodegalai

Vienas didžiausių galutinių energijos vartotojų yra transporto sektorius,

### Lietuvoje veikiančios biodujų jėgainės

	Bioreaktorių talpa, m <sup>3</sup>	Apdorojama žaliava	Elektrinė galia, MW	Šiluminė galia, MW	Paleidimo metai
AB Kauno vandenys	10 000	Nuotekų dumblas	0,75	1,05	2000
UAB Utenos vandenys	2×1000	Nuotekų dumblas	0,275	0,440	1999
AB Rokiškio sūris	800	Maisto perdirbimo org. atliekos	0,50	0,33	2003
AB Aukštaitijos vandenys	3200	Nuotekų dumblas	0,33	0,35	2007
UAB Kurana	n.d.	Žlaugtai	4,0	2,4	2008
AB Klaipėdos vanduo	n.d.	Nuotekų dumblas	0,654	n.d.	n.d.

n.d. – nėra duomenų.

## Biodegalų gamybos apimtys 2005–2011 m.

	Metai	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
<i>Bioetanolio gamybos apimtys tūkst. t</i>		7,2	9,9	14,9	17,1	24,5	39,3	20,9
<i>Biodyzelino gamybos apimtys tūkst. t</i>		7,0	10,3	24,8	64,6	104,7	89,2	79,9

kuriame suvartojoama apie 40 % galutinės šalyje suvartojomos energijos. Transporto sektoriuje didžioji kuro žaliavos dalis yra importuojami naftos produktai, nes vietiniai naftos produktai galėtų sudaryti tik 4 % šalies naftos poreikių. Biodegalų gamybos ir vartojimo apimčių bei teisės aktų analizė rodo, kad vykdant Lietuvos vyriausybės įsipareigojimus ES biodegalų vartojimo transporto srityje užsibrėžtus tikslus (iki 2020 m. vartoti 10 %, o 2025 m. – 20 % bendro transporte sunaudiojamų degalų kiekio) be papildomų ekonominii bei organizacinių vartojimą skatinančių priemonių bus sudėtinga pasiekti. Nustatyta, kad biodegalų gamyboje naudojamą sintetinį metanolį yra tikslinga pakeisti bioetanoliu. Taip būtų galima padidinti sunaudiojamų AEI dalį biodegalų vartojimo srityje.

Dažniausiai vidaus degimo varikliuose bioetanoliu pakeičiama dalis benzino, tačiau pastaruoju metu imta domėtis bioetanolio panaudojimu aliejaus ar riebalų esterinimo ir peresterinimo procesuose, juo pakeičiant dabar naudojamą metanolį. Nustatyta, kad biodyzelino gamybos procese susidaro apie 10 % techninio glicerolio, iki 3 % laisvųjų riebalų rūgščių ir du kartus daugiau rapsų išspaudų (rapso rupinių), negu pagaminama biodyzelino. Tyrimai rodo, kad techninis glicerolis gali būti naudojamas kaip skystas kuras maišant jį su naftos produktais. Rapsų išspaudas galima naudoti baltyminiams pašarams gamin-

ti. Taip pat šias atliekas su techniniu gliceroliu tikslinga panaudoti polimerinėms plėvelėms gaminti. Laisvąsias riebalų rūgštis, susidarančias gaminant biodyzeliną, galima grąžinti į biodyzelino gamybos procesą, jas peresterinant metanoliu, naudojant rūgštinius katalizatorius. Šiomis priemonėmis galima gerokai sumažinti biodyzelino gamybos kainą.

### DALYVAVIMAS TARPTAUTINĖSE PROGRAMOSE

2012 m. laboratorijoje baigtas vykdyti programos ES *Pažangji energetika Europai* tarptautinis projektas ***Biomasės kuro rinkos apribojimų ir žaliavos gavybos sprendimai(EUBIONET III)***.

Projekto tikslas – didinti biomasės kuro naudojimą ES šalyse, ieškant būdų rinkos kliūtimis įveikti. Vykdant projektą buvo analizuojami kietosios biomasės (medienos) naudojimo energijai gaminti ypatumai ir perspektyvos naujuose pramonės sektoriuose. Atlikta rinkos dalyvių apklausa apie medienos granulių gamybos standartus. Analizuotas kainų medienos kurui formavimo mechanizmas. Pateikta teisinių ir techninių reikalavimų biokurui ir bioenergijai santrauka ir jvairių darnumo ir sertifikavimo kriterijų taikymo kietajam biokurui, biodegalams ir biodujoms. Projekte buvo įvertinti „nauji ir nepanaudojami“ žemės ūkio ir pramonės ištekliai. Ištirtos biomasės naudojimo šildytii ir vésinti visuomeninės

paskirties pastatuose galimybės. Aprašytos praktinės studijos, skirtos biomasėi deginti jvairios paskirties pastatuose. Pateikta ataskaita apie medienos biomasės naudojimo konkurenciją ir kainas miškininkystėje bei energetikoje. Projekto dalyviai sukaupė prieinamą mokslinę informaciją apie biomasės deginimą ir skleidžia ją seminaruose, elektroniniuose biuleteniuose ir tarptautinių konferencijų pranešimuose.

Taip pat nustatomi biomasės kuro sertifikavimo ir tvarios plėtros kriterijai. Pagrindinės projekto veiklos:

- Nacionalinių biomasės programų analizė ir biomasės kuro potencialo įvertinimas, daugiausia dėmesio skiriant pramonės ir žemės ūkio atliekomis.
- Sertifikavimo ir darnumo kriterijų biomasės kurui nustatymas, bendradarbiaujant su rinkos dalyviais. Naujų Europos standartizacijos komiteto (CEN) standartų kietajam biomasės kurui įdiegimo remimas.
- Tinkamo biomasės išteklių naudojimo įvertinimas, analizuojant žaliavų prieinamumą pramonės, miškų ir žemės ūkio sektoriuose.

**2012 m. laboratorijoje buvo vykdomi šie INTERREG tarptautiniai projektai:**

- ***Energetikos alternatyvos viešajame sektoriuje – Darnios energetikos strategija kaip***

- regiono vystymo galimybė (PEA). 2010–2013 m.*
- *Vėjo energetika Baltijos jūros regione 2 (WEBSR 2). 2010–2013 m.*



Mokslo tiriamasis projektas **Energetikos alternatyvos viešajame sektoriuje – Darnios energetikos strategija kaip regiono vystymo galimybė (PEA)** vykdomas pagal *BSR Interreg IV B 2007–2013* programą. Projekta įvyko 21 partneris iš 6 Baltijos jūros regiono šalių. Partnerių gretose yra 11 valdžios institucijų, taip pat 7 mokslinių tyrimų institutai ir 3 koordinavimo partneriai. Lietuvai atstovauja penkios institucijos – LEI, VšĮ Ignalinos atominės elektrownės regiono plėtros agentūra (IAERPA), Ignalinos rajono savivaldybės administracija, Visagino savivaldybės administracija ir Zarasų rajono savivaldybės administracija.

Projekto veiklos suteikia galimybę bendradarbiaujant skirtingais horizontaliais ir vertikaliais lygiais surinkti ir pasidalinti žiniomis bei patirtimi energetikos srityje ir skatinti regionų plėtojimąsi darnios plėtros kryptimi, numatant plėtros gaires, kurias lemia požūris į regiono plėtrą. Projekto tikslas – rasti būdus sumažinti energijos išlaidas komunalinių paslaugų srityje, naudojant alternatyvius energijos išteklius. Pagrindinis rezultatas bus regioninės darnios energetikos strategijos sukūrimas ir jos įgyvendinimas viename regionu.



Mokslo tiriamasis projektas **Vėjo energetika Baltijos jūros regione 2 (WEBSR 2)** vykdomas pagal *South Baltic Cross-border Co-operation Programme 2007–2013* programą. Projekto metu analizuojami VE parkų metiniai elektros energijos gamybos kiekiei, siekiama nustatyti perspektyviausias VE statybų vietas, identifikuojamos techninės, ekonominės, teisinės ir socialinės kliūtys spartesnei vėjo energetikos plėtrai. Šiuo tyrimu rezultatų pagrindu teikiamos rekomendacijos institucijoms, rengiančioms AEI naudojimo skatinimo tvarką, atliekančioms poveikio aplinkai vertinimą, ruošiančioms teritorinio planavimo dokumentus. Darbe atliekami vėjo energetikos plėtros ir energijos kaupimo technologijų tyrimai. Projekto metu taip pat tiriamos esamų ir naujų technologijų, skirtų VE parkų pagamintai elektros energijai saugoti ir kaupti, naudojimo perspektyvos. Analizuojamos hidroak-

muliaciinių elektrinių naudojimo su VE parkais bei įvairių suslėgto oro sistemų, iš jų ir suslėgto oro saugojimo požeminių uolienu ertmėse, galimybės. Vėjo energetikai populiarinti įsteigtas Vėjo energetikos informacijos centras.

### **Vėjo energetikos informacijos centras**

2012 m. gegužės 4 d. laboratorijoje buvo įkurtas **Vėjo energetikos informacijos centras**, kurio veiklos tikslas – teikti visuomenei objektyvią informaciją apie vėjo energetiką, jos technologijų privalumus ir trūkumus, formuoti moksliskai pagrįstą visuomenės požūrij į racionalų vėjo energetikos išteklių naudojimą. Centro įkūrimo dalinis finansavimas gautas vykdant tarptautinį projektą **Vėjo energetika Baltijos jūros regione 2**. Centre atliekamos vėjo energetikos projekty galimybų studijos, veiksnių, lemiančių vėjo elektrinių poveikį aplinkai ir visuomenės sveikatai, vertinimas ir modeliavimas, vyksta konsultacijos vėjo energetikos projektų rengimo ir teisinės bazės klausimais, organizuojami seminarai pramonės ir energetikos specialistams, verslininkams, dėstytojams, studentams. Taip pat vykdoma kita



*Vėjo energetikos informacijos centro atidarymas*



Seminare **Kliūtys vėjo energetikos plėtrai Lietuvoje** pranešimą skaito LR energetikos ministerijos atstovė V. Sankauskaitė



Vyksta praktiniai užsiėmimai

švietėjiska veikla: ruošiamos paskaitos bei praktiniai užsiėmimai moksleiviams ir studentams, rengiami konkursai, ekskursijos.

## MOKSLO POPULIARINIMO VEIKLA

Vykstant tarptautinius projektus, visuomenei skleidžiamos mokslo idėjos bei atliekamų tyrimų rezultatai, kurie skatina visuomenę domėtis atsinaujinančių energijos išteklių jvairove ir praktinio taikymo galimybėmis.

Laboratorijos darbuotojai skaičiai pranešimus viešame seminare *Green energy. Mitai ir realybė* apie vėjo energijos ir biodujų naudojimo galimybes. Taip pat pranešimai apie AEI plėtrą šalyje mieste skaityti tarptautinėje konferencijoje Anykščiuose *Atsinaujinančių išteklių jvairovė*, konferencijoje Kaune *Kauno bendruomenė – darnios energetikos link: atsinaujinantys energijos šaltiniai ir efektyvus energijos naudojimas* ir kituose renginiuose.

2012 m. laboratorijoje vykdant tarptautinį projektą **Vėjo energetika Baltijos jūros regione 2** suorganizuoti du seminarai vėjo energetikos klausimais. Pirmajame seminare buvo nagrinėjamos kliūtys vėjo energetikos plėtrai Lietuvoje, antrajame seminare – mažosios vėjo energetikos plėtojimo Lietuvoje perspektyvos. Seminarų dalyviai – verslininkai, savivaldybių, visuomenės sveikatos centrų bei mokslo įstaigų atstovai, potencialūs investuotojai, bendruomenių atstovai, studentai.

Bendradarbiaujant su VDU Gamtos mokslų fakultetu laboratorijos specialistai skaitė paskaitas VDU studentams apie AEI technologijas ir jų naudojimą Lietuvoje. Taip pat buvo organizuojami praktiniai užsiėmimai, kurių metu Fizikos bei Aplinkotyros katedrų studentai nagrinėjo elektros energijos gamybos vėjo jégainėse ypatumus bei susipažino su saulės fotoelementų veikimo principais. Studentai aktyviai domisi AEI naudojimo plėtra, atlieka stažuotes, rašo kursinius ir diplominius darbus, o ateity-

je, padedami laboratorijos darbuotojų, numato atliliki išsamesnius tyrimus ir rinktis studijų kryptis, susijusias su AEI technologijų naudojimu.

2012 m. laboratorijos darbuotojai paskelbė 1 mokslinį straipsnį, turintį citavimo indeksą, ISI WoS duomenų bazėje, 1 straipsnis priimtas spausdinti. Paskelbti 3 straipsniai mokslo leidiniuose, registruotuose tarptautinėse mokslinės informacijos duomenų bazėse, atspausdintas 1 pranešimas tarptautinės konferencijos pranešimų leidinyje, 4 mokslo populiarinimo straipsniai. Tyrimų rezultatai pristatyti 2 tarptautinėse ir 4 respublikinėse mokslinėse konferencijose. V. Katino su bendraautoriais monografija *Vibration of tubes in Heat Exchangers* išversta į kinų kalbą.

**Prof. habil. dr. Vladislovas KATINAS**

*Atsinaujinančių energijos šaltinių laboratorijos vadovas  
Tel. (8 37) 401 841  
El. paštas [res@mail.lei.lt](mailto:res@mail.lei.lt)*

# EFEKTYVAUS ENERGIOS NAUDOJIMO TYRIMŲ IR INFORMACIJOS CENTRAS

## PAGRINDINĖS CENTRO TYRIMŲ KRYPTYS:

- vykdant mokslinius tyrimus kaupti, analizuoti bei specialistams ir visuomenei perteikti efektyvaus energijos gamybos, perdavimo, paskirstymo bei galutinio naudojimo Lietuvoje ir užsienyje patirtį;
- darbai, susiję su Nacionalinės energijos vartojimo efektyvumo didinimo programa;
- dalyvavimas tarptautiniuose projektuose, seminarų ir mokymo kursų rengimais.

## ENERGIOS GAMYBOS BEI NAUDOJIMO EFEKTYVUMO LIETUVOS TYRIMAI

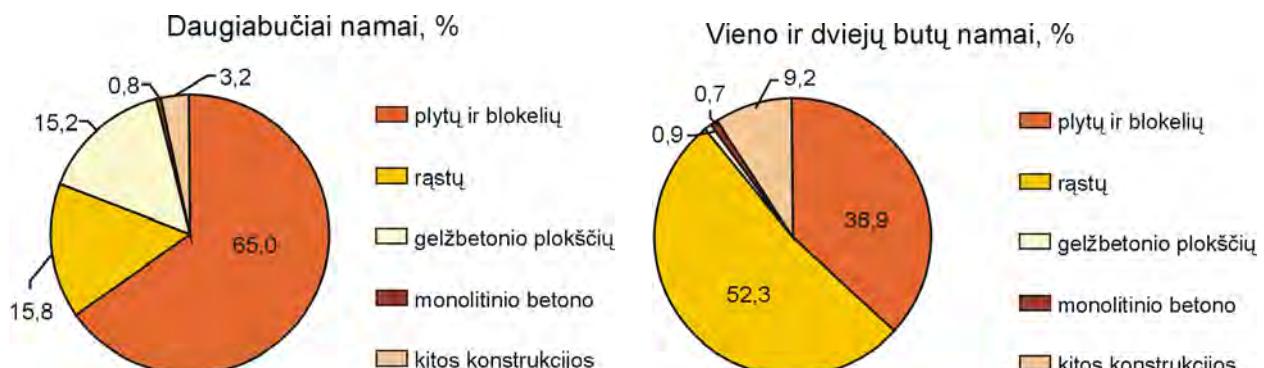
2012 m. buvo pradėtas valstybės subsidijomis finansuotas mokslo tiriamasis darbas ***Naujos kartos šilumos siurblių panaudojimo šilumos gamybai tyrimas.***

Šiuo metu Europos Sajungoje pastatuose suvartojuama 40 % visos ES

suvartojuamos energijos. Kai kuriose ES šalyse, taip pat Lietuvoje, šis skaičius yra dar didesnis. Visose šalyse statybų sektorius plečiasi, taigi, energijos suvartojimas pastatuose dar didės. Todėl energijos vartojimo mažinimas ir atsinaujinančių išteklių energijos naudojimas pastatų sektoriuje yra labai svarbios priemonės, būtinos siekiant mažinti ES šalių energetinę priklausomybę ir šiltanamio efektą sukeliančių dujų emisiją.

Vartojant mažiau energijos ir vartojant daugiau atsinaujinančių išteklių energijos taip pat galima labai prisdėti ne tik prie energijos tiekimo saugumo didinimo, bet ir vykdant naujas energijos gamybos technologijų mokslinius tyrimus, bei plačiau juos taikant.

Energijos vartojimo pastatuose mažinimas bei atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas pastatų sektoriuje yra ir viena iš prioritetinių strateginių



Gyvenamujių namų pasiskirstymas Lietuvoje pagal sienų konstrukcijos tipą

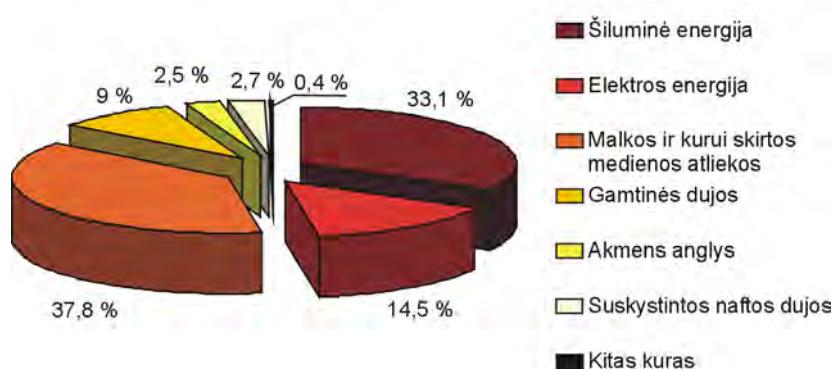
krypčių Europos Sąjungoje. Šiemis tikslams įvykdysti 2010 m. patvirtinta nauja ES Direktyva 2010/31/ES (PEND), skirta pastatų energetiniam efektyvumui didinti. Įgyvendinant šią direktyvą Europos Komisija skatina, kad ne vėliau nei nuo 2020 m. gruodžio 31 d. visi nauji statomi namai būtų artimi pasyviems ar nulinės energijos pastatams.

Tai atveria visiškai naujas galimybes tokioms naujoms technologijoms: šilumos siurbliai, šiluminės energijos, skirtos pastatams šildyti, gamyba.

Apie geotermių šildymą, naudojant šilumos siurblius, Lietuvoje kalbama jau ne vienerius metus. Įdiegtų šio šildymo technologijų skaičius Lietuvoje vis didėja. Tačiau vienas veiksnių, stabdančių šiu technologijų spartesnį diegimą Lietuvoje, yra per didelis šilumos suvartojimas pastatuose, kuris daugiaučiuose namuose siekia iki  $120 \text{ kWh/m}^2$  per metus, o vienbučiuose bei visuomeninės paskirties pastatuose – dar daugiau. Esant tokiam gausiam šilumos suvartojimui, radiatorinėms (ne grindinio šildymo) sistemos pastatuose, šilumos siurblų panaudojimas ekonominiu požiūriu nėra labai patrauklus.

Nuo 2020 m., vykdant ES Direktyvą 2010/31/ES (PEND), šiluminės energijos suvartojimas pastatuose bus ypatingai sumažintas ir artės prie  $15 \text{ kWh/m}^2$  per metus.

Šiomis sąlygomis pažangiausia šiluminės energijos gamybos technologija



*Kuro ir energijos suvartojimas namų ūkiuose pagal jų rūšis, %*

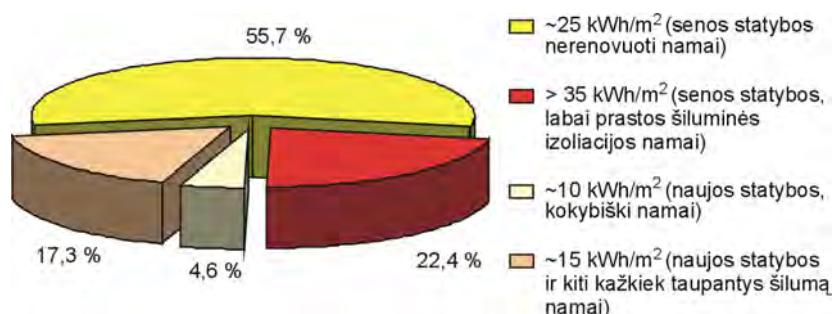
gali tapti šilumos gamyba naudojant šilumos siurblius. Tai padėtų iš esmės sumažinti iškastinio kuro sunaudojimą bei šiltnamio efektą sukeliančių duju emisiją. Ruošiantis minėtam laikotarpiui būtina plėsti mokslinius tyrimus, bandymus projektus, taikomuosius mokslinius darbus, skirtus šilumos siurblų diegimui Lietuvoje. Tam būtinas specialistų, dirbančių šioje srityje, žinių ir kompetencijos didinimas, švietėjiska veikla.

Atlikame darbe pateikti statistikos duomenys apie Lietuvos vienbučius (1–2 butų), daugiaučius (3-jų ir daugiau butų) bei kitos paskirties pastatus 2012 m. pradžioje bei jų analizė. Parodyta, kad pagrindinę pastatų sektorius dalij užima vienbučiai gyvenamieji namai: 2012 m. pradžioje buvo 439 767 namai (bendras plotas –  $53\,481\,976 \text{ m}^2$ ), arba 64,2% nuo viso esamų pastatų skaičiaus; daugiaučių buvo 37 379 namai (bendras plotas –  $51\,917\,557 \text{ m}^2$ ).

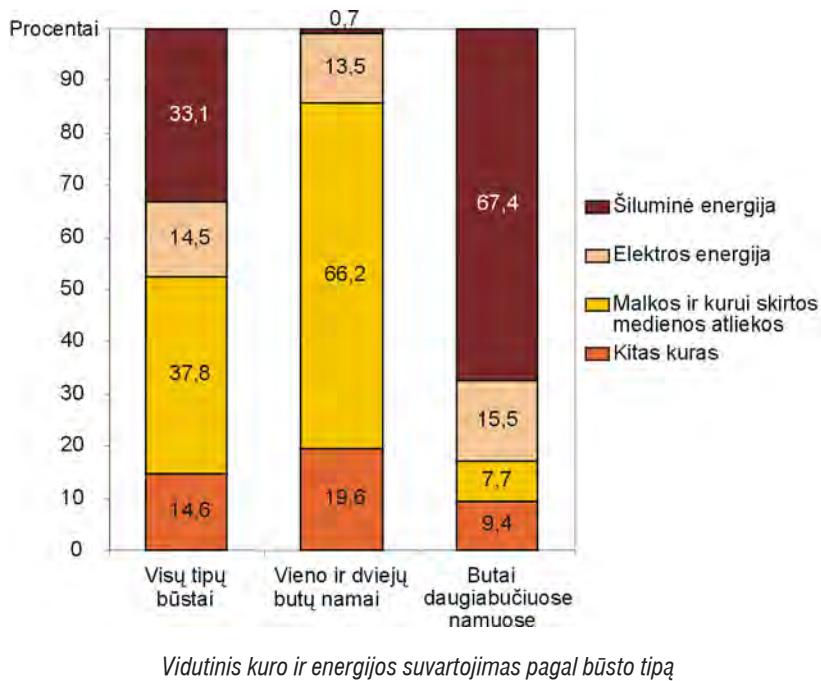
Bendras šiu pastatų plotas yra panašus:  $\sim 53,5 \text{ mln. m}^2$  – vienbučiai ir  $51,9 \text{ mln. m}^2$  – daugiaučiai namai. Pastatų tūris taip pat yra panašus:  $\sim 199 \text{ mln. m}^3$  – vienbučiai ir  $200 \text{ mln. m}^3$  – daugiaučiai namai.

Daugiausiai Lietuvoje esamų pastatų (~95%) yra pastatyti iki 1995 m. pagal tuo metu galiojusius statybų techninius reikalavimus. Pagal šiuos reikalavimus pastatyti pastatai pasižymi itin bloga atitvaru bei kitų pastato dalių šilumine izoliacija, todėl energijos vartojimas juose yra labai neefektyvus. Tik nuo 1992–1995 m. pradėjo griežtėti statybos ir pastatų mikroklimato reikalavimai naujai statomiems namams. Šiuo metu esantis paskutinis statybos techninio reglamento STR 2.05.01:2005 pakeitimas (Žin., 2011, Nr. 26-1292), kuris įsigaliojo nuo 2011-03-04, padidino reikalavimus pastatų išorės atitvarų šiluminei varžai nuo galiojusių iki 1992 m. iki 5 kartų (iki  $R_{\text{atitv.}} = 5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ ) ir priartėjo, pavyzdžiui, prie Švedijos reikalavimų pastatams, statomiems Švedijos pietų zonoje.

Atliktą šiluminės energijos suvartojimo pastatuose analizė parodė, kad vidutinis šilumos suvartojimas daugiaučiuose namuose (esant labai ribotam patikimos statistikos duomenų skaičiui) siekia apie  $120 \text{ kWh/m}^2$  per metus. Vienbučiuose bei visuomeninės paskirties pastatuose šilumos suvartojama yra dar daugiau.



*Daugiaučių namų pasiskirstymas pagal suvartojamą šilumos kiekį per mėnesį, %*



Pagrindinę kuro dalį centralizuotai gaminamai ir tiekiamai šiluminei energijai sudaro gamtinės dujos (73,1 %), atsinaujinančios energijos ištekliai (22,4 % ; iš jų biomasė – 93 %).

Ataskaitoje pateikta Europos Sajungos ir Lietuvos teisės aktų, reglamentuojančių freonų naudojimą, šildymo sistemų su šilumos siurbliais projektaivimą ir gamybą bei šias sistemas montuojantiems ir aptarnaujantiems fiziiniams ir juridiniams asmenims keliaus kvalifikacinius reikalavimus, apžvalga. Be to, pateiktos šilumos siurbliai diegimo Lietuvoje skatinimo priemonės, numatytos LR atsinaujinančių išteklių energetikos įstatyme (Žin., 2011, Nr. 62-

2936) ir LR aplinkos ministro 2011 m. vasario 10 d. įsakyme Nr. D1-128 *Dėl mažos apimties projektų, finansuojamų iš Klimato kaitos specialiosios programos lėšų, maksimalių subsidijų dydžių patvirtinimo* (Žin., 2011, Nr. 20-972).

Pažymėtina, kad iki 2011 m. šilumos siurbliai diegimas Lietuvoje nebuvo skatinamas, nors pasisavinti aeroterminę, hidroterminę ir geoterminę energiją galima tik naudojant šilumos siurblius.

Pažymėtina ir tai, kad Valstybinė kainų ir energetikos kontrolės komisija iki šiol nenustatė lengvatinių tarifų šilumos siurbliai darbui suvartotai elektros energijai, nors tai numatyta minėtame

LR atsinaujinančių išteklių energetikos įstatyme.

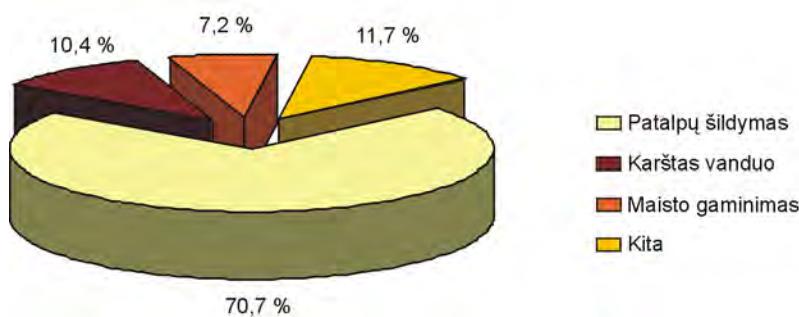
Ataskaitoje taip pat aptarti ES ir Lietuvos teisės aktai, reglamentuojantys pasyvių bei beveik nulinės energijos pastatų statybą. Pateikta kompresorinių šilumos siurbliai (kaip darbo agentą naujančių freonus ar natūralios kilmės šaltneši R744) darbo ciklų termodinaminė analizė.

## DALYVAVIMAS TARPTAUTINĖSE PROGRAMOSE



2012 m. pratęsti tarptautinio projekto ***Produktų ir procesų projektavimas energetiškai taupiems technologiniams įrenginiams, veikiantiems intelektinių prietaisų terpéje (DEMI)***, iš dalies finansuojamo ES 7-osios bendrosios mokslinių tyrimų, technologinės plėtros ir demonstracinių veiklos programos lėšomis, darbai. Projektas vykdomas nuo 2010 m. vasario.

Projektas skirtas produktų ir procesų projektavimo kompiuterinėms programoms tobulinti panaudojant naujausias intelektualias informacines technologijas (IKT), leidžiančias įvertinti gamybinių proceso energetinį efektyvumą jau projektavimo metu. Pagrindinis projekto tikslas yra papildyti esamas produktų ir procesų projektavimo kompiuterinės programos naujomis funkcijomis, kuriuos leistų inžinieriams projektuoti energetiškai efektyvius ir ekologiškai optimalius atskirus gamybinius procesus. Šios funkcijos taip pat leistų išplėsti stebėsenos ir sprendimų priėmimo galimybes ir jau suprojektuotiems bei įdiegtiems procesams bei padėtų mini-



*Kuro ir energijos suvartojimas namų ūkiuose pagal panaudojimo kryptį, %*

mizuoti/optimizuoti gamybinių procesų ir įrenginių poveikį aplinkai visą jų gyvavimo laikotarpi.

Gamintojai yra nemažai investavę į savo produktus bei paslaugas ir siekia, kad jie būtų energetiškai efektyvūs. Tačiau tam aiškiai trūksta IKT pagrindu sukurtų sistemų bei priemonių, kurios patobulintų produkto ir procesų projektavimą leisdamos įvertinti gamybino proceso energetinį efektyvumą.

Vienas pagrindinių uždavinii optimizuojant gamybinių procesų energijos sąnaudas (projektavimo metu) – nustatyti ir pagerinti tų procesų energijos vartojimo charakteristikas. Tai galima pasiekti projektuojant aplinkos intelektui (intelektualiomis IKT priemonėmis) paremtus gamybinius procesus. Toks gamybinių procesų projektavimas įgalintų ir energetinio efektyvumo kontrolės funkcijas.

Įvykdžius projektą numatoma sukurti bendrąją metodiką ir esamoms projektavimo sistemoms lengvai pritaikomus tokius IKT komponentus:

- Energetinių sąryšių selektorius (angl. *Energy Dependency Selector*), skirtą iki projektilinei analizei ir leidžiantį pasirinkti įrenginį (itaisą), kuris atitiks ir gamybinius, ir energetinio efektyvumo reikalavimus visą

projektuojamo proceso ar produkto gyvavimo ciklą. Tuo tikslu bus taikoma TRIZ metodika (santrumpa rusų k., verčiama kaip išradybinių uždaviniių sprendimo teorija) ir ekoprojektavimo principai.

- Energijos suvartojojimo monitoringo sistemą (angl. *Energy Monitoring Setup*), skirtą projektuoti ir parinkti aplinkos intelektu paremtas technologijas ir kitas matavimo sistemas užtikrinančias įdiegto gamybino proceso energetinį efektyvumą.
- Energijos suvartojojimo analizatorių (angl. *Energy Analyzer*), vykdantį gamybino proceso ir įrangos energetinio efektyvumo optimizavimą.
- Energijos suvartojojimo simuliatorių (angl. *Energy Simulator*), skirtą projektavimo metu modeliuoti gamybinių procesų ir įrangos variantus ir įvertinti jų energijos sąnaudas.

2012 m. vykdotos veiklos pagrindu esamos produkto gamybos ir gamybinių procesų projektavimo sistemos buvo papildytos minėtais IKT komponentais. Tokiomis papildytomis projektavimo sistemomis gauti sprendiniai buvo

patikrinti naudojant realių gamybinių procesų duomenis. Naujų procesų projektiniai sprendimai turėtų užtikrinti bent 15 % mažesnes energijos sąnaudas pramonėje.



#### **Energetikos alternatyvos viešajame sektoriuje – darnios energetikos strategija kaip regioninės plėtros galimybė (PEA) projektas**

2012 m. LEI Efektyvaus energijos naudojimo tyrimų ir informacijos centras bei Atsinaujinančių energijos šaltinių laboratorija kartu su 21 partneriu iš 6 Baltijos jūros regiono šalių (Vokietijos, Estijos, Lietuvos, Latvijos, Lenkijos ir Suomijos) toliau vykdė 2010 m. pradėtą tarptautinį Baltijos jūros regiono 2007–2013 m. programos **Public Energy Alternatives – Sustainable energy strategies as a chance for regional development (PEA)** projektą. Projekto trukmė 3 metai. Projektą iš dalies finansuoja ES Baltijos jūros šalių regiono programa.

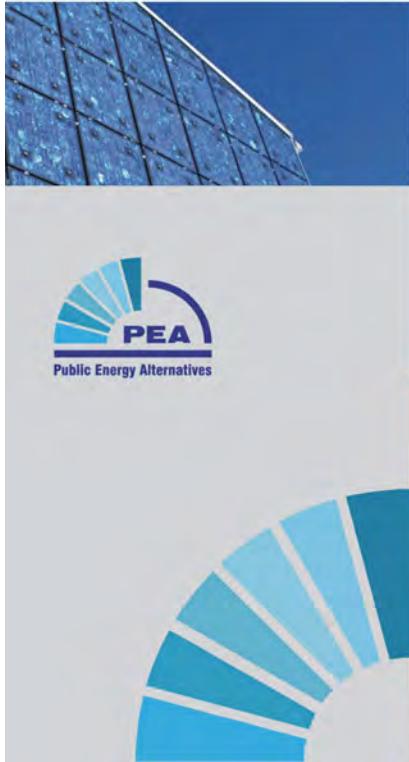


Baltijos jūros regiono 2007–2013 m. programos PEA projekto dalyviai ir jų veiklos momentai 2012 m.

## Europos Sąjungos Baltijos jūros regiono programa

Europos Komisija patvirtinė bendradarbiavimo programą tarp ES valstybių narių, supančių Baltijos jūrą: Vokietijos, Danijos, Estijos, Latvijos, Lietuvos, Lenkijos, Švedijos bei Suomijos. Kaip numatytą pagal Europos kaimynystės ir partnerystės priemonę, ES nepriklausančios šalys Rusija, Baltarusija bei Norvegija programoje dalyvauja nuo 2007 m. gruodžio mėn.

Programos tikslas – sustiprinti Baltijos jūros regiono ekonominį ir pagerinti šiam regione gyvenančių žmonių gyvenimo bei darbo sąlygas. Šiam tikslui skirti 236 mln. eurų, iš kurių bus remiant įvairiausiai projektais, skirti konkurenčingumui, darniam gamtinėi išteklių panaudojimui, o taip pat gaudžiam bendradarbiavimui tarp dalyvaujančių partnerių gerinti.



ES Baltijos jūros šalių regiono programos PEA projekto brošiūra

Projekto tikslas – skatinti regionų plėtrą, vykdant energijos taupymo ir efektyvaus naudojimo uždavinius. PEA projekto pagrindinis uždavinys yra pasidalinti patirtimi su kitomis projekto šaliųmis bei įdiegti pažangias energetikos technologijas, perteikiant įgytą patirtį visam Baltijos jūros šalių regionui. Tuo tikslu buvo sukurti nauji mokymo moduliai, skirti su energetika susijusiam vadovaujančiam ir vykdančiam personalui, įpareigotam įgyveldyti ir toliau plėtoti

regioninę strategiją bei priemones.

Kaip buvo numatytą projekte, IAE regione buvo parengti kelių viešųjų pastatų renovacijos techniniai projektai, leidžiantys įvertinti energijos taupymo potencialą. Savivaldybės, vykdydamos projektą, ant kelių viešosios paskirties pastatų įrengė saulės kolektorius, kurie tapo pirmosiomis (bandomosiomis) investicijomis panaudojant alternatyvią saulės energiją regiono viešajame sektoriuje. Projekto metu įgyvendintos

investicijos parodė kaip regione įmanoma panaudoti esamus atsinaujinančius energijos išteklius.

Vykstant projekto uždavinius, 2012 m. glaudžiai bendradarbiauta su VšĮ *Ignalinos AE* regiono plėtros agentūra, bei UAB *Eksponentė* atstovais, taip pat su Ignalinos ir Zarasų rajonų bei Visagino savivaldybėmis, rengiant IAE regiono darnaus vystymosi strategiją bei aptariant būsimus savivaldybių veiksmų planus. Lietuvių kalba parengta brošiūra apie Europos Sąjungos Baltijos jūros šalių regiono programą. Projekto vykdytojų vizito Švedijoje ir Danijoje metu susipažinta su energijos vartojimo efektyvumo didinimo galimybėmis bei pažangiausiomis alternatyvių energijos išteklių (biokuro, vandens, vėjo, saulės) panaudojimo technologijomis. Šio vizito rezultatai aprašyti žurnale *Šiluminė technika* (2012 m. Nr. 2 (Nr. 51)). Nustatyti galutinės energijos iš atsinaujinančių energijos išteklių teorinis ir techninis potencialai bei atlikta AEI potencialo stipribyų, silpnybių galimybų ir grėsmių (SSGG) analizė IAE regione. Sukurtas projekto internetinis svetainės puslapis [http://www.lei.lt/\\_img/\\_up/File/atvir/pea/index.htm](http://www.lei.lt/_img/_up/File/atvir/pea/index.htm). Paruošti Ignalinos ir Zarasų rajonų bei Visagino savivaldybių Veiksmų planai, skirti Regioninės energetikos strategijai vykdyti.

Pagal vykdytas darbų temas 2012 m. tyrimų rezultatai pateikti 5 moksliiniuose straipsniuose, surengti 2 seminarai, perskaityti 2 pranešimai mokslinėse konferencijose (1 iš jų tarptautinėje).

**Dr. Romualdas ŠKĖMA**  
Efektyvaus energijos naudojimo tyrimų  
ir informacijos centro vadovas  
Tel. (8 37) 401 802  
El. paštas [skema@mail.lei.lt](mailto:skema@mail.lei.lt)

# SISTEMŲ VALDYMO IR AUTOMATIZAVIMO LABORATORIJA

## PAGRINDINĖS LABORATORIJOS TYRIMŲ KRYPTYS:

- energetikos sistemų ir tinklų matematinis modeliavimas ir valdymo problemų tyrimas;
- energetikos sistemų informacinių ir valdymo sistemų modeliavimas ir optimizavimo tyrimai.

Elektros energetikos sistemos (EES) yra vienos sudėtingiausių techninių ir organizacinių sistemų, apimantinių generatorius, elektros tinklus ir vartotojus šalies mastu ir dirbančios sinchroniškai, t. y. bendruoju režimu ir vienodu srovės dažniu, su kitų šalių sistemomis didelėse teritorijose. EES darbo režimai, apibūdinami energijos, srovių, galių, įtampų, dažnio, fazinių kampų ir kitais parametrais, pasižymi nuolatine kaita. Režimus reikia tinkamai valdyti, kad jie neviršytų leistinas parametrų ribas, ir tai yra EES operatoriaus pagrindinis uždavinys. Valdymas yra gana sudėtingas uždavinys net normalių režimų atveju, o neretai sistemoje susidaro įtempti režimai, kartais – avariniai ir poavariniai, kuriuos valdyti būna daug sunkiau. Nesuvaldyti režimai gali baigtis dinaminio stabilumo praradimu, įtampų griūtimi ir sistemos atskirų dalių ar visišku užgesimu. Valdyti sistemas ir tinklus bei saugoti juos nuo avarių operatoriams padeda sisteminė ir prieš-avarinė automatika su relinėmis apsaugomis ir jvairiais skaitmeniniais valdikliais, taip pat parametru duomenų per-

davimo realiu laiku sistemos, jungiančios generatorius ir tinklų pastotes su dispečerinio valdymo centrais.

Operatoriai valdymo priemones (įrenginių perjungimų planus, automatikos nuostatus, dispečerinio valdymo

Sistemų valdymo ir automatizavimo laboratorija *atlieka tyrimus ir siūlo paslaugas* šiose srityse:

- Elektros energetikos sistemų (EES) matematinis modeliavimas, parametrų tyrimas ir įvertinimas;
- EES valdymo problemų tyrimas ir valdymo algoritmų kūrimas (dažnio, aktyviosios ir reaktyviosios galios valdymas, statinis ir dinaminis stabilitumas, nuostolių mažinimas, elektros energijos kokybė, avarių prevencija, elektros rinka);
- EES pažangių valdymo metodų bei naujų automatinių valdymo priemonių ir informacinių ir ryšių technologijų (IRT) taikymo tyrimai;
- EES patikimumo, rizikos ir saugumo tyrimai bei vertinimai;
- EES darbo optimizavimas konkurencinės elektros rinkos sąlygomis, balansavimo, sisteminių ir papildomų paslaugų konkurencinių mechanizmų kūrimas;
- Atsinaujinančių išteklių (vėjo, saulės ir kt. elektrinių) bei paskirstytosios generacijos integravimo į EES tyrimai;
- EES valdymo ir elektros energijos vartojimo teisinio reglamentavimo problemos;
- EES valdymo ir plėtros bei elektros energijos vartojimo ekonominio efektyvumo analizė.

signalus) rengia vadovaudamiesi modeliu, t. y. režimų skaičiavimais. Tai veikla, kuriai reikia daug mokslo žinių ir metodų, reikia sukurti tinkamus skaičiavimo algoritmus, parengti vertinimo metodikas ir analizės procedūras.

Šiuolaikinių energetikos sistemų raidoje ryškėja dideli pokyčiai. Plečiasi, tiek geografiškai, tiek apimtimi, tarpssteminė elektros prekyba, apimstantį jvairusius elektros rinkos produktus (aktyviuosios galios rezervus ir kitas papildomas paslaugas, išankstinius finansinius sandorius). Į elektros prekybą ir papildomų paslaugų teikimą įtraukiami elektros vartotojai ir smulkieji generatoriai. Elektra tampa ekologiškesnė dėl didėjančios atsinaujinančias išteklijas grindžiamos generacijos, taip pat, tikėtina, dėl atominės energetikos plėtros. Elektros sistemos taps atsparesnės avarijoms, pageštės elektros tiekimo patikimumas ir tiekiamos elektros kokybė (taisyklingesnė įtampos sinusoidės forma, mažesni įtampos mirgėjimai ir kt.). Tokius pokyčius daugiausiai lems išmaniosios technologijos, grindžiamos informaciniemis ir ryšių (komunikavimo) technologijomis. Jų įdiegimo rezultatas nusakomas naujomis sąvokomis – *išmanioji generacija, išmanusis elektros tinklas, išmanioji relinė apsauga, išmanioji elektros apskaita*, netgi *išmanusis namas*. Išmanumas sukuriamas kompiuterinės logikos įtaisais (valdikliais su mikroprocesoriais) ir jų komunikavimu tarpusavyje bei su elektros tinklo dispečeriais. Išmaniosios technologijos padeida elektros tinklų operatoriams efektyviau ir patikimiau valdyti elektros tinklą realiuoju laiku ir netgi ne vienu atveju supaprastina šį darbą (nes dalį valdymo ir stebėsenos funkcijų atlieka išmanieji valdikliai be žmogaus dalyvavimo). Kita vertus, operatoriams valdymas tampa sudėtingesnis, nes j valdiklius reikia įdiegti daug papildomų algoritmų ir programų, stebėti jų veikimą, koordinuoti valdiklių veiksmus, perprogramuoti

valdiklius pastebėtomis veikimo kladoms šalinti.

2012 m. laboratorija vykdė sutartinį mokslo tiriamajį darbą **ORLEN Lietuva šiluminės elektrinės 6 kV uždarosios skirstyklos atnaujinimo/rekonstrukcijos galimybų studija** kartu su UAB *Energetikos projektai*. Šiame darbe įvertintos techninės galimybės ir pasiūlyti galimi šiluminės elektrinės (AB *ORLEN Lietuva*) 6 kV uždarosios skirstyklos pakeitimo, modernizacijos, rekonstrukcijos variantai, nurodyti jų privalumai ir trūkumai, parengti eskiziniai projektais, biudžetinės sąmatos.

Įvertinus esamų skirstyklos įrenginių techninę būklę ir AB *ORLEN Lietuva* pageidavimus, darbe parengti šeši skirtinės skirstyklos modernizacijos/rekonstrukcijos sprendimai.

Projektas buvo atliktas taikant metodiką, kurioje atsižvelgta į „išorinių tinklų“ ir vartotojų charakteristikas bei apkrovas ieškant optimalaus varianto, užtikrinančio patikimą skirstyklos, tinklų bei vartotojų darbą minimaliomis investicijomis ir sąnaudomis. Skirstyklos darbo režimams vertinti buvo sukurti matematiniai modeliai, kuriuose aprašyta ne tik šiluminės elektrinės (AB *ORLEN Lietuva*) 6 kV uždaroji skirstykla, bet ir naftos perdirbimo gamykla (AB *ORLEN Lietuva*) bei Lietuvos elektros energetikos sistema (LEES). Įvertinant LEES ir naftos perdirbimo gamyklos darbo režimus buvo atlikta apkrovų, srautų, patikimumo, trumpųjų jungimų tyrimai, parinkta skirstyklos schema, įrenginiai bei pasiūlyti rezervavimo sprendimai.

Užsakovui buvo atliktas eskizinis projektas, kurį sudarė:

- Sprendimų aprašymas;
- Elektros energijos tiekimo tinklo skaičiavimų rezultatai, kurie buvo gauti naudojant PSS/E programinį paketą, sudarant elektros energijos tiekimo tinklo matematinį

modelį;

- Skirstyklos struktūrinė schema;
- Įrenginių išdėstymo planas-eskizas;
- Pagrindinių įrenginių techninės specifikacijos, nurodant esmines technines charakteristikas;
- Sustambintas darbų vykdymo planas, kuriamo numatytą siūlomą variantą realizavimas, Sąmata, ketvirtos tikslumo klasės (-25 % / +30 %) pagal ANSI Z94.0.

Darbe atliktas siūlomų sprendimų techninis ir ekonominis įvertinimas ir parengta ataskaita, kurioje nurodyti sprendimų privalumai ir trūkumai bei įvardytas techniškai ir ekonomiškai optimalus variantas.

Šis darbas nuo anksčiau atlirkto objektų projektavimo darbų skiriasi tuo, kad buvo taikomas „kompleksinis“ požiūris ir metodika.



Lietuvos  
mokslo  
taryba

Pagal nacionalinę mokslo programą *Ateities energetika*, 2012 m. vykdytas projektas ***Energetikos sistemų patikimumo ir jo įtakos energetiniam saugumui vertinimo metodika bei tyrimas*** (kartu su Branduolinių įrenginių saugos laboratorijos mokslininkais).

Pagal Lietuvos nacionalinę energetikos strategiją numatomos elektros jungtys su Lenkija *LitPol Link* (1000 MW) ir Švedija *NordBalt* (700 MW). Pastačius šias linijas, Lietuvos EES bus prijungta asinchroniškai prie kontinentinės Europos tinklų – *LitPol Link* keitiklių stotis Alytuje bus pertvarkyta asinchroniniams darbui su IPS/UPS elektros energetikos sistema.

Norint atlirkti statinių ir dinaminėjų režimų modeliavimą perspektyviniam režimams, reikalingi papildomi nuolatinės srovės intarpų (keitiklių stočių) matematiniai modeliai, kurie leistų modeliuoti režimus, kai Lietuvos EES dirba asinchroniškai su Skandinavijos ir Lenkijos EES.

Šiuo metu labiausiai paplitusios VSC (itampos šaltinio) ir LCC (srovės šaltinio) technologijos. *NordBalt* jungtyje numatoma pasirinkti VSC technologiją, leidžiančią pagerinti EES stabilumą, o *LitPol Link* jungtyje – LCC technologiją.

Pirmajame darbų etape sudaryti VSC ir LCC technologijų matematiniai modeliai, parenkant modelio struktūrą ir parametrus, kurie geriausiai atitinkų planuojamų statyti įrenginių charakteristikas.

Stebint šiuo metu vykstančią ir ateityje numatomą sparčią vėjo elektrinių plėtrą, svarbu teisingai vertinti vėjo elektrinių darbo įtaką Lietuvos EES. Atsižvelgiant į vėjo elektrinių specifliką (palyginti su tradiciniais generuojančiais šaltiniais), sudaryti nauji vėjo elektrinių modeliai, atitinkantys pagrindines technologijas:

- naudojant synchroninius generatorius;
- naudojant asinchroninius „dvigubo maitinimo“ generatorius.

Sudarius nuolatinės srovės intarpų ir vėjo elektrinių modelius, buvo papildytas Lietuvos EES matematinis modelis, leidžiantis tirti sistemos darbo režimų parametru kitimą. Atlirkti Lietuvos EES modelio bandomieji skaičiavimai siekiant ivertinti jo tinkamumą realios Lietuvos EES darbo režimams modeliuoti.

Šiuo metu Sistemų valdymo ir automatizavimo bei Atsinaujinančių energijos šaltinių laboratorijų darbuotojai vykdo biudžetinį darbą **Mažos galios vėjo elektrinių ir saulės energijos sistemų panaudojimo intensyvinimo ir plėtrų galimybų Lietuvoje tyrimai**. Šioje studioje kuriamas vėjo elektrinių generuojamos galios prognozės modelis, kuriam laboratorijos mokslininkai parengs statistinių prognozės modelių bei statistinio ir fizinio prognozės modelių apibendrinimo modelių panaudojant neuroninius tinklus.

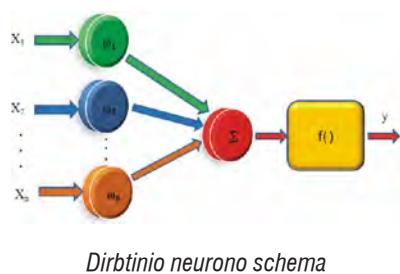
2012 m. darbe atlirkta literatūros apžvalga, skirta neuroninių tinklų panaudojimo galimybėms vėjo elektrinių galių prognozuoti.

Ilgalaikėje institucinėje programe laboratorija nagrinėja problemas, susijusias su **Lietuvos elektros energetikos sistemos sinchroninio darbo su ENTSO-E galimybėmis, atsižvelgiant į perspektyvinę generuojančių galių plėtrą**.

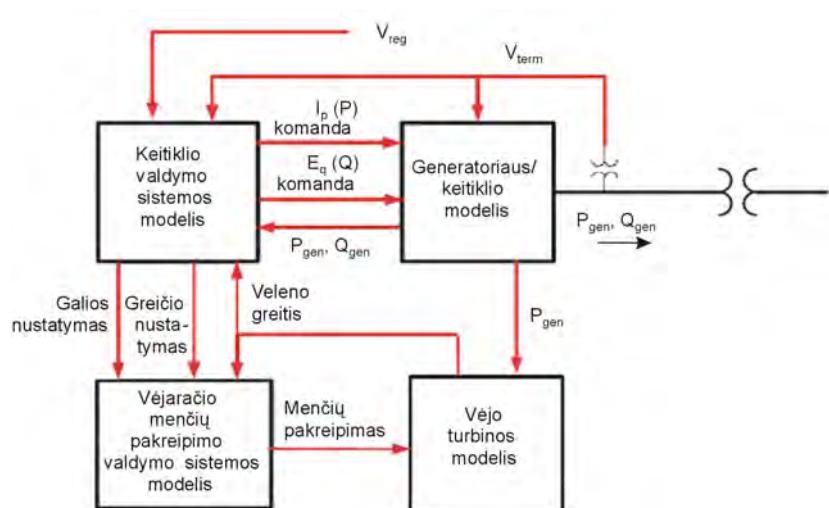
Siekiant energetinės nepriklausomybės, pagrindinis Lietuvos energetikos politikos tikslas yra darbas sinchroniniu režimu su kontinentinės Europos tinklu (KET). Tačiau tam neužtenka vien pastatyti tarpsistemines jungtis – linijas ir pastotes. Būtina išspręsti sudėtingesnes režimų valdymo problemas. Režimų reguliavimo sistemos turi atitiki tam tikrus reikalavimus.

Sprendžiant uždavinį *Informacijos apie esamus ir būsimus dažnio ir galios reguliavimo šaltinius (reguliavimo rezervus) surinkimas, analizė ir apibendrinimas* daugiausia dėmesio skirta esamiems Lietuvos generavimo šaltiniams analizuoti. Darbo metu buvo sudarytas elektrinių sąrašas, aprašytių jų galios bei pagrindinės techninės charakteristikos, kurios turi didžiausią įtaką dažnio ir galios reguliavimo procesams, ir pirmiausia tai agregato paleidimo trukmė (iš „šaltos“ būsenos), statiskumo koeficiente diapazonas bei jo keitimo žingsnis, reguliatorių nejautrumo zona ir jų neveikimo zonos keitimo žingsnis.

Vadovaujantis generavimo šaltinių techninėmis charakteristikomis, nustatyta jų atitikimas reikalavimams, taikomiems KET generatoriams. Atlirkus išsamią analizę nustatytos pagrindinės problemos, kurios susijusios su pirminių reguliatorių nepakankamumu – per didelėmis nejautrumo zonomis (Kauno termofikacinė elektrinė, Vilniaus termofikacinė elektrinė-3, Lietuvos elektrinės 2-asis ir 7-asis blokai), kurias reikėtų



Dirbtinio neurono schema



Vėjo elektrinės modelio struktūrinė schema

šalinti artimiausiu metu, kad neliktu kliūčių Lietuvos EES generatoriams dirbtį sinchroniškai su kontinentinės Europos tinklais.

Sprendžiant uždavinį *Dažnio ir galios reguliavimo šaltinių techninių bei ekonominės charakteristikų tyrimas, įvertinant Lietuvos EES ypatumus*, daugiausia dėmesio buvo skiriamas Lietuvos agregatų dinaminiam manevringumui ir ekonominėms charakteristikoms nustatyti. Pagal ENTSO-E (angl. *European Network of Transmission System Operators for Electricity*) reikalavimus pirminės dažnio reguliavimo sistemos privalo turėti reikiamas dinamines charakteristikas. Agregato galia turi keistis atsiradus nustatytam kontroluojamo signalo nuokrypiui. 50 % reikalaujamo galios prieaugio turi būti pasiekta per 5 s, kiti 50 % – per 25 s. Pereinamojo proceso trukmė turi būti ne ilgesnė kaip 30 s. Tyrimo metu nustatyta, kad Kruonio hidroakumuliacinės elektrinės ir Kauno hidroelektrinių dinaminės charakteristikos atitinka ENTSO-E reikalavimus. Kitų elektrinių dinaminių charakteristikų tyrimas bus tesiamas 2013 m. Agregatų dinaminių charakteristikų tyrimas padės nustatyti turimų pirminio, antrinio reguliavimo ir antrinio avarinio bei tretinio rezervų dydžius.

Ateityje Lietuvos elektrinių sėkmingą dalyvavimą dažnio ir galios reguliavimo procesuose lems ne tik tinkamos techninės charakteristikos, bet ir svarūs ekonominiai rodikliai. Sprendžiant dažnio automatinio reguliavimo uždavinį bus panaudoti ir šiluminių elektrinių valdomi energetiniai blokai. Kadangi iki šiol pagrindinis dažnio reguliavimo krūvis atitekdavo Rusijos EES, dažnio reguliavimo kaštų įvertinimo klausimai Lietuvos EES nebuvo nagrinėjami. Norint

į dažnio reguliavimą įtraukti šiluminių elektrinių valdomus energetinius blokus, reikia įvertinti jų reguliavimo kaštus. Dėl šios priežasties reikia atsakyti bent į tris klausimus:

- 1) Kaip kinta energetinio bloko naudingumo koeficientas (n. k.)  $\eta$ , atsižvelgus į du pagrindinius energetinio bloko reguliavimo režimo parametrus: bloko galios kitimo amplitudę ir periodą, atsirandančius dėl elektros sistemos automatinio dažnio reguliavimo įrenginių darbo?
- 2) Kokią įtaką energetinio bloko darbo ilgaamžiškumui turi jo dalyvavimas dažnio ir galių srautų reguliavimo procese?
- 3) Koks turėtų būti įkainis už elektros sistemos dažnio reguliavimą, atsižvelgus į pirmesnius du klausimus ir į ekonominius nuostolius, jei toks reguliavimas nebūtų vykdomas Lietuvoje?

Agregatų ekonominėms charakteristikoms nustatyti buvo sururta metodika, leidžianti įvertinti šiluminio energetinio bloko naudingumo koeficiente priklausomumą nuo jo apkrovos kitimo amplitudės ir dažnio, agregatui dirbant reguliavimo režimu.

Skaičiavimai atliki Lietuvos elektrinės aštuntajam blokui. Nustatyta, kad šiluminei elektrinei dalyvaujant dažnio ir galios reguliavime, sumažėja jos n. k.  $\eta$ , šis sumažėjimas priklauso nuo generuojamos galios standartinio nuokrypio.

Iš gautų tyrimo rezultatų galima teigti, kad šiluminių elektrinių dalyvavimas reguliuojant dažnį ir galią turi būti pagristas techniškai ir ekonomiškai. Pernelyg tikslus reguliavimas padidina EES darbo kaštus, nepakankamas regu-

liavimas gali sumažinti EES darbo patikimumą ir elektros energijos kokybę.

2013 m. numatoma toliau vykdyti tyrimus, susijusius su dažnio ir galios rezervų prieinamumu Lietuvos elektros energetikos sistemoje, jų techninėmis ir ekonominėmis charakteristikomis.

Tyrimų rezultatai bus pateikti bendrame darbe ***Energetikos sektorius plėtros ekonominė ir darnumo analizė***, kurį vykdo Sistemų valdymo ir automatizavimo, Energetikos kompleksinių tyrimų, Regionų energetikos plėtros laboratoriujos.

Laboratoriujos darbuotojai atliko svarbių mokslinių ekspertizių vidaus ir tarptautinėje rinkoje. Dr. V. Radziukynas dirbo Energetikos ministerijos darbo grupėje, rengusioje *Elektros tinklų naudojimo taisyklės* (patvirtintos 2012.06.18) taip pat vertino Kazachstano mokslininkų paraiškas tyrimams finansuoti iš JAV fondų. Dr. A. Klementavičius dirbo tarptautinėse ekspertų grupėse, vertinusiose studijų programų kokybę mokslo srityje *Elektros energetika ir automatika* Latvijos ir Lietuvos aukštosių mokyklos.

2012 m. atliktų tyrimų rezultatai paskelbti vienoje tarptautinėje konferencijoje bei viename leidinyje įregistruotame tarptautinėse mokslinės informacijos duomenų bazėse. Paskelbta vienas mokslo populiarinimo straipsnis bei po vieną straipsnį knygoje ir leidinyje, įrašytame Mokslinės informacijos instituto (ISI) leidinių sąraše.

**Dr. Virginijus RADZIUKNAS**  
Sistemų valdymo ir automatizavimo laboratoriujos vadovas  
Tel. (8 37) 401 943  
El. paštas [virginijus@mail.lei.lt](mailto:virginijus@mail.lei.lt)

# HIDROLOGIJOS LABORATORIJA

## PAGRINDINĖS LABORATORIJOS TYRIMŲ KRYPTYS:

- klimato ir upių nuotėkio kaitos analizė;
- energetikos ir transporto objektų poveikio aplinkai tyrimai;
- duomenų apie Lietuvos vandens telkinius (upes, tvenkiniai, Kuršių marias ir Baltijos jūra) kaupimas ir analizė.

## TYRIMŲ OBJEKTAI IR UŽDAVINIAI

Svarbiausi laboratorijos tyrimų objektais – Lietuvos upės ir ežerai, Kuršių marios bei Baltijos jūra. Ekstremalūs gamtos reiškiniai – klimato atšilimas, audros, potvyniai ir ūkinė veikla (energijos gamyba, laivyba, tvenkiniai) lemia šių vandens telkiniių būklę. Todėl vandens telkiniių būklės pokyčių vertinimas yra vienas svarbiausiu tyrimų tikslu.

Naudojantis hidrografinių ir hidrometeorologinių duomenų bazėje sukaupta informacija ir taikant naujausius skaitmeninio modeliavimo metodus, laboratorijoje sprendžiami šie uždaviniai:

- klimato kaitos įtaka vandens telkiniams;
- upių potvynių kaitos analizė;
- ūkinės veiklos vandens telkiniuose poveikio aplinkai vertinimas bei gamtosaugos priemonių pagrindimas;
- naujų ir rekonstruojamų jūrų uostų poveikis aplinkai;

- jūrų uostų ir vandens kelių eksplotacija užtikrinant laivybos gylį;
- krantinių sąveikos su vandens tekme tyrimas ir optimalių konstrukcijų parinkimas;
- gamtosaugos sąlygų vertinimas naudojant vandens telkinius įvairiems tikslams;
- nuotekų sąmaišos ir sklaidos nustatymas kritinėmis vandens telkiniių sąlygomis;
- hidrologinių ir hidrodinaminių procesų jautrumo ir neapibėžtumo analizė.

Hidrologijos laboratorija vykdo fundamentinius ir taikomuosius tyrimus aplinkos inžinerijos srityje. Šių tyrimų pagrindas – gausūs, daugelį metų Hidrologijos laboratorijoje kaupti hidrografiniai, hidrologiniai, morfometriniai ir meteorologiniai duomenys bei modernios skaitmeninio modeliavimo programos (bangų, hidrodinaminių ir nešmenų pernašos procesų, taršos sklaidos modeliavimo sistema MIKE 21, surkurta Dani-

jos hidraulikos institute, hidrologinių procesų modelis HBV, sukurtas Švedijos meteorologijos ir hidrologijos institute bei geografinės informacinės sistemos GIS). Tai leidžia spręsti svarbiausius aplinkosaugos uždavinius vertinant ūkinės veiklos poveikį aplinkai ir pagrindžiant gamtosaugos priemones.

Pastarajį dešimtmetį laboratorijoje vykdomi darbai, susiję su klimato kaitos įtakos vandens ištakliams vertinimu. 2010–2012 m. vykdytas valstybės biudžeto subsidijomis finansuojamas mokslo tiriamasis darbas *Kuršių marių hidrologinio režimo pokyčių dėl gamtinių ir antropogeninių veiksmų tyrimai* (vadovas prof. B. Gailiušis). Kuršių marių hidrologinis režimas ir vandens kokybė turi didelės įtakos Baltijos jūros būklei. Kuršių marios yra saugomas vandens telkinys pagal NATURA 2000 planus. Šio telkinio vandens būklė priklauso nuo gamtos sąlygų (oro temperatūros bei kritulių), upių, įtekančių į marias, hidrologinio režimo ir pasikeitusio sąsiaurio pralaidumo gilinančių Klaipėdos

uostą. Norint plėsti Klaipėdos uostą, pirmiausia reikėtų žinoti galimus Kuršių marių vandens balanso pokyčius klimato kaitos ir antropogeninių veiksnių fone. Vadovaujantis hidrologinių ir meteorologinių duomenų baze, suskaičiuotas daugiametis Kuršių marių vandens balansas 1961–2007 m. laikotarpiu.

Norint įvertinti galimus Kuršių marių vandens balanso pokyčius XXI amžiuje, pirmiausia reikia atlikti vandens balanso elementų (suminės upių prietakos, kritulių, išgaravimo bei vandens apykaitos per Klaipėdos sąsiaurį pokyčių) prognozę. Nemuno prietaka yra pagrindinė Kuršių marių vandens balanso pajamų dalis, todėl taikant HBV kodą ir 1961–1990 m. laikotarpio paros duomenis iš 10 vandens matavimo ir 14 meteorologijos stocių sukurtas Nemuno iki žiočių hidrologinis modelis. Taikant sukurta nuotekio modelį bei klimato kaitos duomenis, sumodeliuota Nemuno

prietaka j Kuršių marias 2011–2100 m. laikotarpiu pagal du klimato kaitos modelius ir tris emisijų scenarijus (1 pav.). Išanalizavus XXI a. prognozuojamų vandens balansų elementų kaitą nustatyta, kad lyginant su foniniu laikotarpiu, upių prietaka mažės iki 25,9 %, dėl kylančios oro temperatūros išgaravimas didės iki 25,1 %, kritulių kiekis didės nedaug (iki 3,8 %), nuotekis iš Kuršių marių į Baltijos jūrą sumažės iki 16,6 %. XXI a. plečiant Klaipėdos uostą būtina įvertinti prietakos iš Baltijos jūros į Kuršių marias pokyčius, nes vien dėl klimato kaitos ši prietaka gali padidėti iki 39,7 %.

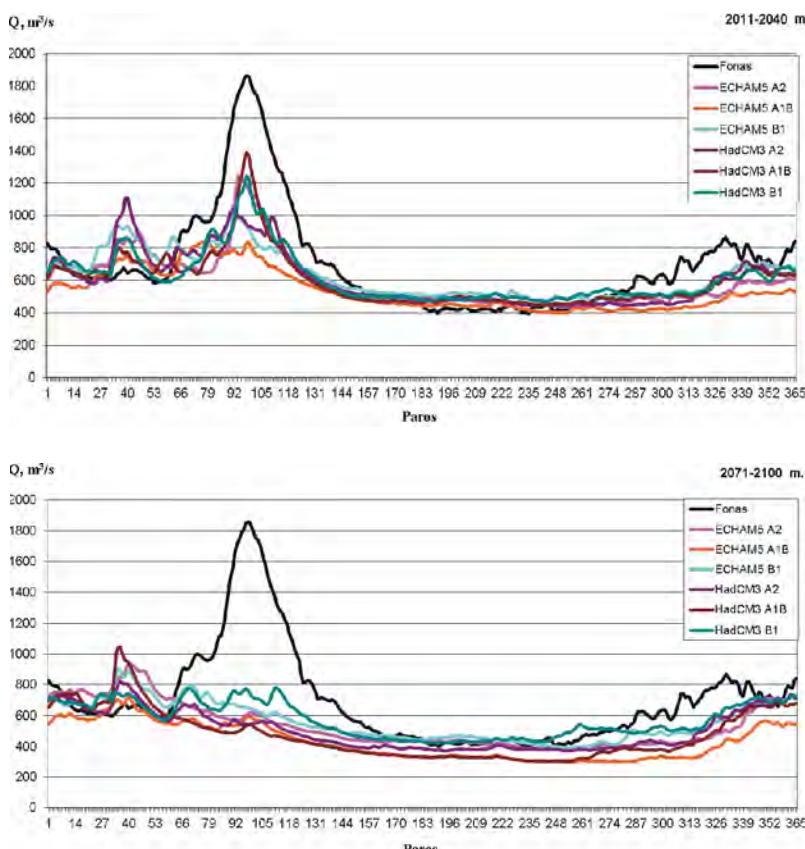
2010–2012 m. laboratorijos mokslininkai kartu su Branduolinių įrenginių saugos ir Kompleksinių energetikos tyrimų laboratorijų darbuotojais vykdė mokslo tiriamajį darbą (finansuotą biudžeto subsidijomis) ***Procesų sudėtingose techninėse, gamtinėse ir socialinėse sisteme***

***mose analizė, taikant geriausio įverčio metodologiją*** (vadovas habil. dr. A. Kaliatka). 2012 m. atlikti Merkio upės hidrologinio modelio neapibréžtumų tyrimai, taikant geriausio įverčio metodologiją.

## TARPTAUTINIS BENDRADARBIAVIMAS



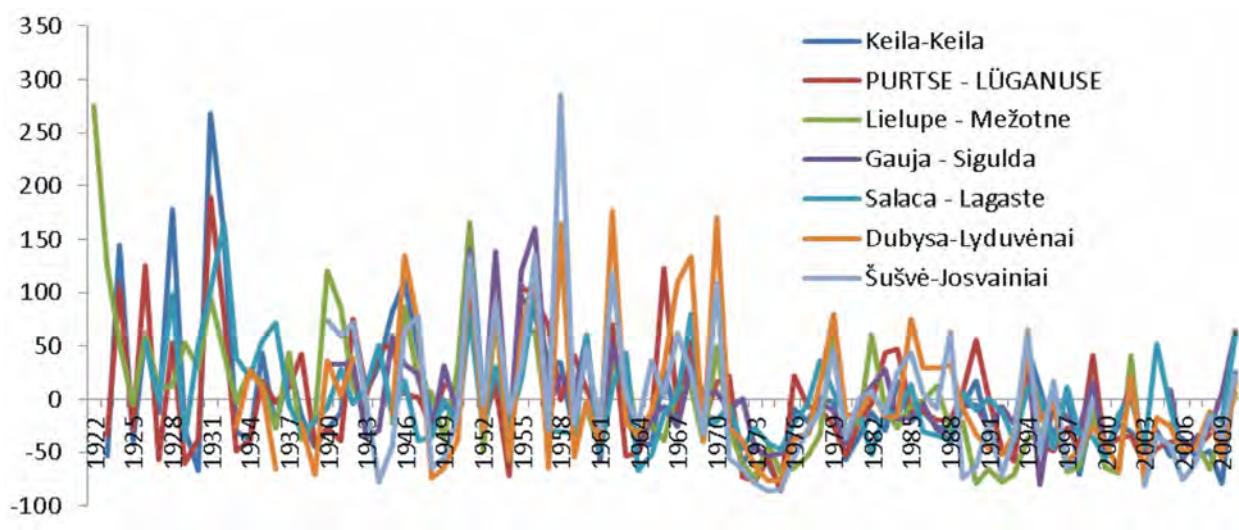
Laboratorijos darbuotojai kartu su 23 Europos šalių mokslininkais dalyvauja COST (2009–2013) projekte ES0901 ***Europinės procedūros potvynių dažnio įvertinimui***. Laboratorijos darbuotojai dalyvauja dvieju darbo grupių *Statistinių metodų, skirtų potvynių dažnio charakteristikų nustatymui, įvertinimas ir Aplinkos pokyčių įtaka potvynių dažnio vertinimui* veikloje. 2012 m. įvyko du COST veiklos dalyvių susitikimai, kuriuose aptarta bendra vykdomy darbų metodika, įvertinus Europos potvynių kaitos tendencijas. 2012 m. spalio 24–26 d. tarptautinėje konferencijoje *Potvynių vertinimo besikeičiančioje veikloje metodai (Advanced Methods for Flood Estimation in a Variable and Changing Environment)* Volos mieste (Graikija) Europos šalių mokslininkai pristatė COST veiklos rezultatus. Ši konferencija buvo skirta apibendrinti COST veiklos ES0901 FloodFreq nuveiktus darbus („mid-term“ konferencija). Hidrologinios laboratorijos darbuotojos J. Kriauciūnienė ir D. Šarauskienė perskaitė pranešimą *Potvynių kaita Baltijos šalių upėse* (Flood pattern changes in the rivers of the Baltic States) (2 pav.).



1 pav. Prognozuojamas Nemuno nuotekis žiotyse pagal Echam5 ir HadCM3 modelių A2, A1B ir B1 scenarijus 2011–2040 m. ir 2071–2100 m. laikotarpiais

***Europos mokslo institucijų, atliekančių vandens tyrimus, tinklas EurAqua (European Network of Freshwater Research Organisations, www.euraqua.org)***

2008 m. LEI Hidrologinios laboratorija priimta į EurAqua organizaciją, kurią su-



2 pav. Baltijos šalių upių maksimalių pavasario potvynių anomalijos, %



daro 24 Europos šalių svarbiausios mokslo institucijos, užsiimantios vandens ištakų tyrimais.

Pagrindiniai EurAqua tikslai:

1. Dalyvauti formuojant vandenų tyrimo politiką Europos Sajungoje;
2. Siūlyti svarbiausias ir aktualiausias vandens ištakų tyrimo temas, kurios galėtų būti įtrauktos į BP kvietimus;
3. Sudaryti konsorciumus iš EurAqua mokslo institucijų, rengiant bendrus pasiūlymus BP projektams;
4. Rengti mokslinius straipsnius ir technines apžvalgas, apimančias visos Europos vandens ištakų tyrimų problemas;
5. Organizuoti konferencijas aktualiausiais klausimais (klimato kaitos įtaka vandens ištakiams, potvynių analizė ir prognozė Europoje ir kt.).

2012 m. balandžio 19–20 d. įvyko XXXVIII EurAqua narių susitikimas, kurio metu aptartos Europos vandens ištakų naudojimo kryptys bei politiniai aspek-

tai, numatytos aktualios kryptys naujoje mokslinių tyrimų ir inovacijų programoje *Horizontas 2020*, susijusios su aktualiausiomis gėlo vandens naudojimo ir apsaugos problemomis.

#### BENDRADARBIAVIMAS SU MOKSLO INSTITUCIJOMIS



Hidrologijos laboratorija glaudžiai bendradarbiauja su Kauno technologijos universiteto Aplinkos inžinerijos institutu, kartu nuo 1995 m. leisdami mokslo žurnalą ***Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba***. Kompleksiniai aplinkos tyrimai vykdomi kartu su Gamtos tyrimų centro Ekologijos, Geologijos ir geografinios bei Botanikos institutais. Siekiant sukurti šiuolaikinę infrastruktūrą bendrosioms Lietuvos jūrinio sektorius mokslinių tyrimų, studijų ir technologinės plėtros reikmėms, Hidrologijos laboratorija įsijungė į asociacijos *Baltijos slėnis* veiklą. Integravoto mokslo, studijų ir

verslo slėnio Lietuvos jūrinio sektorius plėtrai pirmasis ir svarbiausias uždavinys – sutelkti jūrinio mokslo ir studijų institucijas bei padalinius. Slėnio kūrimo iniciatorių: Klaipėdos universitetas, Gamtos tyrimų centras, Lietuvos sveikatos mokslo universitetas, Lietuvos energetikos institutas bei jūrinio verslo įmonės. Numatomos dvi mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros kryptys: jūros aplinka ir jūrinės technologijos. Siekiant integruoti išskaidytą jūrinio mokslo kryptyse dirbantį šalies mokslo potencialą, taip pat efektyviai naudoti šiuolaikinę slėnio mokslo tyrimų įrangą ir laivą, numatomą įkurti Nacionalinį jūros mokslo ir technologijų centrą. Baltijos slėnio partneriai (Klaipėdos universitetas, Gamtos tyrimų centras, Lietuvos energetikos institutas, VšĮ *Kosmoso mokslo ir technologijų institutas* ir Fizinių ir technologijos mokslo centras), kooperuodami savo patirtį, profesines žinias, įgūdžius ir dalykinę reputaciją, žmogiškuosius bei kitus darbinius ir techninius ištaklius, dalyvauja įgyvendant 2007–2013 m. Žmogiškųjų ištakų plėtros veiksmų programos 3 prioriteto *Tyrėjų gebėjimų stiprinimas VP1-3.1-ŠMM-08-K priemonės Mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros veiklų vykdymas pagal nacionalinių kompleksinių programų*

tematikas projektą *Lietuvos jūrinio sektoriaus technologijų ir aplinkos tyrimų plėtra*.

## PAGRINDINIAI LABORATORIJOS TAIKOMIEJI DARBAI

Laboratorijoje vykdomi taikomieji aplinkos tyrimų darbai ir rengiami PAV bei gilinimo darbų projektai pagal sutartis su įmonėmis ir organizacijomis:

- VĮ *Klaipėdos valstybinio jūrų uosto* direkcijos užsakymu rengiamos Klaipėdos valstybinio jūrų uosto laivybos kanalo gilinimo ir platinimo paruošiamujų darbų: poveikio aplinkai vertinimo, gilinimo darbų techninio projekto ir inžinerinių geologinių tyrimų ataskaitos;
- VĮ *Klaipėdos valstybinio jūrų uosto* direkcijos užsakymu parengta Šventosios valstybinio jūrų uosto atstatymo poveikio aplinkai vertinimo (PAV) ataskaita;
- UAB *Sweco Lietuva* užsakymu parengta studija *PŪV poveikis Klaipėdos sąsiaurio srovii ir nešmenų balansui, erozijos bei akumuliacijos procesams bei*

*dugno pokyčiams ir priemonės šiam poveikiui išvengti ir sumažinti*, kurios rezultatai yra panaudoti Suskystintųjų gamtinių dujų terminalo poveikio aplinkai vertinimo ataskaitoje;

- *Gamtos tyrimų centro* užsakymu atliktas Kauno hidroelektrinės tvenkinio vandens lygių svyravimo vertinimas.

MIKE 21 modelių sistema buvo taikyta Klaipėdos ir Šventosios jūrų uostų plėtros projektuose vertinant jų poveikį aplinkai ir laivybos sąlygas. Pagal LR Vyriausybės strateginio planavimo komiteto 2003-11-06 posėdžio protokolą Nr. 19, prioritetinės Šventosios jūrų uosto veiklos kryptys yra šios: pramoginių ir sportinių laivų, mažųjų kruizinių ir Ro-Ro keleivių laivų, nedidelių žvejybos laivų aptarnavimas; Būtingės naftos terminalo pagalbinių laivų aptarnavimas; valstybės sienos apsaugos tarnybos, specializuotų gelbėjimo laivų aptarnavimas. Norint vykdyti numatytas veiklos kryptis, būtina Šventosios jūrų uosto rekonstrukcija. LEI Hidrologijos laboratorijos darbuotojai kartu su Klaipėdos universiteto ir Gamtos tyrimų centro

mokslininkais įvertino Šventosios valstybinio jūrų uosto atstatymo poveikį aplinkai. Buvo tirtos šios pagrindinės uosto rekonstrukcijos alternatyvos:

- „0“ – nulinė alternatyva, dabartinė Šventosios jūrų uosto būklė;
- „1“ – trumpi (400 m) molai, 6 m uosto gylis ir 7 m gylio iplaukos kanalas;
- „2“ – ilgi (800 m) molai, 6 m uosto gylis ir 7 m gylio iplaukos kanalas;
- „3“ – ilgi (800 m) molai, 8 m uosto gylis ir 9 m gylio iplaukos kanalas.

Sumodeliuavus bangų, hidrodinamiinių ir nešmenų pernašos procesus nustatyta, kad Šventosios uosto atstatymas pagal „1“ alternatyvą atitinka minimalius uosto reikalavimus ir turi mažiausiai įtakos priekrantės litodinaminiams procesams. „2“ uosto atstatymo alternatyva taps krantų erozijos priežastimi tiek uosto pietų, tiek šiaurės pusėje (3 pav.). Dėl uosto gylio didinimo („3“ alternatyva) iki 8 m padidės uosto poveikis nešmenų pernašos procesams. 2012 m. atliktas Šventosios uosto PAV derinimas su valstybės institucijomis ir užsienio šalimis.

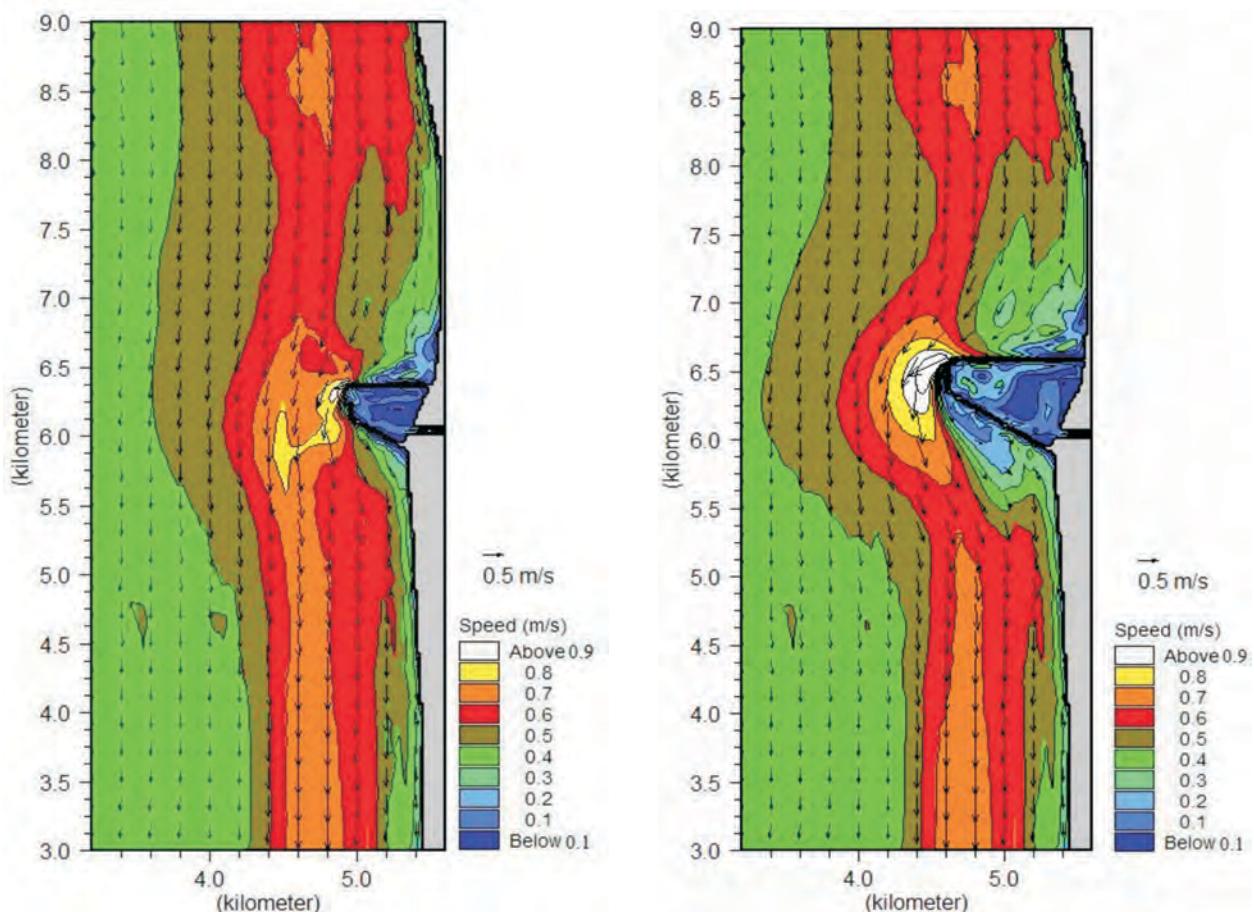
Vienas svarbių planuojamų energetinių objektų Lietuvoje yra Suskystintųjų gamtinių dujų importo terminalo (SGDT) statyba. 2012 m. UAB *Sweco Lietuva* atliko šio terminalo poveikio aplinkai vertinimą. LEI Hidrologijos laboratorijos darbuotojai įvertino galimą SGDT poveikį Klaipėdos sąsiaurio srovii ir nešmenų balansui, erozijos bei akumuliacijos procesams bei dugno pokyčiams, taip pat priemones šiam poveikiui išvengti ir sumažinti. Taikant skaitmeninę modeliavimo sistemą MIKE 21, apskaičiuotas Klaipėdos sąsiaurio pralaidumas, tėkmės greičių struktūra ir nešmenų pernaša šioms alternatyvoms:

„0“ alternatyva – dabartinė sąsiaurio būklė (įvertintas šiuo metu vykdomas sąsiaurio farvaterio platinimas ir gilinimas iki 14,5 m).

„1“ alternatyva – atlikti sąsiaurio gili-



Senasis Šventosios uostas



3 pav. Tėkmių struktūra Šventosios uosto akvatorijoje pučiant šiaurės–vakarų krypties 20 m/s vėjui:  
a) „1“ – alternatyva, b) – „2“ alternatyva

nimo darbai ruošiant SGD transportavimo laivų apsisukimo vietą (14,5 m gylis) ir terminalo vietą (16 m gylis). Tai statybos laikotarpio (trukmė 1–2 metai) sąlygos.  
„2“ alternatyva – atliliki sąsiaurio giliinimo darbai pagal „1“ alternatyvą ir įrengtas SGD terminalas. Ši alternatyva atspindi eksploatacijos laikotarpio sąlygas.

Dėl suskystintųjų duju terminalo prie Kiaulės nugaros įrengimo (dugno gilinimo) metu labai nežymiai (iki 0,2–0,3 %) padidėtų Klaipėdos sąsiaurio pralaidumas. Pastačius SGD terminalą, Klaipėdos sąsiaurio pralaidumas sumažėtų 1,0–1,5 %. Šis pokytis yra palankus Baltijos jūros ir Kuršių marių vandens apykaitos procesams, suintensyvėjusiems dėl Klaipėdos jūrų uosto gilinimo.

Suskystintųjų duju terminalas paveiks nešmenų pernašos ir akumuliacijos procesus Klaipėdos valstybinio jūrų uosto akvatorijoje. Įrengus SGD terminalą („2“ alternatyva), terminalo aplinkoje velkamų nešmenų (smėlio) akumuliacija sumažės (4 pav.), o pakibusių nešmenų (dumblo) akumuliacija padidės. SGD statybos metu („1“ alternatyva) sumažės pakibusių nešmenų akumuliacija lyginat su „0“ alternatyva.

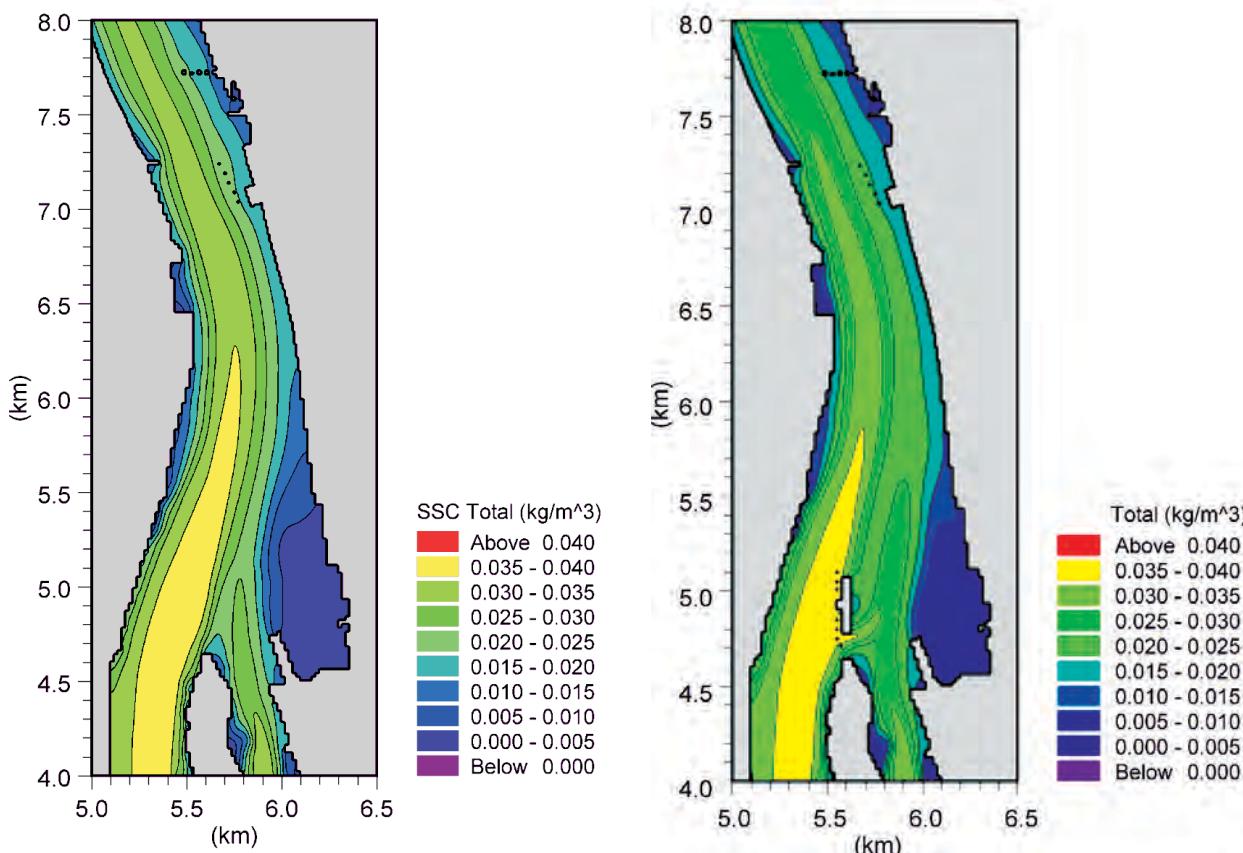
Modelių sistemos MIKE 21 taikymo galimybės vykdant uostų plėtros projektus yra plačios. Ypač naudingi modeliavimo rezultatai vertinant uostų plėtros, krantinių statybos bei farvaterio gilinimo įtaką Kuršių marių ir Baltijos jūros aplinkai.

2012 m. laboratorijos darbuotojai paskelbė 3 straipsnius ISI WoS duomenų

bazėje, 3 straipsnius referuojamuose mokslo žurnaluose ir 3 straipsnius mokslo populiarinimo žurnaluose.

Hidrologijos laboratorijos darbuotojai dalyvavo 6 tarptautinėse konferencijose.

2012 m. rugpjūčio 13–15 d. Oulu universitete (Suomija) vyko XXVII Šiaurės ir Baltijos šalių hidrologų tarptautinė konferencija *Upių baseinų atkūrimas ir vandens apsauga (Catchment Restoration and Water Protection)*. Ši konferencija vyksta kas dvejus metus vis kitoje šalyje ir jos iniciatorių yra Šiaurės šalių hidrologų asociacija (NHF, <http://nhf-hydrology.org/>). Konferencijų tikslas – skatinti hidrologijos mokslo krypties atstovų keitimąsi patirtimi, kurti ir stiprinti bendradarbiavimą. Konferencijos metu mokslinius pranešimus, perskaitė per 200 mokslininkų, iš kurių net 10 da-



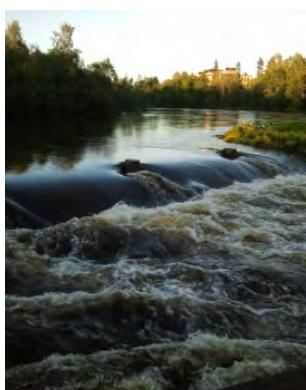
4 pav. Drumstumo ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) pasiskirstymas Klaipėdos sasisauruje „0“ (a) ir „2“ (b) alternatyvoms, kai sasisauriu teka  $1630 \text{ m}^3/\text{s}$  debitas iš Kuršių marių į Baltijos jūrą (pradinis drumstumas –  $0,04 \text{ kg}/\text{m}^3$ )

lyvių iš skirtingų Lietuvos mokslo ir studijų institucijų. Lietuvos energetikos institutui atstovavo Hidrologijos laboratorijos darbuotojai. Konferencijoje pateiktas dr. Jūratės Kriauciūnienės ir Dariaus Jakimavičiaus pranešimas

Kuršių marių vandens balanso neapibréztumo vertinimas ir dr. Dianos Meilutytės-Barauskienės, dr. Dianos Šarauskienės pranešimas Poplūdžių trendų nustatymas Lietuvos upėse. Baigiantis konferencijai buvo pasiūlyta teminė

ekskursija po Oulu miestą, aplankant Oulujoki upę, ant kurios įrengta hidroelektrinė su žuvitakiu.

**Dr. Jūratė KRIAUCIŪNIENĖ**  
Hidrologijos laboratorijos vadovė  
Tel. (8 37) 401 962  
El. paštas [hydro@mail.iei.lt](mailto:hydro@mail.iei.lt)



Dėl didelių liūčių patvinus Oulujoki upę ir žuvitakis, kuriuo lašišos migruoja neršti į upės aukštupį (nuotraukų autorė D. Meilutytė-Barauskienė)

# JAUNUJŲ MOKSLININKŲ SAJUNGA

LEI JMS (veikianti institute nuo 2002 metų), siekdama užsibrėžtų tikslų ir juos vykdyma kelia sau tokius uždavinius: palaiko ir plėtoja tarpusavio bendradarbiavimo ryšius su veikiančiomis mokslininkų ir jaunimo organizacijomis Lietuvoje ir už jos ribų; rengia, svarsto ir siūlo dokumentų, susijusių su narių teisėmis bei jų teisėtais interesais, projektus; organizuoja sociologines apklausas, susitikimus, diskusijas, seminarus, konferencijas, forumus bei kitus renginius narius dominančiais klausimais; vykdo kitą, niekur nenumatyta, daugumai įdomią bei naudingą ir LR įstatymų nedraudžiamą veiklą bei atstovauja teisėtus narių ir LEI doktorantų interesus, gina jų teises LEI savivaldos organuose, valstybinėse ir visuomeninėse organizacijose, asociacijose ir visuomeniniuose judėjimuose.



*LEI Jaunųjų mokslininkų sąjungos taryba. Iš kairės: Darius Naujokaitis, Mantas Valentinavičius, dr. Agnė Bertašienė, Tomas Vonžodas, Lina Murauskaitė, Darius Laurinavičius*

## CYSENI 2012

2012 m. gegužės 24-osios rytą Lietuvos energetikos institute susirinko daug jaunimo – prasidėjo dvi dienas trukusi tarptautinė doktorantų ir jaunųjų mokslininkų konferencija **Jaunoji energetika 2012 (CYSENI 2012)**. Tai jau devintus metus iš eilės Lietuvos ener-

getikos instituto jaunųjų mokslininkų organizuojama konferencija.

I renginį susirinko gausus būrys pranešėjų iš įvairių Lietuvos mokslo ir tyrimų institucijų: Vytauto Didžiojo universiteto, Lietuvos žemės ūkio instituto, Kauno technologijos universiteto, Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Vilniaus universiteto, Fizinių ir techno-

logijos mokslų centro.

Konferencijos rengėjų pastangomis padaryti šią konferenciją žymiausiu kasmečiu jaunųjų mokslininkų, dirbančių energetikos srityje, renginiu Baltijos jūros regione, konferencijoje sulaukta gausaus būrio jaunųjų mokslininkų iš kaimyninių valstybių mokslo ir tyrimų institucijų:

- Talino technologijos universiteto (Estija),
- Latvijos universiteto (Latvija),
- Fizikinės energetikos instituto (Latvija),
- Rygos technikos universiteto (Latvija),
- Žemės ūkio universiteto (Latvija),
- Techninės fizikos institutas (Latvija),
- Branduolinės chemijos ir technologijos instituto (Lenkija),
- A.V. Lykovo Šilumos ir masės mainų instituto (Baltarusija),
- Ufos valstybinio aviacinio-techninio universiteto (Rusija),

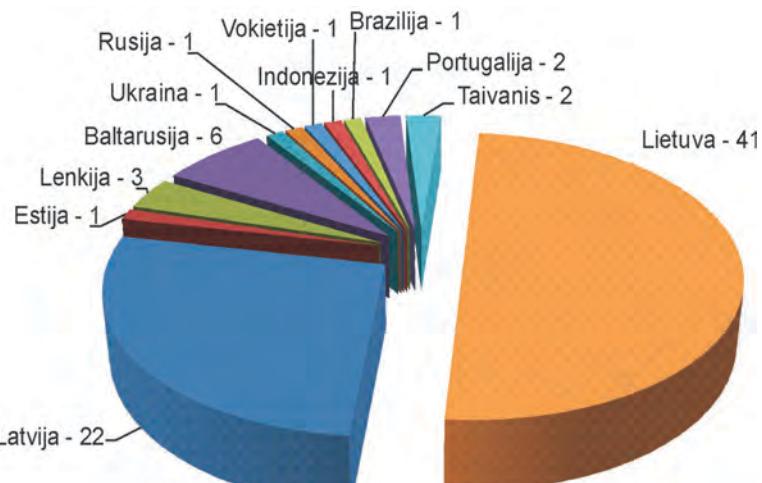
- M. Pidgorny mechaninės inžinerijos problemų instituto (Ukraina).

Taip pat sulaukta dalyvių iš Brunsviko technologijos universiteto (Vokietija), Umea universiteto (Švedija), Gadja Mada universiteto (Indonezija), Sao Paulo universiteto (Brazilija), Aveiro universiteto (Portugalija) ir Feng Chia universiteto (Taivanis).

### **Konferencijos temos**

Konferencijoje pranešimus skaitė net 82 jaunieji mokslininkai iš įvairių Lietuvos bei užsienio valstybių institucijų šiose pagrindinėse su energetikos sektoriumi susijusiose temose:

1. Vandenilis ir kuro elementai;
2. Atsinaujinančių energijos ištaklių resursai ir jų naudojimas;
3. Šiuolaikiniai energijos tinklai;
4. Energijos vartojimo efektyvumas ir taupymas;
5. Žinios energetikos politikai formuoti;
6. Šiluminės fizikos, skysčių bei dujuų mechanikos ir metrologijos sričių tyrimai;
7. Nanomokslai ir nanotechnologijos, daugiafunkcinių medžiagų tyrimai;
8. Degimo ir plazminių procesų tyrimai;
9. Globalūs pokyčiai ir ekosistemos;
10. Termobranduolinės sintezės tyrimai;
11. Branduolinė energetika ir radiacinė sauga.



Ivykusios konferencijos dalyvių pasiskirstymas pagal šalis

### **Konferencijos programa**

Į konferenciją gausiai susirinkusius dalyvius pasveikino LEI direktoriaus pavaduotojas dr. Rimantas Levinskas, LEI JMS pirmininkas Darius Laurinavičius ir LEI JMS valdybos narė dr. Diana Meilutytė-Barauskiene.

Konferencijos darbas pirmąją dieną vyko trijose lygiagrečiose sekcijose, o antrąją dieną – keturiose, jose dalyvaujant ir straipsnių recenzentams – pripažintiems technologijos mokslų srities ekspertams. Pastariesiems buvo sudarytos galimybės jau prieš konferenciją susipažinti su pateiktas jaunųjų mokslininkų ir tyrėjų darbais, renginio metu jie pateikinėjo iškilusius klausimus, ko-

mentavo jaunųjų mokslininkų darbus, vedė diskusijas. Siekiant gerinti doktorantų ir kitų jaunųjų mokslininkų viešojo bendravimo įgūdžius posėdžiams pirmininkavo jaunieji konferencijos dalyviai bei LEI jaunųjų mokslininkų sąjungos valdybos atstovai.

Kaip ir kasmet buvo paskelbti geriausių darbų autorai, įvertinus jų mokslo problemų aktualumą, siūlomus sprendimo metodus, gautų rezultatų svarbą, efektyvaus viešojo kalbėjimo įgūdžius. Atsižvelgiant į konferencijos dalyvių patirtį dirbant mokslinj darbą, įgūdžius, vertinimas atliktas dviejose grupėse. Susumavus oficialiojo, anoniminio, jaunojo bei pranešimo recenzen-



Dr. Rimantas Levinskas, Darius Laurinavičius, dr. Diana Meilutytė-Barauskiene



*Konferencijoje Jaunoji energetika 2012 (CYSENI 2012)*

to paskirtus balus, geriausių darbų autoriais paskelbti:

Magistrantų ir pirmųjų bei antrųjų metų doktorantų grupėje:

1. Mantas Valantinavičius (Lietuvos energetikos institutas).
2. Artis Linarts (Techninės fiziros institutas, Latvija).
3. Tomas Iešmantas (Lietuvos energetikos institutas).

Trečiųjų ir ketvirtųjų metų doktorantų bei jaunuųjų mokslininkų grupėje:

1. Darius Justinavičius (Lietuvos energetikos institutas).
2. Kuo Hsin Lin (Feng Chia universitetas, Taivanas).
3. Linas Martišauskas (Lietuvos energetikos institutas).

Nugalėtojus pasveikino ir pasiekimus pažymintių diplomus įteikė LEI direktoriaus pavaduotojas dr. Rimantas



*Konferencijos geriausių darbų autoriai*

Levinskas ir LEI JMS pirmininkas Darius Laurinavičius.

Renginio metu be oficialiosios dalių buvo pasiūlyta ir spalvinga kultūrinė programa. Pirmosios konferencijos dienos pabaigoje konferencijos svečiai

buvo pakviesti konferencijos vakarėnės, kurios metu puikią dalyvių nuotaiką kūrė ir palaikė tautinių šokių kolektyvas *Rasa*. Baigiantis konferencijai buvo pasiūlyta terminė ekskursija į Kruonio hidroakumuliacinę elektrinę.



*Konferencijos dalyvių ir svečių šokiai su tautinių šokių kolektyvu *Rasa**



*Konferencijos dalyvių ekskursija po Kruonio hidroakumuliacinę elektrinę*

Pabendravę mokslinėmis temomis, užmezgę kontaktus bei įgavę naujos patirties konferencijos dalyviai išsi-skirstė, sutarę susitikti konferencijoje kitais metais.

#### **Konferencijos rezultatai**

2012 m. konferencijai buvo pateiktos 95 anotacijos, iš kurių pristatyti konferencijoje buvo priimtos 82. Iš pateiktų mokslinių publikacijų patyrę recenzentai atrinko 78 publikacijas, tin-

kamas publikuoti konferencijos medžia-  
goje.

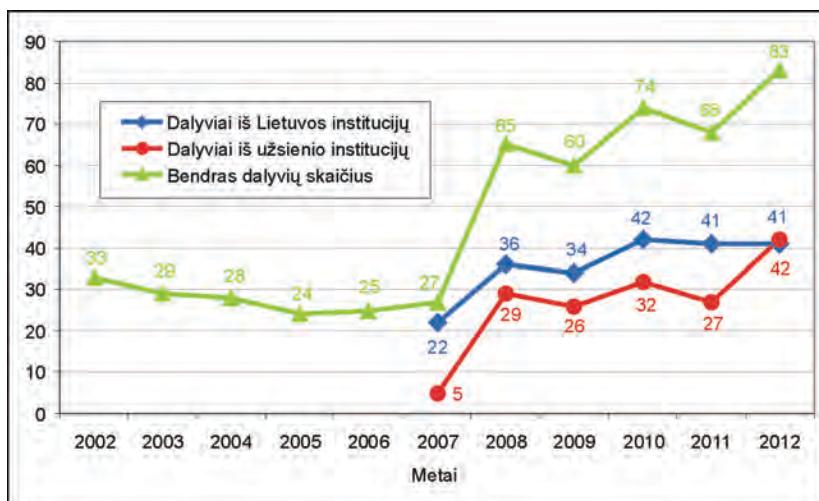
Vienas reikšmingesnių konferen-  
cijos rezultatų yra jaunuų mokslininkų  
atlirkų tyrimų apibendrinimas, kokybiškų  
mokslinių publikacijų parengimas (kiek-  
vieną straipsnį recenzavo 2 recenzentai  
bei patys pranešėjai) ir jų pateikimas  
mokslinei visuomenei. Konferencijos  
dalyvių paruoštos mokslinės publikaci-  
jos bei anotacijos publikuotos konfe-  
rencijos medžiagoje, leidžiamoje elekt-

ronine forma (CD). Išleista medžiaga  
pasieks pagrindinius šalies mokslo  
centrus ir bibliotekas, taip pat ir kai  
kurias užsienio bibliotekas bei mokslo  
centrus. Dalyvaujant minimoje konfe-  
rencijoje jauniesiems jos dalyviams  
buvo sudarytos puikios galimybės ne tik  
gauti savo darbų recenzijas, bet ir mo-  
kytis recenzuoti, vertinti kolegų straips-  
nius, nagrinėjamos temos aktualumą,  
gautų rezultatų svarbą.

#### **Šiek tiek istorijos**

Konferencija pirmą kartą buvo surengta dar 2002 m. siekiant sudaryti  
instituto jauniesiems mokslininkams  
galimybę pristatyti savo tyrimų rezul-  
tatus bei susipažinti su kolegų vykdo-  
mais tyrimais, aptarti jvairias su ener-  
getikos sektoriumi susijusias aktualijas,  
skatinti mokslinį bendradarbiavimą. Nuo  
2002 m. kasmet rengiama konferencija  
populiarėjo, 2007 m. sulaukta svečių iš  
kaimyninių šalių, kurių kasmet vis daugėja.

Konferencija rengiama anglų kalba,  
pranešimų medžiaga taip pat leidžiama  
anglų kalba. Tai skatina ne tik Lietuvos



*Konferencijos dalyvių skaičiaus kaita*

jaunujų mokslininkų bei kolegų iš užsienio tyrimų rezultatų sklaidą, bet ir sudaro palankias sąlygas tolesniams bendradarbiavimui.

Kasmet šis renginys susilaukia daug teigiamų atsiliepimų iš konferencijoje dalyvavusių mokslo darbuotojų bei jaunujų mokslininkų, o tai akivaizdžiai rodo šios konferencijos aktualumą ir reikalingumą. LEI vadovybės ir rémėjų parama bei palankūs dalyvių vertinimai skatina LEI Jaunuju mokslininkų sąjungą toliau puoselėti ir plėsti konferencijos, kaip jaunu energetikos problemų tyrėjų kasmečio susitikimo, mainymosi idėjomis ir patirtimi bei nauju įgūdžių lavinimo, idėją.

2012 m. LEI JMS iniciatyvą rengti tokį kasmetį renginį, kaip ir visuomet palaikė instituto vadovybė, skyrusi finansinę bei techninę paramą. Konferencijos rengėjai dėkoja renginiui paramą skyrusioms organizacijoms tokioms kaip AGA, Visagino atominė elektrinė, Lietuvos elektros energetikos asociacija, Plastep, Lietuvos branduolinės energetikos asociacija bei REO investment.

Konferencijos organizatoriai siekia, kad ši konferencija taptų žymiausiu kasmečiu jaunujų mokslininkų, dirbančių energetikos srityje, renginiu, todėl nuolat ieško žymių, daug patirties turinčių ir konferencijos tematika tyrimus vykdančių mokslininkų, pageidaujančių prisidėti ugdomi stiprius jaunuosius mokslininkus ir kviečia juos tapti konferencijos redakcinės kolegijos nariais. Jei susidomėjote, kviečiame susisekti su konferencijos rengėjais el. paštu [info@cyseni.com](mailto:info@cyseni.com).

## LEI ATVIRŲ DURŲ DIENA

2012 m. spalio 10 d. Lietuvos energetikos institute vyko tradicinis instituto renginys – atvirų durų diena. Nepaisant dažnų ekskursijų po laboratorijas įvairių renginių ar individualių vizitų metu, kai visuomenei pristatoma LEI veikla, įranga, galimybės bendradarbiauti, atvirų durų dieną nuspręsta organizuoti tikintis sudominti vis jaunesnius visuomenės narius – dar ne visuomet turinčius viziją apie ateitį 9–12 klasėj mokinius bei jau ganėtinai orientuotus pirmųjų studijų metų studentus. Šiemet buvo sulaukta itin gausaus būrio dalyvių, kuriuos ypač sudomino apsilankymas instituto eksperimentinėse laboratorijose, kuriose juos pasitiko LEI mokslininkai.

Renginio atidarymo metu skaityti pranešimai apie instituto veiklą, jo administracinę pasiskirstymą bei sudėtį, finansinę padėtį, vykdomus projektus bei ateities tendencijas. Direktorius pavaduotojas dr. Rimantas Levinskas kalbėdamas apie LEI galimybes džiaugėsi galēdamas pristatyti aktyvius jaunimo narius ir jaunuosius mokslininkus, kuriems sudarytos didelės perspektyvos moksliniame tiriamajame darbe.



Direktorius pavaduotojas dr. Rimantas Levinskas pirmasis sutinka Atvirų durų dienos lankytojus



Ekskursijos po laboratorijas akimirkos

Ekskursijos po LEI metu moksleiviai perpildė laboratorijas ir stebino savo žingeidumu bei klausimais. Aplankytos Degimo procesų, Šiluminiai įrengimų tyrimo ir bandymų, Medžiagų tyrimų ir bandymų, Plazminių technologijų, Branduolinės inžinerijos problemų laboratorijos, Vandenilio energetikos technologijų centras, kurie parodė ne tik savo naujausią techniką, bet ir vykdomus tyrimus gyvai, pakomentavo eksperimentinio darbo detales, parodė išgaunamą produktą ar skaitinius tyrimų rezultatus.

Stebétinai aktyvus jaunimas renginio metu turėjo progą susipažinti su termovizijos technika ir matavimais, vėjo jégainės modeliu, kuris iš tiekiamo oro srauto generavo energiją reikiamaipriversti švesti lemputes. Renginio dalyviai susipažino su ABWR (Advanced boiling water reactor) tipo branduolinio reaktoriaus maketu ir jo veikimo principu bei pamatė Lietuvos energetikos sistemos maketą, kuriame išdėstyti energetinius objektus siejančius ryšius imitaciniu modeliu galėjo patys išbandyti. Susipažino su informaciniuose leidiniuose apie tarptautinius ryšius bei mokslinių tyrimų galimybes, kino studioje nuolat rodomi filmai apie energetiką, jos šaltinius bei išsamius pasakojimus apie galimybes ir grėsmes, naudą, efektyvumą bei išmetamų teršalų emisijų (taršos) valdymą, kurios yra griežtai reglamentuojamos ES direktyvų.

#### TEMINIS SEMINARAS IR PASKAITA DOKTORANTAMS BEI JAUNIESIEMS MOKSLININKAMS

Kasmet LEI JMS instituto doktorantams ir jauniesiems mokslininkams organizuoja įvairios tematikos seminarus ir paskaitas. 2012 metais vyko 1 terminis seminaras ir 1 paskaita.

Seminare (Protokolo pagrindai) dalyviai galėjo susipažinti su pagrindiniais globaliame pasaulyje vyraujančiais protokolo pagrindais. Seminarą vedė Jurgita Vizgirtaitė. Plėtojant vietinius ar tarptautinius ryšius su mokslo verslo partneriais yra svarbu žinoti pagrindinius bendarvimo principus, kurie palengvina ieškoti naujų partnerių.



Paskaitoje buvo pristatyti du pranešimai. Vienas jų tai *Branduolinis ginklavimas* (Andrius Slavickas), kitas *Intelektualinės apsaugos sutartis - ACTA* (Anti-Counterfeiting Trade Agreement) (Mantas Povilaitis). Paskaitos tikslas plėsti doktorantų ir jaunuolių mokslininkų pasaulėžiūrą įvairiomis temomis. Mokslininkai turėtų gerai išmanysti ne tik savo tyrimų sferą, bet ir susipažinti su kitomis aktualiomis sritimis.

#### KTU KARJEROS DIENOS

2012 m. kovo 21 d. Kauno technologijos universitete vyko jau tradiciniu tapęs renginys KTU karjeros dienos 2012. Šiame renginyje kaip ir kasmet, dalyvavo ir LEI atstovai. KTU Karjeros centras ir KTU studentų atstovybė jau 8 metus organizuoja Karjeros dienas, kuriuose apsilanko studentai iš trylikos skirtingu universiteto fakultetų, dalyvauja didžiausių Lietuvos įmonių atstovai ir užsienio svečiai. Kiekvienais metais šis renginys sudomina gausų būrį studentų, dėstytojų bei įmonių atstovų. Jame kasmet apsilanko net keli tūkstančiai studentų ir absolventų. Šiais metais LEI JMS nariai ir studijų administratorė Jolanta Kazakevičienė dalyvavo renginyje, siekdami pristatyti mūsų institutą ir supažindinti studentus su mokslinės praktikos ar karjeros galimybėmis. Mūsų stendą daugiausiai aplankė elektros, šilumos atomo, atsinaujinančios energetikos, technologijų bei inžinerijos, taikomosios fizikos, taikomosios matematikos, elektronikos, cheminės technologijos specialybų studentai.



Aštuntą kartą dalyvaujant KTU karjeros dienose pasitvirtino tokio renginio svarba institutui, ieškant perspektyvių jaunų darbuotojų, ir studentams ieškantiems studijų bei karjeros galimybų. 2012 metais po KTU Karjeros dienų renginio į LEI doktorantūrą įstojo 3 KTU ir 12 absolventų atliko praktiką.

**Lietuvos energetikos instituto  
Jaunųjų mokslininkų sąjunga**  
<http://jms.lei.lt>, [www.cyseni.com](http://www.cyseni.com)

# INSTITUTO BIUDŽETAS

INSTITUTO PAJAMAS SUDARO:

- Lietuvos Respublikos valstybės biudžeto asignavimai Lietuvos Respublikos Valstybės patvirtintoms programoms vykdyti;
- lėšos, gautos iš Lietuvos, užsienio ir tarptautinių fondų ir organizacijų;
- lėšos, gautos kaip programinis konkursinių mokslinių tyrimų finansavimas;
- lėšos, gautos iš Lietuvos bei užsienio įmonių ir organizacijų už sutartinius darbus, mokslinės produkcijos ir gaminijų realizavimą bei kitas paslaugas;
- lėšos, gautos už dalyvavimą tarptautinėse mokslo programose;
- lėšos, gautos kaip parama pagal Lietuvos Respublikos labdaros ir paramos įstatymą;
- lėšos, gaunamos iš kitų įmonių ir asociacijų už dalyvavimą bendruose projektuose ir rengiant specialistus;
- Struktūrinių fondų (SF) parama.

## Pajamų ir išlaidų struktūra (tūkst. Lt)

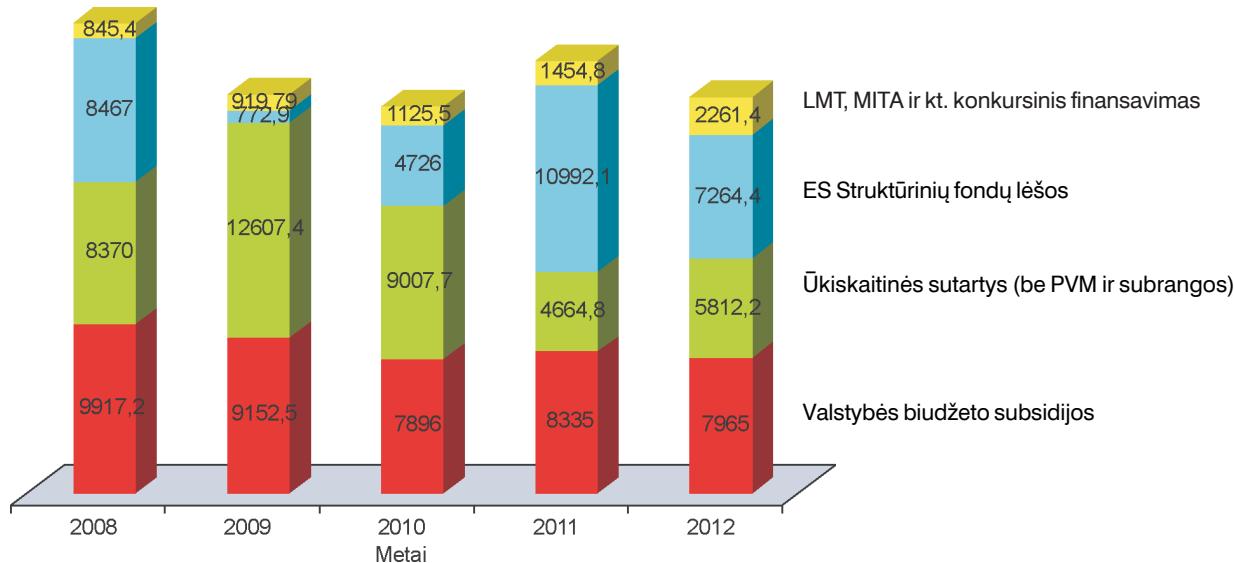
2008 m. 2009 m. 2010 m. 2011 m. 2012 m.

### Pajamos:

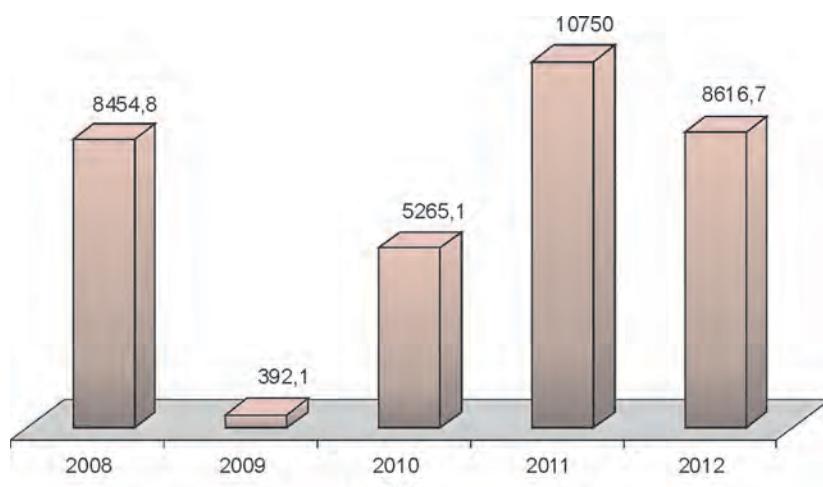
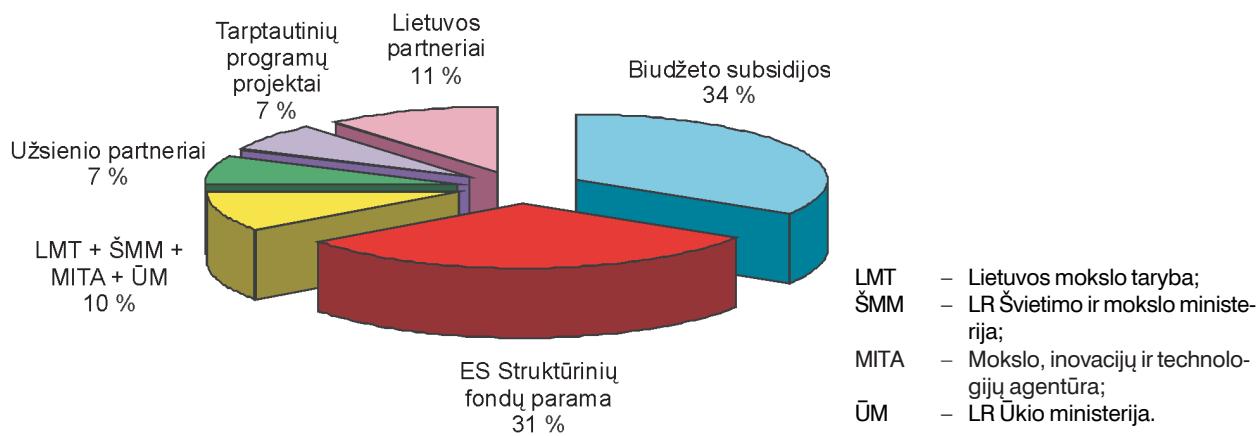
Biudžeto subsidijos	9917,2	9152,5	7896,0	8335,0	7965,0
Pagrindinė veikla	8370,0	9646,4	9356,0	6071,0	7975,2
SF parama	8467,0	772,9	5403,6	10992,1	7264,4
Kitos	1136,9	1155,3	99,7	95,5	98,4
<b>Iš viso:</b>	<b>27891,1</b>	<b>20727,1</b>	<b>22755,3</b>	<b>25493,6</b>	<b>23303,0</b>

### Išlaidos:

Atlyginimai (su soc. dr.)	15650,0	13722,0	13843,0	14273,0	13618,0
Eksplotacijos išlaidos	5059,0	3749,0	2432,3	3435,0	2547,8
Ilgalaikio turto įsigijimas	9757,3	392,0	6122,0	10863,0	7616,4
<b>Iš viso:</b>	<b>30466,3</b>	<b>17863,0</b>	<b>22397,3</b>	<b>28571,0</b>	<b>23782,2</b>
Tęstinių sutarčių lėšos	2102,9	4967,0	5325,0	2247,6	1768,4



*Finansavimo šaltinių raida, tūkst. Lt*



*Tyrimų bazės išplėtimo dinamika, tūkst. Lt*

Finansinių ataskaitų rinkiniai publikuojami instituto internetiniuose puslapiuose <http://www.lei.lt>, skyrellyje – Apie LEI - Finansinės ataskaitos.

# PUBLIKACIJOS

## KNYGOS, JŪ SKYRIAI, MONOGRAFIJOS

1. **Alzbutas R., Norvaiša E.**, Maioli A. Analysis of emergency planning zones in relation to probabilistic risk assessment and economic optimization for international reactor innovative and secure. *Nuclear power plants* / Ed. Soon Heung Chang. Rijeka, Croatia: InTech, 2012. ISBN 978-953-51-04087, p. 1-18.
2. Bergstrom S., Andreasson J., Veijalainen N., Vehvilainen B., Einarsson B., Jonsson S., Kurpniece L., **Kriauciūnienė J., Meilutytė-Barauskienė D.**, Beldring S., Lawrence D., Roald A .L. Modelling climate change impacts on the hydropower system. *Climate change and energy systems. Impacts, risks and adaptation in the Nordic and Baltic countries* / Ed. Thorsteinn Thorsteinsson, Halldor Bjornsson. Copenhagen: Nordic Council of Ministers, 2011. ISBN 978-92-893-2190-7, p. 113-145.
3. Blažauskas T., Iešmantas T., Alzbutas R. Service-oriented architecture for designing of physical systems with efficient power consumption. *Information and software technologies: proceedings of 18th international conference, ICIST 2012*, Kaunas, Lithuania, September 13-14, 2012. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2012. ISBN 978-3-642-33307-1, p. 275-287.
4. **Dundulis G., Kulak R.F., Ušpuras E.** Deterministic and probabilistic structural integrity analysis of the reinforced concrete structures / Ed. S. Rimkevičius. New York: Begell House Inc., 2012. Kaunas: Lithuanian Energy Institute, 2012. 168 p. ISBN 978-1-56700-273-7.
5. **Klementavičius A., Radziukynas V.** Differentiated reliability pricing model for customers of distribution grids. *Handbook of networks in power systems I. Energy systems* / Ed. A. Sorokin et al. Part 1. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2012. ISBN 978-3-642-23193-3-8, p. 213-239.
6. **Klevas V.** Analysis of support assumptions and measures for promotion of renewable energy sources demand in regional aspect. *Advances in energy research*

/ Ed. Morena J. Acosta USA: Nova Science Publishers, 2012. Vol. 9. ISBN 978-1-61470-485-0, p. 99-122.

7. Lawrence D., Barthelmie R., Crochet P., Lindstrom G., Kolcova T., **Kriauciūnienė J.**, Larsen S., Pryor S., Reihan A., Roald L., Tietavainen H., Wilson D. Analyses of historical hydroclimatological time series for the Nordic and Baltic regions. *Climate change and energy systems. Impacts, risks and adaptation in the Nordic and Baltic countries* / Ed. Thorsteinn Thorsteinsson, Halldor Bjornsson. Copenhagen: Nordic Council of Ministers, 2011. ISBN 978-92-893-2190-7, p. 67-90.
8. **Povilaitis M., Urbonavičius E. et al.** ISP-49 on hydrogen combustion. *Nuclear safety*. NEA/CSNI/R(2011)9. Nuclear energy agency, 2012. 218 p.
9. **Ušpuras E., Kaliatka A.** Deterministic analysis of beyond design basis accidents in RBMK reactors. *Nuclear power plants* / Ed. Soon Heung Chang. Rijeka, Croatia: InTech, 2012. ISBN 978-953-51-04087, p. 37-70.
10. **Vaitkevičienė V.** [3,3'] Bicarbazolyl-, triphenylamine and 1,3,5-triazine based compounds. The synthesis and investigation of the properties of glass-forming low-molar-mass compounds and polymers. Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. 111 p. ISBN 978-3-8383-7689-9.

## STRAIPSNIAI LEIDINIUOSE, IRAŠYTUOSE I MOKSLINĖS INFORMACIJOS INSTITUTO (ISI) SARAŠĄ

1. **Alzbutas R., Norvaiša E.** Uncertainty and sensitivity analysis for economic optimisation of new energy source in Lithuania. *Progress in nuclear energy*. ISSN 0149-1970. 2012. Vol 61, November, p. 17-25.
2. **Augutis J., Krikštolaitis R., Martišauskas L.**, Pečiulytė S. Energy security level assessment technology. *Applied energy*. ISSN 0306-2619. 2012. Vol. 97, p. 143-149.

3. **Augutis J., Žutautaitė I., Radziukynas V., Krikštolaitis R., Kadiša S.** Application of Bayesian method for electrical power system transient stability assessment. *International journal of electrical power and energy systems*. ISSN 0142-0615. 2012. Vol 42, p. 465-472.
4. **Baltušnikas A., Lukošiūtė I., Levinskas R., Grybėnas A., Baltakys K., Eisinas A.** Analysis of rietveld method application for gyrolite crystal structure refinement. *Materials science (Medžiagotyra)*. ISSN 1392-1320. 2012. Vol. 18, No. 4, p. 379-384.
5. Dement'ev A., Murauskas E., Slavinskas N., **Navakas R.**, Stockus V. Control of the repetition rate and reduction of the jitter of the pulses of passively Q-switched solid-state miniature lasers using periodic diode-pump modulation. *Quantum electronics*. ISSN 1063-7818. 2012. Vol. 42, No. 5, p. 437-446.
6. **Gasiūnas S., Šeporaitis M., Česna B., Valinčius M., Pabarčius R., Laurinavičius D.** Interfacial shear of co-current steam - water flow estimation - I. Single-phase FLUENT model in conjunction with measured total increment of water temperature and steam velocity profile data. *Heat transfer research*. ISSN 1064-2285. 2011. Vol. 42, No. 7, p. 629-643.
7. **Gasiūnas S., Šeporaitis M., Česna B., Valinčius M., Pabarčius R., Laurinavičius D.** Interfacial shear of co-current steam -water flow estimation- II. Enhanced single-phase fluent model in conjunction with measured profiles of steam velocity and longitudinal water temperature. *Heat transfer research*. ISSN 1064-2285. 2012. Vol. 43, Iss. 5, p. 425-442.
8. **Grigaitienė V., Striūgas N., Snapkauskienė V., Zakrauskas K.** Improving syngas production from glycerol using plasma sprayed catalytic coatings. *Catalysis today*. ISSN 0920-5861. 2012. Vol. 196. Iss. 1, p. 75-80.
9. **Jurgelėnaitė A., Kriauciūnienė J., Šarauskienė D.** Spatial and temporal variation in the water temperature of Lithuanian rivers. *Baltica*. ISSN 0067-3064. 2012. Vol. 25, No. 1, p. 65-76.
10. **Justinavičius D., Narkūnienė A., Poškas P.** Impact of different factors on gas migration in the disposal cell of conceptual geological repository for high level radioactive waste. *Mechanika*. ISSN 1392-1207. 2012. Vol. 18, No. 6, p. 650-656. (Be citavimo indekso)
11. **Kaliatka A., Ušpuras E. Kaliatka T.** Pressure surge in Wendelstein 7-X experimental stellarator facility. *Kerntechnik*. ISSN 0932-3902. 2012. Vol. 77, No. 2, p. 134-140.
12. **Kaliatka A., Valinčius M.** Modeling of pipe break accident in a district heating system using RELAP5 computer code. *Energy*. ISSN 0360-5442. 2012. Vol. 44, Iss. 1, p. 813-819.
13. **Kaliatka T., Povilaitis M., Kaliatka A., Urbonavičius E.** Simulation of targets feeding pipe rupture in Wendelstein 7-X facility using RELAP5 and COCOSYS codes. *Journal of fusion energy*. ISSN 0164-0313. 2012. Vol. 31, No. 5, p. 506-517.
14. **Kalpokaitė-Dičkuvienė R., Brinkienė K., Makštys A., Česnienė J., Matulionienė V.** Effect of modifying additives on mechanical properties of refractory concrete. *Materials science (Medžiagotyra)*. ISSN 1392-1320. 2012. Vol. 18, No. 3, p. 290-295.
15. **Kalpokaitė-Dičkuvienė R., Česnienė J., Brinkienė K.** Influence of fibres content on performance parameters of refractory concrete. *Mechanika*. ISSN 1392-1207. 2012. Vol. 18, No. 5, p. 498-502. (Be citavimo indekso).
16. **Kavaliauskas Ž., Marcinauskas L., Valinčius V.** Investigation of electrical characteristics of the carbon electrodes. *Przeglad elektrotechniczny*. ISSN 0033-2097. 2012. Vol. 88, Iss. 10a, p. 308-310.
17. **Kontautas A., Babilas E., Urbonavičius E.** COCOSYS analysis for deposition of aerosols and fission products in PHEBUS FPT-2 containment. *Nuclear engineering and design*. ISSN 0029-5493. 2012. Vol. 247, p. 160-167.
18. **Kriauciūnienė J., Meilutyte-Barauskienė D., Reihan A., Koltsova T., Lizuma L., Šarauskienė D.** Variability in temperature, precipitation and river discharge in Baltic States. *Boreal environment research*. ISSN 1239-6095. 2012. Vol. 17, p. 150-162.
19. **Lelis M., Milčius D., Noreus D.** Substrate effects on formation and hydrogenation of Mg-Ni films. *Applied surface science*. ISSN 0169-4332. 2012. Vol. 263, p. 202-209.
20. Lygaitis R., Gražulevičius J.V., **Vaitkevičienė V., Jankauskas V.** Electroactive twin compounds containing trioxothioxanthene electron accepting moieties. *Molecular crystals and liquid crystals*. ISSN 1542-1406. 2011. Vol. 535, p. 189-195.
21. **Marcinauskas L., Grigonis A., Valatkevičius P., Medvid A.** Irradiation of the graphite-like carbon films by ns-laser pulse. *Applied surface science*. ISSN 0169-4332. 2012. Vol. 261, p. 488-492.
22. **Marcinauskas L., Kavaliauskas Ž., Valinčius V.** Carbon and nickel oxide/carbon composites as electrodes for supercapacitors. *Journal of materials science & technology*. ISSN 1005-0302. 2012. Vol. 28, No. 5, p. 931-936.
23. **Perednis E., Katinas V., Markevičius A.** Assessment of wood fuel use for energy generation in Lithuania. *Renewable and sustainable energy reviews*. ISSN 1364-0321. 2012. Vol. 16, Iss. 7, p. 5391-5398.
24. Peters B., **Džiugys A.** Comparison of the heat-up of a moving bed on forward and backward acting grates. *Numerical heat transfer, Part A: Applications: An international journal of computation and methodology*. ISSN 1040-7782. 2012. Vol. 62, Iss. 7, p. 547-564.
25. Peters B., **Džiugys A., Navakas R.** A shrinking model for combustion/gasification of char based on transport and reaction time scales. *Mechanika*. ISSN 1392-1207. 2012. Vol 18, No. 2, p. 177-185. (Be citavimo indekso).
26. **Poškas P., Adomaitis J.E., Ragaišis V., Šimonis V.**

- Šmaižys A., Kilda R., Grigaliūnienė D.** Progress of radioactive waste management in Lithuania. *Progress in nuclear energy*. ISSN 0149-1970. 2012. Vol. 54, Iss. 1, p. 11-21.
- 27. Poškas P., Šimonis V.** Heat transfer in the initial part of thermal stabilization of helical channels in air flow. *Heat transfer research*. ISSN 1064-2285. 2012. Vol. 43, Iss. 5, p. 443-460.
- 28. Pranevičius L., Tučkutė S., Gedvilas K., Milčius D.** Oxidation of thin films and its simultaneous hydrogenation by water vapor plasma. *Thin solid films*. ISSN 0040-6090. 2012. Vol. 524, p. 133-136.
- 29. Pranevičius L.L., Milčius D., Tučkutė S., Gedvilas K.** Preparation of hydrogenated-TiO<sub>2</sub>/Ti double layered thin films by water vapor plasma treatment. *Applied surface science*. ISSN 0169-4332. 2012. Vol. 258. Iss. 22, p. 8619-8622.
- 30. Raslavičius L., Narbutas L., Šlančiauskas A., Džiugys A., Bazaras Ž.** The districts of Lithuania with low heat demand density: A chance for the integration of straw biomass. *Renewable and sustainable energy reviews*. ISSN 1364-0321. 2012. Vol. 16, Iss. 5, p. 3259-3269.
- 31. Reihan A., Kriauciūnienė J., Meilutyte-Barauskienė D., Kolcova T.** Temporal variation of spring flood in rivers of the Baltic States. *Hydrology Research*. ISSN 0029-1277. 2012. Vol. 43, No. 4, p. 301-314.
- 32. Rimkevičius S., Kaliatka A., Valinčius M., Dundulis G., Janulionis R., Grybėnas A., Žutautaitė I.** Development of approach for reliability assessment of pipeline network systems. *Applied energy*. ISSN 0306-2619. 2012. Vol. 94, p. 22-33.
- 33. Snapkauskienė V., Valinčius V., Grigaitienė V.** Preparation and characterization of TiO<sub>2</sub>-based plasma-sprayed coatings for NO<sub>x</sub> abatement. *Catalysis today*. ISSN 0920-5861. 2012. Vol. 191, Iss. 1, p. 154-158.
- 34. Stankūnas G.** Fractal model of fission product release in nuclear fuel. *International journal of modern physics C*. ISSN 0129-1831. 2012. Vol. 23, Iss. 9, p. 1-8.
- 35. Striūgas N., Zakarauskas K., Stravinskas G., Grigaitienė V.** Comparison of steam reforming and partial oxidation of biomass pyrolysis tars over activated carbon derived from waste tire. *Catalysis today*. ISSN 0920-5861. 2012. Vol. 196, Iss. 1, p. 67-74.
- 36. Šimonis V., Poškas P., Ragaišis V.** Enhancement of heat transfer and hydraulic drag in gas-cooled helical channels with artificial roughness on convex wall. *Nuclear engineering and design*. ISSN 0029-5493. 2012. Vol. 245, p. 153-160.
- 37. Šlančiauskas A., Striūgas N.** Various compositions of burner gas fuel and air streams for lower CO and NO<sub>x</sub> yield. *International journal of heat and mass transfer*. ISSN 0017-9310. 2012. Vol. 55, Iss. 21-22, p. 5609-5615.
- 38. Šliogerienė J., Kaklauskas A., Streimikienė D., Bianchi M.** Multiple criteria decision support system for the assessment of energy generation technologies considering the dimension of values. *International journal of strategic property management*. ISSN 1648-715X. 2012. Vol. 16, No. 4, p. 370-391.
- 39. Streimikienė D.** The impact of international GHG trading regimes on penetration of new energy technologies and feasibility to implement EU Energy and Climate Package targets. *Renewable and sustainable energy reviews*. ISSN 1364-0321. 2012. Vol. 16, Iss. 4, p. 2172-2177.
- 40. Streimikienė D.** Comparison of carbon dioxide and nuclear waste storage costs in Lithuania. *Renewable and sustainable energy reviews*. ISSN 1364-0321. 2012. Vol. 16, Iss. 5, p. 2434-2445.
- 41. Tamošiūnas A., Grigaitienė V., Valatkevičius P., Valinčius V.** Syngas production from hydrocarbon-containing gas in ambient of water vapor plasma. *Catalysis today*. ISSN 0920-5861. 2012. Vol. 196, Iss. 1, p. 81-85.
- 42. Tarantola S., Kopustinskis V., Bolado-Lavin R., Kaliatka A., Ušpuras E., Vaišnoras M.** Sensitivity analysis using contribution to sample variance plot: application to a water hammer model. *Reliability engineering and system safety*. ISSN 0951-8320. 2012. Vol. 99, March, p. 62-73.
- 43. Tumonis L., Kačianauskas R., Norkus A., Žilionienė D.** Comparison study of spherical and multi-spherical particles under cyclic uniaxial compression. *Journal of civil engineering and management*. ISSN 1392-3730. 2012. Vol. 18, No. 4, p. 537-545.
- 44. Vaidelienė A., Vaidelys V.** Air bubbles and water droplets entrainment and removal in turbulent water flows. *Mechanika*. ISSN 1392-1207. 2012. Vol. 18, No. 1, p. 56-62. (Be citavimo indekso).
- STRAPINIAI MOKSLO LEIDINIUOSE,  
REGISTRUOTUOSE TARPTAUTINĖSE  
MOKSLINĖS INFORMACIJOS DUOMENŲ BAZĖSE**
- 1. Augutis J., Matuzienė V.** Tikimybinis energetinio saugumo vertinimas. Kauno šilumos tiekimo rinkos analizė. *Energetika*. ISSN 0235-7208. 2012. T. 58, Nr. 2, p. 66-76. [INSPEC, IndexCopernicus].
- 2. Bobinaite V., Juozapavičienė A.** Elektros energijos rinkos kainos savybių tyrimas: Lietuvos atvejis. *Verslas: teorija ir praktika*. ISSN 1648-0627. 2012. Vol. 13, No. 2, p. 1-10. [Central & Eastern European Academic Source, Business source complete, ICONDA, SCOPUS].
- 3. Bobinaitė V., Konstantinavičiūtė I., Lekavicius V.** Theoretical model for electricity market price forecasting. *Economics & management (Ekonomika ir vadyba)*. ISSN 1822-6515. 2012. Vol. 3, No. 17, p. 944-951. [Central & Eastern European Academic Source, Business source complete].
- 4. Gaigalis V., Škėma R.** Lietuvos pramonės sektorius vystymosi bei kuro ir energijos vartojimo pramoneje 2005-2010 m. analizė. *Energetika*. ISSN 0235-7208.

2012. T. 58, Nr. 1, p. 9-20. [INSPEC, IndexCopernicus].
5. Guaracino M., Irpino A., **Radziukynienė N.**, Verde R. Supervised classification of distributed data streams for smart grids. *Energy Systems*. ISSN 1868-3967. 2012. Vol. 3, No. 1, p. 95-108. [SpringerLink].
  6. **Jablonskis J.** Gyvenimas, paskirtas Lietuvos upėms tyrinėti. *Energetika*. ISSN 0235-7208. 2012. T. 58, Nr. 1, p. 47-53. [INSPEC, IndexCopernicus].
  7. **Jablonskis J.** Nemuno nuotekis žiemų kontrastų fone. *Energetika*. ISSN 0235-7208. 2012. T. 58, Nr. 2, p. 108-116. [INSPEC, IndexCopernicus].
  8. **Justinavičius D., Poškas P.** Dujų sklaidos modeliavimas didelio aktyvumo radioaktyviųjų atliekų konceptualaus geologinio atliekyno tunelyje. *Energetika*. ISSN 0235-7208. 2012. T. 58, Nr. 2, p. 97-107. [INSPEC, IndexCopernicus].
  9. **Katinas V., Savickas J.** Biodegalų gamybos ir vartojimo plėtros Lietuvoje įvertinimas. *Energetika*. ISSN 0235-7208. 2012. T. 58, Nr. 2, p. 77-85. [INSPEC, IndexCopernicus].
  10. **Katinas V., Savickas J.** Dujinių degalų vartojimo transporte plėtros analizė. Žemės ūkio inžinerija. ISSN 1392-1134. 2012. T. 44, Nr. (1,2,3), p. 144-153. [CAB Abstracts, VINITI].
  11. **Klevienė A., Perednis E.** Saulės energijos paklausos didinimo prielaidos. *Energetika*. ISSN 0235-7208. 2012. T. 58, Nr. 3, p. 148-157. [INSPEC, IndexCopernicus].
  12. Mažeika J., **Vaitkevičienė V.**, Skuratovič Ž., Petrošius R., Motiejūnas S., Vaidotas A., Oryšaka A., Ovcinikov S. Anglis-14 panaudotose jonitinėse dervose Ignalinos atominėje elektrinėje. *Visuomenės sveikata*. ISSN 1392-2696. 2012. Nr. 2, p. 71-74.
  13. **Poškas G., Poškas P., Sirvydas A., Šimonis A.** Daugia-kriterinės analizės metodo taikymas parenkant Ignalinos AE VI pastato įrengimų išmontavimo būdą. 2. Daugiakriterinės analizės metodika ir jos taikymo rezultatai. *Energetika*. ISSN 0235-7208. 2012. T. 58, Nr. 2, p. 86-96. [INSPEC, IndexCopernicus].
  14. **Štreimikienė D., Mikalauskienė A.** Energijos veiksmingumo didinimo priemonės ir jų efektyvumas. *Energetika*. ISSN 0235-7208. 2012. T. 58, Nr. 3, p. 117-130. [INSPEC, IndexCopernicus].
  15. **Štreimikienė D., Šikšnelytė I.** Sprendimų priėmimas energetikos sektoriuje. *Energetika*. ISSN 0235-7208. 2012. T. 58, Nr. 1, p. 30-38. [INSPEC, IndexCopernicus].
- IAPSAM & ESRA, 2012. ISBN 978-1-62276-436-5, p. 5561-5570.
2. **Augustis J., Krikštolaitytė R., Ušpuras E.** Lithuanian activities in energy security. *Risk analysis VIII: eight international conference on simulation in risk analysis and hazard mitigation*. Ashurst Lodge, Ashurst, Southampton: WitPress, 2012. ISBN 978-1-84564-620-2, p. 1-11.
  3. **Augustis J., Pečiulytė S., Krikštolaitytė R., Žutautaitė I., Ušpuras E.** Dynamic model for energy security level assessment. *Risk analysis VIII: eight international conference on simulation in risk analysis and hazard mitigation*. Ashurst Lodge, Ashurst, Southampton: WitPress, 2012. ISBN 978-1-84564-620-2, p. 21-30.
  4. **Bertašienė A.** Peculiarities of low air velocity, low Re numbers, flow at the entrance region of the channel in the change of the regime. *Advances in fluid mechanics and heat & mass transfer: proceedings of the 10th WSEAS international conference on heat transfer, thermal engineering and environment (HTE '12)*, Istanbul, Turkey, August 21-23, 2012. WSEAS, 2012. ISBN 978-1-61804-114-2, p. 353-358.
  5. **Bobinaitė V., Juozapavičienė A., Konstantinavičiūtė I.** Causality relationships between Lithuanian day-ahead electricity price and its factors. *Conference proceedings contemporary issues in business, management and education' 2012*, Vilnius, Lithuania, 15 November 2012. Vilnius Gediminas Technical University, 2012. ISBN 978-609-457-323-1, p. 587-599.
  6. **Bobinaitė V., Konstantinavičiūtė I.** Wholesale electricity price forecasting models: Lithuanian case. *The 7th international conference on electrical and control technologies ECT-2012*, Kaunas, Lithuania, May 3-4, 2012. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 1822-5934, p. 249-254.
  7. Bočkutė K., Laukitis G., Virbukas D., **Milčius D.** The properties of titanium oxide thin films formed using e-beam deposition technique. *Radiation interaction with material and its use in technologies 2012: 4th international conference*, Kaunas, Lithuania, May 14-17, 2012. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 1822-508X, p. 131-134. [Computers & Applied Sciences Complete].
  8. Coleman C., Grigoriev V., Inozemtsev V., Markelov V., Roth M., **Makarevičius V.**, Kim Y.S., Kanwar Liagat Ali, Chakravarty J.K., Mizrahi R., Lalgudi R. The effect of microstructure on delayed hydride cracking behavior of zircaloy-4 fuel cladding-an international atomic energy agency coordinated research program. *Zirconium in the nuclear industry: 16th international symposium* / Ed. Magnus Limback, Pierre Barberis. Bridgeport, USA, 2011. ISBN 978-0-8031-7515-0, p. 544-574.
  9. Česnulytė V., **Alzbutas R.** Probabilistic modelling and uncertainty analysis of extreme weight of snow. *11th international probabilistic safety assessment and management conference and the annual European safety and reliability conference (PSAM11 ESREL2012)*, Helsinki, Finland, June 25-29, 2012. IAPSAM & ESRA, 2012. ISBN 978-1-62276-436-5, p.1243-1252.

## PRANEŠIMAI TARPTAUTINĖSE KONFERENCIJOSE

1. **Alzbutas R., Povilaitis M., Vitkutė J.** Application of probabilistic uncertainty analysis for modeling of gas pipeline explosion. *11th international probabilistic safety assessment and management conference and the annual European safety and reliability conference (PSAM11 ESREL2012)*, Helsinki, Finland, June 25-29, 2012.

10. **Galinis A., Kuprys A., Tarvydas D., Norvaiša E., Konstantinavičiūtė I., Alėbaitė I., Miškinis V., Lekavičius V.** Possibilities of the LNG import terminals operation in Lithuania. *The 7th international conference on electrical and control technologies ECT-2012*, Kaunas, Lithuania, May 3-4, 2012. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 1822-5934, p.255-259.
11. **Galinis A., Lekavičius V.** Methodological principles for optimal integration of future technologies into the energy sector. *12th IAEE European energy conference energy challenge and environmental sustainability*, Venice, Italy, September 9-12, 2012 [http: www.iaeeu2012.it/ pages/program monday 10.html].
12. **Grigaitienė V., Kėželis R., Valinčius V., Milieška M.** Diagnostic of plasma spray process using high speed imaging and numerical simulation. *15th international symposium on flow visualization (ISFV-15)*, Minsk, Belarus, 25-28 June, 2012. Minsk, 2012. ISBN 978-985-6456-75-9, p. 1-7.
13. **Grigaitienė V., Tamošiūnas A.** Optical emission characteristics of atmospheric pressure water vapour plasma jet. *Radiation interaction with material and its use in technologies 2012: 4th international conference*, Kaunas, Lithuania, May 14-17, 2012. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 1822-508X, p. 421-424. [Computers & Applied Sciences Complete].
14. **Grigaitienė V., Valinčius V., Milieška M.** Formation of catalytic metal oxide coatings by atmospheric pressure plasma spray technology. *Radiation interaction with material and its use in technologies 2012: 4th international conference*, Kaunas, Lithuania, May 14-17, 2012. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 1822-508X, p. 149-152. [Computers & Applied Sciences Complete].
15. **Grigaitienė V., Valinčius V., Valatkevičius P., Tamošiūnas A.** Plasma technologies and plasma processing in Lithuanian energy institute. *VII international conference plasma physics and plasma technology (PPPT-7)*, Minsk, Belarus, September 17-21, 2012. Minsk: Kovcheg, 2012. Vol. II. ISBN 978-985-7055-03-6, p. 565-568.
16. **Gurskienė V., Šlanciauskas A.** Analysis of thermal destruction of charcoal by CO<sub>2</sub> gas. *9th annual conference of young scientists on energy issues CYSENI 2012: international conference*, Kaunas, Lithuania, 24-25 May, 2012. Kaunas: LEI, 2012. ISSN 1822-7554, p. 535-540.
17. **Iešmantas T., Alzbutas R.** Designing of energy efficient system considering power consumption reliability. *9th annual conference of young scientists on energy issues CYSENI 2012: international conference*, Kaunas, Lithuania, 24-25 May, 2012. Kaunas: LEI, 2012. ISSN 1822-7554, p. 179-189.
18. **Iešmantas T., Alzbutas R.** Age-dependent hierarchical Bayesian modelling for reliability assessment under small data sample. *11th international probabilistic safety assessment and management conference and the annual European safety and reliability conference (PSAM11 ESREL2012)*, Helsinki, Finland, June 25-29, 2012. IAPSAM & ESRA, 2012. ISBN 978-1-62276-436-5, p. 2527-2537.
19. **Jakimavičius D.** Global climate change scenarios adaptation for the prediction of the Nemunas run-off. *9th annual conference of young scientists on energy issues CYSENI 2012: international conference*, Kaunas, Lithuania, 24-25 May, 2012. Kaunas: LEI, 2012. ISSN 1822-7554, p. 617-623.
20. **Jokšas B., Žutautaitė I.** Energy critical infrastructure assessment methods. *9th annual conference of young scientists on energy issues CYSENI 2012: international conference*, Kaunas, Lithuania, 24-25 May, 2012. Kaunas: LEI, 2012. ISSN 1822-7554, p. 405-417.
21. **Jurgelėnaitė A.** Intra-annual thermal variability of Lithuanian rivers. *9th annual conference of young scientists on energy issues CYSENI 2012: international conference*, Kaunas, Lithuania, 24-25 May, 2012. Kaunas: LEI, 2012. ISSN 1822-7554, p. 624-633.
22. **Justinavičius D.** Modelling of two-phase flow of hydrogen gas in the disposal cell of repository for high level radioactive waste. *9th annual conference of young scientists on energy issues CYSENI 2012: international conference*, Kaunas, Lithuania, 24-25 May, 2012. Kaunas: LEI, 2012. ISSN 1822-7554, p. 658-667.
23. **Kaliatka A., Ušpuras E.** Analysis of loss of heat removal accident in the spent fuel pools of Ignalina Nuclear Power Plant. *23rd international symposium on transport phenomena (ISTP-23)*, Auckland, New Zealand, 19-22 November, 2012. Auckland, 2012, p. 1-7.
24. **Kaliatka A., Ušpuras E., Valinčius M.** Analysis of dynamic processes during the accidents in a district heating system. *The 9th international conference on heat transfer, fluid mechanics and thermodynamics (HEFAT2012)*, Malta, July 16-18, 2012. Malta, 2012. ISBN: 978-1-86854-986-3, p. 917-925.
25. **Kaliatka T.** Modelling of quench experiment using RELAP/SCDAPSIM code. *9th annual conference of young scientists on energy issues CYSENI 2012: international conference*, Kaunas, Lithuania, 24-25 May, 2012. Kaunas: LEI, 2012. ISSN 1822-7554, p. 668-677.
26. **Kaliatka T., Ušpuras E.** Modelling of processes in RBMK-1500 fuel rods during the operation cycle and short and intermediate term storage of spent fuel assemblies. *European nuclear conference young generation transactions (ENC 2012)*, Manchester, United Kingdom, December 9-12, 2012. Brussels, Belgium, 2012, p. 168-177.
27. **Kaliatka T., Ušpuras E., Vileiniškis V.** Best estimate analysis of PHEBUS FPT1 test using RELAP/SCDAPSIM code. *Proceedings of the 20th international conference on nuclear engineering collocated with the ASME 2012 Power conference ICONE20-POWER2012*, Anaheim, California, July 30 - August 3, 2012. USA: ASME, 2012, p. 1-8.
28. **Kavaliauskas ž., Marcinauskas L., Valinčius V.** Modification of carbon electrodes by heating in Ar environ-

- ment. *Radiation interaction with material and its use in technologies 2012: 4th international conference*, Kaunas, Lithuania, May 14-17, 2012. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 1822-508X, p. 521-522. [Conference Proceedings Citation Index; Computers & Applied Sciences Complete].
29. **Klevas V., Klevienė A.** Knowledge based tools to enhance demand for renewable energy sources. *Energy challenge and environmental sustainability: 12th IAEE European energy conference*, Venice, Italy, September 9-12, 2012. Ca, Foscari University of Venice, 2012, p. 1-7.
30. **Klevas V., Murauskaitė L.** New role of district heating as infrastructure for increasing the use of renewable energy sources. *2st World sustainability forum*, November 1-30, 2012 [<http://www.wsforum.org>].
31. **Konstantinavičiūtė I., Miškinis V., Bobinaitė V.** Trends towards sustainable energy development in Lithuania. *12th IAEE European energy conference energy challenge and environmental sustainability*, Venice, Italy, September 9-12, 2012 [<http://www.iaeeu2012.it/pages/program monday 10.html>].
32. **Kontautas A., Urbonavičius E.** Diffusive deposition of aerosols in PHEBUS containment during FPT-2 test. *Proceedings of international congress on advances in nuclear power plants ( ICAPP' 12)*, Chicago, Illinois, USA, June 24-28, 2012. La Grange Park, Illinois: American Nuclear Society, 2012. ISBN 978-0-89448-091-1, p. 1-8.
33. **Kontautas A., Urbonavičius E., Weber G.** Analysis of aerosol, fission product and iodine behaviour in phebus containment. *9th annual conference of young scientists on energy issues CYSENI 2012: international conference*, Kaunas, Lithuania, 24-25 May, 2012. Kaunas: LEI, 2012. ISSN 1822-7554, p. 678-687.
34. **Lekavičius V., Galinis A.** The impacts of natural gas prices on the Lithuanian economy: a CGE analysis. *Recent researches in energy, environment and sustainable development: proceedings of the 6th WSEAS international conference on renewable energy sources (RES '12)*, Porto, Portugal, July 1-3, 2012. WSEAS Press, 2012. ISBN 978-1-61804-105-0, p. 70-75.
35. **Lekavičius V., Galinis A., Miškinis V.** Input-output analysis of the structural transformations in the Lithuanian energy sector. *20th international input-output conference*, Bratislava, Slovakia, June 25-29, 2012 [<http://www.iioa.org/Conference/20th-downable%20paper.htm>].
36. **Lelis M., Pranevičius L., Milčius D.** Altering thin film hydride formation properties by pretreating substrate with DC and pulsed DC induced plasma. *Radiation interaction with material and its use in technologies 2012: 4th international conference*, Kaunas, Lithuania, May 14-17, 2012. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 1822-508X, p. 101-103. [Computers & Applied Sciences Complete].
37. **Luižys E., Marcinauskas L.** The growth of carbon films on silicon substrates using a thin nickel layer as catalyst. *Radiation interaction with material and its use in technologies 2012: 4th international conference*, Kaunas, Lithuania, May 14-17, 2012. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 1822-508X, p. 246-249. [Conference Proceedings Citation Index; Computers & Applied Sciences Complete].
38. **Marcinauskas L., Grigonis A., Valatkevičius P.** Synthesis of graphite structures using argon-acetylene and argon-hydrogen-acetylene plasmas. *Radiation interaction with material and its use in technologies 2012: 4th international conference*, Kaunas, Lithuania, May 14-17, 2012. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 1822-508X, p. 55-58. [Conference Proceedings Citation Index; Computers & Applied Sciences Complete].
39. **Martišauskas L.** OSeMOSYS model application for disturbed energy system modelling. *9th annual conference of young scientists on energy issues CYSENI 2012: international conference*, Kaunas, Lithuania, 24-25 May, 2012. Kaunas: LEI, 2012. ISSN 1822-7554, p. 323-335.
40. **Martišauskas L., Urbonas R., Jokšas B., Krikštolaite R.** Energy security level assessment application for nuclear power. *Proceedings of the 20th international conference on nuclear energy for new Europe 2011*, Bovec, Slovenia, 12-15 September, 2011. Slovenia, 2012, p. 1-8.
41. **Maslauskas E., Kulokas M.** Research of viscosity influence to coriolis mass flowmeters flow rate measurement accuracy. *9th annual conference of young scientists on energy issues CYSENI 2012: international conference*, Kaunas, Lithuania, 24-25 May, 2012. Kaunas: LEI, 2012. ISSN 1822-7554, p. 440-447.
42. **Mendikoa I., Sorli M., Armijo A., Garcia L., Erausquin L., Insunza M., Bilbao J., Friden H., Björk A., Bergfors L., Škēma R., Alzbutas R., Iešmantas T.** Energy efficiency optimisation in heat treatment process design. *Advances in production management systems: international conference (APMS 2012)*, September 24-26, 2012, Rhodes Island, Greece. Greece, 2012, p. 1-8.
43. **Mikalauskienė A., Štreimikienė D., Alėbaitė I.** The main drivers of energy consumption in households. *Knowledge, culture and society: international proceedings of economics development and research*, Jeju Island, South Korea, (ICKCS 2012), June 29-30, 2012. Singapore: IACSIT Press, 2012. Vol. 42. ISBN 978-981-08-9921-9, p. 105-109.
44. **Milčius D., Urbonas R., Laukaitis G.** Water- nano-materials innovative reactions approach of hydrogen production for future energy systems. *Radiation interaction with material and its use in technologies 2012: 4th international conference*, Kaunas, Lithuania, May 14-17, 2012. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 1822-508X, p. 24. [Computers & Applied Sciences Complete].
45. **Milieška M., Kéželis R., Valinčius V.** Heat transfer in the plasma-chemical reactor designed for ceramic mate-

- rials conversion into fibre. *9th annual conference of young scientists on energy issues CYSENI 2012: international conference*, Kaunas, Lithuania, 24-25 May, 2012. Kaunas: LEI, 2012. ISSN 1822-7554, p. 563-570.
46. **Milieška M., Marcinauskas L., Valatkevičius P., Grigaitienė V.** Investigation of the Ar-C2H2 and Ar-H2-C2H2 plasma using optical emission spectrometry. *Radiation interaction with material and its use in technologies 2012: 4th international conference*, Kaunas, Lithuania, May 14-17, 2012. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 1822-508X, p. 238-241. [Conference Proceedings Citation Index; Computers & Applied Sciences Complete].
47. **Milieška M., Valinčius V., Kėželis R., Grigaitienė V.** Experimental research on heat transfer during turbulent multi-phase plasma flow in circular tube. *XIV Minsk international heat and mass transfer forum MIF-XIV*, Minsk, September 10-13, 2012. Minsk, 2012. ISBN 978-985-6456-81-0, p. 1-7.
48. **Murauskaitė L.** Impact of legal regulation to use renewable energy in district heating. *9th annual conference of young scientists on energy issues CYSENI 2012: international conference*, Kaunas, Lithuania, 24-25 May, 2012. Kaunas: LEI, 2012. ISSN 1822-7554, p. 336-345.
49. **Murauskaitė L.** Methodology formation of district heating integrating into the city sustainable development context. *Proceedings of the IASTED international conference power and energy systems (EuroPES 2012)*, Napoli, Italy, June 25-27, 2012. Italy, 2012. ISBN 978-088986-924-0, p. 118-122.
50. **Navakas R., Džiugys A., Peters B., Striūgas N.** Identification of hot spots in heated granular matter by a community-detection method. *XIV Minsk international heat and mass transfer forum MIF-XIV*, Minsk, September 10-13, 2012. Minsk, 2012. ISBN 978-985-6456-78-0, p. 1-5.
51. **Pažeraitė A., Krakauskas M.** Centralized heat market liberalization mission (im)possible ?. *International scientific conference practice and research in private and public sector - 2012*, Vilnius, April 26-27, 2012. Vilnius, Mykolas Romeris University, 2012. ISSN 2029-7378, p. 312-320.
52. Peters B., **Džiugys A.** Prediction of conversion of a packed bed of fuel particles on a forward acting grate by the discrete particle method (DPM). *21st European symposium on computer aided process engineering ESCAPE 21*, Thessaloniki, Greece, 29 May-01 June 2011. Elsevier, 2011, p. 1-5.
53. Peters B., **Džiugys A., Raslavičius L., Narbutas L.** Prediction of straw gasification on a forward acting grate. *Proceedings of 20th international congress of chemical and process engineering (CHISA 2012)*, Prague, Czech Republic, August 25-29, 2012. Prague, 2012, p. 1-7.
54. **Poškas P., Poškas R., Gediminskas A.** Numerical investigation of the opposing mixed convection in an inclined flat channel using turbulence transition models. *EUROTHERM 2012: Proceedings of 6th European thermal sciences conference*, Poitiers-Futuroscope France, September 4-7, 2012. Paris: CNSF, 2012, p. 1-8.
55. **Poškas R., Zujus Re., Gediminskas A.** Modelling of the aiding mixed convection in a vertical rectangular channel. *The 9th international conference on heat transfer, fluid mechanics and thermodynamics (HEFAT2012)*, Malta, July 16-18, 2012. Malta, 2012. ISBN: 978-1-86854-986-3, p. 1741-1746.
56. **Povilaitis M., Urbonavičius E., Rimkevičius S.** Parametric study of MISTRA M5 test using lumped parameter COCOSYS code. *Proceedings of the 20th international conference on nuclear engineering collocated with the ASME 2012 Power conference ICONE20-POWER2012*, Anaheim, California, July 30 - August 3, 2012. USA: ASME, 2012, p. 1-6.
57. **Pranevičius L., Milčius D.** Study of redox processes in water vapour plasma treated titanium films. *Radiation interaction with material and its use in technologies 2012: 4th international conference*, Kaunas, Lithuania, May 14-17, 2012. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 1822-508X, p. 40-43. [Computers & Applied Sciences Complete].
58. **Radziukynienė N., Klementavičius A.** New transmission expansion concept and its forward and real-time smart management components. *9th annual conference of young scientists on energy issues CYSENI 2012: international conference*, Kaunas, Lithuania, 24-25 May, 2012. Kaunas: LEI, 2012. ISSN 1822-7554, p. 133-143.
59. **Rimkevičius S., Ušpuras E., Urbonavičius E., Babilas E., Povilaitis M.** Application of COCOSYS code for investigation of gas mixing in MISTRA test facility. *The 9th international conference on heat transfer, fluid mechanics and thermodynamics (HEFAT2012)*, Malta, July 16-18, 2012. Malta, 2012. ISBN: 978-1-86854-986-3, p. 57-65.
60. **Saliamonas A., Striūgas N.** Review of current technologies and achievements in industrial gasification field. *9th annual conference of young scientists on energy issues CYSENI 2012: international conference*, Kaunas, Lithuania, 24-25 May, 2012. Kaunas: LEI, 2012. ISSN 1822-7554, p. 571-580.
61. **Sankauskas D., Katinas V.** Investigation of wind power plant generation efficiency. *9th annual conference of young scientists on energy issues CYSENI 2012: international conference*, Kaunas, Lithuania, 24-25 May, 2012. Kaunas: LEI, 2012. ISSN 1822-7554, p. 108-113.
62. Stankus V., Gečas N., Adomonis V., **Lelis M.** Synthesis of nickel oxide thin films by reactive magnetron deposition. *Radiation interaction with material and its use in technologies 2012: 4th international conference*, Kaunas, Lithuania, May 14-17, 2012. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 1822-508X, p. 137-140. [Computers & Applied Sciences Complete].
63. **Striūgas N.** Investigation of glycerol combustion in a water heating boiler E-1-0.9-M3. *3rd annual COST ac-*

- tion CM 0901 meeting, scientific report*, Sofia, Bulgaria, September 5-7, 2012. Sofia, 2012. ISBN 978-619-160-036-6, p. 42-45.
64. Šepetys A., Laukitis G., Virbukas D., Bočkutė K., **Milčius D.** The properties of GDC thin films deposited by e-beam technique. *Radiation interaction with material and its use in technologies 2012: 4th international conference*, Kaunas, Lithuania, May 14-17, 2012. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 1822-508X, p. 115-118. [Computers & Applied Sciences Complete].
65. Šliogerienė J., **Štreimikienė D.** Assessment of energy generation technologies using DSS augmented with the dimension of values. *The 4th international conference on applied energy (ICAЕ 2012)*, Suzhou, China, July 5-8, 2012. China, 2012, p. 1-9.
66. **Štreimikienė D., Mikalauskienė A.** Behavioural changes and GHG emission reductions in Lithuanian households. *Knowledge, culture and society: international proceedings of economics development and research*, Jeju Island, South Korea, (ICKCS 2012), June 29-30, 2012. Singapore: IACSIT Press, 2012. Vol. 42. ISBN 978-981-08-9921-9, p. 110-114.
67. **Tamošiūnas A., Valatkevičius P., Grigaitienė V., Valinčius V.** Water vapor plasma torch: design, characteristics and applications. *World Academy of science, engineering and technology*, Venice, November 2012. WASET, 2012. Iss. 71. ISSN 2010-3778, p. 1055-1058.
68. **Tamošiūnas A., Valatkevičius P., Grigaitienė V., Valinčius V.** Conversion of propane using atmospheric thermal water vapour plasma. *9th annual conference of young scientists on energy issues CYSENI 2012: international conference*, Kaunas, Lithuania, 24-25 May, 2012. Kaunas: LEI, 2012. ISSN 1822-7554, p. 581-587.
69. **Tamošiūnas A., Valatkevičius P., Valinčius V., Grigaitienė V.** Heat transfer in the arc discharge channel stabilized by water vapor vortex. *XIV Minsk international heat and mass transfer forum MIF-XIV*, Minsk, September 10-13, 2012. Minsk, 2012. ISBN 978-985-6456-78-0, p. 1-8.
70. **Tonkonogovas A., Stankevičius A.** A new approach to evaluating response of the turbine gas meters. *9th annual conference of young scientists on energy issues CYSENI 2012: international conference*, Kaunas, Lithuania, 24-25 May, 2012. Kaunas: LEI, 2012. ISSN 1822-7554, p. 477-481.
71. **Tučkutė S., Pranevičius L.L.** Separation of hydrogen from water molecules by ion implantation into thin Ti films. *Proceedings of the international conference nanomaterials: applications and properties (NAP '2012)*, Alusta, Ukraina, September 16-23, 2012. Sumy State University, 2012. Vol. 1, No. 4, p. 1-4.
72. **Tumonis L., Kačianauskas R., Džiugys A.** Simulation of impact of randomly-shaped quasi-spherical particle. *7th international conference for conveying handling of particulate solids (CHOPS 2012)*, Friedrichshafen, Germany, September 10-13, 2012. Germany, 2012, p. 1-6.
73. Urbonavičius M., **Tučkutė S., Rajackas T., Pranevičius L.** Water vapour plasma oxidation effects on various thickness titanium films. *Radiation interaction with material and its use in technologies 2012: 4th international conference*, Kaunas, Lithuania, May 14-17, 2012. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 1822-508X, p. 103-106. [Computers & Applied Sciences Complete].
74. **Ušpuras E., Rimkevičius S., Kaliatka A.** Best-estimate approach for Ignalina NPP with RBMK-1500 reactors licensing process. *The 9th international topical meeting on nuclear thermal-hydraulics, operation and safety (NUTHOS-9)*, Kaohsiung, Taiwan, September 9-13, 2012. Chung - Hwa Nuclear Society, 2012. ISBN 978-986-88729-0-5, p. 1-15.
75. **Ušpuras E., Rimkevičius S., Povilaitis M., Iešmantas T., Alzbutas R.** Hazard analysis and consequences assessment of gas pipeline rupture and natural gas explosion. *Management of natural resources, sustainable development and ecological hazards. Ravage of the planet III: third international conference on management of natural resources, sustainable development and ecological hazards / Ed. C.A. Brebbia, S.S. Zubir*. Ashurst, Southampton: WIT Press, 2012. ISBN 978-1-84564-532-8, p. 495-504.
76. **Vaidlienė A.** Solar radiation influence on processes taking place in open water reservoirs. *Radiation interaction with material and its use in technologies 2012: 4th international conference*, Kaunas, Lithuania, May 14-17, 2012. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 1822-508X, p. 554-557. [Conference Proceedings Citation Index; Computers & Applied Sciences Complete].
77. **Vaitkevičienė V., Mažeika J., Skuratovič Ž.** The improved technology for the quantitative evaluation of organic and inorganic fraction of <sup>14</sup>C from cementitious radioactive ion exchange resins. *Polymer chemistry and technology: Proceedings of scientific conference chemistry and chemical technology*, Kaunas University of Technology, 25 April 2012. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 2029-2457, p. 17-22.
78. **Valantinavičius M., Vonžodas T.** Proximate and elemental analysis of solid biofuel and their influence to combustion process. *9th annual conference of young scientists on energy issues CYSENI 2012: international conference*, Kaunas, Lithuania, 24-25 May, 2012. Kaunas: LEI, 2012. ISSN 1822-7554, p. 588-598.
79. **Valinčius M., Kaliatka A., Ušpuras E.** Experimental investigations of interfacial shear in stratified two-phase condensing flow. *XIV Minsk international heat and mass transfer forum MIF-XIV*, Minsk, September 10-13, 2012. Minsk, 2012. ISBN 978-985-6456-81-0, p. 1-11.
80. **Valinčius V., Grigaitienė V., Tamošiūnas A.** Study on distribution of dynamic and thermal characteristics in a non-equilibrium plasma jet. *Turbulence, heat and mass transfer 7: proceedings of the seventh international symposium on turbulence, heat and mass transfer*, Palermo, Italy, 24-27 September, 2012 / Ed. K. Hanjalic, Y. Nagano, D. Borello, S. Jakirlic. New York, Wallingford(UK): Begell

- House Inc., 2012. ISBN 978-1-56700-301-7, p. 1043-1046.
81. **Valinčius V., Grigaitienė V., Valatkevičius P., Milieška M.** Distribution of dynamic and thermal characteristics in a non-equilibrium plasma jet. *Proceedings of the international symposium turbulence, heat and mass transfer 7 (THMT '12)*, University of Palermo, Italy, September 24-27, 2012. New York: Begell House Inc, 2012. ISBN 978-1-56700-302-4, p. 1-12.
82. Varnagiris Š., Žostautienė R., Lelis M., Milčius D. Attempt to use nickel as catalyst for MG<sub>7</sub>Ti<sub>1</sub>H<sub>x</sub> formation. *Radiation interaction with material and its use in technologies 2012: 4th international conference*, Kaunas, Lithuania, May 14-17, 2012. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 1822-508X, p. 123-126. [Computers & Applied Sciences Complete].
83. **Zakarauskas K., Striūgas N., Stravinskas G.** Investigation of thermal cracking of syngas tar from biomass gasification by catalytic steam reforming. *9th annual conference of young scientists on energy issues CYSENI 2012: international conference*, Kaunas, Lithuania, 24-25 May, 2012. Kaunas: LEI, 2012. ISSN 1822-7554, p. 96-101.
84. Zienius M., Laukaitis G., **Milčius D.**, Virbukas D., Bočkutė K. Synthesis and characterization of multilayer GDC and SDC thin films deposited by e-beam technique. *Radiation interaction with material and its use in technologies 2012: 4th international conference*, Kaunas, Lithuania, May 14-17, 2012. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 1822-508X, p. 111-114. [Computers & Applied Sciences Complete].
85. **Zujus Re., Poškas R., Gediminskas A.** Numerical simulation of aiding mixed convection in a vertical flat channel. *XIV Minsk international heat and mass transfer forum MIF-XIV*, Minsk, September 10-13, 2012. Minsk, 2012. ISBN 978-985-6456-81-0, p. 1-8.
- PRANEŠIMAI LIETUVOS KONFERENCIJOSE**
1. **Bertašienė A.** Oro greičio matavimai ir tyrimai: naujos galimybės ir poreikiai. *Šilumos energetika ir technologijos-2012: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2012 vasario 2,3. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 2335-2477, p. 168-173.
2. Čepelė A., **Kaliatka T.** ABWR reaktoriaus šiluminio elemento modeliavimas. *Mechanikos inžinerija-2012: 11-oji jaunųjų mokslininkų konferencija: pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2012 gegužės 11. Kaunas: Technologija, 2012. ISBN 978-609-02-0413-9, p. 185-189.
3. **Gaigalis V., Markevičius A., Savickas J.** Viešosios energetikos alternatyvos IAE regione naudojant atsinaujinančius energijos išteklius. *Šilumos energetika ir technologijos-2012: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2012 vasario 2,3. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 2335-2477, p. 55-60.
4. **Gaigalis V., Škėma R.** Kuro energijos vartojimo Lietuvoje ir jos pramonėje pokyčiai. *Šilumos energetika ir technologijos-2012: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2012 vasario 2,3. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 2335-2477, p. 25-30.
5. **Galinis A., Konstantinavičiūtė I., Bobinaitė V.** Paramos schemos naujoms atsinaujinančių energijos išteklių technologijoms. *Šilumos energetika ir technologijos-2012: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2012 vasario 2,3. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 2335-2477, p. 73-78.
6. **Kaliatka T., Adomavičius A.** Skysčio jpurškimo į žemo slėgio termobranduolinės sintezės indą skaitinis tyrimas. *Šilumos energetika ir technologijos-2012: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2012 vasario 2,3. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 2335-2477, p. 101-106.
7. **Kavaliauskas Ž., Marcinauskas L.** Nikelio oksido nanometrinio sluoksnio ir anglies elektrodų paviršiaus izotropinės erozijos įtakos mechanizmų įvertinimo teoriniai aspektai. *Šilumos energetika ir technologijos-2012: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2012 vasario 2,3. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 2335-2477, p. 117-122.
8. **Klevas V., Perednis E.** Saulės spindulinės energijos konversijos į žemos temperatūros šilumą tyrimai. *Šilumos energetika ir technologijos-2012: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2012 vasario 2,3. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 2335-2477, p. 5-8.
9. **Kontautas A., Urbonavičius E.** Aerozolių nusėdimo ant apsauginio kiauto sienelių tyrimas PHEBUS apsauginiame kiaute COCOSYS ir ASTEC programų paketais. *Šilumos energetika ir technologijos-2012: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2012 vasario 2,3. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 2335-2477, p. 95-100.
10. **Kuprys A., Gatautis R.** Skirstomojo šilumos tiekimo tinklo renovacijos ekonominis vertinimas. *Šilumos energetika ir technologijos-2012: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2012 vasario 2,3. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 2335-2477, p. 203-208.
11. **Kveselis V.** Centralizuoto šilumos tiekimo sistemų energinio efektyvumo ženklinimo problemas. *Šilumos energetika ir technologijos-2012: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2012 vasario 2,3. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 2335-2477, p. 215-220.
12. **Lekavičius V., Galinis A., Alėbaitė I.** Šilumos gamybos technologijų įtaka šiltnamio dujų emisijoms: išplėstinis vertinimas. *Šilumos energetika ir technologijos-2012: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2012 vasario 2,3. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 2335-2477, p. 45-50.
13. **Marčiukaitis M.** Projektas WEBSR2: vėjo energetikos plėtros barjerai Lietuvoje. *Šilumos energetika ir tech-*

- nologijos-2012: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2012 vasario 2,3. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 2335-2477, p. 85-88.
14. **Masaitis S., Kveselis V.** Energiją vartojančių prietaisų gyvavimo ciklo sąnaudų ekonominė analizė. *Šilumos energetika ir technologijos-2012: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2012 vasario 2,3. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 2335-2477, p. 221-226.
  15. **Milieška M., Kėželis R., Mėčius V.** Keraminių dispersinių dalelių įtaka šilumos mainams plazmocheminiame pluoštinimo reaktoriuje. *Šilumos energetika ir technologijos-2012: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2012 vasario 2,3. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 2335-2477, p. 113-116.
  16. **Miškinis V., Galinis A., Tarvydas D.** Kietojo biokuro apskaitos energijos gamybos šaltiniuose principai. *Šilumos energetika ir technologijos-2012: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2012 vasario 2,3. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 2335-2477, p. 67-72.
  17. **Mockevičius M., Butkus A.** Buitinių karšto vandens skaitiklių patikros ir kalibravimo problemas. *Šilumos energetika ir technologijos-2012: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2012 vasario 2,3. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 2335-2477, p. 233-238.
  18. **Poškas G., Zujus Rim.** Pernašos procesų ir radiologinio užterštumo įvertinimas AE mažo druskingumo vandens valymo sistemoje. *Šilumos energetika ir technologijos-2012: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2012 vasario 2,3. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 2335-2477, p. 174-179.
  19. **Poškas R., Gediminskas A., Zujus Ren.** Mišrios konvekcijos modeliavimas stačiakampiame horizontaliaime kanale. *Šilumos energetika ir technologijos-2012: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2012 vasario 2,3. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 2335-2477, p. 107-112.
  20. **Sankauskas D., Katinas V.** Vėjo energetinių charakteristikų ir energijos gamybos Lietuvoje tyrimai. *Šilumos energetika ir technologijos-2012: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2012 vasario 2,3. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 2335-2477, p. 51-54.
  21. **Savickas J., Tamašauskienė M.** Biuduų gamybos ir vartojimo efektyvumo analizė. *Šilumos energetika ir technologijos-2012: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2012 vasario 2,3. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 2335-2477, p. 61-66.
  22. **Tamosiūnas A., Valatkevičius P., Valinčius V., Grigaitienė V.** Šilumos srautai į vandens garą kaitinančio plazmos generatoriaus sieneles. *Šilumos energetika ir technologijos-2012: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2012 vasario 2,3. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 2335-2477, p. 123-128.
  23. **Vaidelienė A.** Vandens lašelių ir oro burbuliukų hidrodinaminių procesų modeliavimas turbulentiniuose srautuose. *Šilumos energetika ir technologijos-2012: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2012 vasario 2,3. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 2335-2477, p. 139-145.
  24. **Zakarauskas K., Striūgas N., Stravinskas G.** Biomasės pirolizės metu susidarančių dervų skaidymo efektyvumo tyrimai. *Šilumos energetika ir technologijos-2012: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2012 vasario 2,3. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 2335-2477, p. 41-44.
- ### MOKSLO POPULIARINIMO STRAIPSNIAI
1. Adomavičius A., **Žiugžda V.** Šilumos ir atomo energetikos katedrai-90 metų. *Energetika*. ISSN 0235-7208. 2012. T. 58, Nr. 2, p. i-iv.
  2. **Barauskaitė B.** Kauno mokslininkų projektuose-naujos kartos pigus ir ekologiškas kuras. *Mokslo ir gyvenimas*. ISSN 0134-3084. 2012. Nr. 5-6, p. 26-27.
  3. Čerapaitė-Trušinskienė R., **Meilutytė-Barauskienė D.** Pozitronų emisijos tomografija - vis dar ne Lietuvoje. *Mokslo ir gyvenimas*. ISSN 0134-3084. 2012. Nr. 4, p. 5-7, 25.
  4. **Gaigalis V., Markevičius A.** Racionalaus energijos naudojimo studijinis vizitas Švedijoje ir Danijoje. *Šiluminė technika*. ISSN 1392-4346. 2012. Nr. 2, p. 16-19.
  5. **Konstantinavičiūtė I.** Apgintos daktaro disertacijos: Didmeninės ir mažmeninės elektros energijos kainos prognozavimo veiksnių, metodai ir modelis (Viktorija Bobinaitė). *Energetika*. ISSN 0235-7208. 2012. T. 58, Nr. 2, p.iii.
  6. **Konstantinavičiūtė I., Bobinaitė V.** Tarptautinės energetikos ekonomikos asociacijos 12-oji Europos konferencija. *Energetika*. ISSN 0235-7208. 2012. T. 58, Nr. 3, p. i-vi.
  7. **Meilutytė-Barauskienė D.** Apdovanoti geriausių magistro darbų autoriai. *Mokslo ir technika*. ISSN 0134-3165. 2012. Nr. 10, p. 43.
  8. **Meilutytė-Barauskienė D., Kriauciūnienė J.** Hidrologų konferencija. XXVII Šiaurės ir Baltijos šalių hidrologų konferencija džiugino dalyvių geografija. *Mokslo ir gyvenimas*. ISSN 0134-3084. 2012. Nr. 10, p. 13-15.
  9. **Meilutytė-Barauskienė D., Narkūnienė A.** Jaunoji energetika 2012. Konferencija „Jaunoji energetika 2012“ džiugino savo programa ir gausiu būriu užsienio svečių. *Mokslo ir gyvenimas*. ISSN 0134-3084. 2012. Nr. 9, p. 20-22.
  10. **Miškinis V.** Už dujas mokame brangiausiai Europoje. Kaip ilgai tai truks? Europos laiku. 2012. Nr. 18, p. 12-13.

- 11.** **Miškinis V.** Parengtas statistinių duomenų leidinys „Lietuvos energetika-2011“. *Šiluminė technika*. ISSN 1392-4346. 2012. Nr. 4, p. 20-25.
- 12.** **Perednis E., Katinas V.** Saulės kolektoriams ir biokuro katinė Kačerginės vaikų sanatorijoje-10 metų. *Mokslas ir technika*. ISSN 0134-3165. 2012. Nr. 3, p. 12-13, 29.
- 13.** **Perednis E., Klevas V.** Nepriklausomi ekspertai apie saulės kolektorius. *Statyk*. ISSN 1648-4150. 2012. Nr. 4, p. 62-63.
- 14.** **Perednis E., Klevas V.** Dar kartą apie plokščiuosius ir vakuuminius saulės kolektorius. *Šiluminė technika*. ISSN 1392-4346. 2012. Nr. 2, p. 12-14.
- 15.** **Radziukynas V., Klementavičius A.** Lietuvos energetikos instituto sistemų valdymo ir automatizavimo laboratorija - šiuolaikiškas elektros energetikos sistemų modeliavimo centras Lietuvoje. *Mokslas ir technika*. ISSN 0134-3165. 2012. Nr. 2, p. 18-22.
- 16.** **Rimkevičius S.** LEI atliekami moksliniai branduolinės saugos tyrimai ir jų svarba branduolinės energetikos plėtrai. *Mokslas ir technika*. ISSN 0134-3165. 2012. Nr. 5, p. 16-18.
- 17.** **Stankevičius A.** Apgintos daktaro disertacijos: Oro greičio verčių atkūrimo ir perdavimo tyrimas kintant tekejimo režimui (Agnė Bertašienė). *Energetika*. ISSN 0235-7208. 2012. T. 58, Nr. 1, p. i-iii.
- 18.** **Striūgas N.** Lietuvos energetikos institutas apdovanotas „Lietuvos metų gaminys 2011“ aukso medaliu. *Energetika*. ISSN 0235-7208. 2012. T. 58, Nr. 1, p. i-ii.
- 19.** **Striūgas N.** Pirmasis projekto „Nacionalinio atviros prieigos ateities energetikos technologijų mokslo centro sukūrimas“ gaminys. *Best in Lithuania*. Žurnalas apie verslo, mokslo ir kultūros lyderius Lietuvoje. Specialusis leidimas 2012, p. 40-41.
- 20.** **Šimonis V.** Apgintos daktaro disertacijos: Darbuotojų apšvitos, išmontuojant branduolinės energetikos objektus, tyrimas (Audrius Šimonis). *Energetika*. ISSN 0235-7208. 2012. T. 58, Nr. 1, p. iii-iv.
- 21.** **Tarvydas D.** XXI amžiaus indulgencijos-ATL (apyvartiniai taršos leidimai). *Green'as*. ISSN 2029-2392. 2012. Nr. 2(9), p. 30-35.
- 22.** **Tarvydas D.** Alternatyvioji energetika: naujausios pasaulio tendencijos. *Green'as*. ISSN 2029-2392. 2012. Nr. 1(8), p. 66-71.
- 23.** **Ušpuras E., Miškinis V.** Energy infrastructure projects in Lithuania. *Quarterly review*. 2012. No. 4, p. 34.
- 24.** **Valinčius V.** Tarptautinėje plazmos fizikos konferencijoje - dėmesys Lietuvos energetikos instituto mokslininkų pranešimui. *Energetika*. ISSN 0235-7208. 2012. T. 58, Nr. 3, p. v-vi.
- 25.** **Valinčius V.** Tarptautinė konferencija „Turbulencijos , šilumos ir masės mainai“. *Energetika*. ISSN 0235-7208. 2012. T. 58, Nr. 3, p. iii-iv.
- 26.** **Vrubliauskas S., Perednis E.** Biomasės ir iškastinio kuro mišinių deginimas. *Šiluminė technika*. ISSN 1392-4346. 2012. Nr. 1, p. 14-16.
- 27.** **Žiugžda V.** Vandenilio energetikos asociacijos narių mokymai. *Mokslas ir technika*. ISSN 0134-3165. 2012. Nr. 6, p. 29.
- 28.** **Žiugžda V.** Vandenilio energetikos asociacija ir jos veikla. *Energetika*. ISSN 0235-7208. 2012. T. 58, Nr. 3, p. iv.

# PAGRINDINIAI

## 2012 m.

### IŠVYKIAI

**Sausio 17 d.**

Mokslo, inovacijų ir technologijų

agentūros (MITA) informacinė diena

**Naujos galimybės mokslo ir verslo  
partnerystei**



**Vasario 8 d.**

Įšmanijų technologijų asociacijos  
(ITA) atstovų vizitas



**Vasario 10 d.**

Pasirašyta LEI ir AB *Kauno energija*  
bendradarbiavimo sutartis



**Vasario 21 d.**

Dr. James V.A. Abbey (Jungtinė Karalystė,  
Swansea universitetas) vizitas



**Vasario 21 d.**

Shimizu Corporation (Japonija)  
atstovų vizitas



**Kovo 2 d.**

LR Švietimo ir mokslo ministro  
p. Gintaro Steponavičiaus vizitas



**Kovo 14 d.**

Jungtinės Karalystės ambasadoriaus  
(HM Ambassador) Lietuvoje J.E. David  
John Hunt vizitas



**Kovo 22 d.**

JAV ambasados patarėjo ekonomikos  
klausimais p. Justin Heung vizitas



**Balandžio 3 d.**

IRSN (Prancūzija) atstovų vizitas  
aptarti ETSON duomenų bazės projektą



**Balandžio 6 d.**

Vandenilio energetikos technologijų centre lankėsi Vilniaus universiteto studentai



**Balandžio 19 d.**

Pasirašyta bendradarbiavimo sutartis su EK Jungtinių tyrimų centru



**Gegužės 8 d.**

Seminaras *Mokslo, technologijų ir gamybos sąveika šiluminiių trąsų modernizavimui*



**Gegužės 16 d.**

Seminaras *AEI panaudojimo perspektyvos Lietuvoje, energijos gamyba iš organinių atliekų*



**Gegužės 21 d.**

HITACHI (Japonija) atstovų vizitas



**Gegužės 24–25 d.**

9-oji tarptautinė doktorantų ir jaunųjų mokslininkų konferencija *Jaunoji energetika 2012 CYSENI 2012*



**Birželio 13 d.**

EUROSAFE komiteto posėdis LEI



**Liepos 24 d.**

Lietuvos Garbės Konsulo Dr. Rafael Jose de Espona ir COPISA kompanijos (Ispanija) atstovų vizitas



**Rugsėjo 28 d.**

LTMA seminaras *Atviros prieigos centrai: panaudojimo galimybės ir perspektyvos*



**Spalio 10 d.**

*LEI atvirų durų diena*



**Spalio 19 d.**

AB *Lietuvos energija* delegacijos vizitas



**Lapkričio 15–16 d.**

*Conference on Energy Security: Outlook & Perspectives in the Baltic Sea Region*



**Lapkričio 29 d.**

Europos Komisijos, Švietimo ir mokslo bei Finansų ministerijos ir Lietuvos mokslo tarybos atstovų vizitas



**Gruodžio 21 d.**

LEI apdovanotas Lietuvos pramonininkų konfederacijos organizuojamo konkurso *Lietuvos metų gaminys 2012* aukso medaliu





Breslaujos g. 3  
LT-44403 Kaunas  
tel. +370 37 351403  
faksas: +370 37 351271  
<http://www.lei.lt>

