



**LIETUVOS  
ENERGETIKOS  
INSTITUTAS**



**VEIKLOS APŽVALGA  
2013**

# LIETUVOS ENERGETIKOS INSTITUTAS

2013 m.



Lietuvos energetikos instituto organizuotos jubiliejinės konferencijos **Jaunoji energetika 2013 (Cyseni 2013)** dalyviai

## INSTITUTO MISIJA

Vykdyti tyrimus ir kurti inovacines technologijas energetikos, termoinžinerijos, matavimo inžinerijos, medžiagotyros ir ekonomikos srityse, vykdant mokslinius ir taikomuosius tyrimus, dalyvaujant studijų procesuose, perke-

liant taikomujų 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

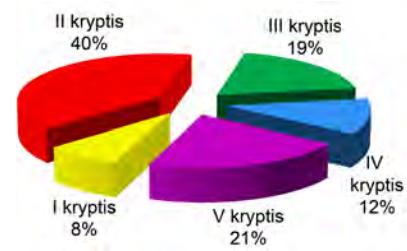
rengiant specialistus Lietuvos moksliui ir ūkiui.

## 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

## INSTITUTO MOKSLINĖ TIRIAMOJI VEIKLA

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



Mokslininkų pasiskirstymas pagal mokslinės veiklos kryptis

- sistemas ir Europos mokslinių tyrimų erdvę;
- bendradarbiaujant su verslo, valdžios ir visuomenės subjektais, panaudoti mokslo žinias techniškai ir komerciškai naudingiems procesams ir įrenginiams, užtikrinantiems inovacinių 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.

## 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.

## NARYSTĖ ŠALIES BEI TARPTAUTINĖSE ORGANIZACIJOSE, BENDRADARBIAVIMAS

LEI priklauso šioms asociacijoms: Branduolinės energetikos asociacija (**BEA**), Lietuvos elektros energetikos asociacija (**LEEA**), Lietuvos energetikos konsultantų asociacija (**LEKA**), Lietuvos inžinerinės pramonės asociacija (**LINPRA**), Lietuvos mokslinių



*Institute viešėjęs LR Švietimo ir mokslo ministras dr. Dainius Pavalkis aplankė Nacionalinį atviros prieigos Ateities energetikos technologijų mokslo centrą*

bibliotekų asociaciją (**LMBA**), Lietuvos mokslo periodikos asociaciją (**LMPA**), Lietuvos pramonininkų konfederacija (**LPK**), Lietuvos šiluminės technikos inžinierių asociaciją (**LIŠTIA**), Nacionalinė kosmoso asociacija, Dujų ūkio asociacija (**DŪA**), Energetikos ekonomikos asociacija, Statybų produktų bandymų laboratorijų asociacija (**SPBL**), Vandenilio energetikos asociacija, European Technical Support Organisations Network (**ETSON**), European Network of Freshwater Research Organisations (**EurAqua**), European Safety, Reliability & Data Association (**EsReDA**), The European Association of National Metrology Institutes (**EURAMET**), Euro-Asian Cooperation of National Metrological Institutions (**COOMET**), European Nuclear Safety Training and Tutoring Institute (**ENSTTI**), International Energy Agency Hydrogen Implementation Agreement (**IEA HIA**), New European Research Grouping on Fuel Cells and Hydrogen (**N.ERGHY**).

Taip pat institutas dalyvauja europinių Tvarios branduolinės energijos (Sustainable Nuclear Energy Technology Platform (**SNETP**)) ir Radioaktyviųjų atliekų geologinio laidojimo įgyvendinimo (Implementing Geological Disposal of

Radioactive Waste Technology Platform (**IGD-TP**)) bei nacionalinių Vandenilio ir kuro elementų (**H2/FC**), Ateities gamybos, Nacionalinės šilumos energetikos, Nacionalinės biomasės ir biokuro gamybos ir naudojimo bei Lietuvos nacionalinės biodegalų technologinių platformų veikloje.

## 2013 METAI INSTITUTUI BUVO TURININGI ĮVYKIAIS IR VIZITAIS

Sausį institute lankėsi Europos Parlamento narys Zigmantas Balčytis, kuris turėjo progą tiesiogiai susipažinti su instituto pasiekimais, turima eksperimentinė baze ir vykdomais darbais. Institute taip pat vyko ir ETSON (European Technical Safety Organisation Network) atstovų susitikimas. Lietuvos Respublikos valstybinis patentų biuras 2013 m. sausio 25 d. Lietuvos energetikos institutui ir Vytauto Didžiojo universitetui išdavė LR patentą Nr. 5895 *Vandenilio gavybos iš vandens būdas* (išradėjai – dr. Darius Milčius ir dr. Liudas Pranevičius).

Vasarį institute lankėsi 7BP SAR-NET2 projekto atstovai.

Kovą institutą vizitavo LR Švietimo ir mokslo ministerijos atstovų delegacija, Baltarusijos nacionalinės mokslų

akademijos Fizikinės technikos instituto atstovas. Instituto jaunieji mokslininkai aktyviai dalyvavo Kauno technologijos universiteto organizuotose Karjeros dienose, kur supažindino studentus su Lietuvos energetikos instituto veikla, studijų ir darbo galimybėmis.

*Balandži* institute lankėsi gausus studentų būrys iš École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Šveicarija. Taip pat instituto darbuotojai sulaukė ir apdovanojimų: habil. dr. Algirdui Kaliatkaitei Algirdo Žukausko (šiluminė fizika ir energetika) premija; prof. habil. dr. Vaclovas Miškinis apdovanotas Pasaulio energetikos tarybos *Lietuvos energetikų garbės ženklu*; dr. Arvydas Galinis gavo LR Seimo Pirmininko ir LR Ministro Pirmininko padéką; dr. Egidijus Urbonavičius gavo LR Ministro Pirmininko padéką. Balandži taip pat vyko Britų tarybos organizuojamas tarptautinis konkurso **Šlovės laboratorija** atrankos turas.

Gegužėje institute apsilankė LR Švietimo ir mokslo ministras dr. Dainius Pavalkis. Vyko darbinis 7BP projekto Fibcem susitikimas, taip pat 7BP projektų rengimo ir administravimo kursai, kuriuos surengė kolegos iš Estijos, Italijos ir Vokietijos. Gegužės paskutinę



LEI direktorius Eugenijus Ušpuras Jungtinėje Europos branduolinės energetikos mokslinių tyrimų konferencijoje **FISA Euradwaste'13**

savaitę įvyko jubiliejinė **10-oji tarp-tautinė doktorantų ir jaunuųjų mokslininkų konferencija CYSENI 2013**, kuriuoje paskaitą skaitė Purdue universiteto (JAV) profesorius Romualdas Viskanta bei apdovanojo vardinėmis premiomis instituto jaunuosius mokslininkus.

*Birželį* ilgametis instituto darbuotojas prof. habil. dr. Bronius Gailiušis gavo VĮ Klaipėdos valstybinio jūrų uosto direkcijos padéką.

2013 m. Lietuvai išskirtiniai dėl Lietuvos pirmininkavimo Europos Sąjungos Tarybai. Džiugu paminėti, kad instituto darbuotojai ne tik dalyvavo tai progai skirtuose renginiuose, bet ir

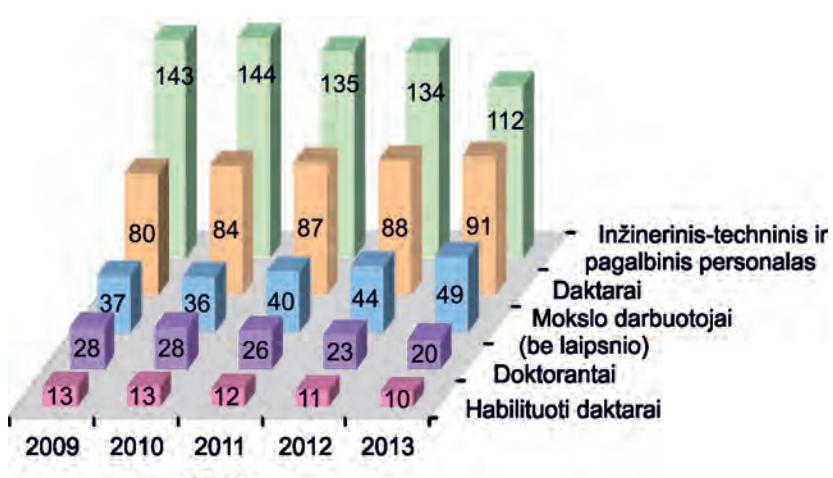
aktyviai prisidėjo juos organizuojant.

*Liepāja* vykusioje konferencijoje **Mokslo vaidmuo užtikrinant energetinį saugumą: iššūkiai ir sprendimai Baltijos regione ir už jo ribų** prof. habil. dr. Eugenijus Ušpuras skaitė pranešimą *Lietuvos mokslinių tyrimų veiklos energetinio saugumo srityje (Lithuanian Research Activities in Energy Security)*.

*Rugpjūtį* institute sulaukėme svečių iš Brandenburg Economic Development Board ir TSB Innovationsagentur Berlin GmbH atstovų iš Vokietijos. Pirmą kartą institute buvo organizuotas ETSON JSP vasaros seminaras.

*Rugsėjį* institute lankėsi GE-Hitachi Nuclear Energy atstovas p. Ziemowit Iwanski. Instituto jaunieji mokslininkai dalyvavo mokslo festivalyje **Erdvėlaivis Žemė bei Tyrėjų naktis 2013**.

*Spalį* institute lankėsi prof. Pavel Kruckovskiy iš Termofizikinės inžinerijos instituto (Ukraina), prof. V. Volkov iš A.V. Topičevo vardo Naftos chemijos ir sintezės instituto (Rusija), prof. S. Leonovich iš Baltarusijos nacionalinis technikos universiteto (Baltarusija), prof. K. Dobrego iš A. V. Lykovo vardo Šilumos ir masės mainų instituto (Baltarusija), Norvegijos Mokslo Tarybos specialusis patarėjas dr. Dag Høvik. Taip pat šį mėnesį vyko Jungtinė Europos atominės energetikos mokslinių tyrimų konferencija **FISA2013/Eurad-**



Instituto darbuotojų skaičiaus kaita

**waste'13.** Tai išskirtinė branduolinės energetikos konferencija, kurioje apžvelgiamos tendencijos ir pasiekimai Europos mokslinių tyrimų erdvėje. Rengiant šią konferenciją Lietuvoje daug prisidėjo ir instituto darbuotojai.

*Lapkritį* institute lankėsi Fizikinės energetikos instituto (Latvija) direktoriaus pavaduotoja dr. Gunta Šlichta bei kompanijos *Thor Energy* (Norvegija) atstovai. Kaip ir kasmet institute buvo ginamos Valstybės subsidijomis finansuojamų darbų ataskaitos.

*Gruodį* institute lankėsi Napier universiteto (Škotija, JK) atstovė dr. Elene Prokofieva bei Ukrainos nacionalinės mokslo akademijos Dujų instituto mokslininkų grupė. Institutas taip pat buvo apdovanotas Lietuvos pramonininkų konfederacijos organizuojamo konkurso **Lietuvos metų gaminys 2013** sidabro medaliu už sukurtą paslaugą *Termoizoliuoto vamzdžio šiluminio laidžio nustatymas*. 2013 m. gruodžio 30 d. **Lietuvos Respublikos Prezidento Dekreto Nr. 1K-1686** dėl apdovanojimo atminimo ženklui – Lietuvos energetikos instituto direktorius prof. habil. dr. **Eugenijus UŠPURAS** apdovanotas Atminimo ženklu už asmeninį indėlį pridedant prie Lietuvos pirmininkavimo Europos Sąjungos Tarybai 2013 metais.

Lietuvos energetikos institutas daug dėmesio skyrė ir skiria švietėjiškai



*Lietuvos pramonininkų konfederacijos prezentas R. Dagys ir LR Premjeras A. Butkevičius įteikė LPK konkurso **Lietuvos metų gaminys 2013** apdovanojimą dr. J. Česnienei*

veiklai. Tai parodo ir gausiai mokinį, studentų ir kitų suinteresuotų asmenų vizitu metu lankomos instituto laboratorijos.

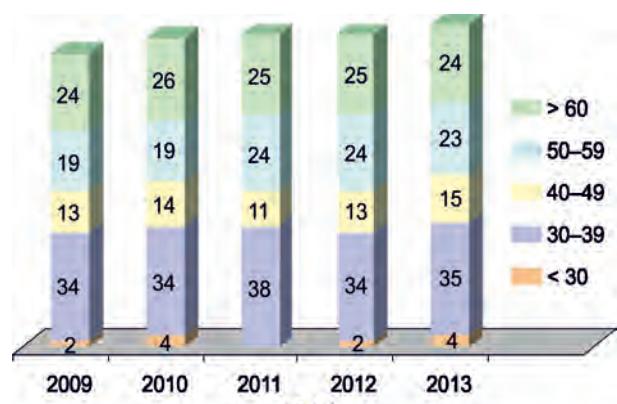
Institutas gali pasidžiaugti svariais pasiekimais 7-ojoje Bendrojoje programoje. Apžvelgiant visą septynerių metų programą institutas dalyvavo teikiant 64 parašas, iš kurių 38 perkopė vertinimo slenkstį (~59,4 %), 23 projektai yra finansuoti (~35,9 %). Paskutiniajam 7BP kvietimui institutas kartu su partneriais pateikė 12 parašų, iš kurių 10 perkopė vertinimo slenkstį ir 8 parašos yra finansuotos. Taip pat reikyt pažymėti, kad be 7-osios bend-

rosios programos projekty, instituto mokslininkai vykdo ir Pažangi energetika Europai, Baltijos jūros regiono 2007–2013 m., Pietų Baltijos bendradarbiavimo per sieną 2007–2013, Latvijos ir Lietuvos bendradarbiavimo per sieną, TATENA, COST, EUREKA programų projektus.

## SLĒNIS SANTAKA

2013 m. spalio 31 d. su Kauno technologijos universitetu ir Lietuvos sveikatos mokslų universitetu pasirašyta sutartis dėl bendradarbiavimo vykdant Integruioto mokslo, studijų ir verslo centro (slēnio) Santaka plėtros programą bei joje numatytas veiklas, sudarant palankias sąlygas verslo įmonėms ir mokslo institucijoms bendradarbiauti, skatinant naujų technologijų perdavimą ir inovacijų diegimą.

Instituto vykdomo projekto pagrindinis tikslas – sukurti **Nacionalinį atviros prieigos Ateities energetikos technologijų mokslo centrą (NAP AETMC)**, įsigyjant ir įvaldant modernią eksperimentinę įrangą ir skaitines programas. Šio centro veikla įregistruota 2013 m. kovo 8 d. Centro pagrindinis siekis – tapti Europos lygio mokslo tyrimo centru, bendradarbiaujančiu su



*Instituto mokslininkų amžiaus struktūra*

verslo įmonėmis, studijų bei mokslo įstaigomis, vykdančiu fundamentinius ir taikomuosius tyrimus bei eksperimentinę plėtrą.

Projekto vykdymo metu 2010–2013 m. panaudota per 22,5 mln. Lt iš ES ir Lietuvos Respublikos biudžeto gautų lėšų, už kurias įsigyta 67 vnt. eksperimentinės įrangos ir 49 vnt. programinės įrangos. Įrangos įsigijimas leido atnaujinti tyrimų bazę 10 instituto mokslo padalinių, iš kurių 2 yra mokslo centrai – Vandenilio energetikos technologijų centras (VETC) ir Atsinaujinančios ir alternatyvios energetikos mokslo centras (AAEMC).

Nacionalinį atviros prieigos Ateities energetikos technologijų mokslo centrą jau aplankė per šimtą Lietuvos ir užsienio mokslo, studijų ir verslo institucijų bei visuomenės atstovų. Lankytajai žavisi VETC atliekamais moksliniai tyrimai, infrastruktūra bei studijų kokybe. Kiekvieną darbo dieną čia galima sutikti Kauno technologijos ir Vytauto Didžiojo universitetų studentus, atliekančius laboratorinius darbus ar mokslinius tyrimus. 2013 m. VETC stažavosi jaunasis tyrėjas iš Serbijos Belgrado universiteto Vinča branduolinių mokslų instituto. Centre jau sukurtos 4 patentų paraiškomis apgintos technologijos vandenilio energetikai plėtoti, taip pat gauta MITA parama „purpurinei įmonei“ – UAB *Inovatas*, įkurti.

## VALSTYBĖS SUBSIDIJOMIS FINANSUOJAMI PROJEKTAI

Institutas 2012 m. pradėjo vykdyti *Ilgalaikes mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros programas*, patvirtintas 2012-02-23 LR Švietimo ir mokslo ministro įsakymu Nr. V-323:

- Atominių elektrinių eksploatavimo nutraukimo ir radioaktyviųjų atliekų bei panaudoto kuro tvaromy prosesų tyrimas ir radia-**



Mokslinių publikacijų skaičius, įvertinant autorių indėlį

### CINIO POVEIKIO ANALIZĖ.

Programos trukmė: 2012–2016 m., vadovas – prof. habil. dr. P. Poškas.

- Atsinaujinančių išteklių naudojimo efektyviai energijos gamybai ir poveikio aplinkai tyrimas.** Programos trukmė: 2012–2016 m., vadovas – prof. habil. dr. V. Katinas.
- Branduoliniuose ir termobranduoliniuose įrenginiuose vykstančių saugai svarbių procesų moksliniai tyrimai.** Programos trukmė: 2012–2016 m., vadovas – prof. habil. dr. E. Ušpuras.
- Degimo ir plazminių 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.

### ENERGETIKOS SEKTORIAUS PLĖTROS EKONOMINĖ IR DARNUMO ANALIZĖ.

Programos trukmė: 2012–2016 m., vadovas – prof. habil. dr. V. Miškinis.

- Vienfazių ir dvifazių srautų dinamikos, šilumos ir masės pernashos procesų tyrimas.** Programos trukmė: 2012–2016 m., vadovas – dr. R. Poškas.

2013 m. institute buvo vykdoma

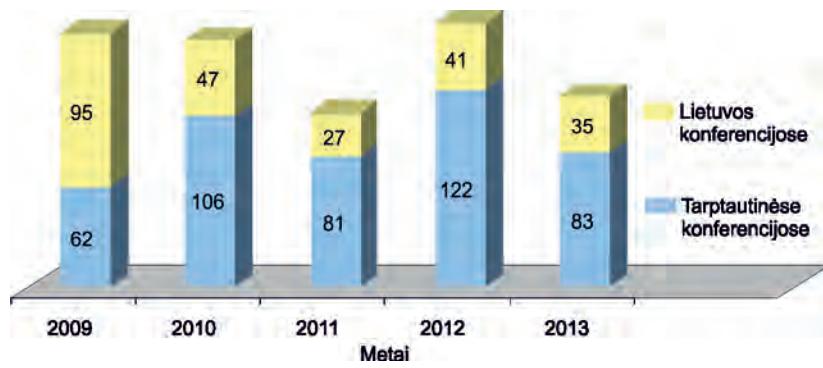
13 valstybės subsidijomis finansuojamų darbų. 3 darbai buvo užbaigtii ir apginti:

- Modifikuojančių priedų bei nano- užpildų įtaka konstrukcinių kompozicinių medžiagų struktūrai ir savybėms** (darbo vadovė dr. I. Lukošiūtė).
- Degimo ir dujofikavimo procesų eksperimentiniai ir teoriniai tyrimai platesniams atsinaujinančių kuro išteklių panaudojimui ir taršos mažinimui** (darbo vadovai dr. N. Striūgas, dr. A. Džiugys).
- Regionų energetikos darnios plėtros įgyvendinimo priemonių vertinimas technologiniu, ekonominiu ir socialiniu aspektu** (darbo vadovas dr. V. Kveselis).

## TARPTAUTINIAI PROJEKTAI

2013 m. vykdyti 32 tarptautinių programų projektai, iš jų 16 7BP:

- Europos termobranduolinės sintezės sutartis** (European Fusion Development Agreement, EURATOM-LEI asociacija). Lietuvos atstovas – E. Ušpuras.
- Atominių elektrinių sunkiųjų avarijų tyrimų kompetencijos tinklas** (Network of Excellence for



Pranešimų konferencijose skaičius, įvertinant autorijų indėlį

- a Sustainable Integration of European Research on Severe Accident Phenomenology, SARNET2). Instituto atstovas – A. Kaliatka.
3. **Medžiagų bandymas ir normos** (MATERIALS TESTING and RULES (MATTER)). Instituto atstovas – G. Dundulis.
  4. **Geologiniuose PBK/RA kapinynuose susidarančių dujų elgsena** (Fate of Repository Gases, FORGE). Instituto atstovas – P. Poškas.
  5. **Naujų valstybių narių prisijungimas glaudžiam bendradarbiavimui EURATOM moksliniuose tyrimuose** (New Member States Linking for an Advanced Cohesion in Euratom Research, NEWLANCER). Instituto atstovas – A. Šmaižys.
  6. **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 – A. Kaliatka.
  7. **Nepriklausomos techninės eksperimentinės tinklas radioaktyviųjų atliekų šalinimo srityje** (Sustainable network of Independent Technical Expertise for radioactive waste disposal, SITEX). Instituto atstovė – A. Narkūnienė.
  8. **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 – J. Česnienė.
  9. **Produktų ir procesų projektavimas energetiškai taupiems technologiniams įrenginiams, veikiantiems intelektinių prietaisų terpéje** (Product and Process Design for Aml Supported Energy Efficient Manufacturing Installations (DEMI). Instituto atstovas – R. Škėma.
  10. **Išvystyta įvairių lypės fizikos (multi-fizikos) skaitinio modeliavimo technologija** (Advanced Multiphysics Simulation Technologies (AMST). Instituto atstovas – A. Džiugys.
  11. **Europos sunkiųjų avarių valdymo programų paketas** (Code for European Severe Accident Management, CESAM). Instituto atstovas – V. Vileiniškis.
  12. **Radioanglies (C-14) šaltiniai** (CARBON-14 Source Term, CAST). Instituto atstovas – P. Poškas.
  13. **Pažangi saugos vertinimo metodika taikant išplėstinę tikimybinę saugos analizę** (Advanced Safety Assessment: Extended PAS, ASAMPSA\_E). Instituto atstovas – R. Alzbutas.
  14. **Platformos kūrimas stiprinant socialinius tyrimus susijusius su branduoline energetika centrėje ir rytų Europoje** (Building a platform for enhanced societal research related to nuclear energy in Central and Eastern Europe, PLATENSO). Instituto atstovas – P. Poškas.
  15. **Branduolinės energijos kogenracijos pramonėje iniciatyva – mokslinių tyrimų ir plėtros koordinavimas** (Nuclear Cogeneration Industrial Initiative – Research and Development Coordination, NC2I-R). Instituto atstovas – S. Rimkevičius.
  16. **Regionų pajėgumų, plėtojant naujus reaktorius, integruotas vertinimas** (Assessment of Regional Capabilities for new reactors Development through an Integrated Approach, ARCADIA). Instituto atstovas – E. Urbonavičius.

#### **Europos tyrimų erdvė**

LEI mokslininkai 2007–2013 m. sėkmingai vykdė šių tarptautinių programų projektus:

- 6 Bendroji programa – 12;
- 7 Bendroji programa – 23;
- Pažangi energetika Europai – 28;
- TATENA – 10;
- COST programa – 11;
- EUREKA programa – 3;
- Šiaurės šalių energetikos programa (NERP) – 2;
- Baltijos jūros regiono 2007–2013 m. programa – 3;
- Pietų Baltijos bendradarbiavimo per sieną 2007–2013 m. programa – 1;
- Latvijos-Lietuvos bendradarbiavimo per sieną programa – 1;
- Leonardo da Vinci programa – 1.

# DOKTORANTŪRA

Lietuvos energetikos institutas kartu su universitetais rengia mokslininkus doktorantūroje:

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

1992–2013 m. doktorantūrą baigė 88 doktorantų (iš 101 įstojusių), disertacijas apgynė – 58. 2013 m. į doktorantūrą priimti 6 doktorantai, iš viso studijavo 20 doktorantų.

2013 m. apgintos daktaro disertacijos:

- sausio 8 d. – *Biokuro efektyvaus panaudojimo darniai savivaldybių energetikos ūkio plėtrai tyrimas* (06T) **Eugenija Farida Dzenajavičienė** (Regionų energetikos plėtros lab.). Mokslinis vadovas – dr. V. Kveselis;
- sausio 21 d. – *Kuršių marių vandenų balanso elementų pokyčiai*

*ir jų prognozė dėl gamtinių bei antropogeninių veiksnių* (04T)

**Darius Jakimavičius** (Hidrologijos lab.). Mokslinė vadovė – dr. J. Kriauciūnienė;

– birželio 28 d. – *Plokščio pasvirusio paviršiaus šilumos atidavimo dvifazių putų srautui tyrimas* (06T)

**Martynas Gylys** (Branduolinių įrenginių saugos lab.). Mokslinis vadovas – prof. dr. T. Ždankus;

– spalio 25 d. – *Skaitinių metodų taikymai Markovo grandinėmis modeliuojant energetikos sistemų patikimumą* (09P) **Mindaugas Šnipas** (Sistemų valdymo ir automatizavimo lab.). Mokslinis vadovas – doc. dr. E. Valakevičius;

– lapkričio 22 d. – *Aerozolių ir radionuklidų pernašos branduolinių jégainių apsauginiuose kiautuose skaitinis tyrimas* (06T) **Aurimas Kontautas** (Branduolinių įrenginių saugos lab.). Mokslinis vadovas – dr. E. Urbonavičius;

– gruodžio 6 d. – *Energijos išteklių pasiūlos pokyčių poveikio šalies ekonomikai modeliavimas* (04S) **Vidas Lekavičius** (Energetikos kompleksinių tyrimų lab.). Mokslinis vadovas – dr. A. Galinis;

– gruodžio 19 d. – *Titano dangų vienalaikės oksidacijos ir hidrinimo vandens garų plazmoje*



Dr. E.F. Dzenajavičienė



Dr. D. Jakimavičius



Dr. M. Gylys



Dr. M. Šnipas



Dr. A. Kontautas



Dr. V. Lekavičius



Dr. S. Tučkutė



Dr. M. Povilaitis

**tyrimas (02P) Simona Tučkutė** (Vandenilio energetikos technologijų centras). Mokslinis vadovas – prof. dr. L. Pranovičius;

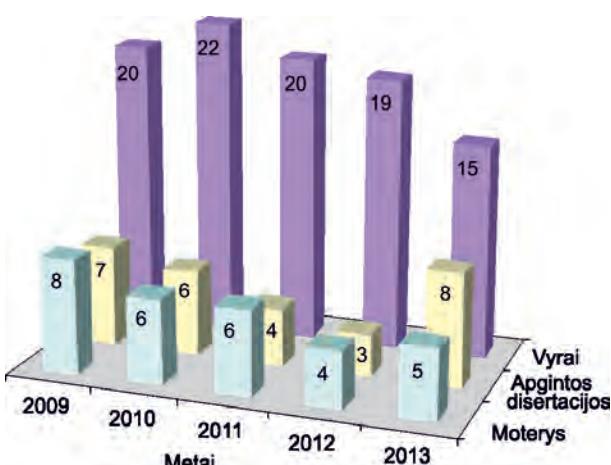
- gruodžio 20 d. – **Garo ir dujų maišymosi procesų apsauginiuose branduolinių jégainių kiautuose tyrimas (06T)** **Mantas Povilaitis** (Branduolinių įrenginių saugos lab.). Mokslinis vadovas – dr. S. Rimkevičius.



Doktorantų pasiskirstymas pagal mokslo kryptis



Doktorantams Andriui Tamošiūnui (viršuje) ir Tadui Kaliatkai Vyduuno jaunimo fondo išteigta prof. Romualdo Viskantos (JAV) vardinę premiją įteikė besisvečiuojantis institute profesorius R. Viskanta



Doktorantai ir apgintos disertacijos

Priėmimas į LEI doktorantūrą vyksta liepos mėn. pirmomis dienomis, likus laisvų vietų – rugpjūtį.

Doktorantūros studijų metu yra galimybė dalyvauti tarptautiniuose projektuose, stažuotis užsienio mokslo centrose, dalyvauti tarptautinėse konferencijose.

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

Kontaktinis asmuo: **Jolanta Kazakevičienė**  
Studijų administratorė  
Tel. (8 37) 401 809  
El. paštas [Jolanta.Kazakeviciene@lei.lt](mailto:Jolanta.Kazakeviciene@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 pagerinti kilnojamujų etalonų patikimą veikimą realiomis sąlygomis, kintant srauto fizikinėms savybėms, sudėčiai, slėgiui ir temperatūrai;
- kietojo biokuro, jo mišinių ir atgautojo kuro sudėties, šiluminguo 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 pažangų deginimo technologijų diegimo tyrimai.

2013 m. laboratorija vykdė svarbius Lietuvos pramonei, verslui ir moksliui darbus, aktyviai bendradarbiavo su užsakovais, atsižvelgdama į bendras mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros tendencijas Europos šalyse, plėtojo valstybinių skysčių ir dujų srautų etalonus bei matavimų paslaugas, taip pat plėtė mokslinius tyrimus ir kūrė eksperimentinę bazę perspektyviems įvairių rūšių biokuro tyrimams ir jo praktiniam panaudojimui.

## MOKSLINIAI TYRIMAI

Svarbiausių įvykių reikėtų vadinti esminį mokslinių tyrimų ir eksperimen-

tinės plėtros nukreipimą uždaviniam, suformuluotiems naujoje 2013–2015 m. tematikoje *Dujų srautų maišymosi ir jų sąveikos su struktūruotas paviršiai tyrimas siekiant efektyviai ir mažiausiai teršiant aplinką panaudoti biokurą šiluminiuose įrenginiuose* spręsti, kaip:

- ištirti oro, tiekiamo į degimo zonas mažos galios šiluminiuose įrenginiuose, maišymąsi, siekiant nustatyti optimalias sąlygas, kurios užtirkintų efektyvų kietojo kuro (ir biokuro) sudėtimą bei minimalias emisijas į aplinką;
- įvertinti ir apibendrinti kietojo

biokuro, jo mišinių ir atgautojo kuro sudėtį, šiluminguos ir fizikines savybes bei jų degimo produktų sudėtį;

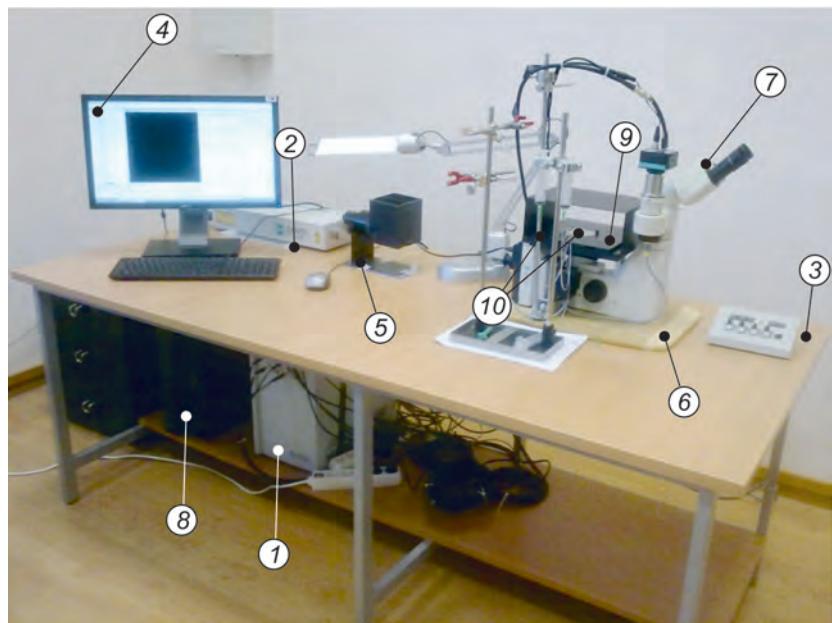
- pagerinti biokuro ir atgautojo kuro degumo savybes arba gauti naujas medžiagas taikant terminio apdorojimo technologijas;
- ištirti kietujų dalelių ir nedegiuju komponenčių atskyrimo procesus iš degimo dujų ir dujų, gautų dujinant biokurą, taikant perspektyvias technologijas;
- išplėtoti sukurto įrangos ir pradėtų taikyt metodus įvairių

medžiagų pralaidumui tirti ir srautų struktūrai vizualizuoti taikymą kitų sričių moksli- niams ir taikomiesiems už- daviniamams spresti.

Tai esminis moksliinių tyrimų nukreipimas į aktualių uždavinių spren- dimą, kurį lémē pagal slénio Santaka programą įsigyta šiuolaikiška srautų struktūros ir pernašos procesų tyrimo aparatūra ir sukonstruoti nauji eksperi- mentiniai įrenginiai.

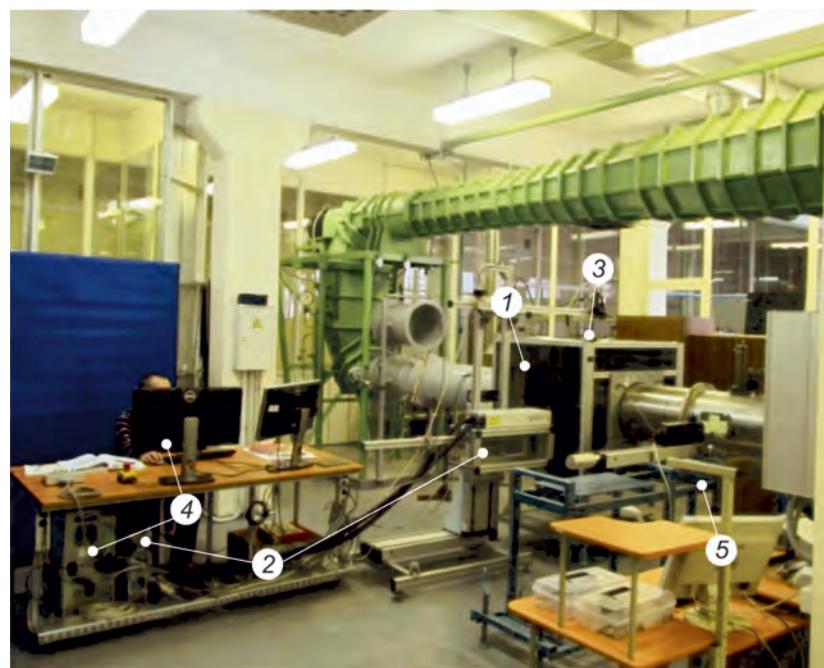
Vykstant šioje tematikoje numa- tuytus uždavinius 2013 m.:

- pradėta taikyti *makroPIV* sis- temą ir išbandyta nagrinėjant skersai aptekamą cilindrą, patalpintą aerodinaminio įrenginio eksperimentinio ruožo kamerose. Sukonstruotas ir išbandytas aerodinaminis įrenginys oro srautų maišymuisi degimo kamerų mo- deliuose tirti taikant *makroPIV* sistemą. Patvirtintas sistemos veiksmingumas;

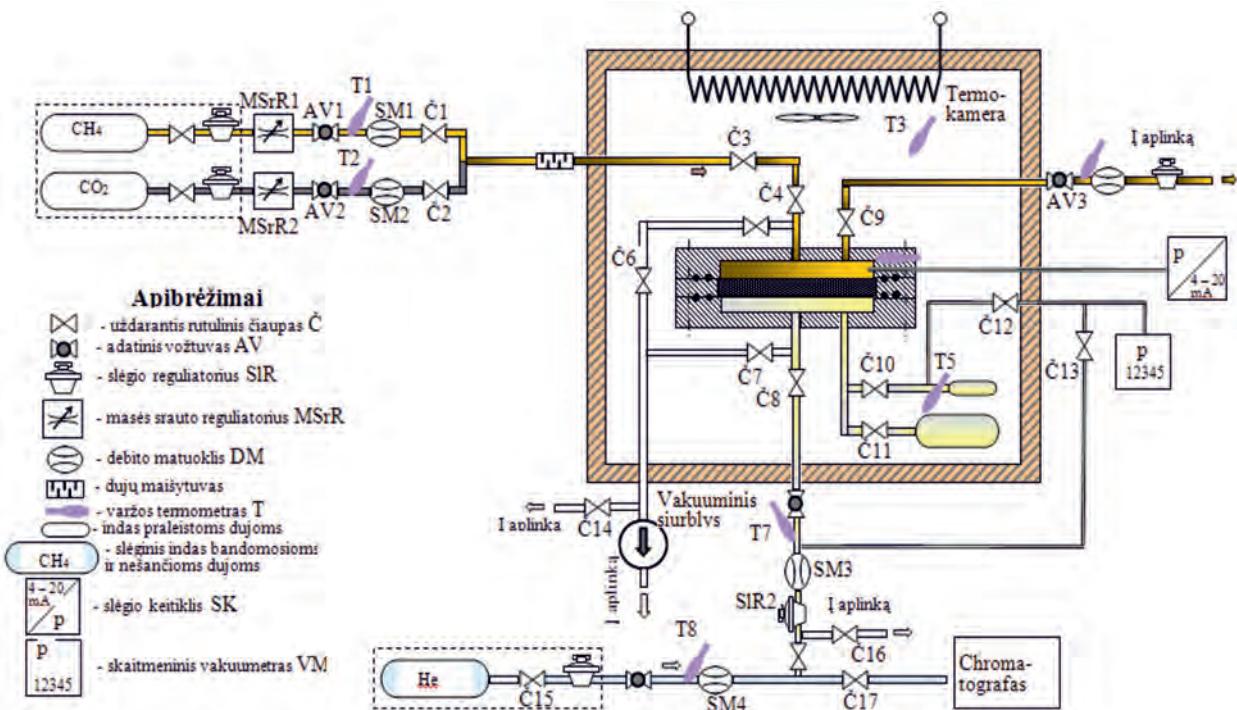


*MikroPIV* sistemos sudėtis: 1 – lazerio valdymo sistema LPU 450; 2 – lazeris (Nano S 65 – 15 PIV); 3 – rankinis lazerio sistemos (LPU 450) valdymas; 4 – programinis lazerio sistemos valdymas; 5 – dirbtinės šviesos šaltinis; 6 – mikroskopas; 7 – kamera (FlowSenseEO grupės); 8 – duomenų apdorojimo ir vaizdavimo sistemos kompiuteris; 9 – eksperimentinis kanalas; 10 – distiliuoto vandens ir dalelių mišinio talpos

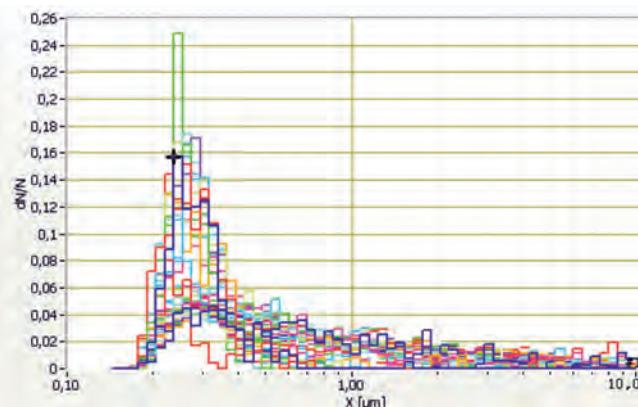
- sukonstruotas ir išbandy- tas hidrodinaminis įrenginys sroviių maišymuisi jvairios formos kamerose ir kanaluose tirti taikant *makroPIV* ir LDA sistemas;
- Fluent Ansys programiniu paketu parengtos skaitinio modeliavimo schemas antri- nio oro tiekimo į degimo kameras ir sroviių maišymosi procesams nagrinėti. Atliliki pradiniai skaičiavimai ir paly- ginimai;
- paruošta patalpa, kurioje įrengta *mikroPIV* sistema tekėjimams mikrosistemose tirti ir pradėtas taikyti bei išbandytas šios sistemos veikimas;
- sukonstruotas membranų pralaidumo tyrimo įrenginys, skirtas nustatyti nedegių komponenčių atskyrimo iš dujų, gautų dujinant biokurą, dësningumams ir praturtintų dujų tolesnio panaudojimo sėlygoms jvairaus tipo ener- getiniuose įrenginiuose;
- kietujų dalelių emisijų į aplinką tyrimams pradėtas taikyti spektrometras.



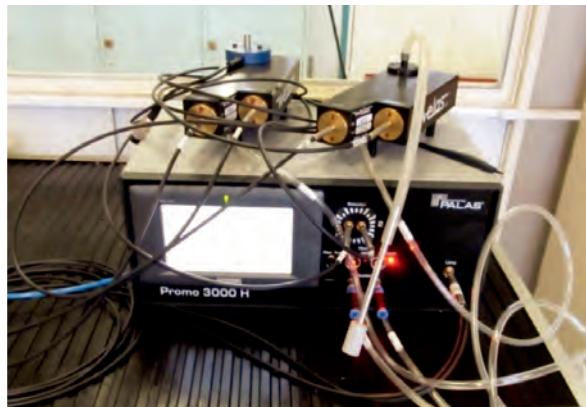
Aerodinaminio įrenginio su makroPIV sistema bendras vaizdas: 1 – darbo ruožo kamera su skersai aptekamu cilindru; 2 – lazerio šviesos pluošto sudarymo ir valdymo sistema; 3 – CCD kamera; 4 – duomenų surinkimo ir apdorojimo sistema; 5 – lazerinis greičio matuoklis kanale



Irenginio membranų pralaidumui tirti principinė schema



Kietujų dalelių dūmų dujose iš vandens šildymo katilo, kūrenamo biokuru, santykinio kieko pagal dydį pasiskirstymas



Kietujų dalelių spektrometas  
Promo 3000

## TAIKOMIEJI TYRIMAI

Buvo įvesti tyrimai pagal anksčiausiais metais pradėtus projektus:



- ES iš dalies finansuojamos Baltijos jūros regiono INTERREG IIIB kaimynystės programos *Baltijos jūros regiono Bioenergetikos*

**skatinimo projektas.** Projekto, baigiamo 2014 m., tikslas – stiprinti tvarią, konkurencingą ir teritoriniu požiūriu integruotą Baltijos jūros regiono plėtrą bioenergetikos tvaraus naudojimo srityje;



Lietuvos  
mokslo  
taryba

- Lietuvos mokslo tarybos projektas *Vietinio kuro terminio skaidymo procesų tyrimas kuriant efekty-*

**vias ir ekologiškas technologijas (BIOKONVERS),** trukmė 2012–2014 m., vykdomas 3 instituto laboratorijų;

- Europos socialinio fondo agentūros projektai: *Inovatyvios terminio skaidymo technologijos kūrimas ir pritaikymas vandenvalos nuotekų dumblu utilizavimui (INODUMTECH)*, projekto kodas nr. VP1-3.1-ŠMM-10-V-02-009; *Ivairių rūšių paruošto biokuro, gaminamo iš žemės ūkio atliekų*

*ir perdirbimo produktų, savybių bei šio kuro pritaikymo mažos ir vidutinės galios šildymo įrenginiuose tyrimai (AGROBIOATENA), projekto kodas Nr. VP1-3.1-ŠMM-10-V-02-011.*

## 2012–2016 M. ILGALAIKĖS PROGRAMOS

2013 m. kartu su kitomis instituto laboratorijomis tėsti darbai pagal ilgalaikes programas: *Vienfazių ir dvifazių srautų dinamikos, šilumos ir masės pernašos procesų tyrimas, spręsti 3 uždaviniai; Atsinaujinančių išteklių naudojimo efektyviai energijos gamybai ir poveikio aplinkai tyrimas, spręsti 2 uždaviniai.*

### **Darbai pagal Ūkio plėtros ir konkurencingumo didinimo programą**

Ši programa apima kasmet planuojamus ir vykdomus MTEP darbus pagal LRV įgaliojimus išlaikyti keturių skysčių ir dujų tūrio, debito ir greičio vienetų valstybės etalonų bazę ir užtikrinti tinkamą jos veikimą bei svarbių energetinių išteklių srautų apskaitą ir susietų dydžių matavimo tikslumą atsižvelgus į Lietuvos ūkio, verslo ir mokslo poreikius bei tarptautinius mainus.

2013 m. užsienio nacionalinių institutų ekspertų (Krister Stolt, SP, Švedija ir Pier Giorgio Spazzini, INRIM, Italija) grupė atliko laboratorijos veiklos skysčių ir dujų matavimo srityje įvertinimą pagal EURAMET TK Kokybė nuostatas ir EURAMET TK Srautai projektą Nr. 1276. Apskritai laboratorijos veikla šioje srityje įvertinta teigiamai, bet pateikti siūlymai gerinti etaloninės įrangos įrengimo ir veikimo sąlygas bei aprūpinimą šiuolaikiškomis matavimo priemonėmis bei duomenų surinkimo



*Eksperai Krister Stolt ir Pier Giorgio Spazzini (viduryje) su laboratorijos darbuotojais*

ir apdorojimo sistemomis.

Gerinant etaloninės bazės įranga 2013 m. pradėta skysčių (naftos ir naftos produktų) etaloninio įrenginio rekonstrukcija; iš esmės rekonstruotas kritinių tūtų įrenginys oro (dujų) tūrio ir debito vienetų vertėms atkurti; už investicines lėšas įsigytį laminariniai elementai, kurių vardinis debitas 0,2 ir 2 dm<sup>3</sup>/min, įgalins sudaryti sąranką matuoklių patikimai matuoti mažus oro (dujų) debitus nuo 0,3 iki 500 dm<sup>3</sup>/h.

### **Kiti svarbiausieji taikomieji darbai ir paslaugos**

2013 m. laboratorija atliko šiuos didesnės apimties darbus:

- parengė ir įteisino dvi atrankos metodikas (DPS-01, AB Kauno energija ir RIS, AB Axis Industries) nuotolinio duomenų perdavimo sistemų periodinėms atitikties patikromoms atlikti;
- pagal AB Klaipėdos nafta užsakymą užbaigta studija ir jos pataisos siekiant parinkti tinkamiausią suskystintų gamtiniių dujų tiekėją projektuojamam SkGD terminalui;
- atlikti laboratorijoje suprojek-

tuoto ir AB Astra pagaminto 3 m<sup>3</sup> talpos etaloninio saikilio tyrimai ir bandymai bei jo įrengimas UAB Biofuture gaminamo etilo alkoholio matavimo sistemoms periodiškai tikrinti ir kalibrnuoti;

- atlikti kelijų modifikacijų nuotekų kiekio matuoklio SNU-100 (AB Axis Industries) su elektromagnetiniu arba ultragarsiniu srauto jutikliu ir ultragarsiniu skysčio lygio jutikliu ar oriniu skysčio lygio jutikliu tipo tvirtinimo bandymai;
- išduoti 2 tipo tyrimo sertifikatai (B modulis) ir 107 atitikties sertifikatai (F modulis) srautų matavimo priemonėms, gaminamoms Lietuvoje;
- paruošta ir įteisinta Valstybinės metrologijos tarnybos bendroji patikros metodika BPM 111955219-146:2013 Rotometrai;
- laboratorijos, kaip sudedamosios Atviros prieigos Atsinaujinančios ir alternatyvios energetikos centras dalies, veikla 2013 m. plėtési link

uždavinių, susietų su biokuro panaudojimo procesų moksliškais ir taikomaisiais tyrimais. Gerokai išsiplėtė užsakovams teikiamų paslaugų apimtys.

Lėšos už atliktus taikomuosius tyrimus pagal projektus, taikomuosius darbus ir paslaugas užsakovams 2013 m. priartėjo prie 2,5 mln. Lt.

## VEIKLA TARPTAUTINĖSE ORGANIZACIJOSE

Laboratorija, vykdymada nacionalinių etalonų laboratorijos funkcijas, 2013 m. dalyvavo tarptautinių organizacijų EURAMET ir COOMET techninių komitetų *Srautai* metiniuose posėdžiuose ir rengė bei teikė informaciją apie kokybės vadybos sistemos funkcionavimo rodiklius EURAMET TK Kokybė.

Šio bendradarbiavimo metu itin svarbūs buvo tarptautinių srautų matavimų palyginimų derinimo ir pasiruošimo jiems vykdyti veiksmai. Palaikyti kontaktai su tarptautinius palyginimus vykdančiomis laboratorijomis: UME, Turkija pagal EURAMET projektą Nr. 1233 ir BEV, Austrija pagal EURAMET projektą Nr. 1225. Išnagrinėti ir suderinti sutikimai dalyvauti šiuose palyginimuose, inicijuojamuose Europos šalių nacionalinių laboratorijų MIKES (Suomija) – dujų debito nuo 0,1 mg/s iki 630 mg/s ir CMI (Čekija) – dujų debito nuo 20 m<sup>3</sup>/h iki 1000 m<sup>3</sup>/h bei COOMET nario Ivano-Frankivskstandart (Ukraina) projekte Nr. 585/UA/12.

Laboratorijos darbuotojai dr. A. Bertašienė ir dr. A. Stankevičius pa-

skirti atsakingais EURAMET TK *Srautai*, atitinkamai oro dujų greičio ir tūrio/debito matavimų darbo grupėse.

## MOKSLINIŲ REZULTATŲ PUBLIKAVIMAS IR PRIPĀŽINIMAS

Organizuoti seminarai:

- *Darnios plėtros aspektai rengiant savivaldybių atsinaujinančių išteklių energijos naudojimo plėtros veiksmų planus.* Bioenergy promotion, 2 projektas. 2013 m. sausio 31 d. LEI, Kaunas;
- *Biokuro naudojimas Kauno regione – esama padėtis, problemas ir perspektyvos.* Bioenergy promotion, 2 projektas. 2013 m. lapkričio 19 d. LEI, Kaunas.

Kartu su kitais projekto dalyviais parengtas leidinys: **Dzenajavičienė E. F., Pedišius N., Škėma R., Vrubliauskas S.** Biomasés ir kietojo biokuro sertifikavimo sistemų apžvalga. LEI, Kaunas. 2013. 109 p. Jame tēsiama tarptautinio projekto *Bioenergy promotion* rezulta-

tų, anksčiau paskelbtų leidinyje: **Dzenajavičienė E. F., Pedišius N., Škėma R.** Darni bioenergetika. LEI, Kaunas. 2011. 136 p., sklaida.

Parengti ir perskaityti 4 pranešimai tarptautinėse konferencijose ir paskelbti konferencijų darbuose, 2 straipsniai paskelbti žurnaluose *Energetika* ir *Mechanika*, į pastarajį žurnalą 1 straipsnis pateiktas ir priimtas, 2 straipsniai pateikti į žurnalą su ISI indeksu.

2013 m. laboratorijos v. m. d., dr. N. Pedišius Lietuvos inžinerinės pramonės asociacijos LINPRA apdovanojas Garbės Ženklu už asmeninius nuopelnus ir indėlį plėtojant Lietuvos inžinerinę pramonę bei didinant jos tarptautinį konkurencingumą.



**Habil. dr. Antanas PEDIŠIUS**  
Šiluminiių įrenginių tyrimo ir bandymų laboratorijos vadovas  
Tel. (8 37) 401863  
El. paštas: [Antanas.Pedisius@lei.lt](mailto:Antanas.Pedisius@lei.lt)

# DEGIMO PROCESŲ LABORATORIJA

## PAGRINDINĖS LABORATORIJOS MOKSLINIŲ TYRIMŲ KRYPTYS:

- degimo procesų efektyvumo didinimas;
- teršalų į atmosferą skleidimo mažinimas;
- degiklių, kuro išpurškimo įrenginių kūrimas ir tobulinimas;
- kietujų kaloringuų 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.

### DEGIKLIJO PIRMINIŲ IR ANTRINIŲ KURO IR ORO SROVIŲ SUDERINIMAS NO<sub>x</sub> IR CO KONCENTRACIJOMS DEGINIUOSE MAŽINTI

Degimo procesų laboratorija daugelį metų dirba degimo procesų efektyvumo didinimo, skystojo ir dujinio kuro degiklių kūrimo ir tobulinimo, atliekų terminio nukenksminimo, dujofikacijos ir piroližės srityse. Pasirodžius Europos Parlamento ir Tarybos 2010 m. lapkričio 24 d. direktyvai, kad nuo 2016 m. pradžios didesnės kaip 50 MW galios katilams NO<sub>x</sub> koncentracija išmetamuose dūmuose negalės viršyti 100 mg/nm<sup>3</sup>, energetikos įmonės susirūpino kaip pasiekti šį tikslą mažiau-

siomis išlaidomis. Vienos didžiausių Lietuvoje energetikos įmonių UAB *Vilniaus energija*, eksplotuojančios vandens šildymo katilą KVGM-100 su D-30 degikliais, buvo atlikti eksperimentiniai tyrimai, papildomam NO<sub>x</sub> mažinti recirkuliuojant dūmus. Kadangi šio katilo išmetamuose dūmuose NO<sub>x</sub> koncentracija maksimaliu apkrovimu neviršija 150 mg/nm<sup>3</sup>, o 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 atitikti naujoje ES direktyvoje nurodytus reikalavimus. Atlikus eksperimentinius bandymus ir gavus teigiamą rezultatą, pavyko išvengti papildomų investicijų NO<sub>x</sub> mažinti karbamidu.

Degimo procesų laboratorijoje *Fluent* programa modeliuojamas degimas kūrykloje, siekiant įvertinti galimą NO<sub>x</sub> sumažinimo efektą. Į degimui tiekiamą orą buvo papildomai įpučiama CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O ir N<sub>2</sub> pagal dūmų recirkuliacijos balansą

10–20 % dūmų. Palyginus iš kūryklos išeinančių dūmų sudėtį atvejais be recirkuliacijos ir su recirkuliacija gauta, kad 10 % recirkuliacija sumažina NO<sub>x</sub> 15 %, o 20 % recirkuliacija iki 20 % NO<sub>x</sub>. Šiuos rezultatus palyginus su literatūroje pateikiamais duomenimis, taip pat ir su rezultatais gautais AB *Lietuvos elektrinė*, nustatyta, kad realiai 20 % recirkuliacija gamtinių dujų deginimo atvejui NO<sub>x</sub> galima sumažinti net iki 30 %. Pažymétina, kad recirkuliacijos dūmai turi būti tiekiami tolygiai, srovėmis per visą oro kanalo skerspjūvį į degimui tiekiamą oro srautą bei sumaišomi dar prieš patenkant į degiklius.

Pagal Degimo procesų laboratorijoje paruoštą dūmų recirkuliacijos kanalų projektą, atlikti pakeitimai UAB *Vilniaus energija* eksplotuojamo vandens šildymo katilo KVGM-100 dūmų ir oro kanaluose.

Eksperimentiniai tyrimais nustatyta, kad tinkamai prie KVGM-100 katilo

kūryklos geometrijos priderinlus degiklius, turinčius smulkū gamtinių dujų srovę išskaidymą, bei įvedus dūmų recirkuliaciją, galima  $\text{NO}_x$  koncentraciją išmetamuose dūmuose sumažinti nuo 150 mg/nm<sup>3</sup> iki 95–100 mg/nm<sup>3</sup> ir taip

pasiesti Europos Parlamento ir Tarybos direktyvoje 2010/75/ES nurodytas normas. Darbe surastos žinios sudaro pagrindą tobulinti  $\text{NO}_x$  kieko mažinimą gana pigiomis degimo proceso tobulinimo priemonėmis, t. y. sumažinant

didžiausio karščio zonas temperatūrą pasinaudojant dūmų recirkuliacija. Tai galima pasiekti mažinant kūryklų apkrovas ar tobulinant kūryklos formą, degiklių išdėstymą ir skaičių.



Degiklis Nr. 3



Degiklis Nr. 2



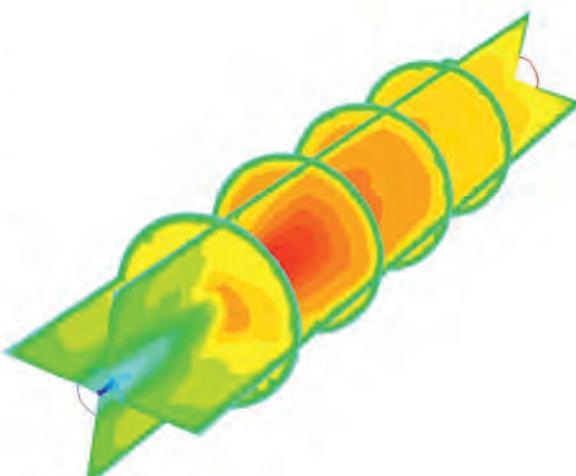
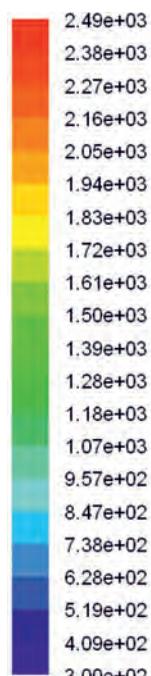
Degiklis Nr. 1

*Katilo KVGM-100 degiklių centrinio ir periferinio oro srautų ir gamtinių dujų išdėstymas*

## BIOMASĖS DUJINIMO TYRIMAI



2013 m. buvo tėsiamas ir sėkmingai užbaigtas projektas **EUREKA 5840 ReplaceNG Šilumos rekuperavimo ir**



*Mažų  $\text{NO}_x$  degiklio Fluent CFD modelis*

*deginimo įrenginių sukūrimas tikslu pakeisti gamtines dujas žemo kalorinumo dujomis*, kurį administruavo Mokslo, inovacijų ir technologijų agentūra. Trejų metų trukmės projektas pradėtas 2011 m. sausį. **ReplaceNG** projekte, kurio vertė 0,47 mln. €, daly-

vavo Ukrainos, Vengrijos ir Lietuvos partneriai.

Pagrindinis projekto tikslas – sukurti naujo tipo atliekinės šilumos rekuperavimo technologiją, skirtą sumažinti gamtinių dujų suvartojimą pramonės įmonėse naudojamose

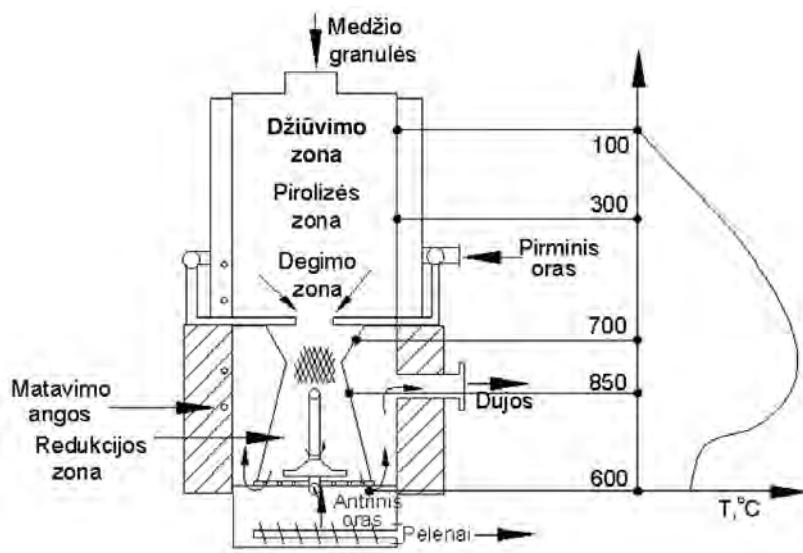
technologinėse krosnyse. Projekto rezultatai:

- pažangių atliekinės šilumos panaudojimo įrenginių, aukštostos temperatūros vamzdinio rekuperatoriaus bei dujų generatoriaus prototipai;
- aukštostos temperatūros rekuperatorius, skirtas iš gamybos išeinančiais aukštostos temperatūros dūmais pašildyti degimui reikalingą orą ir degišias dujas iki 800–1000 °C temperatūros;
- dujinimo įrenginys, skirtas iš atliekinės šilumos ir biomasės gaminti žemo kaloringumo degišias dujas, tinkamas deginti technologinėse krosnyse.

Originalumas:

- integr uota šilumos rekuperavimo ir biomasės dujinimo sistema, skirta gaminti žemo kaloringumo degišias dujas, tinkamas deginti technologinėse krosnyse;
- sukurtas aukštoje temperatūroje ir agresyvioje aplinkoje dirbantis vamzdinis rekuperatorius, pasižymintis dideliu šilumos per davimo bei mažu hidraulinio pasipriešinimo koeficientu.

Suprojektuota ir pagaminta medienos dujinimo sistema, susidedanti iš reaktoriaus, dalelių separatoriaus, dujų šilumokaičio (rekuperatoriaus), kuro tiekimo sistemos ir automatinio valdymo įrangos. Dujinimui reikiama šiluma gaunama reaktoriui tiekiant orą, palai kant degimą su stechiometriiniu koeficientu 0,25. Generuotų dujų sudėtis išsamiai ištirta dujų chromatografijos metodu bei nustatyta jų kaloringumas kito nuo 4,5 iki 5,5 kJ/nm<sup>3</sup>. Įrenginio šiluminis pajėgumas iki 200 kW. Gau-



*Laboratorinio žemyn judančio sluoksnio tipo medienos dujinimo reaktoriaus schema*

tos dujos deginamos vandens šildymo katilie VK-21.

Bendradarbiaujant su Ukrainos Duju institutu pagamintas ir išbandytas šilumokaitis (rekuperatorius) dujoms pašildyti iki 800 °C temperatūros. Šio šilumokaičio paskirtis – iš metalurgijos gamyklose gaunamas mažo kaloringumo dujas pašildyti iki degimo temperatūros, taip sunaudojant atliekinę energiją.

Kartu su Lietuvos partneriu UAB *SynGas Tech* sukurto dujinimo įrenginio pritaikomumas išbandytas dujinant vištadžių atliekų su medžio pjuvenomis

bei durpēmis mišinj. Tyrimo metu gautos mažesnio kaloringumo dujos ir rekomenduotina kraikui įmaišyti pjuvenų.

Projekto vykdymo eigoje gauta naujų žinių apie biomasės ir kaloringų atliekų dujinimą, reaktoriuje vykstančią cheminių virsmų kinetiką, matavimų praktiką ir suformuluotas technologijos patobulinimas didesniems našumams.

Vadovaujantis atlirkų eksperimentinių tyrimų rezultatais gautos tokios išvados:

1. Atlirkas darbas naujoje srityje, realizuojantis dujų generavimą iš biomasės.



*Automatizuotas eksperimentinės medienos dujinimo reaktorius*

2. Gautos naujos mokslių tyrimų žinios apie generuotų dujų sudėtį, kaloringumą ir fizines savybes. Ištirtos biomasės anglies intensyvaus oksidavimo greitis pagal cheminės kinetikos dėsningumus parodo mokslinj indėlį.
3. Surastos technologijos konstravimo ypatybės, valdymo savybės ir suformuluoti pasiūlymai sukurti didesnės galios įrenginių. Įvardytos tobulintinos technologinės ypatybės ir sprendiniai tolesniems darbams.
4. Bendradarbiaujant su partneriais pagamintas ir ištirtas aukštos temperatūros šilumokaitis, nustatytas jo efektyvumas.
5. Ištirtas sukurto įrenginio pritaikomumas verslo poreikiams, juo susidomėta atlikus eksperimentinės plėtros darbus su vištadžių mėšlo–kraiko atliekų dujinimu.
6. Darbas paskatino imtis tolesnių įrenginio tobulinimui, siekiant pritaikyti įrenginį energijos generavimui iš specifinių atliekų.

Reikšmė mokslo pažangai:

1. Įsisavintos žinios apie masės mainų vyksmą daugiau pėjė įvairių medžiagų aplinkoje: kieta ir dujinė masė bei faziniai virsmai;
2. Suvokti ir išspręsti uždaviniai apie anglies oksidacijos suintensyvinimą siekiant transformacijos į CO dujas;
3. Nustatyta anglies reakcijų kinetika ir rezultatai apibendrinti pagal Arrhenijaus lygtį.

Reikšmė technologijų pažangai:

1. Dujinimo reaktoriai reikalingi nuo šaliai nuo miestų esamoms miško medienos apdirbimo įmonėms elektros ir šilumos gamybai, bei specifinėms statybinių medžiagų gamybos įmonėms, kaip kalkiu degimas, džiovyklos ir pan.;
2. Organinių atliekų, pvz., paukštinų kraikas, perdirbimui į šilumos ir elektros generavimą, ir kenksmingų medžiagų surinkimą su pelenais;
3. Mažesniųjų miestų nuotekų dumblo surinktoms ir išdžiovintoms atliekoms sudeginti ir sukaupti pelenuose metalus ir kt. kenksmingas medžiagos.

## KATALITINIAI DERVŲ SKAIDYMO TYRIMAI

Šiandieniniame pasaulyje biomasės ar įvairių atliekų dujinimas laikomas vienu perspektyvesnių būdų šilumos ir elektros energijos gamyboje. Palyginus su tiesioginiu biokuro deginimu, dujinimo procesas yra ekonomiškesnis ir gamto saugiškesnis, susidaro mažesnės šiltnamio efektą sukeliančių  $\text{CO}_2$  bei kenksmingų ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ , LOJ) dujų emisijos. Gautos sintetines dujas toliau galima naudoti kaip kurą vidaus degimo

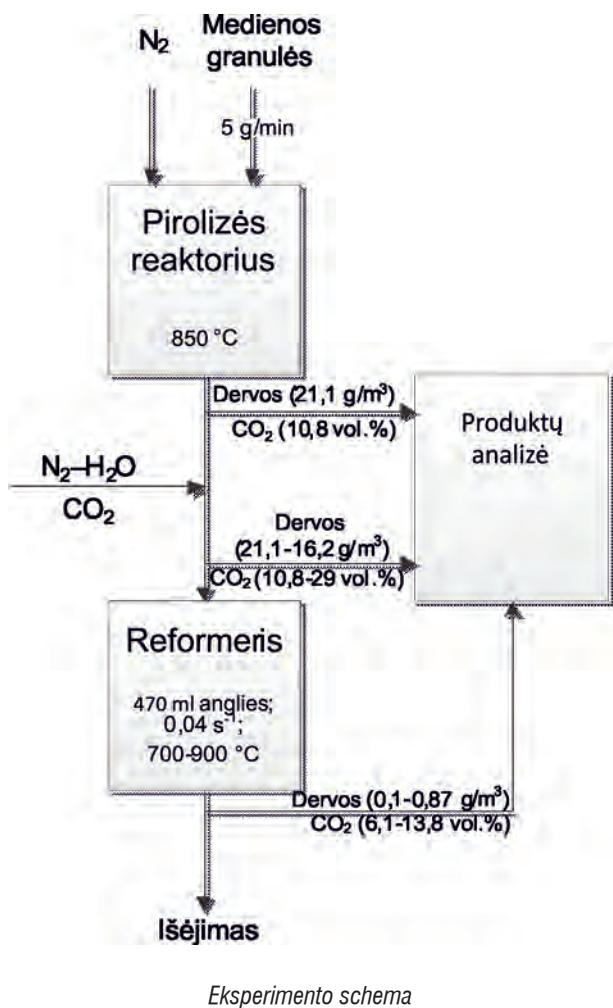
varikliuose, dujų turbinose, vandenilio gamybos pramonėje, sintetinio dyzelino gamyboje.

Didžiausia kliūtis, stabdanti dujinimo procesų plėtrą, yra dervų ir kietujų dalelių (daugiausia suodžiai ir lakių metalai) buvimas sintezės dujose. Šiuo metu sintezės dujos valomos fizikiniai būdais: kietosios dalelės sugaudomos elektrostatiškuose filtruose, o dervos kondensuojamos skruberiuose. Šie valymo būdai yra gana efektyvūs, tačiau ne tik neekonomiški – išgaudoma dalis kaloringų medžiagų, bet ir žalingi mus supančiai aplinkai – po valymo įrenginių lieka vanduo, užterštas dervomis, sieros, chloro ir kitais kenksmingais junginiais. Siekiant dujinimo procesų optimizavimo pasaulyje ieškoma naujų būdų dervoms šalinti iš dujų. Vienas tokų yra katalitinis terminis dervų skaidymas, kurio metu dervas sudarančios anglavandeniliai yra papildomai dujinami iki galutinių reakcijos produktų  $\text{CO}$  ir  $\text{H}_2$ .

Degimo procesų laboratorijoje atliktas katalitinis terminis dervų skaidymo tyrimas siekiant įvertinti du katalizatorius – dolomitą, kuris Lietuvoje randamas kaip natūralus gamtinis ištaklius, bei panaudotų padangų pirolizės anglinj likutį. Ištirtas šių katalizatorių efektyvumas aukštoje temperatūroje skaidant realius anglavandenilius, nustatytos optimalios proceso sąlygos, kurias galima naudoti kaip pagrindą plėtojant naujas funkcionalias medžiagas ir technologinius sprendimus. Taip pat išsamiau analizuotas sauso riformingo su naudotų padangų anglimi, kaip katalizatoriumi, procesas ir pateikti tyrimų rezultatai.

Pagrindiniai veiksniai, turintys įtakos dervų destrukcijai, yra temperatūra, išbuvoimo laikas ir atmosfera, kurioje dervos skaidomos. Dervos gali būti suskaidytos ant katalizatoriaus paviršiaus iki  $\text{CO}$  ir  $\text{H}_2$ , vadinto „sauso reformingo“ būdu; jo reakcijai vykti reikalingas katalizatorius, ir vienas tokų gali būti anglis. Siekiant dujofifikacijos procese paspartinti dervas sudarančių junginių virsmą, būtinės papildomas oksidatorius. Tęsiant pradėtus darbus dervų skaidymo, panaudojant aktyvuotą padangų pirolizės likutinę anglį, srityje, nagrinėta ir  $\text{CO}_2$ , kaip oksidatoriaus, įtaka dervų destrukcijai bei palygintas jo efektyvumas, reformuojant anglavandenilius su kitais procesais: termine destrukcija, vandens garų reformingu bei daline oksidacija. Anglių katalizatorius paruoštas iš susmulkintų padangų, jas dujofikuojant ir po to aktyvuojant anglų likutį. Neaktyvuoto, aktyvuoto ir naudoto katalizatoriaus paviršiaus analizė buvo atlikta *Quantachrome Autosorb iQ* prietaisu. Katalitinio dervų pašalinimo tyrimai atliki eksperimentiniame stende, susidedančiame iš trijų pagrindinių dalių: biomasės pirolizės reaktoriaus, katalitinio pastovaus sluoksnio reaktoriaus bei dervų kondensatorių.

Kaip žaliava eksperimentiniuose bandymuose naudojamos komerciškai prieinamos biomasės granulės, paga-



mintos iš spygliuočių medienos, daugiausiai 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 junginiai identifikuojami *Agilent 7890A* duju chromatografu su *Agilent 5975C* masių spektrometu ir NIST masių spektrų paieškos programa v2.0. Aštuoniolika dervas sudarančių junginių sukalibravoti ir analizuojami eksperimentinių tyrimų metu. Dervų koncentracija mēginiuose nustatyta naudojant *Varian GC-3800* duju chromatografą su liepsnos jonizacijos detektoriumi. Dujinių mēginių analizė atlikta *Agilent 7890A* duju chromatografu su dviem kanalų šilumos laidumo detektoriais (TCD) ir vožtuvų sistema.

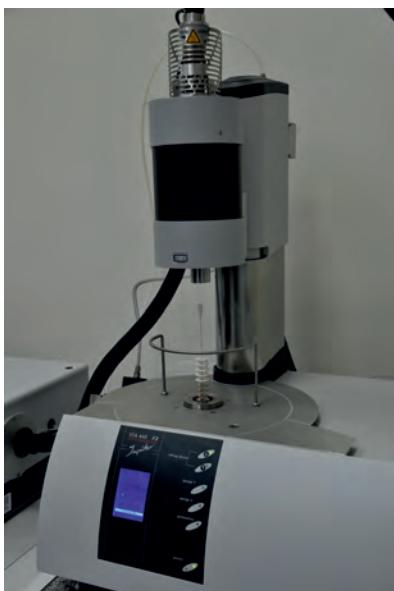
Nustatyta, kad  $\text{CO}_2$  konversija į  $\text{CO}$  intensyviausia esant  $900\text{ }^{\circ}\text{C}$  temperatūrai, kai  $\text{CO}_2$  koncentracija sumažėja nuo 21 iki 10,8 %. Jvedus papildomai anglies dioksido, likutinė dervų koncentracija dujose padidėja. Dujinių produkty sudėtyje padidėja  $\text{CO}$  duju išeiga, tačiau stabdomos  $\text{C}_n\text{H}_m - \text{H}_2\text{O}$  bei  $\text{C}-\text{H}_2\text{O}$  reakcijos, kurių pagrindinis produktas  $\text{H}_2$ . Eksperimentinių tyrimų metu  $\text{CO}_2$  konversija ne didesnė kaip 60 %, tai likutinė šių duju koncentracija sudaro didelę

balasto kiekį ir sumažina bendrą dujų kaloringumą. Atlikus katalizatoriaus efektyvumo tyrimus laiko atžvilgiu nustatytas katalizatoriaus tūrio mažėjimas, todėl susidaro laisvas dujų pratekėjimas ir padidėja tūrinis greitis katalizatoriaus sluoksnje. Padidėjus tūriniam greičiui, sumažėja dervų  $\text{CO}_2$  konversijos efektyvumas.

## ANGLIES LIKUČIO DUJINIMO INTENSYVINIMAS

Viena pigių ir neteršiančių aplinkos žaliavų 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 reikia sukurti mažo našumo dujų generatorius (1–4 MW). Atliekant medžio dujinimo eksperimentus, gaunamos kaloringos, iki  $6\text{ MJ/m}^3$ , dujos, kurias galima naudoti vietoje gamtinės dujų pramonės įmonių technologinėse krosnyse. Tačiau norint išplėsti tokį reaktorių naudojimą pramonėje, būtina užtikrinti visišką dujinimo medžiagos konversiją į dujas. Medienai turi ~80 % lakių medžiagų, likusią dalį sudaro anglis ir drėgmė. Medienos dujinimo reaktoriuje, išgaravus lakosioms medžiagoms, iš medžio lieka ~10 % pagal masę anglies nuo pradinės žaliavos kiekio. Toliau skylant angliai, ji smulkiėja. Dėl šios priežasties dujų prasiskverbimas pro sluoksnį tampa sudėtingesnis. Esant tokiomis sąlygomis, reaktoriaus darbas tampa nestabilus. Siekiant sumažinti sluoksnio hidraulinį 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 jos terminį skilimą. Anglies sluoksnis būtinės ir dujose esančioms dervoms skaidyti iki lengvesniųjų dujinių junginių. Norint 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  $\text{CO}$  dujos, kurios padidina generatorinių dujų kaloringumą. Darbo tikslas buvo nustatyti optimalią anglies likučio skaidymo temperatūrą, kuriai esant anglis sparčiausiai suskaidoma į kaloringas dujas, esant skirtingoms  $\text{CO}_2$  koncentracijoms.

Tuo tikslu, eksperimentiškai naudojant terminės analizės prietaisą (termogravimetrą) *Netzsch STA 449 F3*, nustatyta optimali temperatūra  $\text{CO}$  generuoti 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–



Terminės analizės prietaisai **Netzsch STA 449 F3 Jupiter**

0,3 mm frakcijos medienos pirolizės anglis. Mėginio svoris kito ~10–12 mg. Paruošta susmulkinta anglis dedama į tigliuką ir 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, esant skirtingoms temperatūroms. Darbo metu tirtas Boudouard reakcijos greičio priklausumumas nuo oksidatoriaus  $\text{CO}_2$  koncentracijos ir temperatūros. Nustatyta, kad esant  $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ir dujų srauto santykiui  $\text{CO}_2 : \text{N}_2 = 60 : 20$  ml/min anglis sudujinama į  $\text{CO}$  per 12 min. Esant mažesniams  $\text{CO}_2$  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 nustatyti medžio anglies dujinimo anglies dioksidu reakcijos greičio konstantos. Atsižvelgiant į  $\text{CO}_2$  dujų koncentraciją ir temperatūrą, atitinkamai keičiasi ir reakcijos greičio konstantos: jos mažėja, mažėjant temperatūrai bei daliniams  $\text{CO}_2$  slėgiui dujų mišinyje.



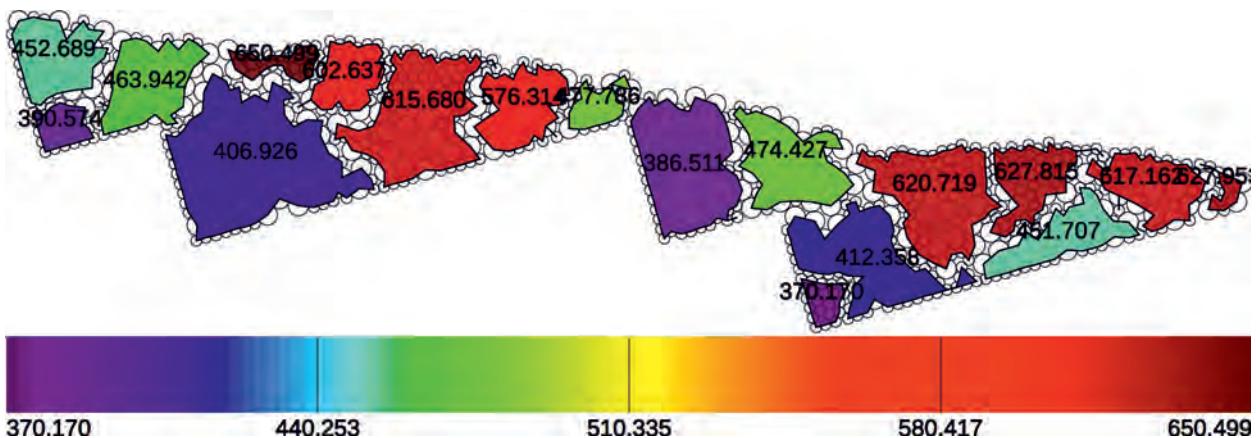
Mėginio laikiklis, skirtas analizuoti terminės analizės režimu prietaisu **Netzsch STA 449 F3 Jupiter**

## LOKALIZUOTŲ DALELIŲ GRUPIŲ IŠSKYRIMAS GRANULIUOTOJE TERPĖJE

Modeliuojant granuliuoto kuro degimą ir kitus procesus granuliuotose terpėse, tiksliausi rezultatai gaunami naudojant diskrečiųjų elementų (diskrečiųjų dalelių) modelius (DEM/DPM). Šių modelių pagrindas yra kiekvienos atskiro sudėtinės dalelės judėjimo, sąveikos su kitomis dalelėmis ir su kitaip sistemos elementais, dalelėje vykstančių procesų sekimas ir taip modeliuojant gaunami dalelės parametrai; šių parametrų 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 („makrobūsena“). Vienas pavyzdžių, svarbių analizuojant kietojo kuro degimą, yra karštų ir šaltų zonų susidarymas dalelių įkrovoje. Tokie apibendrinti parametrai eksperimentiškai taip pat lengviau nustatomi, nei 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 grupėms išskirti, naudojant turimus atskirų dalelių parametrus, išnagrinėti kai kurie anksciau publikuoti algoritmai, kurie skirti grafų viršunių grupėms išskirti („community detection“). Tai yra daugelyje sričių aptinkamas uždavinys, kuriam šiuo metu skiriama daug dėmesio statistinėje mechanikoje. „Makroskopinius“ sistemos parametrus lemia iš esmės ją sudarančių dalelių sąveikos, vaizduojamos kaip grafas, kurio viršūnės vaizduoja atitinkamas daleles, o dalelių sąveikos ir ryšiai vaizduojami kaip briaunos, jungiančios atitinkamas viršunes. Briaunų svoriai yra proporcingi sąveikų arba dalelių ryšių 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 toliau aprašoma metodika tinkama ir tuo atveju, kai reikia išskirti dalelių grupes pagal kitokius jų parametrus, pvz., drėgmės kiekį (išskiriant kažkiek 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 temperatūrų dalelių, nepriklausančių tai grupei. Nagrinėjamas uždavinys yra suskirstyti daleles į grupes taip, kad tarpusavyje besiliečiančios dalelės, turinčios panašias temperatūrų reikšmes, atsidurėt toje pačioje grupėje. Kadangi temperatūrų panašumo grafas sudaromas taip, kad besiliečiančios dalelės,



*Skirtingos temperatūros dalelių zonas, gautos modeliuojant DPM (discrete particle method) būdu dalelių degimą ant ardyno. Skaičiai reiškia temperatūras Kelvinais*

turinčios panašias temperatūras, sujungiamos didesnio svorio briaunomis, jas vaizduojančios grafo viršūnės tarpusavyje sujungtos didesnio svorio briaunomis. Todėl dalelių suskirstymo į grupes pagal temperatūras (kartu – lokalizuotų temperatūros zonų aptikimo) uždavinys tampa ekvivalentiškas grafo viršūnių grupių aptikimo uždavinui, ir galima taikyti jau žinomus grupių aptikimo grafuose algoritmus. Tuo tikslu pritaikyta *igraph* programinė biblioteka. Taip pat buvo išbandyti du skirtinių algoritmai, nesusiję su grafų viršūnių grupių aptikimu, bet specialiai skirti išskirti lokalizuotoms dalelių grupėms: 1) dalelių klasifikavimas į temperatūros intervalus; 2) sujungimas pagal dalelių parametru panašumą. Nors skirtingu algoritmu išskiriamos dalelių grupės pastebimai skiriasi, galima išskirti statistinius dėsningumus, nagrinėjant skirtingu dalelių konfigūracijų (ir jas vaizduojančių grafų) rinkinį. Kiti du paminėti algoritmai – klasifikavimas pagal parametru intervalus ir sujungimas pagal parametru panašumą – gali sukurti „geresnius“ suskirstymus, t. y. tokius, kuriuose yra didesnės ir vienalytesnės grupės, tačiau juose naudojami parametrai, kuriuos reikia tinkamai parinkti. Kita vertus, rezultatus, kuriuos duoda algoritmai, specialiai sukurti dalelių grupėms išskirti, galima

panaudoti kaip šabloną, palyginti su rezultatais, kuriuos duoda „standartiniai“ algoritmai, skirti išskirti grafų viršūnių grupes.



### LIEPSNOS OPTINIO CHARAKTERIZAVIMO TYRIMAI (PROJEKTAS GO-SMART – VP1-3.1-ŠMM-08-K-01-015)

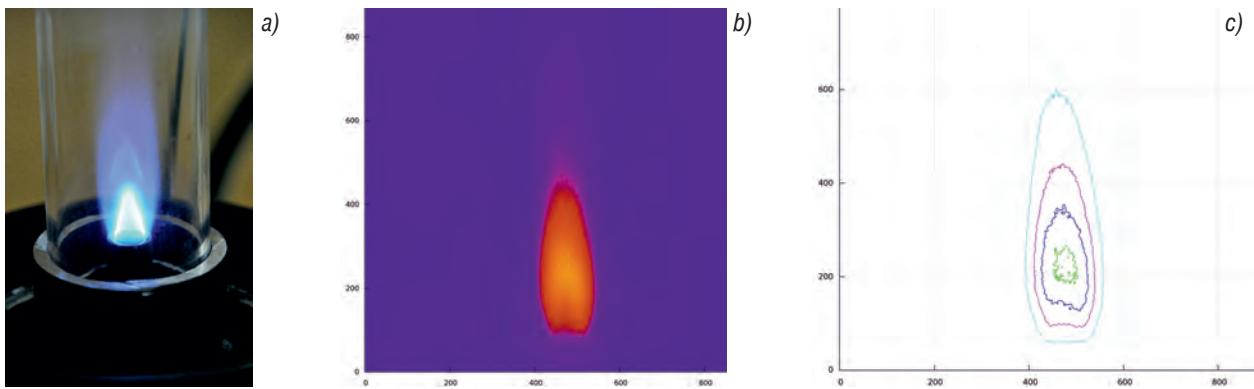
2013 m. buvo tesiama projektas ***Go-Smart Mikrojutikliai, mikrovyk-dikliai ir valdikliai mechatroninėms sistemoms*** (VP1-3.1-ŠMM-08-K-01-015), kurį administruavo Mokslo, inovacijų ir technologijų agentūra. Dviejų metų trukmės projektas pradėtas 2012 m. rugpjūtį. ***Go-Smart*** projekte, kurio vertė 1,83 mln. Lt, dalyvauja penki Lietuvos universitetai ir institutai.

Tikslas – ištirti chemiluminescencinių liepsnos savybių priklausumą nuo oro–kuro santykio, siekiant sukurti mažų azoto oksidų degiklių darbinių parametrų mikromechaninius valdiklius, veikiančius atsižvelgiant į duomenis, gautus iš optinių liepsnos charakte-

rizavimo jutiklių. Uždaviniai:

1. Taikant atominės spektroskopijos metodą ir didelio jautrumo CCD kamerą ištirti pagrindinių liepsnoje esančių radikalų chemiluminescencinio spinduliaivimo dėsninę, gumbus atsižvelgiant į degimo sąlygas ir degiklio parametrus;
2. Nustatyti liepsnoje sužadintų radikalų emisijos intensyvumo lygius, siekiant ivertinti galimas degimo proceso valdymo ribas, kuriose degimo procesas būtų optimalus su minimaliais susidarančių teršalų kiekiu;
3. Pagal gautus tyrimų duomenis pasiūlyti mažų azoto oksidų degiklių valdymo algoritmą pagal optinių liepsnos mikrojutiklių charakterizavimo duomenis.

Degimas yra sudėtingas procesas, kurio metu susidaro ir išnyksta daug tarpinių cheminių junginių. Jų tyrimus palanku atlikti, naudojant optines ir spektroskopines priemones, nes tokiu būdu nustatomas jų pasiskirstymas liepsnoje, nesutrikdant pačios liepsnos. Optiniams tyrimams naudojamas spektroskopas *Andor Shamrock 303* ir kamera *Andor iStar ICCD*. Jais tiriamas degimo metu susidarančių radikalų OH\*, CH\*, C2\* pasiskirstymas liepsnoje, kaip kurą naudojant skirtinges sudėties gamtinį dujų ir



Eksperimentinis degiklis liepsnos spektroskopiniam tyrimui (a) ir apdorotas liepsnos vaizdas, gautas CCD kamera (b, c)

biodujų mišinius, esant skirtingiems oro pertekliaus koeficientams ir kitoms sąlygoms. Tuo tikslu pagamintas laboratorinis degiklis Bunzeno degiklio pagrindu, kuriame papildomai sumontuotas valdomas oro tiekimas ir dujų sudėties reguliavimas.

Šiuo tyrimu duomenis numatoma ateityje panaudoti kuriant automatinius

degimo regulatorius, pagrįstus liepsnos optiniaiems jutikliais.

2013 m. laboratorijos darbuotojai paskelbė 1 monografijos skyrių, 1 straipsnį leidinyje, išrašytame Moksliinės informacijos instituto (ISI) leidinių sąraše, paskelbė 1 mokslo populiarinimo straipsnį, perskaitė 4 pranešimus

tarptautinėse ir 2 pranešimų Lietuvos konferencijose.

**Dr. Nerijus STRIŪGAS**  
Degimo procesų laboratorijos  
vadovas  
Tel. (8 37) 401 877  
El. paštas: [Nerijus.Striugas@lei.lt](mailto:Nerijus.Striugas@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 SENĒJIMO PROCESŲ IR SAVYBIŲ DEGRADACIJOS DĖL EKSPLOATACIJOS VEIKSNIŲ TYRIMAI

Laboratorijoje atliekami tyrimai, skirti plienų ir specialių lydinių, taikomų energetinių įrenginių konstrukciniuose elementuose, senėjimo procesų dėsningumams pažinti, šių procesų valdymo bei ilgaamžiškumo klausimams spręsti. Taikant mechaninius bandymus, rentgeno spinduliuotés difrakcinę (XRD), sudėties elementinę analizes, optinę ir skenuojančią elektroninę mikroskopiją, tiriami eksploatuotų plienų bei spalvotų 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 fizikinių 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 moksliniai tyrimai** (9 uždavinys) ir **Atominių elektrinių eksploataavimo nutraukimo ir radioaktyviųjų atliekų bei panaudoto kuro tvarkymo procesų tyrimas ir radiacinio poveikio analizė** (5 uždavinys).

**vos energetikos sistemų patikimumo ir rizikos tyrimas**, kurį vykdo Branduolinių įrenginių saugos laboratorijos mokslininkai. Siame projekte buvo atlikti magistralinių dujotiekų pažeidimų priežascių ir senėjimo procesų analizė bei ilgai eksploatuotų vamzdžių metalo savybių tyrimai.



2013 m. taip pat dalyvauta Nacionalinės mokslo programos (NMP) Ateities energetika Lietuvos mokslo tarybos finansuojamame projekte **Lietu-**

**Absorbcinių šilumos siurblų darbo parametrų analizė ir kontrolė** toliau buvo tęsiami tiriamieji darbai, pradėti vykdyti 2010 m. Pagrindiniai darbo uždaviniai – atlikti absorbcinių šilumos siurblų (AŠS) sistemoje vykstančių procesų analizę bei, atlikus reikiamus tyrimus, parengti techninius sprendimus.

mus, leidžiančius padidinti įrangos patikimumą, sumažinti korozijos procesų įtaką bei medžiagų sąnaudas geoterminėje elektrinėje, užtikrinant šilumos siurbliuose naudojamo ličio bromido tirpalio parametru stabilumą.

Darbo metu buvo vykdoma AŠS stebėsenos duomenų analizė, įvertinant eksploracinių darbo parametru įtaką, atliekama LiBr tirpalio parametru kontrolė ir numatytyjų reikšmių palaišymas. Atlieka šarmingumo bei korozijos inhibitoriaus sąnaudų analizę, nustatyti sąnaudų kitimo dėsningumai, įvertinant atskirų eksploracinių veiksnių įtaką. Atlieki tyrimai leido optimizuoti LiBr tirpalui papildyti reikiamų medžiagų kiekius, sumažinti jų sąnaudas bei korozijos procesų intensyvumą. Taip pat pritaikytas praktiniu ir ekonominiu atžvilgiu efektyvesnis šarmingumo bei inhibitoriaus sąnaudų korekcijos būdas stabiliam LiBr tirpalio šarmingumui bei chromatų koncentracijai palaikyti. Pasiūlyti skendinčių medžiagų nusodinimo iš ličio bromido tirpalio veikiančiuose absorbciniuose siurbliuose metodai, parenkant optimalius tam tinkamų įrengimų parametrus.



Laboratorija toliau tėsia 1998 m. pradėtus tyrimus, susijusius su vandenilio ir hidridų degradaciniu poveikiu cirkonio lydiniam. Nuo 2011 m. laboratorija dalyvauja naujame Tarptautinės atominės energijos agentūros (TATENA) koordinuojamame tyrimų projekte **Cirkonio lydinių vandenilio sukeliavimos degradacijos salygų įvertinimas branduolinio kuro eksploracijos ir ilgalaikio saugojimo metu**. Šio darbo tikslas – sukurti eksperimentines procedūras, siekiant įvertinti hidridinio

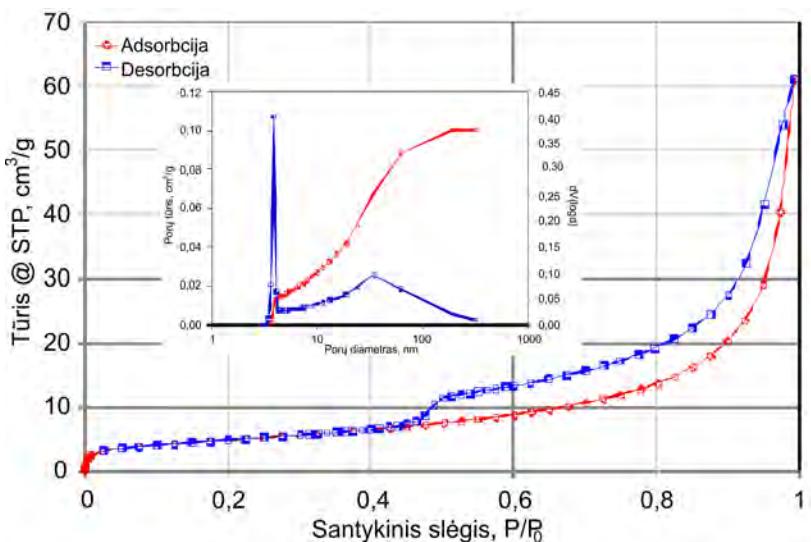
pleišėjimo salygas cirkonio lydiniu kuro apvalkaluose bei nustatyti įtempis koncentracijos koeficientų reikšmes ir temperatūros ribas, kuriose gali suurti kuro apvalkalai. Taikant kontroliuojamą vandenilinimą iš cirkonio lydiniu kuro apvalkalio pagaminti specialios konstrukcijos bandiniai, kuriuose keičiant įtempių lygį buvo tiriamas hidridinio pleišėjimo procesas numatytomis temperatūros salygomis. Darbas aktualus sprendžiant atominių elektrinių saugaus darbo užtikrinimo problemas bei įvertinant kuro apvalkalio atsparumą hidridiniam pleišimui panaudoto branduolinio kuro ilgalaikio saugojimo metu.



suvirinimo siūlių, gautų taikant naujas suvirinimo technologijas, leistinas nuovargio ribas ir jų koeficientų reikšmes. Atsižvelgiant į šiuolaikiškų bandymų procedūrų reikalavimus, eksperimentams atliliki sudaryta tyrimų metodika. Nuovargio bandymai 550 °C temperatūroje, esant kontroliuojamos numatytojos deformacijos salygomis, atliekami taikant dinaminių bandymų mašiną Instron (Modelis 8801, 100kN), aprūpiant specialia bandymų ir programine eksperimento valdymo įrangą. Gauti šio darbo nauji duomenys, apibūdinantys suvirinimo siūlių elgseną aukštose temperatūrose, svarbūs prognozuojant jų ilgaamžiškumą reaktoriaus komponentuose bei suvirinimo technologijų tinkamumui įvertinti, vykdant tolesnius suvirinimo medžiagų bei eksploracinių veiksnių sukeliamų procesų branduoliniuose komponentuose tyrimus.

## DAUGIAFUNKCIJŲ MEDŽIAGŲ IR KOMPOZITŲ KŪRIMAS IR TYRIMAI

2013 m. vykdytas biudžeto subsidejomi finansuojamas mokslinis darbas **Modifikuojančių priedų bei nanoūzpildų įtaka konstrukcinių kompozicinių medžiagų struktūrai ir savybėms**, kuriame ištirta nanometrinio dydžio užpildų bei kitų modifikuojančių priedų įtaka naujių kompozitų struktūrai bei savybėms, taip pat nanoūzpildų suderinumas su rišančiaja medžiaga. Kartu naudojant rentgeno struktūrinės analizės, Rietveld struktūros patikslinimo ir modeliavimo metodus, nustatyta sintetinio gryno girolito kristalinė struktūra bei sukurti modifikuotų sintetinio girolito ir girolito su įterptais Na<sup>+</sup> jonais kristalinės struktūros modeliai, aprašantys modifikatorių įtaką sluoksninio silikato montmorilonito tarpsluoksnio struktūrai. Taikant rentgeno struktūrinės, vienalaikės terminės, Furje trans-



*Montmorilonito savitojo paviršiaus ploto ir porų dydžio pasiskirstymo matavimas, kietujų kūnų savitojo paviršiaus ploto ir porų dydžio analizatorius*

formacijos infraraudonosios srities spektroskopijos ir skenuojančios elektroninės mikroskopijos tyrimo metodus, parengta ir patikslinta silikatų modifikavimo metodika.

Darbe tirta nanometrinio dydžio dalelių užpildų bei kitų modifikuojančių priedų įtaka naujų kompozitų struktūrai bei savybėms, taip pat nanoužpildų suderinamumas su rišančiaja medžiaga. Vienas šio darbo tyrimo objektų – konstrukcinė kompozicinė medžiaga, sudaryta iš neorganinio rišiklio, inertinių užpildų ir modifikuojančių priedų – mikroplaušo, pagaminto perdirbus ceolitines atliekas,  $\text{SiO}_2$  mikrodulkui ir sluoksninio silikato. Atliliki neorganinių rišiklių – trikomponenčio ugniai atsparaus ir išprasto portlandcemenčio – modifikuotų skirtingais modifikatoriais, struktūros ir savybių tyrimai, nustatytas optimalus jų kiekis rišiklyje. Taip pat atliliki kompozicinių medžiagų su modifikuotais neorganiniais rišikliais tyrimai: rentgeno spinduliuotės difrakcinė kokybinė fazinė analizė, išanalizuoti mikrostruktūros pokyčiai kompozicinėje medžiagoje, atsižvelgiant į modifikuojančių priedų kiekį, darbinę temperatūrą bei ciklinės terminės apkrovą. Tyrimais

nustatyta, kad modifikuojantys priedai lemia mikrostruktūros ir fazinės sudėties pokyčius ir mažina kompozitu susitraukimą bei didina jų atsparumą ilgalaikeiems šiluminėms apkrovoms aukštose temperatūrose.

jančią technologiją putų cemento plokštėms gaminti. Technologija leistų sumažinti išmetamo į aplinką anglies dioksido kiekį.

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

2013 m. laboratorijos darbuotojai dalyvavo dviejuose techniniuose projekto vykdymo susitikimuose – Alborge, Danijoje (Cembrit) bei Saragojoje, Ispanijoje (Aragono technologijos institute). Trečiasis projekto dalyvių susitikimas buvo organizuotas Kaune (Lietuvos energetikos institute). Bendradarbiaujant su projekto partneriu Laviosa Chimica Mineraria (Italija) paruošta nanobentonito modifikavimo metodika. Glaudžiai bendradarbiaujant su Jungtinės Karalystės Bath universiteto bei Danijos technologijos instituto mokslininkais atliekami tyrimai nustatant medžiagų paviršiaus ypatumus, termines ir kt. savybes.



ES 7BP projektas **Nanotechnologijomis sustiprinta aplinkai palanki ekstrūdinė sluoksniuota armuota plausu putų cemento statybinė medžiaga (FIBCEM (Nanotechnology Enhanced Extruded Fibre Reinforced Foam Cement Based Environmentally Friendly Sandwich Material for Building Applications))**. Tęsiamas 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 – surinkti perspektyvią, mažai energijos reikalau-



FIBCEM seminaro akimirkos. Pranešimą skaito dr. I. Lukošiūtė

## MEDŽIAGŲ BANDYMAI, KOKYBĖS RODIKLIŲ IVERTINIMAS IR ANALIZĖ

Laboratorijos darbuotojai vykdo darbus teikdami akredituotas laboratorijos paslaugas, atliekant medžiagų bandymus ir jų kokybės rodiklių jvertinimą (laboratorija akredituota LST EN ISO/IEC 17025 standarto atitinkčiai). Sėkmingai bendradarbiaujama su ūkio subjektais, vykdant tiriamuosius dar-

bus bei teikiant konsultacijas gamybos produkty kokybės užtikrinimo srityje.

Laboratorija akredituota atliliki:

- \* plastikinių vamzdžių,
- \* izoliuotų vamzdžių,
- \* statybinių skiedinių,
- \* ugniai atsparių medžiagų bei gaminių bandymus.

Gruodį laboratorija tapo Lietuvos pramonininkų konfederacijos organizuo-

jamo konkurso *Lietuvos metų gaminys 2013* laureatu. Įsisavinus vamzdžių komplekto šiluminio laidžio nustatymo apsauginio galo metodu metodiką pagal LST EN 253 ir LST EN ISO 8497 standartų reikalavimus naudojant savo sukurtą įrangą, laboratorija buvo apdovanota *Lietuvos metų gaminio 2013* sidabro medaliu.



Paslaugos užsakovams. Plastikinių vamzdžių tempimo bandymas

2013 m. laboratorijos darbuotojų atlikių tyrimų rezultatai buvo paskelbti 3 moksliniuose straipsniuose leidiniuose, įrašytuose Mokslinės informacijos instituto (ISI) leidinių sąraše. Dalyvauta ir perskaityti 5 pranešimai Lietuvos ir 3 tarptautinėse konferencijose.

**Dr. Albertas GRYBĖNAS**  
Medžiagų tyrimų ir bandymų laboratorijos vadovas  
Tel. (8 37) 401 908  
El. paštas [Albertas.Grybenas@lei.lt](mailto:Albertas.Grybenas@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 reiškiniių tyrimas;
- plazmos ir aukštos temperatūros srautų diagnostika bei diagnostikos priemonių kūrimas;
- plazmos srautų ir medžiagų sąveika įvairiuose plazminiuose-technologiniuose procesuose;
- plazminio 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 nano dispersinių granulių bei mineralinio plaušo iš sunkiai besilydančių medžiagų sintezė ir savybių tyrimas;
- vandens garo plazmos generavimas ir jos panaudojimas kuro konversijai bei pavojingoms atliekoms neutralizuoti.

Plazminų technologijų laboratorijos mokslininkai jau daugiau nei 40 metų dirba įvairiose žemos temperatūros plazminų technologijų kūrimo, mokslinio tyrimo ir pritaikymo srityse ir gali sėkmingai modeliuoti naujas plazminės technologijas, panaudodami laboratorijoje pagamintus plazmos įrenginius. Plazmos srautui gauti naujojamos 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 aparatūra leidžia atlikti plazmos šaltinių tyrimus, plazmos srovės ir srautų diagnostiką, duju

dinaminių charakteristikų ir šilumos-masės mainų analizę.

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. Neseniai 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 slégiamams. 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 veiksnių įtaka plazmos srautų ir srovės charakteristikoms, lanko spinduliaivimo ypatumai tekant skirtingoms dujomis. Ištirti linijinių elektros lanko duju kaitintuvų ir reaktorių darbo režimai,

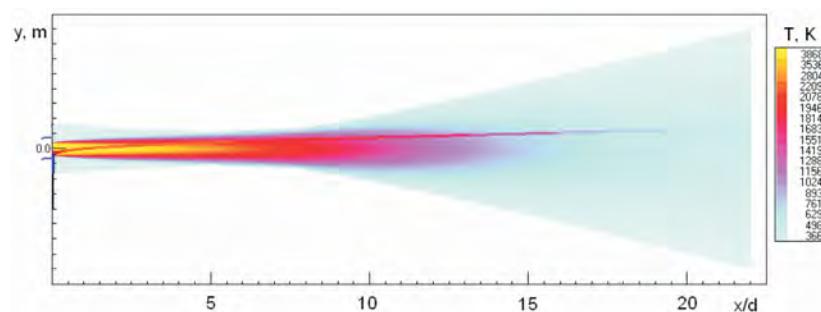
jų eksploatacinės charakteristikos, nustatytos darbo trukmės padidinimo sąlygos, ištirti lanko turbulizavimo ir nauji energijos išnaudojimo plazminiuose įrenginiuose metodai.



Oro plazmos srovė, ištekanti iš pastovios srovės linijinio plazmos generatoriaus

## PLAZMOS IR AUKŠTOS TEMPERATŪROS SRAUTŲ DIAGNOSTIKA

Laboratorijoje nagrinėjamas 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 į srautą įpučiamos kietosios dalelės, skaičiavimai tampa sudėtingi. Taip yra dėl išskirtinių plazmos savybių, todėl dvifazio plazmos srauto skaitmeniniai tyrimai atliekami taikant *Jets&Poudres* programinį paketą, prietaiktą modeliuoti plazmos srautams. Tačiau gerokai nesupaprastinus uždaviniių sąlygų, multifazinių plazmos srautų skaitmeniniai metodai tyrinėti neįmanoma, todėl laboratorijoje pasitel-



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

kiamas eksperimentinis metodas, kuriam teikiama pirmenybė.

Pastaruoju metu plazmos diagnostikai laboratorijoje plačiai taikomi bekontakčiai metodai. Vienas jų – optinės spektroskopijos metodas, kurio pagrindinis įrenginys – šviesolaidis spektrometras AOS-4. Tai labai greita optinė matavimo sistema, kuria galima tyrinėti dujų emisinių spektrų pikus 250–800 nm bangų ruože. Sistema naudojama plazmos elementų sudėčiai, emisiniams spektrams tyrinėti.

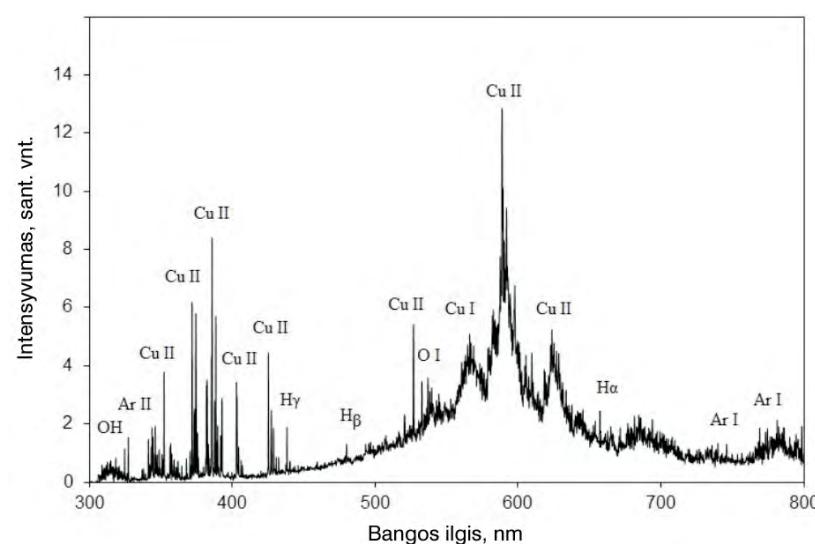
Multifazių plazmos srovių vizualizacijai bei kai kurioms dinaminėms charakteristikoms nustatyti naudojama X serijos greitaeigė optinė kamera su CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) jautriuoju elementu,

kuri leidžia greitaeigį filmavimą 100 ns intervale bei judančių objektų fiksavimą labai dideliu greičiu. Laboratorijoje naudojama MotionPro X4 greitaeigė kamera.

## KONSTRUKCINIŲ MEDŽIAGŲ PAVIRŠINIŲ SLUOKSNIŲ FORMAVIMAS PLAZMINĖMIS TECHNOLOGIJOMIS

### Dangų sintezė plazmos srovėje

Panaudojant laboratorijoje sukurtą plazminę – miltelinę dangų formavimo technologiją, buvo formuojamos katalizinės, tribologinės, apsauginės, taip pat sudaromos kietosios keraminės dangos, naudojamos konstrukcinių medžiagų paviršinių sluoksnių eksplao-



Elementinė argono ir vandens garo plazmos srovės, ištekaničios iš 35 kW galios plazmos generatoriaus sudėtis, nustatyta optinės spektroskopijos metodu.

$$\text{Vandens garo srautas } G = 2 \text{ g s}^{-1}$$



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

tacinėms savybėms mechanikoje, chemijoje, energetikoje, medicinoje pagerinti. Jos padidina atsparumą korozijai  $10^2\text{--}10^3$  kartų, gerokai sumažina trinties koeficientą ir padidina atsparumą mechaniniam dévējimuisi. Taikant plazminę technologiją, mažėja brangių konstrukcinių medžiagų paklausa, nes įvairaus storio dangomis padengtos piggios konstrukcinės medžiagos pakeičia didelius kiekius sunaudojamų brangių medžiagų.

Žemiau pavaizduotame įrenginyje sukūrus nepusiausvirą atmosferos slėgio plazmos srautą su nebalansuotomis atskirų komponentų temperatūromis, įvairios medžiagos aktyvinamos, sintetinamos ir apdorojamą paviršių pasiekia turėdamos skirtingas energijas. Tai

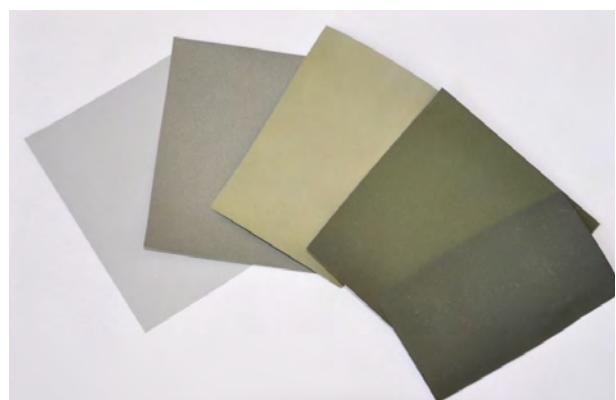
sudaro reikalingas sąlygas kai kurioms cheminėms reakcijoms blokuoti ir plazmos sraute, ir substrato paviršiuje. Taip sintetinamos g fazės  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dangos su labai dideliu aktyviuoju paviršiumi, ir tai labai aktualu sudarant katalizines dangas. Dangos savitasis paviršius buvo padidinamas ją pakaitinus tam tikroje temperatūroje.

### **Katalizinės dangos**

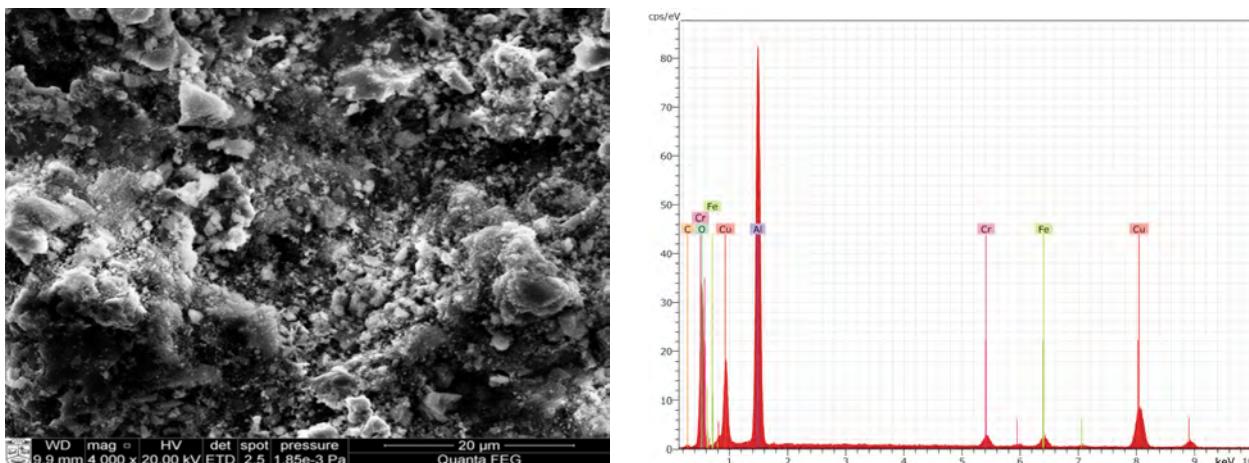
Pastaruoju metu pasaulio mokslo ir gamybos srityse itin domimasi atsnaujinančių energijos išteklių technologijomis, vandenilio energetika, kuro sintezės ir taupymo programomis ir aplinkos taršos mažinimo problemomis ir jų sprendimu. Nė vienoje šių sricių neapsieinama be specialios paskirties ir

savitos sudėties katalizatorių. Apie 70 % visų pasaulyje vykdomų cheminių reakcijų naudojami katalizatoriai. Šiuolaikiški kataliziniai 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 neutralizatoriu 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 dujų degimo ore produktams susimaišius su oksidatoriumi, gaunamos išmetamosios dujos, turinčios vidaus degimo varikliams būdingas CO koncentracijas, ir pasiekiamą katalizinei teršalo oksidacijai vykti reikiama temperatūra. Darbui atligli sukurta dujų dinaminių ir šiluminių charakteristikų tyrimo pasienio sluoksnio zonoje metodika, suk komplektuota įranga ir aparatūra srauto struktūrai tirti. Nustatyti reaguojančių dujų greičių, temperatūros, medžiagų koncentracijos, pasiskirs-



*Įvairių metalų oksidų dangų formavimas atmosferinio slėgio oro plazmoje ir paruoštų produktų pavyzdžiai*



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

tymas 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, kurių sudėtyje yra tauriųjų metalų. Šios srities darbai tėsiami vykdant 2007–2013 m. Baltijos jūros regiono programos projekta. Šiuo metu kuriamas naujas efektyvus katalizatorius TiO pagrindu, skirtas sieros junginiams oksiduoti.

### **Anglies darinių dangos**

Konstrukcinių medžiagų paviršinių sluoksninių modifikavimas technologijomis, formuojant įvairovės paskirties dangas, plačiai taikomas paviršiaus inžinerijoje. Viena iš plazminų technologijų pritaikymo galimybių – tai plazminų polimerų sintezė. Plazminiai polimerai – plazminiu būdu nusodintos plonos plėvelės turi daugybę pritaikymo sričių: mikroelektronika, medicina, bioteknologijos, puslaidininkų gamyba ir kt. Plazminiai polimerai dažniausiai sintetinami vakuumo. Jų struktūros dar nėra pakankamai gerai ištirtos. Pvz., hidro, halo anglies polimerų ir hidrintos anglies plėvelių ar šių plėvelių grupių maža kaina ir geros mechaninės savy-

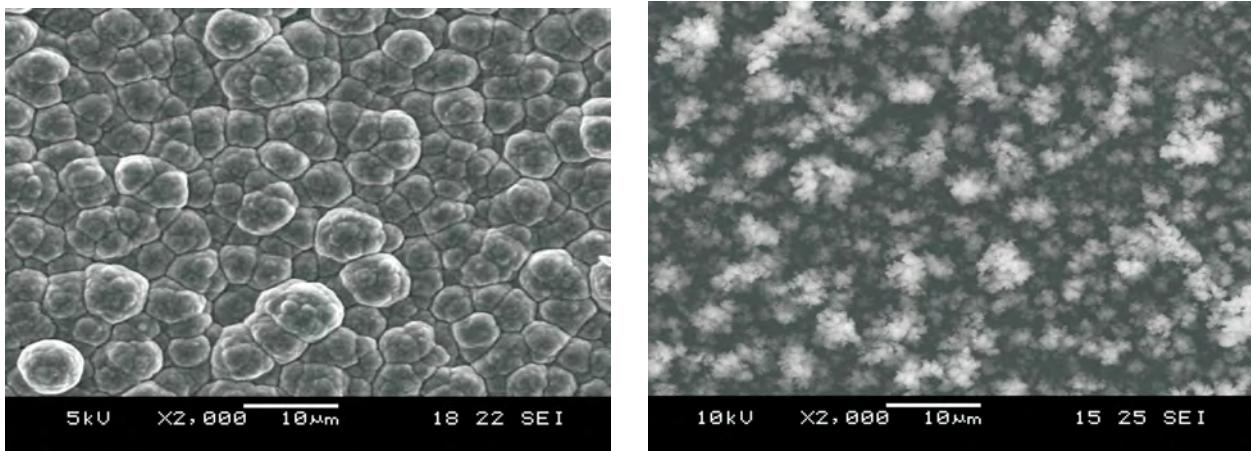
bės, kaip atsparumas korozijai, stiprumas, nedidelė savitoji masė, mažas drėkinimo kampus, leidžia konkuruoti su geriausiomis šiuolaikiškomis medžiagomis ir lydiniais. Vertinant padėtį, susidariusią plazminų polimerų sintezės ir tyrimų srityje, pažymétina, kad šiuo metu reikia geriau suprasti plazmos polimerizacijos procesą, ypač padengimo parametru įtaką gautų plazmos polimerų savybėms, jų laiko ir temperatūros stabilumą. Viena iš plazminų polimerų grupių yra naujos medžiagos, sudarytos iš plazminų 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 plazminų polimerų sintezėje vis plačiau naudojami anglies dariniai.



Veikiantis anglies dangų sintezės įrenginys, generuojantis argono/acetileno plazmą

Nors plazminis dangų formavimo procesas atmosferos slėgyje jau seniai ir plačiai praktiškai naudojamas, tačiau vis dar nėra ištirtas fizikiniu požiūriu. Teigiama, kad yra apie 50 veiksniių, turinčių įtakos gautos dangos cheminėms, fizikinėms, mechaninėms savybėms bei dangos elementų sudėčiai ir struktūrai. Pagrindiniai iš jų – pradinių medžiagų sudėtis, medžiagos įvedimo vieta plazmos sraute, plazmotrono konstrukcija, darbo charakteristikos, atstumas nuo plazmotrono iki substrato, temperatūra, slėgis, darbo dujų rūšis. Šiuo metu daugiausia dėmesio skiriama sudaryti įvairovės sudėties ir savybių kietasias anglies darinių dangas įvairių medžiagų (plieno, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, kvarcinio stiklo ir kt.) paviršiuose ir turimais metodais ištirti jų savybes.

Darbams atlikti sukurtos dvi plazminės kietųjų 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 plienino, kvarcinio stiklo ir silicio paviršių. Taikant SEM, XRD, IR ir Ramano spektroskopijos metodus,



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

nustatyta dangų paviršių struktūra, jų dalelių dydis ir forma, sudėtis ir jos priklausomumas nuo plazmą sudarančių ir transportuojančių dujų sudėties, įvedimo į plazmotroną vietas ir būdo. Pastebėta, kad visų dangų IR laidžio ir atspindžio spektruse egzistuoja  $\text{CH}_x$ ,  $\text{OH}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  ir  $\text{C}=\text{C}$  grupėms būdingi ryšiai.

Vadovaujantis atliktais tyrimais, sudarant dangas atmosferinio slėgio argono/acetileno plazmos aplinkoje, realizuotas superkondensatorių elektrodų dangų sintezės procesas ir gautos anglies darinių dangos, kurių elektrinės charakteristikos leidžia padidinti pastaruoju metu praktikoje naudojamų superkondensatorių talpą.

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

Siekiant gauti aukštostemperatūros labai mažo skersmens pluoštą, perdirbtį kengsmingas medžiagas, suformuoti įvairias dangas, sintetinti naujas medžiagas, tiriamą elektros lanko ir plazmos srauto sąveika su dispersinėmis medžiagomis, nustatomos gautų medžiagų bei dangų fizinės, cheminės ir mechaninės savybės. Plazminiu 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 dandoje yra labai įvairi. Dalelių ir plazmos srauto tarpusavio sąveiką apibūdina tekėjimo, deformacijos, aušinimo, šaldymo procesai. Plazmos srauto ir dalelių sąveikos rezultatu 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 nusakomas dvifazio srauto formavimosi ir tekėjimo sąlygomis srovės pradinėje dalyje. Ipurškiamos dalelės srovėje pasiskirsto nevienodai. Šie procesai apibūdina gauto galutinio produkto struktūrą ir savybes.

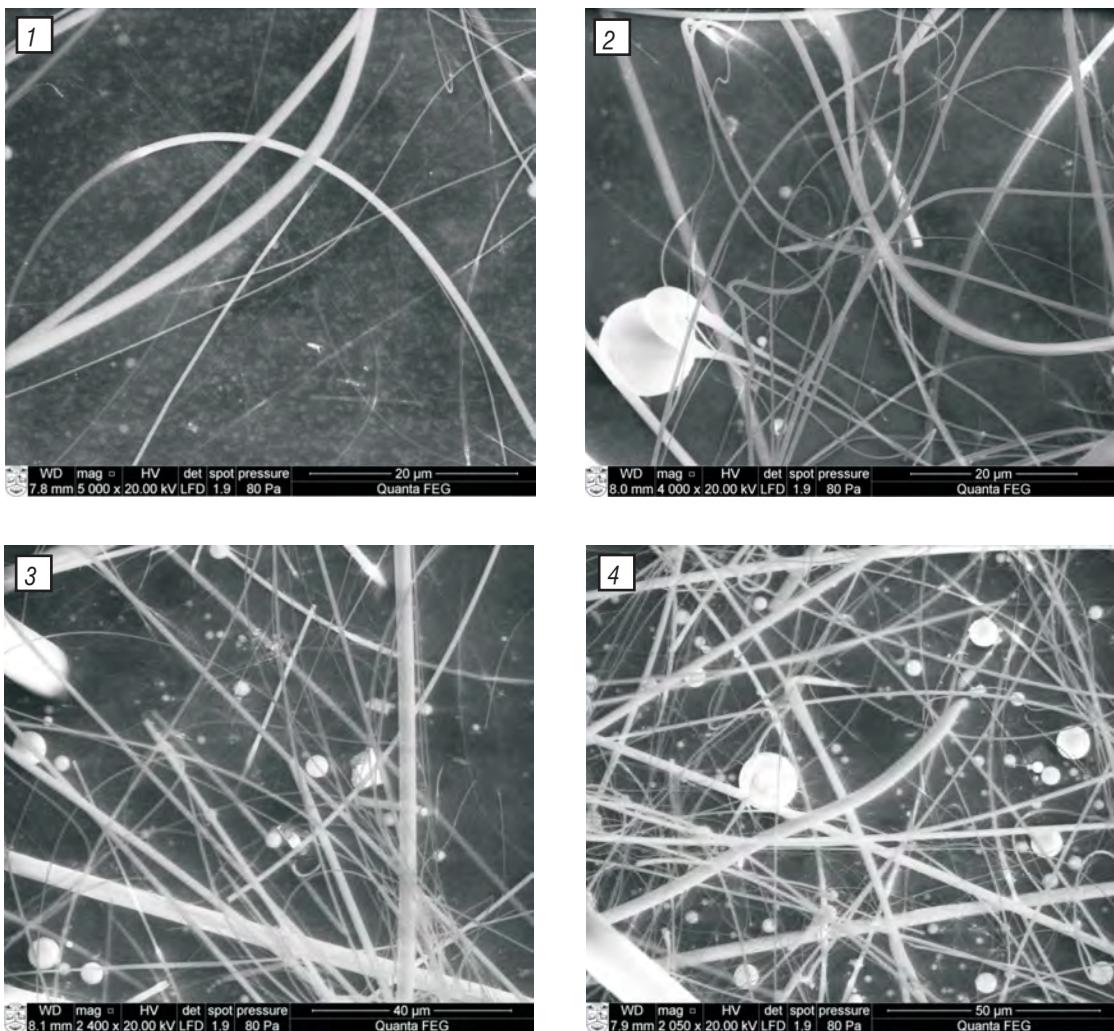
#### **KERAMINIŲ MEDŽIAGŲ LYDYMAS IR AUKŠTOS TEMPERATŪROS METALŲ OKSIDŲ PLAUSHO SINTEZĖ**

Mineraliniam plaušui (MP) gaminti naudojamai tradicinė technologijai ir įrenginiams būtinės nepertraukiama veikimo procesas, sudėtingos ir bran-

gios lydymo krosnys bei izoliacinės medžiagos. Tradiciniuose metoduose gaminamo plaušo kokybę ir sudėtį taip pat riboja žaliavos lydymosi temperatūra: šis metodas neleidžia gaminti aukštostemperatūros termoizoliaciniu plaušu, vis labiau naudojamo įvairose srityse.

Vienintelis alternatyvus būdas gauti aukštostemperatūros plaušą yra plazminė technologija. Ja suformuotas pluoštas pasižymi unikaliomis savybėmis, tokiomis kaip atsparumas aukštai temperatūrai, mažas šilumos laidumas, didelis cheminis stabilumas. Lydant ir plaušinant keramines medžiagas, formuojant MP naudojamas eksperimentinis plazminis įrenginys su 70–90 kW galios plazmos generatoriumi, sukurtas LEI Plazminų technologijų laboratorijoje. Juo formuojamas plaušas iš dispersinių dalelių, naudojant orą kaip plazmą sudarančias dujas bei pagalbinius oro ir propano dujų mišinius. Kaip žaliava aukštoms temperatūroms atspariam keraminiam plaušui gaminti naudojamos pigios ir plăciai gamtoje paplitusios keraminės medžiagos, pvz., kvarcinis smėlis, dolomit, molis, aluminio oksidas, pramonės keraminės attiekos ir kt.

Atlikus eksperimentinius ir skaitinius tyrimus nustatyta, kad plazminiu keraminių medžiagų plaušinimo procesui lemiamos įtakos turi plazmos



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

srauto dinaminės ir energetinės savybės. Kadangi keraminių medžiagų lydymosi temperatūros siekia net iki 2500 K, visiškai išlydyti ir išplaušinti keramines dispersines daleles, įtekančios į reaktorių plazmos srauto temperatūra turi būti 2500–3 000 K, o greitis – 700–1 000 m/s. Vidutinė masinė plazmos srauto temperatūra ir greitis per visą reaktoriaus kanalo ilgį tolygiai mažėja ir jo gale pakinta, atitinkamai, 14 ir 10 %, neatsižvelgiant į plazmos generatoriaus darbo režimus. Tai leidžia lengvai reguliuoti plazmos srauto parametrus reaktoriaus ištakėjime. Išsiaiškinus keraminio plaušo formavimo plazmocheminiame reaktoriuje mechanizmą buvo nustatyta, kad dalelių lydymas vyksta reaktoriaus kanale, o plaušo elementų formavimas, kuris

trunka 4–10 ms, – už reaktoriaus ribų. Į reaktorių įpūtus žaliavos dispersines daleles šilumos mainai vyksta nebe tik tarp plazmos srauto ir reaktoriaus sienelių, bet ir tarp dispersinių dalelių, kas turi įtakos plazmos srauto temperatūros sumažėjimui. Ištirta, kad plazmos srauto ir dispersinių dalelių šilumos mainai tuo intensyvesni, kuo didesnė dalelių koncentracija sraute ir mažesnį matmenys. Didėjant masinei šaltų dispersinių dalelių koncentracijai plazmos sraute nuo 6 iki 24 %, šilumos srautas į reaktoriaus sienelę sumažėja nuo 6 iki 31 %, dėl intensyvaus srauto šilumos atidavimo dalelėms.

Plazmos srauto greitis yra vienas pagrindinių keraminio plaušo kokybė lemiančių veiksnių, kadangi padidėjus iš reaktoriaus ištakančios plazmos srauto

greiciui 60 %, formuojamo plaušo išeiga didėja 5 %, o plaušą sudarančių skaidulų skersmuo ir granulių kiekis tame mažėja.

Gautas plaušas yra nepakeičiamas gaminant mufelines krosnis, MHD generatorius, aukštakrosnis, o dėl puikių garsą izoliuojančių savybių – ir garso izoliaciją. Keraminis plaušas taip pat gali būti tinkamas ir jvairioms filtrojančioms medžiagoms gaminti, bei kaip statybinė, betoną sutvirtinanti medžiaga, o tam tikros sudėties keraminis plaušas gali būti ir katalizatorius.

#### **Vandens garo plazminė technologija**

Pasaulyje vis populiarėja plazminų technologijų taikymas jvairiose pramonės srityse. Vandens garo masinė entalpija, esant aukstoms temperatūroms (nuo 4000 K) apie 6 kartus



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

didesnė nei oro entalpija. Taigi, vandens garui įkaitinti reikia 6 kartus didesnės galios, negu tam pačiam oro masiniams srautui įkaitinti. Esant aukštai temperatūrai, vandens garas skyla į deguonį, vandenilį ir jų junginius, kurie dalyvauja plazmocheminėse reakcijose. Skaidant jvairių rūšių atliekas plazminiu būdu, dėl savo unikalių savybių jis pasižymi kaip aplinkai ypač draugiškas procesas. Plazminė organinių atliekų pirolizė naudotina dviem atvejais, kuomet reikia sunaikinti labai pavojingas atliekas (pvz., chloro organinius pesticidus) arba plazmocheminis organinių atliekų perdibimas, siekiant gauti naudingas medžiagas. Naudojant vandens garu dirbantį plazmotroną, plazmos dėka galima gauti naudingas vandeniliu ir CO praturtintas dujas, taip vadinamas sintetines dujas.

Vandens garo plazmoje vyksta ypač greiti cheminiai procesai, kuomet susidaro reaktyvieji elementai H ir O. Dėl šios srauto savybės, j 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.

Atlikti pirmieji organinių medžiagų skaidymo bandymai. Konversijai vykdyti, buvo pasirinktos dujinės medžiagos – anglavandenilinės dujos, skysčios medžiagos – toluolas, glicerolis ir jvestos į plazmocheminį reaktorių.

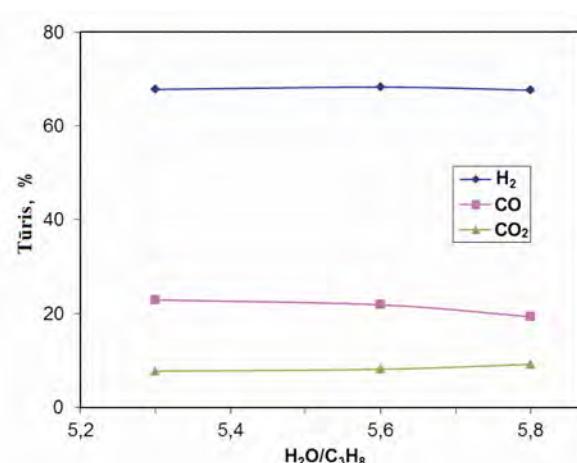
Atlikus pirmius konversijos tyrimus bei reakcijos produktų analizę

dujų chromatografu ir apibendrinus rezultatus, nustatyta, kad esant jvairiam vandens garo ir propano santiui, susidariusi vandenilio kiekis visuomet didesnis nei 50–60 %.

## LABORATORIJOJE VYKDOMI PROJEKTAI

Laboratorijos darbuotojai 2013 m. dalyvavo tarptautiniuose projektuose ir programose:

- COST CM0903 veikla *Biomasés utilizavimas į alternatyvųjį kurą ir cheminius preparatus (UBIO-CHEM)*, iki 2013 m. spalio 31 d. Šioje veikloje laboratorijos darbuotojai vykdo individualų projektą **Vandens garo plazmos panaudojimas biomasés konversijai ir atliekų perdibimui**, kurį vykdant bus sukurtą naują, iki šiol pasaulyje praktikoje dar nerealizuota plazminė technologija, jvairios sudėties organines medžiagas galinti paversti sintetinėmis dujomis, padintu vandenilio kiekiu. Vykdant



*Plazmocheminiame reaktoriuje gautų sintetinių dujų 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*



*Vandens garo plazmocheminis reaktorius, skirtas skysčioms atliekomis skaidyti*

darbą, numatoma vandens garo plazmine technologija apdoroti netik įvairias atliekas, bet ir medžiagą, pavojingas aplinkai bei žmonių sveikatai. Veikloje dalyvauja 18 Europos šalių mokslininkai.



Lietuvos  
mokslo  
taryba

- 2012–2014 m. LMT finansuojamas mokslininkų grupių technologinės plėtros projekte *Plazminėmis technologijomis formuojamas keraminio pluošto katalizatorius teršalų emisijai mažinti*. Pagrindinis projekto tikslas – panaudojant plazminę technologiją, sudaryti pageidaujamų savybių katalizinių keraminį pluoštą, iš kurio pagaminti reikiamų savybių metalų oksidų pluošto katalizatorių, skirtą aplinkos teršalams neutralizuoti, suprojektuoti ir pagaminti eksperimentinį katalizinių savybių tyrimo įrenginį bei realizuoti tyrimą realių išmetamų degimo produktų srautuose.

- 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 vandenvalos nuotekų dumblo utilizavimui (INODUMTECH)*. Projekto metu planuojama sukurti bandomąjį iki 100 kW galios dujinimo proceso-technologijos prototipą, tinkantį utilizuoti mažų Lietuvos miestelių nuotekų valymo įmonėse susidarančius dumblo kiekius. Projekto idėja įgyvendinama kartu su LEI Degimo procesų, Branduolinės inžinerijos problemų bei Šilumininių įrengimų tyrimo ir bandymų laboratorijomis.
- 2012–2013 m. dvišalio bendradarbiavimo Lietuva – Ukraina mokslo

programa. Projekto pavadinimas **Vandens garo plazmos generatoriai, skirtū kuo konversijai ir atliekų perdibimui, pritaikymas ir tyrimas**.

Plazminių technologijų laboratorijoje dirba 8 daktaro laipsnių įgiję mokslininkai, 1 jaunesnysis mokslininkas – doktorantas, 1 jaunesnysis mokslo darbuotojas, taip pat darbo patirtį turintis pagalbinis personalas – 3 inžinieriai ir 2 aukštos kvalifikacijos meistrai.

Laboratorijos mokslinė ir technologinė produkcija 2013 m. pristatyta tarptautinėse (10 pranešimų) ir respublikinėse (2 pranešimai) konferencijose, paskelbti 6 straipsniai leidiniuose, išsnytuose Mokslinės informacijos instituto (ISI) sąraše, 2 straipsniai mokslo populiarinimo leidiniuose.

**Dr. Vitas VALINČIUS**  
*Plazminių technologijų laboratorijos vadovas*  
Tel. (8 37) 401 986  
El. paštas [Vitas.Valincius@lei.lt](mailto:Vitas.Valincius@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 anodų/elektrolity/katodų sintezė, taikant fizikinius medžiagų nusodinimo metodus;
  - NiMH baterijų elektrodų savybių analizė.

2013 m. pradėtas valstybės sub-sidijomis finansuojamas projektas ***Mg-Ti metalų hidridų, skirtų energijos saugojimui, sintezė bei charakterizavimas***. 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 pagrindinis tikslas – surasti dar neištirtas magnio hidrido, destabilizuoto panaudojant titano prie-

maišas, metastabilias būsenas, kuriose medžiaga efektyviai adsorbuoja/desorbuoja vandenilį.

Pagrindinis darbo originalumas – sintetinti  $Mg_7TiH_{16}$  plonasluoksnies struktūras naudojant magnetroninio garinimo technologijas ir kompleksinį medžiagų hidrinimą plazmoje ir aukštame slėgyje bei temperatūroje. Darbe ypač daug dėmesio bus skiriamas paviršiaus cheminės sudėties, morfologijos ir topografijos įtakos Mg-Ti-H plonų dangų sintezės procesui. Paviršiu numatoma apibūdinti panaudojant LEI APC turimas unikalias paviršiaus analizės technologijas: AES, XPS, GDOES, AFM ir t. t. Darbo planas išlieka nuolat

kintamas: atliekama sintezė, po to sekā išsami medžiagų analizė ir sintezės/analizės darbo planai koreguojami atsižvelgiant į gautus rezultatus. Analogiška metodika darbo autorių su partneriais iš Švedijos, Prancūzijos ir Japonijos buvo taikyta pirmą kartą mokslo istoroje sėkmingai sintetinant kristalines  $Mg_2NiH_2$  plonas dangas\*.

Bendradarbiaujant su Vytauto Didžiojo universiteto Fizikos katedros ir Kauno technologijos universiteto Fizikos katedros dėstytojais ir studen-tais sukurtas Vandenilio energetikos centras sutelkia tyrimams būtiną įrangą, sudaro sąlygas dėstytojams naudoti

\* Lelis M., Milcius D., Wirt E., Halenius U., Eriksson L., Jansson K., Kadir K., Ruan J., Sato T., Yokosawa T., Noreus D. A mechanically switchable metal-insulator transition in  $Mg_2NiH_4$  discovers a strain sensitive, nanoscale modulated resistivity connected to a stacking fault// Journal of Alloys and Compounds. 2010. 496 (2010). P. 81–86.



J.m.d. Simonos Tučkutės disertacijos gynimas Vytauto Didžiojo universitete 2013 m. gruodžio 19 d.

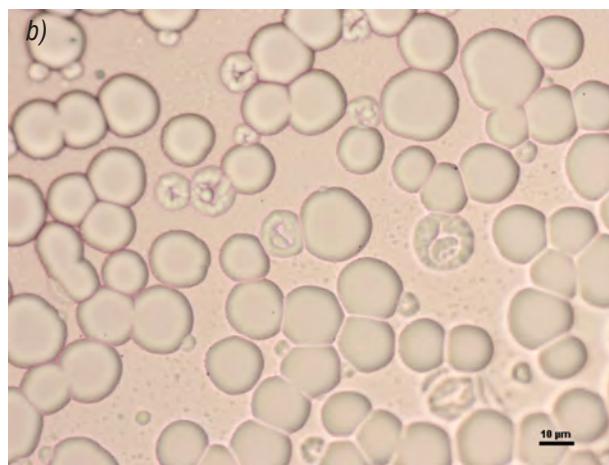
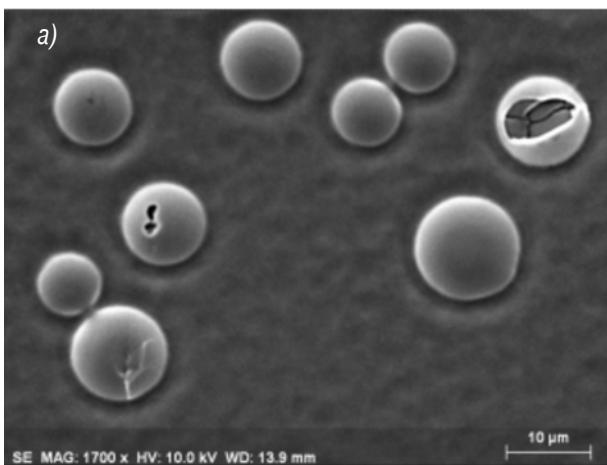
modernias mokymo priemones, ruošti aukščiausios kvalifikacijos specialistus (apimant visas studijų pakopas), plėtoti konkurencingus tyrimus. Ne mažiau svarbus faktas, kad LEI tapo stipriu jaunuju mokslininkų traukos centru.

Vandenilio energetikos technologijų centro j. m. d. S. Tučkutė 2013 m. gruodžio 19 d. Vytauto Didžiojo universitete, Gamtos mokslų fakultete, apgynė daktaro disertaciją tema *Titanio dangų vienalaikės oksidacijos ir hidrinimo vandens garu plazmoje tyrimas* (fizinių mokslų sritis, fizika – 02 P). Disertacijoje gvildenama pasaulinėje praktikoje aktuali ir neišspręsta problematika – vandenilio gavyba. Disertacijoje pateikti apibendrinti moksliniai tyrimai, kurie pagal VDU ir LEI bendaradarbiavimo sutartį, sėkmingai įgyvendinti pasitelkus

originalią ir šiuolaikišką įrangą, esančią Vandenilio energetikos technologijų centre.

Tyrimų metu suformuotos nano-kristalinės 300–600 nm storio Ti dangos ant orientuotų (kristalinio Si) ir lydyto kvarco ( $\text{SiO}_2$ ) padéklių argono duju plazmoje, naudojant centre esančią PVD-75 magnetroninio nusodinimo sistemą. Tą pačią sistemą tikslingai rekonstravus atliktas vienalaikis oksidinimas ir hidrinimas žemo (10–300 Pa) slėgio vandens garu plazmoje skirtin-gomis generatoriaus, sužadinančio plazmą, gallomis (20–300 W), keičiant ekspozicijos plazmoje laiką nuo 5 iki 60 min. Gauti  $\text{Ti}_x\text{O}_y\text{H}_z$  dangų savybių priklausumumai nuo darbinių dujų, slėgio, krintančių jonų energijos, dangos storio ir ekspozicijos laiko vandens garu plazmoje, tirtos pritaikant naujaus

sius tyrimo metodus. Nustatyta, kad jonizuotų vandens garų aplinkoje Ti dangos yra chemiškai aktyvios, formuojančios fizikines–chemines sąlygas, leidžiančias disociatyviai skaldyti vandens molekules į O ir H atomus. Atlikta atskilusių H ir O atomų tolesnės elgsenos Ti medžiagoje analizė leido pastebėti šiuos dėsninumus: (i) kad atskilę deguonies atomai paviršiniame metalinės dangos sluoksnyje formuoja Ti–O junginius ir, atsižvelgiant į spinduliuotés laiką (dozę) ir intensyvumą, metalinę dangą transformuoja į oksidinę su skirtiniais stechiometriniais santykiais, (ii) dalis atskilusių vandenilio atomų kaupiasi defektų gaudyklėse ploname paviršiniame sluoksnyje (30–50 nm), o kita dalis kambario temperatūroje difundoja tarpkristalinėmis nanostruktūrinių medžiagų sritimis į tūrį ir pasiskirsto



Burbulų susidarymas ant Ti dangos po ekspozicijos  $\text{H}_2\text{O}$  plazmoje: a – SEM ir b – optinis mikroskopas

išilgai per visą dangos storį. Esant koncentracijoms, viršijančioms tirpumo ribą, stebimi vandenilio burbulai.

Vandenilio energetikos technologijų centre atlikų mokslinių tyrimų gauti rezultatai formuoja pagrindus lanksčios ir valdomos technologijos daugiafazėms titano oksido dangoms gauti su perspektyva panaudoti jas fotokatalizėje, medicinoje ir biotechnologijose.



pavyzdžiai ir pristatyti galimiems varotojams JAV.



2013 m. sėkmingai baigtas Mokslo, inovacijų ir technologijų agentūros finansuotas projektas **Lietuvos energetikos instituto, Vandenilio energetikos technologijų centre sukurtų technologijų komercionalizavimas** (2012-08-13 Nr. 31V-137). Šiuo tikslu centro darbuotojai įkūrė UAB *Inovatas* ([www.inovatas.lt](http://www.inovatas.lt)), kuri yra susieta su LEI purpurinės kompanijos (ang. *spin-off*) sutartimi. Šio projekto pagrindinis tikslas – komercionalizuoti VETC sukurtais vertingiausias technologijas. Projekto metu buvo 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 technolo-

giją. Siekiant pasiekti šį tikslą, projekto metu parengta tarptautinio lygmens galimybų studija, skirta potencialiems investuotojams. Joje atispindėti pagrindiniai komercionalizuojamos technologijos privalumai ir iššūkiai.

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 atsinaujinančiosios energijos sistemų (vėjas, saulė) ekspluatuotojai visame pasaulyje. Pagrindinis pasiekitas projekto rezultatas susijęs su antra technologija – parengtos ir apibūdintos nanomedžiagos, skirtos vandenilio gavybai, panaudojant fizikinio medžiagų nusodinimo technologijas, ir ši vandenilio gavybos technologija priprastytą 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. amorfinės membranos skirtos vandeniliui atskirti iš anglavan-denilių (gamtinės dujos, biodujos, naftos produktai ir t. t.) ir alkoholių. Šios membranas yra gerokai pigesnės nei dabar naudojamos Pt, Pd pagrindu kuriamos membranos. Pagrindinis projekto rezultatas susijęs su trečia technologija – parengti membranų

2013 m. aktyviai dalyvauja Tarptautinės energetikos agentūros vandenilio taikymo sutarties (IEA HIA) 22 grupės tyrimuose – **Fundamentinis ir taikomasis medžiagų vandenilio saugojimui vystymas**. Šiame darbe metalų ir jų lydinių hidridų cheminis destabilizavimas atliekamas į medžiągą įtraukiant naujus elementus, kurie hidrido dekompozicijos metu formuoja tarpinius darinius, sistemių neleidžiant relaksuoti iki žemiausios energetinės būsenos, arba hidrinimosi metu susiformuoja destabilizuotas hidridas.

2013 m. centro darbuotojai paskelbė 5 mokslinius straipsnius leidiniuose, įrašytuose Mokslinės informacijos instituto (ISI) leidinių sąraše, ir perskaitė 3 pranešimus tarptautinėse konferencijose.

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

# BRANDUOLINĖS INŽINERIJOS PROBLEMŲ LABORATORIJA

## PAGRINDINĖS LABORATORIJOS MOKSLINĖS VEIKLOS KRYPTYS:

- šilumininių procesų tyrimai energetikos įrenginių komponentuose:
  - šilumos ir masės pernešimo procesų tyrimai biokuru kūrenamų objektų įrengimuose; biokuro deginimo metu su dūmais išeinančių emisijų mažinimas naudojant elektrostatinius filtrus;
  - priverstinė ir mišri konvekcija; turbulentinis ir pereinamasis tekėjimo režimai; kanalo geometrijos, kintamų fizinių savybių, šiurkštumo, nestacionarumo, išcentrinės jėgų įtaka;
  - skaitinis šilumos mainų ir pernešimo procesų modeliavimas įvairiuose kanaluose bei geologinėse struktūrose;
- 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;
- atominių elektrinių eksploatavimo nutraukimo įvairių veiksnių vertinimas: eksploatavimo 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, ilgaalikes mokslinių tyrimų ir eksperimentinių plėtros programas:

- **Vienfazių ir dvifazių srautų dinamikos, šilumos ir masės pernašos procesų 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 poveikiu bei garo kondensacijos procesams.

- **Atominių elektrinių eksploatavimo nutraukimo ir radioaktyviųjų atliekų bei panaudoto kuro tvarkymo procesų tyrimas ir radiacinio poveikio analizė** (2012–2016). Programos tikslas – taikant skaitinius ir eksperimentus tyrimų metodus bei atsižvelgiant į Ignalinos AE eksploatavimo nutraukimo

procesų ypatumus, išanalizuoti ir ižvertinti radiacinį poveikį žmonėms ir aplinkai radioaktyviųjų atliekų ir PBK tvarkymo, saugojimo ir šalinimo metu.

## ŠILUMINIŲ PROCESŲ TYRIMAI ENERGETIKOS ĮRENGINIŲ KOMPONENTUOSE

Deginant kurą susidaro jvairaus dydžio kietosios dalelės. Dėl daromo žalingo poveikio žmonių sveikatai yra ribojamas kietujų dalelių kiekis kurą deginančių įrenginių išmetamuosiuse dūmuose, t. y. statomi jvairūs filtrai, kurie sugaudo šias kietasias daleles. Lietuvoje dažnai naudojamų ciklonų ir kitokių mechaninių kietujų dalelių gaudytuvų efektyvumas yra per mažas su dūmais lekiančių smulkų dalelių sugaudimui, gi elektrostatiniais filtrais galima pasiekti labai aukštą duju (dūmų) išvalymo efektyvumą. Atsižvelgiant į deginamo biokuro rūšį, su dūmais išmetami skirtingų dalelių dydžiai bei keičiasi dūmų sudėtis, dėl to pasikeičia elektrostatinių filtro efektyvumas. Išsamiai ištyrus šiuos veiksnius galima išspręsti aktualias technologijų tobulinimo Lietuvos energetikoje problemas.

laboratorijomis taip pat vykdo dar vieną pagal Švietimo ir mokslo ministerijos patvirtintas Žmogiškųjų išteklių plėtros veiksmų programos 3 prioriteto *Tyrejų gebėjimų stiprinimas* priemonę *Aukšto tarptautinio lygio mokslių tyrimų skatinimas* projektą *Inovatyvios terminio skaidymo technologijos sukūrimas ir pritaikymas vandenvalos nuotekų dumblo utilizavimui* (2013–2015). Lietuvos nuotekų valymo įmonėse kaip atlieka gaunamas nuotekų dumblas. Plečiantis nuotekų surinkimo ir valymo infrastruktūrai, proporcingai didėja ir nuotekų valymo metu susidarančio dumblo kiekis. Dumblo aikštelėse sukaupti dideli dumblo kiekiai, kurių tvarkymas iki šiol naudojamais būdais pradeda kelti grėsmę aplinkai, prieštarauja darnios plėtros principams. Todėl ieškoma efektyviausių būdų nuotekų dumbliui apdoroti. Viena iš inovatyvių likutinio dumblo utilizavimo technologijų yra jo dujinimas. Taikant šią technologiją, iš dumblo terminio skaidymo metodo išskiriamas vertinamas produktas – degiosios dujos, kurios gali būti panaudojamos šilumai ir elektrai gaminti. Dujinimas ne tik leidžia sumažinti susidariusio atliekinio dumblo tūrį, gauti papildomai energijos, bet ir sumažinti aplinkos taršą. Projekto

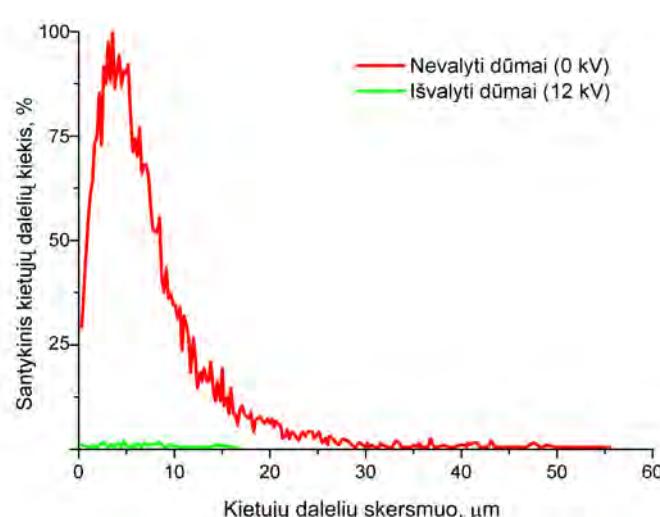
metu planuojama sukurti bandomajį iki 100 kW galios dujinimo procesotechnologijos prototipą, kuris bus plačiai viešinamas, siekiant pritraukti galimus Lietuvos ir/ar užsienio investuotojus, suinteresuotus sukurti komercinio dydžio veikiančią technologiją, tinkančią utilizuoti mažuose Lietuvos miesteliuose susidarančius dumblo kiekius.

2013 m. laboratorijoje sudaryta numatomų eksperimentinių ir skaitinių tyrimų, susijusių su biokuro degimo produktų valymu, metodika. Kadangi degimo produktams valyti planuojama naudoti elektrostatinių filtrių, numatyta kietosioms dalelėms (kurios išnešamos su dūmais per kaminą) tirti reikalinga įranga, kuri leistų atlikti kietujų dalelių koncentracijų bei jų pasiskirstymo pagal frakcijas matavimus, apskaičiuoti elektrostatinių filtrių parametrus, ižvertinti elektrostatinių filtrių efektyvumą ir t. t. Taip pat buvo atlikti preliminarūs degimo produktų valymo proceso ižvertinimai, pasirenkant realias degimo produktų tekėjimo sąlygas, bei sukonstruotas, pagamintas ir išbandytas elektrostatinis filtras.

Deginant biokurą (medienos granules) nevalytuose dūmuose daugiausia vyrauja kietosios dalelės, kurių skersmuo nuo  $\sim 0,4 \mu\text{m}$  iki  $\sim 15 \mu\text{m}$ .



Laboratorijos mokslininkai pagal Lietuvos mokslo tarybos nacionalinės mokslo programos *Ateities energetika* finansuojamą projektą *Vietinio kuro terminio skaidymo procesų tyrimas kuriant efektyvias ir ekologiškas technologijas* (2012–2014) kartu su kitomis instituto laboratorijomis vykdo būtent šiuos tyrimus. Laboratorijos mokslininkai kartu su kitomis instituto



Santykino kietujų dalelių kieko pasiskirstymo priklausumas nuo kietujų dalelių skersmens

Daugiausiai yra dalelių, kurių skersmuo siekia  $\sim 4 \mu\text{m}$ . Dūmams nuo kietųjų dalelių valyti panaudojus elektrostatinį filtru, jam paduodant 12 kV įtampą, kuriai esant ant elektrostatinio filtro elektrodo jau prasideda rusenantysis išlydis, buvo gautas kietujų dalelių kieko sumažėjimas net  $\sim 99 \%$ .

Laboratorijoje taip pat yra vykdomi šilumos mainų ir hidrodinamikos tyrimai jvairios paskirties energetikos įrenginiuose (branduolinių reaktorių, jvairių šilumokaičių elementuose ir kt.). Tieki laminarinio, tieki turbulentinio tekėjimo atvejais daugelyje energetikos įrenginių šilumos mainams gali turėti įtakos paviršiaus šiurkštumas, išcentrinių bei termogravitacijos jėgų (mišrios konvekcijos) poveikis, kuris tam tikromis sąlygomis gali tapti 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 takuių medžiagų judėjimą ir šilumos mainus sudėtingose dvimatėse arba trimatėse sistemose. Atsižvelgiant į tekėjimo režimą, taikomi jvairūs laminarinio, pereinamojo ir turbulentinio pernešimo modeliai. Be to, analizuojant IAE panaudoto branduolinio kuro šalinimo galimybes, šilumos nuvedimo skaitiniai tyrimai vykdomi ir geologinėse struktūrose.

2013 m. buvo tesiama fundaminiai mišrios konvekcijos šilumos mainų ir tékmės struktūros eksperimentiniai ir skaitiniai tyrimai plokščiamame kanale turbulentinio ir pereinamojo tekėjimo zonose, taikant ANSYS CFD kompiuterinę programą.

Taip pat buvo atlikti ir taikomieji

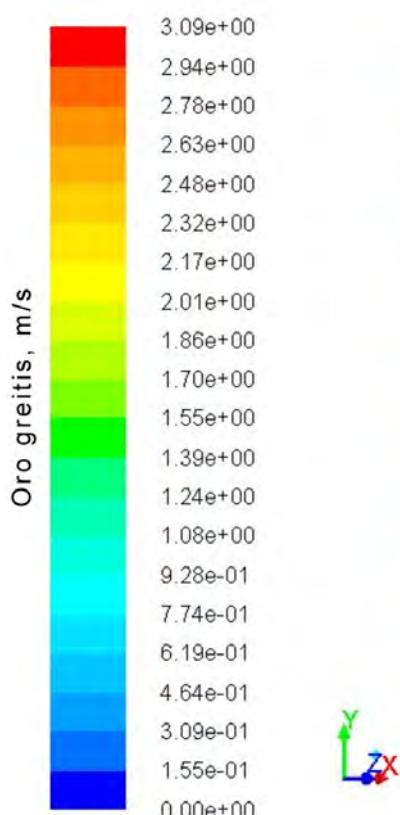


eksperimentiniai ir skaitiniai tyrimai pagal Mokslo, inovacijų ir technologijų agentūros administruojamą Europos Sajungos struktūrinų fondų paramos priemonę **Inočekiai LT**. Pagal šią priemonę buvo pagerintas UAB Wilara bičių duonelės džiovintuvu efektyvumas, kuris veikdavo labai netolygiai ir dėl to džiovinimo ciklas užtrukdavo gana ilgai. Išsprendus džiovinančio oro srauto netolygumo problemą, sumažėjo džiovimo laikas ir tuo pačiu energetinės sąnaudos. Šis įgyvendintas sprendimas UAB Wilara gaminiui suteikia konkurencinį pranašumą ne tik Lietuvos, bet ir ES ar kitų šalių rinkose.

### **Panaudoto branduolinio kuro tvarkymo sauga**

Ignalinos AE nusprendus panaudotą branduolinį kurą (PBK) saugoti sausojo tipo CASTOR ir CONSTOR konteineriuose, laboratorijos mokslininkai jau 1997 m. pradėjo vykdyti tyrimus, susijusius su PBK tvarkymu, saugojimo bei šalinimo kompleksų saugos vertinimu. Konteineriams su PBK, įprasto eksploatavimo 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 konsultuojami laboratorijos mokslininkai pasiūlė giluminio geologinio atliekyno panaudotam branduoliniam kurui ir ilgaamžems vidutinio aktyvumo atliekoms molio aplinkoje bei kristalinėse uolienose įrengimo Lietuvoje koncepcijas, kurios nuolat tikslinamos ir optimizuojamos,



Oro srautų pasiskirstymas džiovinimo įrenginyje

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.

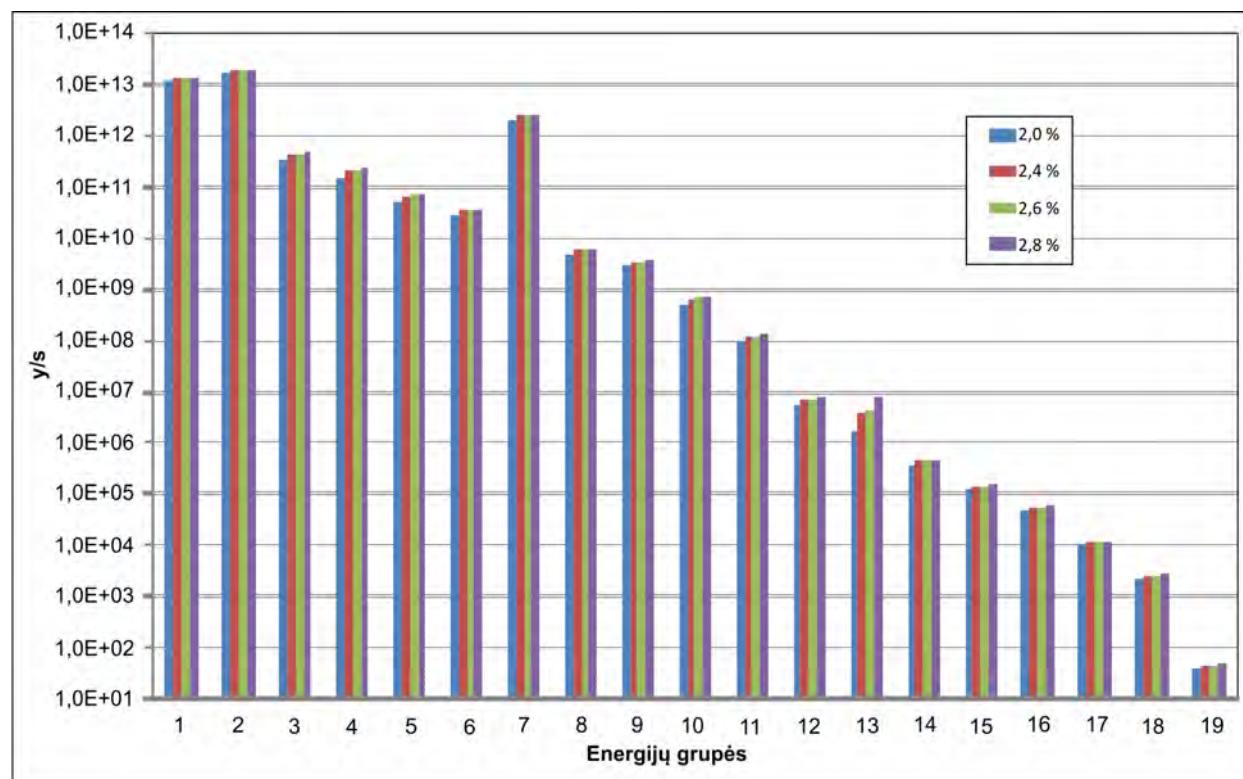
Laboratorija kartu su GNS – NUKEM Technologies GmbH (Vokietija) konsorciumu vykdo didelės apimties ***Laikinosios sausojo tipo saugyklos, skirtos RBMK panaudoto branduolinio kuro rinklių iš Ignalinos AE 1 ir 2 blokų saugojimui, projektavimas bei įrengimas*** (2005–2014) projekta, kuriamo analizuojami naujos saugyklos projektavimo, statybos, montavimo, perdavimo ir priėmimo eksplloatuoti, eksplloatavimo ir eksplloatavimo nutraukimo veiksmai, taip pat vykdomi būtini darbai, susiję su PBK išémimu, supakavimu, sandarinimu, pervežimiu ir tinkamos įrangos pasirinktam

projektiniams sprendimui įvykdyti eksplloatavimu. Saugykloje planuojama patalpinti per 200 naujo CONSTOR tipo konteinerių su sveiku ir pažeistu PBK. Laboratorijs mokslininkai rengia šios PBK saugyklos (eksploatavimo laikas ne mažiau 50 m.) poveikio aplinkai vertinimo ir saugos analizés ataskaitas bei teikia paramą licencijuojant saugykłę. 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 saugykłę. 2010–2011 m. buvo rengiamas PSAA priedas, kuriamo vertinti pažeistų RBMK-1500 branduolinio kuro rinklių tvarkymo bei saugojimo saugos aspektai. 2013 m. buvo atliekami PBK saugyklos statybos darbai. 2014 m. bus ruošiama *Galutinė saugos analizés ataskaita*.

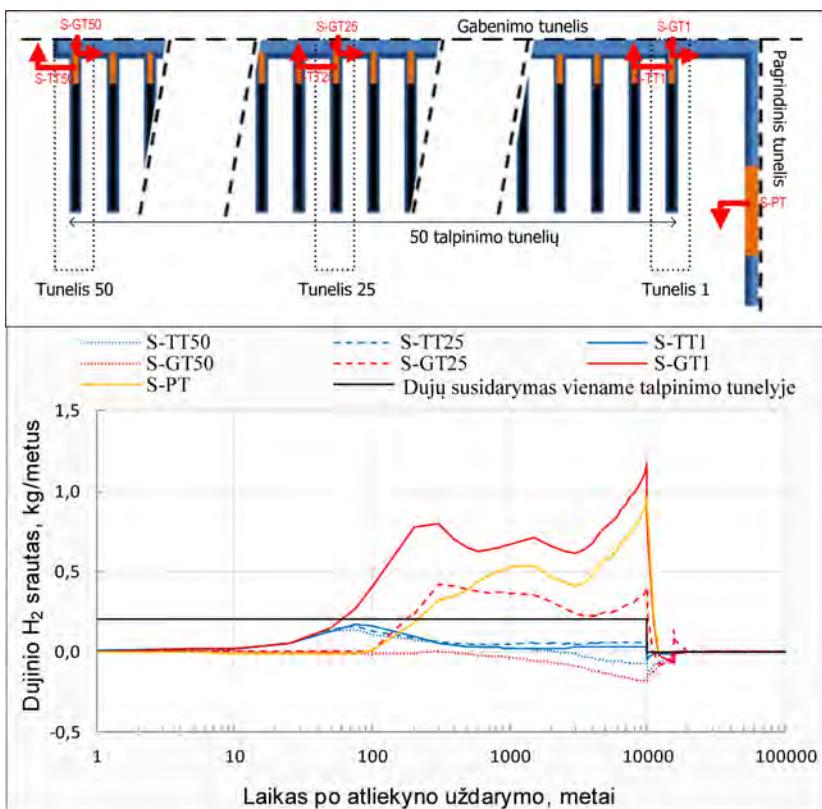
Vykstant biudžeto subsidijomis finansuojamą mokslinį darbą laborato-

rijos mokslininkai skaitiniai metodais įvertino kaip kinta panaudoto RBMK branduolinio kuro nuklidinė sudėtis, radiacinių charakteristikos, liekamosios šilumos išsiskyrimas ilgalaikio saugojimo metu. Šių parametru vertinimas svarbus siekiant prognozuoti jonizuojančios spinduliuotės poveikį aplinkai bei užtikrinant saugią PBK saugojimo kompleksą eksplloataciją. IAE eksplloatacijos metu buvo naudojamas skirtingo U-235 įsodrinimo kuras, tačiau kaip rodo gama ir neutronų emisijos spektrų iš panaudoto kuro skaitiniai vertinimai, pradinis kuro įsodrinimas radiaciniems charakteristikoms turi mažai įtakos.

2013 m. buvo tesiama radionuklidų, dujų ir šilumos sklaidos tyrimai geologinių atliekynų inžineriniuose ir gamtiniuose barjeruose. Skaitiniams tyrimams taikytos AMBER (Quintessa, Jungtinė Karalystė), GOLDSIM (JAV), COMSOL (JAV), PETRASIM (JAV) ir COMPASS (GRC, Jungtinė Kara-



RBMK-1500 panaudoto branduolinio kuro gama spektras po 300 metų saugojimo



Vandenilio dujų srautų per skirtinges geologinio atliekyno modolio paviršius palyginimas

lystė) kompiuterinės programos. Dujų, kurios formuosis dėl plieninių atliekyno komponentų korozijos, sklaidai įvertinti buvo baigtas kurti atliekyno modolio (50-yje tarpusavyje sujungtų patalpinimo tunelių) modelis. Nustatyti atliekyno saugos atžvilgiu svarbių parametru – maksimalaus dujų slėgio ir pernešamų dujų (iš PBK talpinimo tunelio į gabenimo ir pagrindinį tunelius) kieko vertės. Apibendrinti tyrimų rezultatai parodė, kad maksimalus dujų slėgis modulyje yra nepakankamas, kad sutrikdytų mechaninjų inžinerinių barjerų sistemos stabilumą ir funkcionalumą. Didžioji dalis (93 %) susidariusių dujų ištirpssta požeminiai vandenye ir difuzijos būdu pernešama į atliekyną supančią natūralią geologinę aplinką. Likusi dalis (7 %) pasišalina iš atliekyno modolio dujiniame būvyje konvekcinės pernašos inžineriniai tarpeliais būdu.

2013 m. laboratorijos darbuotojai dalyvavo TATENA organizuotuose mo-

parametrai, pagal nurodytus standartus gaminamas inžinerinis barjeras (suspausto bentonito blokas), susipažinta su geologiniame atliekyne vykstančiu tarpusavyje susijusių šilumos mainų, fluidų pernašos ir mechaninių procesų teorija, praktiskai žinios pritaikytos modeliuojant kompiuterine programa COMPASS.

Taip pat dalyvauta TATENA mokomo kursuose, kuriuose gilintos žinios apie geologinių atliekynų įrengimo galimybes ir radioaktyviųjų atliekų šalinimą tokio tipo atliekynuose, Japonijos atominės agentūros atstovai pasidalijo patirtimi vykdant Fukušimos AE avarijos likvidavimo pasekmes, gauta informacija apie naujausius išleistus ir rengiamus TATENA dokumentus. Kursų metu aplankyta Mizunami požeminė laboratorija, susipažinta su joje atliekamais geologiniai ir hidrogeologiniai tyrimais.

## RADIOAKTYVIŲJŲ ATLIEKŲ TVARKYMO SAUGA

Nuo 1994 m. laboratorija aktyviai dalyvauja analizuojant IAE radioaktyviųjų atliekų tvarkymo problemas. Labora-



Doktorantas D. Justinavičius TATENA mokomo kursuose (2013 m. rugsėjo 1–14 d. Praha, Čekija – Kardifas, Jungtinė Karalystė)



Dr. D. Grigaliūnienė TATENA mokymo kursuose (2013 m. lapkričio 9–16 d., Mizunami, Japonija)

torijos ekspertai drauge su kompanija SKB International (Švedija) vykdė keletą projektų, kuriuose įvertinta jau esamų IAE radioaktyviųjų atliekų saugyklių sauga bei galimybės jas transformuoti į atliekynus.

2002 m. kartu su Framatome ANP GmbH (Vokietija) laboratorija dalyvavo atliekant IAE cementavimo įrenginio ir laikinosios sukietintų radioaktyviųjų atliekų saugyklos poveikio aplinkai ir saugos vertinimus.

2004–2005 m. kartu su Prancūzijos kompanijomis Thales Engineering and Consulting ir ANDRA bei Fizikos institutu laboratorija vykdė PHARE projektą – **Maišiagalos kapinyno saugos įvertinimas ir gerinimas**, kuriame dalyvavo rengiant *Saugos analizés ataskaitą*, sukūrė duomenų bazę apie radioaktyviųjų atliekas, patalpintas Maišiagalos atliekyne, bei atliko išsamią radionuklidinės sudėties analizę.

2002–2005 m. buvo vykdoma statybos vietas paieška naujajam paviršiniams radioaktyviųjų atliekų atliekynui Lietuvoje bei moksliniai tyrimai,

susiję su radionuklidų sklaida iš radioaktyviųjų atliekų atliekynų ir jų įtaka saugai. Švedijos ekspertų konsultuoja mi, laboratorijos mokslininkai nustatė kriterijus paviršinio atliekyno vietai parinkti, tobulinta paviršinio atliekyno projekto koncepcija, parengta įgyvendinimo programa. Išanalizuota heterogeniško (netolygaus) atliekų aktyvumo pasiskirstymo įtaka radionuklidų sklaidai iš modelinio paviršinio atliekyno. Tyrimams taikytos DUST (BNL, JAV), GENII (PNNL, JAV), GWSCREEN (INEEL, JAV), AMBER (Quintessa, Jungtinė Karalystė) kompiuterinės programos.

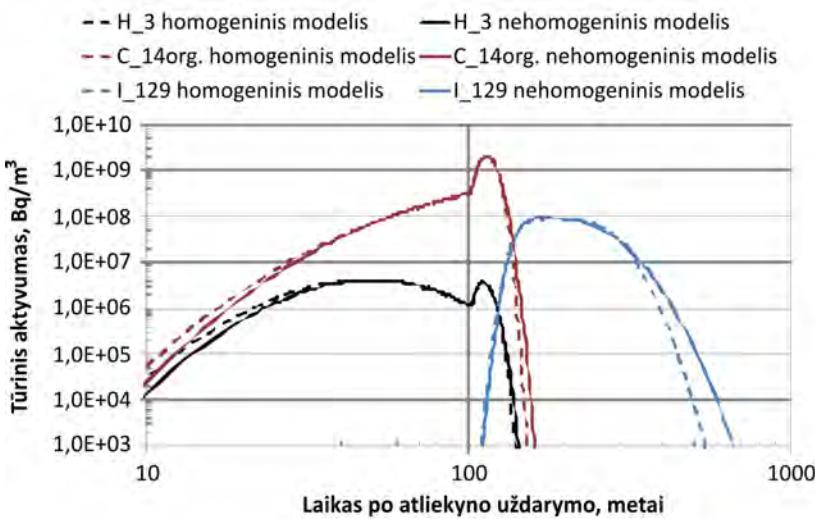
2006–2009 m. laboratorijos mokslininkai vykdė projektą – **Ignalinos AE bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos (158 statinio) pertvarkymas į kapinyną**. Parengtas planuojamų atliekyno ilgalaikės saugos įvertinimas, kuriame vadovautasi galimais saugyklos statinio pertvarkymo į atliekyną inžineriniais sprendimais, šalinimo sistemos komponentų, t. y. radioaktyviųjų atliekų, saugyklos statinio ir planuojamų virš jo įrengti inžinerinių barjerų bei aikštelių aplinkos charakteristikomis.

2013 m. laboratorija kartu su NUKEM Technologies GmbH (Vokietija) toliau vykdė projektą – **Ignalinos AE naujas kietujų atliekų tvarkymo ir saugojimo kompleksas** (2006–2014). 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 IAE esamų kietujų atliekų saugyklių ir naujas kietujų atliekų tvarkymo ir ilgaamžių bei trumpaamžių radioaktyviųjų atliekų saugojimo atskirose saugyklose kompleksas. 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. 2013 m. buvo atliekami statybos darbai. 2014 m. bus ruošiama *Galutinė saugos analizés ataskaita*.

2008–2013 m. laboratorija lietuviško konsorciumo sudėtyje (UAB *Specialus montažas-NTP* – LEI – AB *Pramprojektas* – UAB *Vilstata*) vykdė **Labai mažo aktyvumo radioaktyviųjų atliekų kapinyno (Landfill) įrengimas**

projektą. *Landfill* atliekynas, skirtas IAE eksplotavimo ir eksplotavimo nutraukimo metu susidariusioms trumpaamžems labai mažo aktyvumo atliekomis laidoti. Visą *Landfill* kompleksą sudarys trys šalinimo moduliai ir buferinė saugykla, kurioje bus kaupiamos atliekos iki jų pašalinimo. 2009–2013 m. laboratorijos mokslininkai šiam kompleksui parengė planuoojamas ūkinės veiklos *Poveikio aplinkai vertinimo ataskaitą*, dvi preliminaries saugos analizės ataskaitas, du bendrijų duomenų sąvadus, galutinę saugos analizės ataskaitą ir numatomu šalinti radioaktyviųjų atliekų pakuočių aprašus.

2013 m. laboratorija kartu su partneriais iš Prancūzijos kompanijų AREVA TA ir ANDRA bei partneriais iš Lietuvos UAB *Specialus montażas-NTP* bei AB *Pramprojektas* tėsė ***Mažo ir vidutinio aktyvumo trumpaamžių radioaktyviųjų atliekų paviršinis kapiynas (projektavimas)*** (2009–2014) projektą. Atliekynas, skirtas IAE eksplotavimo ir eksplotavimo nutraukimo metu susidariusioms trumpaamžems mažo ir vidutinio aktyvumo atliekomis laidoti. 2010–2011 m. buvo paruoštos ir Užsakovui pateiktos bei patvirtintos projektinių sprendimų, atliekų aprašo bei galutinio aikštėlės patvirtinimo ataskaitos, kurias ruošiant prisidėjo laboratorijos mokslininkai. 2012 m. paruošta ir pateikta Užsakovui ***Mažo ir vidutinio aktyvumo trumpaamžių radioaktyviųjų atliekų paviršinio atliekyno eskizinio projekto*** ataskaita. Šiai ataskaitai laboratorijos mokslininkai paruošė keturis skyrius: atliekų apibūdinimas, ilgalaikės saugos įvertinimas, atliekų priimtinumo ir atliekų pakuočių aprašymas bei aplinkos stebėsenos ir priežiūros bendra apžvalga. Taip pat 2012 m. pradėti vykdyti techninio projekto rengimo darbai. 2012–2013 m. laboratorijos mokslininkai paruošė sau-



Išplaunamų radionuklidų tūrių aktyvumų po atliekynu palyginimas

gos analizės ataskaitą, susijusią su ilgalaikės projektuoamo atliekyno saugos įvertinimu. 2013 m. parengta atliekyno aplinkos stebėsenos programa.

2013 m. laboratorijos mokslininkai tyrė atliekų zonas nehomogeniškumo įtaką vertinant radionuklidų sklidą iš paviršinio radioaktyviųjų atliekų atliekyno.

Nehomogeniniame atliekų zonos modelyje radionuklidai iš atliekyno išplaunami vėliau negu homogeniniame, kadangi nehomogeniniame atliekų zonos modelyje buvo papildomai įvertintas atliekų pakuočių užpildas.

2013 m. laboratorijos darbuotojai dalyvavo TATENA organizuotuose mokymo kursuose, skirtuose radioaktyviųjų atliekų atliekynų įrengimui analizuojamų vietovių savybėms variantiškumo erdvėje nustatyti, analizuoti ir reprezentuoti. Mokymuose nagrinėti klausimai apie atliekyno saugos vertinimo pagrindinius aspektus bei atliekyno komponentus, atliekyno vietovių savybių kaitą erdvėje ir laike, jų nustatymo būdus naudojant geostatistinius metodus, parametru ekvivalentinių verčių nustatymus vertinant atliekynų ilgalaikę saugą ir kt.



Dr. A. Narkūnienė TATENA mokymo kursuose (2013 m. liepos 1–5 d. Viena, Austrija)

## ATOMINIŲ ELEKTRINIŲ EKSPLOATAVIMO NUTRAUKIMO ĮVAIRIŲ VEIKSNIŲ ĮVERTINIMAS

Dar 1998 m. laboratorijos mokslininkai pradėjo tyrimus, susijusius su IAE eksploatavimo nutraukimu. Mūsų ekspertai dalyvavo PHARE projekte rengiant **Preliminaruą Ignalinos AE eksploatavimo nutraukimo planą** bei **Galusinių IAE eksploatavimo nutraukimo planą**. 2004 m. laboratorijos mokslininkai LR Ūkio ministerijos užsakymu parengė IAE eksploatavimo nutraukimo programos ir jos įgyvendinimo priemonių plano 2005–2009 m. projektus. Kartu su Fizikos institutu 2005–2008 m. buvo vykdytas **Ignalinos AE įrangos ir įrenginių radiologinių tyrimų programos rengimas** projektas.

Nuo 2007 m. laboratorija aktyviai dalyvauja IAE išmontavimo projektuose. Laboratorijos darbuotojai kartu su Babcock (buvusi VT Nuclear Services Ltd.) (Jungtinė Karalystė), NUKEM Technologies GmbH (Vokietija) vykdė **IAE 117/1 pastato įrenginių deaktyvacija ir išmontavimas** (2007–2010) projekta. Taip pat su tais pačiais partneriais vykdė **IAE V1 pastato įrenginių deaktyvacija ir išmontavimas** (2009–2012) projekta.

2013 m. LEI Branduolinės inžinerijos problemų laboratorija, būdama tarptautinio konsorciumo (UAB *Specialus montažas-NTP* – FTMC – LEI – ATP (Bulgarija) – INRNE (Bulgarija) – VNIIAES (Rusija)) partnere, toliau vykdė **Kozloduy AE 1-4 blokų sukauptą medžiagų įvertinimas ir radiologinis inventoriavimas** projektą. Šis projeketas yra skirtas Kozlodujaus (Bulgarija) AE 1-4 reaktorių (VVER) blokus apimantių pastatų, patalpų, įrangos, teritorijos ir radioaktyviųjų atliekų radiologiniams charakterizavimui bei radioaktyviųjų ir pavojingų medžiagų kiekiui nustatyti. 2013 m. laboratorijos mokslininkai tobulino sukurtas duomenų bazes projekto rezultatams saugoti bei teikė techninę pagalbą konsorciumo partneriams.

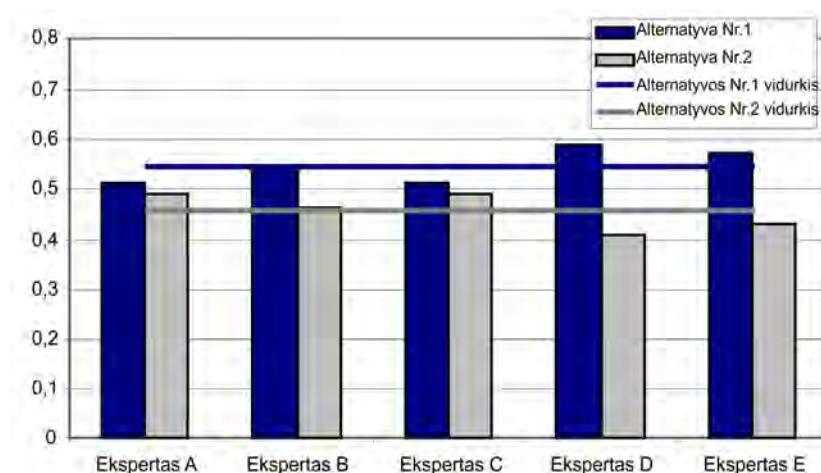
2013 m. buvo toliau tobulinamas 2009 m. laboratorijos mokslininkų sukurtas DECRAD kompiuterinių programų paketas. Pagrindinis DECRAD kompiuterinių programų paketo naudojimo tikslas – įvertinti atominių elektrinių išmontavimo ir dezaktyvavimo darbų sąnaudas, išlaidas, planuoti darbo jėgos poreikį, apskaičiuoti darbuotojų gaunamą apšvitos dozę, planuoti susidarančių radioaktyviųjų atliekų kiekį bei

aktyvumus, įvertinti pakuočių skaičių kiekį bei kitus parametrus, susijusius su branduolinių eksplotavimo nutraukimu. Šis programų paketas gali būti taikomas įvairių atominių elektrinių, bei atskirų pastatų ar blokų, eksplotavimo nutraukimo darbams planuoti bei analizuoti. Taip pat naudojant DECRAD programą galima atlkti daugiakriterinių sprendimų analizę (angl. *Multi-Criteria Decision Analysis*). Programoje taikomas AHP metodas (angl. *Analytic Hierarchy Process*), kuris yra tinkamiausias metodas branduolinių įrenginių išmontavimo alternatyvoms parinkti.

2013 m. išplečiant DECRAD funkcionalumą buvo sukurta DECRAD-ACT programa, skirta duomenims apie aktyvuotus branduolinių reaktorių komponentus kaupti ir apdoroti. Ši naujai sukurta DECRAD-ACT programa taikoma jau minėtame Kozloduy AE projekte.

2013 m. laboratorijos mokslininkai buvo pakvesti dalyvauti kaip ekspertai TATENA koordinuojamame projekte **Duomenų analizė ir surinkimas atliekant tiriamųjų branduolinių reaktorių išmontavimo išlaidų įvertinimą (DACCORD)** (2012–2015). Šio projekto tikslas pateikti priemones, patarimus bei pagalbą paruošiant preliminarių išlaidų įvertinimą valstybėms, kurios vykdo ar planuoja vykdysti mažų branduolinių objektų ar tiriamųjų branduolinių reaktorių išmontavimą.

Laboratorijos darbuotojai taip pat dalyvavo branduolinių įrenginių išmontavimo ir gamtos atstatymo mokymo kursuose, kuriuos organizavo TATENA Argono nacionalinėje laboratorijoje (JAV). Mokymuose nagrinėti klausimai apie branduolinių įrenginių išmontavimo planavimą, naudojamas išmontavimo ir dezaktyvavimo technologijas, atliekų, pastatų bei teritorijos radiologinę charakterizavimą, suinteresuotų asmenų indėlių vykdant išmontavimo ar gamtos atstatymo projektuose ir kt.



DECRAD programa atliktas IAE V1 bloko išmontavimo alternatyvų palyginimas taikant daugiakriterinių sprendinių analizę



Dr. A. Šimonis dalyvavo tarptautiniuose branduolinių įrenginių išmontavimo ir gamtos atstatymo mokymo kursuose Argono nacionalinėje laboratorijoje  
(2013 m. balandžio 8–19 d., Ilinojas, JAV)

Nuo 2002 m. laboratorija atlieka gaisro saugos atominėse elektrinėse ir kituose svarbiuose objektuose vertinimus. Laboratorijos mokslininkai, konsultuojami Švedijos ekspertų, įvertino IAE 1-jo ir 2-jos blokų gaisro saugą. Taip pat įvertino kai kurių atnaujintų pakeistos paskirties IAE patalpų bei naujai projektuojamų IAE panaudoto branduolinio kuro ir radioaktyviųjų atliekų saugyklyų 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. atsižvelgiant į detalaus projekto dokumentaciją buvo įvertintas gaisro poveikis labai mažo aktyvumo radioaktyviųjų atliekų buferinėje saugykloje.

2013 m. laboratorijos mokslininkai pradėjo vykdyti biudžeto subsidi-

jomis finansuojamą mokslinį darbą **Kompleksinis radiacinės taršos susidarymo, jos poveikio ir sklaidos, nutraukiant RBMK-1500 reaktorių eksplotaciją bei saugant ir šalinant radioaktyviąsias atliekas, tyrimas** (2013–2015). Šio mokslinio darbotikslas – taikant šiuolaikinius skaitinių tyrimų metodus įvertinti ir patikslinti RBMK reaktorių eksplotacijos nutraukimo bei išmontavimo metu susidarančių radioaktyviųjų atliekų charakteristikas, nulemiančias atliekų tvarkymo metodų parinkimą, tvarkymo ir saugojimo kompleksą bei atliekynų inžinerines konstrukcijas, kompleksiškai išnagrinėti radioaktyviųjų atliekų ir panaudoto branduolinio kuro sąlygojamos jonizuojančios spinduliuotés radiacinį poveikį darbuotojams ir gyventojams. 2013 m. buvo apžvelgti IAE susidariusių radioaktyviųjų atliekų bei panaudoto branduolinio kuro charakteristikų atlikti tyrimai, apibendrinti jonizuojančiosios spinduliuotés bei radionuklidų skliaudos IAE ir jos regione vykdomi tyrimai, išanalizuoti radionuklidų iš esamų ir naujų radioaktyviųjų atliekų tvarkymo, saugojimo kompleksų ir atliekynų patekimo į aplinką būdai, išsisavintos kompiuterinės programos skirtos

radiacinės taršos susidarymo reaktorius komponentuose, jonizuojančios spinduliuotés poveikiui bei radionuklidų sklaidai modeliuoti, sudaryti skaičiavimo modeliai bei gauti preliminarūs rezultatai.

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

2007–2009 m. laboratorijos mokslininkai konsorciume su Pöyry Energy Oy (Suomi) vykdė tyrimus, susijusius su naujos atominės elektrinės statyba Lietuvoje. 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 laboratoriujos) specialistus bei ekspertus, įvertinti galimi poveikiai aplinkai naujos AE statybos ir eksplotacijos metu. 2009 m. pagal PAV ataskaitą iš atsakingų institucijų gautos teigiamos išvados dėl planuojamos ūkinės veiklos, ir Aplinkos ministerija, vadovaudamas PAV ataskaitą, priėmė sprendimą dėl naujos atominės elektrinės statybos Lietuvoje galimybę.

2013 m. laboratorijos mokslininkai vykdė septynis Europos Sąjungos 7-osios programos (7BP) finansuojamus projektus. Trys iš jų yra mokslinių tyrimų projektai:

- **Apšvitintų grafito ir kitų anglies atliekų apdorojimas ir šalinimas (CARBOWASTE)** (2008–2013). 2013 m. laboratorijos mokslininkai kartu su 30 partnerių iš 10 Europos Sąjungos šalių bei Pietų Afrikos Respublikos baigė projekte



numatytius tyrimus. Šiame projekte buvo atlikti skaitiniai tyrimai, susiję su RBMK-1500 reaktoriaus apšvintinto grafito radiologiniu charakterizavimu. Skaitiniams tyrimams buvo taikyta MCNP (LANL, JAV) ir ORIGEN-S (iš SCALE kompiuterinių programų sistemos) (ORNL, JAV) kompiuterinės programos. Vykdant projektą taip pat buvo atlikti RBMK-1500 reaktoriaus apšvintinto grafito galutinio šalinimo atliekyne galimybų tyrimai. Jų metu sukurti atliekyno aplinkos modeliai buvo realizuoti kompiuterine programa AMBER (Quintessa, Jungtinė Karalystė), o radionuklidų pernašos analizė atlikta atsižvelgiant į šiame projekte atliktų tyrimų rezultatus. Tolesnė pernaša gamtinėje aplinkoje įvertinta kompiuterine programa TOUGH2 (LBNL, JAV) sukurtais skaitiniais modeliais.

### FORGE Fate Of Repository Gases

- **Geologiniuose PBK/RA atliekynuose susidarančių dujų elgsena (FORGE)** (2009–2013). 2013 m. laboratorijos mokslininkai kartu su 23 partneriais iš 10 Europos Sajungos šalių baigė projekte numatytius tyrimus ir paruošė galutinę ataskaitą apibendrinančią gautus rezultatus. Projekto eigoje laboratorijos mokslininkai sukūrė modelius dujų sklaidai įvertinti geologinio atliekyno patalpinimo tunelyje ir modulyje. Skaitinis dujų sklaidos vertinimas atliktas kompiuterine programa PETRASIM (JAV), o

gauti rezultatai pateikti skaitinių tyrimų sekcijos koordinatoriams, kurie atliko projekto partnerių gautų rezultatų palyginamąjį analizę.



- **Radioanglies (C-14) šaltiniai (CAST)** (2013–2018). Šiuo projektu siekiama išplėtoti mokslinį supratimą apie radionuklido C-14 susidarymą radioaktyviosiose medžiagose ir jo sklidą esant sąlygom, būdingoms radioaktyviųjų medžiagų pakavimui ir šalinimui geologiniuose kapinynuose. Daugiausiai dėmesio bus skiriamas C-14 sklaidai iš apšvitintų metalų, jonų-mainų dervų ir grafito. Projektą vykdė 33 partneriai iš 12 ES šalių ir 3 ES nepriklausančių šalių. 2013 m. pabaigoje įvyko CAST projekto partnerių įžanginis susitikimas Londone (Jungtinė Karalystė), kuriame pristatyti ir

aptarti prasidėjusio projekto darbų paketai, jų įgyvendinimo planai bei darbų grafikas.

Europos Sajungos 7-osios programos (7BP) finansuojami koordinavimo ir paramos veiklos projektai:



- **Naujų valstybių narių prisijungimas glaudžiam bendradarbiavimui EURATOM moksliniuose tyrimuose (NEWLANCER)** (2011–2013). Projekto, kurį vykdė laboratorijos mokslininkai kartu su 15 partnerių iš 9 ES šalių, pagrindinis tikslas – išanalizuoti naujų ES valstybių narių mokslinių tyrimų galimybes bei skatinti mokslinį bendradarbiavimą su senosiomis ES valstybėmis. 2013 m. įvyko nacionalinis ir regioniniai (Slovėnijoje, Rumunijoje) ekspertų susitikimai, kuriuose aptarta darbų eiga bei rezultatai. Laboratorijos atstovas šiuose susitikimuose pristatė Lietuvos nacionalines strategijas ir programas bei šalyje vykdomus mokslinius tyrimus susijusius su



Dr. E. Narkūnas su NEWLANCER projekto dalyviais laikinojoje radioaktyviųjų atiekų saugykloje Brinje (2013 m. balandžio 15–17 d., Slovėnija)

radioaktyviųjų atliekų ir panaudoto branduolinio kuro tvarkymu ir šalinimu.



- **Nepriklausomos techninės ekspertizės tinklas radioaktyviųjų atliekų šalinimo srityje (SITEX)** (2012–2013). Šį projektą vykdė laboratorijos mokslininkai kartu su 15 kitų organizacijų iš ES šalių, Kanados, Nyderlandų ir Švedijos. Projekto pagrindinis tikslas buvo nustatyti efektyvias priemones, kurias reikia įvykdyti siekiant sukurti nuolatinį 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 nepriklausomų mokslinių tyrimų poreikį, nustatyti rekomendacijų techninei ekspertizei poreikį ir kt. 2013 m. buvo identifikuotos prioritetinių tyrimų kryptys, kuriose techniniams ekspertams reikia įgyti kompetencijos, atlikta projekte dalyvaujančių organizacijų turimos įrangos ir galimybų šiemis tyrimams atliki apžvalga, apžvelgti tarptautiniai reikalavimai ir rekomendacijos reglamentuojantys nepriklausomą saugos analizės ekspertizę, atskirų šalių taikoma praktika, pateikti pasiūlymai vieningai metodikai sudaryti, techninių ekspertų kompetencijoms tobulinti nepriklausomos ekspertizės tinklo rėmuose, efektyviam

visuomenės įtraukimui rengiantis geologinio atliekyno įrengimui.



- **Kompleksinis regiono galimybių statyti naujus reaktorius vertinimas (ARCADIA)** (2013–2016). Projekto tikslas naujosiose Europos Sąjungos šalyse remti ir plėtoti branduolinius mokslinius tyrimus, susijusius su IV kartos reaktorių plėtojimu, daugiausiai dėmėsio skiriant ALFRED (švinu aušinamas reaktorius) demonstraciniam įrenginiui. Projektą vykdė 26 partneriai iš 14 Europos Sąjungos šalių. 2013 m. pabaigoje įvyko ARCADIA partnerių pirmasis ižanginis susitikimas Bukarešte (Rumunijoje), kuriame pristatyti ir aptarti prasidėjusio projekto darbų paketai, jų įgyvendinimo ypatumai bei darbų grafikas.



- **Platformos kūrimas stiprinant socialinius tyrimus susijusius su branduoline energetika centrinėje ir rytų Europoje (PLATENSO)** (2013–2016). Projekto tikslas stiprinti mokslo institucijų, Vidurio ir Rytų Europos Sąjungos šalyse, gebėjimus atliki socialinius ir sociologinius mokslinius tyrimus, susijusius su branduoline energetika. Projektą vykdė 19 partnerių iš 12 Europos Sąjungos šalių. 2013 m. pabaigoje įvyko

PLATENSO partnerių pirmasis ižanginis susitikimas Bratislavoje (Slovakijoje), kuriame pristatyti ir aptarti prasidėjusio projekto darbų paketai, jų įgyvendinimo ypatumai bei darbų grafikas.



Laboratorijos mokslininkai dalyvauja dviejuose TATENA koordinuojamose tyrimų projektuose:

- **Reikalavimai RBMK-1500 apšvitinto grafito apdorojimui siekiant atitikti šalinimo reikalavimus Lietuvoje** (2010–2014); šis projektas vykdomas bendro TATENA koordinuojamo projekto **Apšvitinto grafito apdorojimas siekiant atitikti atliekų šalinimo priimtumo kriterijus** rėmuose. 2013 m. gruodį Vienoje (Austrija) įvyko trečiasis susitikimas, kuriame susipažinta su kitose šalyse vykdomais tyrimais bei pristatyti RBMK-1500 apšvitinto grafito radiologinių savybių tyrimai Lietuvoje.
- **RBMK-1500 panaudoto branduolinio kuro ir saugojimo kontenerių savybių tyrimas labai ilgo saugojimo laikotarpiu** (2012–2016); šis projektas vykdomas bendro TATENA koordinuojamo projekto **Panaudoto branduolinio kuro ir saugojimo sistemos komponentų charakteristikų vertinimas labai ilgo saugojimo laikotarpiu** rėmuose. 2013 m. balandį Villa General Belgrano (Argentina) įvyko pirmasis susitikimas, kuriame išklausyti kitose šalyse vykdomos



Dr. A. Šmaižys TATENA koordinuojamo mokslinių tyrimų projekto dalyvių susitikime  
(2013 m. balandžio 15–19 d. Villa General Belgrano, Argentina)

mų tyrimų rezultatai bei pristatyti RBMK-1500 panaudoto branduolinio kuro ir saugojimo konteinerių savybių tyrimai Lietuvoje, aplankyta Embalse atominės elektrinės panaudoto branduolinio kuro saugojimo aikštėlė. 2013 m. liepą Vienoje (Austrija) dalyvauta TATENA techniniame įvairių šalių ekspertų susitikime panaudoto branduolinio kuro saugojimo klausimais.

## PAGRINDINIAI REZULTATAI

2013 m. užbaigtai Europos Sajungos 7-osios bendrosios programos

finansuojami projektai **Naujų valstybių narių prisijungimas glaudžiam bendradarbiavimui EURATOM moksliniuose tyrimuose (NEWLANCER)** (2011–2013), **Geologiniuose PBK/RA atliekynuose susidarančių dujų elgsena (FORGE)** (2009–2013), **Apšvitintų grafito ir kitų anglies atliekų apdorojimas ir šalinimas (CARBOWASTE)** (2008–2013) ir **Ne-priklausomos techninės ekspertizės tinklas radioaktyviųjų atliekų šalinimo srityje (SITEX)** (2012–2013).

Laboratorijos darbuotojai vykdė 17 taikomųjų darbų bei uždirbo beveik du

milijonus litų. Taip pat aktyviai tobulino kvalifikaciją dalyvaudami įvairiose mokymo programose, koordinaciuose susitikimuose, perskaitė 7 pranešimus tarptautinėse konferencijose (JAV, Graikijoje, Belgijoje ir Lietuvoje), paskelbė 13 mokslinių straipsnių užsienio ir Lietuvos žurnaluose bei leidiniuose.

**Prof. habil. dr. Povilas POŠKAS**  
Branduolinės inžinerijos problemų laboratorijos vadovas  
Tel. 8 37 401891  
El. paštas [Povilas.Poskas@lei.lt](mailto:Povilas.Poskas@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 kūrimo atominių elektrinių apsauginiuose gaubtuose ir kitose patalpose įvertinimas;
- radionuklidų bei aerosolių 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;
- energijos tiekimo tinkluose vykstančių procesų modeliavimas ir patikimumo vertinimas;
- tikimybinis neįprastų įvykių modeliavimas ir analizė;
- modeliavimo rezultatų jautrumo ir neapibrėžtumo analizė;
- fundamentiniai šiluminės fizikos tyrimai.

2013 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 moksliinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros programą; 17 tarptautinių projektų (10 ių Europos Sajungos (ES) 6-osios ir 7-osios BP).



Lietuvos  
mokslo  
taryba

## 1. NACIONALINĖ MOKSLO PROGRAMA ATEITIES ENERGETIKA

2013 m. laboratorijos mokslininkai tėsė du nacionalinės mokslo programos

(NMP) ***Ateities energetika*** Lietuvos mokslo tarybos finansuojamus projektus.

Projekto ***Lietuvos energetikos sistemų patikimumo ir rizikos tyrimas*** tikslas – atlikti Lietuvos energetikos sistemų patikimumo ir rizikos tyrimą. Projektas pradėtas 2012 m. ir bus vykdomas iki 2014 m. pabaigos. Antraisiais projekto įgyvendinimo metais buvo

tęsiami energetikos sistemų modelių ir modeliavimo priemonių išplėtojimo ir patikros darbai, modeliuojami galimi avariniai įvykiai elektros, šilumos bei duju tiekimo sistemos bei atliekama šių sistemų patikimumo analizė. Taikant statistinei analizei bei parametrams vertinti skirtus Bajesinius metodus, atnaujintos atskirų energetikos sistemų (elektros, šilumos bei duju tinklų) patikimumo parametru elektroninės duomenų bazės. Toliau buvo tęsiami energetikos sistemų techninės priežiūros ir ilgalaikio patikimumo tyrimas bei patikimumo parametru neapibrėžtumo analizė. Pritaikius kompleksinę patikimumo vertinimo metodiką atliktas Kauno m. centralizuoto šilumos tiekimo sistemos (CSTS) patikimumo tyrimas. Siekiant nustatyti maksimalias CSTS apkrovas, buvo atlanka ekstremalių avarinių tinklo darbo režimų termohidraulinė analizė. Atsižvelgiant į gedimų statistikos duomenų bei termohidraulinės analizės rezultatus, pavojingiausiuose CSTS ruožuose įvertintas vamzdynų stiprumas bei atlanka struktūrinio vientisumo tikimybinė analizė ir įvertintos vamzdynų trūkio tikimybės. Vertinant Lietuvos duju tiekimo sistemos patikimumą, apibendrinti Lietuvos duju tiekimo sistemos pažeidimų ir jų priežasčių statistikos duomenys. Taip pat atlankti eksperimentai, kurių metu nustatyti dujotiekų vamzdynų metalo mechaninės charakteristikos ir irimo parametrai. Eksperimentinių tyrimų rezultatai bus naudojami kitame projekto etape, atliekant dujotiekų vamzdynų struktūrinio vientisumo ir suirimo tikimybinę analizę. Dujotiekio avarijoms modeliuoti ir jų pasekmėms tirti pritaikytas metodas, leidžiantis įvertinti avarijų pasekmes įvairiuose atstumuose nuo trūkio vienos duju užsiliepsnojimo ir nuolatinės liepsnos atveju. 2013 m. gauti rezultatai leis toliau vykdyti projekte numatytus uždavinius, siekiant atlankti išsamius ener-

getikos sistemų patikimumo ir rizikos vertinimo tyrimus. Gauti rezultatai bus panaudoti lygiagrečiai vykdomame kitame NMP *Ateities energetika* projekte, skirtame Lietuvos energetiniams saugumui tirti.

Kartu su Vytauto Didžiojo universitetu tęsiamas 2012 m. pradėtas NMP *Ateities energetika* projektas **Lietuvos energetinio saugumo tyrimas ir energetinio saugumo lygio įvertinimas**. Projekto pagrindinis tikslas – įvertinti Lietuvos energetinį saugumą ir atlanti jo tyrimą, vadovaujantis LMT finansuoto projekto ATE-08/2010 metu sukurta metodika. Tuo yra siekiama maksimaliai užtikrinti ATE-08/2010 projekto testinumą ir NMP priemonės 1.1 *Lietuvos energetinio saugumo analizés modelio sukūrimas ir tyrimas* tikslų pasiekimą. 2013 m. buvo sudaryta galutinė grėsmių, kylančių Lietuvos energetikos sistemai, aibė. Sudarius ją baigtas kurti iš grėsmių kylančių trikdžių vystymosi energetikos sistemos modelis. Modelis vadovaujasi tiesinio programavimo metodu, ir yra skirtas energetikos sistemų optimizuotai veiklai modeliuoti. Taip pat buvo įvesta energetinio saugumo matavimo metrika, pagal galimus Lietuvos energetikos sistemos plėtros scenarijus sumodeliuoti keli scenarijai, įvardyti Nacionalinėje energetinės nepriklausomybės strategijoje. Išanalizavus įvykių medij sukurta energetinės sistemos tikimybinis modelis bei įvertintos grėsmių realizacijos pasekmės, t. y. duju tiekimo nutraukimo, duju kainos padidėjimo, elektros importo nutraukimo ir kt. tikimybės.

## 2. BRANDUOLINĖS ENERGETIKOS OBJEKTŲ SAUGOS TYRIMAI

Laboratorijs mokslininkai dalyvauja pažangiausiuose tarptautiniuose

branduolinės energetikos mokslinių tyrimų projektuose, skirtuose naujiems branduoliniams reaktoriams kurti bei juos ateityje panaudoti pramonėje ne vien elektros ir šilumos gamybai, bet ir kitiems svarbiems, su branduolinės energetikos sauga susijusiems, klaušimams spręsti. Tęsiamas 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 jėgainių, branduolinio kuro ir radioaktyvių atliekų saugyklių bei atliekynų ir pan.) ir vykdancių šalies branduolinę programą.

### **Ilgalaikė institucinė mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros programa „Branduoliniuose ir termobranduoliniuose įrenginiuose vykstančių saugai svarbių procesų moksliniai tyrimai“**

Šios 2012 m. pradėtos 5 metų trukmės programos tikslas – atlanti šiuolaikiškuose ir naujos kartos branduoliniuose reaktoriuose bei termobranduoliniuose įrenginiuose vykstančių saugai svarbių procesų tyrimus. Šiuo metu nėra sukurtos vieningos saugos vertinimo metodologijos, o saugai vertinti atskirai naudojamos deterministinės ir tikimybinės saugos analizės neįvertina tarpusavio sąryšio 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. 2013 m. buvo tęsiamas branduolinių elektrinių saugos analizėse naudojamų kompiuterinių programų paketu ir skaitinių modelių verifikacija

ir validacija, atliekama procesų naujos kartos branduoliniose reaktoriuose bei termobranduolinės sintezės įrenginiuose analizė eksplotacijos, projektinių ir sunkiųjų avarių metu, sudaryti galimi vandenilio keliamo pavojaus mažinimo priemonių panaudojimo branduolinėse jėgainėse scenarijai, kurie bus analizuojami tolesniais projekto etapais. Taip pat atlikta senėjimo mechanizmų analizė naujos kartos branduoliniių reaktorių pagrindiniame cirkuliacinėme kontyre, apžvelgti normatyviniai dokumentai, naudojami struktūriniam vientisumui įvertinti, bei vykdomi kiti programos etapai, skirti naujos kartos branduoliniose reaktoriuose bei termobranduoliniose įrenginiuose vykstančių saugai svarbių procesų tyrimams bei skėtinės kompleksinės (determininės ir tikimybinės) saugos analizės metodologijai rengti.

Programos vykdymo metu atlikti tyrimai ir sukaupta patirtis bus svarbūs tobulinant branduolinės energetikos srityje dirbančių Lietuvos mokslininkų kompetenciją, kuri būtina siekiant įvertinti tiek Lietuvoje, tiek kaimyninėse šalyse statomų ar planuojamų statyti branduolinių jėgainių saugą visais AE gyvavimo etapais – parenkant jėgainę, projektuojant, statant, eksplotuojant ir nutraukiant jos darbą bei tvarkant radioaktyvišias atliekas. Dalyvavimas termobranduolinės sintezės įrenginių projektavimo ir analizės darbuose leis neatsilikti nuo pažangiausių technologijų ir išlaikyti aukštą pasaulinio lygio mokslinį potencialą.



### **Atominių elektrinių sunkiųjų avarių tyrimų kompetencijos tinklas**

2013 m. buvo baigiami ES 7BP **SARNET-2** projekto metai (dotacijos

sutartis pasirašyta 2009 m.). Šiame projekte, skirtame AE sunkiųjų avarių reiškinių ir valdymo tyrimų integracijai Europoje, kartu su LEI dalyvavo 41 ES šalies mokslo ir verslo institucijos. Laboratorijos mokslininkai SARNET-2 projekte atliko tyrimus trijose darbo grupėse:

- WP4-ASTEC – integralinio programų paketo ASTEC, skirto sunkiosioms avarioms branduolinėse jėgainėse modeliuoti, adaptavimas ir patikra;
- WP5-COOL – išsilydžiusios aktyviosios zonas ir likusių nuolaužų aušinimo tyrimai;
- WP7-CONT – procesų, vykstančių branduolinių jėgainių apsauginiuose kiautuose, analizė.

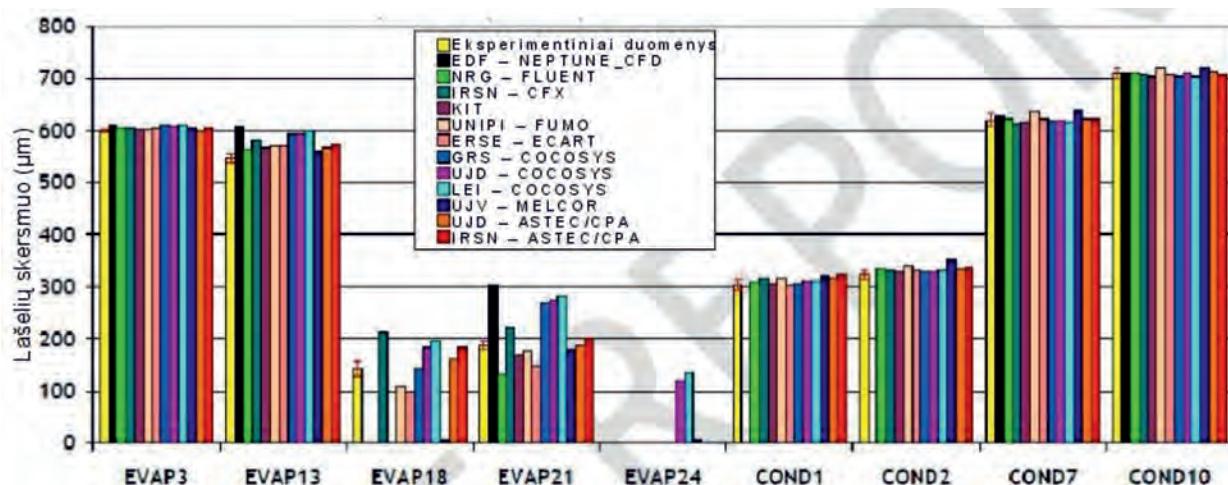
Dalyvaujant WP4-ASTEC darbo grupės veikloje LEI atstovas buvo nuvykęs į ASTEC programų paketo naudotojų grupės susitikimą, kuris vyko 2013 m. sausio 28 – vasario 2 d. Marselyje, Prancūzijoje. Susitikime buvo pristatyti ASTEC naudotojų atliktų tyrimų, modeliuojant šiuo programų paketu, rezultatai. Programos kūrėjai supažindino su naujais paketo patobulinimais, naujomis galimybėmis bei informavo apie tolesnius darbus. LEI

atstovas pristatė instituto pasiekimus taikant programą ASTEC termobranduolinės sintezės įrenginiui modeliuoti. Taip pat šios darbo grupės veiklos apimtyje laboratorijos specialistai modeliavo neprojektinės avarių ivykius Ignalinos AE panaudoto kuro saugojimo baseinuose tuo atveju, kai prarandamas aušinantis vanduo. 2013 m. atlikto darbo ypatumas – skaitinis tyrimas atliktas trimis sunkiųjų avarių analizei skirtais programų paketais ATHLET-CD, RELAP/SCDAPSIM ir ASTEC. Tokių pačių reiškinių modeliavimas skirtingais programų paketais bei gautų rezultatų palyginimas leido išsamiai įvertinti kompiuterinių modeliavimo priemonių galimybes. Nustatyta, kad taikomos skirtinės modeliavimo prielaidos bei programų paketuose naudojami skirtinės skaitiniai sprendimai sukelia skaitinių rezultatų skirtumus.

Dalyvaujant WP5 COOL darbo grupės veikloje LEI atstovai atliko aktyviosios zonas pakartotinio užlejimo vandeniu skaitinius tyrimus – buvo modeliuojami Forschungszentrum, Karlsruhe QUENCH įrenginyje atlikti eksperimentai. QUENCH-03 eksperimentas, kai smarkiai įkaitusi aktyviajų zoną imituojanti strypų rinklė užlejama vandeniu, buvo sumodeliuotas RELAP/SCDAPSIM ir ASTEC programų pake-



*SARNET-2 WP7-CONT susitikimo dalyviai Lietuvos energetikos institute*



Išmatuoto ir apskaičiuoto vandens lašelio skersmens palyginimas (dalyvavusių organizacijų rezultatai)

tais. Nagrinėta modeliavimo parametrų jautrumo įtaka skaitinio modeliavimo rezultatams. Daugiausiai dėmesio buvo skiriamas sparčiai egzoterminei cirkonio–garo reakcijai, kurios metu išsiskiria vandenilis ir didelis šiluminės energijos kiekis, modeliuoti. Atlikta analizė leido nustatyti modeliavimui tinkamiausius skaitinius sprendimus.

2013 m. sausio 19–21 d. Lietuvos energetikos institute įvyko WP7-CONT darbo grupės baigiamasis posėdis, kuriame aptarti darbo rezultatai ir apžvelgti likę numatyti darbai. Posėdyje dalyvavo 20 atstovų iš projekte dalyvaujančių organizacijų.

WP7-CONT veikloje LEI dalyvauja dviejose darbo grupėse: WP7.2 *Vandenilio maišymasis ir degimas apsauginiame kiaute* ir WP7.3 *Tyrimo rezultatų pritaikymas reaktoriui*.

#### **Vandenilio maišymasis ir degimas apsauginiame kiaute (WP7.2)**

#### **Apsauginiuose kiautuose naudojamų purkštuvų modeliavimas**

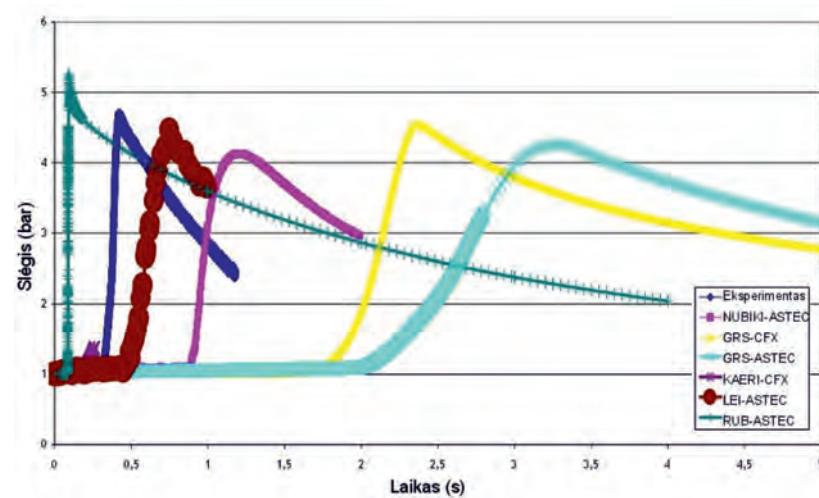
Vandens lašelių ir apsauginio kiauto atmosferos sąveika yra svarbus tyrimų objektas, kadangi hipotetinės sunkiosios avarijos atveju atominės elektrinės apsauginiame kiaute esančios vandens purškimo sistemos būtų

naudojamos siekiant neleisti susidaryti pavojingam slėgiui (dėl vandens garo ištekėjimo) bei siekiant sustiprinti duju maišymąsi, taip neleidžiant susidaryti didelėms vietinėms vandenilio koncentracijoms.

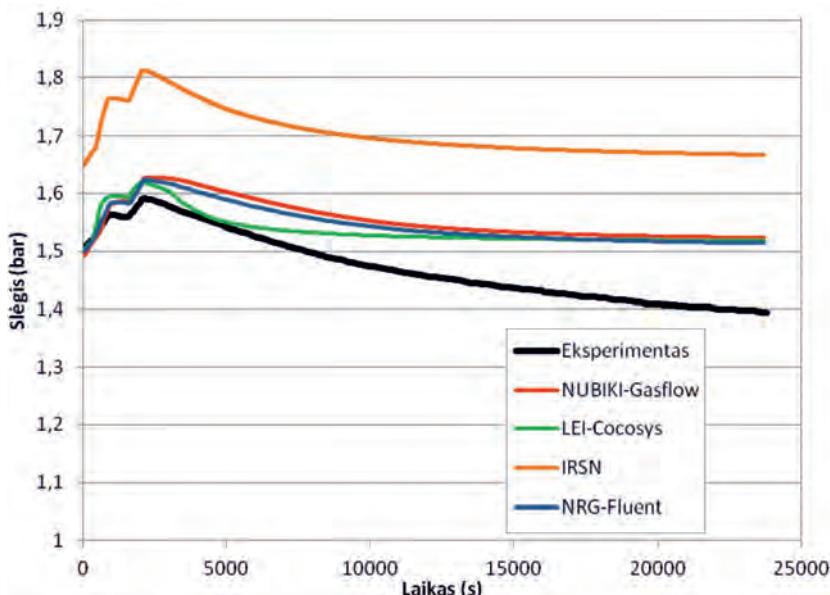
Eksperimentus atliko IRSN organizacija, o kitos organizacijos – analitinį darbą ir, naudodamas turimus programų paketus, siekė sumodeliuoti eksperimentų eiga. Paveiksle parodytas išmatuoto ir dalyvavusių organizacijų nustatytas vandens lašelio skersmens palyginimas. Atliktas darbas leido įvertinti kiekvieno programų paketo privalumus/trūkumus ir nustatyti esmines neatitikimų priežastis.

#### **Vandenilio degimas**

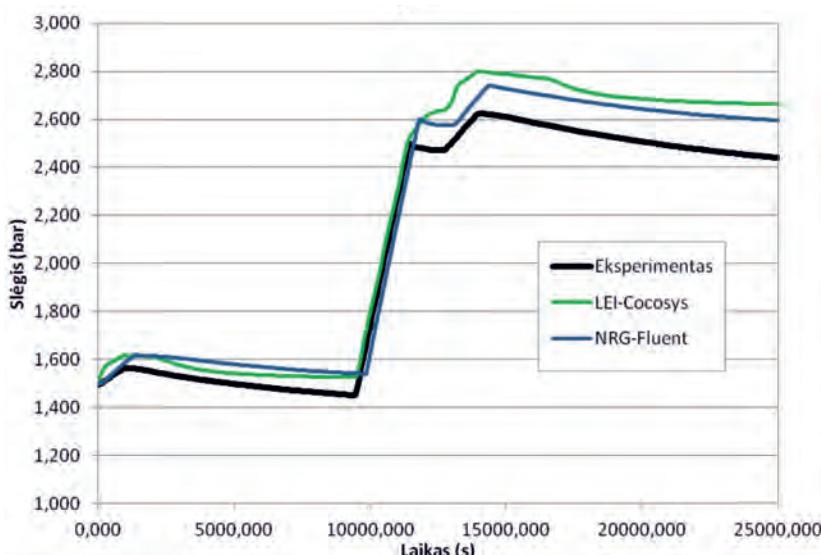
Vandenilio degimas yra svarbus todėl, kad užsidegus dujoms apsauginiame kiaute gali būti pažeistos jo konstrukcijos ir radioaktyvios medžiagos galėtų pasklisti už atominės elektrinės ribų. Siekiant suprasti vykstančius procesus ir įvertinti kompiuterinių programų galimybes, šiemis procesams modeliuoti SARNET-2 projekte buvo vykdomas matavimų ir modeliavimo rezultatų palyginimas. Vandenilio degimo eksperimentai buvo atlikti IRSN (Prancūzija) kompanijoje, o kitos organizacijos, naudodamos įvairius programų paketus, atliko eksperimento modeliavimą (žr. pav.).



Išmatuoto ir apskaičiuoto slėgio kitimo palyginimas (dalyvavusių organizacijų rezultatai)



*PAR2 eksperimento metu išmatuoto ir apskaičiuoto slėgio kitimo palyginimas (dalyvavusių organizacijų rezultatai)*



*PAR4 eksperimento metu išmatuoto ir apskaičiuoto slėgio kitimo palyginimas (dalyvavusių organizacijų rezultatai)*

Pagrindinės atlikto darbo išvados yra šios:

- Programų paketai gali apskaičiuoti maksimalią slėgio vertę ir vandenilio sudegimo laipsnį;
- Siekiant geriau įvertinti priemaišų įtaką kvazilaminariame degimo režime, degimo greitėjimo ir lėtėjimo fazėse, reikia pakoreguoti vandenilio degimo modelius.

#### **Tyrimo rezultatų pritaikymas reaktoriui (WP7.3)**

#### **Pasyvių vandenilio deginimo įrenginių modeliavimas**

Atomine elektrinėse, siekiant sumažinti vandenilio degimo keliamą pavojų, dažnai yra naudojami pasyvūs autokatalitiniai vandenilio deginimo įrenginiai. Šiame uždavinyste buvo įvertinti PAR modeliai, naudojami įvairiuose programų paketuose. Eksperimentus THAI eksperimentų stende atliko GRS mbH (Vokietija). Pagrindinė

atliko darbo išvada – programų paketai gali modeliuoti PAR įrenginiuose vykstančius esminius procesus, tačiau, kadangi buvo pastebėti esamų modelių svarbūs trūkumai, būtina toliau juos tobulinti.



#### **Branduolinųjų jėgainių darbo ištakliaus įvertinimas**

2012 m. buvo pabaigtos ES 6BP kompetencijos tinklo **NULIFE (Nuclear Plant Life Prediction)** suplanuoti tiriamieji darbai ir parengta branduolinųjų įrenginių ilgaamžiškumo valdymo metodologija. Šio projekto vykdymo konsorciumas, kurį sudarė 10 organizacijų dalyviai ir 27 organizacijų sutarties partneriai, koordinatorius – Suomijos moksliinių tyrimų centras VTT. Kitas šio projekto tikslų buvo virtualaus instituto, galinčio atlikti ilgaamžiškumo įvertinimo moksliinius tyrimus Europos branduolinųjų įrenginių gamybos pramonėje, įsteigimas. Tačiau 2011 m. buvo nuspresta vietoj virtualaus instituto įkurti asociaciją, kuri vienytų ne tik ilgaamžiškumo įvertinimo moksliinius tyrimus atliekančias institucijas, bet ir bendrus moksliinių tyrimų ir plėtros projektus atominės energetikos srityje atliekančias organizacijas. Taigi, 2011 m. lapkričio 14 d. įkurta asociacija NUGENIA, jungianti SNETP, Gen II/III, NULIFE ir SARNET kompetencijos tinklus, numatant 7 tyrimo ir plėtros sritis. Tęsiant veiklą, vykdytą NULIFE projekte, 2013 m. instituto darbuotojai dalyvavo ruošiant NUGENIA struktūrinio vientisumo; medžiagų senėjimo ir ilgaamžiškumo; saugos ir rizikos įvertinimo grupių veiklos gairių dokumentus ir naujų projektų pasiūlas INCEFA (*INcreasing Safety in NPPs by Covering gaps in Environmental Fatigue Assessment*), LOTERINT (*LONG TERm*

*INtegrity of RPV internals) ir PROSafe (PRObabilistic approach of RPV and other SAFEty critical systems integrity assessment for long term operation).*



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

NUGENIA asociacija, apimanti Darnios branduolinės energetikos platformos (SNETP) bei kompetencijos tinklą NULIFE ir SARNET veiklas, tėsė savo darbus ir 2013 m. Asociacija jungia pramonės, mokslinių tyrimų ir saugos organizacijas, vykdančias bendrus mokslinių tyrimų ir plėtros projektus branduolinės energetikos srityje. Asociacija inicijuoja ir koordinuoja ES valstybėse eksplloatuojamiems II ir III kartos branduoliniams reaktoriams aktualius mokslinius tyrimus. NUGENIA veikla organizuota aštuoniomis mokslinių tyrimų kryptimis ir apima kryptis, apibrėžtas SNETP *Strateginiai mokslinių tyrimų plane*. LEI yra NUGENIA asociacijos narys ir kartu su kitais dalyviais aktyviai dalyvauja visose aštuoniose NUGENIA asociacijos mokslinių tyrimų ir plėtros srityse. 2013 m. parengtas *NUGENIA kelrodis* (*NUGENIA roadmap 2013*), identifikuojantis iššūkius ir veiklų prioritetus, atliekant II ir III kartos branduoliniams reaktoriams aktualius mokslinius tyrimus. 2013 m. laboratorijos atstovai tėsė savo veiklą šioje asociacijoje teikdami tiek pasiūlymus *NUGENIA kelrodžiui*, tiek naujų projektų idėjas.

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

Branduolinių įrenginių saugos laboratorijos mokslininkai nuo 2009 m.



### **dalyvauja *Europos techninių saugos organizacijų tinklo* (ETSON) veikloje.**

10 Europos šalių (Belgijos, Bulgarijos, Čekijos, Suomijos, Vokietijos, Prancūzijos, Lietuvos, Slovakijos, Slovénijos, Šveicarijos) organizacijų yra tikrieji ETSON nariai, o 3 šalių (Japonijos, Ukrainos, Rusijos) organizacijos – asocijuoti ETSON nariai. Pagrindiniai ETSON tikslai yra:

- Būti branduolinės saugos srities mokslinių tyrimų ir plėtros mainų forumu;
- Prisidėti skatinant branduolinės saugos praktikos Europoje ir už jos ribų suvienodinimą;
- Planuoti branduolinės saugos mokslinio tyrimo programas ir skatinti jų įgyvendinimą;
- Paspartinti ES direktyvos dėl branduolinės saugos taikymą;
- Bendradarbiauti įgyvendinant saugos vertinimo ir mokslinių tyrimų projektus.

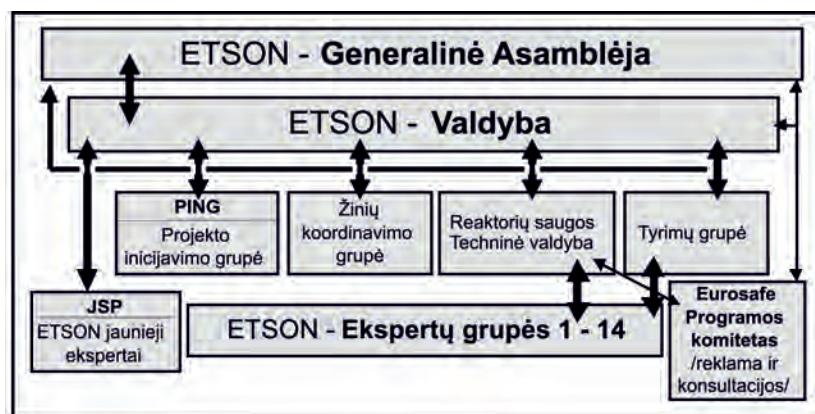
LEI atstovai aktyviai dalyvauja ir turi savo atstovus visose pagrindinėse ETSON organizacijos struktūrose ir grupėse.

2013 m. vykusiame ETSON Generalinės asamblėjos posėdyje išrinkta ETSON taryba, kurios nariais tapo IRSN

(Prancūzija), LEI (Lietuva), GRS (Vokiečija), BelV (Belgija), SSTC (Ukraina) atstovai. LEI atstovu Taryboje išrinktas prof. E. Ušpuras. LEI atstovo išrinkimas į pagrindinę ETSON valdymo struktūrą rodo LEI kompetencijos ir indėlio pripažinimą, vykdant ETSON veiklas.

ETSON tinkle yra įsteigta keturiolika ekspertų grupių svarbiausiose branduolinės saugos mokslinių tyrimų srityse. Laboratorijos atstovai dalyvauja vykdant visas šias veiklas:

- Eksploatacinės patirties vertinimas, išskaitant avarinių įvykių ir jų priežasčių analizę;
- Mechaninės sistemos;
- Sunkios avarijos;
- Įrangos atestacija aplinkos sąlygoms;
- Šilumnešio saugos sistemos, išskaitant pagalbines sistemas;
- Žmogaus ir organizacijos veiksnų įtaka;
- Tikimybinė saugos analizė;
- Eksploatacijos ištakliaus valdymas (įrangos senėjimas);
- Termohidraulinė analizė (pereinamieji įvykiai, avarijos);
- Saugos konceptijos, apsauga „i gylį“;
- Procesai reaktoriaus aktyviojoje zonoje;
- Avarinė parengtis ir reagavimas;
- Branduolinės atliekos ir AE eksplatacijos nutraukimas.



*ETSON tinklo veikla*



*ETSON Jaunimo programos vasaros seminaras, LEI, 2013 m. rugpjūčio 26–30 d.*

**ETSON** junior staff programme

ETSON ekspertų bei koordinuojančių grupių susitikimuose nuolat aptariantas ETSON organizacijų dalyvavimas planuojamuose ir vykdomuose ES projektuose. Tokiuose Europos valstybių ekspertų susitikimuose galima tiesiogiai susipažinti su naujausiomis determininėmis saugos, rizikos vertinimo bei tikimybinės analizės atlikimo ir taikymo idėjomis ir prisdėti prie naujų mokslinių ir taikomųjų darbų branduolinės saugos analizės srityje.

2013 m. rugpjūčio 26–30 d. LEI vyko ETSON Jaunimo programos vasaros seminaras avarijų valdymo klausimais. Dalyvavo rekordiškai daug dalyvių (42 dalyviai iš 11 organizacijų), kurie skaitė paskaitas, lankė praktinius užsiėmimus bei dalyvavo techniniuose vizituose.



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

2013 m. buvo tėsiamas tarptautinis ES 7BP projektas **SARGEN-IV**, kurio tikslas yra sukurti suderintą Europos šalių metodiką, skirtą ketvirtosios kartos greitujų neutronų spektro 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.

2013 m. LEI dalyvavo dvių projekte vykdomų darbo grupių veikloje: (1) Europos šalių saugos metodikų bandomas taikymas ir (2) greitujų neutronų

reaktorių saugai skirtų mokslinių tyrimų ir technologijų plėtros Europoje veiksmų plano išplėtojimas. Pirmojoje darbo grupėje, vadovaujant specialistams iš Vokietijos GRS kompanijos, buvo parengta ataskaita, kurioje pasiūlytos saugos įvertinimo metodikos taikymas buvo aptartas parinktiems pradieniams avariniams įvykiams. Šis darbas leido įvertinti metodikos tinkamumą ir parengti rekomendacijas būsimiems mokslo tyrimo projektams, skirtiems skirtiniems IV kartos branduolinių reaktorių prototipams plėtoti. Laboratorijos specialistai parengė ataskaitos skyrių apie ankstyvajį deterministinės ir fenomenologinės bei tikimybinės saugos analizės yra sudėtinė analitinė priemonių, sudarančių integruotos

saugos vertinimo metodiką (IV kartos branduolinių reaktorių tarptautinio forumo sukurto saugos vertinimo proceso įrankio), dalis. Ši analizė leidžia išryškinti galimas reaktorių avarių pasekmes ir sukurti sąlygas jų konstrukcijų patobulinimams. Dalyvaudami antrosios darbo grupės veikloje kartu su partneriais LEI specialistai IV kartos branduolinių reaktorių saugos mokslinių tyrimų srityje identifikavo dar neišspręstus klausimus. Darbo eigoje išnagrinėti šie keturi IV kartos greitujų reaktorių prototipai:

- (1) dujomis aušinamas greitujų neutronų reaktorius,
- (2) skystuoju natriu aušinamas greitujų neutronų reaktorius,
- (3) skystuoju metalu (švinu) aušinamas greitujų neutronų reaktorius,
- (4) švinu–bismutu aušinamas greitintuvu principu veikiantis įrenginys.

Tyrimo metu buvo įvertinti kiekvienai koncepcijai specifiniai saugai svarbūs reiškiniai bei patirtis, igyta atliekant Fukušimos AE avarijos analizę. Pagal gautus tyrimų rezultatus ir darbo išvadas buvo pasiūlyta preliminari darbų programa ateityje, t. y. parengtas greitujų neutronų reaktorių saugai skirtų mokslinių tyrimų ir technologijų plėtros Europoje veiksmų planas.



#### *Regionų pajėgumų, plėtojant naujus reaktorius, integruotas vertinimas*

2013 m. buvo pasirašyta sutartis ir nuo lapkričio 1 d. pradėtas įgyvendinti ES 7BP projektas **ARCADIA**. Šis projektas apima dvi branduolinės energetikos įgyvendinimo sritis, numatytais technologinės platformos SNETP strateginiame tyrimų ir inovacijų plane:

1) ESNII per paramą skystu švinu aušinamo IV kartos reaktoriaus statybai Rumunijoje ir

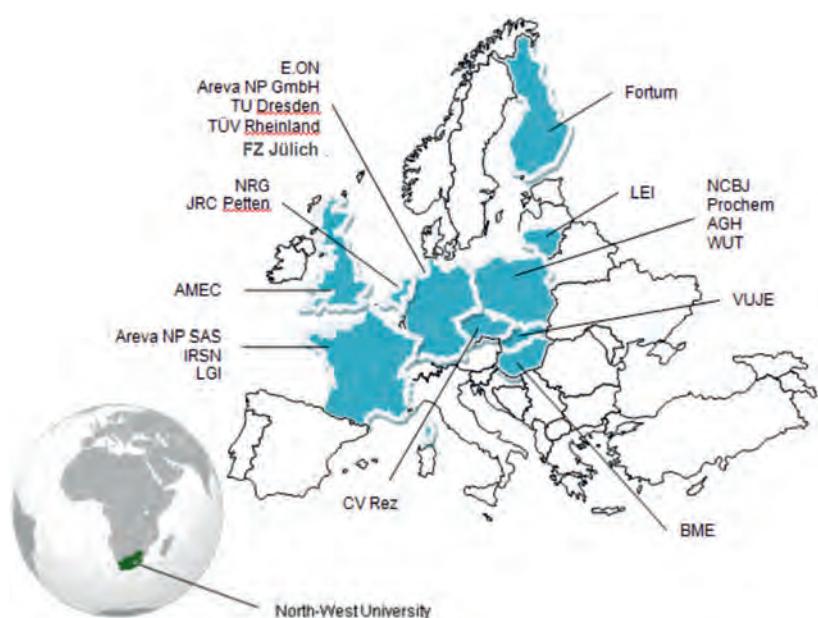
2) NUGENIA per paramą sprendžiant likusius III kartos branduolinių reaktorių saugos klausimus.

Iš viso projekte dalyvauja 26 Europos šalių organizacijos, projekta koordinuoja Rumunijos kompanija INR. Projekto darbų programa apima 7 darbo paketus. LEI dalyvauja 5-e, iš kurių LEI yra 2-ą darbo paketų (WP5 – Bendradarbiavimas ir rezultatų sklaida ir WP6 – Tyrimų reaktorių tinklas skystuoju švinu aušinamų reaktorių technologijai ir padidintai vandeniu aušinamų reaktorių saugai) koordinatoriai. Pirmasis projekto posėdis 2013 m. lapkričio 14–15 d. vyko Bukarešte (Rumunija). Įgyvendinant šį projekto dalyvauja Branduolinių įrenginių saugos ir Branduolinės inžinerijos problemų laboratorijų mokslininkai.

#### *Branduolinės energijos kogeneracijos pramonėje iniciatyva – mokslinių tyrimų ir plėtros koordinavimas*

2013 m. spalį prasidėjo 7BP Euronatom inicijuotas tarptautinis projektas NC2I-R *Branduolinės energijos kogeneracijos pramonėje iniciatyva – mokslinių tyrimų ir plėtros koordinavimas*, kuriamė dalyvauja ir LEI mokslininkai. Strateginis NC2I-R projekto tikslas – struktūrizuoti Europos viešojo ir privataus sektorių mokslinių tyrimų ir plėtros pajėgumus, pristatant visuomenei branduolinės energijos kogeneracinėj parodomajų pramoninėj objektų, kuris visiškai atitinka rinkos poreikius. Šio dvejų metų projekto, kurį koordinuoja Lenkijos branduolinių mokslinių tyrimų centras NCBJ ir kuriamė dalyvauja įvairių šalių mokslo tyrimo institucijos bei pramonės įmonės (iš viso 21 dalyvis), metu bus atlikta galimybų studija – branduolinius reaktorius panaudoti ne tik elektrai, bet ir šilumai gaminti. Garo, gaminamo įprastose šiuolaikinėse branduolinėse jėgainėse, temperatūra yra per žema (nors ji ir siekia 280 °C), kad jis būtų panau-

**NC2I-R**  
Nuclear Cogeneration Industrial Initiative – Research



*NC2I-R projekto dalyviai*

dotas technologiniuose pramoniniuose procesuose, pvz., gaminti vandenilį ar sintetines dujas, chemijos pramonėje ir pan. Šiuo aspektu yra tinkamas ir projekte numatyta nagrinėti aukštų temperatūrų reaktorius HTR, kuris gali tiekti reikiamų parametrų garą (~600–700 °C). Tokia branduolinės energijos kogeneracinė kompleksinė sistema turi būti išbandyta, jos ekonomišumas, naudingumas, sauga bei tiražavimas turi būti įrodyti bandomajame įrenginyje iki jos įdiegimo pramoniniu mastu, ir tam reikia mokslinių tyrimų, pirmieji kurių inicijuojami ir bus atliekami šiame projekte. Tačiau NC2I-R projekto veikla tuo neapsiriboja: numatyta identifikuoti esamą ir sukaupti žinias apie būtiną būsimą veiklos infrastruktūrą pasauliniu mastu bei reikiamą kompetenciją, apibrėžti būsimos kogeneracinės sistemos saugos reikalavimus bei licencijavimo procesą, parengti jungtines gaires šiame projekte išskeltam strateginiam tikslui pasiekti bei šios iniciatyvos įdiegimo scenarijus, taip pat numatyta plati švietėjiška veikla įvairioms visuomenės grupėms bei ryšiai su galima lobistais.

Daugiausiai pastangų šiame projekte laboratorijos mokslininkai skirs atlikdami darbus 3 užduotyje *Sauga ir licencijavimas*, atlikdami dabar taikomo branduoliniams objektams licencijavimo proceso analizę, siekiant jį pritaikyti branduolinės energijos kogeneracinei sistemai, bei apibrėžiant reikiamą mokslo tyrimų apimtį vertinant tokį sistemų saugą.

**cesam**  
CODE FOR EUROPEAN SEVERE ACCIDENT MANAGEMENT

### **ASTEC programų paketo kaip sunkiųjų avarių valdymo Europoje įrankio įtvirtinimas**

ES 7BP mokslinių tyrimų, technologinės plėtros ir demonstracinių

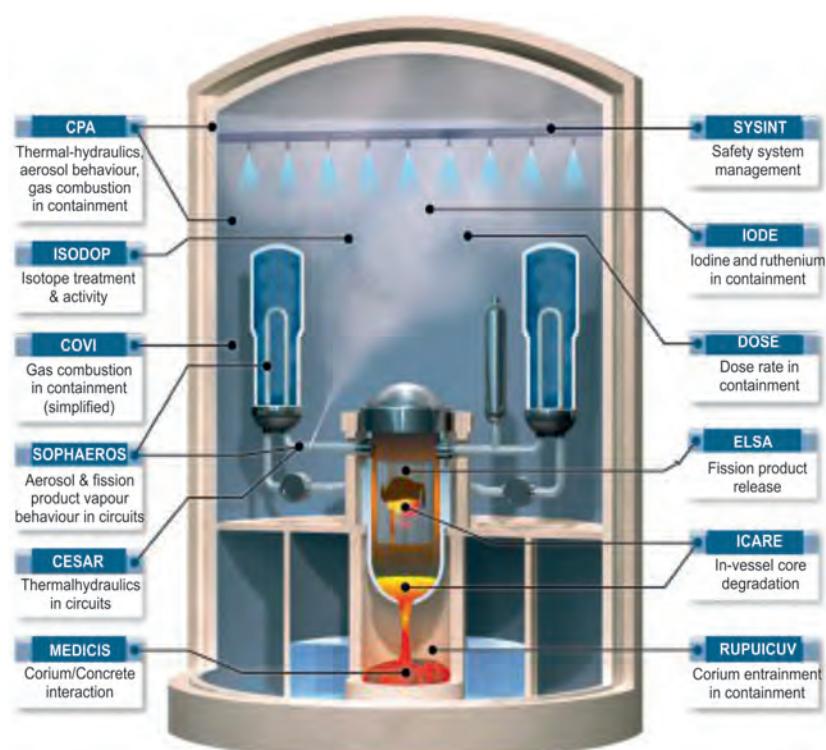
veiklos programos projektas **CESAM – Europos sunkiųjų avarių valdymo programų paketas** prasidėjo 2013 m. balandžio 1 d. Projekto tikslas – įtvirtinti Europoje ASTEC programų paketą kaip pagrindinę priemonę sunkiosioms avarijoms valdyti visose Europos II ir III kartos AE (PWR, BWR, CANDU). Projekto, kurio bendra trukmė 4 metai, darbai suskirstyti į keturias veiklas:

- ASTEC programų paketo mokslinis palaikymas, t. y. naujų modelių įtraukimas į programų paketą,
- naujų modelių sukūrimas, įvertinant žinias apie naujausius egzistuojančius fizinius modelius,
- programų paketo validacija, naujodant eksperimentinius duomenis, ir palyginamujų skaiciavimų atlikimas,
- ASTEC programų paketo taikymas, atliekant jégainių analizę ir sunkiųjų avarių valdymo efektyvumo gerinimo metu, ir tipinių Europos jégainių su PWR ir BWR tipo

reaktoriais tipiškų įvesties rinkinių sudarymas.

Šiame projekte dalyvauja 18 ES institucijų, tarp kurių yra ir Lietuvos energetikos institutas. LEI mokslininkai dalyvauja EK Jungtinio tyrimų centro JRC koordinuojamoje darbo grupėje **WP40 Pritaikymas jégainėse ir sunkiųjų avarių valdymas**. LEI specialistai, naudojant ASTEC programų paketą, projekto eigoje kartu su partneriais sudarys branduolinės jégainės su pasirinkto BWR tipo reaktoriumi modelį bei, naudojant ASTEC ir RELAP/SCDAPSIM programų paketus, atliks pasirinktos BWR tipo jégainės panaudoto kuro baseinų palyginamuosius skaičiavimus.

2013 m. LEI specialistai surinko informaciją apie BWR tipo jégainėse vykstančius procesus, kurie būdingi tiek normalios ekspluatacijos, tiek avarijų metu, bei sukaupė informaciją apie sunkiųjų avarių valdymo būdus bei priemones BWR jégainėse. Kartu su projekto partneriais aptartas bei



ASTEC programų paketo struktūra

parengtas techninio žinyno (modelio aprašymo) formatas. Šiuo metu projekto dalyvių svarstymui pateikti du jėgainių su BWR reaktoriais tipai, kuriems planuojama sudaryti tipiškus ASTEC modelius:

- 1) GE BWR4-Mark I (St Maria de Garona jėgainė Ispanijoje ar Mühleberg jėgainė Šveicarijoje),
- 2) Siemens KWU BWR 72 (Grundremmingen jėgainė Vokietijoje).

LEI specialistai išanalizavo ir apraše Laguna Verde jėgainės GE BWR-5 reaktoriaus modelį ir paruošė įvadinių failą, skirtą RELAP/SCDAPSIM programų paketui. Naudojant šį skaitinį modelį atlikta sunkiosios avarijos (visiškas elektros energijos praradimas), panašios į įvykusią Fukušimos AE, analizę.

Tarpininkaujant TATENA LEI mokslininkai įsigijo ABWR skaitinį treniruoklį, kuriame modeliuojamas branduolinis reaktorius, jo saugos sistemos bei kuriuo galima imituoti įvairias avarijas. Naudojant šį treniruoklį buvo analizuojamos ABWR reaktoriuje vykstančios avarijos bei saugos sistemų atsakas į jas.

Vadovaujantis anksčiau LEI specialistų sudarytais IAE panaudoto kuro baseinų ASTEC ir RELAP/SCDAPSIM programų paketais sudarytais modeliais, sudarytas pradinis BWR tipo jėgainės panaudoto kuro baseinų modelis, tam panaudojant ASTEC bei RELAP/SCDAPSIM programų paketus.



### **Pažangi saugos vertinimo metodologija taikant išplėstinę tikimybinę saugos analizę**

Konsorciume, vadovaujamame Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), nuo 2013 m. LEI dalyvauja įgyvendinant naują ES 7BP projektą **Pažangi saugos vertinimo metodologija taikant išplėstinę tikimybinę saugos analizę**. Projekto veiklos pradžia – 2013 m. liepos 1 d., projekto trukmė – 36 mėn. Projekto partneriai yra 28-ios organizacijos iš 18-os Europos šalių, projekte taip pat dalyvauja ir keli asocijuoti nariai: US-NRC, JANSI bei TEPCO.

2013 m. pradėtos veiklos visuose penkiuose pagrindiniuose projekto darbiniuose paketuose:

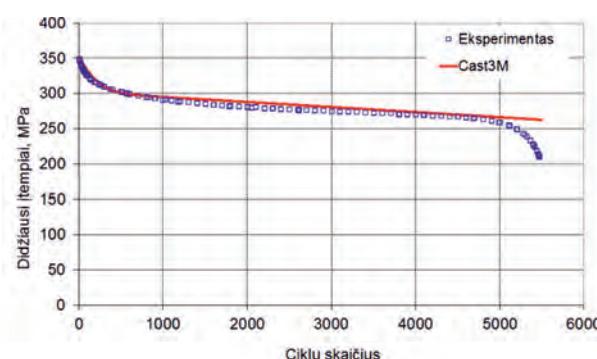
- WP10: Ryšys su naudos gavėjais;
- WP21: Pradinių įvykių (vidinių ir išorinių pavoju) modeliavimas;
- WP22: Kaip į 1-o lygio TSA įtrauktų pavoju ir visas galimas įvykių kombinacijas?;
- WP30: Bendri klausimai dėl išplėstinės TSA apimties ir taikymų;
- WP40: 2-o lygio TSA Specifiniai klausimai.

LEI planuoja dalyvauti visų projekto darbo paketų veikloje. 2013 m. daugiausiai dėmesio skirta veikloms, susijusiomis su pradinių įvykių (vidinių ir išorinių pavoju) identifikavimu, projekto veiklas apimančių literatūros šaltinių peržiūra bei klausimyno parengimu naudos gavėjams.

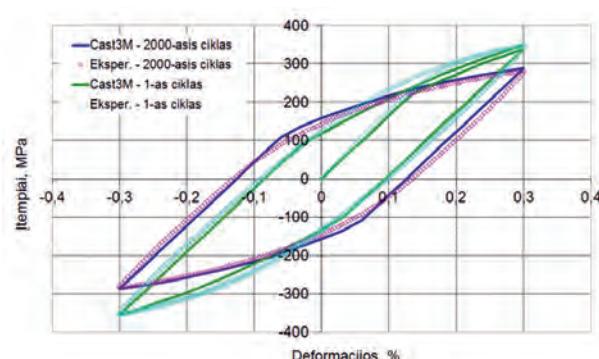
### **MATTER (MATERIALS TEsting and Rules)**

#### **Medžiagų bandymas ir normos**

Toliau buvo tēsiamas ES 7BP projektas **MATTER** (pradžia 2011 m. sausio 1 d.). Pagrindinis projekto tikslas – atlikti išsamius medžiagų elgsenos tyrimus, esant IV kartos branduolinių reaktorių eksploatavimo sąlygoms. Darbe dalyvauja Branduolinių įrenginių saugos ir Medžiagų tyrimų ir bandymų laboratorijų mokslininkai. 2013 m. buvo atliekami gauto bazinio P91 plieno tyrimai: pagaminti bandiniai, atlikti nuovargio bandymai, sudaryta nuovargio kreivė. Ištyrus suvirintus bandinius bei vadovaujantis šia nuovargio kreive ateityje bus nustatyti suvirinimo koeficientų reikšmės. Šiuos darbus atliko Medžiagų tyrimų ir bandymų laboratorijos mokslininkai. Lygiagrečiai eksperimentiniams tyrimams buvo tēsiami medžiagų nuovargio modeliavimo tyrimai, taikant baigtinių elementų metodiką. Baigtinių elementų analizės rezultatai leido išsamiau suprasti medžiagos elgseną.



Itempių priklausomumai nuo ciklų skaičiaus



1-ojo ir 2000-ojo ciklo histerezės kilpos

esant nuovargui. Nuovargio skaitinio tyrimo metu buvo naudojama baigtinių elementų programa Cast3m, sukurta bei tebeplėtojama Atominės energetikos centre CAE, Prancūzijoje. Šiuos darbus atliko Branduolinį įrenginių saugos laboratorijos mokslininkai.

### 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, inicijuojant Radiacinės ir branduolinės saugos institutui IRSN. Institutas glaudžiai susijęs su Europos techninių saugos organizacijų tinklu ETSON ir šiame tinkle dalyvaujančiomis Europos Sajungos bendrijos techninės saugos organizacijomis. ENSTTI tikslas yra teikti mokymo, konsultavimo ir praktikos paslaugas, vertinant branduolinę ir radiacinę saugą. Siekiama, kad techninės paramos organizacijos dalytysi patirtimi, siekiant pagerinti branduolinę saugą, skleidžiant žinias ir praktinę patirtį branduolinės saugos kultūros srityje.

Kaip ir kasmet, 2013 m. ENSTTI organizavo tradicinius keturių savaičių vasaros įvadinius branduolinės energetikos saugos mokymo kursus, vykusius birželio 3–28 d. GRS mokslo tyrimų centre Vokietijoje. Paskaitas apie branduolinių jégainių išmontavimo strategijas ir Ignalinos AE išmontavimo



Baltarusių stažuotės rezultatų aptarimas

problemas skaitė laboratorijos darbuotojai. Kursuose dalyvavo 22 dalyviai iš Arménijos, Brazilijos, Egipto, Filipinų, Indonezijos, Jordanijos, Malaizijos, Jungtinių Arabų Emiratų, Meksikos, Lenkijos ir Vietnamo.

ENSTTI veikla neapsiriboją vien tokiais parengiamaisiais įvadiniais kursais. 2012 m. pradėtas vykdyti kontraktas su Europos Komisija dėl mokymo projekto **Branduolinio reguliavimo institucijų ir jų techninės paramos organizacijų mokymas ir parengimas**. Pagal šį projektą ENSTTI sukurtas konsorciumas (be LEI, tame dalyvauja IRSN (Prancūzija), GRS (Vokietija), SSTC (Ukraina), ENEA (Italija) ir VUJE (Čekija)) vykdo veiklą pagal užduotį *LOT2 Branduolinės saugos įvertinimas ir tikrinimas (inspektavimas)*. Mokymai yra skirti besivystančioms ir branduolinę energetiką plėtojančioms (ar planuojančioms plėtoti) šaliams: Tunisas, Indonezija, Malaizija, Jordanas, Baltarusija, Gruzija, Vietnamas, Marokas, Filipinai, Ukraina, Arménija, Egiptas, Meksika ir Brazilija. Kadangi šie kursai yra skirti specifiniams branduolinių įrenginių saugos klausimams nagrinėti bei jau turintiems patirties klausytojams, tai paskaitas skaitantys specialistai turi būti atitinkamos srities ekspertai.

2013 m. LEI darbuotojai skaitė paskaitas penkiuose mokymo kursuose:

1. *Radiacinė sauga*, Paryžius, Prancūzija, sausio 21–25 d.
2. *Saugos įvertinimas II*, Kelnas, Vokietija, kovo 04–08 d.
3. *Branduolinio kuro ciklas*, Marcoule, Prancūzija, rugsėjo 09–20 d.
4. *Branduolinių reaktorių sauga I*, Bolonija, Italija, spalio 21–25 d.
5. *Branduolinių reaktorių sauga II*, Paryžius, Prancūzija, gruodžio 16–20 d.

ENSTTI institutas organizuoja ne tik paskaitas, bet ir stažuotes, kurių metu žmonės iš besivystančių ir branduolinę energetiką plėtojančių (ar planuojančių plėtoti) šalių atvyksta į ENSTTI organizacijas ir jose betarpiskai mokosi. 2013 m. rugsėjo 16 – spalio 11 d. LEI, ENSTTI veiklos rėmuose, vyko Jungtinio energetinių ir branduolinių tyrimų instituto (SOSNY) iš Baltarusijos darbuotojų stažuotės. Stažuotės vyko dviem kryptimis:

- Vyresnysis inžinierius dr. Siarhei Sinitsyn ir inžinierius Dzianis Mitrokhin stažavosi branduolinių jégainių apsauginiuose kiautuose vykstančių procesų analizės sribyje;
- Vedančioji mokslininkė dr. Natallia

Harbachova stažavosi avarinės parengties ir reagavimo branduolinėj įvykių metu srityje.

LEI mokslininkų padedami, specialistai iš Baltarusijos mokësi kurti apsauginių kiautų skaitinius modelius, studijavo sunkiuju avarijų metu vykstančius procesus, analizavo pasaulyje ir Lietuvoje sukauptą patirtį rengiantis reaguoti į branduolines avarijas. Stažuotės pabaigoje LEI mokslininkų komisijos įvertino baltarusių specialistų pasiekimus. Įvertinime dalyvavo ir atvykę ekspertai: Mr. Holger Wolff (GRS) ir Mrs. Marie-Line de Heaulme (ENSTI). Baltarusių specialistų stažuotės buvo įvertinios labai gerai. Įgytą patirtį baltarusių specialistai panaudos įvertindami ir tobulindami savo nacionalinės AE saugą. Baltarusių specialistų kvalifikacija, kuriai tobulinant dalyvaujame ir mes, prisideda prie Baltarusijos AE saugos didinimo. Kadangi Baltarusijos AE yra statoma Lietuvos pasienyje, tai dalyvavimas apmokant baltarusių specialistus yra labai svarbus ir Lietuvos saugai.

Reikia pažymëti, kad tai buvo pirmosios tokios įgyvendintos ENSTI stažuotės. Todėl mūsų patirtimi naudojasi kitos, būsimas stažuotes rengiančios ir ENSTI veikloje dalyvaujančios organizacijos. 2013 m. lapkričio 4–8 d. laboratorijos darbuotojas dr. Egidijus Urbonavičius buvo išvykęs į Vokietiją, kur GRS mbH dalyvavo Arménijos techninės paramos organizacijos specialistų mokymuose/stažuotėje. Šios stažuotės metu (panašiai kaip ir stažuotėje LEI) buvo ne tik skaitomos paskaitos, bet ir pravedami praktiniai užsiemimai dirbant su COCOSYS programų paketu.

LEI specialistų dalyvavimas šio projekto veikloje leidžia įgulti patirties organizuojant panašius kursus bei kelti savo kvalifikaciją. Tokia patirtis gali būti naudinga prasidėjus Visagino AE statybai, kai reikës ruošti naujus jos bei prižiūrinčiujų organizacijų darbuotojus.



visais Baltarusijos AE statybos, paleidimo ir eksplotavimo etapais, taip pat galimų avarinių situacijų atveju.

- B) Avarijų analizés programų paketu perdavimas ir apmokymas jais naudotis.

LEI dalyvauja abiejų projekto dalių vykdomojoje veikloje. 2013 m. laboratorijos specialistai teiké pagalbą Baltarusijos branduolinę saugą reguliuojančiai institucijai ir jos techninės paramos organizacijoms, atliekant statomos AE Preliminarios saugos analizés ataskaitos peržiūrą. Taip pat buvo atliekamas šios ataskaitos išbaigtumo patikrinimas, pvz., ar ataskaitoje pateikta visa reikalinga informacija, ar ataskaitos skyriai atitinka tarptautinių norminių dokumentų reikalavimus. Laboratorijos specialistai peržvelgė šiuos skyrius:

- Regiono ir statybos aikštélés charakteristikos;
- AE struktūrų, sistemų, sudëtiniių dalių ir įrangos bendrosios projektavimo nuostatos;
- Pagalbinės sistemos;
- Kokybés užtikrinimas;
- AE eksplotacijos nutraukimas.

Peržiūrėjus preliminarią saugos analizés ataskaitą, dalyvaujančią projekte ES ekspertų parengti komentarai ir pastabos buvo perduoti Baltarusijos branduolinę saugą reguliuojančiai institucijai, susitikimų Europoje ir Baltarusijoje metu Baltarusijos Gosatomnadzor ir techninės paramos organizacijų specialistai buvo mokomi kaip rengti dokumentus licencijavimui.

BY3.01/09 (BE/RA/07) projektas susideda iš dviejų dalių:

- A) Parama licencijavimo srityje – Baltarusijos branduolinės saugos reguliavimo ir techninės pagalbos institucijų techninių, mokslinių ir taikomųjų pajėgumų tobulinimas

2014 m. bus tesiama darbas pirimojo projekto dalyje ir prasidės antroji dalis, kurioje laboratorijos darbuotojai dalyvaus apmokant baltarusių specialistus naudoti programų paketus COCOSYS, ATHLET ir ASTEC. Tokia parama kaimyninei šaliai būtina, siekiant užtikrinti Baltarusijos branduolinio

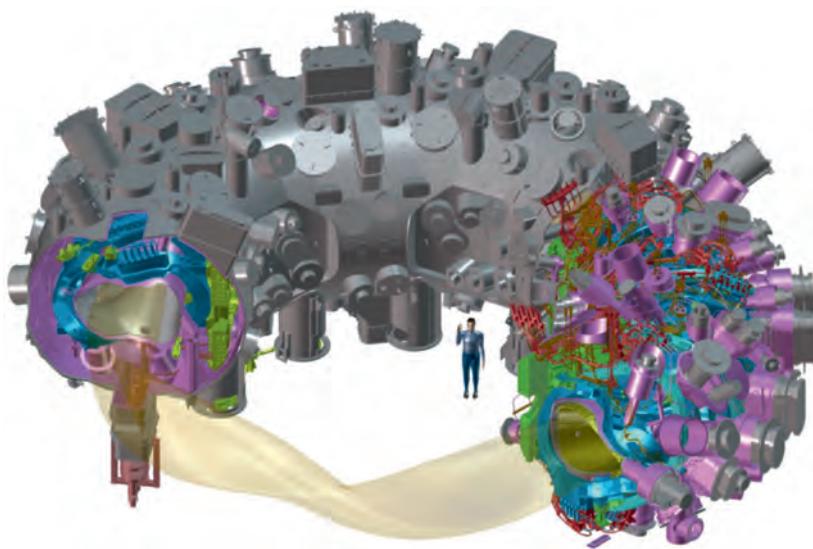
reguliuavimo institucijų efektyvią statomas Baltarusijoje branduolinės jégainės priežiūrą. Tai labai svarbu ne tik Baltarusijai, bet ir Lietuvai (kurios pasienyje statoma ši jégainė) bei visai Europai.

### **FUSENET** Termobranduolinės sintezės mokymų tinklas

FUSENET asociacija yra Europos termobranduolinės sintezės mokymų tinklas, vienijantis Europos universitetus, mokslinio tyrimo centrus ir pramonės organizacijas, dalyvaujančias moksliniuose termobranduolinės sintezės tyrimuose. Šiam tinklui priklauso ir ITER tarptautinė organizacija. LEI yra šios asociacijos narys. Laboratorijos darbuotojai dalyvauja šioje veikloje nuo 2013 m. vidurio, ir tai suteikia galimybę doktorantams ir jauniesiems mokslininkams dalyvauti įvairiuose mokymuose ir mainų programose.

## 4. TERMOBRANDUOLINĖS SINTEZĖS REAKTORIŲ SAUGOS ANALIZĖ

Termobranduolinė sintezė plazmoje galėtų būti praktiškai neribotu energijos šaltiniu. Šiuo metu termobranduolinė energetika yra baigiamojame mokslinių tyrimų ir eksperimentų stadijoje. Termobranduolinės sintezės energijos (FUSION) plėtros mokslo tyrimai 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), kur yra statomas eksperimentinis termobranduolinės sintezės įrenginys Wendelstein7-X (W7-X), bendradarbiavimas prasidėjo 2007 m. ir tęsiamas iki šiol. LEI dalyvavo EFDA sutarties apimtyje vykdomos Power Plant Phys-



W7-X stelaratoriaus konstrukcinė schema [Nuclear fusion. 2013. Vol. 53, No. 12, p. 1–16.]

ics and Technology programos veikloje. 2013 m. LEI pirmą kartą pasirašė susitarimą atlikti mokslinius tyrimus šiuo metu Europoje eksplotuojamam didžiausiam Tokamak tipo įrenginiui JET.

### **Eksperimentinio įrenginio W7-X analizė**

Atlikti avarijos, kurios metu prarandamas šilumnešis, analizė, reaktoriui dirbant skirtingais režimais, bei nustatyti ribiniai įtempiai plazmos indo angos AEU20 siūlėms. 2013 m. grudžio 16–17 d. LEI ekspertai lankėsi IPP kompanijoje, kur buvo aptarti gauti skaičiavimų rezultatai ir galimas tolesnis bendradarbiavimas EUROFUSION projekte Horizon-2020 programe.

### **AVARIJOS, PRARANDANT ŠILUMNEŠĮ, ANALIZĖ**

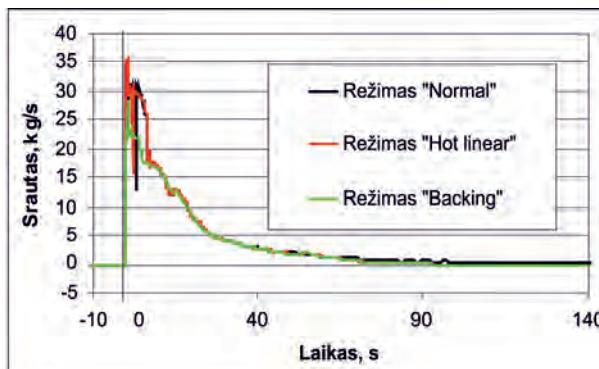
#### **Analizė programų paketu RELAP5**

W7-X projekte nustatyta, kad 40 mm skersmens vamzdžio, tiekiančio vandenį divertoriui aušinti, trūkis yra sunkiausia avarija pagal slėgio didėjimo greitį plazmos inde. Siekiant išvengti nepageidautinų padarinių įrenginio kom-

ponentams absoliutus slėgis toro viduje negali viršyti 1,2 bar. Tam įrengtas apsaugos vožtuvas. Jis atsidaro slėgiui toro viduje pasiekus 1,1 bar ir išleidžia garą į toro salę, t. y. į patalpą, kurioje yra įrengtas W7-X. Iš toro salės garas gali būti pašalinamas ventiliuojant arba per įrengtus apsauginius vožtuvus.

Panaudojus iš projektuotojų gautą patikslintą informaciją 2013 m. W7-X plazmos indo aušinimo sistemos modelis RELAP5 programų paketui buvo atnaujintas, atlikti galimų avarijų skaičiavimai W7-X įrenginiui dirbant įvairiais režimais.

*Baking* režimas yra skirtas įkaitinti toro konstrukcijas ir išvalyti plazmos tūrį prieš sukuriant plazmą. Kiti du W7-X darbo režimai: *Normal* ir *Hot linear*, kurių metu įrenginys yra aušinamas pagrindinio aušinimo kontūro pagalba, kitaip nei *Baking* režimo metu, kai pagrindinis aušinimo kontūras nedirba. Režimo *Normal* metu dirba 3 aušinimo kontūro siurbliai ir vandens temperatūra divertoriuose yra palaikoma  $\sim 35^{\circ}\text{C}$ . *Hot linear* režimas, tai atskiras atvejis, kai atskiri vakuuminio indo komponentai gali įkaisti iki  $150^{\circ}\text{C}$ , visi kiti parametrai yra tokie patys kaip *Normal* režimo metu.



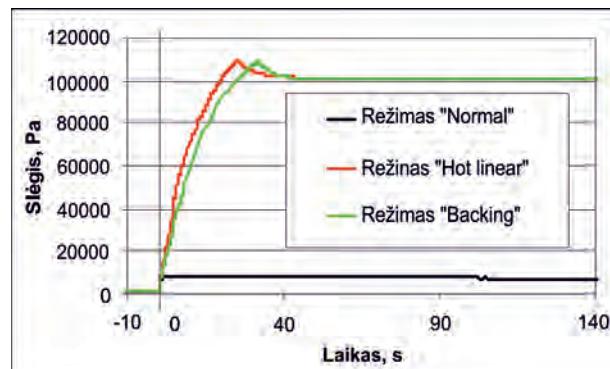
Vandens srautas per trūkųjį vamzdžį į vakuuminių indų skirtingų darbo režimų metu

40 mm skersmens vamzdžio trūkio metu šilumnešis išteka į vakuuminių plazmos indą ir, neatsižvelgiant į įrenginio naudojimo etapą ir esamą darbo režimą, vyksta tokie patys termohidrauliniai procesai, tačiau skiriasi įtekėjimo srautai, slėgio kilimo vakuuminiame inde greitis, slėgio kitimas aušinimo kontūre, membranos trūkio laikas ir plazmos indo apsaugos sistemos veikimas (išmetamo, sukondensuoto garo kiekiai). Atlikus skaičiavimus ir palyginus visų nagrinėtų darbo režimų rezultatus (žr. pav.

puslapio viršuje) nustatyta, kad pagal slėgio kilimo greitį vakuuminiame inde pavojingiausias yra *Hot linear* režimas. Tačiau apsaugos vožtuvo skersmuo ir apsaugos sistema yra pakankama siekiant vakuuminių indų apsaugoti 40 mm skersmens vamzdžio trūkio atveju.

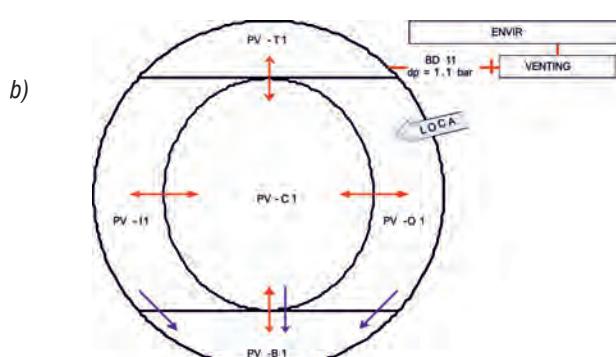
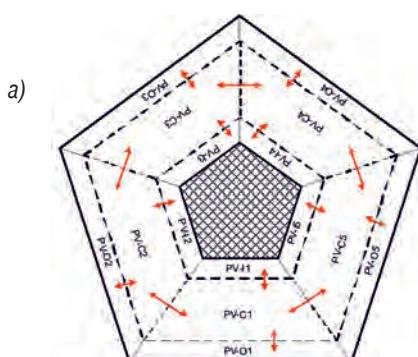
#### Analizė programų paketu COCOSYS

COCOSYS programų paketas yra skirtas procesams, vykstantiems atominių elektrinių apsauginiuose kiautuose, analizuoti ir gali būti taikomas ter-

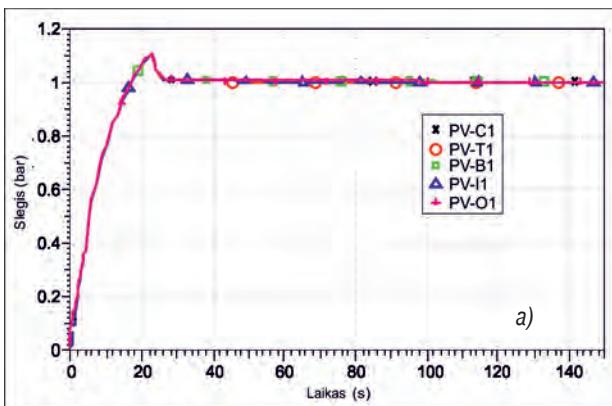


Slėgis vakuuminiame inde skirtingų darbo režimų metu

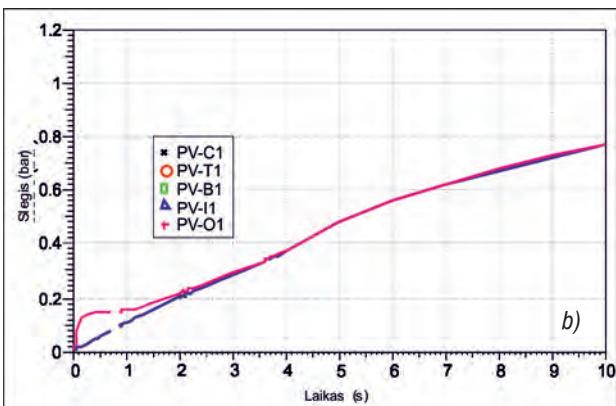
mobranduolinės sintezės įrenginiuose vykstančių procesų tyrimams. 2013 m. COCOSYS programų paketui buvo sukurtais W7-X plazmos indo skaitinis modelis, leidžiantis įvertinti vidines konstrukcijas (žr. pav.). Trūkus 40 mm skersmens vamzdžiui vanduo išteka į erdvę tarp plazmos indo sienelės ir vidinių konstrukcijų, o vėliau per esamus plyšius patenka į vidinę plazmos indo erdvę. Gauti analizės rezultatai (žr. pav. puslapio apačioje) rodo, kad slėgio maksimumas plazmos inde pasiekiamas per



W7-X plazmos indo skaitinis modelis COCOSYS programų paketui: a) horizontalus pjūvis; b) skersinis pjūvis

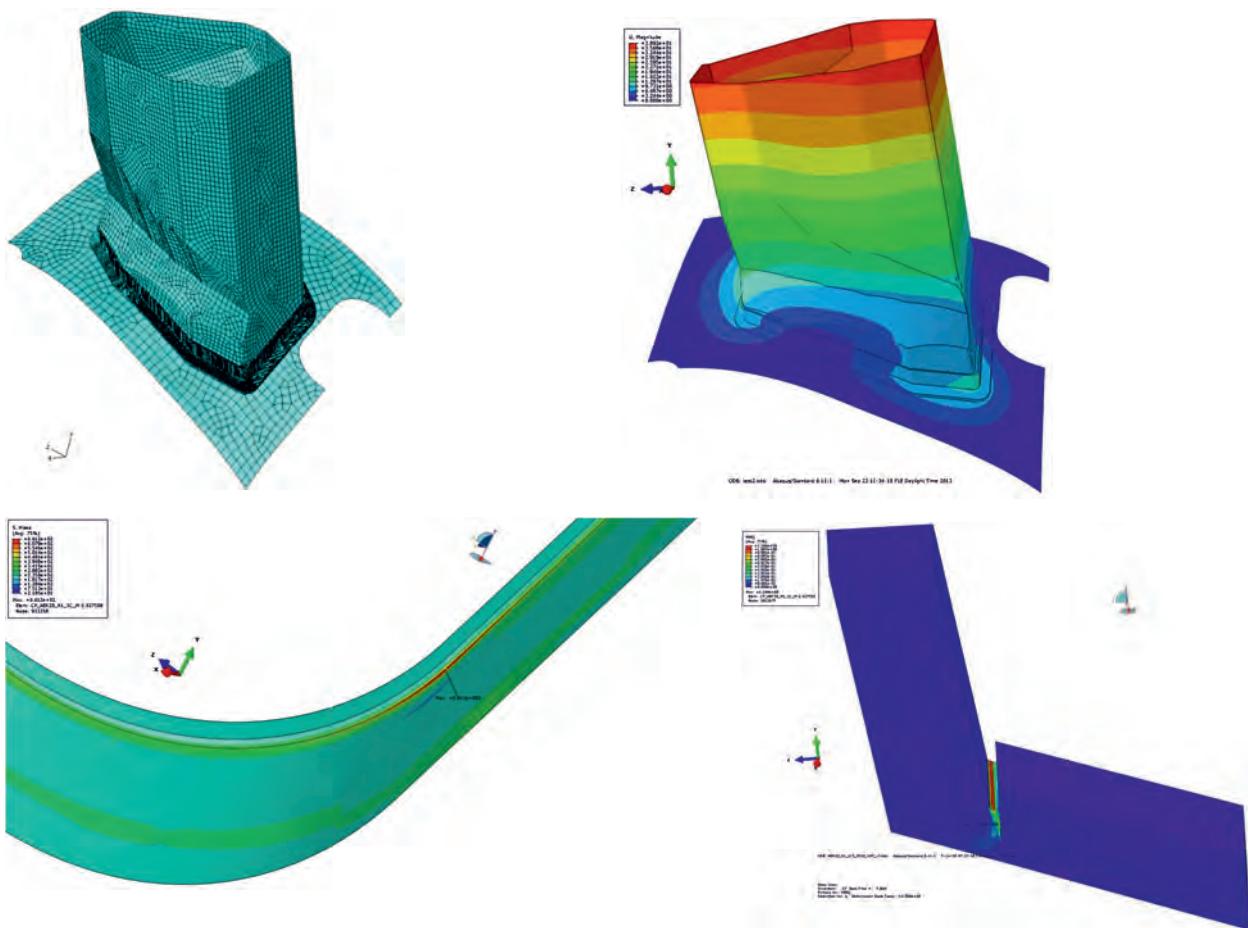


Slėgio kitimas plazmos inde: a) per visą analizuotą laiką;



b)

per pirmasias 10 s



*Plazmos indo angos AEK20 1 mm storio suvirinimo siūlės baigtinių elementų modelis ir analizės rezultatai*

22 s po apsaugos vožtuvu atsidarymo, taigi, pradiname avarijos etape susidaro slėgių skirtumas, veikiantis vidines plazmos indo konstrukcijas. Vėliau plazmos inde nusistovi atmosferos slėgis.

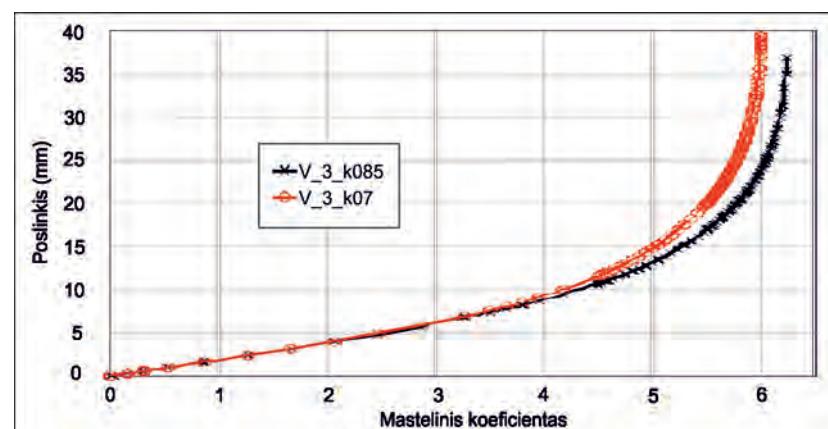
#### ***W7-X plazmos indo angų suvirinimo siūlių modeliavimas ir ribinė analizė***

Darbo tikslas buvo paruošti plazmos indo angų suvirinimo siūlių baigtinių elementų skaitinius modelius ir atlirkti stiprumo ribinę analizę, t. y. nustatyti apkrovą, kuriai esant sujra suvirintas sujungimas. Stiprumui įvertinti buvo naudojama kompiuterinė programa ABAQUS/Standard, skirta tiesiniams ir netiesiniams uždaviniams spręsti, esant statinėms ir dinaminėms apkrovoms. Tai leidžia atlirkti įvairių geometrinėjų formų konstrukcijų stiprumo analizę. Atliekant tyrimus buvo įvertinti plazmos indo angos AEK20 1 mm suvirimo siūlės

ribiniai įtempiai, esant skirtingai suvirinimo kokybei (0,7 ir 0,85).

Tyrimams atlirkti buvo paruošti angų AEK20 geometriniai modeliai, jie buvo perkelti į baigtinių elementų kompiuterinę programą ABAQUS/Standard, kuria buvo parengti plazmos indo angų suvirinimo siūlių baigtinių elementų

modeliai. Gauti poslinkiai, maksimalūs įtempiai ir ekvivalentinės plastinės deformacijos pasiskirstymai plazmos indoangoje parodyti paveiksluose. Analizė atlirkta iki apkrovos ribos, kuriai esant poslinkiai jėgos veikimo vietoje pradeda greitai augti, skaičiavimo konvergencija prarandama (žr. pav.). Esant šiai ribinei



*Plazmos indo angos AEK20 poslinkių jėgos veikimo vietoje priklausomybė nuo apkrovos mastelinio koeficiente*

apkrovai yra priimama, kad nagrinėjama konstrukcija suyra.

Nagrinėjant plazmos indo angos AEK20 1 mm storio suvirinimo siūlės stiprumo ribines apkrovas, nustatyta, kad mažėjant suvirinimo kokybei ribinė apkrova (apkrovos mastelinis koeficientas) mažėja. Iš pateiktų rezultatų matyti, kad esant suvirinimo kokybei 0,85 apkrovos mastelinis koeficientas yra 6,2 ( $V_3$ \_k085 kreivė), o esant suvirinimo kokybei 0,7 apkrovos mastelinis koeficientas yra 6,0 ( $V_3$ \_k07 kreivė).

### **Power Plant Physics and Technology programa**

Užbaigus ITER reaktoriaus statybas, kito etapo metu bus įgyvendinamas prototipinio reaktoriaus DEMO projektas. Pagrindinis DEMO tikslas – parodyti, kad šio tipo įrenginiuose pagaminta energija gali būti naudojama energetikos pramonėje. 2012 m. EFDA projekto dalyviai su Europos Komisija pasirašė sutartį ir pradėjo įgyvendinti programą *Power Plant Physics and Technology Implementing Agreement*, kurios tikslas – sukurti fizikinę ir technologinę bazę ateities termobranduolinės sintezės jėgainėms ir parengti jų koncepciją projekta DEMO. Ši sutartis vykdoma EFDA

projekto apimtyje. 2013 m. LEI dalyvavo vykdant tokias šios programos užduotis:

- WP13-DTM-02: Patikimumo, pasirengimo, remonto ir inspekcijos (angl. RAMI) analizė;
- WP13-SYS-02: Sistemų lygio analizė;
- WP13-SYS-04: Sauga.

### ***Patikimumo, pasirengimo, remonto ir inspekcijos analizė (WP13-DTM-02)***

Vykdomant šią užduotį laboratorijos mokslininkai dalyvavo dvieju grupių tyrimuose:

- Skirtingiems pradiniam RAMI duomenims įvertinti ir juos sujungti skirtas metodas;
- DEMO jėgainės parengtumo reikalavimų tyrimas.

RAMI koncepciją EFDA planuoja taikyti visų DEMO projekto stadijų metu. Tuo tikslu pirmiausia buvo siekiama nustatyti, koks yra istoriniai duomenimis pagrįstas laukiamas DEMO jėgainės pradinis parengumas ir parengtumo didėjimas.

### ***Metodas skirtingiems pradiniam RAMI duomenims įvertinti ir juos sujungti***

Pirmasis šios užduoties vykdytojų

posėdis vyko 2013 m. balandžio 12 d. EFDA patalpose, Garchinge (Vokietijoje). Galutinis darbų aptarimas vyko gruodžio 12 d. Šiuose posėdžiuose dalyvavo T. Iešmantas.

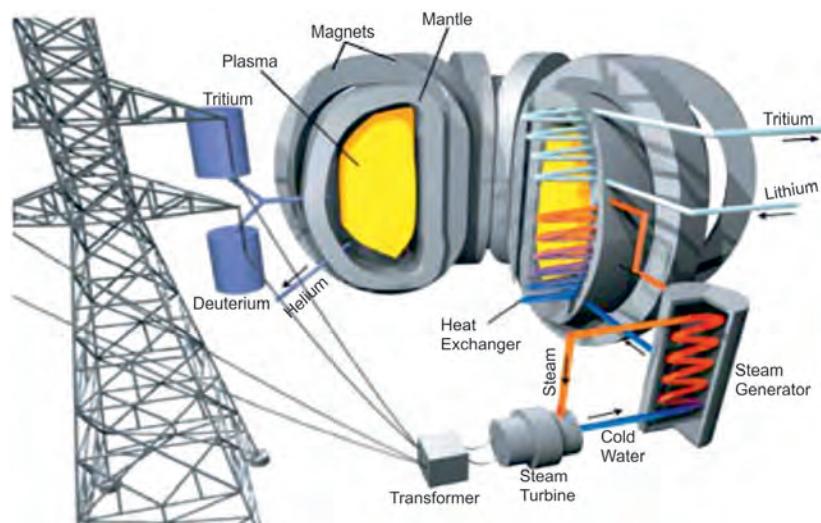
Kadangi dauguma DEMO jėgainės sistemų bus konceptualiai naujos, niekur anksčiau neeksplatuotos, tad informacijos apie tokių sistemų patikimumą néra arba tokių duomenų yra labai mažai. Taigi numatyta, jog reikės analizuoti duomenis iš skirtingų šaltinių, kurie yra nevienodos kokybės ir svarbumo. Be to, bus panaudota ekspertų informacija, ypač pradinėje DEMO vystymo fazėje.

Vykdomant šiuos darbus buvo sukurta metodologija, įgalinanti sujungti įvairią informaciją, pvz., duomenų bazų patikimumo parametru įverčiai ar ekspertinės žinios. Metodologija vadovaujasi *Bayesian* statistikos modeliavimo įrankiais, suteikiančiais galimybę sujungti subjektyvią ir objektyvią informaciją. Taip pat darbų vykdymo eigoje buvo apžvelgti esami patikimumo informacijos ištakliai bei duomenų bazės, nustatyta trūkstama informacija bei pateiktos rekomendacijos, kaip informacija turėtų būti struktūruota jos efektyviams panaudojimui.

Sukurtos įvairios RAMI informacijos sujungimo metodologijos gyvybingumas buvo parodytas analizuojant heliu aušinamo rutulinio reaktoriaus vandens kontūro vamzdynų patikimumą. Tyrimo rezultatai parodė papildomos, ekspertinės informacijos didelę įtaką gedimų intensyvumo įverčiams.

### ***DEMO jėgainės parengtumo reikalavimų tyrimas***

Pirmasis šios užduoties vykdytojų posėdis vyko 2013 m. balandžio 12 d. EFDA patalpose, Garchinge, Vokietijoje. Galutinis darbų aptarimas vyko gruodžio 12 d. Šiuose posėdžiuose dalyvavo R. Alzbutas.



Termobranduolinės sintezės jėgainės vizualizacija [<http://fusionforenergy.europa.eu/understandingfusion/demo.aspx>]

2013 m. dalis tyrimų buvo skirti ištirti galimus DEMO jégainės parengtumo reikalavimus ir jų galimą interpretaciją. Anksčiau buvo planuojama, kad DEMO jégainės parengtumas turi siekti ne mažiau kaip 30 %, tačiau siekiant jégainės konkurencingumo jis turėtų būti 40–70 %. Apžvelgus jvairius skirtingų jégainių veiklos rodiklius buvo parodytas dalies jų aktualumas ir taikymo specifika pulsiniu režimu dirbančiai DEMO jégainei. Atlikus minėtus tyrimus parengta ataskaita, rezultatai pristatyti pranešimuose. Su parengtumo reikalavimų tyrimais susiję LEI darbai apėmė:

1. parengtumo reikalavimų rodiklių ir parametry, kurie būtų tinkami atspindėti DEMO jégainės realų efektyvumą (apimant ir ekonominį efektą), identifikavimą;
2. demonstravimą/modeliavimą ir jvairių apibrėžimų bei alternatyvų paaškinimą, nagrinėjant jvairius DEMO jégainės parengtumo reikalavimų rodiklius ir parametrus;
3. pasirinktų DEMO jégainės parengtumo reikalavimų tyrimą, kuomet atsižvelgiama į esamą energetikos sektoriaus praktiką (bei specifinio DEMO jégainės pulsinio režimo tolesnį tyrinėjimą).

### **Sistemų lygio analizė (WP13-SYS-02)**

Pirmasis šios užduoties vykdymo posėdis vyko 2013 m. balandžio 9 d. EFDA patalpose, Garchinge, Vokietijoje. Šiame posėdyje dalyvavo G. Stankūnas.

Šia tema 2013 m. LEI dalyvavo *Aktivacijos ir radiacinės dozės žemėlapio skaičiavimas* darbuose. Atlikta aktyvacijos analizė tam tikrai *blanket* koncepcijai (HCLL), daugiausiai dėmesio skiriant struktūrinių medžiagų vertinimui. LEI atliko palyginamą nerūdijančių plienų (SS316 NL, HT F-M ir Eurofer) aktyvacijos ir skilimo šilumos išsiskyrimo analizę. Pagal pateiktą numatyta DEMO

veikimo scenarijų, tam tikrose tokomako centrinio *blanket* modulio ir divertoriaus srityse, naudojant MCNP programų paketą, buvo apskaičiuoti neutronų srautai. Vėliau ši informacija buvo perkelta į FISPACT programų paketą ir apskaičiuoti plienų aktyvumai, nustatyti vyraujantys nuklidai bei apskaičiuota skilimo šiluma laikotarpiui iki 1000 metų po DEMO jégainės išjungimo.

### **Sauga (WP13-SYS-04)**

Pirmasis šios užduoties darbų aptarimas vyko 2013 m. rugpjūto 24 d. EFDA patalpose, Garchinge, Vokietijoje. Galutinis darbų aptarimas vyko gruodžio 3 d. Šiuose posėdžiuose dalyvavo E. Urbonavičius.

Šia tema 2013 m. LEI dalyvavo *Kompiuterinių programų paketu analizė ir vystymo poreikių įvertinimas* darbuose. Šis tyrimas buvo vykdomas bendradarbiaujant su ENEA (Italija), papildoma informacija apie programų paketus buvo gauta ir iš kitų organizacijų. Apžvelgti šiuo metu pasaulyje esami programų paketai, kurie ateityje galėtų būti taikomi DEMO reaktoriaus saugos analizei atlikti. Kiekvienas programų paketas įvertintas atsižvelgiant į juose esančius fizikinius ir cheminius modelius, aprašančius DEMO reaktoriuje vyksiančius procesus, reikalaujamą informaciją skaitiniam modeliui sukurti, validacijos lygi termobranduolinės sintezės įrenginių analizei, ankstesnį taikymą tokių įrenginių saugos analizei atlikti ir galimybes įtraukti naujus modelius ateityje. Atlikus užduotį pasiūlyti šie programų paketai:

- FUS-TPC ir ECOSIMPRO tricio skverbties analizę;
- SIMMER ir RELAP5-3D/4.0 užduotims, susijusioms su skysto metalo reiškiniais;
- MAGS jvykiams magnetų sistemoje;
- GASFLOW vandenilio ir dujų degi-

- mo/sprogimo analizei;
- AINA pereinamiesiems plazmos reiškiniams;
- Trimatis programų paketas ANSYS-FLUENT vietinių reiškinų tyrimams;
- MELCOR ir ASTEC visai avarinio pereinamojo proceso analizei;
- RELAP5/MOD3.3 išskirtinai termohidraulinei aušinimo kontūro analizei;
- CONSEN greitai skaičiuojantis programų paketas bendram avarijos svarbos įvertinimui.

### **W7-X plazmos indo patikimumo, pasirengimo, remonto ir inspekcijos (angl. RAMI) analizė**

Efektyviam termobranduolinio eksperimentinio įrenginio W7-X darbui siekiama užtikrinti kuo mažesnį jo gendamumą bei sumažinti neparengtumą darbui, t. y. minimizuoti prastovų dėl gedimų ir remontų skaičių bei jų trukmę. Dėl šios priežasties bent pagrindinės jau baigiamo sumontuoti stelaratoriaus sistemos turi turėti aukštą patikimumo bei parengtumo lygi.

Tęsiant tarptautinį bendradarbiavimą LEI ir Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Teilinstitut Greifswald 2013 m. pasirašė sutartį *Reliability Analyses of the Divertor Target Cooling Circuit ACK10 & Plasma Vessel / Ports Cooling Circuit ABK10*, kurios tikslas – atlikti dviejų W7-X aušinimo kontūrų patikimumo ir parengtumo analizę ir pateikti rekomendacijas, kaip užtikrinti efektyvų šio įrenginio darbą. Pagrindiniai MTEP užsakymo uždaviniai:

1. atlikti plazmos taikinio aušinimo kontūro ACK10 analizę;
2. atlikti plazmos indo aušinimo kontūro ABK10 analizę W7-X įrenginiui dirbant plazmos naudojimo ir plazmos indo įkaitimo metu;
3. išnagrinėti kontūrų atskirų komponentų gedimus ir gedimo rūšis (elektros tiekimo praradimas,



*W7-X įrenginio montavimas, 2013 m. gegužė [Nuclear fusion. 2013. Vol. 53, No. 12, p. 1–16.]*

valdymo praradimas, slėgio praradimas, cirkuliacijos praradimas, vamzdynų trūkiai).

LEI mokslininkų pastangomis buvo plėtojami ir kuriami nauji sistemų patikimumo modeliai, kuomet taikomi gedimo medžių ir/arba patikimumo diagramų sudarymo metodai bei naudojama specialiai tam skirta programinė įranga RiskSpectrum PSA (Scandpower). Šių modelių, metodų ir programinės įrangos taikymo sritys yra daug platesnės, nei vykdome užsakyme. Tai siejama ir su įvairių termobranduolinių, ir kitų sudėtingų įrenginių saugos analize bei rizikos vertinimu pagrįstų sprendimų priėmimu.

Pagrindinis šio MTEP darbo rezultatas – įvertinti plazmos taikinio aušinimo kontūro ACK10 bei plazmos indo aušinimo kontūro ABK10 patikimumo ir parengtumo lygiai skirtingiem W7-X įrenginio veikimo atvejams. Taip pat buvo nustatyti pagrindiniai sistemų neparengtumą salygojantys veiksniai (galimi įrangos gedimai ir personalo klaidos). Be to, atlikę mokslinių tyrimų pagrindu buvo pateiktos termobranduolio W7-X įrenginio techninės patikimumo ir parengtumo bei bendrosios saugos gerinimo rekomendacijos.



### **JET tyrimai**

JET tokomakas šiuo metu yra didžiausias veikiantis termobranduolinės sintezės įrenginys visame pasaulyje. 2013 m. pagal EFDA JET darbų programą su EK buvo pasirašytas *JET Notification* susitarimas Nr. JW13-NFT-LEI-03 *Aktivacijos skerspjūviai DD, DT ir TT neutronams JET įrenginio plazmoje*. Šio susitarimo tikslai:

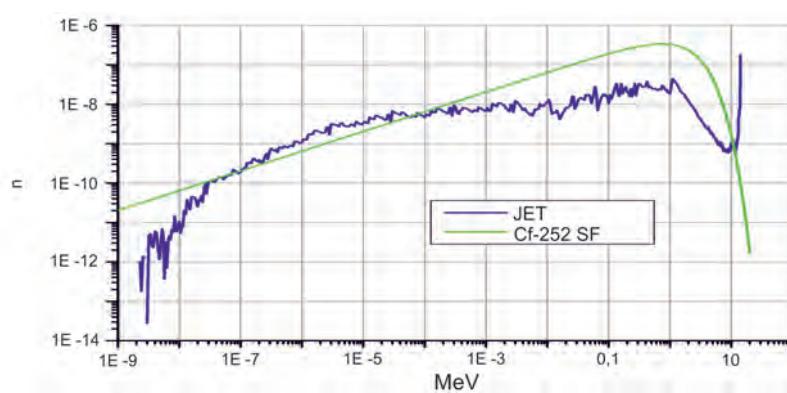
- Įvertinti ir atnaujinti branduolinių reakcijų skerspjūvių vertes, kurios aktualios 2,5 ir 14 MeV neutronų

energijoms DT plazmos sąlygomis. Siekiant šio tikslų daug dėmesio skirta JET neutronų spekto neapibrėžtumams įvertinti;

- Nustatyti tinkamus skerspjūvius TT neutronų spekto matavimams atliki ir įvertinti neapibrėžtumus.

Projekto metu apžvelgtos aktyvacijos ir termobranduolinės sintezės reakcijos, kurios vyksta JET įrenginyje šiuo metu ir kurios galėtų būti reikšmingos artėjančiam DTE2 ciklui. Aktyvacijos reakcijų duomenims gauti pasitelkta IRDFF biblioteka, kai neutronų spektras aprašomas 640 energetinėmis grupėmis ir ENDF-6 formatu. IRDFF yra standartizuota ir patikrinta skerspjūvių biblioteka, naudojama neutronų dozimetrijos reakcijoms aprašyti su neapibrėžtumų matricomis. Aktyvacijos koeficientai (reakcijų dažnis) apskaičiuoti naudojantis JET vakuuminiame inde gautu neutronų srauto spektru DD, DT plazmos atvejais ir minėtu šiuolainiu 640 energijos grupių formatu, o taip pat taikant naujausios dozimetrinės IRDFF-v1.02 bibliotekos skerspjūvius. JET neutronų spekto paklaidos buvo įvertintos naudojantis IRDFF bibliotekoje esančiomis kovariacijų matricomis ir MCNP programų paketu (žr. pav.).

2013 m. birželio 11–14 d. Culham tyrimų centre (Didžioji Britanija) vyko vykdomy darbų aptarimas, kuriai dalyvavo dr. G. Stankūnas.



*Neutronų spektras JET vakuuminiame inde*

## 5. ENERGIJOS TIEKIMO SAUGUMO VERTINIMAS

Buvo tēsiamas 2012 m. pradētas trejų metų trukmēs biudžeto subsidijomis finansuojamas 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. 2013 m. buvo sukurtas metodas, skirtas infrastruktūros funkcionalumui ir kritiškumui vertinti, kai atsižvelgiant į dujų tiekimo sistemos ir elektros bei šilumos sistemų sąryšius. Pasiūlytas vertinimo metodas leidžia atsižvelgti į sistemos elementų techninės charakteristikas, elementų tarpsisteminius sąryšius ir elementų patikimumo charakteristikas.

### **Baltijos energetinio saugumo mokslinių tyrimų platforma**

2013 m. gruodį EK Jungtinį tyrimų centro Energetikos ir transporto institutui (Nyderlandai), Lietuvos energetikos institutui, Vytauto Didžiojo universitetui, Kauno technologijos universitetui (Lietuva), Fizikinės energetikos institutui (Latvija), Tartu universitetui (Estija) bei Karališkajam technologijos institutui (Švedija) pasirašius savitarpio supratimo memorandumą įkurta **Baltijos energetinio saugumo mokslinių tyrimų platforma**, kurios tikslas – plėsti Baltijos jūros regiono valstybių mokslininkų, vykdančių tyrimus energetinio saugumo ir ypatingos svarbos infrastruktūrų tematikoje, bendradarbiavimą ir atliki energetinio saugumo lyginamuosius tyrimus Baltijos jūros regione. Platforma pradėjo veikti 2013 m. gruodžio 18 d. Briuselyje, EK Jungtinį tyrimų centro, EK Energetikos generalinio direktorato ir Vokietijos Ekonomikos ir technologijų

federalinės ministerijos organizuotoje apskritojo stalo diskusijoje *Energijos transformacijos Europos perspektyvoje*.

## 6. DALYVAVIMAS AE EKSPLOATACIJOS NUTRAUKIMO PROJEKTUOSE LIETUVJOJE IR SLOVAKIOJE

2013 m. baigtu projekto *Iginalinos AE V1 pastate esančios įrangos dezaktyvacijos ir išmontavimo projekto (B9-2) rengimas* darbai. Ši projektą vykdė 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 sistemos ir reaktoriaus avarinio aušinimo sistemos įrangos išmontavimo ir dezaktyvacijos strategiją bei visą projektui įvykdyti reikalingą projekтиne ir saugos pagrindimo dokumentaciją, taip pat suteikti paramą Užsakovui projekto licencijavimo bei įdiegimo metu. Laboratorijos darbuotojai dalyvavo rengiant Strategijos, Techninio projekto, Saugos pagrindimo ataskaitas bei 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 neprāstyti Rangovo (konsorciumo) pagalbos projekto įdiegimo etape. Kaip pripažino pati IAE, tai rodo Užsakovo pasitikėjimą darbu, atliktu ankstesniais etapais, rengiant projekto dokumentaciją bei ją derinant su VATESI. IAE specialistai, naudodamiesi paruoštais dokumentais, sėkmingai pabaigė V1 pastato išmontavimo paruošiamuosius darbus.

2013 m. buvo tēsiami darbai pagal kontraktą su GNS (Gesselschaft für Nuklear-Service mbH, Vokietija)

### **Panaudoto branduolinio kuro kontenerių pagalbinių aptarnavimo sistemų modifikacijos arba pakeitimų 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 amortizatorius (po tris skirtingus amortizatorius kiekviename IAE bloke) bei kitą panaudoto branduolinio kuro kontenerių aptarnavimo įrangą. Pagrindinių šios įrangos komponentų, amortizatorių, paskirtis – absorbuoti energiją branduoliniu kuru užpildyto kontenerio avarinių kritimų ir žemės drebėjimo atvejais ir užtikrinti, kad apkrovos pastato ir kontenerio konstrukcijoms neviršys leistinų reikšmių. 2013 m. buvo tobulinama amortizatorių konstrukcija, parenkant optimalią pagrindinių absorbuojamą energiją priimančių komponentų (vamzdžių) konstrukciją bei jų parametrus. Mašinų gamykloje AB ASTRA buvo gaminami specialios konstrukcijos bandomieji vamzdžiai, siekiant patikrinti reikiamas konstrukcijos, sienelės storio ir skersmens vamzdžių gamybos galimybes ir pagaminto vamzdžio charakteristikų tikslumą.



### **V1 AE pirmio kontūro įrangos išmontavimo ir dezaktyvacijos galimybių studija**

Pagal Slovakijos V1 AE dviejų blokų įrangos dezaktyvacijos ir išmontavimo programą LEI, kartu su UAB Specialus Montažas-NTP ir VNIIAES (Rusija), 2013 m. sėkmingai užbaigė galimybių

studijos rengimą. Šios studijos pagrindiniai tikslai:

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

Laboratorių darbuotojai vykdami šį projektą dalyvavo parenkant pirmario kontūro įrangos dezaktyvacijos ir išardymo variantus, atliko Slovakijos bei TATENA normatyvinių dokumentų analizę bei paruošė pasiūlymus esamų saugos pagrindimo ataskaitų atnaujinimams. 2013 m. buvo paruošti bei su Užsakovu suderinti V1 AE pirmario kontūro įrangos ir Slovakijoje galiojančios atliekų tvarkymo sistemos ivertinimo ataskaita. Taip pat, pagal turimus duomenis, buvo sudaryti pirmario kontūro įrangos dezaktyvacijos ir išardymo variantai bei atlirkas pirminis ir išsamus jų vertinimas. Atlirkus vertinimą buvo pasiūlytas optimalus V1 AE dviejų blokų įrangos dezaktyvacijos ir išmontavimo variantas, pagal kurį apžvelgtos

esamos preliminarios saugos vertinimo ataskaitos bei paruoštas pasiūlymas jas atnaujinti. 2013 m. gruodžio 30 d. iš Užsakovo buvo gautas oficialus patvirtinimas apie sėkmingą projekto užbaigimą.

## 7. KITI PROJEKTAI

2013 m. buvo tėsiamas biudžeto lėšomis finansuojamas darbas **Besikondensuojančios dvifazės tékmés greičių lauko tyrimas horizontaliame stačiakampiame kanale**. Antraisiais vykdymo metais išplėtota vandens temperatūros lauko dinamikos besikondensuojančioje dvifazėje tékmėje registravimo ir tyrimo metodika (taikant IR radiometriją). Taikant šią metodiką, besikondensuojančiam dvifaziame tekėjime atrastas turbulencijos susižadinimo laminarinėje vandens tékmėje reiškinys. Lygiagrečiai eksperimentiniams tyrimams pradėtas kurti dvifazio besikondensuojančio tekėjimo skaitinis modelis, tam panaudojant baigtinių elementų skaičiuojamosios hidrodinamikos paketą ANSYS CFX.

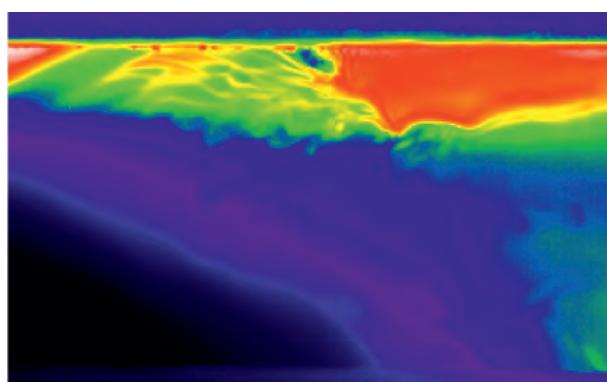
2013 m. pradėtas vykdyti naujas trejų metų trukmės LR biudžeto subsidijų lėšomis finansuojamas darbas **Geriausio jverčio metodo taikymas atliekant termohidraulinį procesą**

**analizę branduoliniuose ir termobranduoliniuose įrenginiuose**. Geriausio jverčio metodas – tai kai atliekant deterministinį procesų modeliavimą yra vertinamas galimas parametru neapibėžumas bei atliekama parametru įtaikos skaičiavimo rezultatams jautrumo analizė. Šis metodas laboratorijoje branduolių įrenginių saugai analizuoti taikomas daugiau kaip dešimtmetį. Ankstesnių tyrimų metu buvo įrodytas šio metodo universalumas, jį taikant procesams, vykstantiems techninėse, gamtinėse ir socialinėse sistemose, analizuoti. Tačiau vykdant šiuos ankstesnius darbus nustatytos spragos:

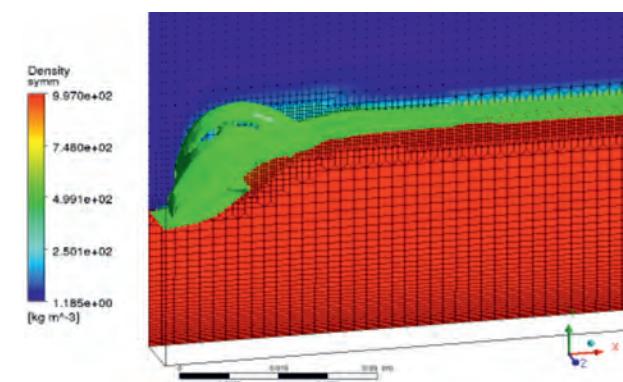
- geriausio jverčio metodas dar nebuvo pakankamai taikytas branduolių įrenginių sunkiosioms avarijoms analizuoti;
- geriausio jverčio metodas dar nebuvo taikytas termobranduolių įrenginių termohidrauliniams procesams analizuoti.

Taigi, šio naujo darbo pagrindinis tikslas yra susietas su minėtais klaušimais, darbo metu numatoma parengti konkretias rekomendacijas geriausio jverčio metodui taikyti.

2013 m., naudojant RELAP5/SCDAPSIM programų paketo Mod 3.4 ir Mod 3.5 versijas bei ASTEC programų paketo ICARE modulį, sumodeliuoti QUENCH-06 eksperimentų



Turbulencijos susižadinimas horizontaliame stačiakampiame kanale



Dvifazio tekėjimo modeliavimo ANSYS CFX vizualizacija

metu kuro rinklėje vykstantys procesai. Gauti skaičiavimo rezultatai palyginti su eksperimento metu išmatuotomis reikšmėmis. Toks sunkiųjų avarių metu branduolinių reaktorių aktyviosiose zonose vykstančių procesų modeliavimas leidžia įvertinti naudojamų kompiuterinių priemonių tinkamumą bei jose naudojamą koreliacinių priklausomybių įtaką skaičiavimo rezultatams. Pavyzdžiu, QUENCH-06 eksperimentų skaičiavimai, atlikti ASTEC programų paketo ICARE moduliu, parodė, kad skaičiavimo rezultatai labai priklauso nuo pasirinktos cirkonio oksidacijos garu proceso aprašymui skirtos koreliacijos. Skaičiavimo rezultatai parodė, kad artimiausiai eksperimento rezultatams gaunami rezultatai, modeliuojant pakartotinio užpylimo reiškinius kuro rinklėse cirkonio oksidacijos garu proceso aprašymui naudojant URBANIC koreliaciją.

Siekiant geriau suprasti procesus, vykstančius panaudoto kuro saugojimo baseinuose ir nustatyti modeliavimo parametru neapibrėžtumus, buvo nagrinėjama Fukušimos Dai-ichi AE 4 bloko panaudoto branduolinio kuro saugojimo baseino avarija. Literatūros analizė parodė, kad nepaisant to, jog po avarių praėjo nemažai laiko ir yra išleista daug ataskaitų bei straipsnių apie tai, surinkti išsamią informaciją apie įvykį nėra lengva. Skirtinguose šaltiniuose pateikiama informacija skiriiasi, todėl nustatant pradines sąlygas yra labai daug neapibrėžtumų. Pabandyta įvertinti galimas avarių pasekmes, kurios būtų, jei Fukušimos Dai-ichi AE 4 bloko panaudoto branduolinio kuro saugojimo baseine nebūtų pavykę neplaninėmis priemonėmis patiekti aušinančio vandens. Analizė buvo atliekama įvertinant galimą skirtingą liekamosios šilumos galią panaudoto kuro baseine, galimą skirtingą baseinų išorinės sienos storį

ir skirtingą išorės aplinkos temperatūrą. ATHLET-CD programų paketu atliko modeliavimo rezultatai parodė, kad kuro pažeidimas, nesiimant jokių avarių sušvelninimo priemonių, įvyktų po 9–12 dienų. Realiomis sąlygomis (įvertinant šilumos nuvedimą į aplinką, lietu ir pan.), nesiimant jokių avarių sušvelninimo priemonių, kuro pažeidimas įvyktų po daugiau negu 15 dienų. Branduoliniam kurui perkaitus kuro elementai suyra, todėl susidaro vandenilis, kurio maksimalus kiekis Fukušimos 4 bloko sąlygomis siektų iki 5000 kg.

Ateityje, vykdant šį biudžeto subvidijų lėšomis finansuojamą darbą, bus atlikta jautrumo ir neapibrėžtumo analizė. Tai leis nustatyti parametrus, kurie turi didžiausią įtaką sunkiųjų avarių modeliavimo rezultatams, ir pagal tai bus tobulinami skaitiniai modeliai.

*struktūrinė tikimybinė analizė, kuriame apžvelgta šiluminė tinklų suirimo tikimybės įvertinimo metodika ir, kaip pavyzdys, pateikti Kauno šiluminės tinklų vamzdyno struktūrinio suirimo tikimybės analizės rezultatai. Šio seminaro metu buvo aptarti numatomo ESReDA projekto **Ypatingos svarbos infrastruktūrų parengtis ir atsparumas** tikslai (parengti knygą ypatingos svarbos infrastruktūros analizės tematika), užduotys ir trukmė. LEI planuoja prisdėti prie šio projekto vykdymo, kadangi ši tematika susijusi su laboratorijoje vykdomu projektu *Energetikos sistemų patikimumo ir jo įtakos energetiniams saugumui vertinimo metodika bei tyrimas*.*



### ***ESReDA (European Safety, Reliability & Data Association – Europos saugos, patikimumo ir duomenų asociacija)***

ESReDA, kurios narys yra LEI – tai Europos asociacija, suteikianti galimybę bendradarbiauti ir keistis informacija pramonės objektų saugos ir patikimumo mokslinių tyrimų srityje. ESReDA reguliariai rengia seminarus bei inicijuoja projektus, skirtus publikacijoms (knygoms) rengti aktualiose mokslinių tyrimų energetinių ir industrinių objektų patikimumo ir saugos srityse. LEI rengia tokias bendras ESReDA publikacijas ir šiuo metu dalyvauja projekte *Konstrukcijų ilgaamžiškumo savikainos optimizavimas remiantis patikimumu*.

2013 m. dr. G. Dundulio dalyvavo 45-ame ESReDA seminare *Dinaminis mokymasis iš įvykių ir avarių. Saugos rekomendacijų ir mokymosi sąryšis*. Seminaro metu pristatytas stendinis pranešimas *Šiluminės tinklų sistemos*

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

Laboratorių mokslo darbuotojai intensyviai tėsė ir 2013 m. pabaigė tyrimus ES 7-osios BP mokslinių tyrimų, technologinės plėtros ir demonstracinės veiklos programos tarptautiname projekte *Product and Process Design for ARI Supported Energy Efficient Manufacturing Installations (DEMI)*, kuris skirtas produktams ir procesams projektuoti aplinkos intelektu paremtiems energetiškai taupiems gamybiniams įrenginiams. Projektas buvo vykdomas kartu su 8 partneriais iš 7-ių ES šalių. Projekto koordinatorius – Ispanijos technologinių tyrimų centras *Tecnalia*.

Projektą koordinuoja LEI Efektyvaus energijos naudojimo tyrimų ir informacijos centras.

Pagal pastarųjų metų projekto vykdymo programą, 2013 m. buvo išplėtotas ir atnaujintas DEMI projekto informacinių ir komunikacinių technologijų (IKT) komponento *Energy Simulator* visus numatyti uždavinius sprendžiantis galutinis prototipas bei jo integravimas su kitais komponentais. Atliktas galutinio prototipo bandymas ir jo funkcionavimo įvertinimas, taip pat kartu su demonstracinėmis priemonėmis parengta IKT ir pramonės specialistams skirta *Energy Simulator* sudarymo ir taikymo metodologija.

Pritaikius sukauptą hibridinių sistemų modeliavimo patirtį ir išsavinus naujas IKT galimybes, išplėtota universali, 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 sistemos ir joje vykstančių proceso kintamųjų (pvz., oro slėgio ir srauto) kontrolę bei skirtingas darbo sąlygas (pvz., suspausto oro vartojimą) atspindintys sistemos modeliai sudaromi naudojant MATLAB (Simulink ir SimScape) programinę įrangą bei taikant sukurtas automatinio modeliavimo ir energetinių sąnaudų vertinimo priemones.

## 8. MOKSLININKŲ RENGIMAS IR MOKSLO REZULTATŪ SKELBIMAS

2013 m. doktorantūroje studijavo 6 Branduolinių įrenginių saugos laboratorijos doktorantai. Apgintos dvi disertacijos energetikos ir termoinžinerijos kryptyje – *Aerozolių ir radionuklidų pernašos branduolinių jégainių apsauginiuose kiautuose skaitinis tyrimas* (A. Kontautas) ir *Garo ir duju maišymosi procesų apsauginiuose branduolinių jégainių kiautuose tyrimas* (M. Povilaitis). Jaunieji daktarai

karto su patyrusiais mokslininkais 2013 m. gautus tyrimų rezultatus pateikė mokslo tyrimų ataskaitose, 32 moksliniuose straipsniuose, (iš jų 8 leidiniai, išrašyti į Mokslinės informacijos instituto sąrašą), mokslinėse konferencijose perskaityti 26 pranešimai. Laboratorijos darbuotojai dalyvavo branduoline tema vykusiuose renginiuose ir perskaitytė pranešimus pagrindinėse tarptautinėse konferencijose, kuriose buvo nagrinėjami saugi branduolinių jégainių ekspluatacija ir jose vykstantys fizikiniai 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:

[Sigitas.Rimkevicius@lei.lt](mailto:Sigitas.Rimkevicius@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.

2013 m. buvo tesiama ilgalaikių institucinių mokslinių tyrimų ir eksperimentinės (socialinės, kultūrinės) plėtros programa ***Energetikos sektorius plėtros ekonominė ir darnumo analizė***, kuri vykdoma kartu su Regionų energetikos plėtros ir Sistemų valdymo ir automatizavimo laboratorijomis.

Ilgalaikėje programoje keliamas ambicingas tikslas išspręsti šiuos uždavinius:

- 1) suformuoti energetikos harmoningos pažangos teoriją darnios raidos ir žiniomis grindžiamos ekonomikos koncepcijų sasajų pagrindu;
- 2) išnagrinėti Lietuvos energetikos sektorius perspektyvinės raidos galimybes ir parengti rekomendacijas dėl raciona-

lių perspektyvinės techninės energetikos sektorius raidos krypčių, kuro ir energijos balanso pokyčių, gamtosauginių veiksnių;

- 3) suformuoti metodinius pagrindus valstybės ir savivaldybių darnios energetikos plėtros skatinimo priemonių bei jau taikomų ir siūlomų taikyti skatinimo priemonių efektyvumui įvertinti;
- 4) ištirti Lietuvos elektros energetikos sistemos synchroninio darbo su ENTSO-E galimybes, atsižvelgiant į perspektyvinę generuojančių galių plėtrą.

Vykstant antrajai uždavinijai, 2013 m. laboratorijoje buvo tesiami tyrimai, skirti energetikos sektorius raidos mode-

liavimo bazei sukurti ir konkretiems uždaviniams spresti. Anksčiau vykdytu energetikos sektorius raidos projektų modeliavimo patirtis buvo efektyviai panaudota atliekant Lietuvos elektros energetikos sistemos perspektyvinės raidos ir Visagino atominės elektrinės ekonominio efektyvumo tyrimą. Šiame tyrimų etape buvo siekiama atlirkti Lietuvos elektros energetikos sistemos perspektyvinės raidos ilgalaikėje perspektyvoje analizę, adekvaciai modeiliuojant:

- šalies elektros energetikos sistemos esamą būklę ir jos ryšius su centralizuoto šiluminio tiekimo sistema;
- Lietuvos ekonomikos raidą ir tiketinės BVP augimo scenarijus;

- su ekonomikos augimu susietus elektros energijos ir centralizuotai tiekiamos šilumos poreikius, jų kitimą laike;
- ryšius su kaimyninių šalių elektros energetikos sistemos prekybos elektros energija ir galimybų tiekti rezervines galias srityse;
- vietinių energijos išteklių potencialą ir jo panaudojimo kryptis;
- pasaulio ir regioninės pirmynės energijos išteklių, ypač elektros energijos ir gamtinių dujų, kainų kitimo tendencijas, elektros energijos ir šilumos gamybos technologijų raidą, jų prieinamumą, techninius ekonominius rodiklius;
- energetinio saugumo tikslus, gamtosaugos reikalavimus ir kitus veiksnius.

Tyrimu buvo siekiama jvertinti naujos branduolinės elektrinės įtaką Lietuvos elektros energetikos sistemos perspektyvinei raidai, šalies kuro, elektros energijos ir centralizuotai tiekiamos šilumos balansui, įrengtųjų galių (taip pat rezervinių) balansui, šalies prekybos balansui, taip pat nustatyti investicijų poreikį, eksplotacijos išlaidų, išlaidų kurui ir importuojamos elektros energijos apimtis. Šiuo tikslu buvo parengtas išsamus Lietuvos elektros energetikos sistemos modelis, aprašantis esminius ryšius su kaimyninių šalių elektros energetikos sistemomis.

Parengtas optimizacinis modelis, taikant MESSAGE programinės įrangos paketą, suteikė galimybę iš visų esamų ir galimų ateities technologijų aibės nustatyti optimalią generuojančių galių struktūrą, pirmynės energijos išteklių rūšis ir kiekius, elektros energijos ir šilumos gamybos termofikacinėse elektrinėse apimtis, elektros energijos ir rezervinių galių importo–eksporto apimtis, kurių visuma mažiausiomis išlaido-

mis tenkina prognozuojamus šalies elektros energijos poreikius ilgalaikėje perspektyvoje, kartu ir mažiausiomis kainomis galutiniams vartotojams. Kadangi naujos branduolinės elektrinės eksplotavimo laikas siekia 60 metų, sistemos raida buvo modeliuojama laikotarpiu iki 2080 m., jvertinant įvairių rūsių elektrinių eksplotavimo sąlygas ir ekonomiškumą skirtingais darbo režimais, per metus išskiriant 128 darbo režimus ir adekvaciai subalansuojant įvairių rūsių elektrinėse pagamintos bei importuojamos ar eksportuojamos elektros energijos srautus.

Iš 70 analizuotų elektros energetikos sistemos raidos scenarijų LR Vyriausybei ir Seimui išsamiai buvo pristatyti du pagrindiniai scenarijai – branduolinis scenarijus ir lankstus nebranduolinis scenarijus. Šalies energetinį saugumą, kuris buvo apibrėžtas siekiu nuo 2023 m. Lietuvos elektrinėse pagaminti elektros, patenkinant ne mažiau kaip 70 % ir nuo 2030 m. ne mažiau kaip 80 % bendrujų elektros energijos poreikių, galima užtikrinti:

- investuojant į naujus generuojančius pajėgumus, kurių nemaža dalis gali būti nekonkurencinga elektros rinkoje ir kurių gyvybingumui užtikrinti būtinos subsidijos;
- statant Visagino AE, kuri pagal verslo plane nustatytus techninius ekonominius rodiklius yra viena patraukliausių alternatyvų, bet šią elektrinę taip pat tektų subsidiuoti;
- numatant vartotojams papildomą naštą, kurią sąlygotų vietinės generacijos rėmimas ir kurios dydis (pagal atliktos analizės rezultatus) siektų apie 17% suminių elektros energetikos sistemos plėtros ir funkcionalumo sąnaudų;
- nustatant į tinklą tiekiamos elektros energijos savikainoje energetinio saugumo komponentę, kurios vertė siektų iki 4 ct/kWh.

Išsamūs modeliavimo rezultatai ir prioritetiinių scenarijų privalumai bei galima jų įgyvendinimo rizika taip pat buvo pristatyti Visagino AE priežiūros komiteto posėdyje, kuriame dalyvavo Estijos, Latvijos ir Lietuvos už energetiką atsakingų ministerijų ir energetikos įmonių atstovai. Atlirkus analizę, paaškėjo, kad siekiant pagrįsti Visagino AE projekto tēstinumą, būtina gerokai pagerinti šio projekto techninius ekonominius rodiklius, užtikrinti palankias finansavimo iš tarptautinių institucijų sąlygas ir nustatyti jo įgyvendinimo išlaidų, atsakomybės bei rizikos pasidalijimą tarp strateginio ir regioninių partnerių. Atlirkta analizė pravers kaip reikšminga bazė regioninio projekto partneriams priimant sprendimus dėl Visagino AE gyvybingumo.

Atlirkus Lietuvos statistikos departamento duomenų bazę esamų energetinių ir ekonominių rodiklių analizę, taip pat kitų Baltijos šalių ir tarptautinių organizacijų (Eurostato, Tarptautinės energetikos agentūros ir kt.) bazėse ir statistikos leidiniuose prieinamos informacijos palyginamają analizę, nustatyto rodiklių, kurie apibūdina darnią šalies energetikos sektorius plėtrą, kaitos tendencijas: Lietuvoje sparčiau nei daugelyje ES šalių mažėja pirminės ir galutinės energijos intensyvumas, reikšmingai pakito ir atsinaujinančių energijos išteklių vaidmenį apibūdinantys rodikliai (jų dalies pirminės energijos balanse, bendrosiose elektros energijos ir bendrosiose galutinės energijos sąnaudose augimas).

Sėkmingai vykdomas *Lietuvos mokslo tarybos* projektas *Šiltnamio efekta sukeliančių dujų emisijų mažinimo namų ūkiuose potencialo vertinimas Lietuvoje* (vadovė D. Štreimikienė), kuriame buvo tiriamos ener-



gijos vartojimo ir šiltnamio dujų emisijos namų ūkiuose bei nustatyti pagrindiniai socialiniai–ekonominiai ir technologiniai bei kultūriniai veiksniai, turintys įtakos šiltnamio dujų emisijoms namų ūkiuose.

## MOKSLO TIRIAMIEJI DARBAI ŠALIES ŪKIUI

Pagal sutartį su ***UAB Dolaurus*** buvo vykdomas mokslo tiriamasis darbas ***Didelio naudingumo (efektyvumo) kogeneracinės jėgainės įrengimo Mažeikių mieste galimybių analizė***. Tarpinėje ataskaitoje buvo pateikti išankstinių įvairių tipų kogeneracinių elektrinių ekonominio efektyvumo vertinimo rezultatai. Siekiant užtikrinti įvairių tipų elektrinių ekonominijų rodiklių palyginamumą, visi skaičiavimai atliki darant prielaidą, kad kiekvienos nagrinėtų kogeneracinių elektrinių įrengtoji elektrinė galia yra 1 MW. Be to, elektrinių ekonominis efektyvumas nustatytas taikant tas pačias techninėje užduotyje suformuluotas sąlygas:

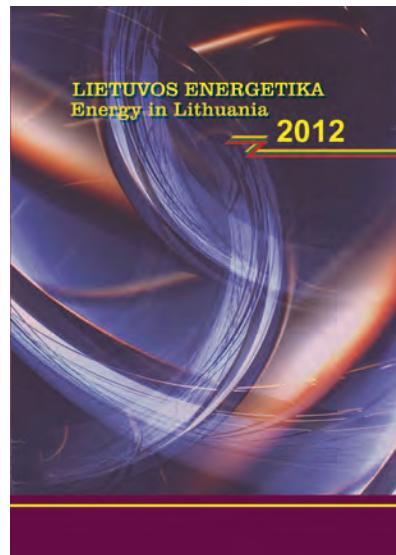
- a) nagrinėjamos šiuo metu rinkoje paplitusios technologijos – dujų turbininės, dujinės su vidaus degimo varikliais, biokuro ir kombinuoto ciklo dujų turbininės kogeneracinės elektrinės;
- b) elektrinių techniniai-ekonominiai rodikliai nustatomi apibendrinant šalyje įgyvendintų projektų ir technologijų kataloguose pateikiamus duomenis;
- c) neprisirišant prie konkrečių vienos sąlygų ir taikant prielaidą, kad kogeneracinės elektrinės dirba termofikaciiniu režimu;
- d) įrengtosios galios panaudojimą apibrėžiant maksimalios galios pa-

naudojimo laiku  $T_{max}$  ir analizuojant jo trukmę 8000–2000 valandų diapazone;

- e) gamtinių dujų kainas, išskaitant išlaidas jų transportavimui, palaike 1450 Lt/1000 m<sup>3</sup> lygyje visą elektrinės gyvavimo laiką, o biokuro kainą prilyginant vidutinei medienos skiedrų kainai 2012 metais, t. y. 550 Lt/tne;
- f) darant prielaidą, kad elektros ir šilumos supirkimo iš elektrinės kaina yra atitinkamai 350 Lt/MWh ir 210 Lt/MWh.

Išanalizavus ataskaitoje pateiktus rezultatus, paaiškėjo, kad mažiausia investavimo rizika būtų įrengiant kogeneracines elektrines, kurios gali konkuruoti elektros energijos ir šilumos rinkose. Pagal šį kriterijų prioritetas turėtų būti teikiamas biokurą naudojančioms kogeneraciniems elektrinėms. Dabartinėmis sąlygomis elektros ir šilumos rinkose jos gali konkuruoti, jei maksimalios galios panaudojimo laikas yra ne mažesnis kaip 4000 h/metus. Siekiant objektyviai pagrįsti kogeneracinių elektrinės statybos tikslingumą, jos įrengtajų galią ir elektros energijos gamybos apimtis, būtina išsamiai įvertinti šilumos poreikių kaitą prognozuojamu laikotarpiu, jų kitimą per metus, įvertinti kitų šilumos šaltinių konkurencingumą ir atliki šilumos gamybos apimčią, taikant įvairias technologijas, optimizacinius skaičiavimus.

Energetikos ministerijos ir pagrindinių šalies energetikos asociacijų (***Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija, Lietuvos biomasės energetikos asociacija, Lietuvos elektros energijos gamintojų asociacija ir Lietuvos energetikos konsultantų asociacija***) užsakymu išleistas kasmetis statistinių duomenų leidinys ***Lietuvos energetika 2012***. Šiame leidinyje pateikta naujausia susisteminta informacija, apibūdinanti Lietuvos energetikos sektorius ir jo šakų raidos tendencijas 2009–2012 m.,



pateikti išsamūs šalies kuro ir energijos balansai ir pagrindiniai Lietuvos energetikos sektorių apibūdinantys rodikliai. Naudojantis Baltijos šalių statistikos departamentų duomenų bazėse pateikta naujausia informacija, pateikti 2011 ir 2012 metų statistikos duomenys apie Estijos, Latvijos ir Lietuvos bendrasias pirminės ir galutinės energijos sąnaudas, elektros bei centralizuotai tiekiamos šilumos gamybą ir vartojimą ūkio šakose, bendojo vidaus produkto (BVP) augimą, taip pat lyginamieji energetikos ir ekonomikos esamą būklę apibrėžiantys rodikliai. Leidinyje pateikti Jungtinės Tautų Bendrają klimato kaitos konvenciją ir Kioto protokolą pasirašiuse 1 priedo šalyse 1990 ir 2011 m. į atmosferą išsmestų šiltnamio dujų kiekiai ir jų struktūra pagal sektorius.

Leidinyje pateikta 28 Europos Sąjungos šalių, didžiausių pasaulyje valstybių, Ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizacijos šalių, taip pat apibendrintų bendrujų pasaulyje ekonomikos ir energetikos rodiklių (BVP, energijos sąnaudų vienam gyventojui, energijos intensyvumo ir kt.) lyginamoji analizė 2010 ir 2011 m. Ši analizė atlanka taikant naujausius Tarptautinės energetikos agentūros paskelbtus duomenis ir metodiką. Vadovaujantis šios agentūros metodiniais principais, visų leidinyje pa-

teiktų šalių elektros energijos sąnaudose neįvertinami nuostoliai tinkluose, o galutinės energijos sąnaudose įskaičiuoti ir neenergetinėms reikmėms sunaudotai energijos ištekliai.

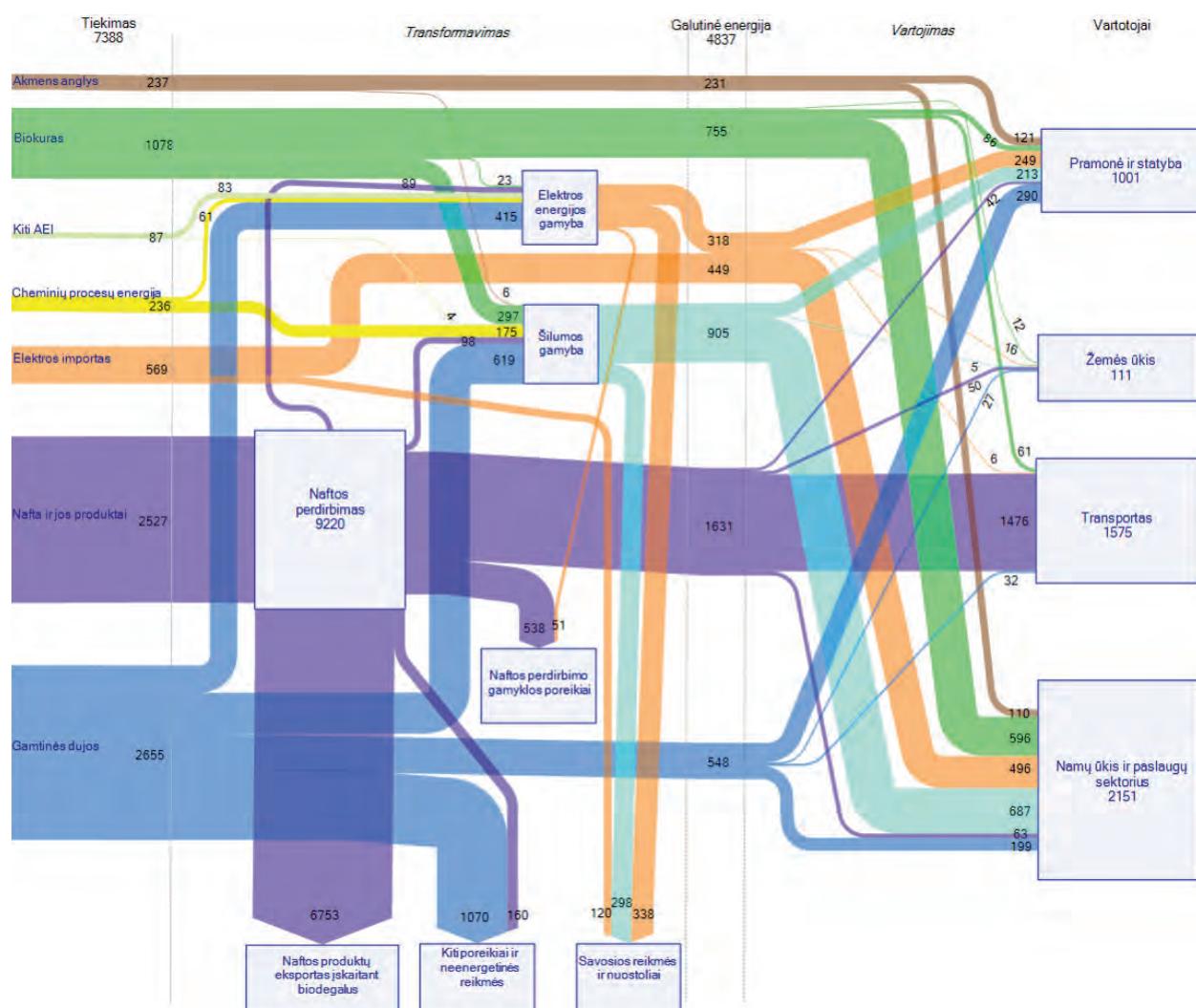
Leidinyje apibendrinti pokyčiai šalies ekonomikoje ir energetikoje. Lietuvos BVP 2000–2008 m. augo sparčiai (vidutiniškai 7,4 % per metus), bet 2009 m. smuko net 14,8 %. Per trejus pastaruosius metus šalies BVP augo vidutiniškai 3,8 % per metus ir 2012 m. sudarė 83,9 mlrd. Lt (grandine susieta apimtimi) arba 28,1 tūkst. Lt/gvy. Pirminės energijos sąnaudos 2012 m. padidėjo 1,1 % ir sudarė 7,39 mln. tne. Energetinėms reikmėms ūkio šakose sunaudojamos galutinės

energijos sąnaudos padidėjo 2,6 % ir sudarė 4,84 mln. tne, galutinės elektros energijos sąnaudos padidėjo 4,0 % ir sudarė 8,92 TWh. Pirminės energijos sąnaudos, tenkančios BVP vienetui, 2012 m. sumažėjo 2,5 %, o tiesiogiai ūkio šakose sunaudojamos galutinės energijos intensyvumas – 1,0 %.

**Leidinys Lietuvos energetika 2012** parengtas glaudžiai bendradarbiaujant su šalies Statistikos departamento, Lietuvos šilumos tiekėjų asociacijos ir energetikos įmonių bei asociacijų specialistais. Rengiant leidinį buvo panaudota informacija, paskelbta Statistikos departamento leidiniuose (Kuro ir energijos balansas – 2009, 2010, 2011 ir 2012) ir duomenų bazėje, Valstybinės

kainų ir energetikos kontrolės komisijos, energetikos įmonių ir kitų žinybų metinėse veiklos ataskaitose bei tarptautinių organizacijų (Tarptautinės energetikos agentūros, Eurostat) parengtuose informaciniuose leidiniuose ir duomenų bazėse.

Pagal sutartį su **Aplinkos ministreria** pradėtas naujas mokslo tiriamasis darbas **Nacionalinės išmetamų į atmosferą šiltnamio efektą sukeliančių duju 2013 m. apskaitos ekspertinės duomenų analizė energetikos sektoriuje**. Vykdant šį mokslo tiriamajį darbą, parengta Nacionalinė šiltnamio efektą sukeliančių duju inventorizacija energetikos sektoriuje 1990–2011 m. pagal Europos Parlamento ir Tarybos



Pagrindiniai Lietuvos kuro ir energijos srautai 2012 m., ktne

sprendimo 280/2004/EB dėl šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos Bendrijoje monitoringo mechanizmo ir Kioto protokolo įgyvendinimo reikalavimus bei Tarpvyriausybinių klimato kaitos grupės metodologiją. Prie šios problematikos sprendimų paieškos aktyviai prisidėjo dr. I. Konstantinavičiūtė, būdama Nacionalinės išmetamų į atmosferą šiltnamio efektą sukeliančių dujų apskaitos rengimo komisijos ir Nacionalinio klimato kaitos komiteto bei NER 300 finansinio instrumento projekto atrankos komisijos nare.

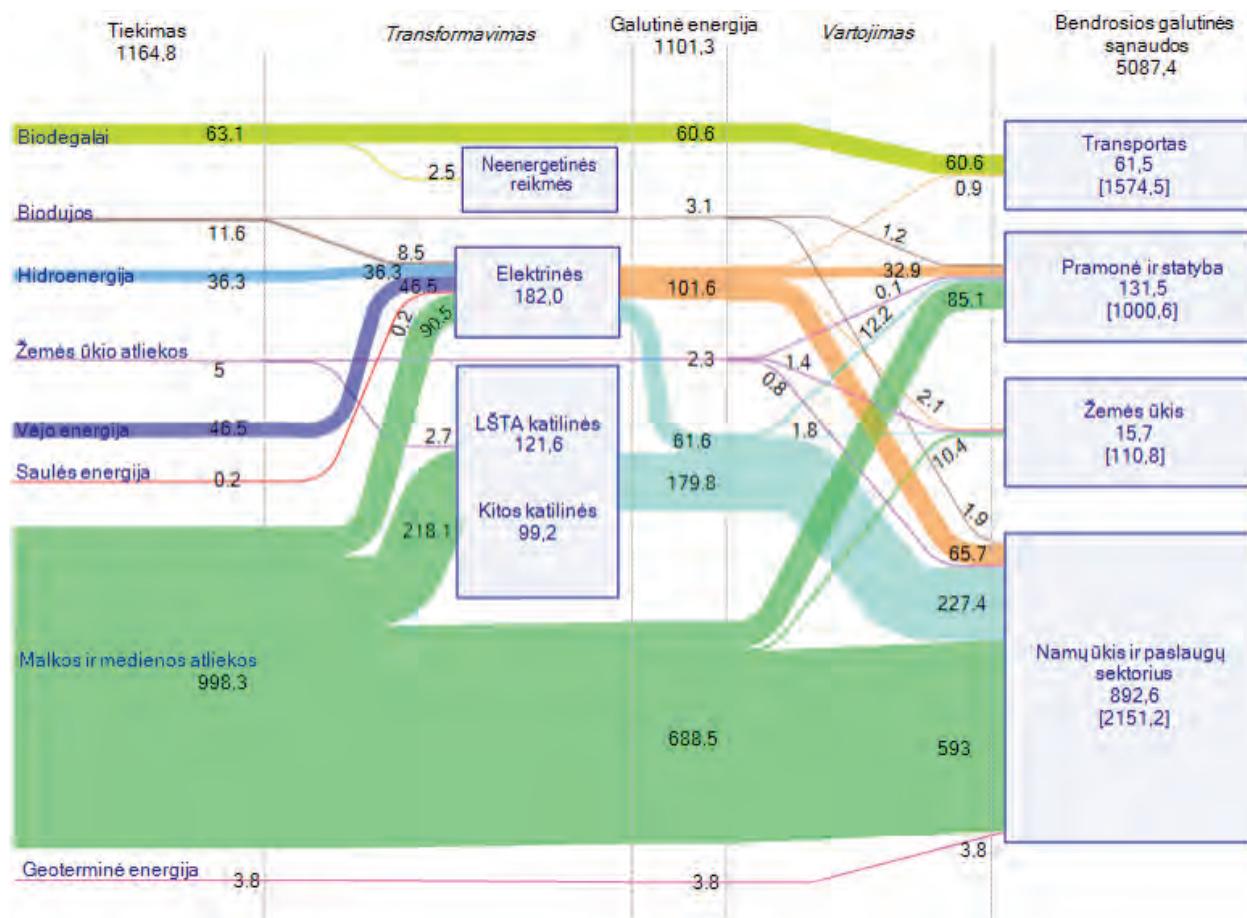
## DALYVAVIMAS TARPTAUTINĖSE PROGRAMOSE

2013 m. buvo tēsiamas **Tarptautinės atominės energijos agentūros** (TATENA) koordinuojamas 3 metų truk-

mės 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 darnai plėtrai, kadangi leidžia sumažinti neigiamą poveikį aplinkai, skatina nacionalinės ir regioninės ekonominės plėtrą, lemia patrauklias energijos kainas, sukuria papildomų darbo vietų ir pan. Šalies energetinis saugumas (užtikrinant energijos poreikius už socialiai priimtiną kainą) taip pat yra neatskiriamas darnios ekonominės ir socialinės politikos dalis. 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, kartu vertinant ir neatsinaujinančių energijos išteklių naudojimo galimybes bei jų poveikį aplinkai, atsižvelgiant į šalies tarptautinius įsipareigojimus, strateginius tikslus ir siekiant vartotojams patiekti energiją galimai mažiausiomis kainomis. Atsižvelgiant į paminėtus kriterijus, kuriamas optimizacinis modelis naujodant MESSAGE programinės įrangos paketą.

Aktualūs Lietuvai energetikos sektoriaus vystymo klausimai, tarp jų atsinaujinančių energijos išteklių platesnio naudojimo bei energijos vartojimo efektyvumo didinimo aspektai, nagrinėjami tarptautiniuose programos *Pažangiai energetika Europai* projektuose. 2013 m. pradėti du nauji



Atsinaujinančių energijos išteklių srautai 2012 m., ktne

projektai ***Atsinaujinančių energijos išteklių skatinimo ir konvergencijos politikos dialogas tarp ES šalių narių (DIA-CORE)*** ir ***Energijos vartojimo efektyvumo monitoringas ES šalyse (ODYSEE MURE 2012)***.

Projektui ***Atsinaujinančių energijos išteklių skatinimo ir konvergencijos politikos dialogas tarp ES šalių narių (DIA-CORE)*** siekiama užtikrinti taikomą atsinaujinančių energijos išteklių paramos schemų vertinimo tēstinumą ir sukurti produktyvą diskusiją apie būsimą šių išteklių panaudojimo elektros, šilumos gamyboje ir transporto sektorius skatinimo politiką. Projekto koordinatorius yra Franhoferio sistemų ir inovatyvių tyrimų institutas (Vokietija). Projekto partneriai: Vienos technikos universiteto, Energetikos ekonomikos grupė (Austrija), Ecofys (Nyderlandai), Eclareon (Vokietija), Nacionalinis Atėnų technikos universitetas (Graikija), CEPs (Belgija), DIW Berlynas (Vokietija), Utrecht universitetas (Nyderlandai) ir AXPO (Austrija).

Vykdomas projektas ***Energijos vartojimo efektyvumo monitoringas ES šalyse (ODYSEE MURE 2012)***, siekiama atlikti išsamią energijos vartojimo efektyvumo bei energijos vartojimo efektyvumo didinimo politikos prie-monių visose ES šalyse bei visuose ekonomikos sektoriuose stebėseną. Projekto koordinatorius yra ADEME (Prancūzija). Projekte dalyvauja 32 partneriai iš visų ES šalių.

#### ***Laboratorijoje sukaupta patirtis plėtai panaudota tarptautiniu mastu:***

- rengiant specialistus energetikos sektoriaus raidai modeliuoti Egipte, Indonezijoje ir Švedijoje organizuotuose mokymuose – dr. A. Galinis, kaip TATENA deleguotas ekspertas, atsakingas už MESSAGE modelio panaudojamą perspektyvinį energetikos planavimo uždaviniam spręsti, savo patirtį perteikė mokymuose ir atliko praktinius mokymus modeliavimo specialistams, rengiantiems energetikos sektoriaus perspektyvinės raidos programą;
- atliekant praktinius mokymus modeliavimo specialistams Benine ir Tanzanijoje – patirtį perteikė TATENA deleguotas ekspertas dr. D. Tarvydas;
- atliekant Jungtinių Tautų bendrosios klimato kaitos konvencijos sekretoriato organizuotą centralizuotą Vokietijos, Nyderlandų, Ukrainos ir Kazachstano šiltnamio efektaukeliančių dujų inventorizacijų vertinimą Bonoje (dr. I. Konstantinavičiūtė);
- analizuojant ***Programos Horizontas 2020*** energetikos tyrimų šaukimus 2014–2015 m. – dr. D. Štreimikienė išrinkta Europos Komisijos ***Programos Horizontas 2020*** Energetikos patarėjų grupės nare.

#### ***2013 m. buvo reikšmingi tobulinant laboratorijos darbuotojų kvalifikaciją:***

- j. m. d. V. Lekavičius gruodžio 6 d. viešame Ekonomikos mokslo krypties tarybos posėdyje apgynė socialinių mokslių daktaro disertaciją ***Energijos išteklių pasiūlos pokyčių poveikio šalies ekonomikai modeliavimas***, kurioje atlikta energetikos ir ekonomikos ryšių bei energijos išteklių pasiūlos pokyčių susidarymo ir poveikio visai ekonomikai mechanizmų analizė, leidžianti atskleisti esminį energetikos infrastruktūros vaidmenį energetikos sistemų sklaidai į kitas ekonomikos sritis;
- m. d. E. Norvaiša ir m. d. D. Tarvydas kovo mėn. dalyvavo TATENA organizuotuose mokymuose ***Branduolinių reaktorių technologijų ir branduolinio kuro ciklo pagrindai***, kurie vyko Turkijoje. Šie mokymai suteikė galimybę giliau supažindinti su branduolinės energetikos plėtra, jvairių tipų reaktoriais ir jų komponentais, incidentų branduolinėse elektrinėse prevencijos priemonėmis, sauga ir branduolinių atliekų tvarkymo problemomis, taip pat pažanga kuriant naujos kartos ir mažos galios branduolinės reaktorių technologijas;
- j. m. d. V. Lekavičius rugpjūtį dalyvavo Švedijoje vykusiuose mokymuose, kur daugiausia dėmesio buvo skiriama platesnio Tarptautinės atominės energetikos agentūros plėtojamo MESSAGE programinio paketo taikymo galimybėms įvertinti. Buvo siekiama parengti energetikos ekspertus, gebančius ateityje vesti energetikos plėtros modeliavimo, taikant MESSAGE paketą, mokomuosius kursus. Rugsėjį V. Lekavičius skaitė pranešimą apie Lietuvos patirtį tiriant energetikos ir ekonomikos ryšius Austrijoje vykusiamame techniniame susitikime, kur buvo aptariamos studijos, susijusios su branduolinės energetikos socialinių ir ekonominų poveikių vertinimu.

2013 m. dalyvauta tarptautinėse konferencijose Prancūzijoje, Švedijoje, Turkijoje, Vokietijoje ir kitose šalyse, kur perskaityti 9 pranešimai. Laboratorijos darbuotojai paskelbė 10 mokslinių straipsnių Lietuvos ir užsienio žurnalose, tarptautinių konferencijų ir kt. leidiniuose (iš jų 4 straipsniai leidiniuose, įrašytose Mokslinės informacijos instituto sąraše).

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

# REGIONŲ ENERGETIKOS PLÉTROS LABORATORIJA

## PAGRINDINĖS LABORATORIJOS MOKSLINIŲ 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.

## MOKSLINIO TYRIMO OBJEKTAI IR UŽDAVINIAI

Europos Sajungos, taip pat Lietuvos energetikai iškelti uždaviniai mažinti prilausomumą nuo importuojamų energijos išteklių, plačiau naudojant vietinius ir atsinaujinančius išteklius, ir sumažinti jų poreikį didinant naudojimo efektyvumą. Kartu tai leis sumažinti neigiamą šiltnamio dujų emisijų poveikį aplinkai ir pasitarnaus klimato kaitos prevencijai. Šia kryptimi yra orientuota ir Europos mokslinių tyrimų ir technologinės plėtros programa *Horizon 2020*, kurioje energetikos srityje pagrindinis dėmesys skiriamas efektyviams energijos vartojimui, mažai anglies dioksidu išskiriančių energetikos technologijų konkurencingumui, darnios energetikos miestų ir bendruomenių formavimui. Pagrindinės energetikos sritys, kurių nagrinėjamos kaip tyrimų objektai, yra pastatų sektorius, sunaudojantis daugiausiai energijos išteklių, energijos

generavimo ir tiekimo sistemos įskaitant tiekimo tinklus, jų valdymą, energijos saugyklas, vartotojų dalyvavimą energijos poreikių valdyme per išmaniuosius tinklus.

Svarbus vaidmuo skiriamas energetikos sektoriaus pertvarkos finansavimo klausimams, infrastruktūros, įgyvendinančios energijos vartojimo efektyvumo didinimo priemones, sukūrimui, taip pat naujų, inovatyvių projektų finansavimo mechanizmų paieškai ir kūrimui.

Europos Sajungos valstybės narės planuoja ir rengia darnios energetikos strateginių uždaviniių įgyvendinimo priemones energijos tiekimo ir vartojimo sektoriuose, nustato uždavinius ir tarpinius tikslus, reikiamas finansavimo apimtis. Planavimo procese kyla daug problemų, susijusių su darnios energetikos plėtrös įgyvendinimo priemonių efektyvumo vertinimu, jų poveikiu energijos kainoms ir sąsajomis su kitais ūkio sektoriais. Kai kurių ES šalių praktika

parodė, kad vykstant technologiniams progresui ir keičiantis ekonominėms sąlygomis būtina lanksti ekonominio skatinimo politika, kadangi padidėjus atskirų technologijų pasiūlai ir sumažėjus jų kainai dėl neproporcingų skatinimo priemonių, pavyzdžiui, supirkimo tarifų, gali kilti investicijų bumas, padidinantis bendras energijos gamybos išlaidas, už kurias sumoka visi energijos vartotojai. Skatinimo priemonių taikymo mastui pagrįsti būtina įvertinti jų naudingumą visuomenės požiūriu, kiek jos atitinka strateginius valstybės tikslus ir kokia dalimi padeda juos pasiekti.

Mokslinė darnios energetikos plėtros skatinimo priemonių taikymo tikslinumo problema – objektyvus energijos vartojimo efektyvumo ir atsinaujinančių išteklių energijos naudojimo socialinio naudingumo įvertinimas, išryškinantis darnios energetikos pranašumus, kurie neatsispindi vertinant vien ekonominę naudą. Kartu sprendžiamos aplinkosaugos ir socialinės problemas dažnai

negali būti vienareikšmiai įvertintos tik ekonominiais terminais. Iki šiol nesutariama dėl vieningos metodikos vertinant energijos vartojimo efektyvumo gerinimo ir iškastinio kuro pakeitimo atsinaujinančiais ištekliais socialinę ir aplinkosauginę naudą. Žinių kaupimas ir tikslinga jų sklaida padidintų pasirinktos darnaus vystymosi strategijos priimtinumą ir visuomenės paramą, be kurios sunku tikėtis jos sėkmingo įvykdymo. Vien reglamentavimo priemonės visuomenėje gali būti sutiktos tik kaip ES biurokratų ir tam tikrų grupių lobistinių interesų realizavimas.

2013 m. užbaigtame biudžeto subsidijomis finansuotame moksliniame darbe ***Regionų energetikos darnios plėtros įgyvendinimo priemonių vertinimas technologiniu, ekonominiu ir socialiniu aspektais*** parodyta, kad pagrindinių energetikos darnios plėtros įgyvendinimo priemonių – atsinaujinančių išteklių naudojimo plėtros ir vartojimo efektyvumo priemonių diegimo skatinimas yra grindžiamas būtinybe kompensuoti rinkos netobulumus dėl visuomeninės naudos nevertinimo rinkos santykiuose. Apibendrinant mokslinius darbus pažymėtina ir tai, kad nėra vieningo požiūrio, apibrėžiančio efektyviąs AEI technologijų naudojimo rėmimo formas, nustatyta, kad tokia skatinimo (paramos) priemonė, kaip supirkimo tarifas, gali būti stiprus AEI vartojimo

paskatinimas, tačiau gamintojai ir investuotojai nėra tikri dėl supirkimo tarifų ateityje, nes jie gali būti pakeisti, o tai savo ruožtu didina investavimo riziką. Mažesnė rizika yra tuomet, kai parama (subsidijs) teikiama investicijoms.

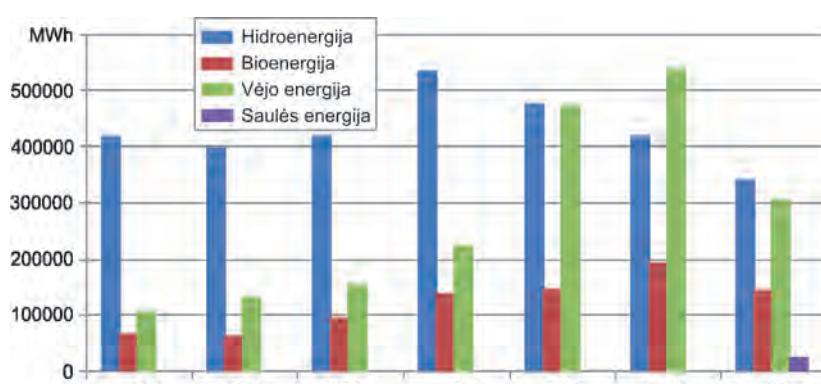
Nustatant paklausą skatinančias priemones svarbiausias orientyras yra atsinaujinančių išteklių energijos atpiginimas, tačiau tam skiriama finansinė–ekonominė parama turi būti pagrįsta jų naudingumu. Siekiant plėsti AEI panaudojimą, būtina taikyti AEI skatinimo priemones atsižvelgiant į jų ekonominį efektyvumą, veiksmingumą bei siektiną tikslą. Sparti AEI naudojimo plėtra mažiausiais kaštais visuomenei gali būti pasiekta remiant tas AEI rūšis ir technologijas, kurios Lietuvos klimato sąlygomis užtikrina geriausią ekonominį rezultatą. Deja, kaip rodo praktika, į tai dažnai neatsižvelgiama ir perteklinė finansinė parama skiriama technologijoms, kurių efektas šalies mastu yra labai mažas. Adekvataus dydžio taršos mokesčiai ir prekyba CO<sub>2</sub> emisijų kvotomis gerina konkurencines sąlygas atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimui. Apmokestinimas turi būti veiksmingas, kad gamintojai ir vartotojai būtų skatinami rinktis AEI.

Pagrindiniai didžiausio Lietuvos centralizuoto šilumos tiekimo (CŠT) sektorius darbotvarkės objektai yra atsinaujinančių energijos išteklių, daugiausiai biokuro (tarp jų šiaudų ir ko-

munalinių atliekų) naudojimo plėtra, elektros energijos gamyba biokurą deginančiose kogeneracinėse jégainėse, laipsniškas CŠT tinklų atnaujinimas, išplėsta konkurenčija su individualiu šilumos tiekimu, naudojančiu iškastinį kurą, planinga plėtra, užtikrinanti investicijų saugumą, ir naujų vartotojų prijungimas ten, kur CŠT yra ekonominiskai pateisinamas.

Pagrindinė problema, tiesiogiai nesusijusi su CŠT sektoriaus atsakomybe, yra lėti pastatų renovacijos tempai, nors šiam procesui pastaraisiais metais prieinama ES fondų parama. Esanti būstų šildymo išlaidų kompenšavimo sistema neskatina efektyvaus šilumos vartojimo, nes nėra susieta su suvartojo mama šiluminė energija ir energijos taupymu, o tik su gaunamomis pajamomis. Taip iškraipomi rinkos signalai vartotojams, kuomet socialinės politikos sprendimai supainiojami su energetikos politika. Parama šilumos vartojimui mažina paskatas taupyti ir ieškoti efektyvesnių šilumos panaudojimo būdų brangstant šildymui, kaip tai vyktų rinkos ekonomikos sąlygomis. Tikėtina, kad pastatų renovavimo procesas paspartės motyvuojant socialiai remtinas šeimas – susiejant socialines išmokas šildymo išlaidų kompenšavimui su dalyvavimu pastato renovacijos projekte.

Penkios labiausiai tinkamos ir rekomenduojamos skatinimo priemonės CŠT sektorius (nesuteikiant prioritetų) yra atliekų tvarkymo planavimas ir draudimas vežti į sąvartynus degias atliekas, pastatų reglamentai, nustatant pirminiu išteklių naudojimo įpareigojimus, subsidijos investicijoms į atsinaujinančių išteklių ir atliekų naudojimą kogeneracinejė jégainėse, anglies mokesčius ne ATL prekybos sistemos šilumos gamybos įrengimams ir parama investicijoms prisijungimui prie CŠT.





Skatinimo priemonių analizės rezultatai byloja, kad daugeliui AEI technologijų Lietuvos vykdomos skatinimo politikos efektyvumas yra mažesnis nei geriausių kitų Europos šalių indikatorių. Potencijalo panaudojimo indikatoriai byloja apie dideles daugelio technologijų plėtros galimybes, tačiau investicijų į inovacinių technologijų plėtrą pelningumas daugeliu atveju yra mažesnis, nei pirmaujančiose ES šalyse.

Reikėtų atkreipti dėmesį remiamas AEI rūšis. Šiuo metu didžiausia parama yra skiriamą biokurą naudojančioms technologijoms. Tuo tarpu didelis saulės šilumos panaudojimo potencialas glūdi pastatų sektoriuje. Šį potencialą galima realizuoti renovuojant daugiabučius pastatus ir kartu modernizuojant pastatų šilumos sistemas. Saulės kolektorių panaudojimas karšto vandens ruošimui daugiabučiuose namuose šiuo metu yra viena perspektyviausių krypčių. Šis potencialas vertinamas iki 40 % karštam vandeniu reikiama šilumos kieko.

Pasinaudojant esančia CŠT infrastruktūra valstybė gali įgyvendinti bendruosius šalies tikslus: vietinės ir atsinaujinančios energijos panaudojimo didinimą, buitinių atliekų utilizavimą, kuro balanso diversifikavimą siekiant energijos tiekimo patikimumo, centralizuoto pastatų vésinimo įdiegimą, efektyvią elektros gamybą panaudojant bendros elektros ir šilumos gamybos technologijas, sumažinti šiltnamio dujų efektą sukeliančių dujų emisijas.

Teisingas AIE naudingumo visuomenei ir gamtinei aplinkai įvertinimas, galintis parodyti tą naudą, yra sietinas

su teritoriniu aspektu. „Žaliasios“ gyvenvietės yra tinkama forma, leidžianti AEI plėtros įgyvendinimui panaudoti esamą infrastruktūrą, finansavimo šaltinius ir tikslingai naudoti AEI kur kas platesniu mastu nei iki šiol. Sékmingam „žaliųjų“ gyvenviečių kūrimui įtakos turi keletas veiksnių. Svarbiausiai iš jų – gyventojų iniciatyva ir teritorijos tinkamus – pagrindinės sąlygos, lemiančios „žaliųjų“ gyvenviečių modelio taikomumą. Gyventojų iniciatyva ir valdžios institucijų parama plėtojant „žaliąsias“ gyvenvietes leistų sukurti jas bet kurioje Lietuvos dalyje, nepaisant to, ar tai seniai apgyvendinta teritorija, gyvenvietė ar kaimas, ar tai naujas žemės sklypas, ir taip padėtų spręsti užimtumo, socialinės atskirties problemas. Sprendžiant „žaliųjų“ gyvenviečių kūrimo, kaip dariosios raidos įgyvendinimo, uždavinius Lietuvoje, geriausiai rezultatai galimi priidedant savivaldybės administracijai, įgyvendinančiai teritorijų planavimo ir atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymus, o valstybės vaidmuo turėtų orientuotis į smulkaus ir vidutinio verslo rémimą.

## ILGALAIKĖS MOKSLINIŲ TYRIMŲ PROGRAMOS

Ilgalaikėje institucinėje mokslinių tyrimų programoje *Energetikos sektoriaus plėtros ekonominė ir darnumo analizė* 2013 metais tyrimai buvo vykdomi dviej kryptimis:

- ekonominiam procese dalyvaujančių energetinių išteklių išsekimo (baigtinimo) ir atsinaujinimo (ne-

baigtinimo), ekonominio vertinimo apibrėžimas ir šių savybių atspindėjimas ekonominėje teorijoje bei įvertinimas ekonominėje analizėje; b) konflikto tarp darnios raidos, orientuotos į tolimą perspektyvą, ir gerovės maksimizavimo artimiausiu laikotarpiu ekonominis sprendimas.



Lietuvos  
mokslo  
taryba

Ilgalaikėje 2012–2014 metų institucinėje Ekonomikos mokslinių tyrimų programoje *Lietuvos ekonomikos ilgalaikio konkurencingumo iššūkiai* dalyvaujama 2 temose:

- Atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) ir energijos taupymo technologijų įsisavinimo plačiu mastu įtakos BVP, užsienio prekybos balansui vertinimas siekiant sudaryti ekonominės prielaidas valstybės paramos pagrindimui.* AEI technologijų kūrimo ir jų sklaidos ekonominijų prielaidų analizė. Šiam darbe parengta AEI technologijų plėtros vertinimo makroekonominiu požiūriu metodologija. Jos pagrindu atliktas AEI klasifikavimas pagal atsinaujinimo pobūdį ir įtaką aplinkosauginiams, socialiniams ir ekonominiam rodikliams, analizuoti AEI technologijų plėtros ir BVP, užsienio prekybos balanso, socialinių rodiklių ryšiai. Sudarytas AEI naudojimo įtakos ekonominikos raidai teorinis algoritmas ir skaičiavimų programa, pagrįsti teritorinio (miestų) ekonominikos ir energetikos sąveikos planavimo ir organizavimo metodai bei prielaidos, leidžiančios apjungti AEI ir energijos taupymo alternatyvas. Teorinių prielaidų patikrini-

- muo programa EnergyPro 4.1 atlikti saulės kolektorių jėgainės karšto vandens ruošimui techniniai-finansiniai įvertinimai Varėnos miestui. Formuojami AEI panaudojimo paklausos didinimo gamintojo ir vartotojo pusėse scenarijai CŠT modernizavimo variantų pagrindu. Apibendrinti šiuolaikinių CŠT sistemų organizavimo, technologinės pažangos, kainodaros principai ir rengiamos rekomendacijos Lietuvos miestų CŠT tobulinimui bei formuojami techninių galimybų scenarijai prisijungusiems prie centrinio šildymo sistemos vartotojams panaudojant AEI pasigaminti dalį elektros ir šilumos. Analizuojamos CŠT kainodaros ypatybės bei naujų finansavimo schemų teikiamos galimybės plačiau naudoti AEI technologijas.
2. *Valstybės biudžeto ir disponuojamų struktūrinių fondų lėšų panaudojimo bei įvairių fiskalinų finansinių priemonių pažangioms energetikos technologijoms (AEI, energijos taupymo ir kt.) vertinimo principų nustatymas.* Remiantis suformuluota tyrimų metodologija atlikti ekonominiai tyrimai nustatant pažangių atsinaujinančios ener-

gijos panaudojimo technologijų paramos formų ryšį su valstybinių programų siekiamu rezultatu energetikoje. Įvykdytas AEI naudojimo ir parinktų makroekonominių rodiklių tarpusavio ryšių įvertinimo metodų parinkimas ir skaičiavimo algoritmo sudarymas. Matematiškiam vertinimui sudaryta skaičiavimo programa. Atlirkas AEI finansinės, ekonominės paramos formų inventoriavimas, jų finansavimo šaltinių pagrindimas, rezultatų rodikliai ir jų pasiekimo dinamika. Atlirkta užsienio šalyse naudojamų finansavimo, kreditavimo, kainodaros ir kt. AEI technologijų paramos schemų bei priemonių apžvalga bei įvertintos pažangių energetikos technologijų finansavimo iš tarptautinių fondų (pvz., JESSICA, JEREMIE ir kt.) galimybės Lietuvoje. Įvertinamas priimtinų finansavimo kanalų atsiradimas ir inovacių finansavimo instrumentų naujodumas finansuojant galutinius vartotojus ir pramonę. Atlirkta paširinkto rajono (Riešės ir Avižienių seniūnijų) energetinė, ekonominė, socialinė, aplinkosauginė analizė įvertinant energetinį potencialą ir suformuoti energetikos ūkio plėtros

scenarijai, atlirkas jų vertinimas. Vykdoma vėjo energijos panaudojimo technologijų pritaikymo galimybių, privalumų, trūkumų, investicijų ir eksploatacijos išlaidų analizė.

## TARPTAUTINIS BENDRADARBIAVIMAS



2013 m. laboratorijoje buvo pabaigtas vykdyti ES finansuojamas projektas **ENNREG (Regionai, tiesiantys kelią link darnios energetikos Europai)**, vykdomas pagal *Pažangi energetika Europai* programą. Projekto koordinavo partneriai iš Danijos – Energy Consulting Network agentūra. Projekto tikslas siejamas su Merų Pakto ir ES tikslais: 20 % sumažinti anglies dvideginio emisijas, pasiekti, kad AEI sudarytų 20 % galutinio energijos suvartojimo bei 20 % efektyviau vartoti energiją. ENNEREG projektas atstovavo 12 Europos regionų, Lietuvoje – tai Kauno regionas, taip pat regionai-dvyniai, tarp kurių – Šilutės savivaldybė.

Projekto metu buvo paruošti 10 darnios energetikos plėtros projekty

**Regions 2020 Paving the way for Sustainable Energy in Europe  
ENNREG Good Practice in Energy Efficient Buildings and Renewables**

**Birštonas - Ecotown Kaunas Region, Lithuania**

**Birštonas Kaunas County, Lithuania**

**Results and Impacts**  
Project outcomes in terms of ENNEREG's performance indicators  
**Start Date:** 2010  
**End Date:** 2011  
Total budget: 1.2 million euros from biomass accounted for approximately 60%, and the rest was covered by natural gas. The energy efficiency of buildings was increased by 25% due to the use of local, renewable fuel resources.  
Renovation of 25,500 m<sup>2</sup> of office buildings (wall construction from bricks), with low standard and poor energy efficiency, was replaced by modern, new residential buildings: office building, school and art, health-care centre. Gross area of new buildings amounts 2185 square metres.  
Having the majority of the heat produced from biomass, the system will also produce electricity. Additionally, a heat gas condensation unit will be installed at a later stage in order to increase the energy efficiency. In the buildings, solar collectors and heat pumps will be used to cover the energy needed for heating.  
Specific innovations – new measuring, monitoring, ESCO financing schemes.

**Aims and Objectives of this Sustainable Energy Action:**  
Establishing of a pilot project (Birštonas - Ecotown) in Birštonas city – the smallest Municipality of Kaunas region – participated in the ECO-life project (Sustainable zero carbon ECO-towns developments Improving quality of life across EU under CONCERTO initiative in FP7). The main aim of the project was to demonstrate the potential of demand side (demonstration of various renewable energy technologies). All demonstration projects are defined in "What Comes Next" approach.

**Results and Impacts**  
Birštonas – the smallest Municipality of Kaunas region – participated in the ECO-life project (Sustainable zero carbon ECO-towns developments Improving quality of life across EU under CONCERTO initiative in FP7). The main aim of the project was to demonstrate the potential of demand side (demonstration of various renewable energy technologies). All demonstration projects are defined in "What Comes Next" approach.

**Regions 2020 Paving the way for Sustainable Energy in Europe  
ENNREG Good Practice in Intelligent Energy Education**

**Kaunas City Christmas Trees Kaunas Region, Lithuania**

**Kaunas City, Kaunas, Lithuania**

**Summary**  
The Kaunas City Christmas Tree can be considered as an educational project for energy efficiency and environmental protection.  
The main objective of the project was the erection of a Christmas Tree composed of a natural tree and plastic bottles. The plastic bottles were collected by the students of the Kaunas University of Technology (KTU).  
The Christmas Tree (produced by designer Jolanta Smidienė (Director of Tėvės Gaudė) and her group) was erected in the central street of Kaunas – Second environmental-friendly Christmas Tree in Kaunas was decorated by students of KTU.

**Aims and Objectives of this Sustainable Energy Action:**  
It is difficult to indicate quantitative objectives, however some facts about the project are:  
• the main Christmas Tree was produced by designer Jolanta Smidienė (Director of Tėvės Gaudė) and her group;  
• the Christmas Tree was decorated by students of KTU (the students were asked to bring their plastic bottles);  
• Having the majority of the heat produced from biomass, the system will also produce electricity. Additionally, a heat gas condensation unit will be installed at a later stage in order to increase the energy efficiency. In the buildings, solar collectors and heat pumps will be used to cover the energy needed for heating.  
• Students of the Kaunas University of Technology (KTU) decorated the natural tree in the central street of Kaunas – it was decorated with one plastic tree, which were provided by their lecturers from former homework.

**Regions 2020 Paving the way for Sustainable Energy in Europe  
ENNREG Good Practice in Sustainable Transport**

**Electric Vehicles Kaunas Region, Lithuania**

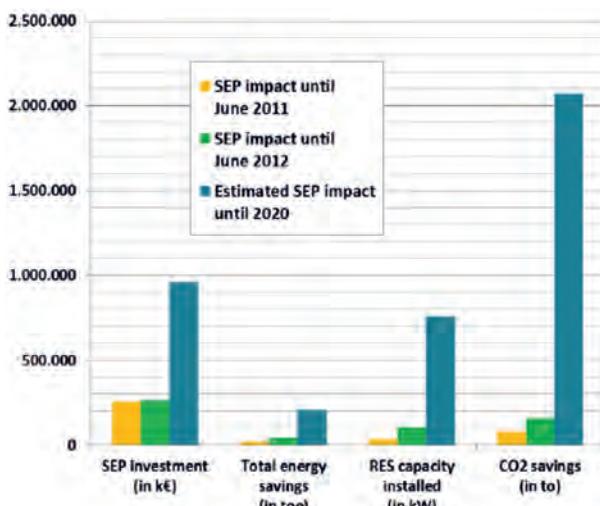
**Kaunas Region**

**Summary**  
ELUTA develops and manufactures components for electric vehicles and also commercializes gas-powered vehicles. This project aims to serve growing needs of electric vehicle manufacturers, refitters, or exclusive and unique EV manufacturers as well as to promote the use of "green transport" in Lithuania.  
ELUTA team provides any electric drive solution for every unique project. It doesn't matter if it is road, water or air vehicle, or one can choose from various standard converted vehicles like Toyota Prius, Smart Fortwo, IVECO Daily.

**Results and Impacts**  
Project outcomes in terms of ENNEREG's performance indicators  
**Start Date:** 2010  
**End Date:** research/bests  
**Summary**  
ELUTA develops and manufactures components for electric vehicles and also commercializes gas-powered vehicles. This project aims to serve growing needs of electric vehicle manufacturers, refitters, or exclusive and unique EV manufacturers as well as to promote the use of "green transport" in Lithuania.  
ELUTA team provides any electric drive solution for every unique project. It doesn't matter if it is road, water or air vehicle, or one can choose from various standard converted vehicles like Toyota Prius, Smart Fortwo, IVECO Daily.

**Aims and Objectives of this Sustainable Energy Action:**  
The aim of the action is to promote electric and hybrid vehicle transport for urban use, enabling also charging opportunities in Lithuania – largest cities – Vilnius and Kaunas.  
ELUTA plans to produce 25-35 vehicles during 2013.

**Summary**  
The aim of the action is to promote electric and hybrid vehicle transport for urban use, enabling also charging opportunities in Lithuania – largest cities – Vilnius and Kaunas.  
ELUTA plans to produce 25-35 vehicles during 2013.



Projektų įgyvendinimo rezultatai. Šaltinis: ZREU

visoje Lietuvoje, kurie pristatomi kituose ES regionuose kaip geros patirties pavyzdžiai. Šie projektai kartu su gerosios patirties pavyzdžiais visoje Europoje (<http://regions2020.eu/cms/inspiration/good-practice/>) turėtų skatinti darnios energetikos plėtrą ES.

Projekto dalyviai pagal 8 projektų grupes įvertino kiekviename regione vykdomų projektų indėlį į darnios energetikos plėtrą bei CO<sub>2</sub> emisijų mažinimą ES šalyse. Medžiaga apie vykdomus projektus buvo surinkta tiesiogiai bendradarbiaujant su jų vykdytojais ir atliekant bendrą regionų plėtrös stebeseną.

2013 m. sausio 31 d. kartu su kitu ES finansuojamu projektu LEI buvo surengtas seminaras *Darnios plėtrös*

aspektai rengiant savivaldybių atsinančių išteklių energijos naudojimo plėtrös veiksmų planus, kuriuo siekta padėti savivaldybėms ir paskatinti jas ruošti Atsinančių išteklių energetikos įstatyme numatytais veiksmų planus.

Galutinio projekto susitikimo Briuselyje metu vyko kelių projektų pasiekimų pristatymai, inicijuoti Europos Komisijos *Pažanggi energetika Europai* programos techninės paramos iniciatyvos *ManagEnergy*, kur ENNEREG projektas buvo pristatytas kaip ypač vaisingai prisdėjės prie Merų pakto iniciatyvos ir darnios energetikos planavimo bei tikslų įgyvendinimo ES regionuose.



*Diskusijos seminaro Darnios plėtrös aspektai rengiant savivaldybių AEI naudojimo plėtrös veiksmų planus metu*

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

Projekto partneriai taip pat paruošė „Ikvėpimo gidą“ norintiems prisijungti prie Merų pakto, planuoti savo miestų darnios energetikos veiklą bei rasti įkvebiančių pavyzdžių projekte dalyvavusių regionų patirtyje: <http://www.regions2020.eu/cms/inspiration/inspiration-guide>.



**Naujos verslo galimybės panaudoti saulės energiją centralizuotam šilumos ir vėsumos tiekimui**

2013 m. buvo tėsiamas 36 mėnesių trukmės projektas **Naujos verslo**



*Baigiamųjų renginių akimirkos*

**galimybės naudojant saulės energiją centralizuotos šilumos ir vėsumos tiekimui (SDHplus)**, kurį koordinuoja partneriai iš Vokietijos – Saulės ir darnių energetinių sistemų tyrimo instituto, SFZ Solites. Projektas apjungia 18 partnerių iš 12 Europos Sajungos šalių. Tęstinis projektas **SDHplus** orientuotas į platesnį saulės jégainių integravimą centralizuotose šilumos tinkluose bei šilumos poreikių tenkinimą pastatuose.

**SDHplus** projekto tikslai – skatinti platesnį saulės energijos naudojimą centralizuoto šilumos tiekimo sistemose aprašant ir skleidžiant sėkmindo saulės energijos integravimo į CŠT sistemas pavyzdžius, plėtojant ir diegiant naujas bandomuosius verslo modelius ir sutelkiant dėmesį į aplinkybę, kad AEI naudojimas pastatuose priskiriamas energinio naudingumo didinimo priemonėms, taip pat plėtojant ir realizuojant naujas rinkos strategijas saulės energijai CŠT sektoriuje (pvz., žaliasis tarifas, supirkimo modeliai).

Numatoma, kad projekto veiklos padės sukurti naujus verslo modelius ir rinkos strategijas, atvers platesnes galimybes šilumos tiekėjams ir kitiems rinkos dalyviams ir tiesiogiai prisidės prie saulės centralizuoto šilumos tiekimo (SCŠT) rinkos augimo. Parengiant bandomuosius projektus bus nustatytos galimos kliūtys (kombinuotas saulės kolektorių ir kogeneracijos veikimas,



Saulės šilumos kolektoriai Graco mieste, Austrijoje

dideli kaštai ir pan.). Europos ekspertų įvertinimais, naujosiose ES šalyse narėse iki 2020 m. saulės šilumos jégainių galia gali pasiekti 500 MW.

Ypač svarbi yra informacinė skliaudė – tarptautiniai SCŠT seminarai ir centralizuoto šilumos tiekimo rinkos dalyvių vizitai į esančias SCŠT jégaines. 2013 m. buvo suorganizuoti du projekto dalyvių susitikimai. Balandžio Švedijoje, Malmės mieste, vyko konferencija, skirta saulės CŠT sistemų techniniams sprendimams ir miestų planavimo bei verslo modelių aptarimui.

Antrasis projekto partnerių susitikimas vyko Graco mieste Austrijoje,

kur sumontuoti 1 MW galios saulės kolektoriai tiesiogiai tiekia šilumą į centralizuoto šilumos tiekimo sistemą. Austrijoje decentralizuotą saulės šilumos tiekimą miesto CŠT tinklui paprastai vykdo energetinių paslaugų kompanijos (ESCO).

Vykstant projektą analizuojamos galimybės naudoti saulės energijos šilumą Lietuvos centralizuoto šilumos tiekimo tinkluose. Analizė apėmė 17 CŠT sistemų, esančių daugiausiai mažesniuose miestuose. Pirminiai analizės rezultatai leidžia tikėtis, kad saulės energijos sistemos gali būti konkurencingos su kitomis, pavyzdžiu, biomasės, technologijomis esant atitinkamai paramai investicijoms. Tokios sistemos kartu su trumpalaikėmis saugyklomis įgalintų padengti šilumos poreikius vasaros sezono ir leistų surūpinti ženklius biokuro ar kita kuro kieklius. Pagrindinis saulės energijos integravimo į CŠT sistemas privalumas, palyginti su individualiais įrenginiais – mastelio ekonomija ir mažesnės investicijos dėl to, kad nereikia kiekviename name instaliuoti reguliavimo ir valdymo įrangos, šilumos akumuliatorių, vamzdynų, cirku-



Saulės kolektoriai Malmės mieste, Švedijoje

liačinių siurblių, lengvai sprendžiamos kolektorių perkaitinimo problemos.

Išsamesnė informacija apie projekto veiklas pateikiama internetinėje svetainėje [www.solar-district-heating.eu](http://www.solar-district-heating.eu)



2013 m. baigtas vykdyti projektas **Ecoheat4Cities**, kurio ilgalaikis tikslas – centralizuoto šilumos ir vėsumos tiekimo (CŠVT) sistemų modernizavimas ir plėtra atitinkant darnios energetikos principus ir kriterijus. Tuo tikslu sukurta šių sistemų ekologinio ženklinimo schema buvo išbandyta Lietuvos CŠT sistemų pavyzdžiu.

Sukurta ženklinimo schema skatina šilumos ir vėsumos tiekimo bendroves informuoti savo vartotojus apie tiekiamą šilumą, atsižvelgiant į pirminią energijos išteklių naudojimo perspektivą. Vartotojai, išskaitant privatųjį ir viešąjį sektorius, taip galės lengvai nustatyti centralizuoto šilumos tiekimo ir centralizuoto vėsinimo aplinkosauginį

naudingumą. Etiketės kriterijai yra nustatyti taip, kad CŠVT būtų galima lengvai palyginti su kitais šildymo ir vėsinimo metodais, kaip ir šiuo metu taikomose ir būsimose energinio efektyvumo ir „žaliojo“ žymėjimo schemose.

Bandomojo ženklinimo metu buvo įvertintos ir paženklintos 5 miestų CŠT sistemos – Birštono, Ignalinos Mažeikių, Tauragės ir Šilutės.

Platesnė informacija apie projekto veiklas ir rezultatus pateikiama projekto tinklalapyje: <http://ecoheat4cities.eu>.

## LABORATORIJOS TEIKIAMOS PASLAUGOS

### Konsultacinė veikla

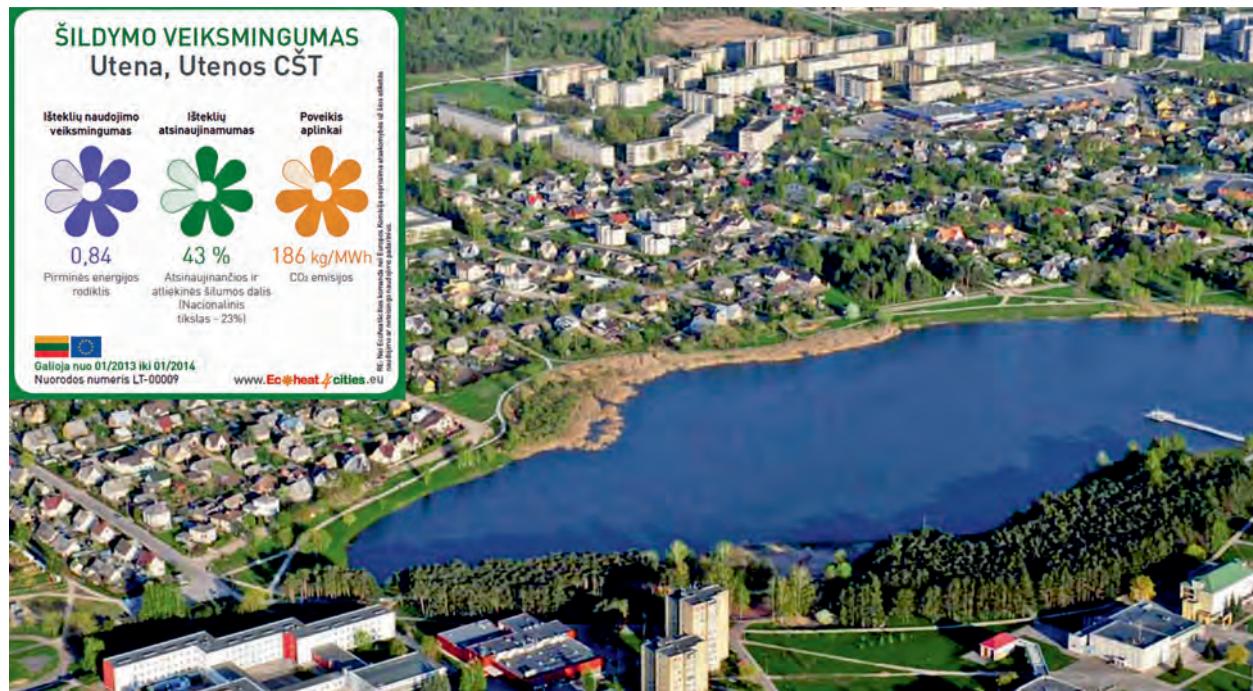
Laboratorijos darbuotojai plačiai panaudoja savo turimą mokslinę kompetenciją ir patirtį teikdami konsultacijas savivaldybių darbuotojams, pramonės įmonėms, valstybės institucijų darbuotojams, skaito paskaitas kvalifikacijos tobulinimo kursuose valstybės institucijų specialistams ir tarnautojams.

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

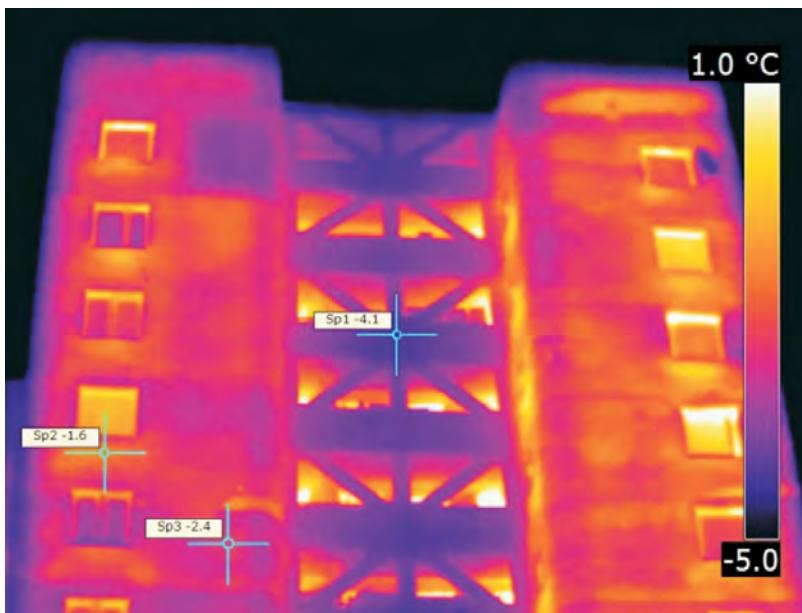
Termovizija – tai nekontaktinio paviršių temperatūros matavimo technologija, pagrįsta šilumos spinduliaivimo intensyvumo matavimu. Termoviziniai tyrimai naudojami gyvenamiesiems ir pramonės pastatams, stogams, vamzdynams, elektros ūkui, kaminams, mechaniniams įrengimams tirti ir prižiūrėti, skysčių ištakėjimo problemoms, bakų/talpų užpildymo lygiui nustatyti, procesams stebeti ir kokybei kontroliuoti. Termoviziniai tyrimai atliekami termovizoriumi „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.



Utenos miesto CŠT sistemos sertifikatas



Termovizininiai tyrimai



Pastato energinio naudingumo sertifikato pavyzdys

## DOKTORANTŪROS STUDIJOS

E. F. Dzenajavičienė 2013 m. sausio 8 d. apgynė disertaciją *Biokuro efektyvaus panaudojimo darniai sayvaldybių 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.

Doktorantas K. Biekša 2013 m. baigė studijas. Jo disertacija buvo atestuota.

Doktorantė L. Murauskaitė itin sėkmingesnai reiškėsi akademiniuje ir mokslinėje veikloje, jai paskirta LMT 2013 metų doktorantų stipendija už akademinius pasiekimus, LEI Aktyviausiuo doktorantų konkurse ji išrinkta 2013 m. „antrąjų“ ir „trečiųjų“ metų doktorantų aktyviausia doktorante.

## MOKSLINIŲ TYRIMŲ REZULTATŲ SKLAIDA

Laboratorijos darbuotojai 2013 m. pateikė 3 straipsnius į leidinius, išrašytus

Mokslinės informacijos instituto (ISI) sąraše, 3 straipsniai pateikti mokslo leidiniuose, registruotuose tarptautinėje mokslinės informacijos duomenų bazėje. 2013 m. laboratorijos darbuotojai dalyvavo ir perskaitė 10 pranešimų respublikinėse bei tarptautinėse konferencijose, paskelbė 2 mokslo populiariusius straipsnius profesiniuose žurnaluose.

**Dr. Vaclovas KVESELIS**  
Regionų energetikos plėtros  
laboratorijos vadovas  
Tel. (8 37) 401 931

El. paštas: [Vaclovas.Kveselis@lei.lt](mailto:Vaclovas.Kveselis@lei.lt)



Doktorantė Lina Murauskaitė skaito pranešimą tarptautinėje konferencijoje Dubrovniko

# ATSINAUJINANČIŲ ENERGIJOS ŠALTINIŲ LABORATORIJA

## PAGRINDINĖS LABORATORIJOS TYRIMŲ KRYPTYS:

- vėjo srautų kaitos įvairiuose Lietuvos regionuose tyrimai, modeliavimas;
- vėjo elektrinių galios kitimo prognozavimo modelių ir metodikų kūrimas ir tyrimas;
- biodujų ir biodegalų gamybos procesų ir aplinkosauginių problemų tyrimai;
- pramoninių ir mažųjų vėjo elektrinių darbo efektyvumo ir poveikio aplinkai aspektų tyrimai, vėjo elektrinių ikiprojektinių studijų rengimas;
- kietosios biomasės išteklių, kuro paruošimo ir deginimo technologijų plėtros tyrimai;
- atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo darnios plėtros analizė ir tyrimai;
- pažangų energijos gamybos technologijų, naudojančių vietinius ir atsinaujinančius energijos išteklius, analizė, duomenų bazių formavimas, paslaugos ir konsultacijos vartotojams, informacijos sklaida visuomenei;

## ATSINAUJINANČIŲ IŠTEKLIŲ ENERGIJĄ NAUDOJANČIŲ TECHNOLOGIJŲ PLĖTROS TYRIMAI

Laboratorijoje atliekami vėjo, saulės, biomasės energijos ir biodujų panaudojimo bei technologijų plėtros tyrimai, skirti darniai atsinaujinančių energijos išteklių (toliau AEI) naudojimo plėtrai šalyje užtikrinti, skatinti naujų technologijų plėtojimą ir diegimą, mažinti priklausumą nuo energijos išteklių importo.

2013 m. buvo tēsiamas valstybės subsidijomis finansuojamas mokslinis darbas **Mažos galios vėjo elektrinių ir saulės energijos sistemų panaudojimo intensyvinimo ir plėtros galimių Lietuvoje tyrimai**. Vykdant šį darbą

atlikta mažos galios vėjo elektrinių (VE) techninių charakteristikų bei plėtros galimybių šalyje analizė, įvertintas mažos galios vėjo elektrinių efektyvumas ir jo priklausumumas nuo vėjingumo sąlygų. Mažųjų vėjo elektrinių pasiūla pastaraisiais metais gerokai išaugo, tačiau vienodos nominaliosios galios elektrinių techniniai parametrai dažnai yra skirtiniai. Todėl renkantis mažąjį VE būtina ne tik įvertinti individualius energijos poreikius, bet ir išsiaiškinti, kokiomis vėjingumo sąlygomis VE pajėgi pagaminti deklaruojamą elektros energijos kiekį. Be to, rekomenduojama bent pusę metų pamatuoti vėjo greitį toje vietoje, kur planuojama įrengti mažąjį VE. Jei vidutinis vėjo greitis mažesnis už 4 m/s, VE greičiausiai nepatenkins lūkesčių. Palyginus įvairių mažųjų VE

naudojimo Europoje patirtį, prieita prie išvados, kad VE, kurių vėjaračio santykinis plotas siekia  $12 \text{ m}^2$  vienam kW įrengtosios galios, mažo vėjingumo sąlygomis gali pagaminti apie 2 kartus daugiau energijos už standartines,  $4\text{--}6 \text{ m}^2/\text{kW}$  vėjaračio ploto VE. Taip pat nustatyta, kad ant LEI stogo įrengtos mažosios vėjo elektrinės vėjaračio vidutinis efektyvumo koeficientas siekia apie 0,16. Palyginti – didžiųjų VE šis koeficientas lygus  $\sim 0,4$ .

Nuo 2013 m. atliekant mažųjų vėjo elektrinių tyrimus pradėta rengti daktaro disertacija *Atsinaujinančius energijos išteklius naudojančių technologijų tyrimai ir taikymas urbanistinėje aplinkoje*.

Vykdomas šiuos tyrimus atliekami vėjo greičio ir krypties matavimai Kaišiadorių ir Lazdijų rajonuose, tiriamas

meteorologinių sąlygų, paviršiaus šiurkštumo ir reljefo įtaka vėjo elektrinių darbui. Išanalizuotas elektros energijos gamybos efektyvumas saulės fotoelektrinėse įvairiuose šalies regionuose, ivertinta aplinkos oro temperatūros įtaka, atlikti elektros energijos gamybos neintegruotose į elektros tinklą saulės elektrinėse galimybių tyrimai.

Kuriama VE galios trumpalaikio prognozavimo metodika, pagrįsta dirbtinių neuroninių tinklų taikymu, jungianti fizikinį bei statistinį prognozavimo metodus ir galinti padidinti prognozių tikslumą.

2013 m. pavasarį ant LEI stogo, šalia 1 kW galios vėjo elektrinės, įrengti trys skirtingi fotomoduliai (bendra įrengtoji galia 740 W), skirti namų ūkių aprūpinimo elektros energija galimybėms analizuoti. Montuojant fotomodulius, sudaryta galimybė keisti jų pasvirimo kampą. Specialiu prietaisu piranometru – matuojama saulės spinduliuotė, o fotomodulių pagaminamos energijos duomenys registrojami pasirinktu laiko intervalu ir kaupiami duomenų bazėje. Nustatyta, kad saulės spinduliuotei esant 950 W/m<sup>2</sup>,



*Konsultacija moksliinių tyrimų klausimais Kauno meteorologijos stotyje*

fotomodulių galia siekia apie 90 % įrengtosios galios. Atlirkas fotomodulių paviršiaus temperatūros tyrimas parodė, kad saulėtą vasaros dieną jų paviršius įkaista iki 55–60°C temperatūros. 2014 m. šios sistemos sukaupti duomenys bus naudojami analizuojant hibridinės saulės–vėjo elektrinės veikimo efektyvumą bei aprūpinimo namų ūkius elektros energija galimybes.

2013 m. kartu su kitais instituto padaliniais buvo tęsiamama ilgalaikė institucinė moksliinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros (toliau – MTEP) programa **Atsinaujinančių išteklių naudojimo efektyviai energijos gamybai ir poveikio aplinkai tyrimas**. 2013 m. atlirkta biomasės tradicinių (mediena, šiaudai) ir netradicinių išteklių (grikių lukštai, grūdų valymo atliekos, dumbliai ir kt.) panaudojimo didinimo galimybių energijai gaminti analizė. Nustatyta, kad medienos biokuro vartojimo šilumai ir elektrai gaminti didinimo galimybės yra ribotos, nes potencialas šiuo metu naudojamas apie 85–90 %. Akcentuota biokuro potencijalo apskaičiavimo metodikos problema, nes skirtingų šaltinių pateikiami potencialo vertinimai gerokai skiriasi. Nepanaudojama daug šiaudų išteklių bei energetinių gluosnių

plantacijų plėtros potencialo. Siekiant įvykdysti numatytus planus padidinti biokuro dalį Lietuvos CŠT sistemoje iki 70–80 %, produktyvių žilvičių plantacijų plotas turėtų sudaryti ne mažiau kaip 15–16 tūkst. ha, todėl kasmet reikėtų įveisti po 2–3 tūkst. ha energetinių gluosnių plantacijų. Apskaičiuotas preliminarus žolinių augalų energetinis potencialas yra ~722 GWh (2,6 PJ). Esant augalų derlingumui 5 t/ha, jiems auginti reikėtų 40 000 ha žemės.

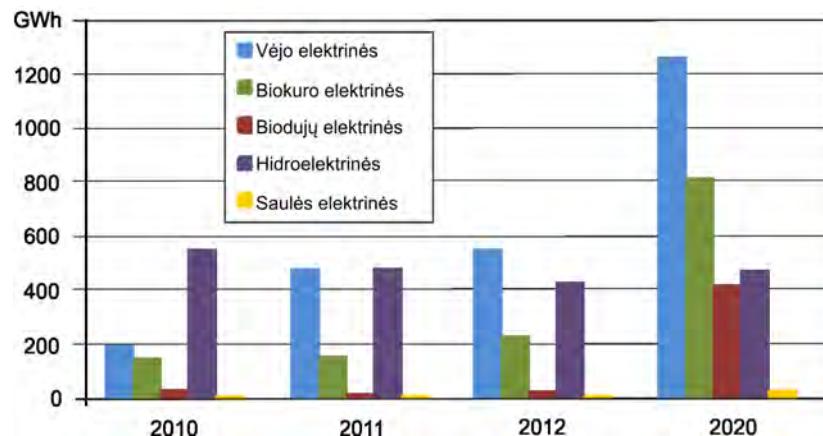
Atliekami biodegalų ir biodujų panaudojimo ES šalyse ir Lietuvoje plėtros tyrimai. Vykdant ES reikalavimus mūsų šalyje nuo 2010 m. 5,75 % viso rinkoje esančio transporto kuro kiekio sudaro biodegalai. Tyrimai rodo, kad biodyzelino gamybos proceso metu susidaro apie 10 % techninio glicerolio, iki 3 % laisvųjų riebalų rūgščių ir du kartus daugiau rapsų išspaudų (rapso rupinių), negu pagaminama biodyzelino. Tačiau glicerolį deginant kaip skystąjį kurą su naftos produktais, papildomai chemiškai apdorotas riebalų rūgštis gržinant į biodyzelino gamybos procesą, o rapsų išspaudas naudojant pašarams, galima didinti biodegalų gamybos apimtis, mažinti jų gamybos savikainą bei biodegalų gamybos poveikį aplinkai.



*Saulės–vėjo hibridinė elektrinė ant Lietuvos energetikos instituto stogo*

Lietuvoje veikia 5 biodujų jégainės, apdorojančios jvairios rūšies skystas organines atliekas, bei 5 įrengtos šalies savartynuose, kuriuose išgaunamos biodujos naudojamos stacionariose kogeneracinėse jégainėse šilumai bei elektros energijai gaminti. Lietuvoje bendra biodujų gamyba siekia apie 6,3 mln. m<sup>3</sup> per metus, tai atitinka 3,4 ktne.

Sprendžiant vėjo elektrinių poveikio aplinkai problemas, sukeliančias vietinių bendruomenių nepasitenkinimą, buvo atlikti vėjo elektrinių skleidžiamo triukšmo tyrimai. Šiemis tyrimams panaudotas nešiojamas triukšmo analizatorius 2250 Brüel&Kjaer ir speciali programinė įranga. Triukšmo matavimai atlikti prie pavienės 250 kW galios vėjo elektrinės ir prie 6 MW VE parko, jvairiais atstumais. VE generuoojamo triukšmo dažnių spektre, lyginant su aplinkos triukšmo spektru, didžiausi pokyčiai nustatyti 200–3150 Hz diapazone, o žemo (20–200 Hz) ir aukšto (15–20 kHz) dažnių diapazonuose pastebimi tik neesminiai šių spektrų pokyčiai. Matavimai parodė, kad pūčiant 6 m/s greičio vėjui triukšmo lygis



*Esama ir prognozuojama elektros energijos gamyba iš skirtinių AEI rūsių*

nevirsija leistinos 45 dBA ribos 50 m ir didesniu atstumu nuo VE.

#### **Vėjo srautų charakteristikų kaitos tyrimai, modeliavimas ir vėjo elektrinių galios kitimo prognozė**

2013 m. buvo tēsiami vėjo greičio ir krypties matavimai Kaišiadorių r., kur įrengtas Santakos slėnio lėšomis įsigytas 50 m aukščio meteorologinis bokštas ir vėjo greičio, krypties ir atmosferos fizikinių parametru matavimo įranga. Vėjo greitis matuojamas 10, 30 ir 50 m aukščiuose, o kryptis – 50 m aukštyste. Matavimų rezultatai rodo, kad vidutinis metinis vėjo greitis 30 m aukštyste siekia 4,5 m/s. Kadangi bokštas įrengtas ant kalvos, neretai stebimi vėjo vertikalus poslinkio (šlyties) reiškiniai, kai vėjo greitis 10 ir 30 m aukštyste yra didesnis nei 50 m.

Plėtojant eksperimentinių moksliinių tyrimų veiklą, Lazdiju r. įrengtas 11 m aukščio stiebas su vėjo greičio ir krypties matavimo įranga. Matavimo duomenų 10 min. vidurkiai registruojami duomenų kaupiklyje ir reguliarai atsiuničiami internetu. Matavimo rezultatai rodo, kad vėjo greitis 11 m aukštyste patikimai koreliuoja su vėjo greičiu, matuojamu ant Seirijų VE parko elektrinės.

Vėjo matavimų duomenys naudojami trumpalaikės vėjo greičio progno-

zės VE parkams metodikai tobulinti. Matavimų duomenys lyginami su atitinkamo laikotarpio Hidrometeorologijos tarnybos naudojamo skaitmeninių orų prognozių modelio duomenimis, atliekamos korekcijos fizikiniai ir statistikos metodais ir apskaičiuojamos paklaidos. 2014 m. bus atliekamas naujos kompleksinės metodikos, pagrįstos dirbtinių neuroninių tinklų taikymu, testavimas.

Nuo 2013 m. atliekant vėjo elektrinių galios prognozavimo metodų tyrimus pradėta rengti daktaro disertacija *Meteorologinių ir topografinių sąlygų įtakos vėjo elektrinių galios prognozei tyrimas*.

#### **DALYVAVIMAS TARPTAUTINĖSE PROGRAMOSE**



2013 m. rudenį pagal EUSBSR priemonę *Seed Money Facility* gautas finansavimas parengti ES iš dalies finansuojamo *Baltic Sea Region* programos projekto *Baltic Sea Region Club of Sea Technologies* paraišką. Paraiškos rengimo grupės dalyviai iš



*Atliekami VE triukšmo matavimai*

Vokietijos, Švedijos, Lenkijos ir Lietuvos iki 2014 m. rugpjūčio turi suburti projekto partnerių komandą, identifikuoti potencialius jūrinių technologijų klubo narius, nustatyti dalyvavimo klube taisyklės bei pagal partnerių idėjas ir kompetenciją apibrėžti būsimos veiklos kryptis (energetikos technologijos, akvakultūra ir apdirbamoji pramonė, laivyba, transporto technologijos, aplinkosauga, pajūrio ir jūros teritorijų planavimas bei saugumas, giliavandenės technologijos ir kt.). Būsimo projekto partneriai ir klubo nariai turi būti jūrinių technologijų sektoriuje dirbančios ar su tuo susijusių veiklų vykdantios mokslo ir verslo organizacijos.

Projekto tikslai: naujausių mokslių tyrimų ir technologijų rinkos plėtros kompetentingas vertinimas, mokslo ir verslo organizacijų bendradarbiavimo skatinimas, tarptautinių projektų iniciavimas, partnerių komandų kūrimas ir projektų įgyvendinimas, tyrimų, diskusijų ir projektų rezultatų viešinimas Baltijos jūros regione.

2013 m. atlikta jūrinių technologijų sektoriaus analizė, identifikuoti galimi projekto partneriai ir klubo nariai, numatytos būsimų projektų, susijusių su laboratorijos veiklos kryptimis, tematikos.



2013 m. baigtas vykdyti tarptautinis projektas ***Energetikos alternatyvos viešajame sektoriuje – Darnios energetikos strategija kaip regiono vystymo galimybė (PEA)***, vykdytas pagal BSR Interreg IV B 2007–2013 programą. Projekto vykdė 21 partneris iš 6 Baltijos jūros regiono šalių. Lietuvių atstovavo penkios institucijos – LEI, VšĮ Ignalinos atominės elektrinės regiono plėtros agentūra (IAERPA), Ignalinos

rajono savivaldybės administracija, Visagino savivaldybės administracija ir Zarasų rajono savivaldybės administracija.

Vykstant projektą laboratorijos darbuotojai ištyrė Ignalinos atominės elektrinės regiono (Zarasų, Ignalinos ir Visagino savivaldybių) alternatyvių energijos šaltinių panaudojimo galimybes, kritiškai įvertino suvartojamos energijos kiekius, nustatė energijos taupymo potencialą bei atskleidė naujus energijos taupymo būdus. Nustatyta, jog regionas turi galimybę panaudoti gausius vietos AEI ir su jais sieti naujų technologijų bei verslo plėtojimą. Duomenys apibendrinti ir pateikti *IAE regiono esamos padėties studijoje*, parengta regiono energijos vartojimo efektyvumo ir alternatyvu strategija bei savivaldybių veiksmo planai laikotarpiui iki 2035 m.



2013 m. baigtas vykdyti tarptautinis projektas ***Vėjo energetika Baltijos jūros regione 2 (WEBSR 2)***, vykdytas pagal South Baltic Cross-border Co-operation Programme 2007–2013 programą. Projekto metu buvo analizuojami VE parkų metiniai elektros energijos gamybos kiekiei, perspektyviausios VE statybų vietas, identifikuojamos techninės, ekonominės, teisinės ir socialinės kliūtys spartesnei vėjo energetikos plėtrai. Šių tyrimų rezultatai pagrindu teikiamos rekomendacijos institucijoms, rengiančioms AEI naujodžimo skatinimo tvarką, atliekančioms poveikio aplinkai vertinimą, ruošiančioms teritorinio planavimo dokumentus. Projekto metu atliki vėjo ener-

tikos plėtros ir energijos kaupimo technologijų tyrimai, analizuotos hidroakumuliaciinių elektrinių naudojimo su VE parkais bei įvairių suslėgto oro sistemų, iš jų ir suslėgto oro saugojimo požeminiše uolienų ertmėse, galimybės. Vėjo energetikai populiarinti įsteigtas Vėjo energetikos informacijos centras, ant LEI laboratorinio korpuso stogo įrengta parodomoji vėjo elektrinė ir saulės fotomoduliai.

## MOKSLINIAI TAIKOMIEJI DARBAI

2013 m. pagal Mokslo, inovacijų ir technologijų agentūros (MITA) paramos priemonę **Inočekiai** pradėta vykdyti mokslių tyrimų veikla su verslo įmonėmis. Pasirašyta bendradarbiavimo sutartis su mažiasias vėjo elektrines (MVE) gaminančia *Iļ Entiumas*, kurios pagrindu yra atliekami mažos galios vėjo elektrinių efektyvumo ir poveikio aplinkai aspektų tyrimai: tiriamas MVE galios priklausomumas nuo meteorologinių sąlygų, matuojamas MVE skleidžiamas triukšmas. Pagal bendradarbiavimo sutartį su UAB *Terma* atliekamas saulės elektrinių galios priklausomumo nuo meteorologinių sąlygų tyrimas. Tyrimų rezultatai bus panaudoti parenkant naujų MVE ar saulės elektrinių statybos vietas bei tobulinant MVE konstrukcinius elementus.

## MOKSLO POPULIARINIMO VEIKLA

Vykstant mokslius tyrimus bei tarptautinius projektus, visuomenei skleidžiamos mokslo idėjos bei atliekamų tyrimų rezultatai, kurie skatina visuomenę domėtis atsinaujinančiųjų energijos išteklių įvairove ir praktinio taikymo galimybėmis.

Skleisdami AEI plėtros Lietuvos regionuose idėjas, laboratorijos moksli-



*Praktiniai užsiėmimai studentams: saulės ir vėjo elektrinių veikimo principų tyrimai*

ninkai 2013 m. liepą ir gruodį dalyvavo Šiaulių regiono 2014–2020 metų *nedarbui ir skurdui įveikti veiksmų programos* konferencijose, rugsėjį skaitė pranešimą viename iš Lietuvos pirmininkavimo ES tarybai skirtų renginių – tarptautinėje mokslinėje konferencijoje *Europos energetikos technologijų ir inovacijų politikos apžvalga. Atsinaujinančių energijos ištaklių novatoriškų technologijų vystymosi strategijos aptarimas*.

Bendradarbiaudami su Vytauto Didžiojo universitetu (VDU), Kauno bei Alytaus kolegijomis, laboratorijos specialistai skaitė paskaitas studentams apie atsinaujinančių energijos ištaklių technologijas ir jų naudojimą Lietuvoje. VDU Gamtos mokslų fakulteto Fizikos bei Aplinkotyros katedrų 3-iojo kurso studentams buvo organizuojami praktiniai užsiėmimai, kurių metu studentai nagrinėjo elektros energijos gamybos

vėjo jėgainėse ypatumus bei susipažino su saulės fotoelementų veikimo principais.

Studentai aktyviai domisi AEI naudojimo plėtra, laboratorijoje atlieka praktiką, vadovaujami laboratorijos mokslininkų rašo kursinius ir diplominius darbus. Besikreipiantiems VDU, VGTU studentams teikiamos konsultacijos vėjo ir saulės energetikos, bioduju gamybos iš organinių medžiagų bei biodegalų gamybos ir vartojimo klausimais. Laboratorijos darbuotojai 2013 m. vadovavo trims VDU Gamtos mokslų fakulteto bakalauro baigiamiesiems darbams vėjo ir saulės energetikos temomis, du studentai atliko praktiką – mokėsi skaičiuoti vėjo energijos ištaklius WindPro programa bei modeliavo saulės-vėjo hibridinės elektrinės darbą. Ateityje, padedami laboratorijos darbuotojų, studentai numato atlikti išsamesnius tyrimus ir rinktis studijų

kryptis, susijusias su AEI technologijų naudojimu.

2012 m. laboratorijoje buvo įkurtas **Vėjo energetikos informacijos centras**, kurio viena veiklos krypčių yra mokslo populiarinimas: seminarų energetikos ir pramonės specialistams, verslininkams, dėstytojams, studentams organizavimas, konsultacijos vėjo energetikos projektų įgyvendinimo ir poveikio aplinkai bei visuomenės sveikatai klausimais, įvairūs praktiniai užsiėmimai su studentais ir mokiniais.

2013 m. Centre vyko konsultacijos vėjo energetikos projektų rengimo ir teisinės bazės klausimais, buvo vykdoma mokslo populiarinimo veikla: paskaitos bei praktiniai užsiėmimai mokiniams ir studentams. Užsiėmimų ir ekskursijų dalyviai susipažino su mažųjų vėjo elektrinių taikymo galimybėmis, nagrinėjo konkretius praktinius pavyzdžius, tobulino skaičiavimo,



*Ekskursijos – praktiniai užsiėmimai mokiniams*



*Europos vėjo energetikos asociacijos atstovės vizitas Vėjo energetikos informacijos centre*



*Konkurso Vėjo iššūkis laimėtojai*

konstravimo ir mokslinio bandymo atlimento įgūdžius, bendrąsias ir profesinės veiklos kompetencijas.

2013 m. gegužės 23 d. įvyko Kau-  
no miesto mokinų pagamintų vėjo elekt-  
riinių modelių konkursas **Vėjo iššūkis**.  
Renginio partneris – Kauno Gedimino  
sporto ir sveikatinimo vidurinė mokykla.  
Renginys vainikavo visą mėnesį trukusį  
žinių apie vėjo energetiką kaupimo, vėjo  
elektrinių modelių gamybos ir pasiruoši-  
mo etapą. Konkurse dalyvavo 7–9  
klasių mokinų komandos iš 8 Kauno

miesto ugdymo įstaigų. Renginio metu  
mokiniai gilino teorines žinias apie vėjo  
energetiką ir varžėsi pačių sukurtų vėjo  
elektrinių modelių energijos gamybos  
rungtyje, kuriai buvo pagamintas spe-  
cialus vėjo tunelis.

Unikaliu renginiu susidomėjo vėjo  
energetikos atstovai, universitetų dėsty-  
tojai bei kitų Lietuvos miestų ugdymo  
įstaigų bendruomenės, todėl planuo-  
jama ši konkursą organizuoti ir 2014 m.

2013 m. laboratorijos mokslininkai paskelbė 4 publikacijas ISI WoS

duomenų bazės leidiniuose, turinčiuose  
citavimo indeksą, 1 mokslo populia-  
rinimo straipsnį, tyrimų rezultatai pri-  
statyti 3 pranešimuose respublikinėje  
mokslo konferencijoje.

**Dr. Mantas MARČIUKAITIS**  
*Atsinaujinančių energijos šaltinių  
laboratorijos vadovas*  
*Tel. (8 37) 401 847*  
*El. paštas*  
[Mantas.Marciukaitis@lei.lt](mailto:Mantas.Marciukaitis@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 Nacionaline energijos vartojimo efektyvumo didinimo programa;
- dalyvavimas tarptautiniuose projektuose, seminarų ir mokymo kursų rengimais.

## ENERGIOS GAMYBOS BEI NAUDOJIMO EFEKTYVUMO LIETUVOJE TYRIMAI

2013 m. buvo tėsiamas valstybės subsidijomis finansuotas mokslo tiriamasis darbas ***Naujos kartos šilumos siurblių panaudojimo šilumos gamybai tyrimas***.

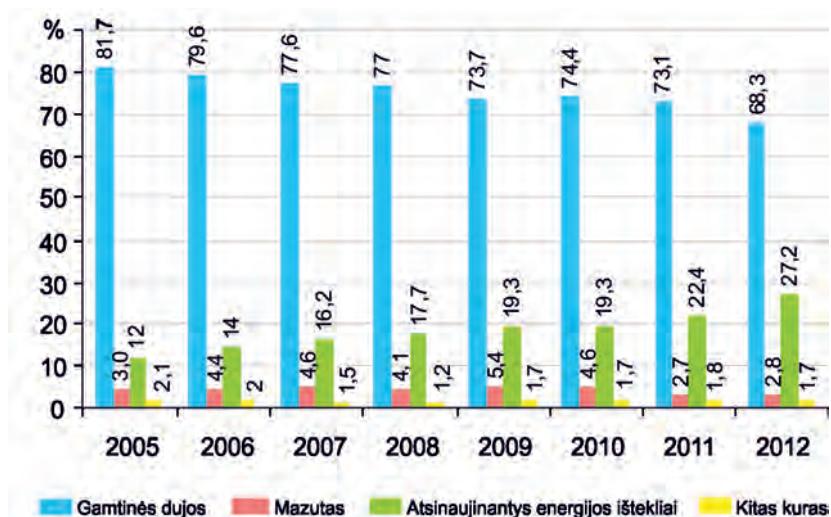
Šiuo metu Europos Sąjungoje pastatuose suvartojoama 40 % visos ES suvartojomos energijos. Kai kuriose ES šalyse, taip pat ir Lietuvoje, šis skaičius yra dar didesnis. Visose šalyse statybų sektorius plečiasi, taigi, energijos suvartojimas pastatuose dar didės. Todėl energijos vartojimo mažinimas ir atsinaujinančių išteklių energijos naudojimas pastoriuje yra labai svarbios priemonės, būtinos siekiant mažinti ES šalių energetinį priklaušomumą ir šiltnamio efektą sukeliančių duju emisiją. Vartojant mažiau energijos ir daugiau atsinaujinančių išteklių energijos, taip pat galima labai prisdėti ne

tik didinant energijos tiekimo saugumą, bet ir vykdant naujus energijos gamybos technologijų mokslinius tyrimus bei plačiau juos taikant.

Energijos vartojimo pastatuose mažinimas bei atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas pastatų sektoriuje yra ir viena prioritetinių strateginių krypčių ES. Šiemis tikslams įvykdysti 2010 m. patvirtinta nauja ES

Direktyva 2010/31/ES (PEND), skirta pastatų energetiniam efektyvumui didinti. Vykdant šią direktyvą Europos Komisija skatina, kad ne vėliau nei nuo 2020 m. gruodžio 31 d. visi naujai statomi namai būtų artimi pasyviems ar nulinės energijos pastatams.

Tai atveria visiškai naujas galimybes naujoms technologijoms, tokioms kaip: šilumos siurbliai, šiluminės ener-



Kuro sąnaudų dinamika centralizuotai tiekiamos šilumos gamybai 2005–2012 m.

gijos, skirtos pastatams šildyti, gamybų srityje.

Darbe apžvelgti Lietuvoje platinami perspektyvūs naudoti užsienio firmų gamybos šilumos siurbliai, tarp jų: vokiečių *Viessmann Werke GmbH & Co.KG* Vitocal serijos šilumos siurbliai, švedų firmos *NIBE Energy Systems* gaminami NIBE FIGTER šilumos siurbliai, švedų firmos *Octopus Energi AB* unikalios konstrukcijos „oras–vanduo“ šilumos siurbliai, vokiečių firmos *Alpha-InnoTec* ir italių firmos *enEX* gaminami šilumos siurbliai. Taip pat apžvelgti lietuviškų firmų *SVEO* ir UAB *SALDA* gaminami šilumos siurbliai.

Aptarti pagrindiniai reikalavimai, kurių privalu laikytis projektuojant šildymo, védinimo ir karšto vandens ruošimo sistemas su šilumos siurbliais.

Išsamiai aptartos geoterminio šildymo sistemos su horizontalais paviršiniais ir vertikaliais giluminiais kolektoriais, taip pat pastato aprūpinimas šiluma šilumos siurbliu su šiluminiu poliumi.

Apžvelgti 2009–2013 m. patvirtinti Lietuvos teisės aktai, kuriuose numatyti priemonės šilumos siurbliams Lietuvoje diegti. Pateiktas 39 projektių, kuriems skirtas finansavimas pagal priemonę *Atsinaujinančių energijos šaltinių (saulės, vėjo biokuro, geoterminės energijos ar kt.) panaudojimas individualiuose gyvenamosios paskirties pastatuose, pastatytuose pagal galiojusius iki 1993 m. statybos techninius reglamentus* sąrašas.

Iš viso šiemis projektams skirta 270105 Lt, iš jų 12-ai šilumos siurbliai diegimo projektų skirta 104930 Lt, t. y.

~40 % visų subsidijų sumos.

Apžvelgti negausūs šilumos siurbliai, veikiančių realiomis sąlygomis Lietuvoje, veiklos stebėsenai skirti darbai. Pateiktas šilumos siurbliai diegimo daugiabučiame name galimybų techninis ekspertinis įvertinimas.

Gyvenamasis namas – Sukilėlių pr. 82, Kaune: 5 aukštų, 70 butų, dekoratyvinį blokų, statytas 1981 m., bendras (naudingas, šildomas) plotas – 3383,55 m<sup>2</sup>. Namą iš dalies modernizuotas: rekonstruotas šilumos punktas, didesnė dalis senųjų langų pakeista naujais, sutvarkyti laiptinių durys, tarpblokinės pastato siūlės, dalis balkonų įstiklinta, pastato rūsiuose įstatyti vokiečių gamybos langų paketai. Namui šilumą visą laiką centralizuotai tiekia AB *Kauno energija*.



Seminaro *Biokuro plėtros perspektyva Lietuvoje – nauda ir grėsmės dalyviai ir veiklos momentai*

Vadovaujantis AB *Kauno energija* 2004–2012 m. išrašytomis sąskaitomis už patieką šilumą, atlikta šilumos sąnaudų namui šildyti, karštam vandeniu ruošti ir karšto vandens temperatūrai namo karšto vandens sistemoje palaikyti („gyvatukui“) bei atitinkamų išlaidų analizė.

Nustatyta, kad daugiausia šilumos kainos padidėjo 2012 m.: spalį išaugo iki 0,3051 Lt/kWh (be PVM). Šilumos kiekis, tenkantis 1 m<sup>2</sup> šildomo ploto per šildymo sezoną, sumažėjo iki:

- 2011 m. (santykinių šilti metai) – 98,14 kWh/m<sup>2</sup>/š.sez.;
- 2012 m. (santykinių šilti metai) – 104,73 kWh/m<sup>2</sup>/š.sez.

Įvertinus šias slygas pasirinktas švedų gamybos šilumos siurblys NIBE™ F1245-60, 60 kW šiluminės galios, naudojantis šilumą, gaunamą iš šilumos gręžinių su vertikaliais giluminiais kolektoriais. Įrengus 60 kW šilumos siurblį, per metus jis pagamintų 65 % visos reikalingos šilumos energijos. Per metus būtų suraupoma apie 79000 Lt. 240000 Lt investicijų atsipirkimo trukmė ~3 metai.

Pažymėtina, kad iki 2011 m. šilumos siurblių diegimas Lietuvoje nebuvo skatinamas, nors išgauti 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 siurblių darbui suvartotai elektros energijai, nors tai numatyta LR Atsinaujinančių išteklių energetikos įstatyme.

## DALYVAVIMAS TARPTAUTINĖSE PROGRAMOSE

2013 m. baigtu vykdyti tarptautinio projekto *Produktų ir procesų projektavimas energetiškai taupiems technologiniams įrenginiams, veikiantiems intelektinių prietaisų terpėje*



(DEMI), iš dalies finansuoto ES 7-osios bendrosios mokslinių tyrimų, technologinės plėtros ir demonstracinių veiklos programos lėšomis, darbai. Projeketas vykdytas nuo 2010 m. vasario.

Projektas skirtas produktų ir procesų projektavimo kompiuterinėms programoms tobulinti, panaudojant naujausias intelektualias informacines technologijas (IKT), leidžiančias įvertinti gamybinio proceso energetinį efektyvumą jau projektavimo metu. Pagrindinis projekto tikslas buvo papildyti esamas produktų ir procesų projektavimo kompiuterinės programos naujomis funkcijomis, kurios leistų inžinieriams projektuoti energetiškai efektyviaus ir ekologiškai optimalius atskirus gamybinius procesus. Šios funkcijos taip pat leistų išplėsti stebėsenos ir sprendimų priėmimo galimybes ir jau suprojektuotiams bei įdiegtiems procesams, padėtų minimizuoti/optimizuoti gamybinių procesų ir įrenginių poveikį aplinkai jų veiklos metu.

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

Vienas pagrindinių uždavinių optimizuojant gamybinių procesų energijos sąnaudas (projektavimo stadijoje) – nustatyti ir pagerinti tų procesų energijos vartojimo charakteristikas. Tai galima pasiekti projektuojant aplinkos intelektu (intelektualiomis IKT priemonėmis) paremtus gamybinius procesus. Toks aplinkos intelektu

paremtų gamybinių procesų projektavimas įgalintų ir energinio efektyvumo kontrolės funkcijas.

Projekto vykdymo metu sukurta bendroji metodika, kuri leidžia esamoms projektavimo sistemoms lengvai pritaikyti tokius IKT komponentus:

- energijos sąlygių selektorius, skirtą įkiprojektinei analizei ir leidžiantį pasirinkti įrenginį (itaisą), kuris tenkins ir gamybinius, ir energinio efektyvumo reikalavimus per visą projektuojamą proceso ar produkto gyvavimo ciklą. Tuo tikslu bus taikoma TRIZ metodika (rus. k. santrumpa, verčiama kaip išradybinių uždavinių sprendimo teorija) ir ekoprojektavimo principai;
- energijos stebėsenos sistemą, skirtą projektuoti ir parinkti aplinkos intelektu paremtas technologijas ir kitas matavimo sistemas, užtikrinančias įdiegto gamybinio proceso energinį efektyvumą;
- energijos analizatorių, vykdantį gamybinio proceso ir įrangos energinio efektyvumo optimizaciją;
- energijos simuliatorių, skirtą modeliuoti gamybinių procesų ir įrangos projektavimo variantus ir įvertinti jų energijos sąnaudas.

Projekto vykdymo metu esamos produktų gamybos ir gamybinių procesų projektavimo sistemos buvo papildytos minėtais IKT komponentais. Tokiomis papildytomis projektavimo sistemomis gauti sprendiniai buvo patikrinti pagal realių gamybinių procesų duomenis. Naujų procesų projektiniai sprendimai leis užtikrinti ne mažiau kaip 15 % mažesnes energijos sąnaudas.

Pritaikius turimą hibridinių sistemų modeliavimo patirtį ir įsisavintas naujas IKT galimybes, buvo išplėtota universalė, gamyboje taikomai sistemių projektuoti skirta programinė įranga ir su ja susiję modeliavimo metodai. Šios modeliavimo ir energijos sąnaudų vertinimo priemonės veikia atsižvelgiant į Energy

*Analyzer* nuotoliniu būdu nustatomą sistemos konfigūraciją, projektavimo reikalavimus ir papildomas sąlygas. Skirtingą sistemos ir joje vykstančių proceso kintamujų (pvz., oro slėgio ir srauto) kontrolę bei skirtingas darbo sąlygas (pvz., suspausto oro vartojimą) atspindintys sistemos modeliai sudaromi naudojant MATLAB (Simulink ir SimScape) programinę įrangą bei taikant sukurtas automatinio modeliavimo ir energetinių sąnaudų vertinimo priemones.

Galutiniai projekto rezultatai 2013 m. kovo 24–25 d. pristatyti 7BP atsakingiems atstovams Bruselyje ir buvo gerai įvertinti.

Atsižvelgiant į DEMI projekto vieną iš tikslų – DEMI programinės įrangos sukūrimą, vykdant veiklą ypač daug dėmesio buvo skirtama bendradarbiavimui skatinti ir naujiems metodams bei programinės įrangos ir jos taikymo metodikoms plėtoti. Šiuo metu LEI tyrėjai dalyvaudami su projektu susijusioje veikloje (darbas kuriant programinės įrangos prototipus), taip pat gali prisidėti rengiant naujus informacinių

technologijų ar kt. inovacinius projektus.



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

2013 m., kartu su Atsinaujinančių energijos šaltinių laboratorija, toliau buvo vykdomas ir baigtas vykdyti 2010 m. pradėtas tarptautinis Baltijos jūros regiono 2007–2013 m. programos ***Public Energy Alternatives – Sustainable exergy strategies as a chance for regional development (PEA)*** projektas. Projektas buvo vykdomas kartu su 21 partneriu iš 6 Baltijos jūros regiono šalių (Vokietijos, Estijos, Lietuvos, Latvijos, Lenkijos ir Suomijos). Projektas iš dalies buvo finansuojamas ES Baltijos jūros šalių regiono programos lėšomis.

Pagrindinis projekto tikslas buvo skatinti regionų plėtrą, vykdant energijos taupymo ir efektyvaus jos naudojimo uždavinius. Pasidalinta patirtimi su kitomis projekto šalimis diegiant pažangias energetikos technologijas bei perteikiant ijtį patirtį visam Baltijos jūros šalių regionui. Buvo sukurti nauji mokymo moduliai, skirti su energetika susijusių vadovaujančiam ir vykdančiam personalui, ipareigotam ir toliau plėtoti regioninę strategiją bei priemones.

Pagal projekto uždavinius Ignalinos atominės elektrinės (IAE) regione buvo parengti kelių viešųjų pastatų renovacijos techniniai projektai bei įvertintas energijos taupymo potencialas. Ant kelių viešosios paskirties pastatų buvo įrengti saulės kolektorai, kurie tapo pirmosiomis (bandomosiomis) investicijomis panaudojant alternatyvią saulės energiją IAE regiono viešajame sektoriuje. Nustatyti galutinės energijos iš atsinaujinančių energijos ištaklių (AEI) teorinis ir techninis potencialai, atlakta AEI potencialo stiprybių–silpnibių bei galimybių ir grėsmių (SSGG) analizė IAE regione. Bendradarbiaujant



Tarptautinio PEA projekto baigiamosios konferencijos dalyvių susitikimas Wittenberge (Vokietija)

su VšĮ IAE regiono plėtros agentūra bei UAB *Eksponentė* atstovais, taip pat su Ignalinos ir Zarasų rajonų bei Visagino savivaldybėmis, buvo parengta IAE regiono darnaus vystymosi strategija bei paruošti savivaldybių būsimų veiksmų planai, skirti Regioninės energetikos strategijai vykdyti.

Tarptautinio PEA projekto baigiamosios konferencijos, vykusios Vokietijoje (Wittenberge), metu buvo aptarti 3 metus trukusio bendradarbiavimo rezultatai, apibendrinti pasiekimai ir priimtos atitinkamos išvados. Didėjant energijos kainoms ir mažėjant finansiniams ištekliams energijos taupymas ir išlaidų ekonomija yra pagrindinis savivaldybių uždavinys. Visi projekto partneriai pristatė savo parengtas strategijas kaip (norint sumažinti esamas energijos kinas) savivaldybės galėtų įgyvendinti energijos taupymo priemones bei panaudoti atsinaujinančius energijos išteklius, taupytį pinigus bei patraukliau pateikti regiono pasiekimus. Projekto dalyviai apibendrino mokslinius bei techninius vykdymo projekto pasiekimus Baltijos šalių Energetikos deklaracijoje. Deklaracijos turinys išsamiai aprašytas Energetika. 2013. T. 59. Nr. 2.

## Bioenergetikos skatinimas – 2: Nuo strategijos iki veiklos

2013 m. kartu su Šiluminių įrengimų tyrimo ir bandymų laboratorija buvo tesiama tarptautinis projektas **Bioenergetikos skatinimas – 2**, iš dalies finansuojamas ES Baltijos jūros regiono programos lėšomis.

Vienas pagrindinių projekto tikslų – padėti regionų, savivaldybių administracijoms vykdyti bioenergijos gamybos plėtrą ne bet kokia kaina, bet pagrįstą mokslu, ekonominiais skaičiavimais, ir ypač, laikantis darnios (tvarios) plėtros principų. Bioenergetikos projektai dažniausiai yra vykdomi gavus tikslinio finansavimo paramą iš ES Struktūrinių, Sanglaudos bei kitų fondų. Atliktų projektų, gavusių ES finansinę paramą, apžvalga parodė, kad suteikiant finansinę paramą ne visada tinkamai yra įvertinami darnumo aspektai, tokie kaip darni regionų plėtra, darni biokuro gamyba ir vartojimas bei socialiniai aspektai, ypač kaimo vietovėse. Atliktos apžvalgos pagrindu buvo parengtos rekomendacijos, kurios galėtų būti panaudotos vertinant naujus projektus, skirtus bioenergetikos plėtrai Lietuvoje.



Nuo 2013 m. balandžio 1 d. pradėtas vykdyti naujas tarptautinis projektas **Transparence – Energetinių paslaugų rinkų skaidrumo didinimas** (angl. *Increasing transparency of Energy service markets*), vykdomas pagal ES Pažangi energetika Europai programą. Projektas vykdomas kartu su partneriais iš 20-ies Europos šalių (Čekijos, Jungtinės Karalystės, Vokietijos, Slovénijos, Švedijos, Belgijos, Austrijos, Bulgarijos, Italijos, Nyderlandų, Lenkijos, Portugalijos, Slovakijos, Ispanijos, Graikijos, Vengrijos, Danijos, Norvegijos, Latvijos ir Lietuvos). Projekto vykdymo trukmė 3 metai. Projekto koordinatorius – Čekijos efektyvaus energijos vartojimo Centras (SEVEn).

Europos Sajungoje energijos vartojimo efektyvumo didinimo projektais finansuoti šiuo metu yra naudojamas *Sutarties energijos vartojimo efektyvumo* (angl. *Energy Performance Contracting – EPC*) modelis, kuris le-



Projekto Transparency struktūra ir priemonės projekto tikslams pasiekti

## Kas yra sutartis dėl energijos vartojimo efektyvumo?

Tai naudos gavėjo ir energijos vartojimo efektyvumo didinimo priemonės teikėjo sutartis, tikrinama ir stebima visą susitarimo laikotarpi, kai už investicijas (darbą, prekių ar paslaugų tiekimą) į tą priemonę mokama atsižvelgiant į **suderintą energijos vartojimo efektyvumo didinimo lygi** ar **kitą sutartą energinio naudingumo kriterijų, pvz., sustaupytais lėšas.**

Oficialus ES Direktyvos 2012/27/ES vertimas

džia pasiekti gerų energijos taupymo rezultatų. Sutarties dėl energijos vartojimo efektyvumo, t. y. sutarties tarp naudos gavėjo ir paslaugos teikėjo (Energetinių paslaugų bendrovė – EPB, angl. *ESCO*) esminis bruožas yra tai, kad paslaugų teikėjas garantuoja (savo finansiniais ištakais) sutartyje numatytą energijos sustaupymo kiekį, kuris bus pasiektas įdiegus energiją taupančias priemones pas užsakovą. Naudos gavėjas (užsakovas) už Jam suteiktas paslaugas atskaito (visiškai ar iš dalies, atsižvelgiant į abipusį susitarimą) ne iš karto, o per tam tikrą laikotarpi (numatyta sutartyje) iš pajamų, gautų už faktiškai sustaupytą energiją ar energijos ištaklius).

Tarptautinio projekto ***Transparence*** pagrindinis tikslas yra surinkti kuo platesnę informaciją apie energetinių paslaugų bendrovių veiklą ES, sudaryti sąlygas skirtingoms šalims pasikeisti patirtimi apie minėtų bendrovių veiklos pasiekimus bei problemas, išsiaiškinti kliūtis, trukdančias minėtų sutarčių taikymui. Projekto rezultatai leis padidinti projektų, skirtų energijai taupytai, plėtrą ES šalyse.

Projekto vykdymo metu gauti rezultatai pagausins žinias apie energetinių paslaugų bendrovių veiklą ir jų galimybes skirtingose ES šalyse. Projekto rezultatai nuolat bus pateikiami mokymų bei jvairių seminarų metu. Patyrę ES energetikos ekspertai padės inicijuoti

bei įgyvendinti bandomuosius projektus 20-yje projekte dalyvaujančių šalių.

Pagal atliktą darbų tematiką 2013 m. tyrimų rezultatai pateiki 10 mokslinių straipsnių, perskaityti 2 pranešimai mokslinėse konferencijose (1-as jų tarptautinėje), suorganizuoti du seminarai.

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

Ektros energetikos sistemos (EES) yra vienos sudėtingiausių techninių ir organizaciinių sistemų, apimantios generatorius, elektros tinklus ir vartotojus bei dirbančios tarpusavyje sinchroniškai, t. y. bendru režimu ir vienodu srovės dažniu didelėse teritorijose. EES darbo režimai, apibūdinami energijos, srovės, galių, įtampų, dažnio, fazinių kampų ir kitais parametrais, pasižymi nuolatine kaita. Režimus reikia tinkamai valdyti, kad jie neviršytų leistinų parametrų ribų, 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. Ne-suvaldyti režimai gali baigtis stabilumo praradimu, įtampų griūtimi ir sistemos atskirų dalių ar visišku užgesimu. Valdyti sistemas ir tinklus bei saugoti juos nuo avarijų operatoriams padeda sisteminė ir priešavarinė automatika su relinėmis apsaugomis ir įvairiais skaitmeniniais valdikliais, taip pat parametrų duomenų

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

Operatoriai valdymo priemones (įrenginių perjungimų planus, automa-

tikos nuostatus, dispečerinio valdymo signalus) rengia vadovaudamiesi modeliavimu, t. y. režimų skaičiavimais. Tai veikla, kuriai reikia daug mokslo žinių ir metodų, reikia sukurti tinkamus skai-

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 stabilumas, nuostolių mažinimas, elektros energijos kokybė, avarių prevencija, elektros rinka);
- EES pažangų 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.

čiavimo algoritmus, parengti vertinimo metodikas ir analizės procedūras.

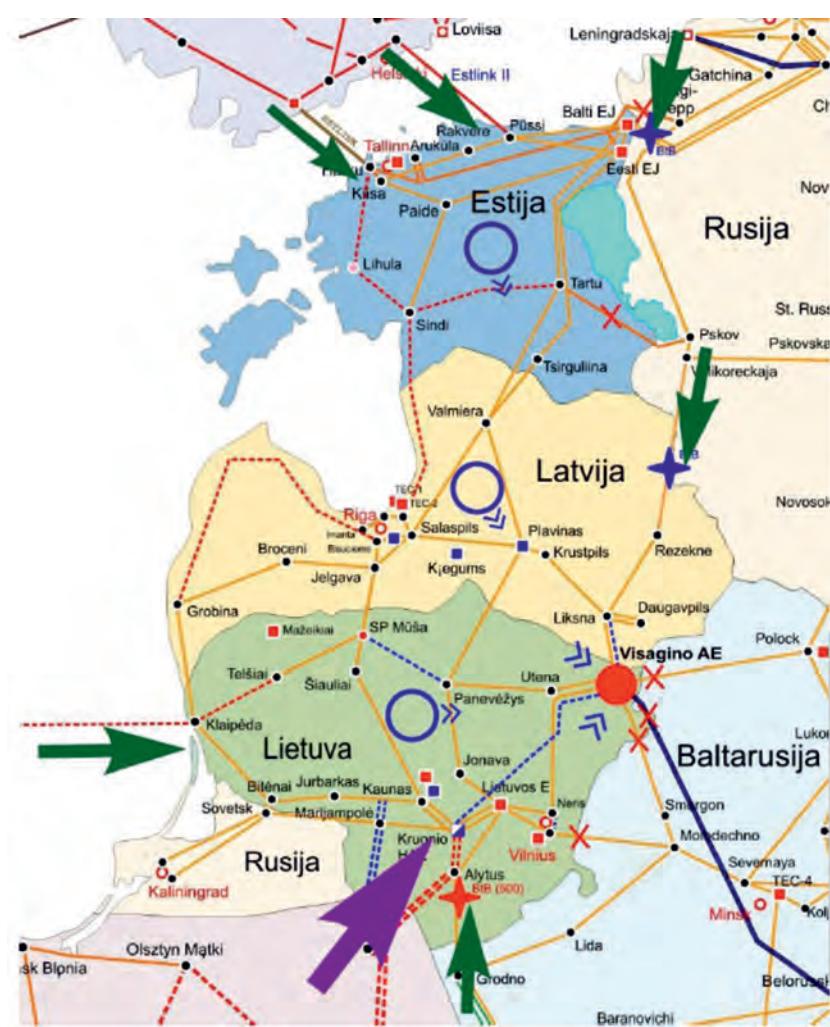
Šiuolaikių energetikos sistemų raidoje ryškėja dideli pokyčiai. Plečiasi, tiek geografiškai, tiek apimtimi, tarpsis-teminė elektros prekyba, apimsiantį vairius elektros rinkos produktus (aktyviosios galios rezervus ir kitas papildomas paslaugas, išankstinius finanšinius sandorius). I elektros prekybą ir papildomų paslaugų teikimą įtraukiame elektros vartotojai ir smulkieji generatoriai. Elektra tampa „ekologiškesnė“ dėl didėjančios atsinaujinančiais ištekliais grindžiamos generacijos, taip pat, tikėtina, dėl atominės energetikos plėtros. Elektros sistemos taps atsparesnės avarijoms, pagerės elektros tiekimo patikumas ir tiekiamos elektros kokybė (taisyklingesnė įtampos sinusoidės forma, mažesni įtampos mirgėjimai ir kt.). Tokius pokyčius daugiausiai lems išmaniosios technologijos, grindžiamos informacinėmis 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 padeda elektros tinklų operatoriams efektyviau ir patikimiau valdyti elektros tinklą realiu 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 jų valdiklius reikia įdiegti daug papildomų algoritmu ir programų, stebeti jų veikimą, koordinuoti valdiklių veiksmus, perprogramuoti valdiklius pastebėtomis veikimo klaidoms šalinti.

Laboratorija 2013 m. vykdė nacionalinės mokslo programos *Ateities energetika* projektą ***Energetikos sistemų patikimumo ir jo įtakos energetiniam saugumui vertinimo metodika bei tyrimas*** (kartu su Branduolinių įrenginių saugos laboratorijos mokslininkais).

Lietuvos EES statinių darbo režimu tyrimui naudotas elektros energetikos sistemų modeliavimo programinis paketas **PSS™ E-33**. Skaičiavimai buvo atliekami perspektyvinei 2020 metų schemai žiemos maksimumo ir vasaros maksimumo pradiniams (bazi-

niams) režimams (žiemos minimumo ir vasaros minimumo režimai bus tiriami vėliau), Baltijos EES ir Kaliningrado EES dirbant sinchroniškai su Kontinentinės Europos tinklu. Ryšys su Rusijos ir Baltarusijos EES modeliuotas per nuolatinės srovės intarpus Estijoje, Latvijoje ir Lietuvoje (linijoje Alytus–Gardinas). Kitos keturios Lietuvos 330 kV elektros perdavimo linijos su Baltarusijos EES atjungiamos. Imituojant vairius Lietuvos 330 kV tinklo atsijungimų derinius, buvo gauti poavariniai režimai, po to buvo tikrinamos tinklų apkrautumas tuose režimuose.

Skaičiuojamąsias schemas sudarė Lietuvos, Latvijos, Estijos EES, Kaliningrado, Baltarusijos, Ukrainos, Rusijos Šiaurės–Vakarų ir Centro EES, taip pat NORDEL ir Kontinentinės Europos at-



Baltijos šalių elektros energetikos sistemos

stojamieji mazgai. Lietuvos EES sudarė 1123 mazgai, 812 elektros perdavimo linijos ar atšakos, 368 generatoriai (iš jų 310 vėjo elektrinių generatoriai).

AB *Lietuvos energijos gamyba* užsakymu atlikta studija ***Lietuvos galios rezervų rinkos apžvalgos ir palyginamosios analizės*** (2012–2013 m.).

Lietuvoje šiuo metu intensyviai prekiaujama elektros energija, tačiau ateityje taip pat aktyviai turėtų veikti ir galios rezervų rinka. Siekiant sėkmingai dalyvauti šioje rinkoje, būtina išanalizuoti dabartinę situaciją bei numatyti būsimas tendencijas ir atsirandančias naujas galimybes.

Šiame darbe aprašomos aktyvių galios rezervų apimčių nustatymo metodikos, naudojamos Lietuvos, Kontinentinės Europos bei NORDEL sistemoje, atlikta palyginamoji jų analizė bei apibendrinimas. Studijoje nustatyta antrinio ir tretinio galios rezervų poreikio Lietuvos elektros energetikos sistemoje pokyčiai atsiradus NordBalt ir LitPol Link jungtimis.

AB *LITGRID* bendrovės užsakymu buvo vykdomas darbas ***Asynchroninio režimo atsiradimo tarpsisteminiuose pjūviuose analizė***, kuriamė nagrinėjami šie uždaviniai:

- asynchroninio režimo likvidavimo automatikos priemonių ir nuostatų parinkimo metodikos sudarymas;
- asynchroninio režimo atsiradimo scenarijai ir jų susidarymo priežastys;
- esamos asynchroninių režimų likvidavimo automatikos funkcionalumas Lietuvos–Latvijos tarpsisteminiame pjūvyje esamai Lietuvos EES būklei ir įvertinus plėtrą iki 2017 m.;

- galimybė įdiegti ARLA visose tarpsisteminiame pjūvio Lietuva–Latvija linijose;
- esamos asynchroninių režimų likvidavimo automatikos funkcionalumas Lietuvos–Baltarusijos tarpsisteminiame pjūvyje esamai Lietuvos EES būklei ir įvertinus plėtrą iki 2017 m.;

- galimybė įdiegti ARLA visose tarpsisteminiame pjūvio Lietuva–Baltarusija linijose;
- asynchroninio režimo likvidavimo automatikos priemonių įdiegimo būtinumas Lietuvos–Kalinigrado tarpsisteminiame pjūvyje, įvertinant Kalinigrado TE esamą avarių prevencijos automatiką.

EES darbo režimams tirti naudojamas elektros energetikos sistemų modeliavimo programinis paketas **PSS™E-33**. Studiją numatoma baigti 2014 metais.

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

Siekiant energetinio nepriskausumo, pagrindinis Lietuvos energetikos politikos tikslas yra darbas sinchroniniu režimu su Kontinentinės Europos tinklu. Tačiau tam neužtenka vien pastatyti tarpsisteminių jungčių – linijų ir pasto-čių. Būtina išspręsti sudėtingesnes režimų valdymo problemas. Režimų reguliavimo sistemas turi atitikt tam tikrus reikalavimus bei turi būti numatyti pakankami reguliavimo rezervai. Siekiant užtikrinti galios rezervų prieinamumą galimai mažiausiomis kainomis, darbe buvo kuriama rinkos

koncepcija dažnio ir galios reguliavimo rezervų prekybai bei sudarinėjama metodika reikiamoms rezervų apimtims nustatyti.

2014 m. numatoma toliau vykdyti tyrimus, susijusius su dažnio ir galios rezervų prieinamumu Lietuvos elektros energetikos sistemoje, jų techninėmis ir ekonominėmis charakteristikomis. Numatoma toliau plėtoti darbus, susijusius su rinkos koncepcijos kūrimu dažnio ir galios reguliavimo rezervų prekybai.

Tyrimų rezultatai bus pateikti bendrame darbe ***Energetikos sektorius plėtros ekonominė ir darnumo analizė***, kurį vykdo laboratorija kartu su Energetikos kompleksinių tyrimų ir Regionų energetikos plėtros laboratorijomis.

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 plėtros galimybių Lietuvoje tyrimai***. Šioje studijoje kuriamas vėjo elektrinių generuojamos galios prognozės modelis, kuriam laboratorijos mokslininkai parengė statistinį prognozės modelį bei ateityje numato sukurti statistinio ir fizinio prognozės modelių apibendrinimo algoritmą.

2013 m. atliktu tyrimų rezultatai paskelbti dviejų tarptautinių konferencijų medžiagose bei publikuoti straipsniai knygoje ir leidinyje, įrašytame Mokslišnės informacijos instituto (ISI) leidinių sąraše.

**Dr. Virginijus RADZIUKNAS**  
Sistemų valdymo ir automatizavimo laboratorijos vadovas  
Tel. (8 37) 401 943  
El. paštas  
[Virginijus.Radziukynas@lei.lt](mailto:Virginijus.Radziukynas@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 jūrą) kaupimas ir analizė.

## TYRIMŲ OBJEKTAI IR UŽDAVINIAI

Svarbiausi laboratorijos tyrimų objektais – Lietuvos upės ir ežerai, Kuršių marios bei Baltijos jūra. Ekstremalūs gamtos reiškiniai – klimato atsilimas, audros, potvyniai ir žmonių ūkinė veikla (energijos gamyba, laivyba, tvenkiniai) lemia šių vandens telkiniių būklę. Todėl vandens telkiniių būklės pokyčių vertinimas yra vienas svarbiausiu tyrimų tikslų.

Naudojantis hidrografinių ir hidrometeorologinių duomenų bazėje sukaupta informacija ir taikant naujausius skaitmeninio modeliavimo metodus, laboratorijoje sprendžiami šie uždaviniai:

- klimato kaitos įtaka vandens telkiniams;
- vandens telkiniių ekstremalių hidrologinių reiškiniių kaitos analizė;
- bangų, hidrologinių ir hidrodinaminių procesų bei nešmenų pernašos skaitmeninis modeliavimas vandens telkiniuose;
- ūkinės veiklos vandens telkiniuose

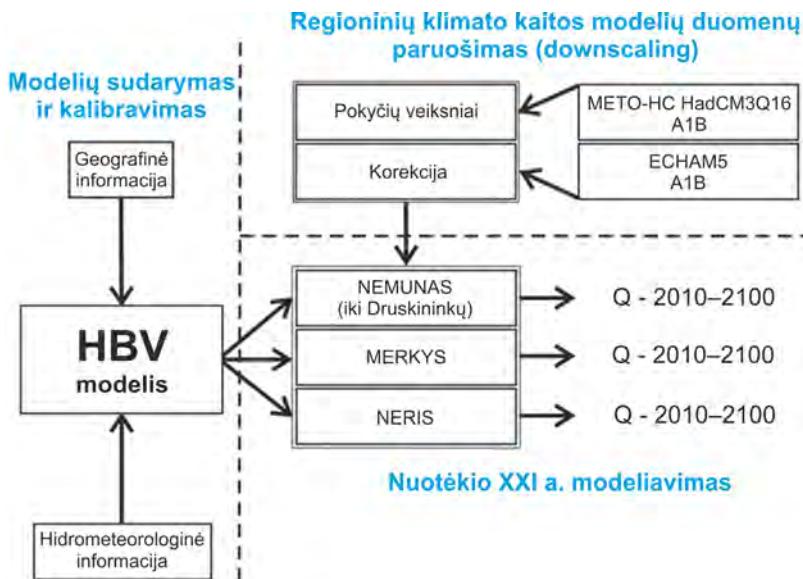
poveikio aplinkai vertinimas bei gamtosaugos priemonių pagrindimas;

- naujų ir rekonstruojamų jūrų uostų poveikis aplinkai;
- jūrų uostų ir vandens kelių eksploatacija užtikrinant laivybos gylį;
- krantinių sąveikos su vandens tekme tyrimas ir optimalių konstrukcijų parinkimas;
- nuotekų sąmaišos ir sklaidos nustatymas kritinėmis vandens telkiniių sąlygomis;
- hidrologinių ir hidrodinaminių procesų jautrumo ir neapibrėžtumo analizė.

Hidrologijos laboratorija vykdo fundamentinius ir taikomuosius tyrimus aplinkos inžinerijos srityje. Šiuos 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, sukurtą Danijos hidraulikos institute, hidrologinių procesų modelis HBV, sukurtas Švedijos meteorologijos ir hidrologijos institute, bei geografinės informacinės sistemos GIS). Tai leidžia spręsti svarbiausius aplinkosaugos uždavinius vertinant žmonių ūkinės veiklos poveikį aplinkai ir pagrindžiant gamtosaugos priemones.

Pastarajį dešimtmetį laboratorijoje vykdomi darbai, susiję su klimato kaitos įtakos vandens ištekliams vertinimu. 2013–2015 m. vykdomas valstybės biudžeto subsidijomis finansuojamas mokslo tiriamasis darbas *Lietuvos upių ekstremalių hidrologinių reiškiniių tyrimai* ( vadovė dr. J. Kriauciūnienė). Ekstremalių hidrologinių reiškiniių (potvynių ir nuosėkio) tyrimai yra aktualūs projektuojant ir eksplloatuojant svarbiausias infrastruktūras, tokias kaip polderiai, tiltai ir pralaidos, taip pat bendram potvynių rizikos valdymui bei planavimui, siekiant išvengti žmonių aukų bei materialinės žalos. Tokių



1 pav. Nemuno (iki Druskininkų), Merkio ir Neries upių nuotėkio modeliavimo HBV modeliu principinė schema

priemonių parengimas Lietuvos upėms vadovaujasi upių nuotėkio stebėjimais, jų analize bei skaitmeniniu modeliavimu. Darbe apžvelgti ekstremalių hidrologinių reiškinių tyrimai ir šiuolaikiniai potvynio prognozavimo metodai įvairiose šalyse; sukurta originali potvynių ir poplūdžių bei nuosėkio vertinimo per daugiametį laikotarpį metodika (statistikos metodai), ekstremalių hidrologinių reiškinių prognozavimo metodika (klimato kaitos modeliai ir hidrologinis modeliavimas) (1 pav.) bei sudaryta tyrimams reikalinga hidrologinių bei meteorologinių duomenų bazė. Nemuno, Neries ir Merkio upių hidrologinių modelių kalibravimas ir validavimas rodo naudoto

skaitmeninio HBV modelio tinkamumą nuotėkio ekstremalioms reikšmėms prognozuoti. Regioniniams klimato kaitos modeliams adaptuoti Lietuvos teritorijoje parinkti korekcijos (Bias correction) bei pokyčių veiksnių (Change factor) metodai.

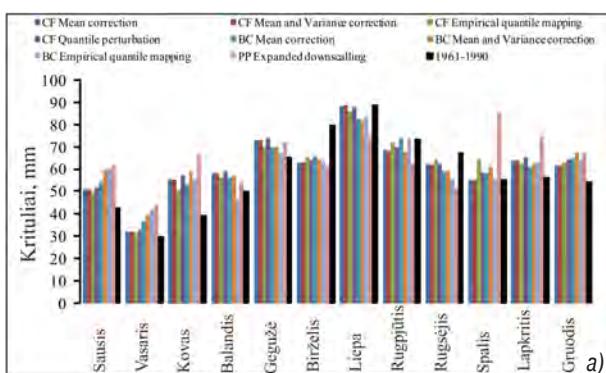
## TARPTAUTINIS BENDRADARBIAVIMAS



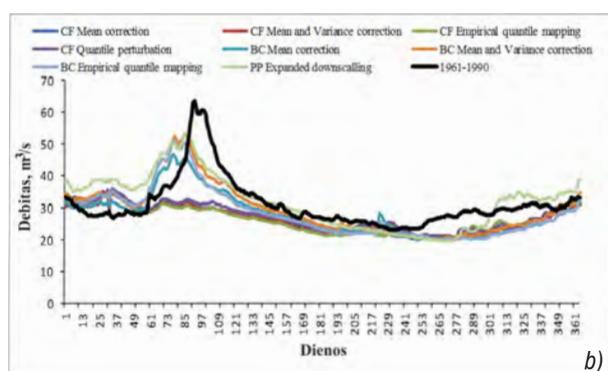
### COST ES0901 projektas

Laboratorijos darbuotojai kartu su 23 Europos šalių mokslininkais

dalyvauja COST projekte ES0901 *Europinės procedūros potvynių dažnio įvertinimui* (2009–2014). Laboratorijos darbuotojai dalyvauja dvieju darbo grupių *Statistinių metodų*, skirtų potvynių dažnio charakteristikų nustatymui, įvertinimas ir *Aplinkos pokyčių įtaka potvynių dažnio vertinimui* veikloje. 2013 06 15 d. J. Kriauciūnienė ir D. Šarauskienė dalyvavo COST veiklos valdymo komiteto susitikime Varšuvoje (Lenkija). Šiame posėdyje svarstyti darbo grupių ataskaitų ruošimo klausimai, baigiamosios konferencijos (2014 03 05–06 d.) organizavimo klausimai, veiklos biudžeto planavimas, trumpalaikių mokslinių stažuočių organizavimas ir kiti klausimai. 2013 03 17–18 d. dalyvauta darbo grupės *Aplinkos pokyčių įtaka potvynių dažnio vertinimui* susitikime Osle (Norvegijoje). Šiame susitikime buvo aptartos galimybės modeliuoti upių nuotekų pasirinktuose upių baseinuose pagal vienodus klimato kaitos scenarijus. Įvairių šalių mokslininkai pristatė pranešimus apie pasirinktus upių baseinus šiai veiklai. Lietuvos atstovė J. Kriauciūnienė perskaitė pranešimą apie Merkio upės baseiną. Susitikimo metu buvo pasirinkti 15 klimato modelių ir 8 modelių tinklelio raiškos didinimo (downscaling) metodai, pagal kuriuos bus atliktas



2 pav. Kritilių kiekis (a) ir vandens debitais (b) Merkio upės baseine pagal klimato scenarijų MPI-M-REMO SCN ECHAM5 ir 8 modelių tinklelio raiškos didinimo (downscaling) metodus 2071–2100 m.  
(juoda linija pažymėtos vidutinės kritilių ir debitų reikšmės 1961–1990 m.)



hidrologinis modeliavimas kiekvienos šalies upės baseine (2 pav.).



### bringing neighbours closer

#### **Lietuvos–Latvijos bendradarbiavimo per sieną projektas HOTRISK**

2013 m. lapkričio 4 d. startavo bendras Lietuvos–Latvijos bendradarbiavimo per sieną projektas **Siekiant harmonizuoto vandens kokybės ir taršos rizikos valdymo (HOTRISK)**. Projekto trukmė 2013 11 04–2014 12 31. Projekto partneriai yra Latvijos aplinkos, geologijos ir meteorologijos centras ir Lietuvos energetikos instituto Hidrologijos laboratorija. Projekto pirmojo susitikimo metu (2013 m. lapkričio 25–26 d.) vyko abiejų projekte dalyvaujančių institucijų ekspertų susipažinimas, prisistatymas ir darbų aptarimas (projekto tikslai, eiga, partnerystės sąlygos). Projekto pagrindinis tikslas – siekti geros paviršinio vandens cheminės kokybės Lietuvos–Latvijos pasienio upėse.



**Europos mokslo institucijų, atliekančių vandens tyrimus, tinklas**  
**EurAqua** (European Network of Freshwater Research Organisations, [www.euraqua.org](http://www.euraqua.org))

2008 m. LEI Hidrologijos laboratorija priimta į EurAqua organizaciją, kurią sudaro 24 Europos šalių svarbiausių mokslo institucijos, užsiimančios vandens ištakų tyrimais.

Pagrindiniai EurAqua tikslai:

1. Dalyvauti formuojant vandenų tyrimo politiką Europos Sajungoje;
2. Suformuoti bei 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 ištakoms, potvynių analizė ir prognozė Europoje ir kt.).



HOTRISK projekto partnerių susitikimo Rygoje akimirka

2013 m. gegužės 15–16 d. XXXX EurAqua narių susitikimas įvyko Valingfordo ekologijos hidrologijos centre (CEH Wallingford, United Kingdom), o lapkričio 19–20 d. – XXXXI susitikimas Briuselio universitete (VUB, Brussels). Šių susitikimų metu aptartos Europos vandens ištakų naudojimo kryptys bei politiniai aspektai, numatytos aktualios kryptys naujoje mokslinių tyrimų ir inovacijų programoje *Horizontas 2020*, susijusios su aktualiomis gėlo vandens naudojimo ir apsaugos problemomis.

#### BENDRADARBIAVIMAS SU MOKSLO INSTITUCIJOMIS



Hidrologijos laboratorija glaudžiai bendradarbiauja su Kauno technologijos universiteto Aplinkos inžinerijos institutu, nuo 1995 m. kartu leisdami mokslo žurnalą *Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba*. Kompleksiniai aplinkos tyrimai vykdomi kartu su Gamtos tyrimų centro Ekologijos, Geologijos ir geografijos bei Botanikos institutais. Siekiant sukurti šiuolaikinę infrastruktūrą bendrosioms Lietuvos jūrinio sektoriaus mokslinių tyrimų, studijų ir technologinės plėtros reikmėms, Hidrologijos laboratorija įsijungė į asociacijos *Baltijos slénis* veiklą. Integravus mokslo, studijų ir verslo slėnio Lietuvos jūrinio sektoriaus plėtrai pirmasis ir svarbiausias uždavinys – sutelkti jūrinio mokslo ir studijų institucijas bei padalinius. Slėnio kūrimo iniciatoriai: Klaipėdos universitetas, Gamtos tyrimų centras, Kauno sveikatos mokslų universitetas, Lietuvos energetikos institutas bei jūrinio verslo

jmonės. Numatomos dvi mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros kryptys: jūros aplinka ir jūrinės technologijos. Siekiant integruoti išsklaidytą jūrinio mokslo kryptyse dirbantį šalies mokslo potencialą bei efektyviai naudoti šiuolaikinę slėnio mokslo tyrimų įrangą ir laivą, numatoma 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 Valstybinis mokslinių tyrimų instituto Fizinių ir technologijos mokslo centras), kooperuodami savo patirtį, profesines žinias, įgūdžius ir dalykinę reputaciją, žmogiškuosius bei kitus darbinius ir techninius ištaklius, dalyvauja įgyvendinant 2007–2013 m. Žmogiškųjų ištaklių 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 sektorius technologijų ir aplinkos tyrimų plėtra*. Laboratorijos darbuotojai kartu su KU mokslininkais aktyviai dalyvauja potemės *Baltijos jūros priekrantės hidrodinaminių ir litodinaminių procesų modeliavimas* veikloje.

## PAGRINDINIAI LABORATORIJOS TAIKOMIEJI DARBAI

Laboratorijskyje vykdomi taikomieji aplinkos tyrimų darbai ir rengiami hidrotechnikos statinių projektai pagal sutartis su jmonėmis ir organizacijomis:

- 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 rezul-

tatai yra panaudoti Suskystintų gamtinių dujų (SGD) terminalo poveikio aplinkai vertinimo (PAV) ataskaitoje. 2013 m. gruodžio 20 d. UAB *Sweco Lietuva* įteiktas Lietuvos pramonininkų konfederacijos *Lietuvos metų gamino 2013* aukso medalis už parengtą SGD terminalo PAV ataskaitą.

- UAB *Sweco Lietuva* užsakymu parengta studija *Hidrodinaminių sąlygų ir nešmenų balanso pokyčių įvertinimas*, kurios rezultatai panaudoti rengiant *Klaipėdos valstybinio jūrų uosto laivybos kanalo maksimalaus gilinimo ir platinimo galimybų plėtros planą*.
- UAB *Sweco hidroprojektas* užsakymu rengiama studija *Kiaulės nugaros salos šlaito erozijos ir sedimentacijos procesų matematinis modelis*.
- *Gamtos tyrimų centro* užsakymu atliktas Kauno hidroelektrinės tvenkinio vandens lygių svyrapimo vertinimas.

MIKE 21 modelių sistema, sukurta Danijos hidraulikos institute, buvo taikyta Klaipėdos jūrų uosto plėtros projektuose vertinant poveikį aplinkai

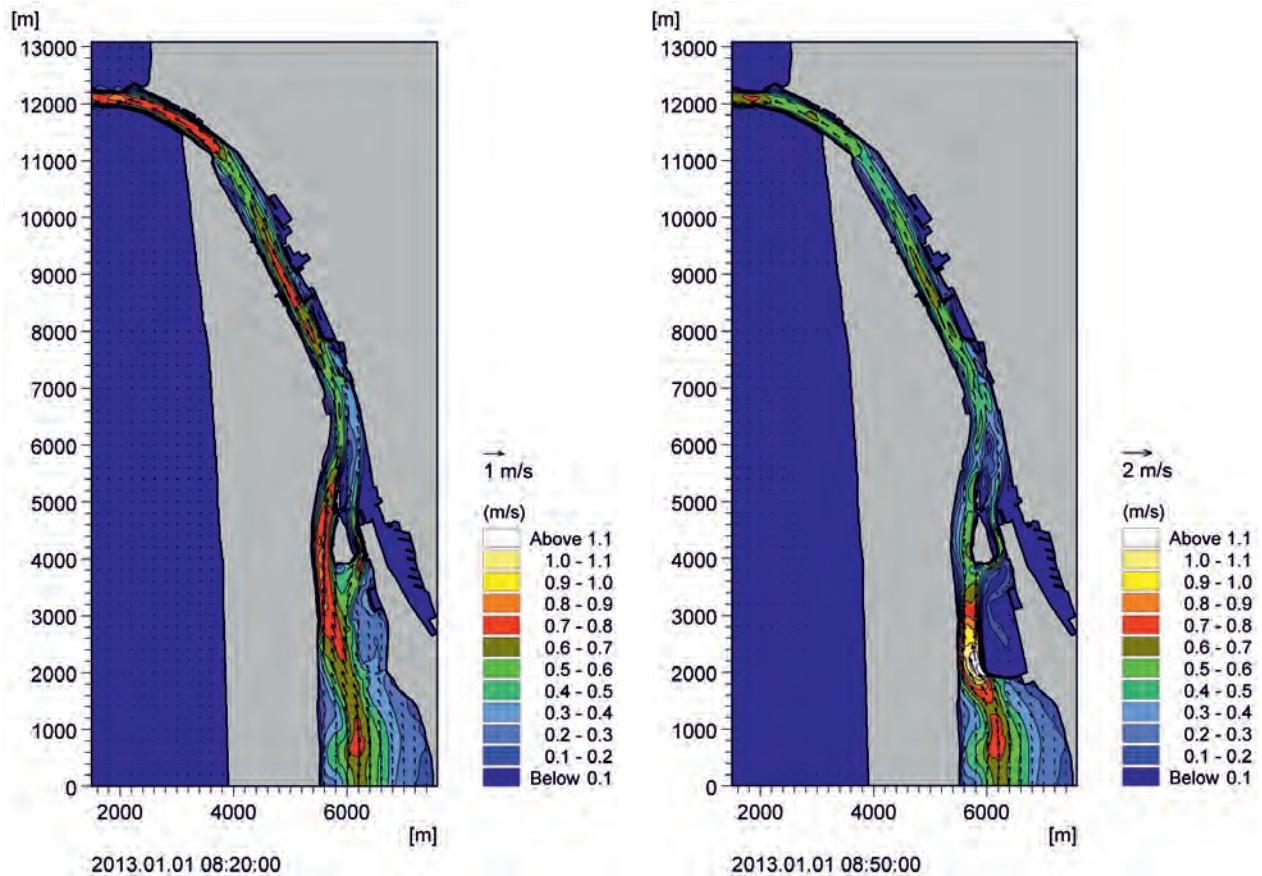
ir laivybos sąlygas. Norint pagerinti laivybos sąlygas Klaipėdos sąsiauryje, 2013–2014 m. rengiamas *Klaipėdos valstybinio jūrų uosto laivybos kanalo maksimalaus gilinimo ir platinimo galimybų plėtros planas*. LEI Hidrologijos laboratorijos darbuotojai įvertino sąsiaurio gilinimo bei platinimo galimą poveikį Klaipėdos sąsiaurio srovii ir nešmenų balansui, erozijos bei akumuliacijos procesams bei dugno pokyčiams ir numatė priemones šiam poveikiui išvengti ir sumažinti. Analizuojant Klaipėdos sąsiaurio hidrodinaminių ir nešmenų procesų pokyčius dėl Klaipėdos uosto plėtros, tirtos šios pagrindinės alternatyvos:

*Alternatyva 0* – dabartinė situacija, kai uosto laivybos kanalas išgiliintas iki 14,5 m ir išplatintas iki 150 m.

*Alternatyva A* – maksimalios plėtros galimybės įgyvendinus poveikį mažinančias aplinkosaugos priemones (iplaukos kanalo gylis – 17,5 m, laivbos kanalo gylis – 17 m ir plotis – 200 m, akvatorijos laivų apsisukimo baseinų vietose gylis – 17 m, akvatorijos už Kiaulės nugaros salos gylis – 14 m, molo įrengimas šiaurinėje Kuršių marių dalyje).



*Laivyba pagilintame Klaipėdos sąsiauryje*



3 pav. Klaipėdos sąsiaurio tėkmės struktūra pagal Alternatyvą 0 (a) ir Alternatyvą A (b), kai sąsiauriu teka  $2730 \text{ m}^3/\text{s}$  debitas iš Kuršių marių į Baltijos jūrą

*Alternatyva B* – dalinės plėtros galimybės įgyvendinimus aplinkosaugines poveikį mažinančias priemones (pasirinktuose akvatorijos sektoriuose gilinimas ir platinimas iki maksimalių parametru bei molo įrengimas šiaurinėje Kuršių marių dalyje: įplaukos kanalo gylis – 17,5 m, laivybos kanalo gylis – 17 m, molo įrengimas šiaurinėje Kuršių marių dalyje).

Įgyvendinimus KVJU laivybos kanalo maksimalaus gilinimo ir platinimo Plėtros plano sprendinius pagal Alternatyvą A (maksimalios plėtros galimybės įgyvendinimus aplinkosaugines poveikį mažinančias priemones), gerokai (iki 10,4 %) padidėtū Klaipėdos sąsiaurio pralaidumas. Siūlomo pietinio molo šiaurinėje Kuršių marių dalyje įrengimas nekompensuos pralaidumo padidėjimo. Alternatyvos B sprendiniai (dalinės plėtros galimybės įgyvendinimus

papildomas aplinkosaugines poveikį mažinančias priemones) nežymiai (iki 1,6 %) padidins Klaipėdos sąsiaurio pralaidumą. Todėl pirmajame uosto plėtros etape siūloma įgyvendinti Alternatyvos B sprendinius. Reikėtų išsamiau nagrinėti numatyto pietinio molo konfigūraciją, nes šiame Plėtros plane buvo pasirinktas vienas molo variantas (700 m ilgio molas – statmenas kranto linijai). Ateityje reikėtų parinkti tokią pietinio molo konstrukciją, kad įgyvendinus sprendinius pagal Alternatyvą B, būtų išvengta erozijos procesų akvatorijoje prie pietinio molo bei Kuršių nerijos kranto.

Skaitmeninio modeliavimo 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. Pagal

Hidrologijos laboratorijos darbuotojų atliktą projektą *Klaipėdos valstybinio jūrų uosto kanalo gilinimo ir platinimo paruošiamieji darbai: poveikio aplinkai vertinimas, gilinimo darbų projektas ir inžineriniai geologiniai tyrimai* (vadovas B. Gailiušis) 2013 m. Klaipėdos uosto akvatorija buvo pagi-





VĮ Klaipėdos valstybinio jūry uosto direktorius A. Vaitkus įteikia Padėkos raštą  
prof. habil. dr. B. Gailiušiui

linta iki 14,5 m. Tai didžiausios apimties ir vertės Klaipėdos uosto istorijoje infrastruktūros projektas, susijęs su laivybos kanalo gilinimo ir platinimo darbais.

2013 m. laboratorijos darbuotojai paskelbė 4 straipsnius ISI WoS duomenų bazėje, 1 straipsnį referuojamame mokslo žurnale ir 3 straipsnius mokslo populiarinimo žurnaluose bei perskaitė mokslinius pranešimus dviemose Lietuvos mokslinėse konferencijose.

**Dr. Jūratė KRIAUCIŪNIENĖ**  
Hidrologijos laboratorijos vadovė  
Tel. (8 37) 401 962  
El. paštas  
[Jurate.Kriauciuniene@lei.lt](mailto:Jurate.Kriauciuniene@lei.lt)

# JAUNUJŲ MOKSLININKŲ SAJUNGA

Lietuvos energetikos instituto Jaunujų mokslininkų sajunga (LEI JMS), veikianti institute nuo 2002 m., siekdamas 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 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 teisėtiems narių ir LEI doktorantų interesams, gina jų teises LEI savivaldos organuose, valstybinėse ir visuomeninėse organizacijose, asociacijose ir visuomeniniuose judėjimuose.



## JUBILIEJINĖ 10-OJI TARPTAUTINĖ KONFERENCIJA CYSENI 2013

2013 m. gegužės 29 d.  
Lietuvos energetikos institute  
nuo ankstaus ryto rinkosi  
daug įvairiakalbių jaunu  
žmonių – prasidėjo tris dienas trukusi jubiliejinė – dešimtoji  
Lietuvos energetikos instituto jaunujų mokslininkų sajungos  
(LEI JMS) organizuojama tarptautinė doktorantų ir jaunujų

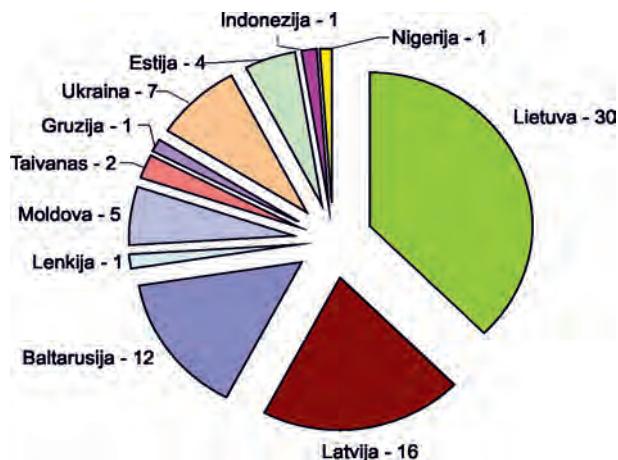
mokslininkų konferencija energetikos klausimais (Conference of Young Scientists on ENergy Issues – CYSENI). Renginyje dalyvavo gausus būrys pranešėjų ne tik iš LEI, bet ir iš kitų Lietuvos mokslo ir studijų institucijų, tokų kaip Kauno technologijos universiteto, Vytauto Didžiojo universiteto, Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mykolo Romerio universiteto, Vilniaus universiteto, Fizinių ir technologijos mokslo centro. Taip pat tradiciškai daug atvyko jaunujų mokslininkų iš kitų valstybių mokslo ir tyrimų institucijų, iš kurių aktyviausiai buvo mūsų artimiausiai kaimynai latviai (16 dalyvių), baltarusiai (12), ukrainiečiai (7).



**Konferencijos temos.** Šiame jaunuosius energetikus suburančiame renginyje visada buvo nagrinėjamos pagrindinės su energetikos sektoriumi susijusios temos: Vandenilis ir kuro elementai, Atsinaujinantys energijos ištekliai, Šiuolaikiniai energijos tinklai, Energijos vartojimo efektyvumas ir taupymas, Žinių energetikos politikai formuoti, Šiluminės fizikos, skysčių bei dujų mechanikos ir metrologijos sričių tyrimai, Medžiagų mokslai ir technologijos, Degimo ir plazmininių procesų tyrimai, Globalūs pokyčiai ir ekosistemos, Termobranduolinės sintezės tyrimai, Branduolinė energetika ir radiacinė sauga bei Kompleksiniai energetikos aspektai.

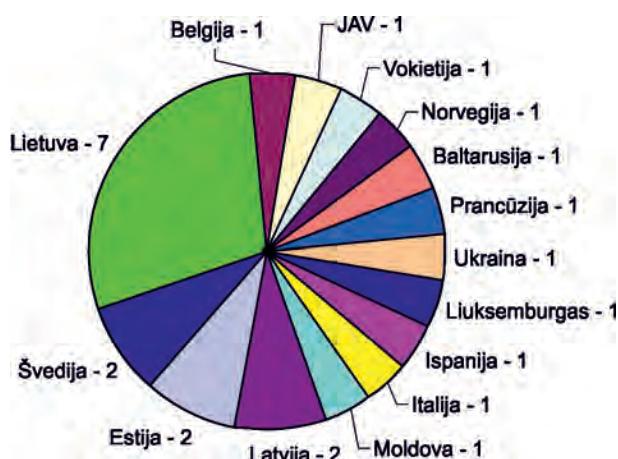
Konferencija vyksta anglų kalba, pranešimų medžiaga taip pat leidžiama anglų kalba. Tai skatina ne tik Lietuvos jaunuų mokslininkų bei kolegų iš užsienio tyrimų rezultatų sklaidą, bet ir sudaro palankias sąlygas tolesniams tarptautiniams bendradarbiavimui. Konferencijos aktualumą ir reikalingumą įrodo daugybė teigiamų konferencijoje dalyvavusių mokslo darbuotojų bei jaunuų mokslininkų atsiliepimų. LEI vadovybės ir rėmėjų parama bei palankūs dalyvių vertinimai skatina LEI JMS toliau puoselėti ir plėtoti konferencijos, kaip jaunų energetikos problemų tyrėjų kasmečio susitikimo, mainymosi idėjomis ir patirtimi, bei nauju įgūdžių lavinimo idėją.

**Konferencija per pastaruosius 10 metus.** Konferencija pirmą kartą buvo surengta 2002 m., siekiant sudaryti instituto doktorantams ir jaunesniems mokslininkams galimybę pristatyti savo tyrimų rezultatus bei susipažinti su kolegų vykdomais tyrimais, aptarti įvairias su energetikos sektoriumi susijusias aktualijas, skatinti mokslinį bendradarbiavimą. 2003 m. nuspręsta į konferenciją pakvesti jaunuosiuos tyrejus ir iš kitų Lietuvos mokslo ir studijų institucijų, ir taip paskatinti rezultatų sklaidą šalyje, inicijuoti ir skatinti bendradarbiavimą.

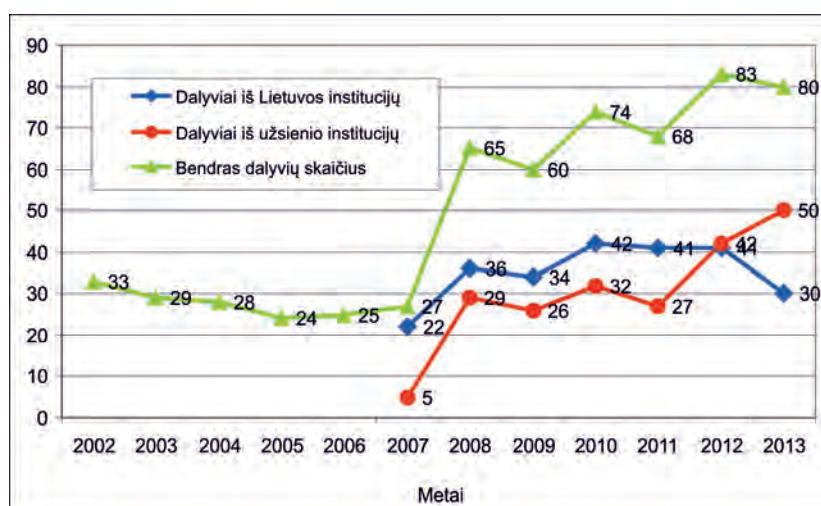


2013 m. konferencijos dalyvių pasiskirstymas pagal šalis

**Konferencijos mokslo komitetas.** Per 10 konferencijos gyvavimo metus, rengėjų pastangomis mokslo komiteto narių skaičius didėjo, ir 2013 m. jį sudarė nariai iš Lietuvos ir 14-os užsienio valstybių.



Konferencijos mokslo komiteto narių pasiskirstymas pagal šalis  
(2013 m. duomenys)



Konferencijos dalyvių skaičiaus kaita 2002–2013 m.

**Jubiliejinė konferencija.** Pirmojoje konferencijos sesijoje mokslinius pranešimus skaityti buvo pakvesti kvestiniai pranešėjai, žinomi savo srities mokslininkai: dr. Axel Winter (ITER, Prancūzija), Dalius Klyvis (AGA, Lietuva), dr. Jurga Lazauskienė (Lietuvos geologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos Giluminų tyrimų skyriaus vedėja, Lietuva).

Konferencijos svečias prof. Romualdas Viskanta (Purdue universitetas, JAV) pranešimą apie šilumos inžinerijos iššūkius skaitė antrąjį konferencijos

dieną, bei įteikė Vydūno jaunimo fondo įsteigtą R. Viskantos vardinę premiją dviems LEI jauniesiems mokslininkams, aktyviai dirbantiems šiluminės fizikos, šilumos mainų, branduolinės energetikos srityse: doktorantams Andriui Tamošiūnui, (už 2012 m.) ir Tadui Kaliatkai (už 2013 m.).



*Prof. Romualdas Viskanta*

2013 m. konferencijai buvo pateiktos 138 anotacijos, iš kurių 98 buvo priimtos pristatyti konferencijoje. Iš pateiktų mokslinių publikacijų patyrę recenzentai atrinko 80 publikacijų, tinkamų publikuoti konferencijos medžiagoje.

Konferencijos metu moksliniai pranešimai buvo skaitomi 2–3 lygiagrečiose sekcijose, jose dalyvaujant ir straipsnių recenzentams – pripažintiems technologijos mokslų srities ekspertams. Pastariesiems buvo sudarytos galimybės jau prieš konferenciją susipažinti su pateiktais jaunujių mokslininkų ir tyréjų darbais, renginio metu jie teikė klausimus, komentavo jaunujių mokslininkų darbus, vedė diskusijas. Siekiant gerinti doktorantų ir kitų jaunujių mokslininkų viešojo bendravimo įgūdžius, posėdžiamas pirmininkavo jaunieji konferencijos dalyviai bei LEI JMS valdybos atstovai.

**Konferencijos pranešimų medžiaga.** Vienas reikšmingesnių konferencijos rezultatų yra jaunujių mokslininkų atlikų tyrimų apibendrinimas, kokybiškų mokslinių publikacijų parengimas ir jų pateikimas mokslo visuomenei. Konferencijos dalyvių paruoštos mokslinės publikacijos bei anotacijos publikuotos konferencijos medžiagoje, leidžiamoje elektronine forma (CD, ISSN 1822-7554). Išleista medžiaga pasieks pagrindinius šalies mokslo centrus ir bibliotekas, taip pat ir kai kurias užsienio bibliotekas bei mokslo centrus.

**Geriausių darbų autoriai.** Kaip ir kasmet, buvo paskelbti geriausių darbų autoriai, įvertinus jų mokslo problemų aktualumą, siūlomus sprendimo metodus, gautų rezultatų svarbą, efektyvaus viešo kalbėjimo įgūdžius. Atsižvelgiant į

konferencijos dalyvių patirtį dirbant mokslinį darbą, įgūdžius, vertinimas atliktas dviejose grupėse. Susumavus oficialiojo, jaunojo bei pranešimo recenzento paskirtus balus, geriausiu darbų autoriais paskelbti:

Magistrantų ir pirmųjų bei antrųjų metų doktorantų grupėje:

1. Artjoms Obushevs (Latvija);
2. Chun-Min Liu (Taivanas);
3. Tomas Iešmantas (Lietuva).

Trečiųjų ir ketvirtųjų metų doktorantų bei jaunujių mokslininkų grupėje:

1. Yauhen Baranyshyn (Baltarusija);
2. Tadas Kaliatka (Lietuva);
3. Anton Brin (Baltarusija).



*Nugalėtojus Yauhen Baranyshyn ir Artjoms Obushevs pasveikino, pasiekimus pažymėjčius diplomus bei rėmėjų dovanas įteikė LEI mokslinis sekretorius Informacijos skyriaus vadovas dr. Rolandas Urbonas ir viena konferencijos organizatoriu dr. Diana Meilutytė-Barauskienė*

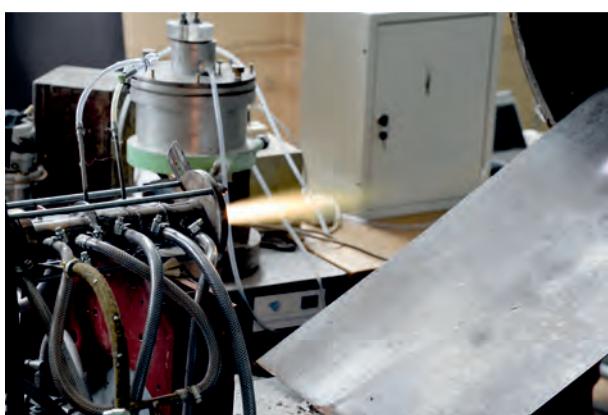
**Rengėjai ir rėmėjai.** 2013 m. LEI JMS iniciatyvą rengti ši kasmetį renginį, kaip visuomet palaikė instituto vadovybė, skyrus finansinę bei techninę paramą. Konferencijai rengti paramą taip pat skyrė AGA bei REO Investment.

## LEI ATVIRŲ DURŲ DIENA

Tai puiki galimybė daugiau sužinoti apie LEI vykdomą veiklą, mokslinius tyrimus, atliekamus eksperimentus, pabendrauti su instituto laboratorijų atstovais, išgirsti laboratorijų prisistatymus ir, svarbiausia, pateikti Jus dominančius klausimus.

LEI, plačiai žinomas kaip vienas pažangiausių šalies mokslo centrų, aktyviai dalyvauja tarptautinėse mokslo programose, vykdo Lietuvos ir užsienio užsakovams aktualius mokslinius tyrimus, glaudžiai bendradarbiauja su verslo, mokslo ir studijų institucijomis.

Kiekvienai mokslo įstaigai būtina nuolat atsinaujinti, todėl ir LEI siekia pritraukti jaunus, jvairių specialybių žmones, pasiryžusius siekti mokslininko karjeros. Ugdant pamainą patyrusiemems mokslininkams, kasmet priimama naujų doktorantų, sudaromos palankios sąlygos jauniems žmonėms dirbtį ar atliki praktiką institute. Atvirų durų dienos renginiu norime parodyti, kad ES Struktūrinių fondų lėšos yra tinkamai naudojamos, įsigytą naujausia aparatūra sėkmingai naudojama moksliniams tyrimams, o nacionaliniame atviros prieigos Ateities energetikos technologijų mokslo centre jaunimui siekti naujų mokslo rezultatų bus sudarytos sąlygos ne prastesnės kaip žymiausiuose pasaulio mokslo centruose.



Diferenciniais skenuojantys medžiagų specifinės šilumos analizatorius ir atmosferinio slėgio plazmos generatorius

## KTU KARJEROS DIENOS

2013 m. kovo 13 d. Kauno technologijos universitete vyko jau tradiciniu tapęs renginys *KTU Karjeros dienos 2013*. Kaip ir kasmet, jame dalyvavo ir LEI atstovai. KTU Karjeros centras ir KTU Studentų atstovybė jau 9 metus organizuoja Karjeros dienas, kuriose apsilanko daugybė studentų iš 13 universitetų fakultetų, dalyvauja didžiausią Lietuvos įmonių atstovai ir užsienio svečiai. Kiekvienais metais jame apsilanko net keli tūkstančiai studentų ir absolventų. Pagrindinis didžiausio tokio tipo renginio Lietuvoje tikslas – tiesioginis abiejų pusių poreikių išaiškinimas ir apsikeitimas kontaktais.



LEI JMS valdybos nariai ir studijų administratorė J. Kazakevičienė dalyvavo renginyje, siekdami pristatyti mūsų institutą ir supažindinti studentus su mokslinės praktikos ar karjeros galimybėmis. LEI stendą daugiausiai lankė elektros energetikos technologijų ir inžinerijos, šilumos energetikos ir technologijų, atsinaujinančios energetikos, taikomosios fizikos, taikomosios matematikos, elektronikos inžinerijos, cheminės technologijos ir inžinerijos, termoinžinerijos specialybių studentai.

2013 m. po KTU Karjeros dienų renginio į LEI doktorantūrą įstojo 3 KTU absolventai ir 7 studentai atliko praktiką.

## JAUNUJŲ MOKSLININKŲ ORGANIZUOJAMI SEMINARAI IR MOKYMAI

Kasmet LEI JMS instituto doktorantams ir jauniesiems mokslininkams organizuoja jvairios tematikos seminarus ir mokymus. 2013 m. kovo 5 d. LEI JMS organizavo seminarą *Skalūnų dujos Lietuvoje: esama situacija ir perspektyvos*, kuriame mokslininkai, ministerijų atstovai, naftos gavybos bendrovės ir suinteresuotų asociacijų nariai diskutavo apie molio skalūnų naftos/dujų potencialą Lietuvoje, esamą giluminių geologinių tyrimų žvalgybos padėtį, aplinkosaugos reikalavimų.

mus ir skalūnų dujų gavybos perspektyvas. Pranešimus skaitė dr. Jurga Lazauskienė (Lietuvos geologijos tarnyba), Laura Rimšaitė (LR Energetikos ministerija), Giedrius Giparas (LR Aplinkos ministerija), Ignas Vaičeliūnas (UAB *Minijos nafta*).

2013 m. vyko mokymai (ved. dr. Gintarė Tautkevičienė) doktorantams, jauniesiems mokslininkams ir kitiems akademinės bendruomenės nariams apie mokslinės informacijos paiešką, duomenų bazes, gausios mokslinės informacijos tvarkymo įrankius, mokslo žurnalų citavimo rodiklius. Mokymų tikslas – padėti jauniesiems mokslininkams lengviau atlikti mokslinės informacijos paiešką, pasirinkti tinkamus literatūros šaltinius publikacijoms ir efektyviai tvarkytii mokslinę informaciją.

## ETSON JSP VASAROS SEMINARAS

2013 m. rugpjūčio 26–30 d. pirmą kartą Lietuvoje, LEI, įvyko ETSON (Europos mokslinės techninės paramos organizacijų tinklo) JSP (jaunuju mokslininkų) vasaros seminaras. ETSON tinklą sudaro 13 institucijų iš skirtingų šalių. Nuo 2008 m. ETSON jaunuju mokslininkų vasaros seminaras rengiamas vis kitoje šalyje, institucijoje. Šio seminaro tema buvo *Avarijų valdymas*. Seminare dalyvavo rekordiškai daug dalyvių, net 42 iš 9 skirtingų mokslinės techninės paramos institucijų (BE1 V, GRS, IRSN, NRI, VUJE, PSI, SEC-NRS, SSTC-NRS, bei LEI ) ir 2 reguliuojančių organizacijų (NRG ir SUJB).



Seminaro metu LEI veiklą pristatė instituto direktorius E. Ušpuras, apie LEI JMS papasakojo valdybos pirmininkė L. Murauskaitė, seminaro programą aptarė pagrindinis organizatorius T. Kaliatka

Seminaro metu vyko ekskursija į VATESI ir Kruonio hidroakumuliacinę elektrinę. Vasaros seminaro tema *Avarijų valdymas*, tad dalyviams buvo pristatyta VATESI Ekstremaliųjų situacijų operacijų centro veikla. Kruonio hidroakumuliacinėje elektrinėje buvo parodytas apatinis ir viršutinis vandens baseinai, mašinų salė, pristatytas elektrinės veikimo principas, operatorių centras.



# INSTITUTO BIUDŽETAS

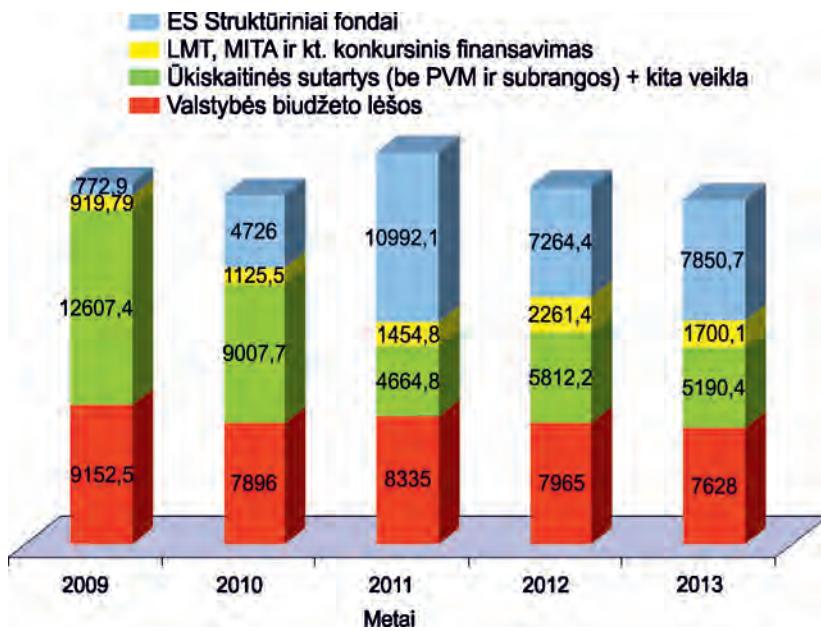
## INSTITUTO PAJAMAS SUDARO:

- Lietuvos Respublikos valstybės biudžeto lėšos;
- lėšos, gautos iš Lietuvos, užsienio ir tarptautinių fondų ir organizacijų;
- lėšos, gautos kaip programinis konkursinis mokslinių tyrimų finansavimas;
- lėšos, gautos iš Lietuvos bei užsienio įmonių ir organizacijų už sutartinius darbus, mokslinės produkcijos ir gaminių 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;
- ES Struktūrinių fondų (SF) parama.
- kitos įgytos lėšos.

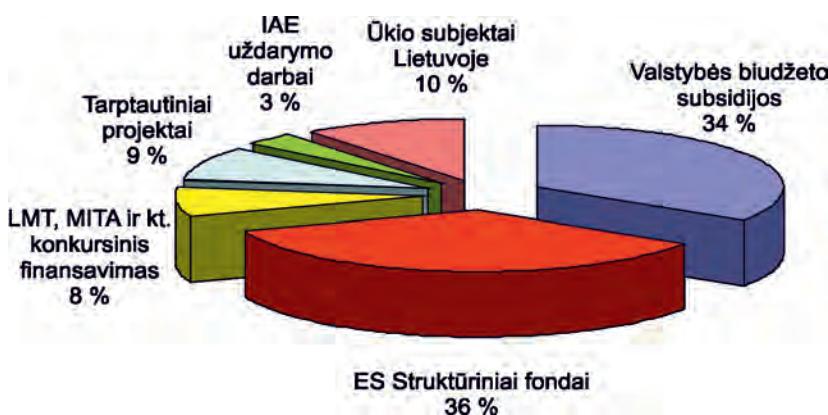
### Pajamų ir išlaidų struktūra (tūkst. Lt)

Metai	2009	2010	2011	2012	2013
<b>Pajamos:</b>					
Valstybės biudžeto lėšos	9152,5	7896,0	8335,0	7965,0	7628,0
Pagrindinė veikla	9646,4	9356,0	6071,0	7975,2	6786,1
SF parama	772,9	5403,6	10992,1	7264,4	7850,7
Kitos	1155,3	99,7	95,5	98,4	104,4
<b>Iš viso:</b>	<b>20727,1</b>	<b>22755,3</b>	<b>25493,6</b>	<b>23303,0</b>	<b>22369,2</b>
<b>Išlaidos:</b>					
Atlyginimai (su soc. dr.)	13722,0	13843,0	14273,0	13618,0	13713,0
Eksplotacijos ir kitos išlaidos	3749,0	2432,3	3435,0	2547,8	5973,0
Ilgalaikio turto įsigijimas	392,0	6122,0	10863,0	7616,4	3010,4
<b>Iš viso:</b>	<b>17863,0</b>	<b>22397,3</b>	<b>28571,0</b>	<b>23782,2</b>	<b>22696,4</b>
Tęstinių sutarčių lėšos	4967,0	5325,0	2247,6	1768,4	1441,2*

\* – 909,8 tūkst. Lt finansinės reikalavimas bankrutavusiam bankui AB Ūkio bankas.

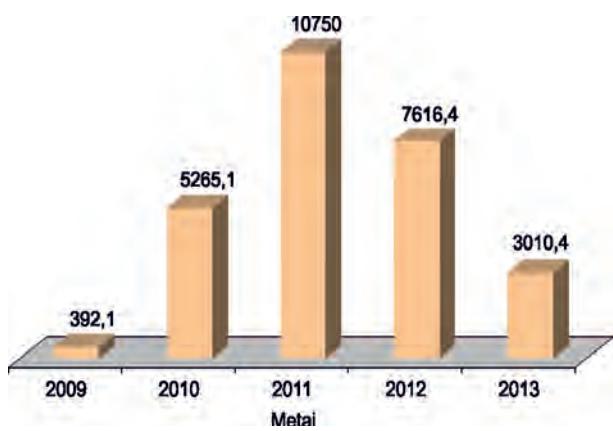


*Finansavimo šaltinių raida, tūkst. Lt*



LMT – Lietuvos mokslo taryba;  
MITA – Mokslo, inovacijų ir technologijų agentūra.

*Lėšų, gautų iš instituto užsakovų, struktūra 2013 m.*



*Tyrimų bazės išplėtimo dinamika, tūkst. Lt*

Finansinių ataskaitų rinkiniai publikuojami instituto internetiniuose puslapiuose <http://www.lei.lt>, skyrelyje – Apie LEI - Finansinės ataskaitos.

# PUBLIKACIJOS

## KNYGOS, JŪ SKYRIAI, MONOGRAFIJOS

1. **Miškinis V.** Lietuvos energetika 2012. Energy in Lithuania 2012 // Kaunas: Lietuvos energetikos institutas, 2013. 17 p. ISSN 1822-5268.
2. Narkūnas E., **Poškas R.** et al. Safety assessment for decommissioning // Safety reports series No. 77. Vienna: International Atomic Energy Agency (IAEA), 2013. 133 p. ISBN 978-92-0141410-6.
3. Peters B., **Džiugys A.** Heat transfer in fixed and moving packed beds predicted by the extended discrete element method // *Advances in industrial heat transfer* Ed. Alina Adriana Minea. Boca Raton, London, New York: CRC Press Taylor & Francis Group, 2013. ISBN 978-1-4398-9907-6, p. 295-337.
4. **Radziukynas V., Radziukynienė N., Klementavičius A.**, Naujokaitis D. Operator's interruption cost-based sectionalization method for 3-feeder radial distribution architecture // *Optimization and security challenges in smart power grids*. Ed. Pappu Vijay, Carvalho Marco, Pardalos Panos. Ser. Energy systems. Springer, 2013. ISBN 978-3-642-38133-1, p. 1-30.

## STRAIPSNIAI LEIDINIUOSE, ĮRAŠYTUOSE Į MOKSLINĖS INFORMACIJOS INSTITUTO (ISI) SĄRAŠĄ

1. Antonov M., Veinthal R., Huttunen-Saarivirta E., Hussainova I., Vallikivi A., **Lelis M.**, Priss J. Effect of oxidation on erosive wear behaviour of boiler steels // *Tribology international*. ISSN 0301-679X. 2013. Vol. 68, p. 35-44.
2. **Bobinaitė V.**, Juozapavičienė A., Staniewski M., Szczepankowski P. Comparative analysis of features of Polish and Lithuanian day-ahead electricity market prices // *Energy policy*. ISSN 0301-4215. 2013. Vol. 63, p. 181-196.
3. Bočkutė K., Laukaitis G., **Milčius D.** The properties of nonstoichiometric lanthanum niobium oxide thin

films formed using an e-beam deposition technique // *Surface & coatings technology*. ISSN 0257-8972. 2013. Vol. 214, p. 97-100.

4. Bočkutė K., Laukaitis G., Virbukas D., **Milčius D.** The investigation of E-beam deposited titanium dioxide and calcium titanate thin films // *Materials science*. ISSN 1392-1320. 2013. Vol. 19, No. 3, p. 245-249.
5. Bosch H.-S., Wolf R.C., Andreeva T., Baldzuhn J., Birus D., Bluhm T., Bräuer T., Braune H., Bykov V., Cardella A., Durodié F., Endler M., Erckmann V., Gantenbein G., Hartmann D., Hathiramani D., Heimann P., Heinemann B., Hennig C., Hirsch M., Holtum D., Jagielski J., Jelonnek J., Kasparek W., Klinger T., König R., Kornejew P., Kroiss H., Krom J.G., Kühner G., Laqua H., Laqua H.P., Lechte C., Lewerentz M., Maier J., McNeely P., Messiaen A., Michel G., Ongena J., Peacock A., Pedersen T.S., Riedl R., Riemann H., Rong P., Rust N., Schacht J., Schauer F., Schroeder R., Schweer B., Spring A., Stäbler A., Thumm M., Turkin Y., Wegener L., Werne A., Zhang D., Zilker M., Akijama T., **Alzbutas R.**, Ascasibar E., Balden M., Banduch M., Baylard Ch., Behr W., Beidler C., Benndorf A., Bergmann T., Biedermann C., Bieg B., Biel W., Borchardt M., Borowitz G., Borsuk V., Bozhenkov S., Brakel R., Brand H., Brown T., Brucker B., Burhenn R., Buscher K-P., Caldwell-Nichols C., Cappa A., Cardella A., Carls A., Carvalho P., Ciupiński Ł., Cole M., Collienne J., Czarnecka A., Czymek G., Dammertz G., Dhard C.P., Davydenko V.I., Dinklage A., Drevlak M., Drotziger S., Dudek A., Dumortier P., **Dundulis G.**, Eeten P.V., Egorov K., Estrada T., Faugel H., Fellinger J., Feng Y., Fernandes H., Fietz W.H., Figacz W., Fischer F., Fontdecaba J., Freund A., Funaba T., Fünfgelder H., Galkowski A., Gates D., Giannone L., Garcka Regaña J.M., Geiger J., Geißler S., Greuner H., Grahl M., Groß S., Grosman A., Grote H., Grulke O., Haas M., Haiduk L., Hartfuß H.J., Harris J.H., Haus D., Hein B., Heitzenroeder P., Helander P., Heller R., Hidalgo C., Hildebrandt D., Höhnle H., Holtz A., Holzhauer E., Holzthüm R., Huber A., Hunger H., Hurd F., Ihrke M., Illy S., Ivanov A., Jablonski S., Jakšić N., Jakubowski M., Jaspers R., Jensen H., Jenzsch H.,

- Kacmarczyk J., **Kaliatka T.**, Kallmeye J., Kamionka U., **Karalevičius R.**, Kern S., Keunecke M., Kleiber R., Knauer J., Koch R., Kocsis G., Könies A., Köppen M., Koslowski R., Koschurinov J., Krämer-Flecken A., Krampitz R., Kravtsov Y., Krychowiak M., Krzesinski G., Ksiazek I., Kubkowska M., Kus A., Langish S., Laube R., Laux M., Lazerson S., Lennartz M., Li C., Lietzow R., Lohs A., Lorenz A., Louche F., Lubyako L., Lumsdaine A., Lyssoivan A., Maßberg H., Marek P., Martens C., Marushchenko N., Mayer M., Mendelevitch B., Mertens Ph., Mikkelsen D., Mishchenko A., Missal B., Mizuchi T., Modrow H., Mönnich T., Morizaki T., Murakami S., Musielok F., Nagel M., Naujoks D., Neilson H., Neubauer O., Neuner U., Nocentini R., Noterdaeme J.-M., Nührenberg C., S. Obermayer S., Offermanns G., Oosterbeek H., Otte M., Panin A., Pap M., Paquay S., Pasch E., Peng X., Petrov S., Pilopp D., Pirsch H., Plaum B., Pompon F., **Povilaitis M.**, Preinhelte J., Prinz O., Purps F., Rajna T., Récsé S., Reiman A., Reiter D., Remmel J., Renard S., Rhode V., Riemann J., **Rimkevičius S.**, Riße K., Rodatos A., Rodin I., Romé M., Roscher H.-J., Rummel K., Rummel Th., Runov A., Ryc L., Sachtleben J., Samartsev A., Sanchez M., Sano F., Scarabosio A., Schmid M., Schmitz H., Schmitz O., Schneider M., Schneider W., Scheibl L., Scholz M., Schröder G., Schröder M., Schruff J., Schumacher H., Shikhovtsev I.V., Shoj M., Siegl G., J. Skodzik J., Smirnow M., Speth E., Spong D.A., Stadle R., Sulek Z., Szabó V., Szabolics T., Szetefi T., Szőkefalvi-Nagy Z., Tereshchenko A., Thomsen H., Thumm M., Timmermann D., Tittes H., To K., Tournianski M., Toussaint U., Tretter J., Tulipin S., Turba P., Uhlemann R., Urban J., **Urbonavičius E.**, Urlings P., Valet S., Van Eester D., M. Van Schoor M., Vervier M., Viebke H., Vilbrandt R., Vrancken M., Wauters T., Weissgerber M., Weiß E., Weller A., Wendorf J., Wenzel U., Windisch T., Winkler E., Winkler M., Wolowski J., Wolters J., Wrochna G., Xanthopoulos P., Yamada H., Yokoyama M., Zacharias D., Zajac J., Zangl G., Zarnstorff M., Zeplien H., Zoletnik S., Zuin M. Technical challenges in the construction of steady-state stellarator Wendelstein 7-X // *Nuclear fusion*. ISSN 0029-5515. 2013. Vol. 53, No. 12, p. 1-16.
6. Čiegeis R., Nakčiūnaitė E., **Mikalauskienė A.** Dependence between labour market and economic cycles // *Inžinerinė ekonomika-Engineering economics*. ISSN 1392-2785. 2013. Vol. 24, No. 4, p. 320-330.
7. **Dundulis G.**, **Grybėnas A.**, **Karalevičius R.**, **Makarevičius V.**, **Rimkevičius S.**, **Ušpuras E.** Dynamic analytical and experimental research of shock absorber to safeguard the nuclear fuel assemblies // *Nuclear engineering and design*. ISSN 0029-5493. 2013. Vol. 260, p. 155-164.
8. **Dundulis G.**, **Janulionis R.**, **Karalevičius R.** The application of leak before break concept to W7-X target module // *Fusion engineering and design*. ISSN 0920-3796. 2013. Vol. 88, p. 3007-3013.
9. **Gaigalis V.**, **Markevičius A.**, **Katinas V.**, **Škėma R.**, **Tumosa A.** Analysis of energy transition possibilities after the decommission of a nuclear power plant in Ignalina region in Lithuania // *Renewable and sustainable energy reviews*. ISSN 1364-0321. 2013. Vol. 24, p. 45-56.
10. **Grigaitienė V.**, **Tamošiūnas A.**, **Valinčius V.** Water vapour plasma generation for environmental purposes // *Fresenius environmental bulletin*. ISSN 1018-4619. 2013. Vol. 22, No. 7a, p. 2069-2073.
11. **Jakimavičius D.**, **Kriauciūnienė J.** The climate change impact on the water balance of the Curonian Lagoon // *Water resources*. ISSN 0097-8078. 2013. Vol. 40, No. 2, p. 120-132.
12. **Jakimavičius D.**, **Kriauciūnienė J.**, **Gailiušis B.**, **Šarauskienė D.** Assessment of uncertainty in estimating the evaporation from the Curonian Lagoon // *Baltica*. ISSN 0067-3064. 2013. Vol. 26, No. 2, p. 177-186.
13. **Kaliatka A.**, **Ognerubov V.**, **Vileiniškis V.**, **Ušpuras E.** Analysis of the processes in spent fuel pools in case of loss of heat removal due to water leakage // *Science and technology of nuclear installations*. ISSN 1687-6075. Volume 2013 (2013), Article ID 598975, p. 1-11.
14. **Kalpokaitė-Dičkuvienė R.**, **Lukošiutė I.**, **Brinkienė K.**, **Baltušnikas A.**, **Česnienė J.** Applicability of the waste fibres in cement paste // *Materials science*. ISSN 1392-1320. 2013. Vol. 19, No. 3, p. 331-336.
15. **Katinas V.**, **Karbauskaitė J.**, **Perednis E.**, **Valančius R.** Efficiency analysis of combined biomass and solar energy in Lithuania // *Clean technologies and environmental policy*. ISSN 1618-954X. 2013. Vol. 15, No. 4, p. 667-676.
16. **Katinas V.**, **Sankauskas D.**, **Perednis E.**, **Vaitiekūnas P.** Investigation of the wind characteristics and prospects of wind power use in Lithuania // *Journal of environmental engineering and landscape management*. ISSN 1648-6897. 2013. Vol. 21, No. 3, p. 209-215.
17. **Klevas V.**, **Murauskaitė L.**, **Klevienė A.**, **Perednis E.** Measures for increasing demand of solar energy // *Renewable and sustainable energy reviews*. ISSN 1364-0321. 2013. Vol. 27, p. 55-64.
18. **Konstantinavičiūtė I.**, **Bobinaitė V.**, **Tarvydas D.**, **Gatautis R.** Renewable energy in the Lithuanian heating sector // *Energy policy*. ISSN 0301-4215. 2013. Vol. 59, p. 32-43.
19. **Kriauciūnienė J.**, **Jakimavičius D.**, **Šarauskienė D.**, **Kaliatka T.** Estimation of uncertainty sources in the projections of Lithuanian river runoff // *Stochastic environmental research and risk assessment*. ISSN 1436-3240. 2013. Vol. 27, No. 4, p. 769-784.
20. **Kriauciūnienė J.**, **Žilinskas G.**, **Pupienis D.**, **Jarmalavičius D.**, **Gailiušis B.** Impact of Šventoji port jetties on coastal dynamics of the Baltic sea // *Journal of environmental engineering and landscape management*. ISSN 1648-6897. 2013. Vol. 21, No. 2, p. 114-122.
21. **Lelis M.**, **Milčius D.**, **Žostautienė R.** The effects of Si and expanded PTFE substrates on formation and

- hydrogenation of Mg and Mg-Ti films // *International journal of hydrogen energy*. ISSN 0360-3199. 2013. Vol . 38, Iss. 27, p. 12172-12179.
22. **Levinskas R., Baltušnikas A., Lukošiūtė I., Baltakys K., Kalpokaitė-Dičkuvienė R., Grybėnas A.** Modification of structure of synthetic gyrolite // *Materials research innovations*. ISSN 1432-8917. 2013. Vol. 17, No. 7, p. 495-500.
  23. **Matuzas V.**, Contini S. On the efficiency of functional decomposition in fault tree analysis // *Proceedings of the institution of mechanical engineers, part O - Journal of risk and reliability*. ISSN 1748-006X. 2012. Vol. 226, Iss. 6, p. 635-645.
  24. Michalevičiūtė A., Lygaitis R., Andrikaitytė E., Ostrauskaitė J., Gražulevičius J.V., Jankauskas V., **Pedišius N.** Charge-transporting 3,4-ethylenedioxothiophene-based hydrazone monomers and oligomers// *Polymer Bulletin*. ISSN 0170-0839. 2013. Vol. 70, Iss. 5, p. 1519-1529.
  25. **Poškas P., Narkūnienė A., Grigaliūnienė D., Kilda R.** Analysis of radionuclide release through EBS of conceptual repository for Lithuanian RBMK spent nuclear fuel disposal-case of canister with initial defect // *Nukleonika*. ISSN 0029-5922. 2013. Vol. 58, Iss. 4, p. 487-495.
  26. **Poškas P., Poškas G., Šimonis A.** Analysis of radwaste management alternatives during dismantling of Ignalina NPP systems with low level contamination// *Kerntechnik*. ISSN 0932-3902. 2013. Vol. 78, No. 6, p. 477-483.
  27. **Poškas R., Sirvydas A., Kolesnikovas J., Kilda R.** Experimental investigation of opposing mixed convection heat transfer in a vertical flat channel in the transition region. 1. Analysis of local heat transfer // *Heat transfer research*. ISSN 1064-2285. 2013. Vol. 44, Iss. 7, p. 89-602.
  28. **Povilaitis M., Urbonavičius E., Rimkevičius S., Babilas E.** Sensitivity and uncertainty analysis of atmosphere stratification modelling in MISTRA using lumped-parameter code COCOSYS// *Nuclear engineering and design*. ISSN 0029-5493. 2013. Vol. 265, p. 108—119.
  29. **Stankūnas G.** Experimental study of p (1 GeV) + natU fission-spallation reaction and delayed neutron measurements // *International journal of modern physics E Nuclear Physics*. ISSN 0218-3013. 2013. Vol. 22, Iss. 12, p. 1-12.
  30. **Stankūnas G., Tonkūnas A., Pabarčius R., Urbonas R.** Evaluation of the secondary radiation impact on personnel during the dismantling of contaminated nuclear equipment // *Nuclear technology & radiation protection*. ISSN 1451-3994. 2013. Vol. 28, No. 3, p. 316-324.
  31. **Striūgas N., Zakarauskas K., Džiugys A., Grigaitienė V.** Experimental modelling of tar destruction with addition of CO<sub>2</sub> for application in the biomass gasification system// *Applied thermal engineering*. ISSN 1359-4311. 2013. Vol. 61, p. 213-219.
  32. **Šimonis A., Poškas P., Sirvydas A., Grigaliūnienė D.** Modeling of the radiation doses during dismantling of RBMK-1500 reactor pressurized tanks from emergency core cooling system // *Science and technology of nuclear installations*. ISSN 1687-6075. Volume 2013 (2013). Article ID 576432, p.1-8.
  33. **Šimonis V., Ragaišis V., Šmaižys A.** Thermal assessment of new Ignalina NPP casks for spent nuclear fuel storage at some abnormal conditions // *Mechanika*. ISSN 1392-1207. 2013. Vol. 19, No. 2, p. 159-166.
  34. **Štreimikienė D., Baležentis T.** Multi-objective ranking of climate change mitigation policies and measures in Lithuania// *Renewable and sustainable energy reviews*. ISSN 1364-0321. 2013. Vol. 18, p. 144-153.
  35. **Štreimikienė D., Baležentis T.** Multi-criteria assessment of small scale CHP technologies in buildings // *Renewable and sustainable energy reviews*. ISSN 1364-0321. 2013. Vol. 26, p. 183-189.
  36. **Tonkonogij J., Tonkonogovas A.** Analysis of non-linearity of the turbine gas meters time constant during step response // *Mechanika*. ISSN 1392-1207. 2013. Vol. 19, No. 5, p. 526-530.
  37. **Tučkutė S., Pranevičius L.L., Pranevičius L., Urbonavičius M.** On the oxygen transport mechanism in titanium thin films under irradiation by molecular water ions // *Materials science*. ISSN 1392-1320. 2013. Vol. 19, No. 1, p. 34-37.
  38. **Ušpuras E., Kaliatka A., Kaliatka T.** Analysis of the accident with the coolant discharge into the plasma vessel of the W7-X fusion experimental facility // *Fusion engineering and design*. ISSN 0920-3796. 2013. Vol. 88, Iss. 5, p. 304-310.
  39. **Vaidelienė A., Tervydis P.** Measurement of air bubbles concentration in the water by means of digital image processing // *Electronics and electrical engineering*. ISSN 1392-1215. 2013. Vol. 19, No. 4, p. 77-80.
  40. **Vaitkevičienė V., Mažeika J., Skuratovič Ž., Motiejūnas S., Vaidotas A., Oryšaka A., Ovcinikov S.** <sup>14</sup>C in radioactive waste for decommissioning of the Ignalina Nuclear Power Plant// *Radiocarbon*. ISSN 0033-8222. 2013. Vol. 55 , No. 2-3, p. 783-790.
  41. Valakevičius E., Šnipas M., **Radziukynas V.** Markov chain reliability model of cogeneration power plant substation // *Electronics and electrical engineering*. ISSN 1392-1215. 2013. Vol. 19, No. 5, p. 60-66.
  42. **Valinčius V., Grigaitienė V., Valatkevičius P., Tamasiūnas A.** The simultaneous synthesis of hydrogen-rich gas and oxidation of fine metal particles in water vapour plasma // *Problems of atomic science and technology*. ISSN 1562-6016. 2013. Vol. 83, No. 1, p. 160-163.

STRAIPSNIAI MOKSLO LEIDINIUOSE,  
REGISTRUOTUOSE TARPTAUTINĖSE MOKSLINĖS  
INFORMACIJOS DUOMENŲ BAZĖSE

1. **Alzbutas R., Iešmantas T., Škėma R.**, Blažauskas T. Modelling for efficient network system design considering physical processes and power consumption // *Energetika*. ISSN 0235-7208. 2013. T. 59, Nr. 2, p. 83-92. [INSPEC, IndexCopernicus, SCOPUS]
2. **Augutis J., Martišauskas L.** Lietuvos energetikos sistemos energetinio saugumo lygio kitimo vertinimas // *Energetika*. ISSN 0235-7208. 2013. T. 59, Nr. 3, p. 113-123. [INSPEC, IndexCopernicus, SCOPUS]
3. **Dzenajavičienė E.F., Kveselis V., Tamonis M.** Miško biokuro išteklių potencialo ir gamybos modeliavimas // *Energetika*. ISSN 0235-7208. 2013. T. 59, Nr. 3, p. 129-143. [INSPEC, IndexCopernicus, SCOPUS]
4. **Jablonskis J., Jurgelėnaitė A., Tomkevičienė A.** Lietuvos upių šilumos ištekliai ir jų daugiametė kaita // *Energetika*. ISSN 0235-7208. 2013. T. 59, Nr. 4, p. 03-210. [INSPEC, IndexCopernicus, SCOPUS]
5. **Kveselis V., Dzenajavičienė E.F., Lisauskas A.** Atsinaujinančių energijos išteklių technologijų ekologiškumas – ką apie tai turėtų žinoti visuomenė // *Aukštųjų mokyklų vaidmuo visuomenėje: iššūkiai, tendencijos ir perspektyvos. Mokslo darbai*. ISSN 2029-9311. 2013. Nr. 1(2), p. 129-137. [Index Copernicus Journal Master List]
6. **Maslauskas E., Pedišius A., Tonkonogij J.** Dujų klapmos įtakos turbininiams debito matuokliams tyrimas // *Energetika*. ISSN 0235-7208. 2013. T. 59, Nr. 1, p. 0-56. [INSPEC, IndexCopernicus, SCOPUS]
7. Mendikoa I., Sorli M., Armijo A., Garcia L., Erausquin L., Insunza M., Bilbao J., Friden H., Bjork A., Bergfors L., **Škėma R., Alzbutas R., Iešmantas T.** Heat treatment process energy efficient design and optimisation // *Procedia engineering*. ISSN 1877-7058. 2013. Vol. 63, p. 303-309.
8. **Murauskaitė L., Klevas V., Biekša K.** Centralizuoto šilumos tiekimo sistemos reformavimo prielaidos Lietuvoje // *Taikomoji ekonomika: sisteminiai tyrimai*. ISSN 1822-7996. 2013. T. 7, Nr. 1, p. 191-209.
9. **Pažeraitė A., Krakauskas M.** Towards liberalized district heating market. Kaunas city case // *Organizacijų vadyba-sisteminiai tyrimai*. ISSN 1392-1142. 2013. Nr. 67, p. 53-67.
10. **Poškas G., Zujus R., Miliauskas G.** Ignalinos AE 1-ojo bloko vandens valymo ir aušinimo sistemos radiologinio užterštumo tyrimas // *Energetika*. ISSN 0235-7208. 2013. T. 59, Nr. 4, p. 194-202. [INSPEC, IndexCopernicus, SCOPUS]
11. **Poškas R., Gediminskas A., Zujus Ren.** Skaitinis tekėjimo greičio ir sienelės temperatūros kitimo modeliavimas horizontaliaame plokščiame kanale esant termogravitacijos jėgų poveikiui // *Energetika*. ISSN 0235-7208. 2013. T. 59, Nr. 2, p. 69-76. [INSPEC, IndexCopernicus, SCOPUS]
12. **Šliogerienė J., Turskis Z., Štreimikienė D.** Analysis and choice of energy generation technologies: the multiple criteria assessment on the case study of Lithuania // *Energy procedia*. ISSN 1876-6102. 2013. Vol. 32, p. 11-20. [ScienceDirect]
13. **Štreimikienė D., Ališauskaitė-Šeškienė I.** Elektros energijos gamybos šaltinių išorinių kastų Lietuvoje vertinimas // *Energetika*. ISSN 0235-7208. 2013. T. 59, Nr. 1, p. 11-19. [INSPEC, IndexCopernicus, SCOPUS]
14. **Vonžodas T., Pedišius N., Valantinavičius M.** Mažos galios biokuru kūrenamų vandens šildymo katilų veikimo parametrų tyrimas // *Energetika*. ISSN 0235-7208. 2013. T. 59, Nr. 2, p. 93-103. [INSPEC, IndexCopernicus, SCOPUS]
15. **Voronov R., Alzbutas R.** Application of probabilistic safety and reliability analysis for a system of fusion facility // *Energetika*. ISSN 0235-7208. 2013. T. 59, Nr. 4, p. 183-193. [INSPEC, IndexCopernicus, SCOPUS]

STRAIPSNIAI KITUOSE MOKSLINIUOSE  
PERIODINIUOSE LEIDINIUOSE

1. **Grigaitienė V., Tamošiūnas A., Valatkevičius P.** The research on atmospheric pressure water vapour plasma generation and application for the destruction of wastes // *Acta polytechnica*. ISSN 1210-2709. 2013. Vol. 53, Iss. 2, p. 160-164.
2. **Iešmantas T., Alzbutas R.** Bayesian methods for analysis of electric grid outages // *The journal of the safety and reliability society*. ISSN 0961-7353. 2013. Vol. 33, No. 4, p. 12-23.
3. **Miškinis V., Baublys J., Lekavicius V., Morkvėnas A.** New changes in the Lithuanian energy sector // *Journal of security and sustainability issues*. ISSN 2029-7017. 2013. Vol. 2, No. 3, p. 15-28.

PRANEŠIMAI TARPTAUTINĖSE KONFERENCIJOSE

1. **Augutis J., Krikštolaitis R., Martišauskas L.** Energy security assessment using partial equilibrium models // *International conference on applied energy ICAE 2013*, Pretoria, South Africa, July 1-4, 2013, p. 1-9.
2. **Augutis J., Krikštolaitis R., Matuzienė V.** Probabilistic assessment of energy and heat security of supply // *International conference on applied energy ICAE 2013*, Pretoria, South Africa, July 1-4, 2013, p. 1-10.
3. **Augutis J., Matuzienė V., Krikštolaitis R.** Comparison of the resistance to disturbances in development scenarios of the electricity system // *Safety, reliability and risk analysis: Beyond the horizon, proceedings of the European safety and reliability conference*, Esrel 2013, Amsterdam, The Netherlands, 29 September-2 October 2013. CRC Press: Taylor & Francis Group, London, UK, 2014. ISBN 978-1-138-00123-7, p. 2167-2175.

4. **Biekša K.** Sustainable development of regional energy system using process network synthesis method // *10th annual international conference of young scientists on energy issues (10 CYSENI anniversary)*, Kaunas, Lithuania, May 29-31, 2013. Kaunas: LEI, 2013. ISSN 1822-7554, p. 253-263.
5. **Grigaitienė V., Tamošiūnas A., Valatkevičius P.** Atmospheric water vapour plasma torch for hydrogen-rich gas production from wastes // *Proceedings of the 4th international conference on environmental management, engineering, planning and economics (CEMEPE) and SECOTOX conference*, Mykonos island, Greece, June 24-28, 2013. Greece: Grafima publications, 2013. ISBN 978-960-6865-68-8, p. 530-534.
6. **Grigaitienė V., Valinčius V., Snapkauskienė V.** Plasma spray deposition and characterization of catalytic coatings for environmental application // *Proceedings of the 4th international conference on environmental management, engineering, planning and economics (CEMEPE) and SECOTOX conference*, Mykonos island, Greece, June 24-28, 2013. Greece: Grafima publications, 2013. ISBN 978-960-6865-68-8, p. 584-588.
7. **Iešmantas T., Alzbutas R.** Methodology for gas transmission network age-dependent reliability assessment considering variation of incident criteria // *10th annual international conference of young scientists on energy issues (10 CYSENI anniversary)*, Kaunas, Lithuania, May 29-31, 2013. Kaunas: LEI, 2013. ISSN 1822-7554, p. 222-230.
8. **Iešmantas T., Alzbutas R.** Bayesian analysis of electric transmission network outages // *Proceedings of the 20th advances in risk and reliability technology symposium (AR2TS)*, Loughborough, Leicestershire, May 21-23, 2013. Loughborough University, 2013. ISBN 978-1-907382611, p. 286-294.
9. **Iešmantas T., Alzbutas R.** Hierarchical Bayesian model for gas transmission network reliability // *Safety, reliability and risk analysis: Beyond the horizon, proceedings of the European safety and reliability conference*, Esrel 2013, Amsterdam, The Netherlands, 29 September-2 October 2013. CRC Press: Taylor & Francis Group, London, UK, 2014. ISBN 978-1-138-00123-7, p. 1101-1106.
10. **Jokšas B., Žutautaitė I.** Method for criticality assessment of energy infrastructure // *10th annual international conference of young scientists on energy issues (10 CYSENI anniversary)*, Kaunas, Lithuania, May 29-31, 2013. Kaunas: LEI, 2013. ISSN 1822-7554, p. 274-284.
11. **Jurgelėnaitė A.** Long-term variations of the heat runoff transferred by the rivers Nemunas and Merkys // *10th annual international conference of young scientists on energy issues (10 CYSENI anniversary)*, Kaunas, Lithuania, May 29-31, 2013. Kaunas: LEI, 2013. ISSN 1822-7554, p. 610-617.
12. **Justinavičius D.** Influence of porous medium permeability on gas migration in the disposal tunnel of conceptual geological repository // *10th annual international conference of young scientists on energy issues (10 CYSENI anniversary)*, Kaunas, Lithuania, May 29-31, 2013. Kaunas: LEI, 2013. ISSN 1822-7554, p. 651-658.
13. **Kadiša S., Radziukynas V., Klementavičius A., Radziukynienė N., Leonavičius A.** Synchronous interconnection of Baltic power system to the grid of continental Europe: realities and views // *Proceedings of the 8th international conference on electrical and control technologies (ECT2013)*, Kaunas, Lithuania, May 2-3, 2013. Kaunas: Technologija, 2013. ISSN 1822-5934, p. 148-153.
14. **Kaliatka T.** Analysis of thermal hydraulic processes during different operation modes of Wendelstein 7-X experimental fusion reactor // *10th annual international conference of young scientists on energy issues (10 CYSENI anniversary)*, Kaunas, Lithuania, May 29-31, 2013. Kaunas: LEI, 2013. ISSN 1822-7554, p. 632-641.
15. **Kaliatka A., Ušpuras E., Vileiniškis V.** Analysis of heat removal accidents in the spent fuel pools of Ignalina nuclear power plant // *The 15th international topical meeting on nuclear reactor thermal-hydraulics (NURETH-15)*, Pisa, Italy, May 12-17, 2013, p. 1-8.
16. **Kaliatka T., Ušpuras E., Kaliatka A.** Analysis of processes in vacuum vessel during ingress of coolant event // *The 15th international topical meeting on nuclear reactor thermal-hydraulics (NURETH-15)*, Pisa, Italy, May 12-17, 2013, p.1-8.
17. **Kaliatka T., Ušpuras E., Kaliatka A.** Modelling of QUENCH 03 and QUENCH 06 experiments using RELAP/SCDAPSIM code // *Proceedings of the 2013 21th international conference on nuclear engineering (ICONE 21)*, Chengdu, China, July 29 - August 2, 2013. USA: ASME, 2013, p. 1-8.
18. **Klevas V., Bobinaitė V.** Analysis of renewable energy sector financing issues // *3rd international conference of the financial engineering and banking society. Financial regulation & systemic risk*, Paris, ESCP Europe Campus, June 6-8, 2013. Paris, 2013, p. 1-20.
19. **Marcinauskas L., Grigonis A., Valinčius V., Minialga V.** Formation of carbon nanostructures using acetylene, argon-acetylene and argon-hydrogen-acetylene plasmas // *10th international conference interaction of radiation with solids*, Minsk, Belarus, September 24-27, 2013. Minsk, 2013, p. 270-271.
20. **Matuzas V., Alzbutas R., Iešmantas T.** Modelling and reliability analysis of energy networks // *Safety, reliability and risk analysis: Beyond the horizon, proceedings of the European safety and reliability conference*, Esrel 2013, Amsterdam, The Netherlands, 29 September-2 October 2013. CRC Press: Taylor & Francis Group, London, UK, 2014. ISBN 978-1-138-00123-7, p. 2891-2898.
21. **Matuzas V., Contini S.** Event trees analysis based

- on functional decomposition // *Safety, reliability and risk analysis: Beyond the horizon, proceedings of the European safety and reliability conference*, Esrel 2013, Amsterdam, The Netherlands, 29 September-2 October 2013. CRC Press: Taylor & Francis Group, London, UK, 2014. ISBN 978-1-138-00123-7, p. 1393-1400.
22. **Mikalauskienė A., Štreimikienė D.** Energy efficiency innovations in buildings: Willingness to pay for small CHP in buildings // *Rural development 2013: sixth international scientific conference proceedings*, Aleksandras Stulginskis University, November 28-29, 2013. Kaunas: Aleksandras Stulginskis University, 2013. Vol. 6, Book 1. ISSN 2345-0916, p. 253-258. [Conference Proceedings Citation Index, Academic Search Complete (EBSCO)]
23. **Milieška M., Kėželis R., Valinčius V., Grigaitienė V.** Heat transfer in plasma – chemical reactor for conversion of hard ceramic into fibre // *8th World conference on experimental heat transfer, fluid mechanics, and thermodynamics*, Lisbon, Portugal, June 16-20, 2013. Lisbon, 2013, p. 1-6.
24. **Murauskaitė L.** The significance of district heating for the promotion of renewable energy sources demand // *10th annual international conference of young scientists on energy issues (10 CYSENI anniversary)*, Kaunas, Lithuania, May 29-31, 2013. Kaunas: LEI, 2013. ISSN 1822-7554, p. 294-301.
25. **Murauskaitė L.** Presumptions for increasing the use of renewable energy sources in large scale in district heating // *Digital proceedings: 8th conference on sustainable development of energy, water and environment systems*, Dubrovnik, Croatia, September 22-27, 2013. Croatia, 2013. ISSN 1847-7178, p. 1-9.
26. **Paulauskas R., Džiugys A., Striūgas N.** Numerical models of wood pellet shrinking on pyrolysis // *10th annual international conference of young scientists on energy issues (10 CYSENI anniversary)*, Kaunas, Lithuania, May 29-31, 2013. Kaunas: LEI, 2013. ISSN 1822-7554, p. 543-547.
27. **Pažeraitė A., Krakauskas M.** Towards liberalized district heating market. Kaunas city case // *12th international scientific conference management horizons in changing economic environment: visions and challenges*, Kaunas, Lithuania, September 26-28, 2013. Kaunas: Vytautas Magnus University, 2013. ISSN 2029-8072, p. 697-710. [EBSCO]
28. **Pažeraitė A., Krakauskas M.** Development of new clean technologies implementation methods in the Lithuanian electricity generation sector // *12th international scientific conference management horizons in changing economic environment: visions and challenges*, Kaunas, Lithuania, September 26-28, 2013. Kaunas: Vytautas Magnus University, 2013. ISSN 2029-8072, p. 683-695. [EBSCO]
29. **Poškas P., Poškas G., Šimonis A.** Analysis of alternatives for dismantling of the equipment in building 117/1 at Ignalina NPP-13278 // *Proceedings of the international conference on waste management (WM2013)*, USA, Phoenix, Arizona, February 24-28, 2013. Arizona, 2013, p. 1-10.
30. **Poškas R., Gediminkas A., Zujus Ren.** Modeling of flow velocity and wall temperature variation in a horizontal flat channel under different effect of buoyancy // *Proceedings of the international conferences recent advances in fluid mechanics and heat & mass transfer*, Vouliagmeni, Athens, Greece, May 14-16, 2013. ISBN 978-1-61804-188-3, p. 77-82.
31. **Praspaliauskas M.** Heavy metal contaminated sewage sludge co-gasification of woody biomass // *Bioenergy 2013 conference and exhibition: Book of proceedings*, Jyväskylä, Finland. Jyväskylä, 2013. ISBN 978-952-67890-1-9, p. 230-234.
32. **Radziukynienė N.** Multi-criteria effectiveness evaluation methodology for the analysis of switchyard modernization problem // *10th annual international conference of young scientists on energy issues (10 CYSENI anniversary)*, Kaunas, Lithuania, May 29-31, 2013. Kaunas: LEI, 2013. ISSN 1822-7554, p. 177-188.
33. **Saliamonas A., Striūgas N., Navakas R.** Optimization of combustion process by characterization of the flame parameters using chemiluminescence // *10th annual international conference of young scientists on energy issues (10 CYSENI anniversary)*, Kaunas, Lithuania, May 29-31, 2013. Kaunas: LEI, 2013. ISSN 1822-7554, p. 548-558.
34. **Seniūnas P.** Review of renewable energy use in Lithuania's energy sector // *10th annual international conference of young scientists on energy issues (10 CYSENI anniversary)*, Kaunas, Lithuania, May 29-31, 2013. Kaunas: LEI, 2013. ISSN 1822-7554, p. 136-138.
35. **Striūgas N., Zakarauskas K., Stravinskas G.** Experimental investigation of the upgrading of producer gas with CO<sub>2</sub> over a bed of activated charcoal made from waste tire // *21st European biomass conference and exhibition, setting the course for a biobased economy: proceedings of the international conference*, Copenhagen, Denmark, June 3-7, 2013. Denmark, 2013. ISBN 978-88-89407-530, p. 795-799.
36. **Šimonis A., Poškas P., Poškas G.** Prediction of radiation doses during the dismantling of the pressurized tank from emergency core cooling system of RBMK-1500 reactor // *Proceedings of the ASME 2013 15th international conference on environmental remediation and radioactive waste management (ICEM2013)*, Brussels, Belgium, September 8-12, 2013. ASME, 2013, p. 1-7.
37. **Štreimikienė D., Mikalauskienė A.** Willingness of Lithuanian households to pay for electricity produced from renewables // *Rural development 2013: sixth international scientific conference proceedings*, Aleksandras Stulginskis University, November 28-29, 2013. Kaunas: Aleksandras Stulginskis University,

2013. Vol. 6, Book 1. ISSN 2345-0916, p. 372-376 [Conference Proceedings Citation Index, Academic Search Complete (EBSCO)]
38. **Šutas A.** Modelling of heat transfer processes in the dry storage spent nuclear fuel containers using RELAP5 code // *10th annual international conference of young scientists on energy issues (10 CYSENI anniversary)*, Kaunas, Lithuania, May 29-31, 2013. Kaunas: LEI, 2013. ISSN 1822-7554, p. 659-664.
39. **Tamošiūnas A., Valatkevičius P., Grigaitienė V., Valinčius V.** Electrical and thermal characteristics of water vapor plasma torch used for thermal plasma reforming // *10th annual international conference of young scientists on energy issues (10 CYSENI anniversary)*, Kaunas, Lithuania, May 29-31, 2013. Kaunas: LEI, 2013. ISSN 1822-7554, p. 568-572.
40. **Tonkonogovas A., Stankevičius A.** Dynamic error of the turbine gas meter at complex flow pulsation laws // *10th annual international conference of young scientists on energy issues (10 CYSENI anniversary)*, Kaunas, Lithuania, May 29-31, 2013. Kaunas: LEI, 2013. ISSN 1822-7554, p. 397-403.
41. **Valinčius V., Grigaitienė V., Valatkevičius P.** Design and characterization of the linear atmospheric pressure DC ARC plasma source for flue gas treatment // *International symposium on plasma chemistry (ISPC 21)*, Cairns, Australia, August 4-9, 2013, p. 1-4.
42. **Valinčius V., Grigaitienė V., Valatkevičius P., Milieška M.** Synthesis of catalytic fibers employing atmospheric pressure arc plasma technology // *19th IEEE pulsed power conference (PPC)*, San Francisco, USA, June 16-21, 2013. USA, 2013. ISSN 2158-4915, p. 1-6.
43. **Valinčius V., Grigaitienė V., Zhovtianski V., Valatkevičius P., Tamošiūnas A.** Modification of micro dispersed powder particles in water vapour arc plasma // *4th international conference on dusty plasmas in applications*, Odessa, Ukraine, August 25-29, 2013. Odessa, 2013, p. 128-132.
44. **Vonžodas T., Pedišius N.** The emissions depending on the excess air ratio from a space-heating biomass stove // *Bioenergy 2013 conference and exhibition: Book of proceedings*, Jyväskylä, Finland. Jyväskylä, 2013. ISBN 978-952-67890-1-9, p. 146-150.
45. **Vonžodas T., Valantinavičius M.** Investigation of performance parameters of low-power water boilers burning biofuel // *10th annual international conference of young scientists on energy issues (10 CYSENI anniversary)*, Kaunas, Lithuania, May 29-31, 2013. Kaunas: LEI, 2013. ISSN 1822-7554, p. 107-115.
46. **Voronov R., Alzbutas R.** Probabilistic reliability and risk analysis for systems of fusion device // *Proceedings of the 20th advances in risk and reliability technology symposium (AR2TS)*, Loughborough, Leicestershire, May 21-23, 2013. Loughborough University, 2013. ISBN 978-1-907382611, p. 347-355.
47. **Zakarauskas K., Striūgas N., Stravinskas G.** Optimi-
- zation of thermal decomposition process of biomass pyrolysis tars for the production of high calorific gases // *10th annual international conference of young scientists on energy issues (10 CYSENI anniversary)*, Kaunas, Lithuania, May 29-31, 2013. Kaunas: LEI, 2013. ISSN 1822-7554, p. 583-589.

## PRANEŠIMAI LIETUVOS KONFERENCIJOSE

- Dzenajavičienė E.F.** Medienos kuro gamybos iš miško kirtimų ir miškotvarkos apimčių ir sąnaudų vertinimas // *Šilumos energetika ir technologijos-2013: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2013 sausio 31-vasario 1. Kaunas: Technologija, 2013. ISSN 2335-2477, p. 213-218.
- Bertašienė A.** Tarptautinių oro greičio matavimų tyrimų rezultatai ir nacionalinių laboratorijų lygmuo tarptautiniame kontekste // *Šilumos energetika ir technologijos-2013: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2013 sausio 31-vasario 1. Kaunas: Technologija, 2013. ISSN 2335-2477, p. 95-102.
- Čepelė A., Kaliatka T.** BWR šilumininių elementų modeliavimas naudojant FEMAXI-6 programą paketą // *Mechanikos inžinerija-2013: 12-oji jaunųjų mokslininkų konferencija: pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2013 gegužės 17. Kaunas: Technologija, 2013. ISSN 2335-8815, p. 18-23.
- Gurskienė V., Striūgas N.** Medienos anglies likučio skaidymas panaudojant CO<sub>2</sub> dujas // *Šilumos energetika ir technologijos-2013: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2013 sausio 31-vasario 1. Kaunas: Technologija, 2013. ISSN 2335-2477, p. 81-88.
- Jakimavičius D., Kriauciuvičienė J.** Kuršių marių vandens balansas klimato kaitos sąlygomis XXI a. // *7-oji nacionalinė jūros mokslų ir technologijų konferencija jūros ir krantų tyrimai-2013, konferencijos medžiaga*, Klaipėda, 2013 balandžio 3-5. Klaipėda, 2013. ISBN, 978-9986-31-379-3, p. 106-110.
- Kaliatka T.** Termobranduolinės sintezės įrenginiai pasaulyje // *Šilumos energetika ir technologijos-2013: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2013 sausio 31-vasario 1. Kaunas: Technologija, 2013. ISSN 2335-2477, p. 51-56.
- Kavaliauskas Ž., Marcinauskas L.** Superkondensatorių anglies elektrodų paviršiaus mikroreljefo formavimosi mechanizmas plazminėje aplinkoje // *Šilumos energetika ir technologijos-2013: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2013 sausio 31-vasario 1. Kaunas: Technologija, 2013. ISSN 2335-2477, p. 89-94.
- Klevas V., Biekša K.** Atsinaujinančių energijos gamybos technologijų darnusis vystymasis pagal proceso tinklinės analizės metodą // *Šilumos energetika ir technologijos-2013: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2013 sausio 31-va-

- sario 1. Kaunas: Technologija, 2013. ISSN 2335-2477, p. 45-50.
9. **Kriauciūnienė J.** Suskystintų gamtinį dujų terminalų įtaka Klaipėdos sąsiaurio hidrodinaminiam režimui // *7-oji nacionalinė jūros mokslo ir technologijų konferencija jūros ir krantų tyrimai-2013, konferencijos medžiaga*, Klaipėda, 2013 balandžio 3-5. Klaipėda, 2013. ISBN, 978-9986-31-379-3, p. 136-138.
  10. **Lisauskas A.** Saulės energijos integravimas į centralizuotas šilumos tiekimo sistemas // *Šilumos energetika ir technologijos-2013: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2013 sausio 31-vasario 1. Kaunas: Technologija, 2013. ISSN 2335-2477, p. 201-204.
  11. **Markevičius A., Gaigalas V., Savickas J.** Ignalinos AE regiono energetikos strategijos vizija iki 2035 m. // *Šilumos energetika ir technologijos-2013: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2013 sausio 31-vasario 1. Kaunas: Technologija, 2013. ISSN 2335-2477, p. 9-12.
  12. **Masaitis S., Kveselis V.** CŠT sistemų energinis ir aplinkosauginis efektyvumas // *Šilumos energetika ir technologijos-2013: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2013 sausio 31-vasario 1. Kaunas: Technologija, 2013. ISSN 2335-2477, p. 205-212.
  13. **Milieška M., Kėželis R., Mėčius V.** Plazmos srauto ir dispersinių dalelių sąveikos plazmocheminiame pluoštinimo reaktoriuje tyrimas // *Šilumos energetika ir technologijos-2013: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2013 sausio 31-vasario 1. Kaunas: Technologija, 2013. ISSN 2335-2477, p. 75-80.
  14. **Mockevičius M., Zygmantas G.** Šilumos ir vandens apskaitos prietaisų matavimo ir duomenų perdaravimo sistemų metrologinės patikros ypatumai // *Šilumos energetika ir technologijos-2013: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2013 sausio 31-vasario 1. Kaunas: Technologija, 2013. ISSN 2335-2477, p. 195-200.
  15. **Praspaliauskas M.** Sunkiaisiais metalais užteršto nuotekų dumblo ir jo mišinių su medienos biomase dujinimas// *Šilumos energetika ir technologijos-2013: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2013 sausio 31-vasario 1. Kaunas: Technologija, 2013. ISSN 2335-2477, p. 9-44.
  16. **Sankauskas D., Katinas V.** Vėjo greičių ir pulsacijų kitimo dėsningumų tyrimai // *Šilumos energetika ir technologijos-2013: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2013 sausio 31-vasario 1. Kaunas: Technologija, 2013. ISSN 2335-2477, p. 19-22.
  17. **Savickas J., Tamašauskienė M.** Atsinaujinančių, vietinių ir atliekinių energijos išteklių vartojimo plėtros patirtis ir analizė // *Šilumos energetika ir technolo-*  
*gijos-2013: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2013 sausio 31-vasario 1. Kaunas: Technologija, 2013. ISSN 2335-2477, p. 13-18.
  18. **Striūgas N.** Granuliutotas biomasės dujinimo technologijos taikymo šilumos gamybai tyrimas // *Šilumos energetika ir technologijos-2013: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2013 sausio 31-vasario 1. Kaunas: Technologija, 2013. ISSN 2335-2477, p. 23-28.
  19. **Šutas A.** Šilumos mainų CASTOR RBMK-1500 ir CONSTOR RBMK-1500 konteineriuose modeliavimas RELAP5 programų paketu// *Šilumos energetika ir technologijos-2013: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2013 sausio 31-vasario 1. Kaunas: Technologija, 2013. ISSN 2335-2477, p. 57-60.
  20. **Tamošiūnas A., Grigaitienė V.** Šilumos atidavimas į plazmos generatoriaus elektrodus, tekant vandens garo plazmos srautui // *Šilumos energetika ir technologijos-2013: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2013 sausio 31-vasario 1. Kaunas: Technologija, 2013. ISSN 2335-2477, p. 69-74.

## MOKSLO POPULIARINIMO STRAIPSNIAI

1. **Babilas E.** Apginta daktaro disertacija: Aerozolių ir radionuklidų pernašos branduolinių jégainių apsauginiuose kiautuose skaitinis tyrimas (Aurimas Konautas) // Energetika. ISSN 0235-7208. 2013. T. 59, Nr. 4, p. ix-x.
2. **Dzenajavičienė E.F., Pedišius N., Škėma R., Vrubliauskas S.** Biomasės ir kietojo biokuro sertifikavimo sistemų apžvalga // Kaunas: Lietuvos energetikos institutas, 2013. 109 p.
3. **Gaigalis V., Markevičius A.** Tarptautinio PEA projekto baigiamoji konferencija ir Baltijos šalių Energetikos deklaracija// Energetika. ISSN 0235-7208. 2013. T. 59, Nr. 2, p. ii-iv.
4. **Gaigalis V., Škėma R.** Startavo tarptautinis projektas "Transparence" // Energetika. ISSN 0235-7208. 2013. T. 59, Nr. 3, p. vii-viii.
5. **Jankauskas A., Levinskas R., Deksnys V.** Modernios patikros bei kontrolės priemonės izoliuotų vamzdžių sistemų gamybai ir eksploatacijai// *Šiluminė technika*. ISSN 1392-4346. 2013. Nr. 4 (57), p. 18-22.
6. **Kaliatka T.** ETSON JSP vasaros seminaras // Energetika. 2013. T. 59, Nr. 3, p. iv-vi.
7. **Kveselis V.** Apginta daktaro disertacija: Biokuro efektyvaus panaudojimo darniai energetikos ūkio plėtrai tyrimas (Eugenija Farida Dzenajavičienė) // Energetika. ISSN 0235-7208. 2013. T. 59, Nr. 1, p. iii.
8. **Lazauskas S., Dzenajavičienė E.F.** Biodegalai: gamybos technologijos ir ateities perspektyvos // 2013. <http://www.agroakademija.lt/inzinerija/>

- energetika/?SId=907.
9. **Lelis M.** Apginta daktaro disertacija: Titano dangų vienalaikės oksidacijos ir hidrinimo vandens garų plazmoje tyrimas (Simona Tučkutė) // Energetika. ISSN 0235-7208. 2013. T. 59, Nr. 4, p. x.
10. **Levinskas R.** Prof. Romualdo VISKANTOS viešnagės Lietuvos energetikos institute atspindžiai // Energetika. 2013. T. 59, Nr. 3, p. i-iii.
11. **Meilutytė-Barauskienė D., Narkūnienė A.** 10-oji tarptautinė konferencija CYSENI 2013 // Mokslas ir technika. ISSN 0134-3165. 2013. Nr. 6, p. 14-15.
12. **Meilutytė-Barauskienė D., Narkūnienė A.** 10-oji tarptautinė konferencija CYSENI 2013 // Energetika. ISSN 0235-7208. 2013. T. 59, Nr. 2, p. v-ix.
13. **Miškinis V.** Pokyčiai Lietuvos energetikoje ir šilumos sektoriuje // Šiluminė technika. ISSN 1392-4346. 2013. Nr. 4 (57), p. 16-18.
14. **Miškinis V.** Apginta daktaro disertacija: Energijos išteklių pasiūlos pokyčių poveikio šalies ekonomikai modeliavimas (Vidas Lekavičius) // Energetika. ISSN 0235-7208. 2013. T. 59, Nr. 4, p. ix.
15. **Miškinis V., Žiugžda V.** Akademikui Jurguiui Vilemui - 75 // Energetika. ISSN 0235-7208. 2013. T. 59, Nr. 4, p. i-xi.
16. **Pedišius N., Škėma R., Vrubliauskas S., Dzenajavičienė E.F.** Darnumo aspektai gaminant ir vartojant biokurą // Šiluminė technika. ISSN 1392-4346. 2013. Nr. 3 (56), p. 21-22.
17. **Savickas J.** Prof. habil. dr. Vladislovui Katinui – 75 // Energetika. ISSN 0235-7208. 2013. T. 59, Nr. 4, p. iii-iv.
18. **Striūgas N.** Degimo procesų tyrimai Lietuvos energetikos institute // Mokslas ir technika. ISSN 0134-3165. 2013. Nr. 2, p. 24-29.
19. **Tomkevičienė A.** Apginta daktaro disertacija: Kuršių marių vandens balanso elementų pokyčiai ir jų prognozė dėl gamtinių bei antropogeninių veiksnių (Darius Jakimavičius) // Energetika. ISSN 0235-7208. 2013. T. 59, Nr. 2, p. ix.
20. **Tomkevičienė A.** Skirsnemunės toponimai ir antroponimai // Skirsnemunė. Straipsnių rinkinys. Vilnius: Diemedis, 2013. ISBN 978-9986-23-180-6, p. 15-22.

# PAGRINDINIAI 2013 m. ĮVYKIAI

**Sausio 11 d.**

Europos Parlamento nario Zigmanto Balčyčio vizitas institute



**Sausio 25 d.**

Įšduotas LR patentas Nr. 5895  
*Vandenilio gavybos iš vandens būdas*

**Sausio 31 d.**

ETSON (The European Technical Safety Organisation Network) dalyvių darbinis susitikimas



**Sausio 31 d.**

Seminaras *Darnios plėtros aspektai rengiant savivaldybių AEI naudojimo plėtros veiksmų planus*



**Vasario 14 d.**

Konferencija *Lietuvos mokslo ir pramonė*



**Vasario 20 d.**

7BP projekto SARNET2 darbinis susitikimas



**Kovo 4 d.**

LR Švietimo ir mokslo ministerijos atstovų vizitas LEI



**Kovo 13 d.**

Dr. Igar L. Pobal, Baltarusijos nacionalinės mokslų akademijos Fizinių technikos instituto PLASMOTEG mokslinio inžinerinio centro direktoriaus vizitas LEI



**Kovo 13 d.**

LEI atstovai dalyvauja KTU karjeros dienose



**Kovo 25 d.**

Seminaras *Advanced Multi-Physics Simulation Technology (AMST)*



**Balandžio 2 d.**

École Polytechnique Fédérale de Lausanne (Šveicarija) studentų vizitas



**Balandžio 16 d.**

Habil. dr. Algirdui Kaliatkai įteikta akad.  
Algirdo Žukausko premija



**Balandžio 27 d.**

Konkursas *Šlovės laboratorija*



**Gegužės 22 d.**

7BP projekto FIBCEM M18 dalyvių susitikimas



**Gegužės 24 d.**

LR Švietimo ir mokslo ministro  
dr. Dainius Pavalkio vizitas LEI



**Gegužės 27–28 d.**

Mokymai EURATOM programos  
projektų pareiškėjams



**Gegužės 29 d.**

Purdue universiteto prof. Romualdo  
Viskantos vizitas LEI



**Gegužės 29–31 d.**

Jubiliejinė 10-oji tarptautinė  
konferencija *CYSENI 2013*



**Birželio 14 d.**

VĮ Klaipėdos valstybinio jūry uosto  
direkcijos padėka prof. habil. dr.  
Brunonui Gailiušiui



**Birželio 25 d.**

Institute lankosi VDU organizuotos  
Robotikos Akademijos vasaros  
stovyklos moksleiviniai



**Rugpjūčio 22 d.**

Brandenburg Economic Development  
Board ir TSB Innovationsagentur Berlin  
GmbH (Vokietija) atstovai LEI



**Rugpjūčio 26–30 d.**

ETSON JSP vasaros seminaras



**Rugsėjo 11 d.**

GE-Hitachi Nuclear Energy atstovo  
p. Ziemowit Iwanski vizitas



Rugsėjo 13 d.

Mokslo festivalis *Erdvėlaivis Žemė*



Rugsėjo 27 d.

*Tyrėjų naktis 2013*



Spalio 7 d.

Prof. Pavel Kukovskij (Termofizikinės inžinerijos institutas, Ukraina) vizitas



Spalio 8 d.

Norvegijos Mokslo Tarybos spec. patarėjo dr. Dag Høvik vizitas LEI



Spalio 14 d.

Jungtinė Europos branduolinės energetikos mokslinių tyrimų konferencija *FISA Euradwaste'13*



Spalio 15 d.

Baltarusijos Jungtinio energetinių ir branduolinės tyrimų instituto (SOSNY) darbuotojų stažuotės LEI



Lapkričio 7 d.

Fizikinės energetikos instituto (Latvija) direktoriaus pavaduotojos dr. Gunta Šlihta vizitas LEI



Lapkričio 13 d.

Valstybės lėšomis finansuojamų darbų ataskaitų gynimo akimirkos



Lapkričio 26 d.

Svečiuose Thor Energy (Norvegija) atstovai



Gruodžio 4 d.

Dr. Elene Prokofieva (Škotijos Napier universiteto, Darnios statybos institutas) vizitas LEI



Gruodžio 9 d.

Ukrainos nacionalinės mokslo akademijos Dujų instituto mokslininkų vizitas Degimo procesų laboratorijoje



Gruodžio 17 d.

LEI apdovanotas Lietuvos pramonininkų konfederacijos organizuojamo konkurso *Lietuvos metų gaminys 2013* sidabro medaliu už sukurtą paslaugą *Termoizoliuoto vamzdžio šiluminio laidžio nustatymas*





Breslaujos g. 3  
LT-44403 Kaunas  
tel. +370 37 351403  
faksas: +370 37 351271  
<http://www.lei.lt>

