

LIETUVOS  
ENERGETIKOS  
INSTITUTAS



2015

VEIKLOS APŽVALGA

2016 m.–  
**LEI jubiliejiniai**  
**60-tieji metai**

# LIETUVOS ENERGETIKOS INSTITUTAS 2015 m.

## INSTITUTO MISIJA

Vykdyti energetikos, termoinžinerijos, matavimo inžinerijos, medžiagotyros ir ekonomikos sričių tyrimus ir kurti inovacines technologijas, vykdyti mokslinius ir taikomuosius tyrimus, dalyvauti studijų procesuose, perkelti taikomųjų mokslinių tyrimų rezultatus ir atradimus į pramonę ir verslą, konsultuoti valstybės, valdžios, viešąsias, privačias institucijas ir įmones klausimais, susijusias su Lietuvos darnios energetikos plėtra, aktyviai bendradarbiauti su 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 bei integracijai į Europos energetikos sistemas ir Europos mokslinių tyrimų erdvę;
- bendradarbiaujant su verslo, valdžios ir visuomenės subjektais, pritaikyti mokslo žinias techniškai ir komerciškai naudingiems procesams ir įrenginiams, užtikrinantiesiems inovacinių energetikos tech-

nologijų 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 Sajungos programose ir tarptautiniuose projektuose, plėsti bendradarbiavimą su analogiškais pasaulio mokslinių tyrimų centrais.

## STRATEGINIAI UŽDAVINIAI

1. Šalies ir ES energetikos plėtrai svarbūs ilgalaikiai aukščiausio lygio moksliniai tyrimai;
2. Mokslo rezultatų komercinimas.

## NARYSTĖ ŠALIES BEI TARPTAUTINĖSE ORGANIZACIJOSE, BENDRADARBIAVIMAS

LEI yra šių Lietuvoje veikiančių asociacijų narys: asociacijos *Baltijos slénis*, asociacijos *Santakos slénis*, Branduolinės energetikos asociacijos (**BEA**), Išmanijų technologijų asociacijos (**ITA**), Lietuvos biomasės

energetikos asociacijos (**LITBIOMA**), Lietuvos elektros energetikos asociacijos (**LEEA**), Lietuvos energetikos konsultantų asociacijos (**LEKA**), Lietuvos inžinerinės pramonės asociacijos (**LINPRA**), Lietuvos mokslinių bibliotekų asociacijos (**LMBA**), Lietuvos mokslo periodikos asociacijos (**LMPA**), Lietuvos pramonininkų konfederacijos (**LPK**), Lietuvos šiluminės technikos inžinierių asociacijos (**LiŠTIA**), Nacionalinės aerokosmoso asociacijos (**LKA**), Nacionalinės Lietuvos energetikos asociacijos (**NLEA**), Energetikos ekonomikos asociacijos ir Statybos produktų bandymų laboratorijų asociacijos (**SPBL**).

Institutas aktyviai dalyvauja ir tarptautinių organizacijų bei tinklų veikloje: 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 (**ENSTI**), International Energy Agency Hydrogen Implementation Agreement (**IEA HIA**), New European Research Grouping on Fuel Cells and Hydrogen (**N.ERGHY**),

## INSTITUTO MOKSLINĖ TIRIAMOJI VEIKLA

- I. Šiluminės fizikos, dujų ir skysčių dinamikos bei metrologijos tyrimai;
- II. Medžiagų, procesų ir technologijų tyrimai, skirti atsinaujinantiems energijos šaltiniams naudoti, vandenilio energetikai plėtoti, energetikos ištekliams efektyviai naudoti ir aplinkos taršai mažinti;
- III. Branduolinės ir termobranduolinės energetikos, kitų pramonės objektų saugos ir patikumo tyrimai;
- IV. Branduolinių atliekų tvarkymo, taip pat nutraukiant Ignalinos atominės elektrinės eksplotavimą, metodai;
- V. Energetikos sistemų modeliavimas ir valdymas, energetikos ekonomika.

Nuclear Generation II and III Association (**NUGENIA**), European Energy Research Alliance (**EERA**).

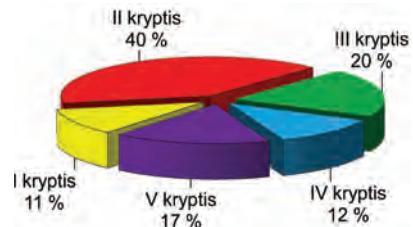
Taip pat institutas dalyvauja europinių Tvarios branduolinės energetikos (angl. *Sustainable Nuclear Energy Technology Platform (SNETP)*) ir Radioaktyviųjų atliekų geologinio laidojimo įgyvendinimo (angl. *Implementing Geological Disposal of Radioactive Waste Technology Platform (IGD-TP)*) technologinių platformų veikloje.

## 2015 METŪ JYKIAI IR KRONIKA

**Sausi** Dr. Egidijui Babilui už asmeninius nuopelnus prisdendant prie Lietuvos inžinerinės pramonės plėtojimo bei jos tarptautinio konkurencingumo didinimo buvo įteiktas Lietuvos inžinerinės pramonės asociacijos (LINPRA) garbės ženklas. Institute paskaitų ciklą *Srautų vizualizacija, taikymas ir procesų matematinis apdorojimas* skaitė Szewalski Srautų mechanikos instituto (Lenkija) docentas dr. Janusz Podlinski. Direktoriaus pavaduotoju paskirtas dr. Andrius Tamošiūnas, koordinuojantis investicijų pritraukimą infrastruktūrai gerinti bei bendradarbiavimo su verslo struktūromis plėtrą. Pradėtas įgyvendinti Europos ekonominės erdvės finansinio mechanizmo LT03 programos *Biologinė jyairovė ir ekosistemų funkcijos* projek-

tas *Vėjo energetikos plėtra ir biologinei jyairovei svarbios teritorijos* (VENBIS).

**Vasarį** institute lankėsi dvi MOSTA technologinių mokslų ekspertų grupės bei socialinių mokslų ekspertų grupė. Ekspertai susipažino su instituto vykdomas darbais, pasiekimais, eksperimentine baze, bendravo su tyrėjais ir doktorantais. Institute įvyko atviros prieigos centrų vadovų ir koordinatorių susitikimas, kuriame dalyvavo ir LR Švietimo ir mokslo viceministrė dr. Svetlana Kauzonienė. Susitikimo metu aptartas atviros prieigos centrų veiklos tikslų įgyvendinimas, ateities perspektyvos, prielaidos, galinčios paskatinti sėkmingą mokslo-verslo bendradarbiavimą. Institute vyko konferencija *Šilumos ūkio plėtra ir saugumas*, kurioje



Mokslininkų pasiskirstymas pagal mokslinės veiklos kryptis

pasisakė politikai, akademiniės bendruomenės atstovai bei praktikai. Instituto jaunieji mokslininkai aktyviai dalyvavo Kauno technologijos universiteto organizuotose *Karjeros dienose*, kur supažindino studentus su Lietuvos energetikos instituto veikla, studijų ir darbo galimybėmis. Europos Komisija pateikė programos *Horizontas 2020 EURATOM* 1-ojo kvietimo (2014–2015 m. darbų programos) paraiškų vertinimo rezultatus, kurie buvo palankūs. Institutas dalyvavo teikiant 12 paraiškų, iš jų 5 atrinktos finansuotinomis (sėkmės rodiklis – 41,7 %). Dar 5 paraiškos perkopė vertinimo slenkstį ir 2 paraiškos, kurioms nepavyko perkopti vertinimo slenkščio. Vertinimo slenkščio pereinamumo rodiklis – 83,3 %.

**Kovą** institute lankėsi Tokijo technologijos universiteto ir Hitachi kompanijos atstovai, pranešimų klausési bei laboratorijose lankési KTU studentai.

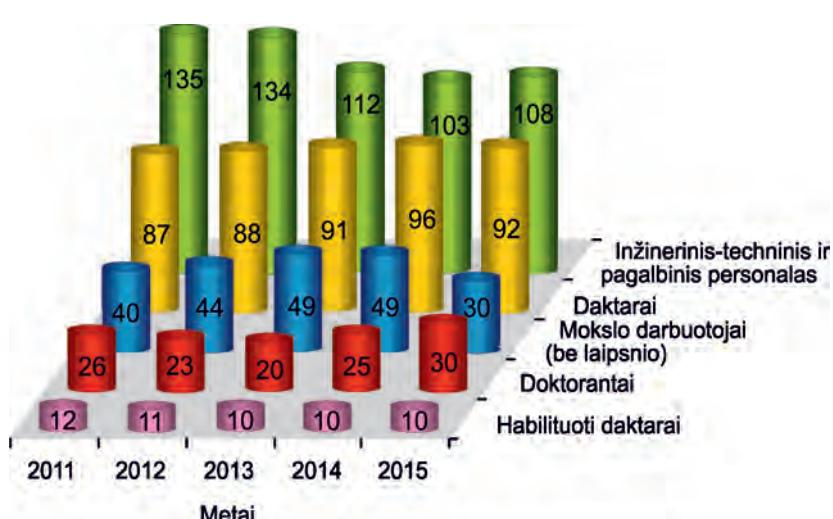
**Balandži** institute lankėsi Lietuvos



MOSTA ekspertų vizitas LEI

mokslų akademijos tikrieji nariai, kurie susipažino su laboratorijomis, pasiekėmis ir iššūkiais. Vyko ES 7-osios Bendrosios Programos projekto ARCADIA (angl. *Assessment of Regional CApabilities for new reactors Development through an Integrated Approach*) renginys *Collaboration with European Platforms and Organisations* ir ARCADIA projekto progreso posėdis. Hidrologijos laboratorijos vadovė dr. Jūratė Kriauciūnienė apdovanota Pasaulio energetikos tarybos Lietuvos komiteto Padėkos raštu už hidrologijos mokslo pasiekimų Lietuvoje taikymą mažinant klimato kaitos poveikį. Degimo procesų laboratorijos vadovas dr. Nerijus Striūgas apdovanotas Lietuvos elektros energetikos asociacijos prezidento Padėkos raštu. Institute taip pat vyko *Atvirų durų* diena.

**Gegužę** jau 12-ajį kartą įvyko instituto organizuojama tarptautinė konferencija **CYSENI 2015** (*Jaunoji energetika*). Jos metu pranešimą skaičė LR Energetikos ministras Rokas Masiulis, kviečinės svečiai iš Europos Komisijos, Estijos ir Latvijos. Institute vyko Europos branduolinės saugos mokymo ir konsultavimo instituto (**ENSTI**) organizuoti mokymai *Probabilistic Safety Assessment*. Pagrindinės paskaitų temos: patikimumo teorija ir



*Instituto darbuotojų skaičiaus kaita*

taikymai, tikimybinis saugos vertinimas, tikimybinė neapibrėžtumo analizė, rizika pagristas sprendimo priemimas. Mokymuose dalyvavo 14 dalyvių: 1 iš Suomijos, 1 iš Egipto, 1 iš Jungtinės Arabų Emiratų, 2 iš Indonezijos, 1 iš Malaizijos, 1 iš Vietnamo, 3 iš Ukrainos ir 4 iš Lietuvos. Institute taip pat vyko susitikimas su dr. Mohamed Eid iš Prancūzijos alternatyvios ir atominės energetikos instituto (Commissariat à l'Energie Atomique (CEA)). Susitikimo metu apsiesta informacija apie instituto ir CEA vykdomus mokslinius tyrimus, buvo kalbama apie galimas bendradarbiavimo sritis, kas virstų bendrais projektais ir moksliniais straipsniais.

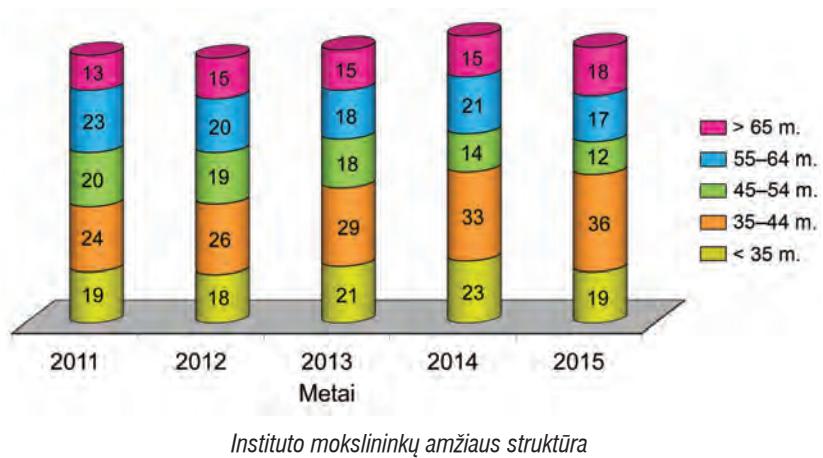
Institutą aplankė moksleiviai iš Kauno Antano Smetonos gimnazijos, Alytaus Vidzgirio pagrindinės mokyklos, Kaišiadorių Vaclovo Giržado progimnazijos, Vytauto Didžiojo universiteto Gamtos mokslų fakulteto studentai. Moksleiviams ir studentams pristatytas institutas, organizuoti užsiemimai ir demonstracijos, supažindinta su Nacionallinio atviros prieigos ateities energetikos technologijų mokslo centro infrastruktūra. Institute mokslo-verslo bendradarbiavimo pavyzdys pateiktas <http://url.lei.lt/veidas1>. Sukurtas naujas Lietuvos energetikos institutą pristatantis vaizdo siužetas <http://url.lei.lt/apcvideo>.

**Birželį** pradėti vykdyti programos *Horizontas 2020* projektai:

- *Sunkiųjų avarijų valdymo strategijos, pagrįstos išsilydžiusios aktyviosios zonas sulaikymu reaktoriaus korpuose, taikymas dabartiniems ir ateities branduolinėms elektrinėms IVMR* (angl. *In-Vessel Melt Retention Severe Accident Management Strategy for Existing and Future NPPs*). Šiame projekte išsilydžiusios aktyviosios zonas sulaikymas (stabilizavimas) reaktoriaus korpuose yra pripažystamas kaip itin svarbi priemonė, siekiant stabilizuoti situaciją branduolinėje



Kovo 3 d. institute viešėjo Tokijo technologijos universiteto ir Hitachi kompanijos atstovai



elektrinėje, jvykus sunkiajai avari-  
jai. Ši priemonė sumažina susida-  
rančio vandenilio kiekį, leidžia  
išvengti lydalo savyekos su betonu,  
ir tuo pačiu labai efektyviai suma-  
žina apsauginio reaktoriaus kiauto  
pažeidimo riziką.

- *Tvarus nepriklausomos techninės ekspertizės tinklas radioaktyviųjų atliekų šalinimo srityje: Bendradarbiavimas ir įgyvendinimas SITEX-II* (angl. *Sustainable network for Independent Technical Expertise of Radioactive Waste Disposal: Interactions and Implementation*). Projektas skirtas nepriklausomos techninės ekspertizės tinklui radio-  
aktyviųjų atliekų šalinimo srityje

sukurti. Nepriklausomi specialistai (tinklas) yra priemonė sukurti dia-  
logą techniniais klausimais tarp  
reguliuojančiųjų institucijų ir atlie-  
kyno įgyvendinimą vykdančių organizacijų bei visuomenės.

Institute vyko Lietuvos mokslo akademijos Vandens problemų tarybos organizuotas seminaras *Hidrologiniai ir hidrodinaminiai Klaipėdos uosto plėtros aspektai: problemos ir galimi sprendimo būdai*. Seminarė dalyvavo jvairių mokslo įstaigų ir nevyriausybinių organizacijų atstovai. Buvo analizuojami Klaipėdos jūry uosto plėtros aspektai hidrodinamikos požiūriu, diskutuota dėl Klaipėdos uosto gilinimo ir pietų vartų įrengimo Kuršių mariose konceptijos,



Lietuvos MA akademikai lankėsi Nacionaliniame atvirose prieigos Ateities energetikos technologijų mokslo centre LEI

pateikti rezultatai apie hidrometeorolo-  
ginių sąlygų kaitą, jų poveikį jūros krantų  
būklei ir Kuršių marių vandens balansui.

Institute lankėsi Japonijos ambasados patarėjas p. Shinichi Yamanaka, kuris susipažino su institute vykdomais tyrimais, aplankė laboratorijas. Vizito metu taip pat buvo aptartos instituto ir Japonijos institucijų bendradarbiavimo galimybės.

Institute taip pat lankėsi Danijos technikos universiteto Taikomosios matematikos ir informatikos fakulteto profesorius Henrik Madsen. Susitikimo metu buvo pristatyta instituto veikla ir pasiekimai bei prof. H. Madsen tyrimų grupės veikla. Aptartos bendros veiklos naujai inicijuojamoje Energetikos sistemo integracijos jungtinėje programoje Europos energetikos tyrimų aljanse (angl. *European Energy Research Alliance*).

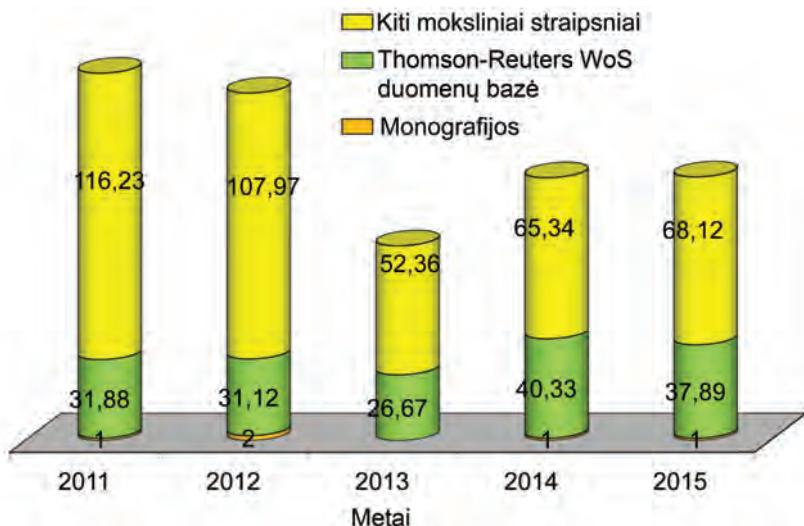
Instituto Branduolinių įrenginių sau-  
gos laboratorijos v.m.d. dr. Gediminas Stankūnas laimėjo 2015–2016 m.  
Lietuvos mokslo akademijos (LMA)  
jaunuju mokslininkų stipendiją.

**Liepa** pradėti vykdyti programas Horizontas 2020 projektai:

- *Baltijos regiono iniciatyva dėl ilga-  
laikių inovatyvių branduolinių tech-  
nologijų BRILLIANT* (angl. *Baltic  
Region Initiative for Long Lasting  
Innovative Nuclear Technologies*). Tai pirmasis trejus metus trukstantis šios programos projektas, kurį koordinuoja Lietuvos energetikos institutas. Pagrindinis BRILLIANT projekto tikslas – nustatyti kliūtis, trukdančias branduolinės energetikos plėtrai Baltijos jūros regiono valstybėse, ir parengti rekomendacijas joms pašalinti. Projektas skatins Baltijos šalyse esančių mokslo centrų ir universitetų bendradarbiavimą.
- *Branduolinių elektrinių saugos padidinimas, sprendžiant proble-  
mas atskleistas medžiagų ir kom-*

ponentų susidėvėjimo dėl aplinkos poveikio vertinime INCEFA-Plus (angl. *INcreasing Safety in NPPs by Covering gaps in Environmental Fatigue Assessment*). Projekto pagrindinis tikslas yra naujų reikalavimų, vertinančių atominių elektinių komponentų polinkį į suirimą dėl susidevėjimo, kuriam įtakos turi aplinkos sąlygos, parengimas.

**Rugpjūtį** įvyko Lietuvos mokslo akademijos tikrojo nario, Lietuvos energetikos instituto Mokslo tarybos pirmininko, Branduolinių įrenginių saugos laboratorijos vadovo prof. habil. dr. Eugenijaus Ušpuro 60-tojo jubiliejaus akademiniai skaitymai. Ta proga įteiktais LR Švietimo ir mokslo ministerijos Padėkos raštas *Už ilgametį vadovavimą Lietuvos energetikos institutui ir svarų indėlį į energetikos moksľą*. Mokslo, inovacijų ir technologijų agentūros direktoriaus Arūno Karlono padėka įteikta ir Lietuvos energetikos instituto Nacionalinio atviros prieigos Ateities energetikos technologijų mokslo centro vadovui dr. Rimantui Levinskui *Už asmeninį indėlį kuriant atviros prieigos centrą bei skatinant mokslo rezultatų perdavimą verslui*. Pradėtas vykdyti instituto koordinuojamas nacionalinės mokslo programos *Agro-, miško ir vandens ekosistemu tvarumas* projektui *Klimato*



*Mokslinių publikacijų skaičius, įvertinant autorių indėlį*

*kaitos ir kitų abiotinių aplinkos veiksnių poveikio vandens ekosistemoms vertinimas* (KLIM-EKO). Institute lankési norvegų įmonės UAB *Nofir* atstovai, aptaré bendradarbiavimo galimybes. Instituto Hidrologijos laboratorijos vyriaus. m.d. habil. dr. Bronėnas Gailiūšis Lietuvos Respublikos susisiekimo ministro 2015 m. liepos 15 d. įsakymu Nr. 3P-139 apdovanotas Lietuvos Respublikos jėrų transporto darbuotojo garbės ženklu.

**Rugsėjį** institute svečiavosi prof. Krzysztof Kołowrocki iš Gdynia Maritime University, GMU (Lenkija). Susitikimo metu apsikeista informacija apie LEI ir GMU vykdomus mokslinius tyrimus.

Amerikos branduolinės draugijos (angl. American Nuclear Society) tarptautinėje konferencijoje *16th International Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermalhydraulics* (NURETH-16) puikiai įvertintas T. Kaliatkos, E. Ušpuro ir A. Kaliatkos straipsnis *Integrated Assessment of Thermal Hydraulic Processes in W7-X Fusion Experimental Facility*, kuris atrinktas tarp 7 geriausių pranešimų.

**Spalį** institute lankési Azerbaidžano Ekonomikos ir pramonės ministerijos, Baku verslo kvalifikacijos tobulinimo centro atstovų delegacija; kompanijos HITACHI atstovai; Vokietijos Federacinės Respublikos ambasados nuolatinės ambasadorės pavaduotojas; Danijos bendrovės MM Composite atstovai, vyko projekto *Baltijos regiono iniciatyva dėl ilgalaičių inovatyvių branduolinių technologijų* (BRILLIANT) partnerių susitikimas.

Pradėtas įgyvendinti ES bendrosios mokslinių tyrimų ir inovacijų programas *Horizontas 2020* projektas **FASTNET** (angl. *FAST Nuclear Emergency Tools*). Šio projekto tikslas – sukurti metodiką, kuri apimtų avarinio radioaktyvių medžiagų nuotėkio įvertinimo ir avarinės parengties planavimo klausimus.

Institute vyko habil. dr. Antano Pedišiaus jubiliejinė paskaita. Susirinkusia gausiame ilgamečių kolegų, draugų



*LEI Mokslo tarybos pirmininkas E. Ušpurė 60-ojo jubiliejaus proga sveikina Vytauto Didžiojo universiteto rektorai – buvęs (1996–2006 m.) prof. V. Kaminskas ir naujasis (nuo 2015 m.) prof. J. Augutis*





# DOKTORANTŪRA

Lietuvos energetikos institutas kartu su universitetais rengia mokslininkus doktorantūroje:

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

1992–2015 m. doktorantūrą baigė 101 doktorantas (iš 114 įstojusių), disertacijas apgynė – 68. 2015 m. į doktorantūrą priimti 8 doktorantai, baigė doktorantūrą 3, disertacijas apgynė 5 doktorantai.

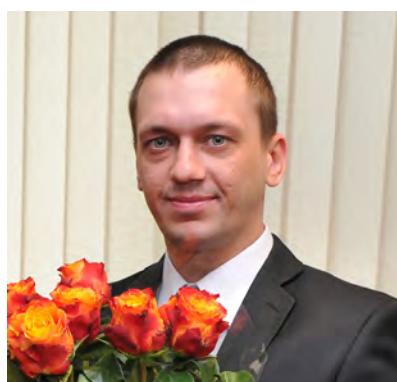
2015 m. apgintos daktaro disertacijos:

- balandžio 23 d. – *Pulsuojančio srauto poveikio matuoklių susibesikančiomis dalimis darbuočių tyrimas* (06T), **Andrius Tonkonogovas** (Šiluminiių įrengimų tyrimo ir bandymų lab. j. m. d.). Moksli-

nis vadovas – habil. dr. Antanas Pedišius.

- gegužės 7 d. – *Energetikos ypatybių svarbos infrastruktūrų kritiškumo vertinimas* (06T), **Benas Jokšas** (Branduolinių įrenginių saugos lab. j. m. d.). Moksliinis vadovas – habil. dr. Juozas Augutis.
- birželio 12 d. – *Biomasés terminio skaidymo ir dervų destrukcijos efektyvumo tyrimas* (06T), **Kęstutis Zakarauskas** (Degimo procesų lab. j. m. d.). Moksliinis vadovas – dr. Algis Džiugys.

- gruodžio 4 d. – *Žaliųjų gyvenviečių energetinio ūkio modelis* (04S), **Kęstutis Biekša** (Atsinaujinančių išteklių ir efektyviųs energetikos lab. dokt.). Moksliinis vadovas – habil. dr. Valentinas Klevas.
- gruodžio 18 d. – *Lietuvos upių vandens šiltojo metų laikotarpio terminis režimas ir jo prognozė klimato kaitos sąlygomis* (04T), **Aldona Jurgelėnaitė** (Hidrologijos laboratorijos j.m.d.). Moksliinis vadovas – habil. dr. Brunonas Gailiušis.



Dr. A. Tonkonogovas



Dr. B. Jokšas



Dr. K. Zakarauskas

2015 m., kaip ir kasmet, buvo surengtas **Aktyviausių jaunujų mokslinkų ir doktorantų konkursas**, kurio metu įvardijami ir skatinami doktorantai bei jaunieji mokslininkai per eina-muosius kalendorinius metus aktyviai dalyvavę LEI JMS veikloje, konferencijose, publikavę daug mokslių darbų, dalyvavę mokymuose, sėkmingai laikę egzaminus ir pan. Konkurso metu su-rinkti duomenys taip pat padeda vy-resniems kolegoms išrinkti jaunimo atstovus į Lietuvos mokslo akademijos rengiamus konkursus. Aktyviausiu jaunuoju mokslininku ir kandidatu į LMA konkursą išrinktas Tadas Kaliatka (Branduolinių įrenginių saugos lab. v. m. d.). Aktyviausiai 2015 m. doktorantais tapo:

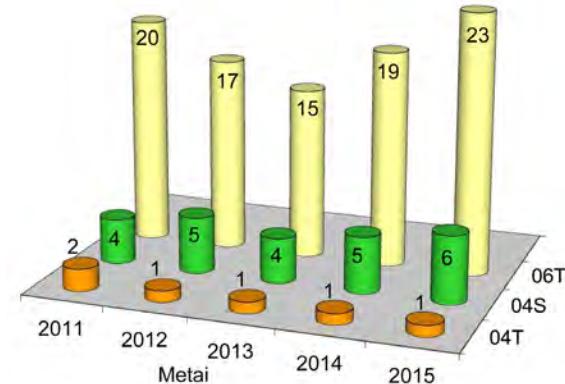
- antrųjų metų – Andrius Tidikas (vadovas – dr. Gediminas Stankūnas);
- trečiųjų metų – Giedrius Gecevičius (vadovas – dr. Mantas Marčiukaitis);
- ketvirtųjų metų – Rolandas Paulauskas (vadovas – dr. Algis Džiugys).



*Dr. K. Biekša*



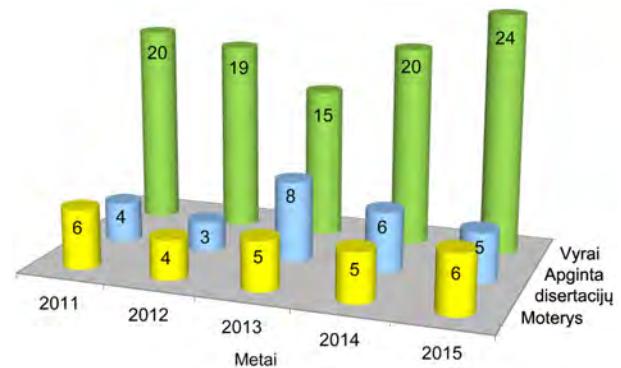
*Dr. A. Jurgelénaitė*



*Doktorantų pasiskirstymas pagal mokslo kryptis*



*LEI direktorius dr. S. Rimkevičius sveikina doktorantą G. Gecevičių 2015 m. palydėtuvių vakare*



*Doktorantų ir apgintų disertacijų skaičius*

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

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

Doktorantūros studijų metu yra galimybė dalyvauti tarp-tautiniuose projektuose, stažuotis užsienio mokslo centruose, dalyvauti tarptautinėse konferencijose.

Kontaktinis asmuo:

*Studijų administratorė*

*Jolanta Kazakevičienė*

*Tel. (8 37) 401 809*

*El. p. [Jolanta.Kazakeviciene@lei.lt](mailto:Jolanta.Kazakeviciene@lei.lt)*



# ŠILUMINIŲ ĮRENGIMŲ TYRIMO ir BANDYMŲ LABORATORIJA



**Dr. Nerijus PEDIŠIUS**  
Šilumininių įrengimų tyrimo ir bandymų  
laboratorijos vadovas  
Tel. (8 37) 401 863  
El. p. [Nerijus.Pedisius@lei.lt](mailto:Nerijus.Pedisius@lei.lt)

## PAGRINDINĖS 2015 M. MOKSLINIŲ TYRIMŲ IR TAIKOMŲJŲ DARBŲ KRYPTYS IR REZULTATAI

2015 m. laboratorija vykdė svarbius Lietuvos pramonei, verslui ir mokslui darbus, aktyviai bendradarbiavo su užsakovais, atsižvelgdama į bendras mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros tendencijas kitose Europos Sąjungos šalyse, plėtojo valstybinius 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 IR EKSPERIMENTINĖ PLĖTRA

Svarbiausiu jvykiu reikėtų laikyti esminį mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros nukreipimą aktualiemis uždaviniams, suformuluotiems naujoje 2013–2015 m. tematikoje *Dujų srautų maišymosi ir jų savyekos su struktūriuotais paviršiais tyrimas siekiant efektyviai ir mažiausiai teršiant aplinką panaudoti biokurą šiluminiuose įrenginiuose*, spręsti:

- ištirti oro, tiekiamo į degimo zonas mažos galios šiluminiuose įrenginiuose, maišymosi procesus, siekiant nustatyti optimalias sąlygas, kuriuos užtikrintų efektyvų kietojo kuro (ir biokuro) sudegimą bei minimalias emisijas į aplinką;
- ivertinti ir apibendrinti kietojo biokuro, jo mišinių ir atgautojo kuro sudėtį, šiluminguamą ir fizikines savybes bei jų degimo produktų sudėtį;
- pagerinti biokuro ir atgautojo kuro degumo savybes arba gauti naujas medžiagos taikant terminio apdorojimo

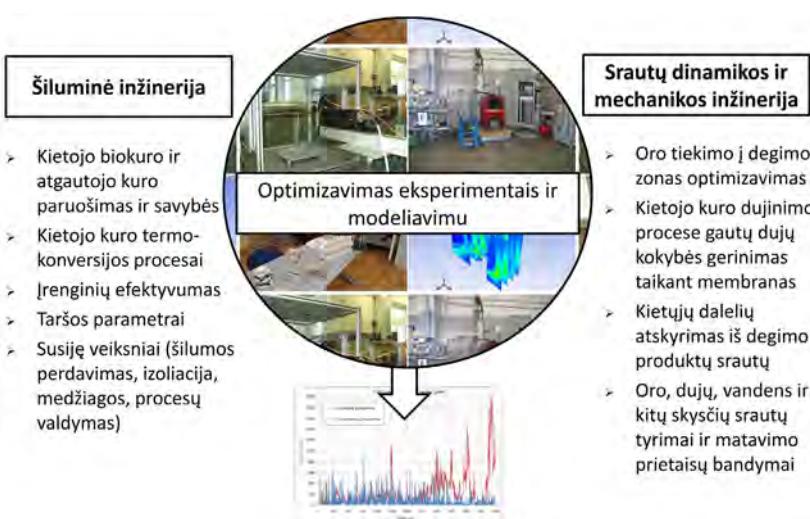
- technologijas;
- ištirti kietųjų dalelių ir nedegių komponenčių atskyrimą iš degimo dujų bei dujų, gautų dujinant biokurą, taikant perspektyvias technologijas;
- plėtoti srautų mikrokanaluose dinamikos tyrimus;
- išplėtoti sukurtos įrangos ir metodų įvairių medžiagų pralaidumui tirti ir srautų struktūrai vizualizuoti taikymą kitų sričių moksliniams ir taikomiesiems uždaviniams spręsti.

Tai lėmė pagal projektą *Nacionalinio atviros prieigos Ateities energetikos technologijų mokslo centro sukūrimas* įsigytą šiuolaikiška srautų struktūros ir pernašos procesų tyrimo aparatūra ir sukonstruoti nauji eksperimentiniai įrenginiai. Ši tematika taip pat buvo plėtojama vykdant tyrimus pagal ankstesniais metais pradėtus ir vykdytus projektus bei programas:

- Europos socialinio fondo agentūros remiamus projektus: ***Inovatyvios terminio skaidymo technologijos kūrimas ir pritaikymas vank-***

***denvilos nuotekų dumblo utilizavimui (INODUMTECH),*** projekto kodas Nr. VP1-3.1-ŠMM-10-V-02-009; ***Įvairių rūsių paruošto biokuro, gaminamo iš žemės ūkio atliekų ir perdibimo produkų, savybių bei šio kuro panaudojimo mažos ir vidutinės galios šildymo įrenginiuose tyrimai (AGROBIOATENA),*** projekto kodas Nr. VP1-3.1-ŠMM-10-V-02-011;

- 2012–2016 m. ilgalaikės programos: *Vienfazių ir dvifazių srautų dinamikos, šilumos ir masės pernašos procesų tyrimas*, sprendžiant 3 uždavinius, ir *Atsinaujinančių išteklių naudojimo efektyviai energijos gamybai ir poveikio aplinkai tyrimas*, sprendžiant 2 uždavinius;
- Ūkio plėtros ir konkurencingumo didinimo programą, kuri 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 tarptautinių mainų keliamus reikalavimus.



1 pav. Laboratorijos mokslinių ir taikomųjų darbų kryptys ir sritys

Taigi, laboratorija vykdė mokslinių tyrimų ir taikomuosius darbus dviem kryptimis (1 pav.) – energetika ir temoinžinerija bei matavimų inžinerija, pastarojoje daugiausiai dėmesio skirtant skysčių ir dujų srautų dinamikai ir jų matavimams tirti.

## SVARBIAUSIEJI 2015 M. REZULTATAI VYKDANT MTEP

- 2015 m. gruodžio 4 d. sėkmingai apginta valstybės subsidijomis finansuojamo projekto *Dujų srautų maišymosi ir jų sąveikos su struktūruotais paviršiais tyrimas siekiant efektyviai ir mažiausiai teršiant aplinką panaudoti biokurą šiluminiuose įrenginiuose* baigiamoji 2013–2015 m. ataskaita;
- toliau buvo vykdomi tyrimai, susiję su srovių plitimu ir maišymusi jvairaus tipo ir formų įrenginiuose, kanaluose, esant minimaliam paviršiaus šiurkštumui ir struktūruotam paviršiui, kuris sukelia papildomus trikdanius reiškinius, tokius kaip srauto atitrūkimas, ir dėl šių priežasčių prarandamas energetinis srautų efektyvumas;
- mažos galios biokuru kūrenamų įrenginių tyrimams vykdyti sukurtas biokuro granulių dujinimo įrenginio prototipas, kurio konstrukcija leidžia ji panaudoti jvairių rūsių biokuro deginimo efektyvumo ir taršos mažinimo uždaviniams tirti. Sudaryta skaitinio modeliavimo programa, apjungianti srautų dinamikos, energijos pernašos ir cheminių reakcijų lygtis, srautų dinaminiamams ir šiluminiam parametramams skaičiuoti. Pradiniai rezultatai parodė, kad ji gali būti efektyviai panaudota tiriant, konstruojant ir tobulinant įrenginius, skirtus biokurui deginti mažiausiai teršiant aplinką;
- patobulinti eksperimentiniai įrenginiai srovių maišymuisi ir plitimui, dujų pralaidumui per membranas ir tekėjimams mikrokanaluose (2 pav.) tirti, taikant neinvazinius lazerinius anemometrus ir greičio matavimo sistemas, pagristas dalelių judėjimo vizualizacija. Atliktų tyrimų rezultatai patvirtinti palyginimais su teoriniais skaičiavimo rezultatais ir esamais kitų tyréjų eksperimentiniais rezultatais ir teikia plačias galimybes vykdyti perspektyvius tekėjimo kanaluose ir srovių plitimo dinamikos tyrimus.

## KITI SVARBIAUSIEJI TAIKOMIEJI DARBAI IR PASLAUGOS

- vykdoma nuolatinė AB *Lietuvos dujos* (nuo 2016 m. *ESO*) kalibravimo laboratorijų įrenginių priežiūra. 2015 m. parengta skirstymo sistemoje transportuojamų gamtinį dujų kokybės parametru kontrole metodika;



2 pav. Įrenginys tekėjimams mikrokanaluose tirti

- 2015 m. *METRON Fabryka Zintegrowanych Systemów Opomiarowania i Rozliczen Sp. z o.o.*, Torun, Lenkija užsakymu atliki šios įmonės gaminamų vandens skaitiklių tipo tyrimai pagal Direktyvos 2004/22/EB B modulį ir išduoti tipo tyrimo sertifikatai;
- atliki LEI organizuoti santykinės oro drėgmės matuoklių tarplaboratoriniai palyginimai 10–90 % santykinės oro drėgmės ribose tarp trijų metrologijos centrų, Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos Metrologijos laboratorių ir LEI Šiluminijų įrengimų tyrimo ir bandymų laboratorių;
- atliki AB *Axis Industries* kuriamo naujos kartos šilumos skaitiklio QALCOSONIC HEAT1 bei ultragarsinio vandens skaitiklio QALCOSONIC FLOW 4 eksperimentiniai tyrimai ir bandymai (3 pav.);
- laboratorija iš naujo akredituota kalibravimams ir bandymams atliki pagal LST EN ISO/IEC 17025 standartą;
- laboratorijos, kaip sudedamosios atviros prieigos *Atsinaujinančios ir alternatyvios energetikos centras* dalies, veikla 2015 m. plėtési uždavinių, susietų su biokuro panaudojimo procesų moksliniai ir taikomaisiais tyrimais, link. Gerokai išsiplėtē užsakovams teikiamų paslaugų apimtys.

Lėšos, gautos už atliktus taikomuosius tyrimus pagal projektus, taikomuosius darbus ir paslaugas užsakovams 2015 m., sudaré per 0,5 mln. eurų.



3 pav. 2015 m. laboratorijos išduoti tipo tyrimo sertifikatai

## VEIKLA TARPTAUTINIU LYGIU

- laboratorija, vykdyma nacionalinių etalonų laboratorijos funkcijas, 2015 m. dalyvavo tarptautinės organizacijos EURAMET TK Srautai metiniame posėdyje ir rengė bei teikė informaciją apie kokybės vadybos sistemos funkcionavimo rodiklius EURAMET TK Kokybė;
- atliktas tarptautinis srautų matavimų palyginimas dujų debito intervale nuo 5 ml/min – 30 l/min (realūs matavimai atliki intervale (80 ml/min – 5 l/min), naudojant laminarinius srauto elementus, pagal EURAMET projektą Nr. 1325, kurį organizavo MIKES, Suomija, ir kuriame dalyvavo 12 Europos šalių nacionaliniai matavimų institutai;
- atliktas tarptautinis turbininių dujų srauto matuoklių G2500 ir G6500 palyginimas, naudojant etaloninius žemo dujų slėgio įrenginius, atitinkamai debitų 1000–4000 m<sup>3</sup>/h ir 1000–10000 m<sup>3</sup>/h ribose pagal EURAMET projektą Nr. 1333, kurį organizavo VSL (Nyderlandai) ir kuriame dalyvavo 7 Europos šalių nacionaliniai matavimų institutai;
- 2015 m. pabaigoje patvirtintas Baltijos jūros regiono programos 2014–2020 trejų metų projekto **Baltic Energy Areas – A Planning Perspective (BEA-APP)** finansavimas. Projekto koordinatorius – s. *Pro – sustainable projects GmbH* (Vokietija). Projekte

dalyvauja Estijos, Latvijos, Lietuvos, Lenkijos, Suomijos, Švedijos ir Vokietijos institucijos.

## DALYVAVIMAS TARPTAUTINUOSE MOKYMUOSE

- Doktorantas Marius Praspaliauskas dalyvavo mokymo kursuose vasaros mokykloje (Jyväskylä Summer School) University of Jyväskylä, Suomijoje (4 pav.);



4 pav. Advanced Environmental Chemical Analyses kurso grupė (pirmas dešinėje M. Praspaliauskas)

- firmos ILA GmbH (Vokietija) vadovo Dr. Michael Dues vizito metu pravesti mokymai darbui su atnaujinta 532 nm bangos ilgio 1D lazerinio dop-

- lerio anemometro (LDA) sistema bei jos programine įranga;
- tēsiant bendradarbiavimą su Lenkijos Gdansko Szwalski srautų mechanikos institutu buvo pakviestas docentas Dr. Janusz Podlinski, kuris 2015 m. sausio 26–30 dienomis perskaityė paskaitų ciklą *Srautų vizualizacija, taikymas ir procesų matematinis apdorojimas*. Jo metu susipažintą su teorinėmis ir praktinėmis srautų vizualizacijos technikos (PIV) galimybėmis ir atliki eksperimentiniai bandymai (5 pav.).



5 pav. Srautų vizualizacijos praktiniai mokymai

## VEIKLOS REZULTATŪ PRIPĀŽINIMAS IR PUBLIKAVIMAS

### *Disertacijų gynimas ir rengimas*

2015 m. lapkričio 7 d. A. Tonkonogovas apgynė daktaro disertaciją *Pulsuojančio srauto poveikio matuoklių su bėsisukančiomis dalimis darbui tyrimas* (6 pav.); studijas doktorantūroje pradėjo doktorantai P. Vilkinis ir V. Zaleckas, o doktorantai M. Praspaliauskas, M. Valantinavičius ir T. Vonžodas jas tēsė.



6 pav. Mokslo daktaro diplomo įteikimas A. Tonkonogovui

### Dalyvavimas tarptautinėse konferencijose

- Chemistry and chemical technology, 2015 m. sausio 23 d. Vilniuje;
- 12th Annual International Conference of Young Scientists on Energy Issues (CYSENI 2015), 2015 m. gegužės 27–28 d. Kaune;
- International Congress on Metrology CIM2015, 2015 m. rugsėjo 21–24 d. Paryžiuje, Prancūzija;
- 7-oje Baltijos šalių šilumos mainų konferencijoje (Baltic heat transfer), 2015 m. rugpjūčio 24–26 d. Taline, Estija;
- Europos pramoninių katalinių ir katalų konferencija, 2015 m. balandžio 06–11 d. Gaia (Porto), Portugalijoje.

### *Apdovanojimai*

Laboratorijos sukurtas etaloninis varpo tipo įrenginys apdovanotas aukso medaliu „Mašinų ir įrengimų pramonės“ grupėje **Lietuvos metų gaminys – 2015** nominacijoje. Įrenginys skirtas oro/dujų skaitikliams ir srauto matuokliams kalibravoti, tikrinti ir bandyti (7 pav.).



7 pav. *Lietuvos metų gaminys – 2015* apdovanojimo įteikimas

2015 m. gruodžio 11 d. laboratorijos vyriaus. m. d., habil. dr. **Antanui Pedišiui** įteiktas Lietuvos pramonininkų konfederacijos (LPK) profesijos riterio sertifikatas.





# 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 kaloringų atliekų terminio skaidymo ir dujofikavimo 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.



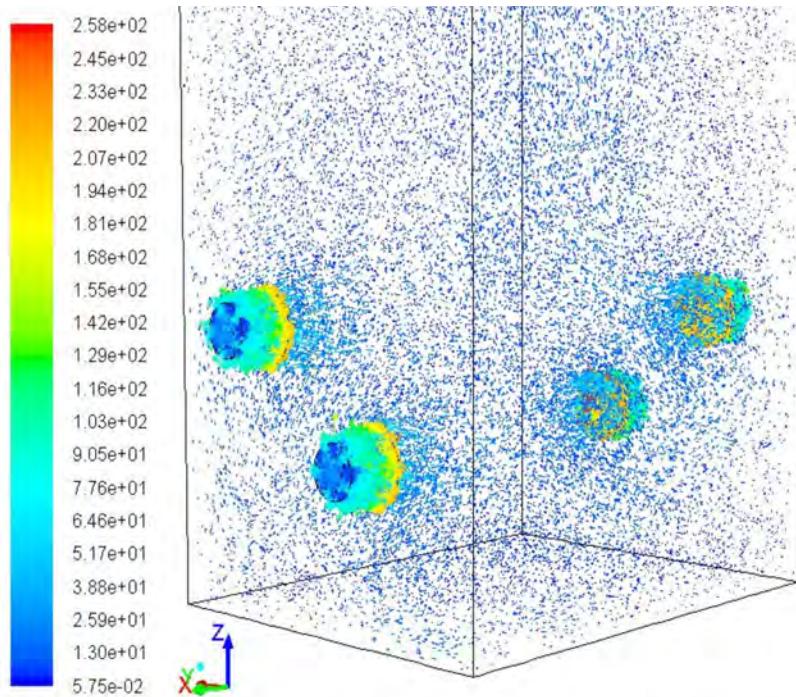
**Dr. Nerijus STRIŪGAS**  
Degimo procesų laboratorijos  
vadovas  
Tel. (8 37) 401 877  
El. p. [Nerijus.Striugas@lei.lt](mailto:Nerijus.Striugas@lei.lt)

VANDENS ŠILDYMO  
KATILO PTVM-50 NR. 5  
REKONSTRAVIMAS: DEGIKLII  
REKONSTRUKCIJA

2015 m. Panevėžio RK-1 vykdytas vandens šildymo katilo PTVM-50 Nr. 5 rekonstravimas. Lietuvos energetikos

instituto (LEI) veikla rekonstravimo projekte susijusi su katile sumontuotų degiklių rekonstravimu: degiklių našumo perskaiciavimo katilo galių nuo 58,2 iki  $44 \pm 1$  MW, sumažinant degiklių skaičių nuo 12 iki 8; naujų degiklio dujų žiedų sukūrimas ir parametru pateikimas į gamybą; degiklio remonto darbų



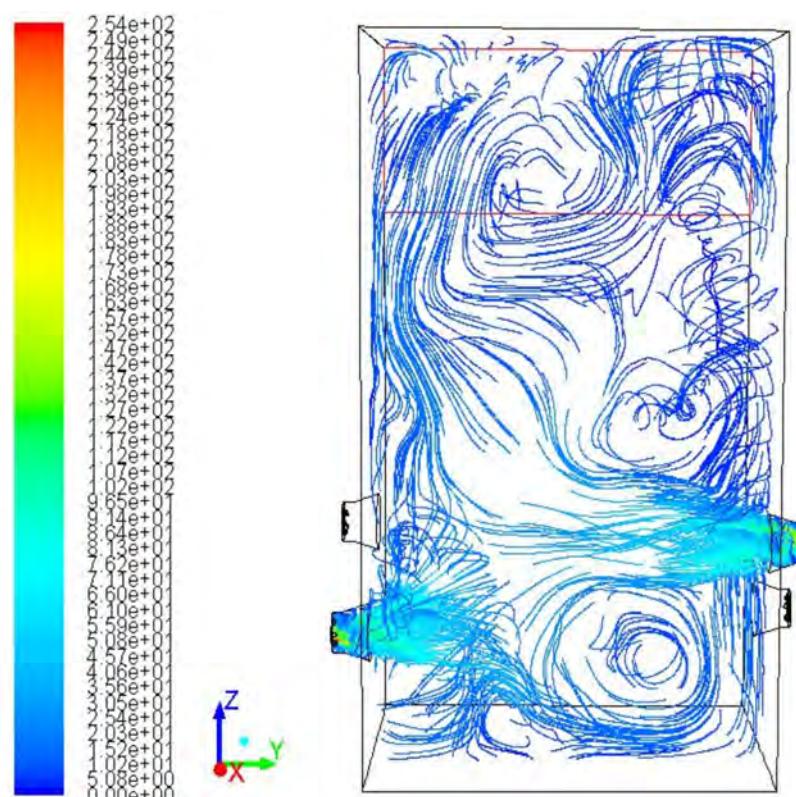


Velocity Vectors Colored By Velocity Magnitude (m/s)

Jan 11, 2016

ANSYS Fluent Release 16.2 (3d, pbns, pdf17, RSM)

Oro srautų greičio vektoriai garo katilo kūrykloje – matematinio modeliavimo rezultatai



Pathlines Colored by Velocity Magnitude (m/s)

Feb 08, 2016

ANSYS Fluent Release 16.2 (3d, pbns, pdf17, RSM)

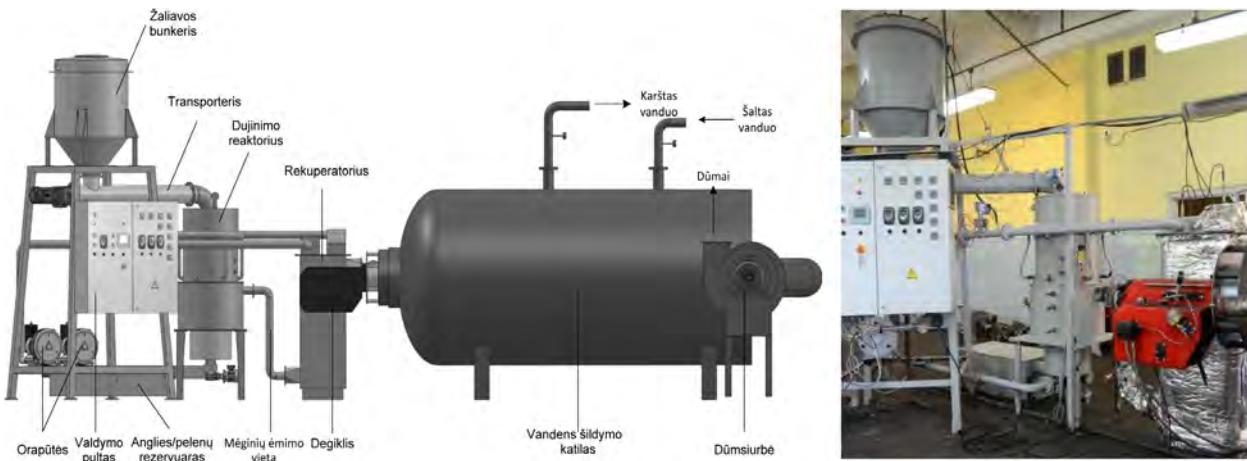
Oro srautų linijos garo katilo kūrykloje – matematinio modeliavimo rezultatai

skystajį kurą vandens šildymo ir garo katiluose bei technologinėse krosnyse. Degiklis sukuria du užsuktus oro srautus: centrinių ir išorinių. Toks oro kiekių paskirstymas reikalingas pakopiniams kuro deginimui su maža azoto oksidų koncentracija. Abu oro srautai susukami atskiromis ašinėmis mentelėmis. Išorinio oro srauto mentelių pasukimo kampos reguliuojamas degiklį paleidžiant, priderinant fakelo formą prie kūryklos. Dujos išpurškiamos ietimis-švirkstais tam tikru kampu nuo švirkšto ašies. Kuras nukreipiamas į išorinio oro srauto didžiausio greičio vietas. Kiekviename degiklyje sumontuota po 5 duju ietis. Kiekvienoje duju ietyje sumontuota po 7 duju ištakėjimo angas. Degiklis sukuria stabilią recirkuliacinę degimo duju zoną (našumo reguliavimo intervalu), todėl paprasta jį iškurti ir degimas vyksta patikimai. Iškuriama dujiniu uždegčiuvu.

Degikliai sukonstruoti turintys galimybę patobulinti centrinio ir periferinio oro sroviių struktūrą. Atlirkus aerodinaminių degiklio srautų tyrimus nustatyta, kad liepsnos fakelo struktūra nevisiškai atitinka šiuo metu keliamus reikalavimus – recirkuliacijos zona yra plati ir intensyvi. Šiuo atveju sparčiai kuras uždegamas gana didelėje erdvėje, dėl to susidaro lokali aukštostas temperatūros zona. Tokioje aukštostas temperatūros zonoje visuomet yra šiluminių azoto oksidų generacijos galimybė. Konstatuota, kad degiklis sukuria per didelį vakuumą vidinės recirkuliacijos zonoje ir tikslingo šią zoną padidinti, padidinus centrinio oro srauto kiekių. Sutvarkius oro paskirstymą, pakeistii ir duju išpurškimo antgaliai.

Pailginus vidinę degimo produktų recirkuliaciją prie degiklio ir pakeitus duju sroviių išpurškimą, sumažėja lokali liepsnos fakelo temperatūra. Pasikeitus liepsnos fakelo formai nustatyta, kad azoto oksidų koncentracija išmetamuose dūmuose, atsižvelgiant





Vandenvalos dumblo dujinimo sistemos prototipas

kuro transporterio judėjimo dažnis, degimui reikiamas oro kiekis, trauka kartile ir vandens debitas bei temperatūros.

Dujinimo reaktoriuje gautiemis degimo produktams plazmiškai apdoroti buvo panaudotas modifikuotas įrenginys, kurį sudaro plazmos generatorius (PG), plazmocheminis reaktorius (PChR), elektros energijos tiekimo, reguliavimo ir valdymo sistema, aušinimo sistema, plazmą sudarančių duju tiekimo bei reguliavimo sistema, matavimo ir kontrolės sistema, pagalbiniai ir ventiliacijos įrenginiai.

Atlikus atskirų technologijos mazgų bandymus, visi komponentai ap-

jungti į vieną technologinę seką, skirtą tyrinėti nuotekų dumblo utilizavimo technologiją. Pagrindiniai eksperimentinio stendo komponentai: dujinimo reaktorius, plazmocheminis reaktorius, aušintuvas, elektrostatinis filtras (ESF) ir vandens šildymo katilas VK 21. Eksperimentiniai bandymai prasideda paruošto mišinio užpildymu į bunkerį. Kadangi bunkeris yra riboto tūrio, tai vienam eksperimentiniam bandymui užpildoma ~ 200 kg paruošto mišinio. Šio mišinio kieko, atsižvelgiant į dujinimo reaktoriaus našumą, užtenka iki 4–5 valandų darbui. Iš sandariai uždaryto bunkerio sraiginiu transporteriu žaliava tiekama

į dujinimo reaktorių. Susidariusios generatorinės ~500–600 °C dujos patenka į cikloną, kuriame sugaudoma dalis kartu su dujomis išnešamos anglies dalelių. Iš ciklono karštos generatorinės dujos patenka į plazmocheminį reaktorių, iš kur apdrootos karštos ~1000 °C generatorinės dujos patenka į vandeniu aušinamą šilumokaitį. Šilumokaityje dujos ataušinamos iki ~300 °C temperatūros. Atvésintos dujos toliau tiekiamos į elektrostatinį filtrą, kuriame iš duju srauto atskiriamos ir surenkamos kietosios dalelės.

Prieš ir po ESF sumontuota vertikalių vamzdžių sistema, kur sumontuo-



Dujinimo reaktoriaus valdymo langas kompiuterio ekrane

tos mėginių paémimo vietos. Šiose paémimo vietose, t. y. po plazmocheminio įrenginio bei po ESF, matuojama generatorinių dujų ir dervų sudėtis bei koncentracija, kietujų dalelių koncentracija, HCB koncentracija dujose. Po elektrostatinio filtro išvalytos kaloringos sintetinės dujos ventilatoriumi transportuojamos į vandens šildymo katilė VK 21 sumontuotą degiklį B 40 A. Degiklyje paruošiamas degus dujų–oro mišinys, kuris sudeginamas katilo kūrykloje. Susidarę degimo produktai traukos ventilatoriumi išmetami į atmosferą. Dūmtakyje už vandens šildymo katilo taip pat sumontuota mėginių paémimo vieta. Čia dūmų dujų analizatoriumi Testo 350 XL išmatuojama dūmų dujų sudėtis bei HCB koncentracija.

Šiame darbe taikyta šiluminio skaidymo technologija su dujinimo reaktoriu mi parodė, kad taikant šią technologiją galima ne tik sėkmingai sumažinti besikaupiančias nuotekų dumblo atliekas, bet ir technologinio proceso metu gauti naudingą produkta – kaloringas generatorines dujas, kurias galima naudoti šilumai ar elektrai generuoti. Eksperimentinių tyrimų metu gautos naujos mokslinių tyrimų žinios apie generuotų dujų sudėtį, kaloringumą ir jų fizikines savybes, skystujų produkų kiekį ir sudėtį, kietujų medžiagų likutį ir jo sudėtį, sunkiujų metalų, esančių nuotekų dumblo, pasiskirstymą dujinimo produkuose, ivertintas galimas toksiškų medžiagų buvimas ir jų nukenksminimo klausimas. Nustatytas įvairios sudėties sausinto nuotekų dumblo su mediena (70 %/30 %, 50 %/50 %, 30 %/70 %) mišinių dujinimo dėsningumas ir optimalias salygos, kurioms esant sukurtu prototipu galima gauti kaloringiausias dujas. Surastos technologijos konstravimo ypatybės, valdymo savybės. Įvardytos tolesnio įrenginio tobulinimo gairės.

## TAMPRIOS AKIES ARTERIJOS KRAUJOTAKOS SKAITINIS TYRIMAS

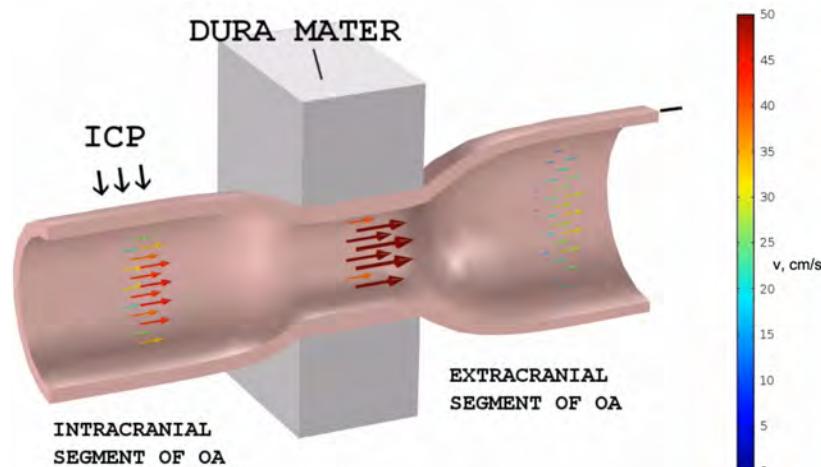
Galvospūdis (ICP – *Intracranial pressure*) – tai slėgis žmogaus kaukolės viduje ir smegenyse. Jis gali kisti esant patologijoms arba traumoms, todėl reikia jį matuoti diagnostikos arba gydymo tikslais. Per didelis ar per mažas ICP yra pavojingas žmogaus gyvybei. Skaitinis skysčių tekėjimo modeliavimas leidžia nustatyti slėgio akies arterijoje ir kaukolės viduje sąryšius. Taigi, matuojant slėgi akies arterijoje neinvaziniu būdu, galima apskaičiuoti slėgi kaukolės viduje. Daugelio žmonių akies arterija yra unikali – ją galima suskirstyti į tris atkarpas: kaukolės vidaus, kaulo ir akiduobės. Ši segmentacija sukuria prielaidą, kad netiesiogiai, svarstyklų principu paremtu matavimo metu, galima nustatyti galvospūdį. Toks neinvazinis matavimas atliekamas uždedant žmogui specialią kaukę, kuri akiduobėje sukuria papildomą slėgi Pe. Naudojant ultragarsį tyrimą, nustatomi vidutiniai krauso greičiai kaukolės vidaus ir akiduobės atkarpose. Žinant, kad pridėtas papildomas slėgis verčia arteriją susitraukti, o vidutinis kraujotakos greitis jos viduje padidėja (nes debitas nekinta), galima pasiekti tokį atvejį, kai

greičių skirtumas atitinka natūralų slėgio perkrytį  $\Delta P$ . Tokiu atveju turėtų būti tenkinama salyga  $ICP = Pe + \Delta P$ . Modeliavimo tikslas buvo nustatyti, ar tokia salyga tenkinama, o jei ne, tai dėl kokių priežasčių. Nustatyta, kad vietinis aplinkos poveikis akies arterijos sienelei turi reikšmingos įtakos šiai salygai. Susidarę skirtinės įtempiai matuojamose vietose leidžia arterijai plėstis arba trauktis skirtinės, nors bendri veikiantys slėgiai gali būti vienodi. Slėgių salygos lygtynė įvedus papildomą paklaidų parametrą  $dU$ , buvo nustatyti kraštutiniai atvejai ir paklaidų ribos.

## VALSTYBĖS BIUDŽETO SUBSIDIJUOJAMI MOKSLINIAI TYRIMAI



2015 m. buvo vykdomas biudžeto subsidijomis finansuojamas mokslo tiriamasis darbas *Granuliuoto biokuro dinamikos ir degimo procesų teoriniai tyrimai*. Tyrimų metu nagrinėti du uždaviniai, susiję su kietojo kuro panaudojimu energijos gavybai: eksperimentiškai ir skaitmeniškai tirtas kietojo kuro



Akies arterijos atkarpos ir kraujotakos greitis joje – matematinio modeliavimo rezultatai

dalelės dydžio kitimas veikiant temperatūrai, taip pat didesnės apimties struktūrų susidarymas granuliutoje terpėje, kai atskirų dalelių parametrai žinomi iš diskrečiujų elementų modeliavimo.

### ***Medžio ir biokuro granulių dydžio pokyčių eksperimentinis tyrimas pirolizés proceso metu***

Paprasčiausias būdas paversti prastesnės kokybės biokurą šiluma ar elektros energija – granuliutą biokurą naudoti dujinimo procesui, kurio metu kietos frakcijos kuras paverčiamas dujomis. Tačiau atliekant dujinimo proceso bandymus, pastebėta, kad naujodant medžio granules iškyla problema: kuras, slysdamas iš pirolizés zonos į oksidacijos zoną, sulimpa, sudarydamas vienmašę struktūrą ir sustabdo tolesnę proceso eigą. Kuro sulipimas pirolizés zonoje mažai nagrinėjamas mokslinėje literatūroje ir dažniausiai šis procesas stebimas dujofikuojant iš perdirbtų atliekų pagamintas granules. Siekiant nustatyti kuro sulipimo priežastis, buvo atlikti medžio granulės pirolizés bandymai, kurių metu buvo filmuojami medžio granulių dydžio pokyčiai ir fiksuojamos bandinio centro temperatūros 400–1000 °C kaitinimo temperatūroje. Nustačius, kad kuro sulipimo problema atsiranda dėl granulių plėtimosi reiškinio, nuspresta išplėsti eksperimentinius tyrimus, naudojant įvairios sudėties biokuro granules.

Biomasės dalelių kuro tyrimai 400–1000 °C kaitinimo temperatūroje atlikti naudojant horizontalią vamzdinę elektrinę krosnelę Nobertherm RS 80/500/13, sukuriant inertį aplinką ir filmuojant bandinių dydžių pokyčius pirolizés proceso metu. Krosnelės viduje įstatytas silamantino vamzdis, kuris kaitinamas iš viršaus ir apačios. Viename krosnelės vamzdžio gale sumontuota azoto tiekimo sistema, o kitas krosnelės galas paliekamas atviras bandiniui įstatyti bei bandinio dydžio pokyčiams



Vamzdinė elektrinė krosnelė Nobertherm RS 80/500/13 su temperatūros valdymo bloku

filmuoti. Krosnelei pasiekus reikiama kaitinimo temperatūrą, tiekiamas azoto srautas, kuris valdomas rotometru. Per atvirą vamzdžio galą įstatomas specialus padéklas su bandiniu į krosnelės vamzdžio vidurį. Padékla įtvirtinama termopora, kuri matuoja granulės centro temperatūrą, ir gauti duomenys perduodami į kompiuterį. Bandymo metu stebint medžio dalelės, medžio granulės ir šiaudų granulės centro temperatūros kitimą buvo filmuojami bandinių dydžių pokyčiai radialine kryptimi pirolizés proceso metu 400–1000 °C kaitinimo temperatūroje.

Žemoje kaitinimo temperatūroje (400 °C) dėl spartesnio perkaitimo iš visų bandinių, medžio dalelė pradeda trauktis po 60 s nuo bandymo pradžios, dalelės centrus viršijus 110 °C temperatūrą (pasibaigus vandens išgarinimo procesui). Medžio dalelės susitraukimas vyksta 430 s ir ji praranda apie 12 % pradinio skersmens. Tuo tarpu medžio ir šiaudų granulių skersmens pokyčiai prasideda tik po 120 s nuo bandymo pradžios ir, kitaip nei medžio dalelė, – pradeda plėstis įkaitus centrui daugiau kaip 130 °C, o tai rodo sudėtingesnį vandens išgarinimą. Maksimalus granuliutų bandinių išsiplėtimas, siekiantis apie 1 % pradinio skersmens, vyksta 170 sekundę, medžio granulės

centrui įkaitus iki ~180 °C, o šiaudų granulei – iki ~200 °C. Išsiplėtusios granulės pradeda trauktis. Traukimosi proceso metu stebimas spartesnis šiaudų granulės skersmens susitraukimas, kurio metu centro įkaitimo sparta išauga dėl hemiceliuliozės skilimo. Šiaudų granulė nustoja trauktis po 380 s nuo eksperimento pradžios ir praranda 8 % pradinio skersmens. Medžio granulė susitraukia ~6 % nuo pradinio skersmens. Didėjant kaitinimo temperatūrai iki 600 °C, bandinių skersmens pokyčiai spartėja. Medžio dalelės centru įkaitus iki 65 °C, stebimas spartus susitraukimo procesas, kuris tėsiasi 130 s, kol dalelės centras įkaita iki 410 °C. Medžio dalelė praranda 44 % pradinio skersmens. Kitaip nei medžio dalelė, medžio ir šiaudų granulių centrums įkaitus atitinkamai iki 71 °C ir 66 °C temperatūros, medžio ir šiaudų granulėse prasideda išsiplėtimo reiškinys. Medžio granulė per 60 s išsiplėčia iki 3,25 % pradinio skersmens, centrui įkaitus iki 190 °C. Šiaudų granulės išsiplėtimas spartesnis (per 40 s) ir siekia iki 3,5 % pradinio skersmens, pasiekus centro temperatūrai 175 °C. Išsiplėtusios medžio ir šiaudų granulės po kelių sekundžių pradeda trauktis. Medžio dalelės skersmuo mažėja tiesiškai 210 sekundžių iki 75 % pradinio skersmens, o šiaudo

granulės susitraukimas vyksta keliais etapais.

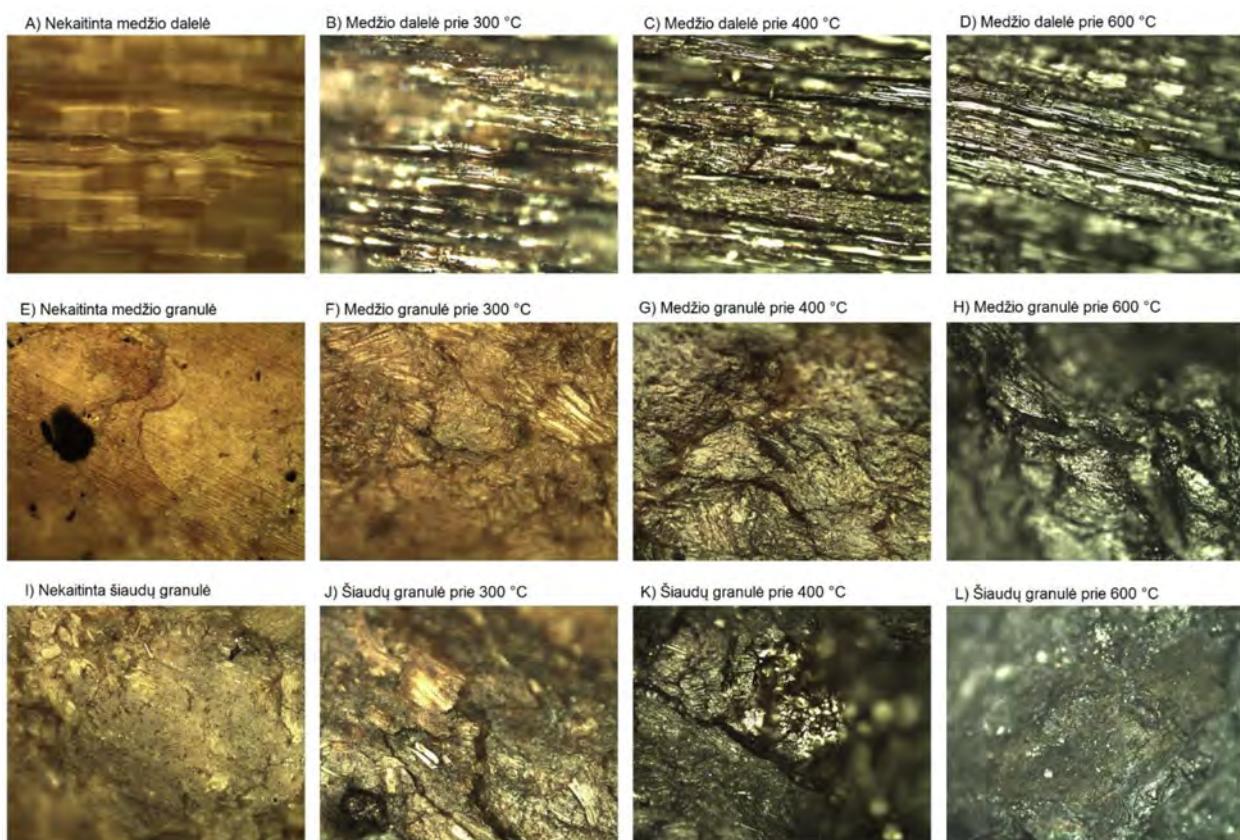
Iš gautų rezultatų matyti, kad granulės skersmens pokyčiai priklauso nuo pirolizės temperatūros bei šilumos pernašos dalelėse. Didėjant kaitinimo temperatūrai, daugėja gaunamos šilumos bei keičiasi medžio skaidymo sparta, kai vyksta spartus lakių medžiagų išsiskyrimas. Siekiant išsamiau įvertinti atsirandančių skersmens pokyčių priežastį, pirolizuotų mėginių paviršius buvo analizuojamas optiniu mikroskopu Olympus BX51 su prijungta aukštos raiškos skaitmenine kamera Go-21. Gautose nuotraukose matyti, kad aukštostos temperatūros nepaveiktos medžio dalelės paviršiaus struktūra tvarkinga, palyginti su medžio ir šiaudų granule. 300 °C kaitinimo temperatūroje laikytos medžio dalelės paviršius apanglėjęs, tai rodo ankstyvą ir intensyvų dalelės skaidymą. Aukštesnėse temperatūrose

še procesai paspartėja, sukeldami paviršiuje įtrūkimus dėl lakių medžiagų išsiskyrimo. Medžio ir šiaudų granulės paviršiaus struktūra kiek kitokia nei medžio dalelės 300 °C kaitinimo temperatūroje. Dėl lėtesnių šilumos pernašos procesų granulės paviršiuje, matomas šioks tokis apsilydymas ir mikro-įtrūkimai. Aukštesnėje temperatūroje (400 °C) stebimas paviršiaus spartesnis lydymasis, be to, atsiranda didesni įtrūkimai ir poros ant apsilydžiusių vietų. Pagal literatūroje pateikiamą informaciją, paviršiuje formuoja poros vykstant apsunkintam lakių medžiagų išsiskyrimo procesui. Taip pat manoma, kad medžio ir šiaudų granulės išsiplėtimas vyksta dėl susikaupusių vandens garų ir lakių junginių granulės viduje, kurios negali išgaruoti dėl dervų, šarmų kondensacijos ant paviršiaus bei sukelia granulės poringumo sumažėjimą. Taigi, vandens garai ir lakiosios medžiagos

kaupiasi granulių viduje, sukeldamos vidinio slėgio didėjimą bei granulės plėtimą. Esant kritiniams slėgiui, paviršiaus struktūra suardoma ir sukaupti vandens garai bei lakiosios medžiagos išlaisvinamos – prasideda susitraukimo procesas. Išsiplėtimo reiškinys nebevyksta, kai kaitinimo temperatūra yra didesnė negu 900 °C. Granulė greitai įkaista, paviršiuje susikondensavusios medžiagos suskaidomos dėl aukštostos temperatūros ir taip „atveriamas kelias“ lakosioms medžiagoms išsiskirti.

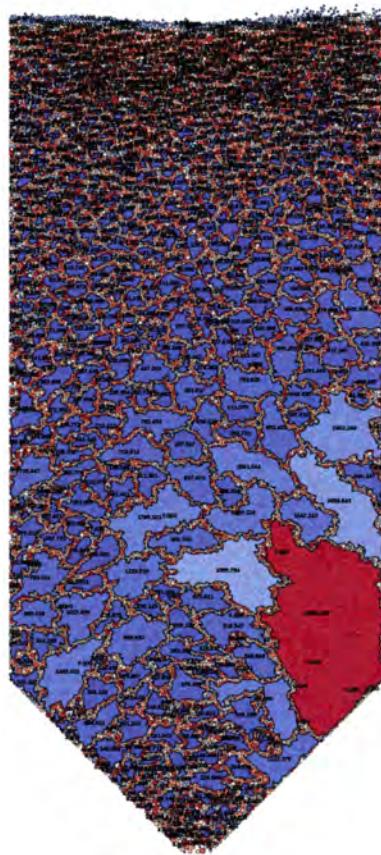
### ***Granulių medžiagų mechanikos modeliavimas***

Granuliotos medžiagos plėtai aptinkamos gamtoje ir daugelyje pramonės sričių; šiai medžiagų grupei priklauso taip pat ir kietojo kuro granulės. Jose pasireiškia įvairūs mechaniniai reiškiniai, įdomūs tiek iš mokslinės, tiek iš praktinių taikymų pusės. Jų



*Medžio dalelės, medžio ir šiaudų granulės paviršiaus vaizdai per mikroskopą (didinimas 10×) esant skirtiniams kaitinimo temperatūroms*

mechaninei elgsenai modeliuoti plačiai taikomas diskrečiųjų elementų modelis, kai kiekvienos dalelės judėjimas ir jų tarpusavio susidūrimai aprašomi įprastinėmis mechanikos lygtimis. Granulioutų medžiagų mechaninės savybės priklauso nuo atskirų jas sudarančių dalelių sąveikos, dėl kurių pasireiškia makroskopiniu lygiu pastebimos jų savybės – pvz., mechaninis atsparumas spaudimui. Modeliuojant granuliotas terpes diskrečiųjų elementų (DEM) arba molekulinės dinamikos metodu, gaunami atskirų dalelių parametrai. Norint išsiaiškinti didesnės apimties granuliotos medžiagos savybes iš modeliavimo duomenų, reikia papildomo duomenų apdorojimo. Vienas būdų yra pavaizduoti sąveiką tarp dalelių kaip grafią, kurio viršūnės atitinka daleles, kontaktai arba santykiai tarp dalelių vaizduojami kaip briaunos, o briaunų svoriai parenkami pagal kontaktuojančių dalelių santykius, pvz., pasirinkto parametru panašumą, sąveikos jėgos dydį ir pan., atsižvelgiant į konkretų uždavinį. Taip sudarius grafią, galima pritaikyti metodus ir algoritmus, žinomus iš grafių teorijos. Vienas šiuo metu plačiai tyrinėjamų grafių analizės būdų, kurį galima panaudoti didesnės apimties dalelių grupėms išskirti iš DEM modeliavimo rezultatų, yra grupių išskyrimo (angl. *community detection*) algoritmai. Laiškoma, kad toje pačioje dalelių grupėje esančios dalelės turi stipresnius ryšius tarpusavyje, negu esančios skirtingose grupėse. Tokios grupės išskiriama nagrinėjant atitinkamo grafo briaunų struktūrą. Mechaninėms granulioutų terpių savybėms makroskopiniu lygiu didelės įtakos turi jėgų tiltelių susidarymas. Tokių tiltelių kiekybinė analizė šiuo metu plačiai tyrinėjama. Dažniausiai jėgų tilteliai išskiriama taikant slenksčio metodiką, t. y. pasirenkama mažiausia ribinė jėgų tarp dalelių vertė ir nagrinėjamos sąveikos, kurios viršija ši jėgos slenkstį. Tačiau tokį tiltelių stabilumui



turi įtakos ir šoninės silpnesnės jėgos, kurios stabilizuoją šiuos jėgų tiltelius. Šiame tyime nagrinėjamos jėgų grupės, t. y. susidarymas tokų dalelių grupių, tarp kurių tarpusavio sąveikos jėgos yra stipresnės, negu dalelių, esančių skirtinose grupėse. Šioms grupėms išskirti taikomas minėtas grupių išskyrimo metodas. Kaip modelinis uždavinys nagrinėjamas dalelių byréjimas iš bunkerio. Toks reiškinys aptinkamas daugelyje sričių, susijusių su granuliotų terpių ir birių medžiagų tyrimais ir technologija. Kaip pavyzdį galima paminiéti kietojo kuro katiluose esančius granulių bunkerius. Šiame darbe nagrinėtos mechaninės jėgos, susidarančios granuliotoje medžiagoje byréjimo iš bunkerio metu, ir jų struktūra. Nustatyta, kad skirtiniais laiko momentais susidaro gana didelės dalelių struktūros virš bunkerio žiočių, kurios galimai turi įtakos byréjimo procesui, o krūvos viršuje jėgos tarp dalelių gana silpnos. Šių grupių dydis priklauso nuo dalelių

trinties koeficiente. Pagal gautus duomenis galima spręsti, kad granuliotos medžiagos byréjimo procesui įtakos turi susidarančios dalelių grupės, tarp kurių tarpusavyje veikia didesnės jėgos, negu tarp dalelių, priklausančių skirtingoms grupėms. Tokių grupių atsiradimas ir išnykimas, ilgainiui lemia netolygų byréjimo procesą. Šių grupių stabilumas ir kitimas proceso metu nagrinėjamas šiuo metu.

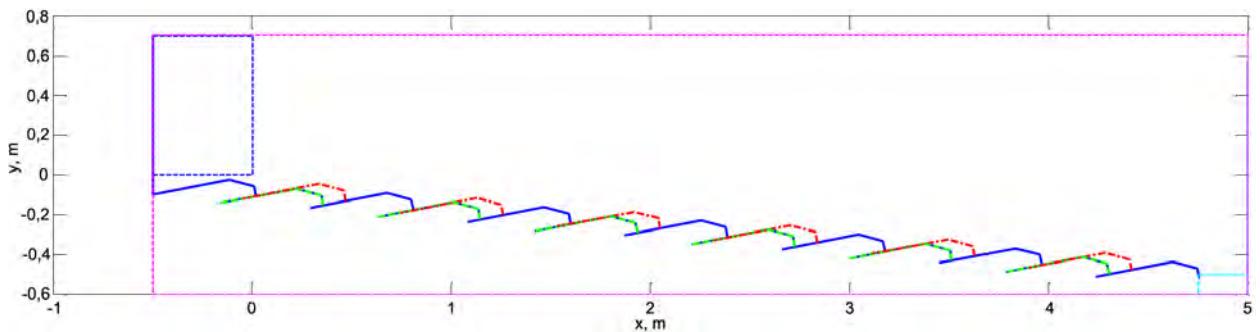
Dalelių grupės, tarp kurių veikia didesnės jėgos byréjimo iš bunkerio metu, nustatytos pritaikant grafių teorijos algoritmus. Juodomis linijomis pavaizduotos išskirtų dalelių grupių ribos. Grupių spalva atitinka jėgų modulių tarp dalelių sumą atitinkamoje grupėje.



**Ilgalaikė institucinė MTEP programa  
Degimo ir plazminių procesų eksperimentiniai bei skaitiniai tyrimai energijos generavimo technologijų iš atsinaujinančio biokuro tobulinimui ir aplinkos taršos mažinimui**

**Iškastinio ir atsinaujinančio biokuro rūšių deginimo tyrimai optimizuojant katilų kūryklas ir deginimo įrenginius, siekiant gauti mažesnes azoto oksidų koncentracijas išeinančiuose dūmuose**

2015 m. buvo tęsiami atmosferos taršos mažinimo darbai, kurių metu pabandyta taikyti antrines degimo proceso optimizavimo technologijas. Šiam tikslui pasiekti specialių tyrimo stendų nėra konstruojama, tačiau bendradarbiaujant su realius deginimo įrenginius ekspluatuojančiomis įmonėmis atlie-



*Biokuro deginimo įrenginio schema skaitiniam eksperimentui; žalios ardelės – pradinė judančių ardelių padėtis, raudonos maksimali judančių ardelių padėtis*

kami realūs taikomieji moksliniai tyrimai. Eksperimentiniai tyrimai buvo vykdomi UAB Vilniaus energija termofikacinėje elektrinėje Nr. 2. Atliekant bandymus, dūmai pagal tėkmę buvo išpučiami prieš oro pūtimo ventiliatorius. Ventiliatoriuje dūmai susimažydavo su degimui tiekiamu oru. Atliekti teoriniai ir eksperimentiniai tyrimai atskleidė, kad antrinių dujų išpuškimas turi būti derinamas kartu su kūryklos geometrija, o papildomai tiekiant dūmus galima sumažinti NO<sub>x</sub> koncentraciją nuo 150 iki <100 mg/nm<sup>3</sup>, ir taip mažiau teršti aplinką. Tyrimais nustatyta, kad vandens šildymo katile su LEI konstrukcijos degikliais, kuriuose įdiegtas antrinių dujų srovų laipsniavimas, dūmų recirkuliacijos srautas yra minimalus ir neviršija 10 % degimui tiekiamo oro kieko. Palyginus su literatūroje aptinkamais pavyzdžiais, dūmų recirkuliacijos kiekis siekia net iki 30 %. Rezultatai publikuoti tarptautiniame leidinyje ir mokslo populiarinimo leidiniuose.

#### ***Granuliuotos medžiagos dinamikos skaitinis modeliavimas taikant Diskretinių elementų metodą (DEM) ir skaitinę fluidų dinamiką (CFD)***

Siekiant ištirti, kaip biokuro pakuros ardynų judėjimų santykis lemia

drėgnų biokuro dalelių elgseną, buvo atlikti skaitinio modeliavimo tyrimai kartu su eksperimentu konkretiame biokuro deginimo įrenginyje. Eksperimentiniai rezultatai buvo lyginami su skaičiavimais. Skaičiavimų duomenys patvirtino, papildė ir paaiškino eksperimento metu gautos duomenis.

Biokuro deginimo įrenginio ardynas buvo sudarytas iš 13 ardelių eilių (kas antra eilė judanti). Pirma ardelių eilė yra nejudanti ir priklauso kuro tiekimo zonai. Kitos 12 ardelių eilių yra padalytos į 2 zonas po šešias eiles kiekvienoje, iš kurių kas antra eilė yra nejudančių ardelių. Kuras tiekiamas ant pirmos (kairėje) ardelės. Kiekvienos zonos ardelės juda savo nustatytu laikotarpiu.

Oro kamerijoje virš ardyno slėgis didėja, didėjant sluoksnio storiiui, t. y. atsiradus papildomam pasipriešinimui, prapūsti tam pačiam oro kiekiui reikia papildomo slėgio. Dėl skirtingo judėjimo greičio atsiranda biokuro sluoksnio storio „lūžis“. Pusė ardyno dengia storas biokuro sluoksnis su dideliu pasipriešinimo koeficientu, kita pusė plona, kurios pasipriešinimas ganetinai mažas. Taigi akivaizdu, kad oras kamerijoje skverbiasi pro plonajį biokuro sluoksnį su mažu pasipriešinimu, pasiskirsto netolygiai, padidina erdvinių greitų per-

sluoksnį. Padidėjęs greitis per sluoksnį gali sukelti sluoksnio „virimą“, arkas, tunelius ar panašius efektus. Dėl šios priežasties galimas ir lengvųjų kuro dalelių išnešimas į katilo dūmų traktą. Pažymėtina, kad padidėjus ardynų judėjimo santykui, išmatuotas ir didesnis kietujų dalelių kiekis išeinančiuose dūmuose.

Skaitiškai DEM būdu modeliuotas drėgnos biomasės džiūvimas ant pramoninio biomasės deginimo įrenginio ardyno. Skaitinio eksperimento rezultatai parodė, kad biomasės dalelių džiūvimo modelis pakankamai gerai aprašo dalelių džiūvimo procesus ir jį galima pritaikyti pramoniniams biomasės deginimo įrengimams skaičiuoti. Norint pagerinti skaičiavimų tikslumą ir platesnį skaitinio metodo panaudojimą, pramoninių įrenginių efektyvumo skaičiavimams reikia naudoti patikslintą dalelių ir dujinės aplinkos sąveikos modelį.

2015 m. paskelbti 3 straipsniai Thomson Reuters duomenų bazėje Web of Science Core Collection referuojamuose žurnaluose bei perskaityti 8 pranešimai respublikinėse ir tarptautinėse konferencijose – 10.



# MEDŽIAGŲ TYRIMŲ IR BANDYMŲ LABORATORIJA



**Dr. Albertas GRYBĖNAS**  
Medžiagų tyrimų ir bandymų  
laboratorijos vadovas  
Tel. (8 37) 401 908  
El. p. [Albertas.Grybenas@lei.lt](mailto:Albertas.Grybenas@lei.lt)

## PAGRINDINĖS LABORATORIJOS TYRIMŲ KRYPTYS:

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

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

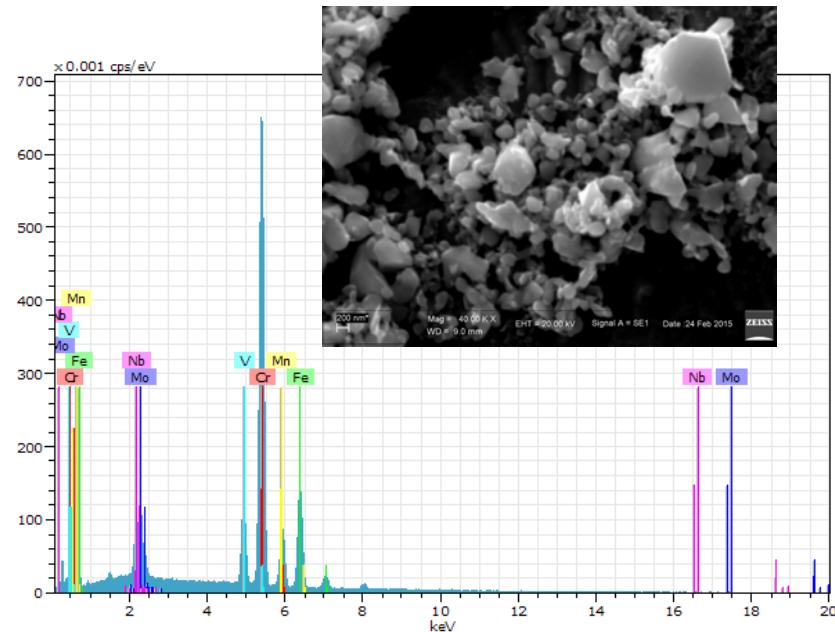
Laboratorijoje atliekami tyrimai, skirti plienų ir specialių lydinių, taikomų energetinių įrenginių konstrukciniuose elementuose, senėjimo procesų dėsningumams

pažinti, šiu procesų valdymo bei ilgamžiškumo klausimams spręsti. Taikant mechaninius bandymus, rentgeno spinduliuotės difrakcinę (XRD), sudėties elementinę analizes, optinę ir skenuojančiąjį elektroninę mikroskopiją, tiriami eksplauotuotų plienų bei spalvotųjų metalų lydinių savybių ir struktūros pokyčiai. Taikant eksperimentinius ir skaitinius metodus prognozuojamas eksplatacinis patikimumas, atsižvelgiant į eksplatacijos metu veikiančius veiksnius bei medžiagų senėjimo procesus. Vykdant darbus, daug dėmesio skiriama fundamentiniams fizikinių ir cheminių reiškiniių įtakos metalų struktūrai ir savybėms tyrimams. Šioje tyrimų kryptyje laboratorijos darbuotojai dalyvauja ilgalaikėse mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros programose:

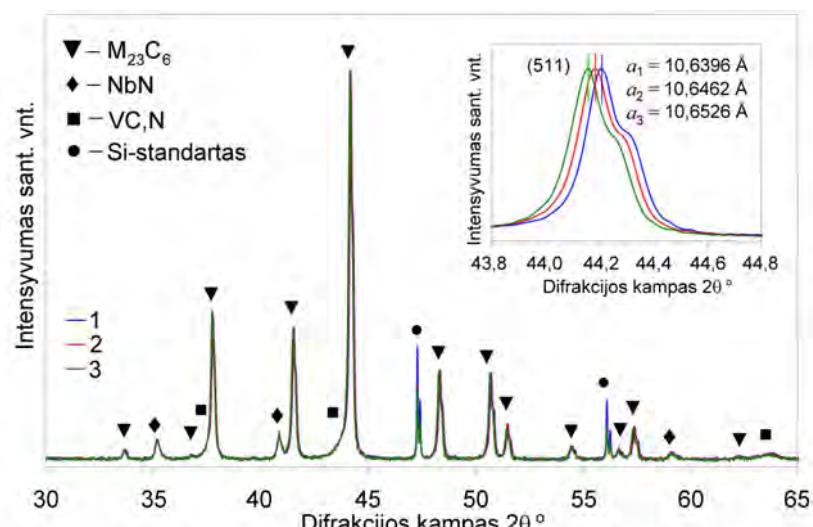
**Branduoliniuose ir termobranduoliniuose įrenginiuose vykstančių saugai svarbių procesų moksliniai tyrimai** ir **Atominių elektrinių eksplataavimo nutraukimo ir radioaktyviųjų atliekų bei panaudoto kuro tvarkymo procesų tyrimas ir radiacino poveikio analizė.**



Lietuvos  
mokslo  
taryba



*Martensitinio feritinio plieno senėjimo procesų tyrimas: karbidų, išskirtų iš metalo matricos, sudėties pokyčių nustatymas*



*Martensitinio feritinio plieno senėjimo procesų tyrimas:  $M_{23}C_6$  karbidų kristalinės gardelės pokyčio nustatymas XRD metodu*

2015 m. tesiama Lietuvos mokslo tarybos finansuojamas projektas **Naujos kartos plieno ilgamžiškumo įvertinimo modelis**. Darbo tikslas – ištirti aukštose temperatūrose pliene vykstančių struktūrinų pokyčių dėsningumus ir jų įtaką mechaninėms savybėms bei irimo parametram. Struktūrinų pokyčių dėsningumai nustatomi ištyrus plieno struktūros fazinius virsmus, susijusius su difuzijos procesais, vykstančiais veikiant temperatūrai, įvertinant plieno karbidų

evoliuciją bei jų kristalinių gardelių parametrų pokyčius. Elektroninės mikroskopijos ir EDX metodais buvo tiriami karbidų elementinės sudėties ir plieno struktūros pokyčiai, dėl cheminių elementų difuzijos plieno senėjimo metu. Taikant Johnson–Mehl–Avrami kinetinę lygtį, sudarytas karbido kristalografinių parametrų kitimo kinetinis modelis, apibūdinantis plieno struktūros pokyčius, atsižvelgiant į temperatūrą ir laiką.



Laboratorija tėsė 1998 m. TATENA iniciuotą programą, susijusią su vandenilio ir hidridų degradaciniu poveikiu cirkonio lydiniams. 2011–2015 m. laboratorija dalyvavo Tarptautinės atominės energijos agentūros (TATENA) koordinuojamame tyrimų projekte

**Cirkonio lydinių vandenilio sukeliamos degradacijos salygų įvertinimas branduolinio kuro eksplotacijos ir ilgalaičio saugojimo metu.** Šio darbo tikslas – sukurti eksperimentines procedūras, siekiant įvertinti hidridinio pleišimo salygas cirkonio lydinio kuro apvalkaluose bei nustatyti įtempių koncentracijos koeficientų reikšmes ir temperatūros ribas, kuomet gali įvykti kuro apvalkalų suirimas. Taikant kontroliuojamą įvandenilinimą, iš cirkonio lydinio kuro apvalkalo pagaminti specialios konstrukcijos bandiniai, kuriuose keičiant įtempių lygi buvo tiriamas hidridinio pleišimo procesas numatomis temperatūros salygomis. Darbas aktualus sprendžiant atominių elektrinių saugaus darbo užtikrinimo problemas bei įvertinant kuro apvalkalo atsparumą hidridiniam pleišimui panaudoto branduolinio kuro ilgalaičio saugojimo metu.



Baigtį ES 7-osios bendrosios programos projekto **Medžiagų bandymas ir normos (MATTER, MATerials TEsting and Rules)** darbai. Šis projektas pradėtas vykdyti 2011 m. kartu su Branduolinių įrenginių laboratorijos mokslininkais. Pagal projekto uždavinius buvo suformuota 15 darinių paketų. Dalyvauta dviem darbo grupių veikloje – *Gamyba ir suvirinimas* ir *Bandymų atlikimas palaikant projektavimą*. Projekte vykdyti nauji tiksliniai medžiagų elgsenos IV kartos reaktorių darbo salygomis tyrimai. Vienas pagrindinių eksperimentinio darbo tikslų – nustatyti karštyje atsparaus plieno suvirinimo siūlių, gautų taikant naujas suvirinimo technologijas, leistinas ciklinio nuovargio ribas ir jų koeficientų

reikšmes. Atsižvelgiant į šiuolaikinių bandymų procedūrų reikalavimus, eksperimentams atlikti sudaryta tyrimų metodika. Ciklinio nuovargio bandymai 550 °C temperatūroje, esant kontroliuojamos numatytose deformacijos salygomis, atlikti naudojant dinaminių bandymų mašiną **Instron** (Modelis 8801, 100kN) su specialia bandymų ir programine eksperimento valdymo įranga. Gauti šio darbo duomenys, apibūdinantys suvirinimo siūlių elgseną aukštose temperatūrose, svarbūs prognozuojant jų ilgaamžiškumą reaktoriaus komponentuose bei suvirinimo technologijų tinkamumui įvertinti, vykdant tolesnius suvirinimo medžiagų bei eksplotacinių veiksnių sukeliamų procesų branduoliniuose komponentuose tyrimus. Baigiamajame šio projekto darbų etape parengtos ataskaitos, susijusios su suvirinimo siūlių ciklinio nuovargio įvertinimo metodika, jų ilgaamžiškumu bei koeficientų nustatymu, atsižvelgiant į numatytas deformacijos reikšmes. Darbo eksperimentinių tyrimų rezultatai įtrauktai į MatDB duomenų bazę.



2015 m. laboratorijos darbuotojai kartu su Branduolinių įrenginių saugos laboratorijos kolektivu pradėjo vykdyti ES mokslinių tyrimų ir inovacijų programos **Horizontas 2020** projektą **AE saugos didinimas užpildant duomenų spragas aplinkos įtakojamo nuovargio įvertinime** (INCEFA-PLUS, INcreasing Safety in NPPs by Covering gaps in Environmental Fatigue Assessment).

Projekto **INCEFA-PLUS** tikslas – gauti naujus eksperimentinius duomenis ir pateikti rekomendacijas įvertinant



ciklinio nuovargio nulemtą irimą atominių reaktorių eksplotacijos salygomis. Bus tiriamas deformacijų ir įtempių režimo, išlaikymo laikotarpio bei paviršiaus šiurkštumo įtaka austenitinių plienų cikliniam patvarumui. Informacija apie galimus nuovarginių irimų mechanizmus bus gaunama atlikus bandinių mikrostruktūros bei fraktografinius tyrimus. Gauti eksperimentų duomenys bus standartizuoti ir pateikti internetinėje **ciklinio stiprumo** ir **patvarumo** rodiklių duomenų bazėje.

Tyrimais bus siekiama užpildyti esamas duomenų spragas: sudaryti nusidėvėjimo įvertinimo procedūras, kurios kiek įmanoma labiau atitiktų realias AE eksplotacijos salygas. Projekto metu bus sukurti modifikuota aplinkos poveikio cikliniam patvarumui įvertinimo procedūra, kuri leis tiksliau nustatyti vidutinės deformacijos, išlaikymo periodo ir paviršiaus šiurkštumo įtaką. Tai sudarytų salygas geresnei branduolinių įrenginių komponentų priežiūrai, užtikrinant ilgalaičę saugią AE eksplotaciją.

## DAUGIAFUNKCIJŲ MEDŽIAGŲ IR KOMPOZITŲ KŪRIMAS IR TYRIMAI

2015 m. tėstas biudžeto subsidijomis finansuojamas mokslo tiriamasis darbas **Nanometrinio dydžio modifikuotų priedų įtakos kompozicinių medžiagų struktūrai tyrimai**. Darbas skirtas gamtinės ir sintetinės sluoksninių nanosilikatų struktūros tyrimams ir modifikavimo metodikai optimizuoti, taip pat modifikuotų silikatų ir kompleksinių nanometrinio dydžio priedų įtakos cementinių kompozicinių medžiagų morfologijai tyrimams. Šių metų darbo

tikslas buvo įvertinti cementinės kompozicijos su nanopriedu – organiškai modifikuotu sluoksniniu nanosilikatu montmorilonitu – struktūros pokyčių priklausumą nuo keleto veiksninių: nanosilikato paruošimo, jo koncentracijos bei naudojamo organinio modifikatoriaus koncentracijos. Ištirti keli modifikuoto montmorilonito dispergavimo būdai bei jų įtaka disperguotų dalelių morfologijai. Taikant rentgeno spinduliuotės difrakcinės analizės, skenuojančios elektroninės mikroskopijos ir azoto adsorbcijos/desorbcijos tyrimų

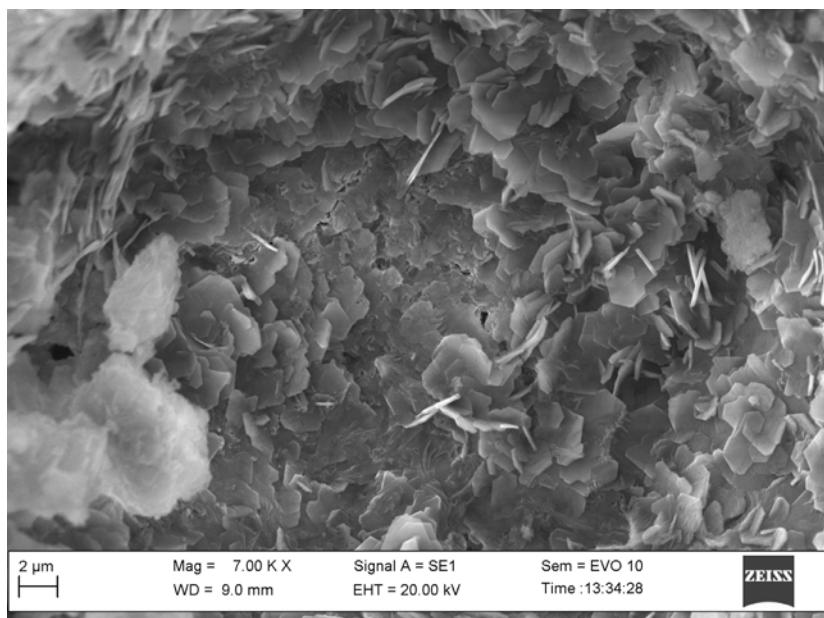
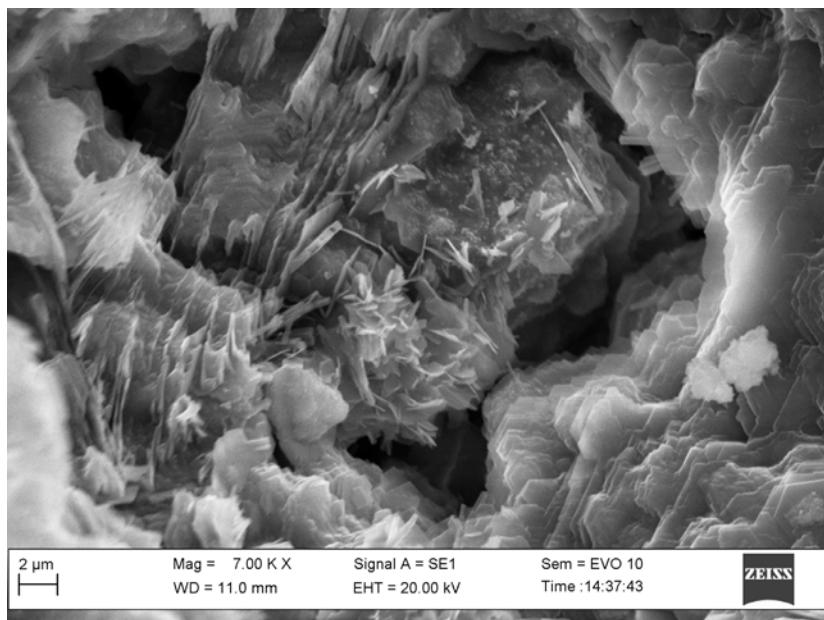
metodus, įvertintas modifikuotos cementinės kompozicijos struktūros ir morfologijos priklausomumas nuo modifikuoto sluoksninio nanosilikato dispergavimo būdo, jo ir modifikatoriaus koncentracijos cementinėje matricoje. Siekiant pakeisti cemento dalį kompozicijoje modifikuotu montmorilonitu, nustatytais optimalus modifikatoriaus bei sluoksninio nanosilikato montmorilonito koncentracijų santykis.

Gauti rezultatai – tai svarbus žingsnis kuriant kompozicinę medžiagą, kurios sudedamosios dalys būtų pakei-

čiamos alternatyviomis ir aplinką tausojančiomis medžiagomis, tačiau pačios konstrukcinės medžiagos savybės išsiltų nepakitusios.

## MEDŽIAGŲ BANDYMAI, KOKYBĖS RODIKLIŲ ĮVERTINIMAS IR ANALIZĖ

Laboratorijos darbuotojai teikia akredituotas laboratorijos paslaugas ir atlieka medžiagų bandymus ir jų kokybės rodiklių įvertinimą. 2015 m. laboratorija akredituota iš naujo LST EN ISO/IEC 17025 standarto atitikčiai. Bendradarbiaujant su ūkio subjektais laboratorija vykdo tiriamuosius darbus bei konsultuoja gamybos produktų kokybės klausimais.



Cemento su modifikuotu nanoužpildu SEM nuotraukos



*Paslaugos užsakovams. Bandinių paruošimas plastikinių vamzdžių bandymams*

### **Laboratorija akredituota atlikti:**

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

2015 m. laboratorijos darbuotojų atliktyų tyrimų rezultatai buvo paskelbti 6 moksliiniuose straipsniuose, žurnaluose referuojamuose Thomson Reuters WoS duomenų bazėje. Dalyvauta 2 tarptautinėse konferencijose.



# PLAZMINIŲ TECHNOLOGIJŲ LABORATORIJA

## PAGRINDINĖS LABORATORIJOS TYRIMŲ KRYPTYS:



**Dr. Vitas VALINČIUS**

Plazminiu technologijų laboratorijos

vadovas

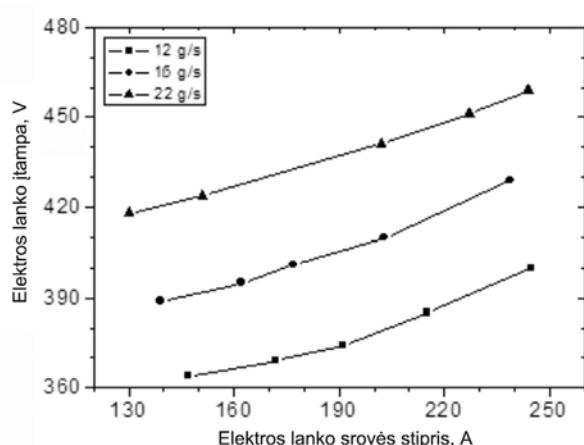
Tel. (8 37) 401 847

Ei. p. [Vitas.Valincius@lei.lt](mailto:Vitas.Valincius@lei.lt)

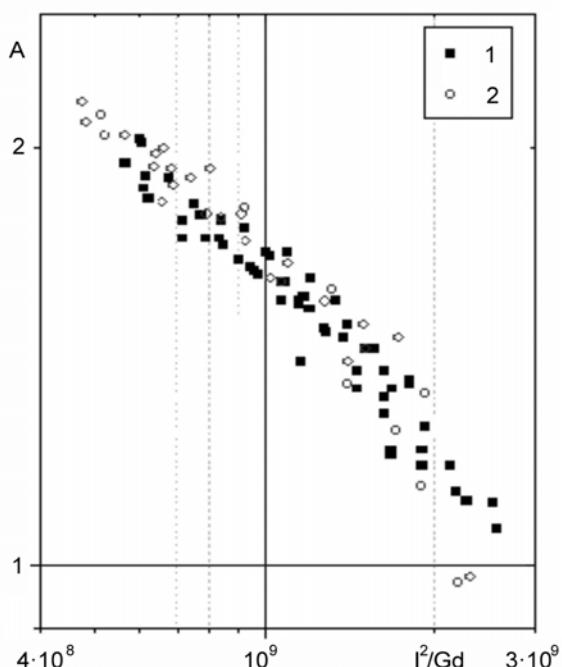
- įvairios paskirties nuolatinės srovės plazmos šaltinių kūrimas ir tyrimas;
- iškrovos kanaluose, plazmos srautuose ir srovėse vykstančių procesų bei reiškinii tyrimas;
- plazmos ir aukštos temperatūros srautų diagnostika bei diagnostikos priemonių kūrimas;
- plazmos srautų ir medžiagų sąveika įvairiuose plazminiuose-technologiniuose procesuose;
- plazminio kenksmingų medžiagų neutralizavimo procesų tyrimas ir realizavimas;
- katalizinių ir tribologinių dangų sintezė plazminėje aplinkoje bei jų savybių tyrimas;
- šiluminiai ir heterogeniniai procesų tyrimas, reaguojantiems produktams aptekant katalizinių 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 atliekomis neutralizuoti;
- vandenilio ir sintetinių dujuų sintezė vandens garo plazmoje.



1 pav. Plazmos srovė, ištekanti iš pastovios srovės linijinio vandens garo plazmos generatoriaus



2 pav. Voltamperinės plazmotrono charakteristikos (VACh) esant skirtiniams kaitinamo oro kiekiams: 12, 16 ir 22 (g/s)



3 pav. Apibendrintos plazmotrono voltamperinės charakteristikos. 1 – su papildoma sekcija, 2 – be papildomos sekcijos.  $A = (Ud_2/I)(G_1/G)^{0.12}(d_2/I)^{-0.5}$

Plazminių technologijų laboratorijos mokslininkai jau 40 metų dirba įvairiose žemos temperatūros plazminių technologijų kūrimo, mokslinio tyrimo ir pritaikymo srityse ir gali sėkmingai modeliuoti naujas plazminės technologijas, panaudodami laboratorijoje pagamintus plazmos įrenginius. Plazmos srautui gauti naudojamos įvairios sudėties dujos ar jų mišiniai. Laboratorija turi bandimosios gamybos technologinę įrangą, kuri naudojama įvairių medžiagų paviršių sluoksnių mechaninėms, tribologinėms, cheminėms ir optinėms savybėms keisti bei tobulinti. Dėl nuolat atnaujinamas bei plečiamos techninės bazės ir pasitelkus esamą analizės aparatūrą, galima atliliki plazmos šaltinių tyrimus, plazmos srovių ir srautų diagnostiką, dujų dinaminių charakteristikų ir šilumos–masės mainų analizę.



2015 m. pradėtas vykdyti LR biudžeto subsidijomis finansuojamas darbas **Atmosferinio slėgio plazmos ir aukštos temperatūros dujų srovių dinaminių bei šiluminų charakteristikų tyrimas**.

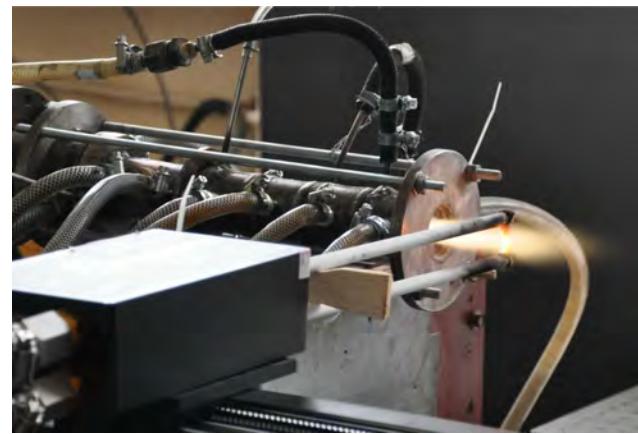
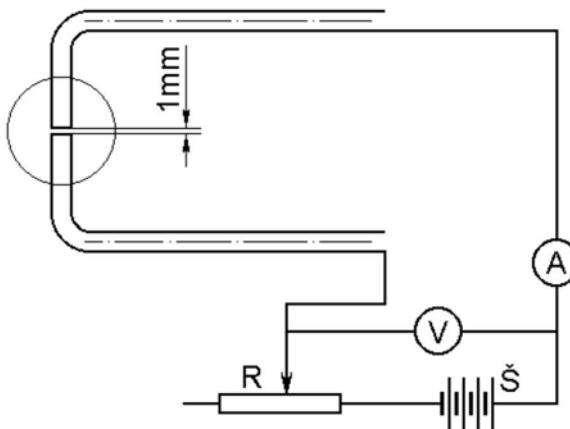
Darbo tikslas: eksperimentiniai ir skaitiniai metodais ištirti įvairios sudėties reaguojančių dujų plazmos srovių energetinius bei dinaminius parametrus, nustatant įvairių veiksnių įtaką jų pasiskirstymo dėsningumams, siekiant pagerinti plazminių technologinių procesų eiga ir salygas.

Laboratorijoje nagrinėjamas aukštos temperatūros dujų srauto susidarymas, jo dinamika bei šilumos mainai plazmotronų reakcinėje lanko zonoje, elektros lanko stiprio kitimas esant laminariniam ir turbulentiniam tekėjimo režimui, įvairių veiksnių įtaka plazmos srautui ir srovių charakteristikoms, lanko spinduliaivimo ypatumai tekant skirtingoms dujomis.

Pagaminto plazmotrono (1 pav.) voltamperinės charakteristikos VACh (2 ir 3 pav.) yra šiek tiek krintančios arba stabilios, t. y. didėjant srovės stipriui, įtampos perkritis išlieka pastovus. Kaitinant mažesnius oro kiekius, didesnės įtakos turi papildomų dujų srautas  $G_1$ , ir lankas, kurio stabilumą užtikrina šuntavimas, dega siaurojoje anodo dalyje. Padidinus dujų kiekius, lankas pailgėja, pradeda veikti dirbtinė kliūtis – laiptas ir charakteristika stabilizuojasi.

Plazmos diagnostika laboratorijoje vykdoma skaitmeniniai ir eksperimentiniai metodais. Plazmos diagnostikai laboratorijoje plačiai taikomi bekontakčiai metodai. Vienas jų – tyrimas elektriniai zondais, naudojami kalorimetrinis bei lengmiūro zondai.

Lengmiūro zondu matuojamos plazmos elektronų ir jonų temperatūros, jų koncentracijos, potencialai. Lengmiūro zondą



4 pav. Elektronų ir sunkiųjų dalelių temperatūros matavimo dvigubu elektriniu zondu schema.  $\checkmark$  – maitinimo šaltinis;  $R$  – reostatas;  $V$  – ampervoltmetras;  $A$  – ampermetras

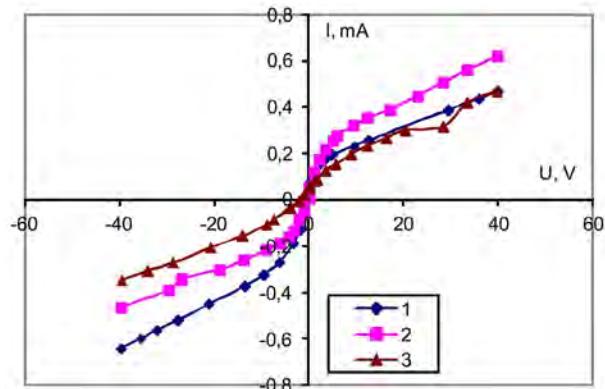
(4 pav.) sudaro aušinamas varinis vamzdelis, kurio išorinis paviršius padengtas izoliacine keramine medžiaga. Du tokie elementai, vienas nuo kito nutolę tam tikru atstumu, sudaro dvigubą zondą. Zondas plazmos srautą trikdo tik labai mažu spinduliu apie jį.

Rezultatai (5 pav.) rodo, kad charakteristikų pobūdis įvairiais atstumais nuo plazmos srovės ašies yra skirtinas. Šitokios charakteristikos nustatomos kiekviename matuojamame plazmos srovės taške. Jos yra būtinos nustatant  $T_e$ , elektronų ir jonų koncentraciją.

Darbe gauta svarbi informacija apie elektronų ir sunkiųjų dalelių temperatūrų pasiskirstymo dėsningumus. Neterminė, arba nepusiausviroji plazma, paprastai egzistuoja esant žemam slėgiui ( $<100$  Pa). Jonizacijos metu elektronai tiek sužadinami, kad jų energija gerokai viršija energiją, kurią jie turėtų pusiausviroje plazmoje tomis pačiomis sąlygomis. Taigi, elektronų temperatūra ( $T_e$ ) toje pačioje plazmoje gerokai viršija sunkiųjų dalelių (jonų ir neutralių) temperatūrą. Ši plazmos savybė išnaudojama įvairose technologijose plazmoje esančioms dispersinėms dalelėms aktyvinti. Darbe sukaupta informacija aktuali praktiskai skaičiuojant ir projektuojant naujus plazminius įrenginius, skirtus aukštos temperatūros izoliaciniams, kataliziniams ir tribologiniams paviršiams sudaryti, taip pat projektuojant plazminius įrenginius, skirtus kuro konversijai ir kenksmingoms atliekoms perdirbti. Rezultatai naudingi skaičiuojant ir nustatant plazmos srauto temperatūrų ir greičių pasiskirstymus, esant skirtingoms plazmos generatoriaus darbo charakteristikoms, o tai leidžia iš anksto parinkti reikiamus darbo parametrus.

2015 m. pasiekti rezultatai ir išvados:

- Suprojektuotas duju dinaminis įrenginys su linijiniu plazmos generatoriumi, nustatyto ir optimizuotojo elektrinės ir šiluminės charakteristikos. Plazmos



5 pav. Dvigubo Lengmiūro zondo charakteristikų kitimas skersai plazmos srovės ašies 90 mm atstume nuo plazmotrono ištakėjimo tūtos, esant 1 –  $y = 0$ ; 2 –  $y = 5$ ; 3 –  $y = 10$  mm nuo ašies

generatoriaus eksploatacinės charakteristikos yra stabiliai kylančios, jis atitinka keliamus plazmos šaltinio reikalavimus plazminės pirolizės proceso tyime.

- Maksimalią nuostolių dalį sudaro konvekciniai šilumos mainai su plazmotrono elektrodų sienelėmis. Didėjant srovės stipriui, plazmotrono naudingumo koeficientas mažėja.
- Padidinus duju kiekius, lankas pailgėja, pradeda veikti dirbtinė kliūtis – anode esantis laiptas ir lankas bei jo charakteristikos stabilizuoja.
- Plazmos generatoriaus režiminių parametru keitimas leidžia švelniai reguliuoti ištakančios plazmos temperatūrą. Plazmos generatorius gali tiekti nepusiausvirą 1500–4500 K temperatūros azoto, argono, propano-butano, acetileno, vandenilio ir jų mišinių plazmą.
- Nustatyta, kad iš plazmocheminio reaktoriaus ištaka nepusiausviroji plazmos srovė, kurios elektronų temperatūra 4–5 kartus viršija sunkiųjų dalelių temperatūrą.

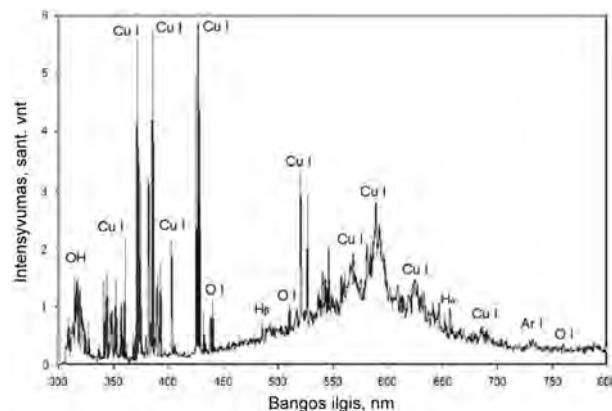
2015 m. buvo tēsiama 2012 m. pradėta vykdyti ilgalaikę institucinė moksliinių tyrimų ir eksperimentinės (socialinės, kultūrinės) plėtros programa. Vykdomo darbo pavadinimas: *Degimo ir plazminių procesų eksperimentiniai bei skaitiniai tyrimai energijos generavimo technologijų iš atsinaujinančio biokuro tobulinimui ir aplinkos taršos mažinimui*, o programai vykdyti sudarytos dvi atskirų tikslų ir uždavinii turinčios darbo grupės – degimo ir plazminių procesų tyrimų.

Norint visiškai suskaidyti pavojingas atliekas ar duojifikuoti kurą, reikia aplinkos temperatūrą pakelti daugiau nei 1800 °C. Tai pasiekiamas plazmocheminiame reaktoriuje. Į reaktorių tiekiami įvairių dujų (oro, vandens garo, vandenilio ir kt.) srautai, įkaitinti plazmotrone iki 3000–4000 K. Čia atliekų molekulės suskaidomos į atomus, radikalus, elektronus ir teigiamus jonus. Plazmai auštant, susidaro paprastos netoksiškos medžiagos. Metodas labai efektyvus, todėl naudojamas ypač toksiškoms atliekoms nukenksminti, kai nėra galimių jų deginti.

Proceso eigą ir efektyvumą lemia įrenginio konstrukcija, techninės charakteristikos ir plazmos srauto parametrai. Mokslinėje literatūroje nepakanka duomenų apie šilumos plazmocheminiuose reaktoriuose, elektrinius ir šiluminius procesus bei sąveiką su apdorojamomis medžiagomis, todėl šio darbo uždaviniai – sumodeliuoti ir sukonstruoti plazmocheminį reaktorių, pritaikytą dujinėms, skystoms ir kietoms atliekoms skaidyti srauto sąveikos su skaidomomis medžiagomis mechanizmą, ištirti gautų produktų elementinę sudėtį, įvertinti proceso efektyvumą. Vandens garo masinė entalpija, esant aukštoms temperatūroms (nuo 4000 K) apie 6 kartus

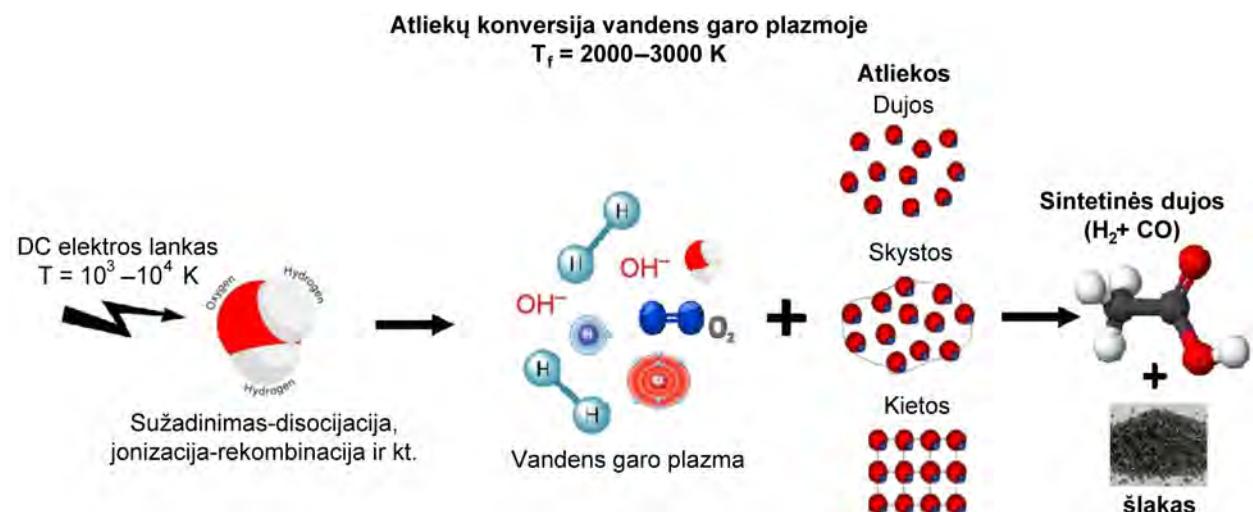
viršija oro entalpiją. Esant aukštai temperatūrai, vandens garas skyla į deguonį, vandenilio ir jų junginius, kurie dalyvauja plazmocheminėse reakcijose. Skaidant įvairių rūšių atliekas plazminiu būdu, dėl savo unikalių savybių jis pasižymi kaip aplinkai ypač draugiškas procesas.

Plazmos elementinei sudėčiai tirti pastaruoju metu laboratorijoje taikomas 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 (6 pav.).



6 pav. Elementinė argono ir vandens garo plazmos srovės, ištekančios iš 62 kW galios plazmos generatoriaus sudėtis, nustatyta optinės spektroskopijos metodu

Vandens garo plazmoje vyksta ypač greiti cheminiai procesai, kuomet susidaro reaktyvieji elementai H ir O. Dėl šios srauto savybės, į vandens garo plazmą įvedami anglavandeniliai suskaidomi labai efektyviai. Ši technologija gali būti pritaikyta atliekoms bei aplinkai žalingoms medžiagoms skaidyti arba vykstant konversijai, jas paversti į sintetines dujas. Supaprastintas organinių medžiagų konversijos mechanizmas vandens garo plazmoje pavaizduotas 7 pav.



7 pav. Supaprastintas organinių medžiagų konversijos mechanizmas

Vandens garas ionizuojamas degančio elektros lanko dėka, plazmos generatoriaus išlydžio kamerose. Į aplinką išteka aukštos temperatūros plazmos srovė, kurią sudaro atomai ( $H$ ,  $O$ ), molekulės ( $H_2$ ,  $O_2$ ), radikalai ( $OH$ ) ir dalis nedisocijavusio vandens garo. Aukšta temperatūra ir šių radikalų buvimas leidžia greičiau ir efektyviau suskaidyti įvairios būsenos organines atliekas, nei tai būtų atlikti taikant tradicinius konversijos metodus. Pagrindiniai po reakcijos susidarę produktai yra sintetinės dujos, inertinis šlakas ir dalis kondensato.

2015 m. laboratorijoje buvo atlikti šie darbai:

- Eksperimentinis ir skaitinis biomasės konversijos proceso plazmos srautuose tyrimas;
- Eksperimentiniai plazminės pirolizės proceso tyrimai;
- Įvairių veiksnių įtakos plazminės pirolizės proceso eigai nustatymas;
- Vandenilio ir anglies monoksido nustatymas biomasės konversijos produktuose, kiekybiniai ir kokybiniai proceso tyrimai;

- Plazminės disociacijos ir ionizacijos proceso tyrimas;
- Įvairių veiksnių įtakos vandenilio ir anglies monoksido sudarymo procesui tyrimas.

2015 m. buvo tesiama įvairių organinių medžiagų skaidymo bandymai naudojant dvių tipų plazmocheminių reaktorius (8 pav.). Konversijai vykdyti, į plazmocheminį reaktorių buvo įvestos pasirinktos dujinės medžiagos – angliavandenilinės dujos, skystosios medžiagos – glicerolis, kietosios medžiagos – medienos granulės.

Plazminės pirolizės proceso efektyvumas priklauso nuo aplinkos temperatūros ir medžiagos buvimo joje laiko. Skaidant skystasias atliekas, pavyzdžiui, gliceroli nustatyta, kad, kintant  $H_2O/C_3H_8O_3$  santykiumi nuo 1,3 iki 2,2, glicerolis visais atvejais buvo visiškai suskaidytas iki dujinės ir kietos būsenos reakcijos produkty. Vadinas, glicerolio ekspozicijos laikas reakcinėje kameroje buvo pakankamas visiškai jo konversijai įvykti. Reakcijos trukmė priklauso nuo kintančio vandens garo ir glicerolio masinio srauto ir svyravo nuo 0,5 iki 1 s.



8 pav. Vandens garo plazminiai įrenginiai, skirti organinėms atliekom suskaidymui. A – angliavandenilinių dujų konversijai, B – skystujų ir kietujų organinių atliekų konversijai

#### Lentelė. Plazmocheminiame reaktoriuje gautų dujų sudėtis, suskaidžius gliceroli

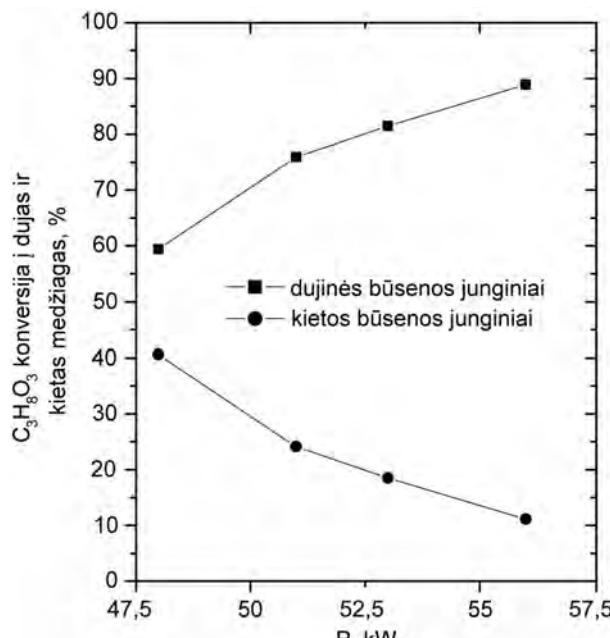
$G_{H_2O}$ , g/s	$G_{C_3H_8O_3}$ , g/s	$H_2O/C_3H_8O_3$	P, kW	Dujos, %	Dujos, iš kurių tik ( $H_2 + CO$ ), %	Kietosios medžiagos, %	Vanduo, %
2,63	2	1,3	48	54	38,9	16	29
3,51	2	1,75	51	58	40,6	8	33
3,71	2	1,85	53	59	42,4	6	35
4,48	2	2,2	56	57	40,3	3	39
3,71	4	0,9	53	64,8	45,8	18,5	17
4,48	4	1,1	56	61,8	43,3	17	21

Atsižvelgiant į  $H_2O/C_3H_8O_3$  santykio kitimą, dujinės būsenos reakcijos produkty išeiga bendrame susidariusių reakcijos produkty balanse nežymiai didėjo nuo 54 iki 59 %, o kietos fazės (anglis, šlakai) stipriai mažėjo – nuo 16 iki 3 %. Tiek dalis reakcijoje dalyvaujančio vandens garo visiškai sureagavo su gliceroliu, o jo perteklius susikondensavo ir virto vandeniu. Todėl, didėjant vandens garo srautui nuo 2,63 iki 4,48 g/s, susikondensavusio vandens dalis galutiniame susidariusių reakcijos produkty masės balanse padidėjo nuo 29 iki 39 %. Vandens kieko, kaip ir  $CH_4$  koncentracijos didėjimą (9 pav.), galėjo lemti vykstančios metanacijos tarp CO ir  $H_2$  bei glicerolio hidrogenolizės reakcijos.

temperatūrai iki 4100 K, vyksta vandens garo disociacija. Vandens garo koncentracija sumažėja iki 1 %, o jų sudarančių atominio H ir O elementų koncentracija nuolat auga.

Atlikti dujinių, skystujų bei kietujų medžiagų konversijos bandymai parodė, kad vandens garo plazmos aplinkoje galima gauti sintetines  $H_2+CO$  dujas. Jų koncentracija bendrame reakcijos produkty masės balanse sudarė per 45 %.

Atlikus įvairių organinių atliekų konversijos tyrimus, nustatyta, jog didžiausias efektyvumas (67 %  $H_2$ ) pasiekiamas skaidant anglavandenilines dujas. Skaidant glicerolį bei medienos granules, gauta 34–27 %  $H_2$ , kadangi teko suteikti papildomos energijos jiems dujinti.



9 pav.  $C_3H_8O_3$  konversijos į dujinius ir kietus junginius priklausumumas nuo PG galios

### Pasielkti rezultatai ir išvados

Nustatytos vandens garo plazmos generatoriaus šiluminės bei elektrinės charakteristikos. Nustatyta, kad ištekančio iš plazmotrono srauto tekėjimas yra turbulentinis. Šilumos atidavimas vandens garo plazmotrone tarp elektros lanko, kaitinamųjų dujų ir elektrodų sienelių dažniausiai vyksta konvekcija.

Nustatyti plazmotrone kaitinamų dujų plazmos srauto parametrai: kaitinamo vandens garo srautas 2,63–4,48 g/s, plazmos srauto vidutinė temperatūra 2400–3300 K, vidutinis srauto greitis 210–600 m/s, naudingumo koeficientas 0,7–0,78, Reinoldso skaicius 2750–6000.

Skaitiniai metodais išanalizavus aktyviųjų radikalų susidarymą vandens garo plazmoje nustatyta, kad, didėjant



2015 m. baigtas ES struktūrinių fondų finansuojamas Lietuvos 2007–2013 m. žmogiškųjų išteklių plėtros veiksmų programos 3 prioriteto Tyrėjų gebėjimų stiprinimas VP1-3.1-ŠMM-10-V Aukšto tarptautinio lygio mokslinių tyrimų skatinimas projektas *Inovatyvios terminio skaidymo technologijos sukūrimas ir pritaikymas vandenvalos nuotekų dumblo utilizavimui (INODUMTECH)*. Projektą administruavo ESFA. Projekto pradžia – 2013 m. sausis, trukmė 30 mėnesių, t. y. iki 2015 m. liepos. LEI skirta 2,259 mln. litų (654 251,62 €).

Projekto metu sukurtas bandomasis, iki 100 kW galios dujinimo proceso-technologijos prototipas, tinkantis utilizuoti mažų Lietuvos miestelių nuotekų valymo įmonėse susidarančius dumblo kiekius. Projekto idėja įgyvendinama kartu su LEI Degimo procesu, Branduolinės inžinerijos problemu bei Šiluminių įrengimų tyrimo ir bandymų laboratorijomis.

LEI darbuotojai sukūrė eksperimentinį laboratorinį įrenginį, kurio pagrindinės dalys – dujinimo reaktorius (dumbolas ir jo mišiniai skaidomi 800–1000 °C temperatūroje) ir plazminė dujų nukenksminimo įranga su pagalbinėmis sistemomis.

Ištekėjusių iš dumblo dujinimo reaktoriaus generatorinių dujų temperatūra siekia 500–600 °C. Todėl šiu dujų sudėtyje išlieka daug nesuskaidytų dervų ir kietų dalelių. Joms suskaidyti reikia aukštesnės nei 1000–1200 °C temperatūros, kurioje jos turi išbūti ne mažiau kaip 2 s. Dujinimo reaktoriuje gautų degimo produkty plazminiam apdorojimui buvo suprojektuoti ir pagaminti du plazmos generatoriai (PG), suprojektuotos ir įdiegtos PG elektros energijos tiekimo, aušinimo sistema, plazmą sudarančių dujų tiekimo bei reguliavimo sistema,

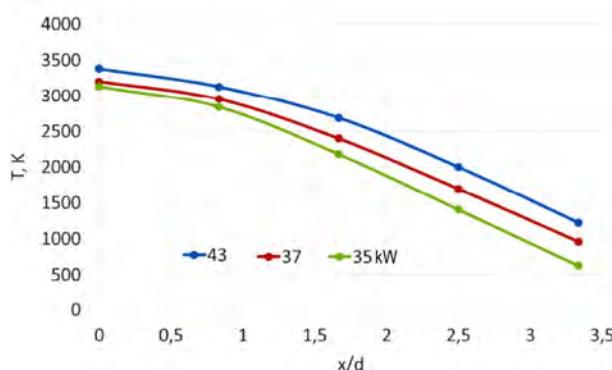
matavimo ir kontrolės sistema, pagalbiniai ir ventiliacijos įrenginiai.

Plazmos šaltiniu pasirinktas 30–80 kW galios vienkamerinis linijinis atmosferos slėgio plazmos generatorius su karštu katodu ir laiptuotu anodu. Jo ištekėjime plazmos srautas maišomas su srautu generuotų dujų, tiekiamų iš dumblė dujinimo įrenginio. Pakilus temperatūrai, sraute esantys teršalai neutralizuoti aktyvioje plazminėje aplinkoje. Plazminio dujinimo produktų nukenksminimo įrenginys (10 pav.) įdiegtas bendrame dujinimo įrenginyje.



10 pav. Veikiantis eksperimentinis plazminis įrenginys

Eksperimentus vykdant realiomis proceso sąlygomis, dujinimo produktų, patenkančių į plazmą, srautas buvo 25 g/s. Oro srautas per plazminį generatorių – 7 g/s. Plazmos generatoriaus darbiniai parametrai: elektros lanko srovė 150 A, įtampa nuo 280 iki 300 V, naudingumo koeficientas 0,8. Plazmos srauto vidutinis greitis reaktoriuje – 370 m/s. Eksperimentais nustatyta, jog plazminis dujinių organinių medžiagų skaidymo procesas vyksta visame reaktoriaus tūryje. Tiekiant iš dujinimo reaktoriaus 600 °C degimo produktus, temperatūra plazmocheminiame reaktoriuje kinta nuo 1200 iki 1700 K (11 pav.), degimo proceso greitis padidėja apie 100 kartų, o tai leidžia visiškai nekenksminti dumblė esančias toksiškas medžiagas.



11 pav. Plazmos srauto temperatūra kintant plazmotrono galiai

Susidariusios dervos kartu su generatorinėmis dujomis iš dujinimo įrenginio patenka į plazmocheminį reaktorių, kuriamo dalis dervų aukštoje temperatūroje suskaidoma ar oksiduojama. Nustatyta, kad dervų koncentracija už plazmocheminio reaktoriaus sumažja iki 0,29 g/Nm<sup>3</sup>, kai reaktoriaus ilgis siekia 1000 mm, bei iki 0,09 g/Nm<sup>3</sup> prailginus plazmocheminį reaktorių iki 1500 mm.



2015 m. buvo tesiama 2013 m. pradėta tarptautinė veikla COST TD1208 **Plasma in Liquids**. Šioje veikloje laboratorijos darbuotojai vykdo individualų projektą **Vandens garo plazmos panaudojimas skystų atliekų perdirbimui**, kurį vykdant sukurtas naujas plazmocheminės reaktorių įvairios sudėties organinėms medžiagoms suskaidyti ir paversti sintetinėmis dujomis su didesniu vandenilio kiekiu. Veikloje dalyvauja 26-ių Europos šalių mokslininkai. Valdymo komiteto atstovė dr. Viktorija Grigaitienė 2015 m. vasario 23–26 d. dalyvavo veiklos partnerių susitikime, vykusiam Barselonoje (Ispanija) (12 pav.) ir pristatė laboratorijsje atliktus eksperimentus bei gautus rezultatus. Jame dalyvavo per 100 mokslo tyryjų iš įvairių pasaulio šalių. Renginio metu vyko visų Veiklos darbo grupių atstovų posėdžiai ir seminarai, buvo skaitomi žodiniai ir pristatomomi stendiniai pranešimai vykdomų darbų tematika.



12 pav. LEI atstovė V. Grigaitienė pateikė stendinių pranešimą **Water vapour plasma technology for liquid waste treatment**

2015 m. balandžio 23 d. vyko renginys **LEI atvirų durų diena**, kurio metu laboratorijos mokslininkai rengė ekskursijas renginio lankytojų grupėms ir demonstravo plazminų technologijų veikimą.

## KITI TYRIMAI, ATLIEKAMI LABORATORIJOJE

### Dangų sintezė plazmos srovėje

Panaudojant laboratorijsje sukurtą plazminę–miltelinę dangų formavimo technologiją (13 pav.), buvo formuojamos



13 pav. Įvairių metalų, metalų oksidų dangų formavimas atmosferos slėgio oro plazmoje

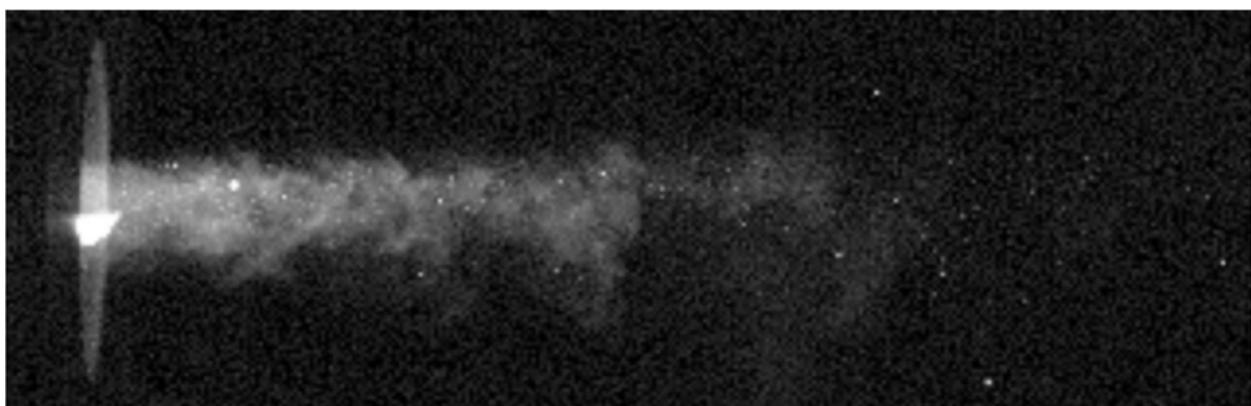
katalizinės, tribologinės, apsauginės, taip pat sudaromos kietosios keraminės dangos, naudojamos konstrukcinių medžiagų paviršinių sluoksnių eksploatacinėms savybėms mechanikoje, chemijoje, energetikoje, medicinoje pagerinti. Jos padidina atsparumą korozijai  $10^2\text{--}10^3$  kartų, gerokai sumažina trinties koeficientą ir padidina atsparumą mechaniniams dėvėjimuisi. Taikant plazminę technologiją, mažėja brangių konstrukcinių medžiagų paklausa, nes įvairaus storio dangomis padengtos pigios konstrukcinės medžiagos pakeičia didelius

kiekius sunaudojamų brangių medžiagų.

13 pav. pavaizduotame įrenginyje sukūrus nepusiausvirą atmosferos slėgio plazmos srautą su nebalansuotomis atskirų komponenčių temperatūromis, įvairios medžiagos aktyvinamos, sintetinamos ir apdorojamą paviršių pasiekia turėdamas skirtinges energijas. Tai sudaro reikiamas sąlygas kai kurioms cheminėms reakcijoms blokuotis ir plazmos sraute, ir substrato paviršiuje. Taip sintetinamos  $\gamma$  fazės  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dangos su labai dideliu aktyviuoju paviršiumi, ir tai labai aktualu sudarant katalizines

dangas. Dangos savitasis paviršius buvo padidintas ją pakaitinus tam tikroje temperatūroje.

Multifazinių plazmos srovų vizualizacijai (14 pav.) bei kai kurioms dinaminėms charakteristikoms nustatyti naudojama greitaeigė optinė kamera su CMOS jautriuoju elementu, 1280 x 800 pikselių matrica, todėl įmanomas greitaeigis filmavimas bei judančių objektų fiksavimas labai dideliu greičiu. Laboratorijoje naudojama Phantom Miro M310 greitaeigė kamera.



14 pav. Lydalo ir granulių judėjimas bei mineralinio pluošto susidarymo procesas viršgarsėje oro plazmos srovėje, stebimas greitaeigė vaizdo kamera

### Katalizinės dangos

Pastaruoju metu pasaulyje mokslo ir gamybos srityse itin domimasi atsnaujinančių energijos išteklių technologijomis, vandenilio energetika, kuro

sintezės ir taupymo programomis bei aplinkos taršos mažinimo problemomis ir jų sprendimu. Nė vienoje šių sričių neapsieinama be specialios paskirties ir savitos sudėties katalizatorių. Apie

70 % visų pasaulyje vykdomų cheminėj reakcijų naudojami katalizatoriai. Šiuolaikiniai kataliziniai reaktoriai gaminami daug materialių ir laiko sąnaudų reikalaujančiu cheminiu būdu, nusodinant

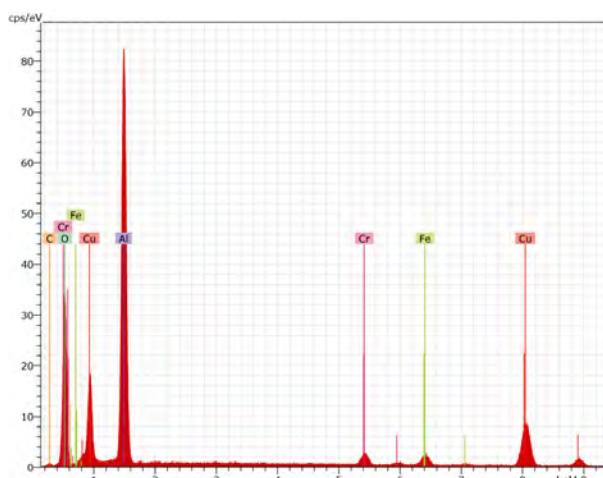
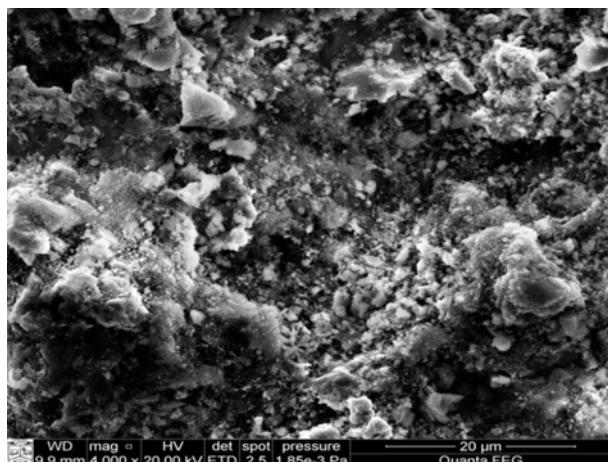
platinos grupės metalus, todėl jie yra brangūs, jų keraminiai substratai yra nepatvarūs, o substratų koriai dėl prasto šilumos laidumo dažnai išsilydo, ir KR užsikemša. Naujojoje katalizinių neutralizatorių kartoje, vietoj keramikos naudojamas metalinis substratas, o tauriuosius metalus pamažu keičia pigesni metalų oksidai, ceolitai ir kitos medžiagos, sėkmingai naudojamos kaip efektyvūs katalizatoriai.

Iš dangų pagamintuose kataliziniuose reaktoriuose masės ir šilumos pernašos procesai buvo tirti laborato-

rijoje 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 pasiekiamas katalizinei teršalo oksidacijai vykti reikiama temperatūra. Darbui atlirkti sukurta dujų dinaminių ir šiluminių charakteristikų tyrimo pasienio sluoksnio zonoje metodika, sukompaktuota įranga ir aparatūra srauto struktūrai tirti. Nustatytos reaguojančių dujų greičių, temperatūros,

medžiagų koncentracijos, pasiskirstymas prie katalizatoriaus sienelės, srauto ir sienelės šilumos–masės mainų koeficientai.

Plazminiu būdu sudarytų oksidinių katalizinių dangų (15 pav.) 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.



15 pav. Katalizinė  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Cu} + \text{Cr}_2\text{O}_3$  danga (kairėje) ir jos elementinė sudėtis (dešinėje)

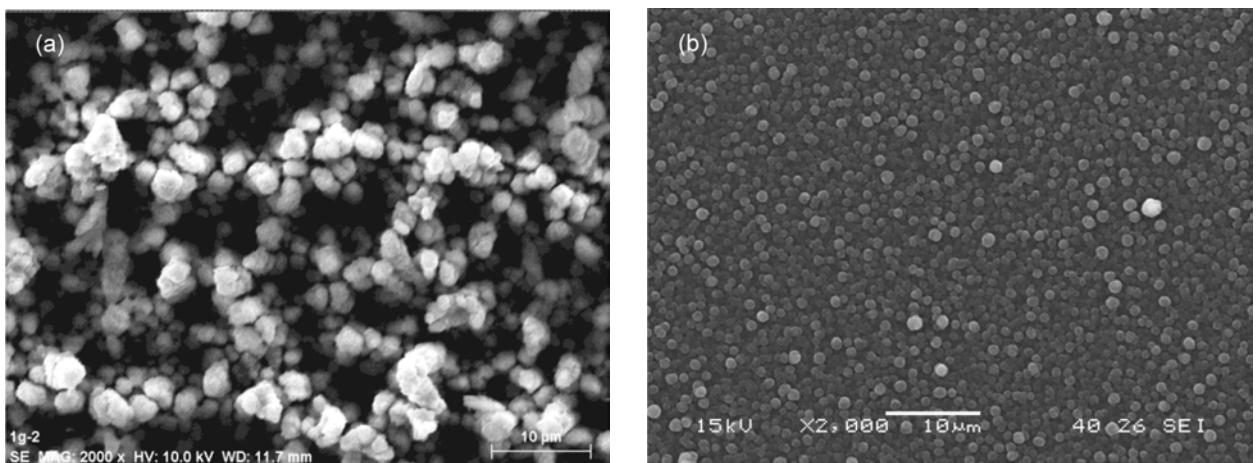
### **Anglies darinių dangos**

Konstrukcinių medžiagų paviršinių sluoksnių modifikavimas technologijomis, formuojant įvairios paskirties dangas, plačiai taikomas paviršiaus inžinerijoje. Viena plazminų technologijų pritaikymo galimybė – 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 geras mechaninės savybės, kaip atsparumas korozijai, stiprumas, nedidelė savitoji masė, mažas drėkinimo kampus, leidžia konkuruoti su geriausiomis šiuolaikinėmis medžiagomis ir lydiniais. Vertinant padėtį, susidariusią plazminų polimerų sintezės ir tyrimų srityje, pažymėtina, kad šiuo metu reikia geriau suprasti plazmos polimerizacijos procesą, ypač padengimo parametrujų gautų plazmos polimerų savybėms, jų laiko ir temperatūros stabilumą. Viena plazminų polimerų grupių yra naujos medžiagos, sudarytos iš plazminų polimerų, sumaišytų su meta-lais arba keramika. Tokios kompozicinės medžiagos sudaro naują dangų iš kom-

pozity ir nekompozitų klasę 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.

Nors plazminis dangų formavimo procesas atmosferos slėgyje jau seniai ir plačiai praktiskai naudojamas, tačiau vis dar nėra ištirtas fizikiniu požiūriu. Teigiama, kad apie 50 veiksnų turi įtakos gautos dangos cheminėms, fizikinėms, mechaninėms savybėms bei dangos elementinei sudėčiai ir struktūrai. Pagrindiniai jų – pradinių medžiagų sudėtis, medžiagos įpūtimo



16 pav. Amorfinių grafito-tipo anglies dangų paviršiaus morfologija po apšvitos nanosekundinės trukmės spinduliuote

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

Darbams atliktį sukurtos dvi plazminės kietujų keraminių ir deimanto tipo dangų sintezės sistemos su modifikuotais plazmos generatoriais, tiekiančiais nepusiausvirosios plazmos srautą. Įrenginiai veikia atmosferos ir išretintų dujų – azoto, argono, vandenilio, acetileno, propano–butano ir jų mišinių aplinkoje. Realizavus dangų sintezės procesą, gautos gerais adhezijos rodikliais pasižymintos dangos ant nerūdijančio plieno, kvarcinio stiklo ir silicio paviršių (16 pav.). Taikant SEM, XRD, IR ir Ramano spektroskopijos metodus, nustatyta dangų paviršių struktūra, jų dalelių dydis ir forma, sudėtis ir jos priklausomumas nuo plazmą sudarančių ir transportuojančių dujų sudėties, įpūtimo į plazmotroną vietos ir būdo. Pastebėta, kad visų dangų IR laidžio ir atspindžio spektruose egzistuoja  $\text{CH}_x$ , OH, CO,  $\text{CO}_2$  ir  $\text{C}=\text{C}$  grupėms būdingi ryšiai.

Vadovaujantis atliktais tyrimais, sudarant dangas atmosferos slėgio

argono/acetileno plazmos aplinkoje, realizuotas superkondensatorių elektrodų dangų sintezės procesas ir gautos anglies darinių dangos, kurių elektrinės charakteristikos leidžia padidinti pasta-ruoju metu praktikoje naudojamų super-kondensatorių talpą.

#### **Keraminių medžiagų lydymas ir aukštos temperatūros metalų oksidų plaušo sinteze**

Mineraliniam plaušui (MP) gaminti naudojamai tradicinei technologijai ir įrenginiams būtinas nepertraukiamo veikimo procesas, sudėtingos ir brandios lydymo krosnys bei izoliacinių medžiagų. Tradiciniai metodai gami-

namo plaušo kokybę ir sudėtį taip pat riboja žaliavos lydymosi temperatūrą: šis metodas neleidžia gaminti aukštos temperatūros termoizoliacino plaušo, vis labiau naudojamo jvairiose srityse.

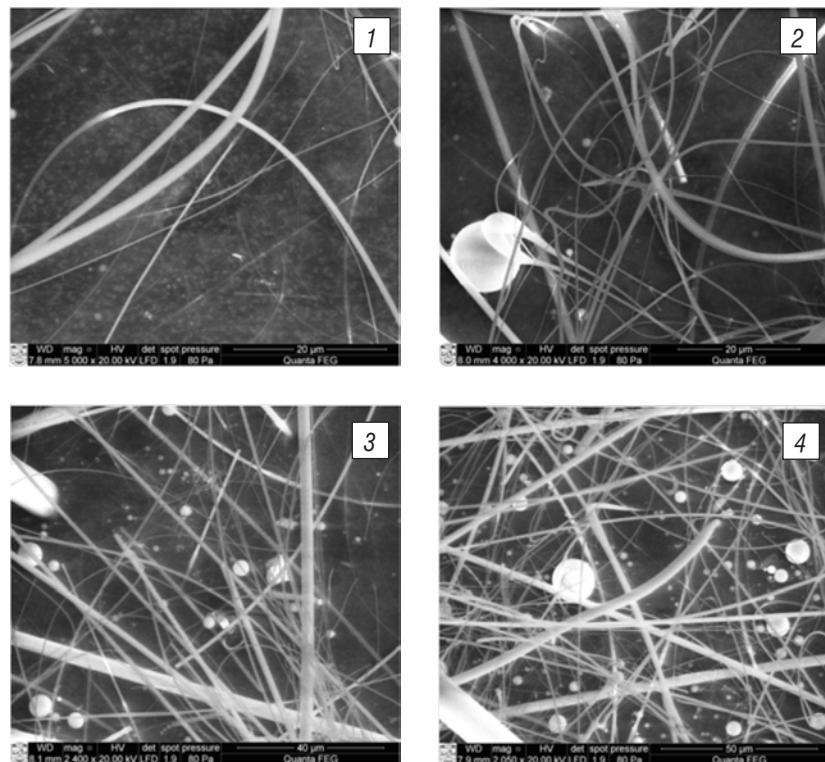
Vienintelis alternatyvus būdas gauti itin kokybišką aukštai temperatūrai atsparų plaušą yra plazminė technologija. Ja suformuotas pluoštas pasižymi unikaliomis savybėmis, tokiomis kaip atsparumas aukštai temperatūrai, mažas šilumos laidumas, didelis cheminis stabilumas. Lydant ir plaušinant keramines medžiagas, formuojant MP naudojamas eksperimentinis plazminis įrenginys su 70–90 kW galios plazmos generatoriumi (17 pav.), sukurtas LEI



17 pav. Veikiantis anglies dangų sintezės įrenginys, generuojantis argono/acetileno plazmą

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 plačiai gamtoje paplitusios keraminės medžiagos, pvz., kvarcinis smėlis, dolomitas, molis, aliuminio oksidas, pramonės keraminės atliekos ir kt.

Atlikus eksperimentinius ir skaitinius tyrimus nustatyta, kad plazminiam keraminių medžiagų plaušinimo procesui lemiamos įtakos turi plazmos srauto dinaminės ir energetinės savybės. Kadangi keraminių medžiagų lydymosi temperatūros siekia net iki 2500 K, keraminėms dispersinėms dalelėms visiškai išlydyti ir išplaušinti, ištekancios į reaktorių plazmos srauto temperatūra turi būti 2500–3000 K, o greitis – 700–1000 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 keramino plaušo formavimo plazmocheminiame reaktoriuje mechanizmą 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, o tai lemia plazmos srauto temperatūros sumažėjimą. Ištirta, kad plazmos srauto ir dispersinių dalelių šilumos mainai tuo intensyvesni, kuo didesnė dalelių koncentracija sraute ir mažesni jų matmenys. Didėjant masinei šaltų dispersinių dalelių koncentracijai plazmos



18 pav. Ceolių pluošto SEM vaizdai esant skirtiniems plazmos srauto greičiams:  
1 – 1600; 2 – 1500; 3 – 1200; 4 – 1000 m/s

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

Gautas plaušas (18 pav.) gali būti panaudojamas mufelinėms krosnims, MHD generatoriams, aukštakrosnėms gaminti, o dėl puikių garsą izoliuojančių savybių – ir garsui izoliuoti. Keraminis plaušas taip pat gali būti tinkamas įvairiomis filtrojančioms medžiagoms gaminti bei kaip statybinė, betoną suvirtinanti medžiaga, o tam tikros sudėties keraminis plaušas gali praversti ir kaip katalizatorius.

Plazminų technologijų laboratorijoje dirba 9 daktaro laipsnių įgiję mokslininkai, 1 jaunesnysis mokslo darbuotojas, taip pat darbo patirtį turintis pagalbinis personalas – 3 inžinieriai ir 3 aukštos kvalifikacijos meistrai.

2015 m. pradėta rengti daktaro disertacija *Angliavandenilių konversijos metu vandens garo plazmos sraute vykstančių termohidrodinaminių procesų ir reiškiniių tyrimas* (doktorantė D. Gimžauskaitė).

Laboratorijos mokslinė ir technologinė produkcija 2015 m. pristatyta tarptautinėse (4 pranešimai) ir respublikinėse (2 pranešimai) konferencijose, paskelbtai 5 straipsniai *Thomson Reuters* duomenų bazėje *Web of Science Core Collection* referuojamuose žurnaluose.



# VANDENILIO ENERGETIKOS TECHNOLOGIJŲ CENTRAS



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

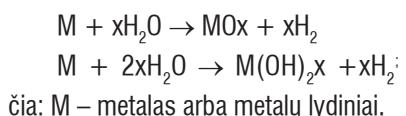
## PAGRINDINĖS CENTRO MOKSLINĖS VEIKLOS KRYPTYS

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/elektrolitų/katodų sintezė, taikant fizikinius medžiagų nusodinimo metodus;
- NiMH baterijų elektrodų savybių analizė.

2015 m. pradėtas valstybės sub-sidjomis finansuojamas projektas *Vandenilio, skirto nešiojamiems energijos saugojimo įtaisams, sintezės, panaudojant vandens ir plazmoje aktyvuotų nanomedžiagų ir metalų/metalų hidridų reakcijas, tyrimai*.

Šis darbas susijęs su inovatyvia vandenilio energetikos koncepcija, kai vandenilio gavyba, esant poreikiui (*in-situ*) realizuojama vykstant vandens reakcijai su metalais, turinčiais negatyvesnį redokso potencialą vandens atžvilgiu nei vandenilis:



Šiuo tikslu vienas potencialių metalų yra aliuminis. Tai netoksiškas, ganetinai pigus ir labai paplitęs metalas. Sureagavus 1 g aliuminio su vandeniu, teoriškai išskiriamas vandenilio kiekis yra 1245 ml. Nors aliuminio ir vandens reakcija termodinamikai galima, tačiau įprastomis sąlygomis ji nevyksta dėl aliuminio paviršiaus oksidacijos sąveikaujant su atmosferoje esančiu deguonimi. Paviršiuje susidaro plona, 5–10 nm storio,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  plévelė, kuri pasy-

voja metalą ir neleidžia vykti aliuminio/vandens reakcijai. Vandens molekulės nepraskiverbia pro šį barjerą.

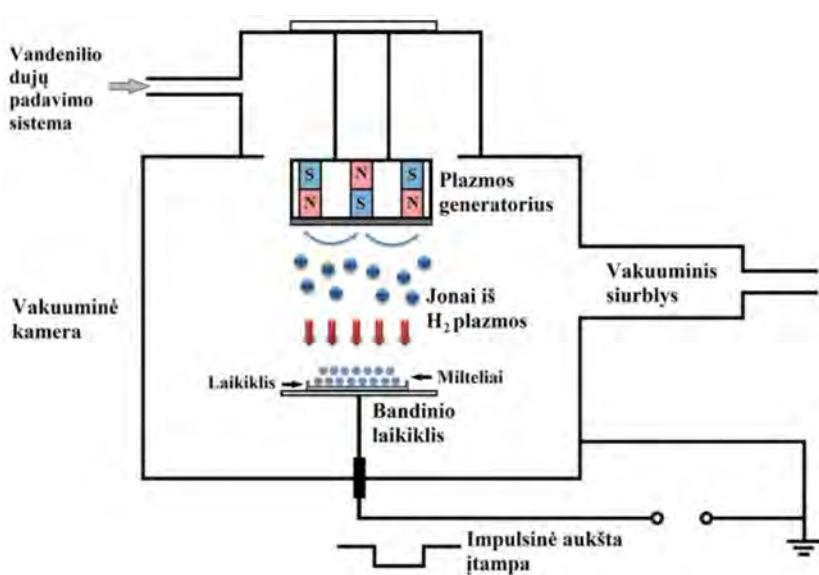
Vienas paprasčiausių būdų priversti aliuminių reaguoti su vandeniu, tai labai padidinti vandens pH vertę. Tačiau vandenilio generavimas stiprioje šarmi-néje terpéje ilgainiui gali pažeisti ir sugadinti kuro elemento membraną. Vienas efektyviausių metodų, skirtų aliuminiui modifikuoti, yra lydinių formavimas su kitais metalais (Al + Ga, In, Sn, Bi, Ni ir kt.), tačiau tai gerokai padidina technologijos kainą bei atsiranda papildomų priemaišų.

Vandenilio gavyba, esant poreikiui, taip pat gali būti realizuojama vykstant magnio hidrido hidrolizés reakcijai (vandens reakcijai su magnio hidridu), kurios metu formuoja magnio hidroksidas, vandenilis ir išsiskiria šiluma.

Pagrindinis darbo originalumas – aliuminiui aktyvuoti ir Mg-MgH<sub>2</sub> nano-kristalinėms struktūroms gauti taikomas žematemperatūrės plazmos technologijos, kurių metu (*in-situ*) bus realizuota energetinė aktyvacija, korpuskulinių dalelių srautais (fotonai, elektronai ir jonai), išgaunamais iš plazmos. Gautos medžiagos dėl struktūrinių ypatumų (nanokristalinė ar amorfinė struktūra, didelis defektų kiekis, tekstūra) pasizymimi unikaliomis adsorbcinėmis/desorbcinėmis savybėmis ir yra realios kandidatės naujos kartos vandenilio generavimo medžiagoms kurti.

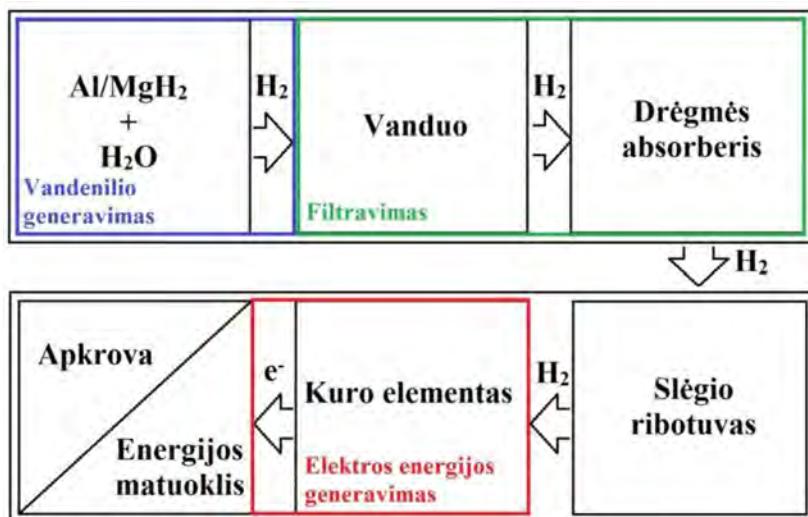
Darbo metu Al ir Mg milteliai buvo modifikuojami H<sub>2</sub> duju plazmoje pagal pateiktą schemą (1 pav.). Abiem atvejais milteliai buvo išdėstyti vakuuminėje kameroje po magnetronu, kuris buvo naudojamas kaip plazmos generavimo šaltinis. Prie vakuuminės sistemos prijungti rotacinis ir difuzinės siurbliai leidžia pasiekti  $1.5 \times 10^{-2}$  Pa pradinį slėgį kameroje. Darbinis slėgis kameroje buvo naudojamas 13 Pa.

Aktyvuotų miltelių (Al arba Mg/MgH<sub>2</sub>) reakcijos su vandeniu metu



1 pav. Al miltelių modifikavimo ir Mg miltelių plazminio hidrinimo sistema

sugeneruotos vandenilio dujos pereina per filtravimo sistemą (2 pav.). Nepageidaujamų medžiagų pašalinimas iš vandenilio dujų užtikrina ne tik didesnį kuro elemento efektyvumą, bet ir ilgamžiškesnį elektros energijos generavimo elemento gyvavimo laiką. Generuojamos elektros energijos pagrindinių parametru matavimai atliekami energijos matuokliu *Horizon Energy Monitor*, prie kurio taip pat prijungiamas žinomo dydžio (varžos) apkrova.



2 pav. Elektros energijos generavimo schema panaudojant Al/Mg reakcijas su vandeniu

**Pagrindinės 2015 m. atliktų darbų išvados:** žematemperatūrės vandenilio plazmos poveikis aliuminio bei magnio milteliais lemia struktūrinius pokyčius tiriamų bandinių paviršiuje. Net ir menkiausi plazmos sukelti defektai bei plono paviršinio sluoksnio stechiometriniai pakitimai turi įtakos tiriamų miltelių reakcijos su vandeniu našumui. Verta paminėti, jog po  $H_2$  dujų plazmos poveikio RSD difraktogramose  $AlH_3$  fazės atsiradimas nebuvo stebimas. Tačiau hidrinant Mg milteliaus, identifikuojama nedidelė  $MgH_2$  smailė. Taigi, Al milteliai, palyginti su Mg, beveik nepatiria jokių tūriinių struktūros pokyčių.

Elektros energijos generavimo proceso efektyvumas priklauso ne tik nuo naujojamų plazmoje modifikuotų medžiagų paviršinių (Mg atveju ir tūriinių) struktūrinų ypatumų, bet ir nuo kitų, tiesiogiai susijusių, aplinkos sąlygų (reakcijoje naudojamo vandens temperatūra, pH vertė, miltelių ir vandens santykis). Šiame projekte elektros generavimo darbai atliekami bendradarbiaujant su UAB *Inovatas*.

2015 m. baigtas dalyvavimas ES COST MP1103 veikloje ***Nanostructured materials for solid-state hydrogen storage*** ir aktyviai dalyvauta Tarptautinės energetikos agentūros vandenilio taikymo sutarties (IEA HIA) 32 grupės ***Hydrogen based energy storage*** tyrimuose. Šių tyrimų metu buvo analizuotas joninių – plazminių technologijų pritaikomumas, sintetinant  $MgH_2\text{-TiO}_2$ ,  $Mg_2NiH_4$  struktūras vandeniliui saugoti. Vykdant COST MP1103 veiklas aktyviai bendradarbiauta su dr. J. Grbovič-Novakovič vadovaujama mokslininkų grupe iš Serbijos, sin-

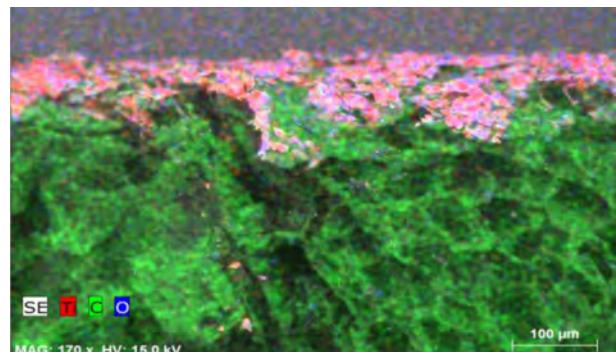
tetinant magnio pagrindo vandenilio saugojimo medžiagas. Vykdant IEA HIA veiklas, bendradarbiaujant su prof. Dag Noreus iš Stokholmo universiteto buvo tiriamas vandenilio jonų apšvitos įtaka  $Mg_2NiH_4$  gavimui, galimiems mikro- įtempių relaksacijos mechanizmams ir plonasluoksninių hidridų panaudojimui persijungiančiuose veidrodžiuose. Tęsiami bendri darbai su IFE (Norvegijos energetikos institutas) ir Stokholmo universiteto tyrėjais, charakterizuojant ir modifikuojant metalų hidridus, naudojamus NiMH elementuose, skirtuose AEI integruioti į tinklą ir gaminamų *Nilar* AB.



**COST**

2015 m. centro mokslininkai baigė darbus projekte *Polistireninio putplasčio paviršiaus savybių modifikavimas panaudojant nanokristalinių oksidų dangas* (NANOPUTPLAST; sutarties Nr. VP1-3.1-ŠMM-10-V-02-019). Tyrimų metu buvo sintetintos nanokris-

talinės  $TiO_2$  ir  $SiO_2$  dangos ant polistireninio putplasčio paviršiaus (3 pav.), sukurtos trys naujos nanokristalinių dalelių sintezės ir jvedimo į putplasčio tūrį technologijos bei pateiktos trys patentinės paraiškos Lietuvos Respublikos valstybiniam patentų biurui.



3 pav. a) –  $TiO_2$  dangos, užgarintos esant mažoms (10–11 %) deguonies koncentracijoms pavyzdys; b) –  $TiO_2$  dangos ant polistireninio putplasčio skerspjūvio SEM/EDS vaizdai

**Pagrindinės darbo išvados:** plazminės aktyvacijos metu keičiasi putplasčio paviršiaus energija. Putplasčio paviršius iš hidrofobinio tampa hidrofiliniu, o tai leidžia gerokai lengviau formuoti dangas putplasčio paviršiuje. Atlikus plazminę aktyvaciją buvo nustatyti pagrindiniai parametrai, kuriems esant paviršiaus adhezija ir hidrofilinės savybės išsilaido ilgiausiai (~ 48 val.). Slėgis  $p = 1 \times 10^{-2}$  mbar, atstumas  $d = 40$  mm, darbinės dujos – argonas, įtampa  $U = 400/450$  V. Atliekant dangų formavimą išpūsto putplasčio paviršiuje rezultatai parodė, jog pavyko suformuoti tiek  $TiO_2$ , tiek  $SiO_2$  stecheometrinius junginius. Abiem atvejais elementai po dangų formavimo pasiskirstė tolygiai visame putplasčio paviršiuje. Atliekant atsparumo liepsnos poveikiui eksperimentus pastebėta, jog putplastis be  $SiO_2$  ar  $TiO_2$  dangų ar vietose, kuriose šie sluoksniai yra pakankamai ploni, pradeda gerokai greičiau lydytis nei putplastis su dangomis. Lyginant tarpusavyje šių dangų atsparumą liepsnos poveikiui pastebėta, jog putplastis su  $SiO_2$  danga išlieka stabilesnis esant tam pačiam liepsnos poveikiui, nei su  $TiO_2$  danga. Projekto metu nustatyta, kad auksčiausiu fotokatalitiniu aktyvumu iš visų  $TiO_2$  formų pasižyminti kristalinė anatazo fazė magnetroniniu garinimu gali būti suformuojama ant termiškai jautraus EPS putplasčio paviršiaus, jo nepažeidžiant ir išlaikant pageidaujamas tūrines savybes, o užgarintų nanokristalinių  $TiO_2$  dangų fotokatalitinių savybių stiprumas gali būti maksimizuojamas parenkant optimalų  $O_2/Ar$  dujų santykį dangos garinimo metu. Projekto metu sukurtos trys pagrindinės technologijos, susietos su polistireninio putplasčio paviršiaus aktyvavimu ir oksido pagrindo apsauginių dangų suformavimu, nanoklasterių sinteze ant vandenye tirpių padėklų, pateiktos patentuoti LR valstybiniam patentų biurui. Trečia technologija, susijusi su nanoklasterių sinteze, dabar bandoma Ni klasterių, skirtų NiMH elementams, sintezei (kartu su partneriais Švedijoje); gauti nanoklasteriai taip pat pristatyti 3D spausdintuvų naudotojams Lietuvoje ir svarstoma galimybė išbandyti didesnius metalo pagrindo nanoklasterių kiekius realiuose 3D spausdinimo procesuose.

2015 m. centro darbuotojai paskelbė 2 mokslinius straipsnius žurnaluose, kurie yra referuojami Thomson Reuters WoS duomenų bazėje, ir perskaitė 3 pranešimus tarptautinėse konferencijose.



# BRANDUOLINĖS INŽINERIJOS PROBLEMU LABORATORIJA

PAGRINDINĖS LABORATORIJOS MOKSLINĖS VEIKLOS KRYPTYS:



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

- šilumininių procesų tyrimai energetikos įrenginių komponentuose;
- šilumos ir masės pernešimo procesų tyrimai biokuru kūrenamų objektų įrengimuose; biokuro deginimo metu su dūmais išeinančių emisių mažinimas naudojant elektrostatinius filtrus;
- priverstinė ir mišri konvekcia; turbulentinis ir pereinamasis tekėjimo režimai; vienfazis ir dvifazis srautai; kanalo geometrijos, kintamų fizikinių savybių, šiurkštumo, nestacionarumo, išcentrinių 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 tyrimai, norminė ir įstatyminė bazė;
- radioaktyviųjų atliekų tvarkymo sauga: apdorojimo technologinės įrangos bei saugojimo ir šalinimo įrenginių saugos ir poveikio aplinkai tyrimai, 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 tyrimai; norminė ir įstatyminė bazė;
- gaisro saugos atominėse elektrinėse ir kituose svarbiuose objektuose įvertinimas;
- tyrimai, susiję su naujos atominės elektrinės statyba Lietuvoje.



laikė mokslinių tyrimų ir eksperimentinės 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 poveikiui 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 eksperimentinius tyrimų metodus bei atsižvelgiant į Ignalinos AE eksploatavimo nutraukimo procesų ypatumus, išanalizuoti ir ivertinti radiacinį poveikį žmonėms ir aplinkai radioaktyviųjų atliekų ir PBK tvarkymo, saugojimo ir šalinimo metu.

## ŠILUMINIŲ PROCESŲ TYRIMAI ENERGETIKOS ĮRENGINIŲ KOMPONENTUOSE

Biokuras gana plačiai naudojamas daugelyje šalių šilumai ir elektros energijai gaminti. Jis (mediena, šiaudai, grūdai ir kt.) yra laikomas atsinaujinančiu energijos ištekliu, darančiu mažiausią poveikį aplinkai, dėl to jo suvartojimas didėja ne tik naujai pastatytose, bet ir rekonstruojamose katilinėse Lietuvoje. Tačiau vienas pagrindinių trūkumų lyginant biokuro deginimą su dujiniu ar skydrosto kuro deginimu yra gana dideli kietujų dalelių išmetimai į aplinką. Didejant biokurą deginančių įrenginių skaičiui, daugėja ir kietujų dalelių emisijų. Dėl daromo žalingo poveikio žmonių sveikatai yra ribojamas kietujų dalelių kiekis kurą deginančių įrenginių išmetamuosiuose dūmuose, t. y. statomi įvairūs filtra, kurie sugaudo šias kietąsias daleles. Lietuvoje dažnai naudojamų ciklonų ir kitokių mechaninių kietujų dalelių gaudytuvų efektyvumas yra per mažas

Branduolinės inžinerijos problemų laboratorijos mokslininkai kartu su kitomis instituto laboratorijomis koordinuoja ir vykdo dvi, 2012 m. pradžioje Švietimo ir mokslo ministerijos patvirtintas, ilga-

vykdė dūmų valymo tyrimus. Projekto metu buvo pagamintas eksperimentinis įrenginys bei atlikti tyrimai. Tyrimams naudotas laboratorijoje pagaminto elektrostatinio filtro prototipas. Buvo nustatytas santykinės dalelių koncentracijos kitimas, priklausomai nuo į elektrostatinį filtrą tiekiamos įtampos, bei santykinės kietujų dalelių koncentracijos kitimas, atsižvelgiant į įtampanę, tiekiamą į elektrostatinį filtrą, kai išlydžio elektrodas yra teigiamas arba neigiamas. Atlikti tyrimai leido nustatyti elektrostatinio filtro efektyvumą.



su dūmais lekiančių smulkų dalelių sugaudymui, o elektrostatiniai filtrais galima pasiekti labai didelį duju (dūmų) išvalymo efektyvumą. Deginant įvairū biokurą, su dūmais išmetamos skirtingų dydžių dalelės bei keičiasi dūmų sudėtis, dėl to pasikeičia elektrostatinių filtro efektyvumas. Išsamiai išturus šiuos veiksnius galima išspręsti aktualias technologijų tobulinimo Lietuvos energetikoje problemas.



Lietuvos  
mokslo  
taryba

2012–2014 m. laboratorijos mokslininkai pagal Lietuvos mokslo tarybos nacionalinės mokslo programos *Ateities energetika* finansuojamą projektą **Vietinio kuro terminio skaidymo procesų tyrimas kuriant efektyviąs ir ekologiškas technologijas**, kartu su kitomis instituto laboratorijomis

2015 m. laboratorijos mokslininkai kartu su kitomis instituto laboratorijomis baigė dar vieną pagal Švietimo ir mokslo ministerijos patvirtintas **Žmogiškujų išteklių plėtros veiksmų** programos 3 prioriteto **Tyrėjų gebėjimų stiprinimas** priemonę **Aukšto tarptautinio lygio mokslinių tyrimų skatinimas** projektą **Inovatyvios terminio skaidymo technologijos sukūrimas ir pritaikymas vandenvalos nuotekų dumblo utilizavimui (INODUMTECH)** (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 aikštélėse sukaupta daug dumblo, kurio tvarkymas iki šiol naudojamais būdais pradeda kelti grėsmę aplinkai, prieštarauja darinių plėtros principams. Todėl ieškoma efektyviausių būdų nuotekų dumbliui apdoroti. Viena inovatyvių likutinio dumblo utilizavimo technologijų yra jo dujiniemas. Taikant šią technologiją, iš dumblo šiluminio skaidymo metodu išskiriamas

vertigas produktas – degiosios dujos, kurios gali būti naudojamos šilumai ir elektrai gaminti. Dujinimas leidžia ne tik sumažinti susidariusio atliekinio dumblo tūrį, gauti papildomai energijos, bet ir sumažinti aplinkos taršą. Projekto metu sukurtas iki 100 kW galios dujinimo proceso technologinio įrenginio maketas, kuris leidžia dirbtį automatizuotu režimu.

Vykstant šį projektą, laboratorijoje atlikti eksperimentiniai dūmų valymo tyrimai. Bandymų rezultatai parodė, kad deginant biokurą (medienos granules) nevalytuose dūmuose daugiausia vyrauja kietosios dalelės, kurių skersmuo nuo  $\sim 0,4$  iki  $\sim 20 \mu\text{m}$ . Daugiausiai yra dalelių, kurių skersmuo siekia  $\sim 4 \mu\text{m}$ . Dūmams nuo kietųjų dalelių valyti panaudojus elektrostatinį filtru, jam tiekiant 12 kV įtampą, buvo gautas kietųjų dalelių kiekio sumažėjimas net  $\sim 99\%$ . Vykdant tyrimus generatorinėse dujose nustatyta, kad eksperimento metu kietųjų dalelių kiekis palaipsniui mažėja ir mažiausia koncentracija stebima eksperimento pabaigoje. Atliekant šiuos tyrimus pasiektais  $\sim 75\%$  elektrostatinio filtro sugaudymo efektyvumas, kai dujinama mediena ir  $\sim 60\%$  elektrostatinio filtro sugaudymo efektyvumas, kai dujinamas medienos-dumblo mišinys.

Laboratorijoje taip pat vykdomi šilumos mainų ir hidrodinamikos tyrimai įvairios paskirties energetikos įrenginiuose (branduolinių reaktorių, įvairių šilumokaičių elementuose ir kt.). Tiek laminarinio, tiek turbulentinio tekėjimo atvejais daugelyje energetikos įrenginių šilumos mainams gali turėti įtakos pa-viršiaus šiurkštumas, išcentriniai bei termogravitacijos jėgų (mišrios konvekcijos) poveikis, kuris tam tikromis sąlygomis gali tapti avarijų įvairiuose įrengimuose priežastimi. Todėl, siekiant nuodugniai ištirti šią problemą, laboratorijoje vykdomi eksperimentiniai mišrios konvekcijos moksliniai tyrimai įvairiuose kanaluose. Lygiagrečiai vykdomi ir skaitiniai tyrimai pasitelkiant programinį paketą ANSYS CFD (ANSYS, JAV), kuris plačiai taikomas visame pasaulyje, modeliuojant takijuų medžiagų judėjimą ir šilumos mainus sudėtingose dvimatėse arba trimatėse sistemose. Atsižvelgiant į tekėjimo režimą, taikomi įvairūs laminarinio, pereinamojo ir turbulentinio pernešimo modeliai. Be to, analizuojant IAE panaudoto branduolinio kuro šalinimo galimybes, šilumos mainų skaitiniai tyrimai vykdomi ir geologinėse struktūrose.

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

2013 m. pagal Mokslo, inovacijų ir technologijų agentūros administruojamą ES struktūrinių fondų paramos priemonę **Inočekiai LT** laboratorijos mokslininkai pagerino UAB Wilara bičių duonos džiovintuvo efektyvumą. Atlikus oro srauto pasiskirstymo eksperimentinius tyrimus bei skaitinius modeliavimus buvo išspręstas džiovinančio oro srauto netolygumas.

2015 m. buvo tesiama fundamentiniai vienfazių srautų mišrios konvekcijos šilumos mainų ir tékmės struktūros eksperimentiniai ir skaitiniai tyrimai plokščiame kanale turbulentinio ir pereinamojo tekėjimo zonose, bei pradėti fundamentiniai dvifazių srautų skaitiniai tyrimai vamzdžių pluošte naujodant ANSYS CFD (JAV) kompiuterinę programą.

2015 m. spalio 16 d.–lapkričio 1d. A. Gediminskas stažavosi Lundo universitete (Švedija), kuriame sémési dvifazių tekėjimų modeliavimo patirties iš Švedijos mokslininkų. Stažuotės metu buvo naudojama ANSYS Fluent programinė įranga. Daugiausia dėmesio buvo kreipiama į *Volume of Fluid* metodą ir *User Defined Functions* paprogramių naudojimą.



R. Poškas dalyvavo ir perskaitė pranešimą tarptautinėje konferencijoje **Baltic Heat Transfer** (2015 m. rugpjūčio 23–27 d., Talinas, Estija)

## PANAUDOTO BRANDUOLINIO KURO TVARKYMO SAUGOS TYRIMAI

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, iprasto eksploatavimo ir avarinėmis sąlygomis, atliliki radionuklidų 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 atliekyno panaudotam branduoliniam kurui ir ilgaamžems vidutinio aktyvumo atliekoms molio aplinkoje bei kristalinėse uolienose įrengimo Lietuvoje koncepcijas, kurios nuolat tikslinamos ir optimizuojamos, atsižvelgiant į tarptautinę patirtį ir konkretios atliekyno vietas fizikines, chemines, šilumines bei mechanines savybes. Analizuojant PBK šalinimo Lietuvoje galimybes, atliktas giluminio atliekyno įrengimo išlaidų įvertinimas bei pradėtas bendrasis atliekyno saugos vertinimas.

Laboratorija kartu su GNS – NUKEM Technologies GmbH (Vokietija) konsorciumu vykdė didelės apimties *Laikinosios sausojo tipo saugyklos, skirtos RBMK panaudoto branduolinio kuro rinklių iš Ignalinos AE 1 ir 2 blokų saugojimui, projektavimas bei įrengimas* (2005–2015) projektą, kurio vykdymo metu analizuojami visi naujos saugyklos projektavimo, statybos, montavimo, perdavimo ir priėmimo eksploatuoti, eksploatacijos ir eksploatacijos nutraukimo veiksmai, taip pat

vykdomi visi būtini darbai, susiję su PBK išėmimu, supakavimu, sandarinimu, pervežimu ir tinkamos įrangos pasirinktam projektiniam sprendimui įvykdysti eksploatavimui. Saugykloje planuojama patalpinti per 200 naujo CONSTOR tipo konteinerių su sveiku ir pažeistu PBK. Laboratorijos mokslininkai rengė šios PBK saugyklos (eksploatavimo laikas ne mažiau kaip 50 m.) poveikio aplinkai vertinimo ir saugos analizés ataskaitas bei teiké paramą licencijuojant saugykłą. 2007 m. suderinta ir patvirtinta Aplinkos ministerijoje *Poveikio aplinkai vertinimo ataskaita*. 2009 m. parengta bei suderinta *Preliminari saugos analizés ataskaita* (PSAA), ir VATESI išdavė licenciją statyti saugykłą. 2010–2011 m. buvo rengiamas PSAA priedas, kuriame vertinti pažeistų RBMK-1500 branduolinio kuro rinklių tvarkymo bei saugojimo saugos aspektai. 2015 m., atsižvelgiant į PBK saugyklos statybos metu atliktus tam tikrus techninio projekto pakeitimus, buvo rengiama *Atnaujinta saugos analizés ataskaita*.

2015 m. įgyvendinant 2011 m. liepos 19 d. priimtos ES Tarybos direktyvos 2011/70/EURATOMAS nuostatas laboratorijos darbuotojai baigė Radioaktyviųjų atliekų tvarkymo agentūros (RATA) užsakymą parengti *Radioaktyviųjų atliekų tvarkymo plėtros (RATP) programos strateginių pasekmės aplinkai vertinimą (SPAV)*. SPAV ataskaitoje nustatytos, apibūdintos ir įvertintos galimos reikšmingos RATP programos, apimančios panaudoto branduolinio kuro ir radioaktyviųjų atliekų tvarkymą, įgyvendinimo pasekmės aplinkai. 2015 m. RATP programa bei SPAV ataskaita viešai pristatyta visuomenei, buvo konsultuojamas su visuomenės atstovais ir atsakingomis valstybės institucijomis. Vadovaujantis šiais parengtais dokumentais bei gautomis išvadomis LR Vyriausybė gruodžio

23 d. nutarimu Nr. 1427 patvirtino *Radioaktyviųjų atliekų tvarkymo plėtros programą*.

2015 m. laboratorijos mokslininkai parengė ir išleido galutinę ataskaitą *Giluminio atliekyno vienos parinkimo tyrimų programos ir atliekyno įrengimo plano perengimas* (užsakovas Radioaktyviųjų atliekų tvarkymo agentūra – RATA), kurioje nurodė ankstesnių tyrimų giluminio atliekyno įrengimo Lietuvoje tema apžvalgą. Atsižvelgdami į tarptautinių ir nacionalinių dokumentų nuostatas bei TATENA ekspertų misijos rekomendacijas, parengė pasiūlymus giluminio atliekyno Lietuvoje įrengimo planui, sudarė giluminio atliekyno vienos parinkimo tyrimų programą 2016–2021 m.

Lietuvoje yra įmonių, įstaigų bei organizacijų, kurių veiklos metu susidaro panaudoti uždarieji jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniai ir kietosios radioaktyviosios atliekos. Pagal šiuo metu esančią tvarką, šios smulkiųjų radioaktyviųjų atliekų darytojų atliekos yra perduodamos saugoti į Ignalinos AE saugyklas. Tarp radioaktyviųjų atliekų surinkimo iš smulkiųjų darytojų funkcijas atliekančios RATA ir Ignalinos AE sudaryta sutartis, kurioje aptariami metiniai perduodamų atliekų kiekiai, jų įpakavimo reikalavimai bei teikiamų paslaugų įkainiai. Ignalinos AE pradėjus veikti radioaktyviųjų atliekų tvarkymo kompleksui, o vėliau atliekas dedant į atliekynus, teikiamų paslaugų spektras didėja, todėl būtina peržiūrėti Ignalinos AE paslaugų tarifus. 2015 m. laboratorijos mokslininkai išnagrinėjo įvairius kieftujų radioaktyviųjų atliekų ir panaudotų uždarujų šaltinių tvarkymo, saugojimo bei déjimo į atliekynus etapus, įvertino jų metu patiriamas išlaidas, darbų kaštus ir kitą informaciją, pagal kurią sudarė *Ignalinos AE smulkiųjų radioaktyviųjų atliekų darytojams teikiamų paslaugų*

*tarifo atskiroms kietųjų radioaktyviųjų atliekų klasėms ir tipams apskaičiavimo metodiką.*



Laboratorijos mokslininkai nuolat dalyvauja TATENA koordinuojamose tyrimų projektuose ir programose. Jau baigtį vykdysti – *Skaitinių metodų panaudojimas charakterizuojant geologinių kapinynų vietą bei atliekant jų patikimumo tyrimus* (2005–2010) ir *Apšvitinto grafito apdorojimas siekiant atitiktinai atliekų šalinimo priimtinumo kriterijus* (2010–2014).

2015 m. vykdytas vienas TATENA projektas *RBMK-1500 panaudoto branduolinio kuro ir saugojimo konteinerių 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* aplinkoje. 2015 m. atlikti Ignalinos AE panaudoto branduolinio kuro sauso saugojimo konteinerių CASTOR® RBMK-1500 ir CONSTOR® RBMK-1500 radiacinių charakteristikų ir konteinerių konstrukcinių medžiagų neutroninės aktyvacijos skaitiniai tyrimai ilgalaikio saugojimo metu.

2015 m. baigtas biudžeto subsidijomis finansuojamas mokslinis darbas *Kompleksinis radiacinės taršos sudarymo, jos poveikio ir sklaidos, nutraukiant RBMK-1500 reaktorių eksplotaciją bei saugant ir šalinant radioaktyviąsias atliekas, tyrimas* (2013–2015), kuriame laboratoriujos mokslininkai skaitiniai metodais įvertino, kaip kinta panaudoto RBMK branduolinio kuro nuklidinė sudėtis, radiacinių charakteristikos, liekamosios šilumos išsiskyrimas ilgalaikio saugojimo metu bei kaip šie parametrai priklauso nuo reaktoriaus apkrovos, šilumnešio tankio bei modeliavimui naudojamų skerspjūvių bibliotekų. Šis vertinimas svarbus siekiant prognozuoti jonizuojančiosios spinduliutės poveikį aplinkai bei užtikrinant saugią PBK saugojimo komplekso eksplotaciją. Ignalinos AE eksplotacijos 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.

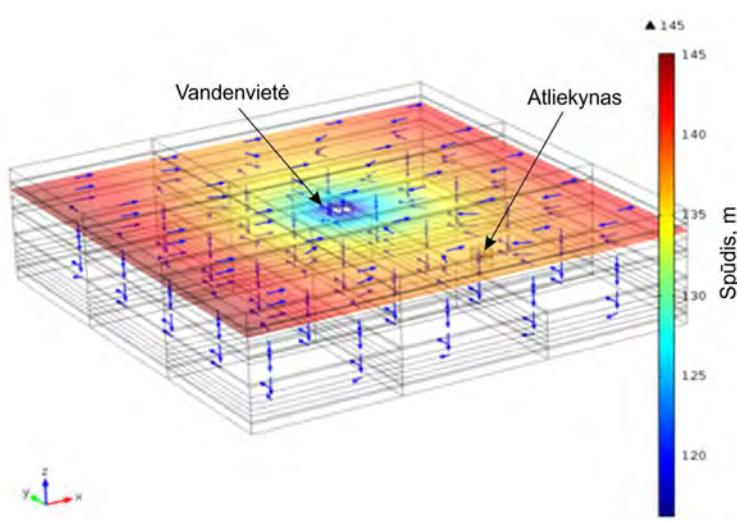
Taip pat šiame biudžeto subsidijomis finansuojamame moksliniame darbe buvo vykdomi giluminio atliekynų inžineriniuose ir gamtiniuose barjeruose radionuklidų, dujų ir šilumos sklaidos tyrimai. Atsižvelgus į Ignalinos AE regiono geologines sąlygas buvo sudarytas požeminio vandens tekėjimo ir radionuk-

lidų pernašos giluminio atliekyno įrengto kristalinėse uolienose konceptualus bei skaitinis modelis. Įvertinus gamtinį barjerų savybių įtaką radionuklido I-129 sklaidai nustatyta, kad geofiltracino laidumo neapibrėžtumas turi didesnės įtakos radionuklido koncentracijai nei difuzijos koeficiente ir poringumo neapibrėžtumas.

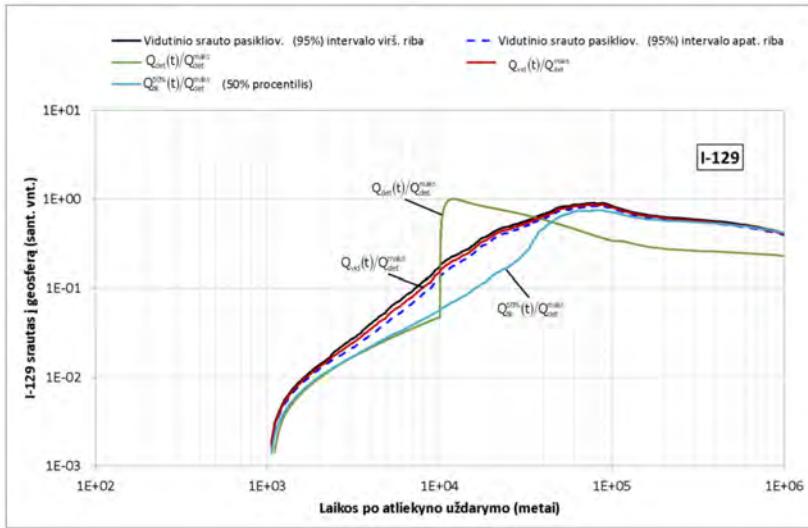
Įvertinus patikslintus duomenis apie I-129 pradinį aktyvumą, tekėjimo sąlygas (tikétinas Ignalinos AE regiono aplinkoje), sklaidos parametru neapibrėžtumą, atliktas tikimybinis ir deterministinis radionuklidų sklaidos inžineriniaių barjerais vertinimas, rezultatų neapibrėžtumo ir jautrumo analizę.

Nustatyta, kad tēsiant radionuklido I-129 pernašos Ignalinos AE regiono aplinkoje analizę, tikslina tolesnius tyrimus pirmiausia orientuoti į ekvivalentinio vandens srauto dydžio tiksliniam, bei RBMK-1500 kurui būdingų iškart išsiskiriančios kiekio dalies bei PBK matricos irimo greičio nustatymą.

Atlikus dujų sklaidos skaitinių vertinimą giluminio atliekyno, įrengto moliangoje aplinkoje, modulyje nustatyta, kad inžineriniai tarpeliai, tunelio užpildo medžiaga ir kasimo sutrikdyta zona (KSZ) yra pagrindinės dujinio vanden-



*Požeminio vandens tekėjimo kryptys Ignalinos AE regione vertinant radionuklidų sklaidą iš giluminio atliekyno (sukurta COMSOL kompiuterine programa)*



Radionuklido I-129 srauto į geosferą tikimybinės ir deterministinės analizės rezultatai

lio, susidarančio dėl plieninių PBK konteinerių korozijos, sklaidos ir kaupimosi medžiagos. Jautrumo analizė, ivertinanti inžinerinių tarpelio charakteristikų įtaką dujų sklaidai, parodė, kad maksimalus dujų slėgis modulyje (baziniu ir lokalios jautrumo analizės atvejais) neviršija geologinės aplinkos slėgio 500 m gylyje, todėl yra nepakankamas, kad sutrikdytų mechaninį inžinerinių barjerų sistemos stabilumą ir funkcionalumą. Inžinerinių

tarpelių skvarbos koeficiente neapibrėžtumas yra reikšmingesnis maksimalaus slėgio reikšmei modulyje bei iš modulio pasišalinančio dujinio H<sub>2</sub> kiekiui nei KSZ skvarbos koeficiente neapibrėžtumas.

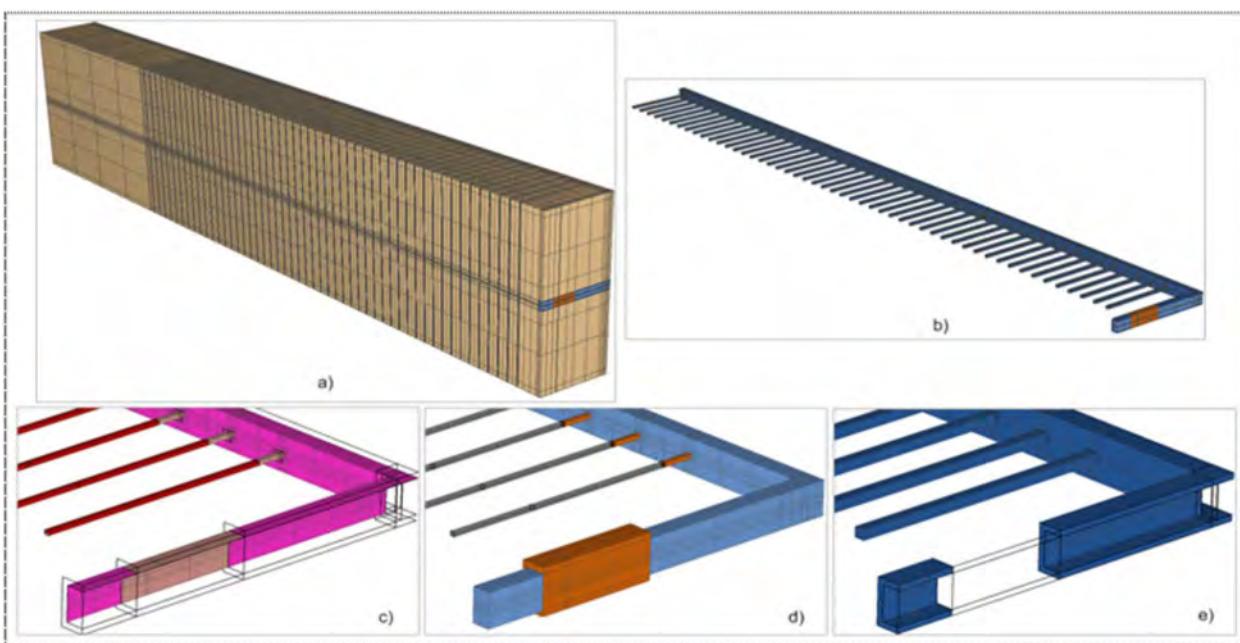
Laboratorijos mokslininkai kuro charakteristikoms modeliuoti (kritiškumui vertinti), panaudoto branduolinio kuro nuklidinei sudėčiai ir evoliucijai ivertinti naudoja SCALE ir MCNP (JAV) programinius paketus. Vertinant radio-

aktyviųjų atliekų atliekynų saugą naujomi PETRASIM (JAV) ir GOLDSIM (JAV) programiniai paketai, kuriais atliekamas radionuklidų/dujų pernašos (vienfaziam/dvifaziam sraute) modeliavimas porėtoje ar plyšiuotoje aplinkoje. Ivertinti termo-hidro-mechaninių procesų įtaką požeminio vandens sklaidai geotechninėse aplinkose naudojami COMSOL (JAV) ir COMPASS (GRC, JK) programiniai paketai.

## RADIOAKTYVIŲJŲ ATLIEKŲ TVARKYMO SAUGOS TYRIMAI

Nuo 1994 m. laboratorija aktyviai dalyvauja analizuojant Ignalinos AE radioaktyviųjų atliekų tvarkymo problemas. Laboratorijos ekspertai drauge su kompanija SKB International (Švedija) vykdė keletą projektų, kuriuose ivertinta jau esamų Ignalinos AE radioaktyviųjų atliekų saugyklių sauga bei galimybės jas transformuoti į atliekynus.

2002 m. kartu su Framatome ANP GmbH (Vokietija) laboratorija dalyvavo atliekant Ignalinos AE cementavimo



Giluminio atliekyno modulio reprezentacija skaitiniame modelyje: a) modulis ir jų supančios molingosios uolienos; b) atliekyno tunelių sistema ir KSZ; c) inžineriniai tarpeliai; d) inžineriniai barjerai; e) KSZ

įrenginio ir laikinosios sukiertintų 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 vietos paieška naujajam paviršiniams radioaktyviųjų atliekų atliekynui Lietuvoje bei moksliniai tyrimai, susiję su radionuklidų sklaida iš radioaktyviųjų atliekų atliekynui ir jų įtaka saugai. Švedijos ekspertų konsultuoojami, laboratorijos mokslininkai nustatė kriterijus paviršinio atliekyno vietai parinkti, tobulinta paviršinio atliekyno projekto koncepciją, parengta įgyvendinimo programa. Išanalizuota heterogeniško (netolygus) atliekų aktyvumo pasiskirstymo įtaka radionuklidų sklaidai iš modelinio paviršinio atliekyno.

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

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 Ignalinos AE eksplotavimo ir eksplotavimo nutraukimo metu susidariusioms trumpaamžėms labai mažo aktyvumo atliekoms šalinti. 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 planuojamos ūkinės veiklos *Poveikio aplinkai vertinimo ataskaitą*, dvi preliminaries saugos analizés ataskaitas (buferinei saugykla ir atliekų šalinimo moduliai), du bendrijų duomenų sąvadus, galutinę saugos analizés ataskaitą ir numatomų šalinti radioaktyviųjų atliekų pakuočių aprašus.

2015 m. laboratorija kartu su partneriais iš Prancūzijos kompanijų AREVA TA ir ANDRA bei partneriais iš Lietuvos UAB *Specialus montažas-NTP* bei AB *Pramprojektas* tėsė **Mažo ir vidutinio aktyvumo trumpaamžių radioaktyviųjų atliekų paviršinis kapijnynas (projektavimas)** (2009–2015) projektą. Atiekynas, skirtas Ignalinos AE eksplotacijos ir eksplotacijos nutraukimo metu susidariusioms trumpaamžėms mažo ir vidutinio aktyvumo atliekoms šalinti. 2010–2011 m. buvo paruoštos ir Užsakovui pateiktos bei patvirtintos projektinių sprendimų, atliekų aprašo bei galutinio aikštélės 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. 2014 m. laboratorijos mokslininkai baigė ruošti preliminarią saugos analizés ataskaitą

parengtos dar dvi PSAA *Ignalinos AE naujojo kietujų atliekų išémimo komplekso 1 ir 2–3 moduliais*. 2010 m. abi PSAA pateiktos atsakingoms institucijoms peržiūrėti. Pirmoji PSAA atnaujinta vadovaujantis institucijų pastabomis ir 2010 m. pabaigoje buvo patvirtinta VATESI, o 2011 m. viduryje gautas leidimas statyti šį kompleksą. 2011–2014 m. buvo atnaujinama antroji PSAA, atsižvelgiant į institucijų pastabas. 2014 m. pabaigoje VATESI suderino saugą pagrindžiančius dokumentus **2–3 atliekų išémimo moduliai**. Šiuo metu rengiamasi išleisti po VATESI suderinimo atnaujintą PSAA. 2017–2018 m. bus ruošiama **Galutinė saugos analizés ataskaita**.

2015 m. laboratorija kartu su partneriais iš Prancūzijos kompanijų AREVA TA ir ANDRA bei partneriais iš Lietuvos UAB *Specialus montažas-NTP* bei AB *Pramprojektas* tėsė **Mažo ir vidutinio aktyvumo trumpaamžių radioaktyviųjų atliekų paviršinis kapijnynas (projektavimas)** (2009–2015) projektą. Atiekynas, skirtas Ignalinos AE eksplotacijos ir eksplotacijos nutraukimo metu susidariusioms trumpaamžėms mažo ir vidutinio aktyvumo atliekoms šalinti. 2010–2011 m. buvo paruoštos ir Užsakovui pateiktos bei patvirtintos projektinių sprendimų, atliekų aprašo bei galutinio aikštélės 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. 2014 m. laboratorijos mokslininkai baigė ruošti preliminarią saugos analizés ataskaitą

ir pateikė ją Užsakovui. Atlikta saugos analizė apima atliekyno eksploatavimo laikotarpį ir ilgalaike saugą (laikotarpį po atliekyno uždarymo). Taip pat 2014 m. buvo parengta ir pateikta Užsakovui atliekyno aplinkos stebėsenos programa. 2015 m. preliminari saugos analizės ataskaita bei aplinkos stebėsenos programa buvo atnaujintos, įvertinus Užsakovo pastabas.

2015 m. laboratorijos mokslininkai baigė biudžeto subsidijomis finansuojamą mokslinį darbą, kuriamė atliko atliekų zonas nehomogeniškumo įtakos vertinant radionuklidų sklaidą iš paviršinio radioaktyviųjų atliekų atliekyno tyrimus. Tuo tikslu sudaryti trys skirtinio sudėtingumo atliekų zonas modeliai: homogeninis, sluoksninis ir dvimatis.

Tyrimų rezultatai parodė, kad vertinant trumpaamžių radionuklidų sklaidą homogeninis modelis yra konservatyvus (radionuklidų poveikis gaunamas stipriai padidintas). Todėl norint optimizuoti

atliekyno projektą išlaikant reikiamą saugos lygį, reikia naudoti sudėtingesnius atliekų zonos modelius.

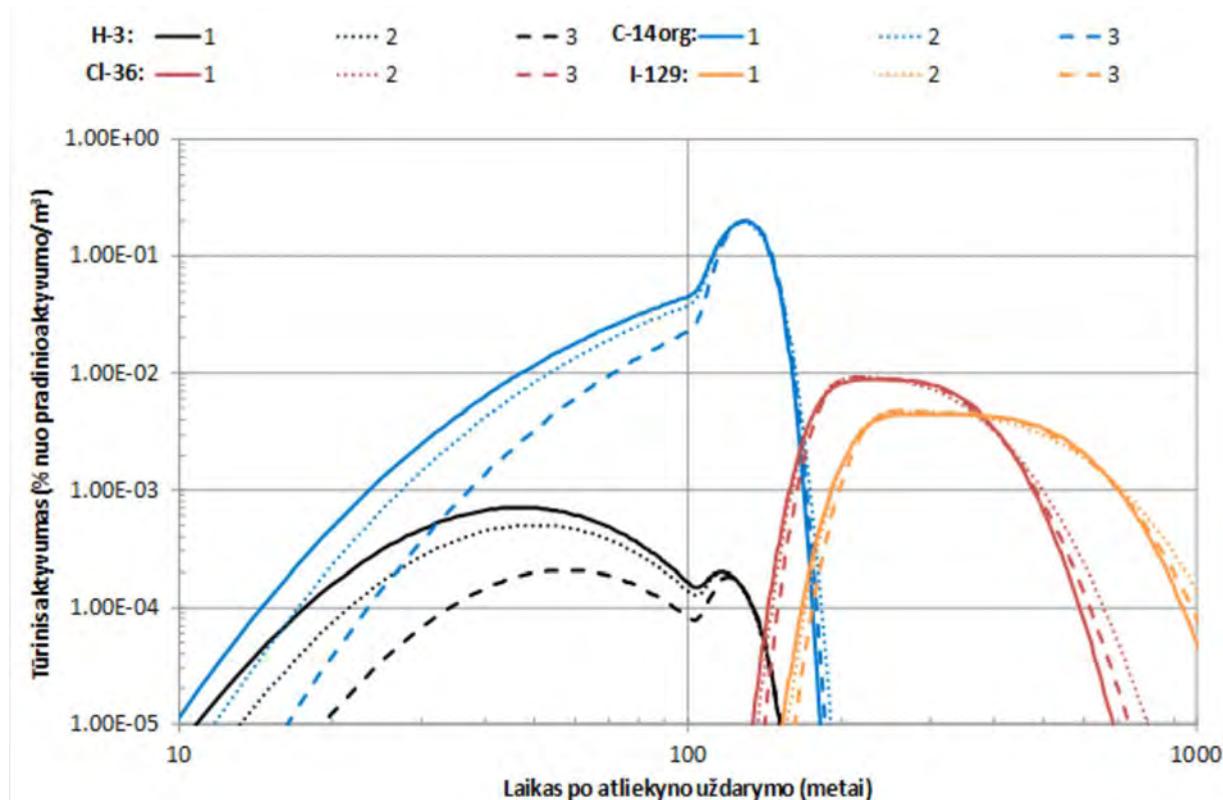
Laboratorijos mokslininkai įgijo patirties šioje srityje dalyvaujant TATENA koordinuojamuose tyrimų projektuose, tokiuose kaip **Paviršinių radioaktyviųjų atliekų kapinynų ilgalaike saugos įvertinimo metodologijos tobulinimas (ISAM)** (1998–2001), **Paviršinių radioaktyviųjų atliekų kapinynų ilgalaike saugos įvertinimo metodologijos taisyklės (ASAM)** (2002–2005) ir **Mažo ir vidutinio aktyvumo AE eksploatavimo nutraukimo atliekų laidojimo aspektai** (2002–2006).

Laboratorijos mokslininkai modeiliuojant radioaktyvių ir neradioaktyvių teršalų sklaidą aplinkoje naudoja AMBER (Quintessa, Jungtinė Karalystė) kompiuterinę programą. Vandens balansui modeliuoti, prognozuoti požeminio vandens lygį, įvertinant klimato kaitos scenarijus, naudojama kompiuterinė programa GARDENIA

(BRGM, Prancūzija). Geocheminiai tyrimai atliekami EQ3/6 (Lawrence Livermore National Laboratory, JAV) kompiuterine programa, kuri leidžia sudaryti nagrinėjamose vandens/kietos fazės sistemose vykstančių cheminių procesų eigos ir trukmės modelius, skirtus teršalų (radionuklidų) cheminiams kitimams, tirpumui ir sorbcijai vandens/kietos fazės sistemose modeliuoti.

## ATOMINIŲ ELEKTRINIŲ EKSPLOATACIJOS NUTRAUKIMO ĮVERTINIMAS

Dar 1998 m. laboratorijos mokslininkai pradėjo tyrimus, susijusius su Ignalinos AE eksploatacijos nutraukimu. Mūsų ekspertai dalyvavo PHARE projekte rengiant **Preliminarų Ignalinos AE eksploatavimo nutraukimo planą** bei **Galutinį IAE eksploatavimo nutraukimo planą**. 2004 m. laboratorijos mokslininkai LR ūkio ministerijos



Įspausdintų radionuklidų tūrių aktyvumų po atliekynu palyginimas: 1 – homogeninis modelis, 2 – sluoksninis modelis, 3 – dvimatis modelis

užsakymu parengė Ignalinos AE eksploracijos nutraukimo programos ir jos įgyvendinimo priemonių plano 2005–2009 m. projektus. Kartu su Fizikos institutu 2005–2008 m. vykdytas projektas *Ignalinos AE įrangos ir įrenginių radiologinių tyrimų programos rengimas*.

Nuo 2007 m. laboratorija aktyviai dalyvauja Ignalinos AE išmontavimo projektuose. LEI, būdamas konsorciumo Babcock (buvusi VT Nuclear Services Ltd.) (Jungtinė Karalystė) – LEI – NUKEM Technologies GmbH (Vokietija) partneriu, vykdė projektą *IAE 117/1 pastato įrenginių deaktyvacija ir išmontavimas* (2007–2010). 2009 m. laboratorijos specialistų paruošta ir su institucijomis suderinta *Poveikio aplinkai vertinimo ataskaita*, 2010 m. parengtas *Atliekų šalinimo bendrujų duomenų sąvadas*. Laboratorijos specialistai dalyvavo rengiant *Darbo projektą*, kuris 2010 m. suderintas ir perduotas Užsakovui, bei *Technologinį projektą* ir *Saugos pagrindimą*, kurie buvo suderinti su institucijomis. Laboratorijos mokslininkai išanalizavo 117/1 pastate esančią įrangą, susidarančius atliekų kiekius bei jų charakteristikas ir atliko ekonominį planuojamų vykdyti išmontavimo ir deaktyvavimo darbų vertinimą. Ignalinos AE darbuotojai pagal parengtą dokumentaciją 2010 m. gruodžio 1 d. pradėjo 117/1 pastate esančių įrenginių išmontavimo ir deaktyvavimo darbus, kurie buvo baigtai 2011 m. spalį.

LEI Branduolinės inžinerijos problemų laboratorijos mokslininkai taip pat būdami konsorciumo Babcock (Jungtinė Karalystė) – LEI – NUKEM Technologies GmbH (Vokietija) partneriai vykdė projektą *IAE V1 pastato įrenginių deaktyvacija ir išmontavimas* (2009–2012). 2010 m. laboratorijos specialistai baigė rengti *Atliekų šalinimo bendrujų duomenų sąvadą*. 2011 m. la-

butorijos specialistai parengė ir suderino su Aplinkos ministerija *Poveikio aplinkai vertinimo ataskaitą*. 2012 m. suderinti su institucijomis *Technologinis projektas* ir *Saugos pagrindimas* bei Užsakovui pateiktas *Darbo projektas*. 2012 m. Ignalinos AE darbuotojai pagal parengtą dokumentaciją pradėjo V1 pastato įrangos išmontavimo ir deaktyvavimo darbus. 2013 m. pabaigoje užbaigta D1 išmontavimo fazė, kurios metu išmontuota apie 640 tonų įrangos. 2023–2028 m. planuojama vykdyti pastato V1 išmontavimo D2 fazę.

2015 m. LEI Branduolinės inžinerijos problemų laboratorija, būdama tarptautinio konsorciumo (UAB *Specialus montażas-NTP* – FTMC – LEI – ATP (Bulgarija) – INRNE (Bulgarija)) partnere, toliau vykdė projektą *Kozloduy AE 1–4 blokų sukauptų medžiagų įvertinimas ir radiologinis inventoriavimas* (2012–2016). Šis projektas skirtas Kozlodujaus (Bulgarija) AE 1–4 reaktorių (VVER) blokus apimančių pastatų, patalpų, įrangos, teritorijos ir radioaktyviųjų atliekų radiologiniams charakterizavimui bei radioaktyviųjų ir pavojingų medžiagų kiekiui nustatyti. 2015 m. laboratorijos ekspertai baigė patikrinamuosius neutroninės aktyvacijos ir dozės galių skaičiavimus (verifikacija) 3-iojo bloko reaktoriaus VVER-440 konstrukcijoms bei dalyvavo rengiant neutroninės aktyvacijos ir dozės galių patikrinamuų skaičiavimų, patalpų, pastatų ir aplinkinių teritorijų radiologinio charakterizavimo ataskaitas.

2015 m. buvo toliau tobulinamas 2009 m. laboratorijos mokslininkų sukurtais DECRAD kompiuterinių programų paketas. Pagrindinis DECRAD kompiuterinių programų paketo naudojimo tikslas – įvertinti atominių elektrinių išmontavimo ir deaktyvavimo darbų sąnaudas, išlaidas, numatyti darbo jėgos poreikį, apskaičiuoti darbuotojų

gaunamą apšvitos dozę, planuoti susidarančių radioaktyviųjų atliekų kiekį bei aktyvumus, įvertinti pakuočių skaičių bei kitus parametrus, susijusius su branduolinių energetinių objektų eksploravimo nutraukimu. Šis programų paketas gali būti taikomas įvairių atominų elektrinių bei atskirų pastatų ar blokų eksploravimo 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*), yra tinkamiausias metodas branduolinių įrenginių išmontavimo alternatyvoms parinkti.

Nuo 2013 m. kurta DECRAD-ACT programa, kuri išplečia DECRAD funkcionalumą ir yra skirta kaupti ir apdoroti duomenis apie aktyvuotus branduolinių reaktorių komponentus. Ši programa baigta ir taikoma minėtame vykdymame Kozloduy AE projekte.

2015 m. laboratorijos mokslininkai, kaip ekspertai, toliau dalyvavo TATENA koordinuojamame projekte *Duomenų analizė ir surinkimas atliekant tiriamųjų branduolinių reaktorių išmontavimo išlaidų įvertinimą (DACCORD)* (2012–2016). Šio projekto tikslas – pateikti priemones, patarimus bei pagalbą paruošiant preliminarių išlaidų įvertinimą valstybėms, kurios vykdo ar planuoja vykdyti mažų branduolinių objektų ar tiriamųjų branduolinių reaktorių išmontavimą.

2015 m. laboratorijos mokslininkai baigė biudžeto subsidijomis finansuojamą mokslinį darbą, kuriame taikant šiuolaikinius skaitinių tyrimų metodus atliko:

- Ignalinos AE 1-ojo bloko vandens valymo ir aušinimo sistemos (VVAS) radiologinio radiacinių užterštumo



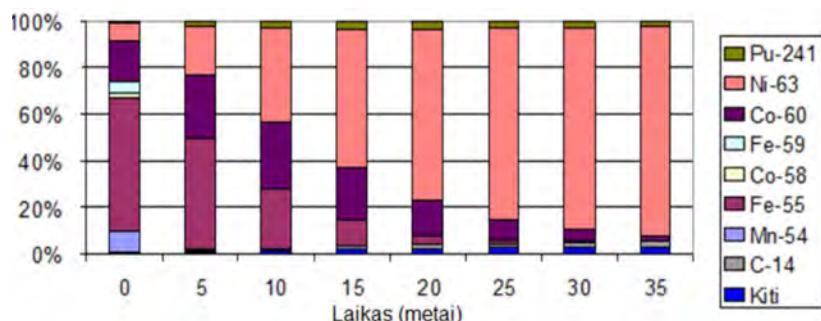
J.m.d. G. Poškas su kitais DACCOR projekto dalyviais (2015 m. balandžio 20–24 d., Daejeon, P. Korėja)

taršos tyrimą, kuriame gauti rezultatai apie VVAS posistemų ir komponentų nuosėdų bendrą aktyvumą ir nuosėdų radionuklidinę sudėtį reaktoriaus galutinio sustabdymo metu, bei labiausiai užterštų komponentų nuosėdų aktyvumo kitimą laike ir jų suminę skleidžiamos dozės galią. VVAS posistemų komponentų užterštumas palygintas su priverstinės cirkuliacijos kontūru (PCK) būdingu komponentu. Taip pat atlikta ant VVAS būdingo komponento sie-nučių susidarančių nuosėdų aktyvumo tikimybinė neapibrėžtumo ir jautrumo analizė.

- Jonizuojančios spinduliuotės poveikio darbuotojams nutraukiant Ignalinos AE eksploraciją tyrimą, kuriame buvo išnagrinėtas jonizuojančios spinduliuotės poveikis darbuotojams išmontuojant Ignalinos AE reaktoriaus avarinio aušinimo sistemos (RAAS) hidroakumuliaciinius balionus. Nagrinėtos aštuonios išmontavimo strategijos ir nustatyta tinkamiausia. Taip pat atlikta parametrų jautrumo analizė, t. y. nustatyti standartizuoti regresijos koeficientai bendrai efektinei dozei.
- Radionuklidų skaidą aplinkoje, nutraukiant Ignalinos AE eksploraciją ir jos poveikio gyventojams

vertinimą, kuriame nustatyta, kad nėra pakankamai tiksliai vertinamas kai kurių į aplinką išmetamų radionuklidų poveikis. Šių radionuklidų poveikui vertinti tikslinė naudoti patikslintus dozės daugiklius. Optimizuojant skaitinio modeliavimo neapibrėžtumų analizę bei tolesnį išmetimą į aplinką poveikio vertinimo modelių tikslinimą, rekomenduojama atsižvelgti į atskirų radionuklidų poveikio aplinkai reikšmingumą.

Modeliuojant neutronų, fotonų ir elektronų (spinduliuotės) pernašą laboratorijos mokslininkai naudoja MCNP-MCNPX (Los Alamos National Laboratory, JAV) programinį paketą. Išsklaidytos gama spinduliuotės, sklindančios iš įvairių branduolinių objekto (pvz., radioaktyviųjų atliekų saugojimo ir šalinimo kompleksų ir pan.), įvertinimas atliekamas MICROSKYSHINE kompiuterine programa. Darbuotojų efektinė dozė vertinama VISIPLAN (SCK-CEN, Belgija) ir MICROSHIELD (GroveSoftware, JAV) kompiuterinėmis programomis. Įvairių taršos šaltinių išmetamų teršalų skaidos modeliavimas atliekamas AERMOD VIEW (Lakes Environmental Software, JAV) kompiuterine programa.



*Ignalinos AE 1-ojo bloko vandens valymo ir aušinimo sistemos komponento nuosėdų aktyvumo kitimas laike (kiti < 1 %)*

## GAISRO SAUGOS ATOMINĖSE ELEKTRINĖSE IR KITUOSE SVARBIUOSE OBJEKTUOSE ĮVERTINIMAS

Gaisrai, kylantys branduolinės energetikos objektuose (BEO), ypač atominėse elektrinėse, gali kelti pavojų saugai svarbių sistemų darbingumui bei padaryti milžiniškų, nenuuspėjamų nuostolių. Todėl gaisrų pavojui juose analizuoti visame pasaulyje skiriama daug dėmesio. Tokios analizės pagrindinis tikslas – parodyti, kad saugai svarbių sistemų išdėstymas ir esančios gaisrų apsaugos priemonės užtikrina BEO branduolinę saugą ir atitinka nacionalius teisės aktų reikalavimus, taip pat TATENA rekomendacijas bei kitų šalių gerąjį praktiką.

Nuo 2002 m. laboratorija atlieka gaisro saugos atominėse elektrinėse ir kituose svarbiuose objektuose vertinimus. Laboratorijos mokslininkai, konsultuojami Švedijos ekspertų, įvertino IAE 1-ojo ir 2-ojo blokų gaisro saugą. Taip pat įvertino kai kurių atnaujintų pakeistos paskirties IAE patalpų bei naujai projektuojamų IAE panaudoto branduolinio kuro ir radioaktyviųjų atliekų saugykłų gaisro saugą, 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 Ignalinos AE 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 Ignalinos AE V1 bloko išmontavimo ir deaktyvavimo darbus. 2012 m. atsižvelgiant į detalaus projekto dokumentaciją buvo įvertintas gaisro poveikis labai mažo aktyvumo radioaktyviųjų atliekų buferinėje saugykloje, o 2014 m. rengiant mažo ir vidutinio aktyvumo atliekų atliekyno saugą pagrindžiančius dokumentus, atlakta šio komplekso gaisro pavojaus analizė.

2015 m. laboratorijos mokslininkai užbaigė vykdtyti tiriamajį darbą *Bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos gaisro pavojaus analizę* (2014–2015). Siekiant visapusiskai užtikrinti bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos priešgaisrinę saugą, buvo būtina atlkti jo gaisro pavojaus analizę bei pademonstruoti kaip užtikrina šio BEO konstrukcijų, sistemų ir komponentų apsauga nuo gaisro ir jo pasekmių, nepažeidžiant saugai svarbių sistemų funkcijų vykdymo. Gaisro pavojaus analizė atlakta taikant inžinerinio vertinimo metodus bei atliekant plačios apimties skaitinius tyrimus. Išleistoje ataskaitoje pateiktos išvados ir rekomendacijos, kurių įgyvendinimas pagerins bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos priešgaisrinę saugą bei su-

mažins neigiamą gaisro ir jo sukeliamu pasekmių poveikį.

Laboratorijoje gaisro modeliavimas atliekamas PYROSIM (JAV) programiniu paketu.

## BRANDUOLINĖS ENERGETIKOS PLĖTRA LIETUVOJE

2007–2009 m. laboratorijos mokslininkai konsorciume su Pöyry Energy Oy (Suomija) 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 laboratorijos) specialistus bei eksperetus, įvertinti galimi poveikiai aplinkai naujos AE statybos ir eksplotacijos metu. 2009 m. pagal PAV ataskaitą išatsakingų institucijų gautos teigiamos išvados dėl planuojamos ūkinės veiklos, ir Aplinkos ministerija, vadovaudamasi PAV ataskaita, priėmė sprendimą dėl naujos atominės elektrinės statybos Lietuvoje galimybų.

## LABORATORIJOS DALYVAVIMAS ES 7BP IR HORIZONAS 2020 PROGRAMOSE

Nuo 2008 m. laboratorijos mokslininkai aktyviai dalyvauja ES 7-osios bendrosios programos (7BP) finansuojamuose mokslinių tyrimų bei koordinavimo ir paramos veiklos projektuose. Jau baigtai vykdtyti projektai – *Apšvitintų grafito ir kitų anglies atliekų apdorojimas ir šalinimas (CARBOWASTE)* (2008–2013), *Geologiniuose PBK/RA atliekynuose susidarančių duju elgsena (FORGE)* (2009–2013), *Naujų valstybių narių prisijungimas glaudžiam*

bendradarbiavimui EURATOM moksliniuose tyrimuose (NEWLANCER) (2011–2013), Nepriklausomos techninės ekspertizės tinklas radioaktyviųjų atliekų šalinimo srityje (SITEX) (2012–2013).

2015 m. laboratorijos mokslininkai tęsė darbus trijuose 7BP finansuojamuose projektuose ir kartu su kitų šalių mokslininkais pradėjo dvi veiklas ES programos **Horizontas 2020** koordinavimo ir paramos projektuose:



• **Radioanglies ( $C-14$ ) šaltiniai (CAST)** (2013–2018). Šiuo projektu siekiama išplėtoti mokslinį supratimą apie radionuklido  $C-14$  susidarymą radioaktyviosiose medžiagose ir jo skliaudą esant sąlygomis, būdingoms radioaktyviųjų medžiagų pakavimui ir šalinimui geologiniuose kapinynuose. Daugiausiai dėmesio bus skiriamas  $C-14$  skliaidai iš apšvitintų metalų, jonų-mainų dervų ir grafito. Projektą vykdo 33 partneriai iš 12 ES šalių ir 3 ES nepriklausančių šalių. 2015 m. buvo atnaujinta informacija apie reaktorių RBMK-1500 apšvitintame grafito esančios radioanglies inventoriaus ir pasišalinimo vertinimus bei apie radioanglies vertinimus saugos analizėse Lietuvoje, taip pat pradėti kurti nauji radioanglies inventoriaus Ignalinos AE grafito nustatymo bei skliaudos modeliai. 2015 m. kovą dalyvauta CAST projekto 6-osios darbo grupės susitikime Madride (Ispanijos Karalystė), o spalį taip pat sudalyvauta CAST projekto antrajame generalinių asamblėjos susitikime Bukarešte (Rumunija).



• **Kompleksinis regiono galimybių statyti naujus reaktorius vertinimas (ARCADIA)** (2013–2016). Projekto tikslas – naujosiose ES šalyse remti ir plėtoti branduolinius mokslinius tyrimus, susijusius su IV kartos reaktorių plėtojimu, daugiausiai dėmesio skiriant ALFRED (švinu aušinamas reaktorius) demonstraciniams įrenginiui. Projektą vykdo 26 partneriai iš 14 ES šalių. Šiame projekte laboratorijos mokslininkai dalyvauja kartu su Branduoliniių įrenginių saugos laboratorija.



**PLATENSO**

• *Platformos kūrimas stiprinant socialinius tyrimus, susijusius su branduoline energetika Vidurio ir Rytų Europoje*

(**PLATENSO**) (2013–2016). Projekto tikslas – stiprinti mokslo institucijų galimybes, Vidurio ir Rytų Europos šalims dalyvauti ES moksliniuose tyrimuose, susijusiuose su valdymo, socialiniai ir sociologiniai aspektai branduolinėje energetikoje. Projektą vykdo 19 partnerių iš 12 ES šalių. 2015 m. įvyko du PLATENSO partnerių susitikimai (Stockholme ir Budapešte), kuriuose pristatyti projekto pasiekimai ir aptarti būsimi darbai. 2015 m. buvo rengiama nacionalinė socialinių mokslinių tyrimų, susijusių su branduoline energetika, strategija.



• *Tvarus ne-priklausomas techninės ekspertizės tinklas radioaktyviųjų*

**atliekų šalinimo srityje: Bendradarbiavimas ir įgyvendinimas (SITEX-II)** (2015–2017). Ši ES finansuojamą programos **Horizontas 2020** Euratom projektą laboratorijos mokslininkai vykdo kartu su 17 organizacijų iš kitų ES šalių, Šveicarijos, Kanados. Vertinant geologinio atliekyno saugą užtikrinančius sprendimus, ypač grindžiamus mokslinių tyrimų rezultatais, reikia aukštos mokslinės ir techninės kompetencijos. Šiame kontekste projekto tikslas yra pademonstruoti ankstesnio projekto (EK 7BP SITEX, 2012–2014) vykdymo metu identifikuotas bendradarbiavimo galimybes bei priemones, kurios leistų sukurti tvarų nepriklausomos techninės ekspertizės tinklą Europoje radioaktyviųjų atliekų šalinimo srityje. Tokio tinklo veikla grindžiama moksliniu bendradarbiavimu panaudojant atskirose tyrimų institucijose turimą įrangą, esamą žinių potencialą, tuo pačiu tobulinant ir specialistų gebėjimus, reikalingus tiek mokslinių tyrimų rezultatų interpretacijai, tiek nepriklausomai techninei ekspertizei vykdyti. Nepriklausomi specialistai (tinklas) yra priemonė sukurti dialogą techniniais klausimais tarp reguliuojančiųjų institucijų ir atliekyno įgyvendinimą vykdančių organizacijų bei visuomenės.

Įgyvendant šį projektą 2015 m. Branduolinės inžinerijos problemų laboratorijos mokslininkai

karto su konsorciumo partneriais teikė pasiūlymus bendrų mokslinių tyrimų tematikai, rinko ir sistemo informaciją apie techninių specialistų rengimo poreikius, strategiją bei taikomą praktiką projektą vykdančiose organizacijose, esamų specialistų rengimo institucijų siūlomų mokymų tinkamumą atliekynų saugos pagrindimo techninę ekspertizę atliekantiems specialistsams rengti, rengé projekto kokybės vadybos dokumentus.

- **Radioaktyviųjų atliekų šalinimo bendrosios tyrimų programos sudarymas (JOPRAD)** (2015–2017). Šio projekto tikslas – paruošti pasiūlymą, pagal kurį būtų sudaryta Radioaktyviųjų atliekų šalinimo bendrų tyrimų programa. Parengta ši bendrų tyrimų programa paskatintų Europos mastu kartu vykdyti bendrus nacionalinėse tyrimų prog-



Dr. A. Narkūnienė požeminėje Tournemire tyrimų laboratorijoje SITEX-II projekto dalyvių susitikimo metu (2015 m. lapkričio 17 d., Millau, Prancūzija)



ramose numatytais tyrimais. Laboratorijos mokslininkai šiame projekte dalyvauja kaip suinteresuota mokslininkų grupė, teikianti pasiūlymus ir informaciją apie mokslinių tyrimų poreikius susijusius su radioaktyviųjų atliekų šalinimu Lietuvoje. 2015 m.

jvyko du JOPRAD susitikimai (Parodyžiuje ir Nante (Prancūzija)), kurių metu dalyvauta diskusijoje dėl prioritetinių mokslinių tyrimų identifikavimo radioaktyviųjų atliekų tvarkymo srityje, būtinų įgyvendinant nacionalines radioaktyviųjų atliekų tvarkymo programas, rengtas dokumentas *Strateginis tyrimų planas*.



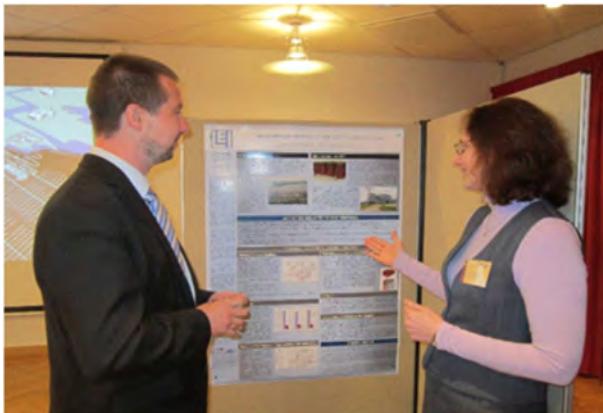
- Tobulinant kvalifikaciją giluminio atliekyno įrengimo planavimo, pirminybinių tyrimų poreikio bei įgyvendinimo srityje, 2015 m. gegužės 26 d. dr. D. Justinavičius dalyvavo **IGD-TP** (angl. *Implementing Geological Disposal of radioactive waste Technology Platform*) platformos organizuotame Rumunijoje seminare PLANDIS (angl. *Planning geological disposal of radioactive waste in Europe*), kuriame susipažino su labiausiai giluminio atliekynų įrengimo srityje pažengusių šalių patirtimi. Dalyvavo diskusijoje, kaip šiuo šaliu patirė perduoti mažiau pažengusioms šalims (taip pat ir Lietuvai). 2015 m. lapkričio 3–4 d. Londone dalyvavo 6-ajame žinių apsikeitimo forume, kuriame pristatyti pasibaigę ir vykstantys mokslinių tyrimų projektai, bei susipažino su Eu-



Dr. D. Justinavičius kartu su kitais PLANDIS seminaro dalyviais (2015 m. gegužės 25–27 d., Pitesti, Rumunija)

ropos Komisijos remiamomis bendradarbiavimo galimybėmis šia tematika.

2015 m. birželio 4–6 d. dr. D. Grigaliūnienė dalyvavo Oskarshamn (Švedija) 7BP *LUCOEX* projekto (angl. *Large Underground Concept Experiments*) organizuotame seminare *Full-scale demonstration tests in technology development of repositories for disposal of radioactive waste*, kuriame mokslininkai pristatė atliekynų koncepcijas, pasidalijo praktine patirtimi ir iššūkiais, kylančiais įrengiant požeminius giluminių atliekynų tunelius PBK šalinti. Su seminaro dalyviais taip pat aplankė Ąspą požeminę tyrimų laboratoriją, įrengtą kristaliniame pamate 450 m gylyje po Baltijos jūrą.



Dr. D. Grigaliūnienė prie stendinio pranešimo apie panaudoto branduolinio kuro tvarkymą Lietuvoje (2015 m. birželio 2–4 d., Oskarshamn, Švedija)

## LABORATORIJOS DALYVAVIMAS TATENA ORGANIZUOTUOSE RENGINIUOSE

2015 m. laboratorijos mokslininkai tobulinant kvalifikaciją dalyvavo TATENA organizuotuose techniniuose susitikimuose, seminaruose, konferencijose ir mokymuose:

Sausio 26–28 d Vienoje (Austrijoje) dr. E. Narkūnas dalyvavo techniniame susitikime (angl. *Technical Meeting on Methodologies for Source Term Assessment for Decommissioning*), kuriame buvo rengiamas/peržiūrimas preliminarus TATENA techninis dokumentas *Šaltinių įvertinimo metodologijos atliekant eksplotavimo nutraukimą* (angl. *Methodologies for Source Term Assessment for Decommissioning*).



Dr. E. Narkūnas su kitais TATENA techninio susitikimo dalyviais (2015 m. sausio 26–28 d., Viena, Austrija)

Gegužės 4–8 d. Vienoje dr. A. Šimonis dalyvavo techniniame susitikime, kuriame susipažino su suinteresuotų grupių veikla ir susiduriamomis problemomis pasaulyje įrengiant radioaktyviųjų atliekų atliekynus (angl. *Technical meeting on Learning from International Experiences of Stakeholder Involvement in Radioactive Waste Management*).

Gegužės 18–22 d. Taline (Estija) dr. V. Ragaišis dalyvavo seminare (angl. *Regional Workshop on Decommissioning of Soviet RADON-type radioactive Waste Disposal Facilities*), kuriame nagrinėtos Tarybinių laikų RADON tipo atliekynų išmontavimo galimybės, bei Estijos patirtis išmontuojant atliekyną Tammiku aikštélėje.



Dr. V. Ragaišis su kitais TATENA seminaro dalyviais (2015 m. gegužės 18–22 d., Talinas, Estija)

Gegužės 31 d.–birželio 5 d. seminare (angl. *Workshop on Selection of Adequate Technologies to Address Specific Waste Processing Needs*) Mančesteryje (JK) G. Poškas susipažino su radioaktyviųjų atliekų tvarkymo tyrimais kitose šalyse, nutraukiant branduolinių objektų eksplotaciją. Semi-

naro metu dalyvavo techniniame vizite į NNL Workington radioaktyviųjų atliekų tvarkymo technologijų „šaltų“ bandymų kompleksą.

Birželio 7–13 d. Vienoje dr. D. Grigaliūnienė dalyvavo techniniame susitikime, kuriame buvo rengiama paviršinio atliekyno saugos vertinimo metodikos praktinio taikymo dokumentacija (angl. *Third Technical Meeting on the Application of the Practical Illustration and Use of the Safety Case Concept in the Management of Near-Surface Disposal Project (PRISMA)*).

Birželio 14–20 d. Vienoje dr. A. Šmaižys dalyvavo TATENA tarptautinėje konferencijoje *International Conference on Management of Spent Fuel from Nuclear Power Reactors: An Integrated Approach to the Back End of the Fuel Cycle*, kurioje pristatė pranešimą *Evaluation of Radiation Characteristics of Spent RBMK-1500 Nuclear Fuel Storage Casks during Very Long Term Storage*.

Birželio 22–26 d. Varšuvoje (Lenkija) dr. A. Narkūnienė dalyvavo techniniame susitikime (angl. *Technical meeting on Generic Concept, Data and Modelling Needs to Develop a First Iteration Safety Assessment*), kuriame buvo nagrinėti geologinio atliekyno bendrinės konцепcijos, duomenų bei skaitinių tyrimų poreikiai vertinant geologinių atliekynų saugą.

Rugpjūčio 24–28 d., Visagine laboratorijos mokslininkai dalyvavo seminare, kuriame buvo supažindinama su naudojamomis specialiomis deaktyvavimo bei išmontavimo priemonėmis bei technologijomis išmontuojant bei deaktyvuojant radionuklidais užterštas medžiagas. (angl. *Development of specific decontamination techniques for RBMK dismantlement and/or highly active material from contaminated areas from accident conditions*).

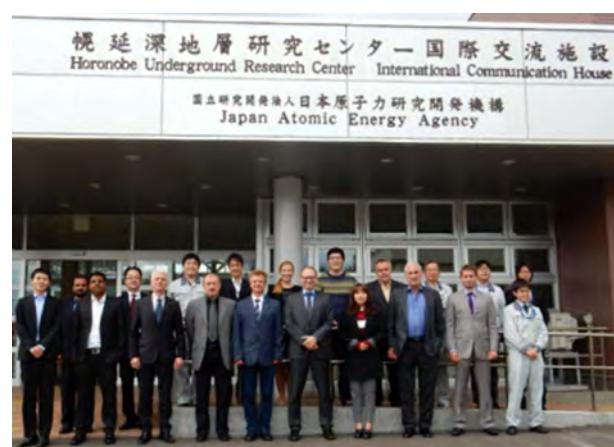
Rugsėjo 7–11 d. Baku (Azerbaidžane) dr. A. Šimonis dalyvavo seminare (angl. *Regional Workshop on Closure and Long-Term Care and Maintenance of Sites after Remediation*), kuriame buvo pristatytos rekomenduojamos saugos, organizacinės ir finansinės priemonės bei metodai ryšiams su visuomene saugojant, tvarkant bei sutvarkius teritorijas tokiu objektu kaip branduoliniai energetiniai objektai, radioaktyviųjų atliekų atliekynai ar naudingų iškasenų kasyklos. Seminaro metu buvo aplankytas specializuotas įmonės ISOTOPEN radioaktyviųjų atliekų šalinimo atliekynas, bei sutvarkyta jodo gamyklos Surakhany teritorija.



Dr. A. Šimonis su TATENA seminaro dalyviais specializuotos įmonės ISOTOPEN radioaktyviųjų atliekų šalinimo atliekyno teritorijoje (2015 m. rugsėjo 7–11 d., Azerbaidžanas)

Rugsėjo 20–26 d. Sankt Peterburge (Rusija) dr. D. Justinavičius dalyvavo bendruose kompanijos Rosatom bei TATENA mokymuose *III International School on Power Reactor Spent Nuclear Fuel Management*.

Spalio 9–15 d. susitikime Japonijoje dr. R. Kilda susipažino su naujomis TATENA rekomendacijomis tyrimams, ruošiantis šalinti PBK bei didelio aktyvumo radioaktyvišias atliekas giluminiuose atliekynuose (angl. *Underground Research Facilities Network on the Fundamentals of Geological Disposal Concepts*). Susitikimo metu atliktos užduotys, pademonstruojant pateiktų rekomendacijų supratimą ir praktinį taikymą. R. Kilda aplankė Horonobe požeminę laboratoriją, susipažino su joje atliekamais geologiniai-hidrogeologiniai bei bentonito savybių tyrimais.



Dr. R. Kilda TATENA techniniame susitikime (2015 m. spalio 9–15 d., Horonobe, Japonija)

Lapkričio 22–28 d. Karlsruhe (Vokietija) mieste dr. A. Sirvydas dalyvavo išmontavimo atliekų tvarkymo seminare (angl. *Management of Waste from Decommissioning*),

kuriame buvo supažindinama su TATENA rekomendacijomis, aplankė Karlsruhe Technologijos instituto radioaktyviųjų atliekų tvarkymo kompleksą.



*Dr. A. Sirvydas su TATENA seminaro dalyviais  
(2015 m. lapkričio 22–28 d., Karlsruhe, Vokietija)*

## PAGRINDINIAI REZULTATAI

2015 m. laboratorijos darbuotojai vykdė dvi ilgalaike mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros programas, baigė biudžeto subsidijomis finansuojamą mokslinį darbą. Vykdė tris **ES 7BP** projektus bei pradėjo vykdyti du naujus programos **Horizontas 2020** projektus. Taip pat vykdė 9 taikomuosius darbus bei uždirbo apie 730 tūkst. eurų. Laboratorijos mokslininkai aktyviai tobulino kvalifikaciją dalyvaudami TATENA techniniuose susitikimuose, seminaruose, stažavosi Lundo universitete, perskaitė 8 pranešimus tarptautinėse konferencijose (Švedijoje, Šveicarijoje, Slovakijoje, Kinijoje, Austrijoje, Estijoje ir Lietuvoje) ir 3 pranešimus respublikinėse konferencijose, paskelbė 6 mokslinius straipsnius *Thomson Reuters* duomenų bazėje *Web of Science Core Collection* referuojamuose leidiniuose.



# 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 kitimo atominių elektrinių apsauginiuose gaubtuose ir kitose patalpose vertinimas;
- radionuklidų bei aerosolių pernešimo patalpose modeliavimas;
- branduolinių reaktorių reaktyvinių avarinių procesų analizė bei aktyviosios zonas modifikacijų pagrindimas;
- branduolinių įrenginių eksploracijos nutraukimo ir išmontavimo darbų saugos analizė;
- energetikos sistemų patikimumo vertinimas ir kontrolė;
- branduolinių įrenginių 1 ir 2 lygio tikimybinė saugos analizė;
- sudėtingų techninių objekto statybinių konstrukcijų, vamzdynų ir kitų elementų stiprumo analizė;
- sudėtingų techninių sistemų gedimų analizė ir inžinerinis vertinimas;
- pramonės objekto pavojaus ir rizikos vertinimas;
- 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.



**Prof. habil. dr. Eugenijus UŠPURAS**

Branduolinių įrenginių saugos  
laboratorijos vadovas

Tel. (8 37) 401 926

El. p. [Eugenijus.Uspuras@lei.lt](mailto:Eugenijus.Uspuras@lei.lt)

**2015 m. laboratorijos darbuotojai kartu su šalies ir užsienio subjektais vykdė 30 projektų:** 3 biudžeto subsidijomis finansuotus mokslo tiriamuosius darbus; 1 ilgalaikę institucinę mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros programą; 24 tarptautinius projektus (po penkis ES 7BP ir *Horizontas 2020* programose); 2 projektus pagal Lietuvos ūkio subjektu užsakymus.

## 1. LIETUVOS RESPUBLIKOS VYRIAUSYBĖS FINANSUOJAMI PROJEKTAI



ŠVIETIMO  
IR MOKSLO  
MINISTERIJA

### ILGALAIKĖS MOKSLINIŲ TYRIMŲ IR EKSPERIMENTINĖS PLĖTROS PROGRAMOS

2012 m. pradėtos 5 metų trukmės ilgalaikės institucinės mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros programos ***Branduoliniuose ir termobranduoliniuose įrenginiuose vykstančių saugai svarbių procesų moksliniai tyrimai*** tikslas – parengti kompleksinę deterministinės ir tikimybinės analizės branduolinių ir termobranduolinių įrenginių saugai vertinti metodologiją, atsižvelgiant į neapibrėžtumą ir sunkiuju avarių scenarijus. Šiuo metu nėra sukurtos vieningos saugos vertinimo metodologijos, o saugai vertinti atskirai naudojamos deterministinės ir tikimybinės saugos analizės neįvertina tarpusavio sėrių 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.

2015 m. buvo tęsiamas deterministinėi avarių analizei naudojamų priešmonių tinkamumo naujos kartos branduoliniams reaktoriams ir termobran-

duolinams įrenginiams tyrimas. Aptarti programų paketą RELAP5, ASTEC ir COCOSYS taikymo procesams termobranduolinių įrenginių vidinių konstrukcijų aušinimo kontūruose ir vakuuminiuose (plazmos) induose ypatumai. Pademonstruota vidinių vakuuminio (plazmos) indo sudalijimo į atskirus tūrius ypatybų ir konstrukcijų modeliavimo įtaka procesų eigai avarijs, kai šilumnešis išteka į vakuuminį indą, atveju. 2015 m. buvo tęsiamas vandenilio maišymosi ir degimo branduolinių elektroinių apsauginiuose kiautuose tyrimas. Nagrinėta scenarijų skirtumų ir vandenilio degimo modeliavimo įtaka galutiniams tyrimo rezultatams, apibendrinti neapibrėžtumo analizės rezultatai. Lygiagrečiai buvo atliekami aerozolių ir radioaktyvių nuklidų pernešimo ir nusėdimo reaktoriaus aušinimo kontūre ir apsauginiuose kiautuose tyrimai. 2015 m., naudojant COCOSYS programų paketą, atlikta PHEBUS FPT-3 eksperimento skaitinio tyrimo aerozolių ir radionuklidų nusėdimo apsauginiame kiaute analizė, įvertinant ankstesniais metais sukauptą patirtį nagrinėjant FPT-1 ir FPT-2 eksperimentus.

Stiprumo analizės srityje buvo rengiama branduolinių reaktorių pagrindinio cirkuliacinio kontūro struktūrinio vientisumo įvertinimo metodika, apžvelgti termobranduolinės sintezės įrenginių konstrukcijų ypatumai. Taip pat vykdytas įrenginių su defektais, susidarančių veikiant senėjimo mechanizmams, struktūrinio vientisumo tyrimas. 2015 m., naudojant geriausio įverčio programų paketą Cast3M, buvo modeliuojama suvirinto P91 plieno bandinio nuovarginė apkrova aukštoje,

550 °C, temperatūroje. Be to, buvo rengiama gelžbetoninių konstrukcijų struktūrinio vientisumo, veikiant statinėms apkrovoms, žemės drebėjimo, vidinių ir išorinių įvykių atvejais įvertinimo metodika. Medžiagotyros srityje buvo atliekamas suvirinimo siūlių nuovargio tyrimas aukštoje temperatūroje kontroliuojamas deformacijos sąlygomis. Visi šie paminėti darbai ir skaitiniai tyrimai vėliau bus apjungti ir panaudoti rengiant skėtinę kompleksinę (deterministinės ir tikimybinės) saugos analizės metodologiją.

Programos vykdymo metu atlikti tyrimai ir sukaupta patirtis, svarbi 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, eksploatuojant ir nutraukiant jos darbą bei tvarkant radioaktyviųjų nuklidų pernešimo ir nusėdimo reaktoriaus aušinimo kontūre ir apsauginiuose kiautuose tyrimai. Dalyvavimas termobranduolinės sintezės įrenginių projektavimo ir analizės darbuose leis neatsilikti nuo pažangiausių technologijų ir išlaikyti aukštą pasaulinio lygio mokslinį potencialą.



ŠVIETIMO  
IR MOKSLO  
MINISTERIJA

### VALSTYBĖS BIUDŽETO SUBSIDIUOJAMI MOKSLINIAI TYRIMAI

2015 m. baigtas trejų metų darbas ***Geriausio įverčio metodo taikymas atliekant termohidraulinių procesų analizę branduoliniuose ir termobranduoliniuose įrenginiuose***. Darbotikslas buvo pademonstruoti geriausio įverčio metodo tinkamumą branduolinių

įrenginių sunkiųjų avarių ir termobranduolinių įrenginių termohidraulinių procesų analizei. Taip pat buvo išbandytas sisteminis termohidraulinių procesų analizės programų paketas RELAP/SCDAPSIM, pasižymintis integruota galimybe įvertinti skaičiavimo rezultatų neapibrėžtumą. Darbe nagrinėti keturi geriausio įverčio metodo taikymo atvejai:

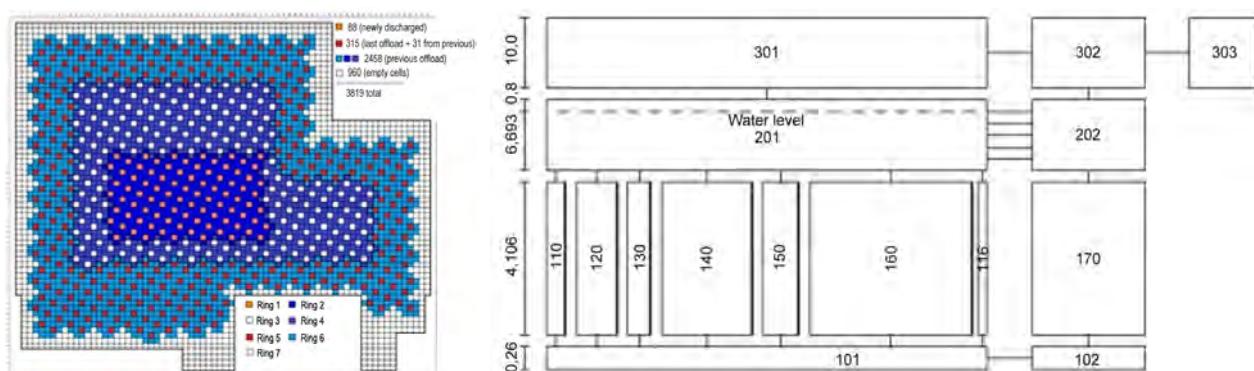
- Modeliuojant eksperimentus, tiriančius branduoliniuose reaktoriuose sunkiųjų avarių metu vykstančius reiškinius;
- Modeliuojant procesus panaudoto branduolinio kuro baseinuose (projektinių ir

- sunkiųjų avarių atvejais);
- Modeliuojant projektines avarijas ABWR reaktoriuose;
- Modeliuojant termohidraulinus procesus termobranduolinio kuro baseinuose įrenginiuose.

Darbo baigiamaisiais 2015 m. buvo modeliuoti termohidrauliniai procesai BWR4 Mark I panaudoto branduolinio kuro baseine, sutrikus šilumos nuvedimui. Termohidraulinis baseino modelis sukurtas panaudojant sisteminį programų paketą RELAP5. Rezultatai pademonstravo kiek modelio sudarymo ypatybės (modelio nodalizacija) gali turėti įtakos modeliavimo rezultatams.

Taip pat RELAP5 programų paketu sudarytas ABWR kuro rinklės skaitinis modelis. Taikant GRS sukurta geriausio įverčio metodologiją atlikta virimo krizės skaičiavimo jautrumo ir neapibrėžtumo analizė.

Šis, LR biudžeto subsidijų lėšomis finansuojamas darbas – tai pasirengimas būsimiems projektams, kurį vykdant siekiama įgyti modeliavimo patirties. Sukauptos žinios bei patirtis pritaikoma kituose dabar vykdomuose darbuose, skirtuose procesų termobranduolinės sintezės įrenginiuose, panaudoto kuro saugojimo įrenginiuose bei ABWR reaktoriuje tyrimams.



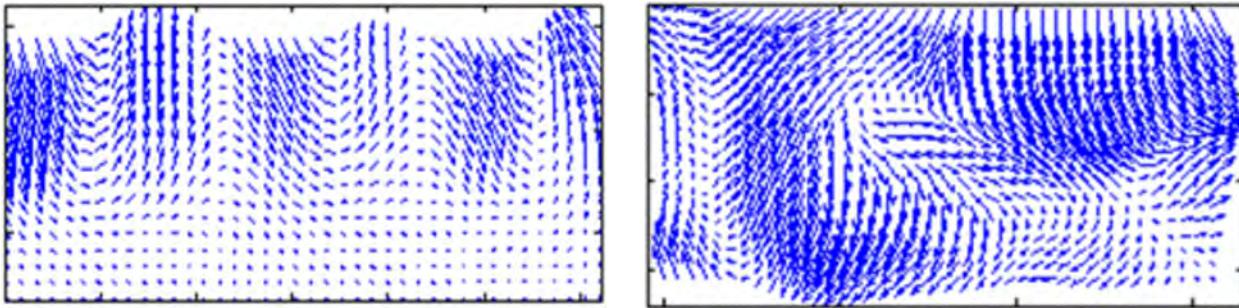
BWR4 Mark I panaudoto branduolinio kuro baseino modeliai, sukurti trimacių ir vienmačių programų paketais

2015 m. pradėtas vykdyti naujas biudžeto subsidijomis finansuojamas mokslo tiriamasis darbas **Ypatingos svarbos infrastruktūrų rizikos vertinimas**. Infrastruktūrų vertinimas ypatingos svarbos objekte yra kiekvienos šalies nacionalinio saugumo sudėdamoji dalis. ES narės yra įpareigotos atlikti rizikos įvertinimą ir užtikrinti ypatingos svarbos infrastruktūrų objektų apsaugą pagal EK išleistą žaliają knygą *Europos programa dėl YSI objektyų apsaugos ir vėliau priimtą EK Tarybos direktyvą 2008/114/EC Dėl Europos YSI objektyų nustatymo ir priskyrimo jiems bei būtinybės gerinti jų apsaugą vertinimo*.

Atliekamų mokslinių tyrimų tikslas – sudaryti ypatingos svarbos infrastruktūrų rizikos vertinimo metodiką, kuri būtų pagrįsta tikimybine rizikos vertinimo analize, statistinė bei tikimybine duomenų analize, sistemų patikimumo analize, neapibrėžtumo ir jautrumo analize, Bajeso ir optimizavimo metodų taikymu. Pasiūlyta metodika leis vienu metu modeliuoti įvairias ypatingos svarbos infrastruktūras, atsižvelgti į jų fizinius, funkcinius ir loginius tarpusavio ryšius, atskirų sistemų elementų technines ir patikimumo charakteristikas. Nagrinėjamų ypatingos svarbos infrastruktūrų rizikos vertinimas apims ir įvairius infrastruktūrų vidinius ir

išorinius trikdžius. Sukurtą ypatingos svarbos infrastruktūrų rizikos vertinimo metodiką bus galima taikyti energetikos, transporto, informacinių technologijų ir kituose šalies ekonomikai ir nacionaliniam saugumui svarbiuose sektoriuose.

2015 m. pradėtas biudžeto subsidijomis finansuojamas mokslo tiriamasis darbas **Turbulencijos susižadinimo besikondensuojančioje dvifazėje tėkmėje tyrimas**. Jo metu temperatūros lauko kitimui pritaikytas optinio srauto analizės skaitmeninis metodas, kuriuo remiantis iš šiluminių atvaizdų sekos apskaičiuojama ir vizualizuojama turbulencija vandenye.

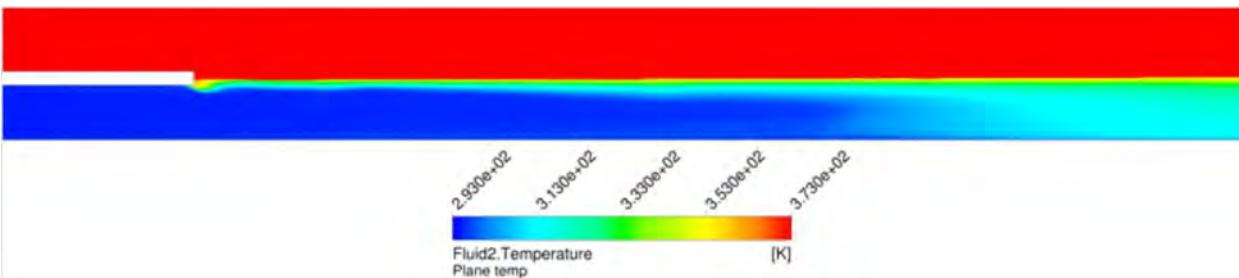


Tarpfazinės sąveikos sukelta paviršinė ir visą skerspjūvį apimanti turbulencija vandenyeje

Natūrinių eksperimentų temperatūros ir greičių laukų matavimo rezultatų interpretacijai palengvinti toliau plėtojamas dvifazio tekėjimo modelis ANSYS

CFX skaičiuojamosios hidrodinamikos paketu. Simuliuojami dvių fazų atskiri greičio ir temperatūros laukai bei momento perdavimas tarpfaziniu pavir-

šiumi. Plėtojant modelį siekiama ištraukti ir šilumos bei masės mainus tarp fazų.



Dvifazio tekėjimo simuliacija įvertinant tarpfazinių šilumos perdavimą



Lietuvos Respublikos energetikos ministerija

## NACIONALINĖ ENERGETIKOS STRATEGIJA

2015 m. laboratorijos mokslininkai kartu su Energetikos kompleksinių tyrimų laboratorija pagal sutartį su LR energetikos ministerija vykdė **Nacionalinės energetikos strategijos atnaujinimo projektą**. Pagrindiniai darbo tikslai – pasiūlyti Lietuvos energetikos sektoriaus plėtros tikslus ir strategines iniciatyvas iki 2030 m.; pateikti ir įvertinti (taip pat ir energetinio saugumo aspektais) raidos scenarijus įvardytiems tikslams pasiekti, nustatant optimaliausią šalies pirminės energijos ištakų struktūrą kiekvienam iš šių sce-

narijų; pateikti Nacionalinės energetikos strategijos projektą, pagal kompleksiškai išanalizuotus scenarijus. Branduolinių įrenginių saugos laboratorijos mokslininkai vykdė uždavinius, apimančius energetinio saugumo analizę.

Pagrindinis šios analizės tikslas yra Lietuvos energetikos sektoriaus raidos scenarijų įvertinimas energetinio saugumo aspektu. Be to, atliekant visas apimties energetinio saugumo analizę, ne tik įvertinami minėti scenarijai energetinio saugumo prasme, bet ir atliekamas grėsmių Lietuvos energetikos sektoriui nustatymas ir analizė, bei integruoto Lietuvos energetinio saugumo lygio įvertinimas praeities duomenims ir jo palyginimas su kitų ES šalių energetinio saugumo lygiu. Visos minėtos dalys sudaro visapusį energetinio saugumo Lietuvos energetikos sektoriui analizę,

kuri atlikta vykdant nacionalinės energetikos strategijos atnaujinimo projektą.

Taikyti metodiniai principai apima energetinio saugumo koncepcijos apibrėžimą, energetinio saugumo indikatorių, kuriais nustatomas integruotas energetinio saugumo lygis, metodiką, skirtą energetikos sektoriaus plėtros scenarijų analizei energetinio saugumo aspektu. Analizė susideda iš vidinių bei išorinių grėsmių ir trikdžių įvertinimo energetikos sektoriui, jų modeliavimo ir pasekmių nustatymo dėl įvykusių trikdžių, bei energetinio saugumo koeficiente įvertinimo iš trikdžių pasekmių dedamujų, kaip energetinio saugumo matą. Atliktame tyime pristatomų energetinio saugumo analizės rezultatai Lietuvos energetikos sektoriui. Nustatytos ir įvertintos Lietuvos energetikos sektoriui bei atskiroms jo sistemoms

kyančios grėsmės ir jų šaltiniai, nustatyti galimi trikdžiai, pasireiškiantys dėl grėsmių tikėtinos realizacijos, bei jų parametrai, įvertintas integruotas Lietuvos energetinio saugumo lygis, ir palygintas su Latvijos ir Estijos energetinio saugumo lygiu, sumodeliuoti Lietuvos energetikos sektoriaus plėtros scenarijai analizuoti energetinio saugumo aspektu, gauti tyrimų rezultatai apibendrinti ir suformuluotos išvados.

## 2. EUROPOS KOMISIJOS FINANSUOJAMI AUKŠČIAUSIO LYGIO MOKSLINIAI TYRIMAI

EUROPOS SAJUNGOS  
MOKSLINIŲ TYRIMŲ IR  
INOVACIJŲ PROGRAMA  
HORIZONTAS 2020



*Moksliniai branduolinės sintezės tyrimai*



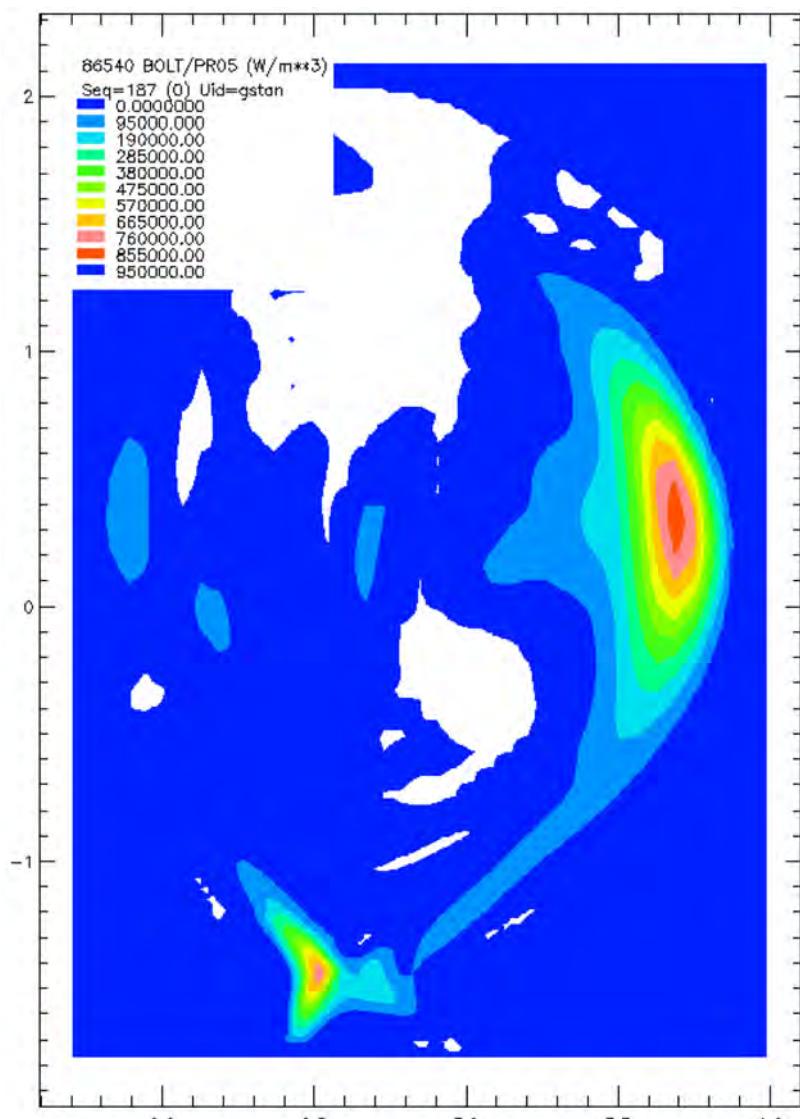
Vykdydami **EUROfusion** projektą 2015 m. instituto mokslininkai buvo atsakingi už keleto užduočių koordinavimą ir įgyvendinimą. Į projekto veiklą įtraukiami doktorantai, jaunieji mokslininkai. Daugiausiai LEI prisideda darbų pakete WPSAE, skirtame branduolių sintezės reaktorių saugai įvertinti. Vykdant darbo planą apžvelgti saugai analizuoti skirti kompiuteriniai programų paketai, pradėta sudaryti saugos analizės kokybės užtikrinimo programa bei DEMO reaktoriaus sistemų analizę.

Aktyvacija, branduolių dalijimosi šiluma ir spinduliuotės dozės galia yra

svarbūs branduolinius procesus aprašantys dydžiai. Šie skaičiavimai atliki **EUROfusion** projekto JET3 ir SAE darbų paketuose, kur naujausiais neutronikos metodais ir buvo nagrinėjami šie procesai, norint užtikrinti saugią branduolių sintezės reaktoriaus eksplotaciją ir jos nutraukimą. Šiuose darbuose aprašomi aktyvacijos ir dalijimosi šilumos skaičiavimai atliki atsižvelgiant į programą **European Power Plant Physics and Technology (PPPT)** DEMO vandeniu aušinamo klojinio prototipui WCLL (Walter Cooled Lithium-Lead). Aktyvacijos skaičiavimai atliki apjungtos pernašos ir aktyvacijos programomis MCNP/ FISPACT. Taip pat įvertintos potencialios

alternatyvios struktūrinės medžiagos. Tyrimui parinkti aukštatemperatūriai feritiniai ir martensitiniai (HT-FM) ir SS-316 (LN) plienai. Dalijimosi šilumai ir aktyvacijai klojinį modulyje daugiausiai įtakos turi Eurofer plienas, o nagrinėjant kitus plienus nustatyta, jog mažiausiu aktyvumu 200 metų laikotarpiu, nutraukus reaktoriaus eksplotaciją, pasižymi SS-316 plienas. Vėliau Eurofer ir HT-FM plienų aktyvumas mažėja sparčiau. Vėlyvuoj laikotarpiu abiejų medžiagų aktyvumas yra maždaug eile mažesnis negu SS-316.

2015 m. LEI įsitraukė į dar vieno darbų paketo (ENS – Earley Neutron Source) veiklas, kurios apima projek-



Plazmos galios pasiskirstymas JET tokamako vakuuminiame inde

tuojamo neutronų šaltinio neutroninę ir aktyvacinę analizę. Planuojama, kad šis šaltinis bus naudojamas konstrukcinių branduolių sintezės reaktorių medžiaugoms apšvitinti 14 MeV neutronais.

2015 m. JET'e (Joint European Thorus) prasidėjo pasiruošimas deuterio–tričio (DT) plazmos kampanijai, todėl LEI pratesė darbus JET1 darbų pakete, kuris skirtas darbams, susijusiams su šiuo metu didžiausiu Europoje eksplotuojamu branduolių sintezės reaktoriumi. Plazmos galios pasiskirstymas vakuuminiame inde, kurį stebi bolometro įrenginiai, atlieka svarbų vaidmenį analizuojant eksperimentinius duomenis. Kartu su kitais partneriais LEI analizuoją duomenis, atlieka analoginio bolometro įrenginio signalo tomografinę analizę sudarant plazmos galios žemėlapį tokamako vakuuminiame inde.

## MOKSLINIAI BRANDUOLINĖS SAUGOS TYRIMAI



**Baltijos regiono iniciatyva dėl ilgalaikių branduolinių technologijų (angl. Baltic Region Initiative for Long Lasting InnovAtive Nuclear Technologies)**

2015 m. liepą prasidėjo bendras Lenkijos, Lietuvos, Latvijos ir Švedijos organizacijų programos *Horizontas 2020 EURATOM* projektas **BRILLIANT**. Projekto tikslas – nustatyti realias kliūtis, su kuriomis susiduria branduolinės energetikos plėtra, ir pasirengti jas įveikti. Projekte dalyvauja universitetai, mokslinių tyrimų institutai ir verslo partnerė UAB **VAE SPB**, kurios tikslas

yra pasirengti Visagino AE statyboms Lietuvoje. Projekto dalyviai sutaria, kad kiekvienai šaliai atskirai sudėtingos kliūtys gali būti paprasčiau įveikiamos bendradarbiaujant regioniniu lygiu. Projektas apima šiuos klausimus: santykinių mažos galios elektros sistemos, branduolinės energetikos programų įtaka makroekonomikai ir energetiniam saugumui, branduolinės energetikos mokslinių tyrimų ir plėtros gebėjimų stiprinimas regione, regioninis bendradarbiavimas plėtojant branduolinių atliekų tvarkymo ir branduolinio kuro uždaros ciklo technologijas, visuomenės infor-

mavimas apie branduolinės energetikos ir nacionalinių bei regioninių gebėjimų stiprinimo naujų technologijų plėtros ir naudojimo srityse naudą.

2015 m. liepą Europos Komisijoje įvyko pirmasis projekto posėdis. Šio posėdžio metu su EK atstovais aptarti darbų planai ir projekto vykdymo klausimai. 2015 m. lapkričio Lietuvos Respublikos energetikos ministerijoje projekto tikslai ir uždaviniai buvo priimti suinteresuotoms Lietuvos institucijoms, o gruodį įvyko pažintinis vizitas į Švedijoje eksplotuojamą Oskarshamn AE. Šio vizito metu taip pat susipažinta



BRILLIANT projekto pasitarimas Lietuvos Respublikos energetikos ministerijoje



© Wacław Gudowski

Vizitas Oskarshamn branduolinio kuro laikino saugojimo saugykloje (Švedija)

su radioaktyviųjų atliekų saugojimo infrastruktūra bei Švedijos patirtimi, kaip sėkmingai gali bendradarbiauti branduolinės energetikos infrastruktūrą eksplotuojančios organizacijos ir vietas gyventojai.



**Sunkiųjų avarijų valdymo strategijos, pagrįstos išsilydžiusios aktyviosios zonas sulaikymu reaktoriaus korpuse, taikymas dabartinėms ir ateities branduolinėms elektrinėms (In-Vessel Melt Retention Severe Accident Management Strategy for Existing and Future NPPs)**

ES mokslinių tyrimų ir inovacijų programos *Horizontas 2020* projekto **IVMR** veikla oficialiai pradėta 2015 m. birželį. Šiame ketverių metų trukmės projekte LEI dalyvauja kartu su 23 partnerių institucijomis iš 14 Europos šalių. Išsilydžiusios aktyviosios zonas sulaikymas (stabilizavimas) branduolinio reaktoriaus korpuse pripažystamas kaip itin svarbi priemonė siekiant stabilizuoti situaciją branduolinėje elektrinėje, įvykus sunkiajai avarijai. Ši priemonė

sumažina susidarančio vandenilio kiekį, leidžia išvengti lydalo sąveikos su betonu ir labai efektyviai sumažina apsauginio reaktoriaus kiauto pažeidimo riziką. Ši priemonė jau įgyvendinta keliuose VVER tipo branduoliniuose reaktoriuose ir įtraukta į kai kurių naujų branduoliniių elektrinių projektus. IVMR projekto tikslas – įvertinti šios priemonės taikymo įvairiomis veikiančiomis ir planuojamomis statytinių Europos Sąjungoje branduolinėms elektrinėms tikslinumą.

Branduolinių įrenginių saugos laboratorijos mokslininkai šiame projekte dalyvauja reaktorių modeliavimo ir IVMR strategijos taikymo avarijų valdymo darbo grupėje. Kartu su specialistais iš KTH (Švedija), GRS (Vokietija) ir HZDR (Vokietija) skaitiniai metodais numatyta modeliuoti sunkiasias avarijas verdančio vandens (BWR) reaktoriuose – taip bus vertinamas IVMR strategijos poveikis.

**FASTNET**  
FAST Nuclear Emergency Tools

**Branduolinių avarinių situacijų greitas prognozavimas (FAST Nuclear Emergency Tools)**

Programos *Horizontas 2020* projekto **FASTNET** veikla pradėta 2015 m.

spalį. Projekto tikslas – sukurti metodiką, kuri apimtų avarinio radioaktyviųjų medžiagų nuotėkio įvertinimo ir avariénės parengties planavimo klausimus. Šiame projekte bus nagrinėjami visi atominių elektrinių, eksplotuojamų arba planuojamų eksplotuoti Europoje, tipai, pvz., suslėgtos vandens reaktoriai PWR, EPR ir VVER, verdančio vandens reaktoriai BWR, sunkiojo vandens reaktoriai CANDU ir kiti. Be to, bus atsižvelgiama ir į galimą radioaktyviųjų medžiagų nuotėkį įvykus avarijai panaudoto branduolinio kuro baseine. Iš pradžių bus sudaryta avarinių scenarijų duomenų bazė, kurioje bus ir galimo radioaktyviųjų medžiagų nuotėkio įvertinimas. Ši duomenų bazė bus sudaroma pagal deterministinės ir tikimybinės saugos analizę, kurią atlikis projekte dalyvaujančios organizacijos. Vėliau bus sukurti ir harmonizuoti metodai, leidžiantys atlikti greitą įvykio eigos ir radioaktyviųjų medžiagų nuotėkio į aplinką prognozę. Gauti rezultatai pagelbėtų kiekvienoje valstybėje esančioms atsakingoms institucijoms turėti priemonę, leidžiančią atlikti greitą įvykio eigos prognozę ir priimti reikiamus sprendimus, neatsižvelgiant į tai, kurioje pasaulio atominėje elektrinėje šis įvykis nutiko. Be to, sukurta radioaktyviųjų medžiagų nuotėkio prognozės priemonė apims ne tik įvykius, susijusius su branduoliniu reaktoriumi, bet ir įvykius panaudoto kuro baseinuose.

Ši ketverių metų trukmės projektą koordinuoja Prancūzijos organizacija IRSN. Projektą įgyvendina 22 organizacijos, iš kurių ne tik Europos mokslinių tyrimų institutai, bet ir tokios organizacijos kaip TATENA, JAV branduolinės saugos komisija (USNRC), Kanados branduolinės saugos komisija (CNSC), Rusijos mokslinis ir inžinerinis centras branduolinei ir radiacinei saugai (SEC NRS). Laboratorijos mokslininkai labiausiai prisiadės 1-oje darbo užduotyje *Duomenų bazės sukūrimas*, apdorojami ir klasifikuodami informaciją

apie avarines situacijas įvairiu šalių branduolinėse jégainėse bei sudarydami parametru, būdingų parinktoms avarijų grupėms, duomenų bazę.



***Branduolinių elektrinių saugos padidinimas padengiant trūkumus, ivertinus aplinkos nuovargį  
(INCEFA-Plus – INcreasing Safety in NPPs by Covering gaps in Environmental Fatigue Assessment)***

2015 m. pradžioje pasirašytas ES programos *Horizontas 2020* projektas **INCEFA-Plus**. Šio projekto vykdymas prasidėjo 2015 m. liepos 1 dieną, tame dalyvauja LEI Medžiagų tyrimų ir bandymų bei Branduolinių įrenginių saugos laboratorijos.

**INCEFA-Plus** skirtas nuovarginiam irimui, veikiant reaktoriaus eksploracijos aplinkos sąlygoms, tirti, taip užtikrinant Europos branduolinių elektrinių saugią eksploraciją. Tuo tikslu šiame darbe bus atliekami austenitinio plieno nuovargio eksperimentiniai tyrimai, pagal šių tyrimų rezultatus bus parengtas naujas nuovarginio irimo ivertinimo vadovas. Numatyta atlikti austenitinių plienų, naudojamų pagrindiniams cirkuliaciniam kontūrui gaminti, eksperimentinius nuovargio tyrimus. Bus nagrinėjama deformacijų ciklų, išlaikymo laiko ir medžiagos šiurkštumo įtaka nuovargio patvarumui. Nuovargio tyrimai bus atlikti lengvojo (iprasto) vandens reaktorių darbo aplinkoje. Eksperimentinių tyrimų metu gauti duomenys bus apibendrinti ir standartizuoti nuovargio duomenų bazę.

**INCEFA-Plus** projekte dalyvauja ES pažangiausi mokslinių tyrimų centralai, vykdantys tyrimus branduolinės energetikos srityje. Projekto konsorciumą sudaro 16 organizacijų. Pagal projekto

uždavinius suformuoti 4 darbo paketai. LEI Medžiagų tyrimų ir bandymų bei Branduolinių įrenginių saugos laboratorijos dalyvauja dvieluose darbo paketu grupėse: pirmajame *Projekto valdymas (Project Management)* ir antrajame *Bandymų programa (Test programme)*. Instituto darbuotojai projekto vykdymo metu atliks austenitinio plieno nuovargio eksperimentinius tyrimus oro aplinkoje, esant kambario ir eksploracijos temperatūroms. Taip pat bus atliekami nutekėti bandinių paviršiaus struktūriniai tyrimai. 2015 m. išnagrinėti norminiai dokumentai ir literatūros šaltiniai, susiję su nuovargio tyrimais ir su visomis projekte dalyvaujančiomis organizacijomis suderinta pirminė nuovargio bandymų matrica. Bandymų programos darbinio paketo koordinatoriai ivertins visų organizacijų galimybes atlikti eksperimentinius tyrimus ir paruoš galutinę nuovargio bandymų matricą.

*Code for European Severe Accident Management*) pradėtas 2013 m. balandžio 1 d. Projekto tikslas – išvirtinti ASTEC programų paketą kaip pagrindinę priemonę sunkioms avarijoms valdyti visose Europos II ir III kartos AE (PWR, BWR, CANDU). Projekto trukmė 4 metai, jis suskirstytas į keturias darbo sritis:

- ASTEC programų paketo mokslinis palaikymas, t. y. naujų modelių įtraukimas į programų paketą,
- naujų modelių kūrimas, ivertinant žinias apie naujausius esančius fizikinius modelius,
- programų paketo *validacija* naudojant eksperimentinius duomenis ir palyginamuosius skaičiavimų atlikimas,
- ASTEC programų paketo taikymas jégainių analizėje ir sunkiųjų avarijų valdymo efektyvumo gerinimo metu bei Europos jégainių su PWR ir BWR tipo reaktoriais tipinių (angl. *reference*) įvesties rinkinių sudarymas.

Šiame projekte dalyvauja 18-a ES šalių institucijų. LEI mokslininkai dalyvauja EK Jungtinio tyrimų centro JRC koordinuojamoje darbo grupėje *Pritaikymas jégainėse ir sunkiųjų avarijų valdymas* (angl. *Plant applications and Severe Accident Management*). Naudojant ASTEC programų paketą, projekto metu kartu su partneriais LEI sudarys branduolinės jégainės su GE BWR4-Mark I tipo reaktoriumi modelį bei atliks pasirinktos BWR tipo jégainės panaudoto kuro baseinų palyginamuosius skaičiavimus, tam naudojant ASTEC ir RELAP/SCDAPSIM programų paketus.

2015 m. laboratorijos specialistai pritaikė anksčiau sudaryto pradinio GE BWR4-Mark I tipo jégainės modelio dalį naudojant ASTEC-V2.0R3p2 programų paketo MEDICIS modulį ASTEC V2.1 versijai. Šis modelis buvo išplėstas



**EUROPOS SĄJUNGOS  
7-OJI BENDROJI  
MOKSLINIŲ TYRIMŲ,  
TECHNOLOGINĖS PLĖTROS IR  
DEMONSTRACINĖS VEIKLOS  
PROGRAMA**



***ASTEC programų paketo kaip sunkiųjų avarijų valdymo Europoje priemonės išvirtinimas***

ES 7BP programos projektas **CESAM Europos sunkiųjų avarijų valdymo programų paketas** (angl.

naudojant RUPUICUV ir CORIUM modulius. Sukurtas skaitinis modelis pateiktas Jungtiniam tyrimų centrui. MEDICIS moduliu galima nagrinėti betono abliačijos, lydalo oksidacijos ir nesikondensuojančių duju (H<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>) išmetimo į apsauginį kiautą procesus. CORIUM modulis skirtas lydalo dalelių pernešimo iš aktyviosios zonas į apsauginį kiautę tiesioginio apsauginio kiauto kaitinimo reiškinio (angl. *Direct Containment Heating*) metu. Naudojant šį modulį skaiciuojamas šilumos srautas tarp lydalo dalelių ir apsauginio kiauto viduje esančių sistemų. RUPUICUV moduliu modeliuojamas lydalo nukritimas į aktyviosios zonas apačią, galimos lydalo reakcijos su metalais.

2015 m. laboratorijos darbuotojai atliko vandens praradimo BWR tipo jégainės panaudoto kuro baseine modeliavimą, taikant ASTEC programų paketo V2.0R3p2 versiją. CESAM projekto metu kuriamoje ASTEC programų pakeito V2.1 versijoje keičiasi ICARE modulio paskirtis (jame nebelieka termohidrau-

linio modeliavimo dalies bei įdiegiami nauji modeliai skirti BWR tipo reaktorių branduolinio kuro rinklėms modeliuoti). Todėl laboratorijos specialistai sudarė BWR tipo jégainės panaudoto kuro baseinų modelį naudojant ICARE bei CESAR modulius. CESAR modulis skirtas termohidraulinams procesams, vykstantiems reaktoriaus aktyviojoje zonoje ir aušinimo kontūre, modeliuoti. Projekto vykdymo metu atlikti pradiniai vandens praradimo GE BWR4-Mark I tipo jégainės panaudoto kuro baseine skaiciavimai naudojant RELAP/SCDAP-SIM programų paketą.

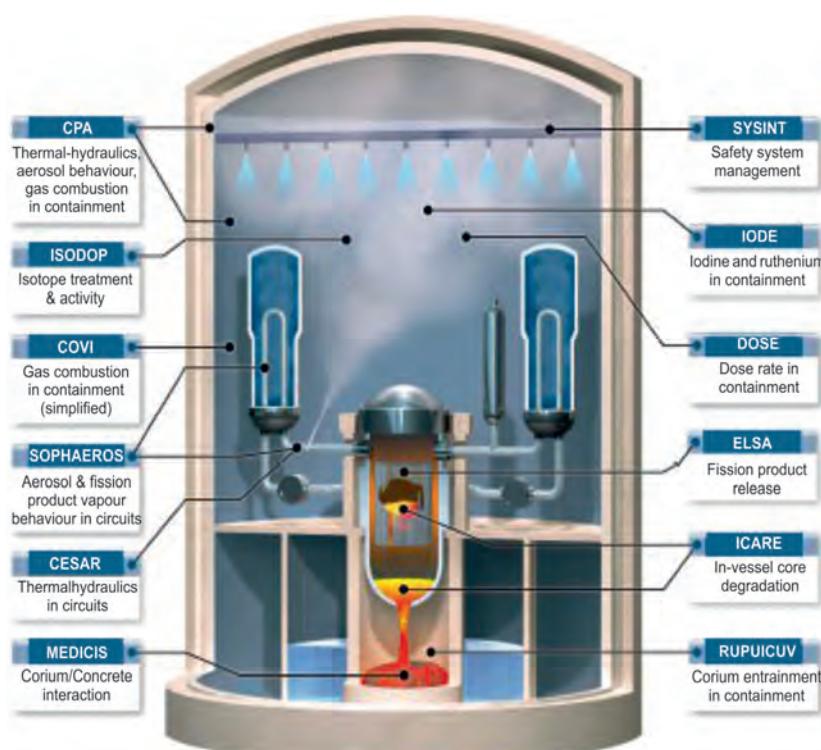
**NUGENIA H2020: Naudoto kuro baseinų elgesys aušinimo praradimo atveju** (angl. *Preparing NUGENIA for H2020: Spent fuel pool behaviour in loss of cooling or loss of coolant accidents*) pradėtas vykdyti 2015 m. kovo 1 d. Projekto trukmė – 18 mėnesių. Projektiui vadovauja IRSN (Prancūzija), tame dalyvauja 14 organizacijų iš ES šalių.

AIR-SFP projektas suskirstytas į dvi darbo grupes:

- Palyginamieji procesų panau-doto kuro baseinuose skaičia-vimai naudojant sunkioms avarioms modeliuoti skir-tus programų paketus (angl. *Benchmark of SFP transients with SA codes*);
- Gairės avarijų panaudoto kuro baseinuose ateities moksli-niams tyrimams (angl. *Road-map for further R&D on SFP accidents*) – koordinuoja NRG.

LEI dalyvauja abiejose darbo gru-pėse. Pirmoje darbo grupėje bus atlikti šilumos nuvedimo sutrikimo ir šilum-nešio praradimo palyginamieji skaičia-vimai panašiame į Fukušimos AE panaudoto kuro baseiną. Laboratorijos spe-cialistai atliks skaičiavimus naudojant ASTEC ir RELAP/SCDAPSIM programų paketus. Atlikus šiuos skaičiavimus, bus pre-liminariai tiriamas kritiškumo reiški-nys analizuojant situacijas, kurios gali sukelti galios padidėjimą. Laboratorijos spe-cialistai taip pat numatė dalyvauti kritiškumo reiškinio tyrimuose. Atlikus palyginamuosius skaičiavimus bus rengiamos gairės avarijų panaudoto kuro baseinuose ateities moksli-niams tyrimams. Šį darbą atliks visi projekto dalyviai.

2015 m. laboratorijos specialis-tai kartu su projekto partneriais rinko panaudoto branduolinio kuro baseino modeliams sudaryti reikiama informa-ciją. Surinkta informacija apibend-rinta partnerių iš Šveicarijos (PSI – Paul



ASTEC programų paketo struktūra

Scherrer Institut) išleistoje ataskaitoje. Palyginamiesiems skaičiavimams pasirinktos dvi avarijos: vandens išgaravimas dėl virimo ir šilumnešio praradimas. Laboratorijos specialistai sudarė pradinį panaudoto branduolinio kuro baseino modelį naudojant ASTEC V2.0 programų paketo ICARE modulį, kuris projekto metu bus pakeistas ASTEC V2.1 programų paketo CESAM ir ICARE moduliais sudarytu modeliu. Projekto metu taip pat sudarytas to paties tipo panaudoto kuro baseino pradinis modelis naudojant RELAP/SCDAPSIM programų paketą. Kadangi projekte naudojami programų paketai ne visada taiko tas pačias koreliacijas sunkiųjų avarijų metu vykstantiems procesams modeliuoti, 2015 m. buvo aptarti pradinį, kraštinių sąlygų rinkiniai bei naudotinos koreliacijos ASTEC ir RELAP/SCDAPSIM programų paketais sudarytuose modeliuose. Modeliuodami procesus panaudoto branduolinio kuro baseinuose, neišvengiamai susiduriame su neapibrėžtumu. Todėl 2015 m. laboratorijos specialistai aptarė modeliavimo neapibrėžtumą ir jo galimą įtaką skaitinio tyrimo rezultatams.

## NUGENIA + REDUCE

### **Rizikos mažinimo pagrindimas taikant eksplotacinię kontrolę (Justification of Risk Reduction Through in-Service Inspection)**

ES 7BP programos NUGENIA-PLUS (rengiant NUGENIA H2020) projekto **REDUCE** dalis **Rizikos mažinimo pagrindimas taikant eksplotacinię kontrolę**, papildomai dar remiant MITA'ii, pradėta vykdyti 2015 m. II ketvirtį. Kaip ir suplanuota, atlikta ši veikla:

- Dalyvauta projekto REDUCE dalies susitikime ir su projekto

veiklomis bei NUGENIA-PLUS susijusiųose susitikimuose; kai kurie iš susitikimų jvyko taikant nuotolinės telekonferencijos priemones;

- Dalyvauta ruošiant ataskaitą dėl pradinį skaičiavimų sąlygų apibrėžimo;
- Dalyvauta nustatant pradinį skaičiavimų kraštines sąlygas;
- Dalyvauta nustatant jautrumo vertinimo sąlygas.

Be minėtų veiklų, taip pat dalyvauta ruošiant gairių dėl rizikos mažinimo, taikant inspektavimą, vertinimą.

2015 m. buvo organizuojamas projekto **NUGENIA-PLUS REDUCE** dalies dalyvių darbinis susitikimas ir dalyvauta NUGENIA asociacijos 8 techninės srities TA8 (ENIQ) rizikos srities (SAR) darbiniame susitikime (UJV Rez, Praha, Čekija). Prasidėjus projektui numatyta, kad projekto susitikimai bus derinami su NUGENIA asociacijos TA8 (ENIQ) srities susitikimais. Šiuose susitikimuose buvo apžvelgti numatomų veiklų tikslai ir naudotina tyrimų metodika.

Pirmajame darbo pakete (koordinuoja VTT) numatyta surinkti pradiniai duomenis, pagal kuriuos bus atliekami įvairių tipų vamzdynų suvirinimo siūlių suirimo rizikos ir inspekcijos programas skaičiavimai. Tyrimams atrinkti verdančio vandens reaktoriaus (BWR) ir suslėgto vandens reaktoriaus (PWR) vamzdynų siūlių parametrai. Numatyta, kad bus nagrinėjami plyšiai, atsirandančios veikiant tarpkristalinei korozijai ir nuovargiui. Bandomieji ir galutiniai duomenys, reikalingi baziniams ir jautrumo tyrimams 2015 m. pabaigoje, buvo ruošiami prieš pradedant pagrindines veiklas antrajame pakete.

Antrojo paketo (koordinuoja Inspecta) apimtyje 2015 m. apibrėžti numatomų bazinių skaičiavimų tikslai, patikslinti planai dėl vamzdynų suirimo rizikos skaičiavimų. Numatoma, kad su

atskirais paketais šiuos skaičiavimus vykdys VTT, Inspecta ir LEI. LEI darbuotojai skaičiavimus atliks taikydami savo sukurtą kompiuterinę programą AutoPifrap. Šioje programoje trūkio tikimybės skaičiavimo daliai yra naudojama Inspecta sukurta programa Pifrap\_solver. Šiame projekte LEI modifikuos minėtą skaičiavimo priemonę AutoPifrap bei dalyvaus struktūrinio patikimumo mechanikos (SRM) ir neapibrėžtumo tyrimo tematikoje.

Trečiojo darbinio paketo (koordinuoja CEA) veikloje atliekant jautrumo skaičiavimus, su kintančiais parametrais numatyta panaudoti ir įvairias defekto aptikimo tikimybų kreives.

Ketvirtojo darbinio paketo (koordinuoja LEI) apimtyje numatyta parengti rizikos mažinimo, vadovaujantis eksplotacine kontrole, įvertinimo vadovą (gaires) *Guideline for assessment of risk reduction achieved by ISI*. Šis vadovas bus ruošiamas pagal kituose darbiniuose paketuose gautus rezultatus ir NUGENIA/ENIQ metodologinį dokumentą *European Framework Document for Risk-Informed In-Service Inspection*.

## ASAMPSA\_E

### **Pažangi saugos vertinimo metodologija taikant išplėstinę tikimybinę saugos analizę ASAMPSA-E (Advanced Safety Assessment Methodologies: Extended PSA)**

Konsorciume, vadovaujamame IRSN (Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire), nuo 2013 m. LEI dalyvauja įgyvendinant naują ES 7BP projektą **Pažangi saugos vertinimo metodologija taikant išplėstinę tikimybinę saugos analizę** (angl. *Advanced Safety Assessment Methodology: Extended PSA*).

*Extended PSA*). Projekto veiklos pradžia – 2013 m. liepos 1 d., trukmė – 36 mén. Projekto pradiniai partneriai yra 28-ios organizacijos iš 18-os Europos šalių, projekte taip pat dalyvauja ir keli asocijuoti nariai iš JAV ir Japonijos: US-NRC, JANSI bei TEPCO.

Šiame projekte išskirtinai daug dėmesio skiriama įvairių išorinių ekstremalių pavoju (meteorologinių, žmogaus salygotų ir kt. įvykių) tikimybinei saugos analizei. 2015 m. buvo tėsiamos pradėtos veiklos visuose penkiuose pagrindiniuose projekto darbiniuose paketuose:

- WP10: Ryšys su naudos gavėjais (Relationship with End-Users);
- WP21: Pradinių įvykių (vidinių ir išorinių pavoju) modeliavimas (Initiating events (internal and external hazards) modeling);
- WP22: Kaip į 1-o lygio TSA įtraukti pavoju ir visas galimas įvykių kombinacijas? (How to introduce hazards in L1 PSA and all possibilities of events combination?);
- WP30: Bendri klausimai dėl išplėstinės TSA apimties ir taikymų (General issues regarding extended PSA scope and applications);
- WP40: 2-o lygio TSA specifiniai klausimai (Specific issues related to L2 PSA).

Laboratorių darbuotojai, dalyvaujami visų projekto darbo paketų veikloje, 2015 m. daugiausiai dėmesio skyrė veikloms, susijusioms su pradinių įvykių (vidinių ir išorinių pavoju) nustatymu ir analize. Didžiausias LEI indėlis yra WP21/WP22 darbiniuose paketuose. Juose LEI koordinuoja su meteorologiniais pavojais ir jų poveikiu susijusios ataskaitos rengimą (akcentuojant ekstremalių vėjų, iškaitant viesulus, ekstremalių temperatūrų ir

sniego dangos pavoju). Anksčiau atitinkamame darbiniame pakete buvo pateikta medžiaga į tarpdalykinę darbinę sritį „Link between external initiating events of PSA and NPP design basis conditions“.

2015 m. lapkritį IRSN' e vykusiamame ASAMPSA\_E projekto techniniame susitikime bei darbinių paketų sesijoje/ seminaruose LEI atstovas koordinavo atskirą posėdžio sesiją, apžvelgė ir atitinkamos ataskaitos „Extreme weather hazard“ rengimo progresą bei perskaityė pranešimus „Probabilistic modelling and uncertainty analysis of extreme snow weight“ ir „Assessment of potential construction sites in respect of external events“. 2016 m. šio susitikimo ir projekto rezultatai su nauju klausimynu bus išsiuisti išorinei peržiūrai.

Dalyvavimas tokiuose tarptautiniuose projektuose leidžia betarpiskai susipažinti su naujausiomis rizikos vertinimo bei tikimybinės analizės atlikimo ir taikymo idėjomis ir prisidėti prie nauju mokslinių ir taikomųjų tyrimų saugos analizės srityje. Ateityje numatoma aktyviau plėtoti ir dvišalj bendradarbiavimą su ASAMPSA\_E projekto dalyviais.

domajį pramoninį objektą, kuris visiškai atitinka rinkos poreikius. Šio projekto metu įvertinta galimybė branduolinis reaktorių panaudoti ne vien elektrai, bet ir šilumai gaminti. Pagrindiniu nagrinėjamu objektu pasirinktas aukštų temperatūrų branduolinis reaktorius. Labai svarbus šių tyrimų gamtosauginis aspektas – anglies junginių emisijų į aplinką mažinimas. Pagrindinė laboratorijos mokslininkų veikla apėmė darbus, numatytais projekto 3 užduotyje *Sauga ir licencijavimas*.



**Regionų pajėgumų, plėtojant naujus reaktorius, integruotas vertinimas (Assessment of Regional Capabilities for new reactors Development through an Integrated Approach)**

2015 m. buvo tėsiami ES 7BP projekto ARCADIA darbai. 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-ios Europos šalių organizacijos, projekto koordinuoja Rumunijos kompanija RATEN-ICN. Projekto darbų programa apima 7 darbo paketus. LEI dalyvauja 5-iuose, iš kurių LEI yra 2-ų darbo paketų (WP5 – Bendradarbiavimas ir rezultatų sklaida ir WP6 – Tyrimų reaktorių tinklas skystuoju švinu aušinamu reaktorių technologijai ir padidintai

## NC2I-R

Nuclear Cogeneration Industrial Initiative – Research

**Branduolinės energijos kogeniacijos pramonėje iniciatyva – mokslinių tyrimų ir plėtros koordinavimas (Nuclear Cogeneration Industrial Initiative - Research)**

2015 m. baigtas ES 7BP Euratom inicijuotas tarptautinis projektas NC2I-R. Strateginis projekto tikslas – struktūruoti Europos viešojo ir privataus sektorės mokslinių tyrimų ir plėtros pajėgumus, pristatant visuomenei branduolinės energijos kogeniacinį paro-



ARCADIA projekto susitikimas Lietuvoje

vandeniu aušinamų reaktorių saugai koordinatoriai. 2015 m. įvyko du posėdžiai. 1-asis posėdis įvyko 2015 m. balandžio 15–17 d. Kaune, kurio metu įvyko pažintinis susitikimas su kitomis branduolinės energetikos tematikoje veikiančiomis Europos organizacijomis (ENEN, IGD-TP, ETSON, t. t.). 2-asis posėdis įvyko 2015 m. rugpjūčio 29–spalio 1 d. Varšuvoje (Lenkija). Šio posėdžio metu aptarta projekto darbų eiga.

### 3. MOKSLINIAI TYRIMAI ATLIKTI PAGAL KONTRAKTUS SU ES IR LIETUVOS ŪKIO SUBJEKTAIS



**Panaudoto branduolinio kuro  
konteinerių pagalbinių aptarnavimo  
sistemų modifikacijos arba  
pakeitimas Ignalinos AE panaudoto  
kuro baseinų salėse**

2015 m. buvo tesiama darbai pagal kontraktą su GNS (Gesellschaft für Nuklear-Service mbH, Vokietija) **Panaudoto**

**branduolinio kuro konteinerių pagalbinių aptarnavimo sistemų modifikacijos arba pakeitimas Ignalinos AE panaudoto kuro baseinų salėse.** Darbas vykdomas bendradarbiaujant su AB TECOS bei mašinų gamykla AB ASTRA. Projekto vykdymo metu numatoma pagaminti ir Ignalinos AE kuro baseinų salėse sumontuoti 6 amortizatorius (po tris skirtingus amortizatorius kiekviename Ignalinos AE bloke) bei kitą panaudoto branduolinio kuro konteinerių aptarnavimo įrangą. Pagrindinių šios

įrangos komponentų, amortizatorių, paskirtis – absorbuoti energiją branduoliniu kuru užpildyto konteinerio avarinių kritimų ir žemės drebėjimo atvejais ir užtikrinti, kad apkrovos pastato ir konteinerio konstrukcijoms neviršys leistinų reikšmių. 2015 m. buvo sėkmingai pagaminti bei surinkti likę trys iš šešių amortizatoriorių. Visi pagaminti amortizatorioriai buvo sėkmingai transportuoti bei sumontuoti Ignalinos AE 2-ojo bloko panaudoto branduolinio kuro baseine ir transporto koridoriuje. Taip pat sėkmin-



Absorberiai Ignalinos AE pirmojo bloko panaudoto branduolinio kuro baseinui

gai užbaigtis visi likę darbai, susiję su panaudoto branduolinio kuro konteinerių pagalbinių aptarnavimo sistemų modifikacijomis arba pakeitimais. Nors visi projekto darbai pabaigti, pats projektas bus tēsiamas dar 1,5 metų, t. y. sutartyje numatyta atliktų darbų garantinj laikotarpi.



### **Buvusio karinio branduolinio objekto Paldiski reaktoriaus rūsių eksploatavimo nutraukimo ir radioaktyviųjų atliekų laidojimo punkto įrengimo tyrimas**

2015 m. buvo sėkmingai baigtis darbai pagal kontraktą su Estijos Respublikos kompanija AS A.L.A.R.A **Buvusio karinio branduolinio objekto Paldiski reaktoriaus rūsių eksploatavimo nutraukimo ir radioaktyviųjų atliekų laidojimo punkto įrengimo tyrimas**. Darbas vykdomas bendradarbiaujant su kompanija UAB EKSORTUS ir Branduolinės ir radiacinės saugos Federaliniu centru iš Rusijos (FCNRS). Projekto tikslas – parinkti optimalų dvielę branduolinių reaktorių, esančių Paldiski aikštelyje, išmontavimo koncepciją, pa-

siūlyti geriausią radioaktyviųjų atliekų tvarkymo koncepciją bei atlikti minėtų darbų ekonominį įvertinimą.

2015 m. kartu su partneriais atlikti Estijos Respublikos normatyviniu dokumentų analizė bei pasiūlyti normatyvinių dokumentų, reglamentuojančių branduolinių objektų eksploatacijos nutraukimą bei radioaktyviųjų atliekų tvarkymą, pakeitimai bei patobulinimai. Taip pat buvo parinkti keturi galimi variantai reaktoriaus rūsiams išardyti. Iš minėtų išardymo variantų atrinktas vienas, labiausiai tenkinantis užsakovo lūkesčius. Parinktam išardymo atvejui atlikti rizikos analizė bei į vertintą planuojamų darbų sauga. Kartu su partneriais perskaiciuotas Paldiski objekte sukauptu radioaktyviųjų atliekų kiekis bei įvertintas jo padidėjimas atliekant minėtus reaktoriaus rūsių išardymo darbus. Pagal gautus rezultatus parengti radioaktyviųjų atliekų priimtinumo kriterijai bei Estijos Respublikai pasiūlyti tinkamiausi radioaktyviųjų atliekų atliekynų tipai. Kartu su partneriais buvo sukurtos bei pristatytos buvusio karinio branduolinio objekto Paldiski reaktoriaus rūsių išardymo bei radioaktyviųjų atliekų sutvarkymo kainų skaičiavimo metodikos.

## **Maišiagalos saugykla**

### **Maišiagalos radioaktyviųjų atliekų saugyklos saugos vertinimas**



*Geomembranos mėginio, užkasto šalia Maišiagalos saugyklos kaupo, paėmimas*

2015 m. pasirašyta sutartis su UAB EKSORTUS dėl **Maišiagalos radioaktyviųjų atliekų saugyklos periodinės saugos vertinimo ataskaitos** parengimo. Darbas vykdomas bendradarbiaujant su Fizinių ir technologijos mokslų centro Fizikos institutu. Projekto metu numatoma atlikti periodinę saugos analizę ir pagrindimą ir parengti periodinio saugos vertinimo ataskaitą. Ataskaitos tikslas – nustatyti ar, atsižvelgiant į teisinio reglamentavimo ir saugyklos aikštélés ir (arba) jos aplinkos pasikeitimus, į konstrukcijų, sistemų ir komponentų senėjimo ir kitus saugai galinčius turėti įtakos veiksnius, yra užtikrinama saugyklos sauga. Periodinio saugos vertinimo metu įvertinta saugai svarbių saugyklos komponentų būklė (pvz., geomembranos, ribojančios vandenį patekimą į saugyklos vidų, fizinių ir mechaninių savybių tyrimas).



*Buvęs karinis branduolinis objektas Paldiski, Estijos Respublika*



### **Šilumos tiekimo magistralinių tinklų į Ignalinos AE optimizavimas**

2015 m. LEI su UAB Specprojektas sudarė sutartį atlikti **Šilumos tiekimo magistralinių tinklų į VĮ „Ignalinos atominė elektrinė“ optimizavimo analizę**. Šis darbas inicijuotas, nes esami šilumos tiekimo magistraliniai tinklai į Ignalinos AE buvo sumonuoti dar statant Ignalinos AE ir buvo skirti tiekti šilumą iš Ignalinos AE Visagino miestui. Galutinai sustabdžius AE, ji iš šilumos tiekėjo tapo vartotoju. Dabar šiai 800 mm skersmens vamzdynais tiekama šiluma iš Visagino energijos katilinės į Ignalinos AE. Dél didelio vamzdyno skersmens, kuris šiuo metu tokis nereikalingas, maždaug 6 kilometrų

trasoje susidaro ženklūs šilumos nuostoliai. Be to, šilumos poreikis Ignalinos AE laikui bėgant mažės, tad dėl nuostolių prarandama šilumos dalis tik didės. Todėl iškeltas tikslas – atlikti šilumos tiekimo magistralės galimo pakeitimo analizę.

Branduolinių įrenginių saugos ir Atsinaujinančių išteklių ir efektyvios energetikos laboratorijų specialistai:

- atlikdami termohidraulinę šilumos magistralinių tinklų vamzdynų analizę, įvertino kintamus šilumos vartojimo poreikius Ignalinos AE ir nustatė optimalų šilumos magistralinių tinklų vamzdynų skersmenj. Taip pat nustatė šilumos nuostolius nuo vamzdynų tiek klojant antžeminę, tiek požeminę magistralinių šilumos tinklų trasą;

- atlikdami rekonstrukcijos variantų ekonominę analizę, kai šilumos tiekimo magistraliniai tinklai klojami antžeminiu būdu ir kai klojami bekanaliu būdu esamos trasos vietoje, įvertino senų šilumos tiekimo tinklų vamzdynų išmontavimo darbus. Taip pat buvo apskaičiuotas šiluminės energijos sutaupymas ir rekonstrukcijos atsipirkimo rodikliai.

Atliktos termohidraulinės ir ekonominės analizės leido apskaičiuoti reikiamas investicijas ir padaryti išvadas kaip optimizuoti magistralinių vamzdynų į Ignalinos AE rekonstrukciją. Šiam darbui taip pat gautas papildomas finansavimas iš Mokslo inovacijų ir technologijų agentūros pagal kvietimą ūkio subjektų užsakomiesiems MTEP darbams skatinti.



*Magistraliniai vamzdynai iš Visagino katilinės į Ignalinos AE*



### **Antžeminių skytojo kuro rezervuarų ekspertizė**

2015 m. baigtas darbas pagal su Lietuvos energijos gamyba pasirašytą sutartį **Antžeminių skytojo rezervuarų MR-2, 31, 32, 33 įrengimų ir juos aptarnaujančių inžinerinių tinklų**

**būklės atitikimo Informaciiniame dokumente tokio tipo įrenginiams keliamiems reikalavimams ekspertizės paslaugos**. Darbo metu išnagrinėta Elektrėnų elektrinės teritorijoje esančių kuro rezervuarų ir juos aptarnaujančių inžinerinių tinklų projektinė, techninė bei eksploatacinė dokumentacija. Parengta ataskaita, kurioje įvertintas šios įrangos

būsenos bei organizacinių kontrolės priemonių atitikimas ES dokumente *Emisijos iš saugojimo vietų tokio tipo įrenginiams keliamiems reikalavimams*. Analizės rezultatai pristatyti bei svarstyti darbiniuose susitikimuose, pateiktos šių įrengimų ir jų inžinerinių tinklų būklės gerinimo rekomendacijos ir pasiūlymai nustatytiems neatitinkamams šalinti.

## 4. BRANDUOLINĖS SAUGOS ŽINIŲ PERDAVIMAS IR MOKYMУ ORGANIZAVIMAS



### *Europos branduolinės saugos mokymo ir konsultavimo institutas (European Nuclear Safety Training and Tutoring Institute (ENSTTI))*

Europos branduolinės saugos mokymo ir konsultavimo institutas įkurtas 2010 m. Institutatas glaudžiai susijęs su Europos techninių saugos organizacijų tinklu ETSON ir šiame tinkle dalyvaujančiomis ES bendrijos techninės saugos organizacijomis. ENSTTI tikslas yra teikti mokymo, konsultavimo ir praktikos paslaugas, vertinant branduolinę ir radiacinę saugą. Siekiama, kad techninės paramos organizacijos dalyvusi patirtimi, norint pagerinti branduolinę saugą, skleidžiant žinias ir praktinę patirtį branduolinės saugos kultūros srityje.

2015 m. ENSTTI organizavo branduolinės saugos parengiamojo lygio trijų savaičių mokymo kursus, kurie įvyko birželio 8–26 d. Garchinge GRS mokslo tyrimų centre Vokietijoje. Paskaitas apie branduolinių jėgainių išmontavimo strategijas ir problemas skaitė laboratorijos darbuotojai. Branduolinii įrenginių saugos laboratorijos specialistai taip pat dalyvauja nuo 2013 m. Europos Komisijos užsakymu vykdome dviejų dalų mokymų projekte *Branduolinio reguliavimo institucijų ir jų techninės paramos organizacijų mokymas ir parengimas*. Pirmajai projekto daliai (LOT1) *Branduolinės saugos reguliavimas, licencijavimas ir vykdymas* sudarytas konsorciumas iš branduolinę saugą reguliuojančių institucijų ir techninės saugos organizacijų. Be ENSTTI sudarančių anksčiau minėtų keturių

organizacijų, konsorciume dalyvauja: FANC (Belgija), ASN (Prancūzija), CSN (Ispanija), BBM (Austrija), RCR (Čekija), SSTC (Ukraina). Antrajai projekto daliai (LOT2) *Branduolinės saugos įvertinimas ir inspektavimas* kitas konsorciumas iš techninės saugos organizacijų, kur, be ENSTTI, dalyvauja CIEMAT (Ispanija), ENEA (Italija), RCS (Čekija), VUJE (Slovakija) ir SSTC (Ukraina). Šie mokymai skirti besivystančioms ir branduolinę energetiką plėtojančioms (ar planuojančioms plėtoti) šalims: Tunisas, Indonezija, Malaizija, Jordanija, Baltarusija, Gruzija, Vietnamas, Marokas, Filipinai, Ukraina, Arménija, Egiptas, Meksika ir Brazilija. Kursuose gali dalyvauti ir kitų šalių klausytojai, sumokėjė dalyvio mokesčių. Kursų metu nagrinėjami specifiniai branduoliniių įrenginių saugos klausimai, kursai skirti jau turintiems patirties klausytojams, o jiems paskaitas skaitantys specialistai turi būti atitinkamos srities ekspertai.

2015 m. gegužės 18–22 d. LEI, vadovaujant Branduolinii įrenginių saugos laboratorijos specialistams,

įvyko *Tikimybinio saugos įvertinimo* mokymo kursai. Tomis pačiomis dienomis Italijoje, Brasimone esančiame tyrimų centre, įvyko bendromis ENEA ir LEI jégomis parengti mokymo kursai *Siluminė hidraulika*.

2015 m. ENSTTI pradėjo vykdyti Europos Komisijos Energetikos direkторato DG ENER projektą *Galimybų studija, skirta Europos Sąjungos techninės saugos organizacijų ir branduolinę saugą reguliuojančių organų plėtrai*. Pagal šį projektą du Branduolinii įrenginių saugos laboratorijos doktorantai A. Graževičius ir M. Drūliai dalyvavo ENSTTI mokymo kursuose *Branduolinės ir radiacinės saugos teisinis pagrindas ir reguliavimo procesai* (2015 m. gegužės 4–8 d.) Stokholme, Švedija ir birželio 8–26 d. Garchinge, Vokietija, vykusiuose parengiamuosiuse branduolinės saugos kursuose. Taip pat, šio projekto metu šiemis doktorantams buvo organizuota trijų mėnesių stažuotė darbo vietoje. Stažuotė buvo skirta panaudoto branduolinio kuro rinklių trumpalaikio ir



*Branduoliniių įrenginių saugos laboratorijos doktorantai ir dėstytojas parengiamuosiuse ENSTTI branduolinės saugos kursuose (Garchingas, Vokietija, 2015 m. birželio 25 d.)*



ENSTTI mokymai *Tikimybinių saugos vertinimas* (Probabilistic Safety Assessment) (LEI, Kaunas, 2016 m. gegužės 18–22 d.)

tarpinio saugojimo procesų analizei. Po stažuotės doktorantai atskaitė už savo atliktą darbą. Šis EK Energetikos direktorato inicijuotas projektas baigsis 2016 m.

2015 m. pabaigoje ENSTTI laimėjo kontraktą vykdyti naują Europos Komisijos užsakymu organizuojamą mokymų projektą *Nacionalinių reguliavimo institucijų ir jų techninio palaikejimo organizacijų plėtra, reguliavimo ir techninių galimybių stiprinimas, mokant ir parengiant jų ekspertus*. Projekto pradžia 2016 metais.

LEI specialistų aktyvus dalyvavimas šių visų mokymų projektų veikloje leidžia įgyti patirties organizuojant panašius kursus bei tobulinti savo kvalifikaciją.



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

2015 m. toliau buvo tėsiami Europos Komisijos iniciuoto ir finansuojamo

BY3.01/09 (BE/RA/07-A) projekto *Techninio bendradarbiavimo, teikiant pagalbą branduolinės saugos reguliavimo institucijoms, plėtra* darbai. Šio projekto tikslas – teikti pagalbą Baltarusijos Respublikos branduolinės ir radiacinės saugos inspekcijai *Gosatomnadzor* branduolinės saugos reguliavimo veikloje, licencijuojant statomas Baltarusijos AE parašką, taip pat apmokant Baltarusijos ekspertus, kad jie galėtų tinkamai atliliki su branduoline veikla susijusių dokumentų peržiūrą. 2015 m. LEI vykdė darbus pagal 2.2 užduotį *Atskirų saugos klausimų, nagrinėtų preliminarioje saugos analizės ataskaitoje, peržiūra*. Šiame darbe, be LEI, dalyvavo ekspertai iš IRSN (Prancūzija), GRS (Vokietija), STUK (Suomija) ir (SSTC) Ukraina. Darbams vadovavo IRSN atstovas. BE/RA/07-A sutartis pratęsta iki 2017 m. vasario 28 d. Šio projekto metu, dalyvaujant ENSTTI, Baltarusijos *Gosatomnadzor* personalui buvo suorganizuoti mokymo kursai *VVER avarijų analizė ir avarinė parengtis*. Lapkričio 9–13 d. netoli Minsko vykusiuose kursuose dalyvavo ir Branduolinių įrenginių saugos laboratorijos atstovas, skaitės paškaitas avarinės parengties klausimais.

LEI bendradarbiauja su RISKAUDIT IRSN/GRS INTERNATIONAL taip pat vykdyma ir kitą panašų, Europos

Komisijos finansuojamą, pagalbą Baltarusijos *Gosatomnadzor* teikiantį projektą: *Pagalba stiprinant Baltarusijos branduolinės saugos inspekcijos pajėgas prižiūrint ir licencijuojant Baltarusijos AE statybą*. Šis projektas pradėtas 2014 m. pradžioje, pabaiga numatoma 2018 m. vasarį. Branduolinių įrenginių saugos laboratorija dalyvauja darbo grupėje, padedančioje branduolinės saugos inspektoriams atliliki inspekcijas, įvertinti ir atliliki licencijuojančių dokumentų peržiūrą – atliliki nepriklausomą saugos analizės ataskaitos peržiūrą. Ši grupė rugsėjo 14–18 d. Minske organizavo darbinį seminarą, skirtą preliminarios saugos analizės ataskaitos išrinktų saugos problemų peržiūrai. Susitikimo metu buvo nagrinėjami nevienalyčio boro junginiai praturtinto šilumnešio netycinio atskiedimo atvejai. Laboratorijos atstovas pristatė pranešimą apie LEI patirtį, įgytą Ignalinos AE – papildomos stabdymo sistemos projektavimą ir šios sistemos saugos pagrindimą.

Tokia parama kaimyninei šaliai būtina, siekiant laiku užtikrinti Baltarusijos branduolinio reguliavimo institucijų efektyvią statomas branduolinės jégainės priežiūrą. Tai yra labai svarbu ne tik Baltarusijai, bet ir Lietuvai (kurios pasienyje statoma ši jégainė) bei visai Europai.

## 5. DALYVAVIMAS ES MOKSLINĖSE ORGANIZACIJOSE IR KOMPETENCIJOS TINKLUOSE



### Europos techninių saugos organizacijų tinklas

Branduolinių įrenginių saugos laboratorijos mokslininkai nuo 2009 m. dalyvauja **ETSON Europos techninių saugos organizacijų tinklo** veikloje. Šiuo metu ETSON sudaro dešimt narių organizacijų: BelV (Belgija), INRNE BAS (Bulgarija), CV Rez (Čekijos Respublika), LEI (Lietuva), IRSN (Prancūzija), VTT (Suomija), PSI (Šveicarija), JSI (Slovénija), VUJE (Slovakija), GRS (Vokietija) ir trys organizacijos – asocijuotos narės: JNES (Japonija), SEC NRS (Rusija) ir SSTC (Ukraina). 2015 m. išrinktas naujas ETSON prezidentas – juo tapo BelV generalinis direktorius Benoît De Boeck. Pagrindiniai ETSON tikslai yra:

- būti branduolinės saugos srieties mokslinių tyrimų ir plėtros mainų forumu;
- prisdėti 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 įgyvendant saugos vertinimo ir mokslinių tyrimų projektus.

ETSON tinkle įsteigta keturiolika ekspertų grupių svarbiausiose branduolinės saugos mokslinių tyrimų srityse. 2015 m. vienos tokios grupės *Elektros sistemos* veikla buvo sustabdyta, *Procesų reaktoriaus aktyviojoje zonoje*

tyrimų grupė buvo pervaadinta į *Procesų branduoliniame kure*, o grupės *Avarinė parengtis ir reagavimas* veiklą nutarta labiau orientuoti į tai, kokią pagalbą Techninės saugos organizacijos gali teikti organizuojant avarinę parengtį ir reagavimą.

LEI atstovai aktyviai dalyvauja ir turi savo atstovų visose pagrindinėse ETSON organizacijos struktūrose ir grupėse. Laboratorijos specialistai dalyvauja visų ETSON ekspertų grupių (išskyrus elektros sistemų analizę) veikloje. Dirbdami šiose ekspertų grupėse, specialistai rengia Saugos įvertinimo vadovus. Šiuose dokumentuose pateikiamas rekomendacijos, kaip ekspertizę atliekančioms įstaigoms įvertinti su branduoline veikla susijusius saugos klausimus. Tokių dokumentų tikslas – pasiekti, kad kiekvienoje ETSON narėje šalyje nepriklausoma techninė analizė būtų atliekama pagal tas pačias taisykles/metodiką. Taip siekiama ETSON šalyse narėse suderinti ir palaikyti aukštų lygių branduolinės saugos praktikas. 2012–2013 m. visos ETSON narės (aktyviai prisidedant ir LEI) suderino ir patvirtino tris Saugos įvertinimo vadovus:

- įvykių peržiūros ir prekursorių analizės,
- Sunkiųjų avarių deterministinės analizės,
- Žmogaus ir organizacijos faktorių branduolinės saugos įrenginių konstravimo ir modifikacijų procesų analizės.

2014 m. parengtas ir patvirtintas Saugos įvertinimo vadovas *Pereinamujų procesų ir projektinių avarių analizė*. 2015 m. baigtas rengti ir buvo oficialiai paskelbtas *Šilumnešio saugos sistemų įvertinimo vadovas*. Dalyvaujant Branduolinių įrenginių saugos laboratorijos specialistams, dirbantiems *Tikimybinė saugos analizė* ekspertų grupėje, buvo parengtas dokumentas apie tikimybinės

saugos analizės metodiką. Dokumentas bus patalpintas ETSON tinklalapyje, kuriame taip pat numatyta patalpinti ir dokumentą, apjungiantį ETSON narių šalių po Fukušimos AE avarijos vykdytų *Streso testų* patirtį. Šiame dokumente, kurį rengiant taip pat dalyvavo laboratorijos specialistai, aptariama geriausia saugos užtikrinimo praktika apsėmimo, žemės drebėjimo bei elektros energijos ir šilumos nuvedimo visiško praradimo atvejais.

LEI specialistai dalyvavo ir ETSON organizacijų tinklo organizuotame **EUROSAFE** forume, kuris įvyko Briuselyje lapkričio 2–3 d. Šis forumas buvo skirtas 2014 m. Europos direktyvai *Branduolinė sauga ir su tuo susiję ateities uždaviniai* įgyvendinti. LEI atstovai pristatė du pranešimus ir viename buvo bendraautoriais. Taip pat buvo eksponuojamas stendinis pranešimas apie LEI. Branduolinių įrenginių saugos laboratorijos specialistai 2015 m. parangė dvi publikacijas ETSON leidinyje *EUROSAFE Tribune*: apie šiais metais pradėtą **H2020 FASTNET (FAST Nuclear Emergency Tools)** projektą ir apie naudą, kurią LEI gavo dalyvaudamas sunkiųjų avarių tyrimo kompetencijos tinkle SARNET (Severe Accident NET-work of excellence).

ETSON ekspertų bei koordinuojančių grupių susitikimuose nuolat aptariamas ETSON narių dalyvavimas planuojamuose ir vykdomuose ES projektuose, pvz., programe *Horizontas 2020*. Šiuose 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 vykdymo branduolinės saugos analizės srityje. Taigi, dalyvavimas ETSON tinkle padeda įsitraukti į naujus tarptautinius projektus ir reklamuoti LEI.

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

Lietuvos energetikos institutas NUGENIA asociacijos, kuri apjungė Darinių branduolinės energetikos platformą (SNETP) bei kompetencijos tinklus NULIFE ir SARNET, veikloje dalyvauja nuo pat jos įkūrimo 2011 metais. NUGENIA 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:

1. Branduolinių jėgainių apsaugos ir rizikos vertinimas;
2. Sunkiųjų avarių tyrimai;
3. Reaktoriaus eksplatacijos tobulinimas;
4. Sistemų vientisumo įvertinimas, struktūros ir komponentai;
5. Naujo branduolinio kuro kūrimas, atliekų ir panaudoto kuro tvarkymas, eksplataavimo nutraukimas;
6. Lengvojo vandens reaktorių inovatyvūs projektais ir technologijos;
7. Suderinimas;
8. Eksplatacinės inspekcijos ir neardantys tyrimai.

NUGENIA asociacija sukūrė atvirą inovacijų platformą, kurioje talpinami visi asociacijos narių rengiami projektais. Taip, bendromis asociacijos narių pastangomis, projektais ištobulinami ir programos Horizontas 2020 kvietimams parengtų projektų paraiškos gali būti

pateikiamos vertnimams tik asociacijos valdybai suteikus NUGENIA „etiketę“, o tai užtikrina projekto kokybę.

2014–2015 m., naudojantis atvira inovacijų platforma, LEI įsitraukė į daugelio ruošiamų projektų veiklą. Iš dešimties parengtų projektų paraiškų programos Horizontas 2020 EURATOM 2014–2015 m. kvietimams pasiūlų, kurias rengiant dalyvavo Branduolinių įrenginių saugos laboratorijos specialistai, septynios buvo parengtos atviros inovacijų platformos dėka. Trys iš jų gavo EK finansavimą ir šiuo metu yra vykdomos.

Papildomai asociacija surengė NUGENIA+ projektų kvietimą. Šio kvietimo tikslas buvo papildomai remti NUGENIA asociaciją, stiprinant jos vaidmenį bei koordinuojant Europos mokslinius tyrimus II ir III kartos branduolinių įrenginių saugos srityje, taip pat inicijuoti tarptautinį bendradarbiavimą. Šiam kvietimui LEI, kartu su kitais asociacijos nariais, parengė ir pateikė dar du mokslinių tyrimų projektus. Abu šie projektai gavo NUGENIA+ finansavimą ir šiuo metu yra vykdomi.



## **Europos saugos, patikimumo ir duomenų asociacija**

**ESReDA** (*European Safety, Reliability & Data Association*) – tai Europos asociacija, suteikianti galimybę bendradarbiauti ir keistis informacija saugos ir patikimumo mokslinių tyrimų srityje. LEI yra šios asociacijos narys. ESReDA reguliarai rengia seminarus bei inicijuoja projektus, skirtus publicacijoms (knygoms) rengti aktualiose mokslinių tyrimų energetinių ir industriinių objektų patikimumo ir saugos srityse. LEI prisideda prie šios veiklos. 2015 m. baigtas projektas *Konstrukcijų ilgaamžiškumo savikainos optimizacija remiantis patikimumu* (angl. *Reliability-based Optimisation of Life Cycle Cost of Structures, ROLCCOST*), kuriamo taip pat dalyvavo laboratorijos darbuotojai. To rezultatas – parengta knyga *Reliability-based Optimization of the Life Cycle of Structures*. Šiuo metu LEI dalyvauja naujame ESReDA projekte *Ypatingos svarbos infrastruktūrų parengtis ir atsparumas: modeliavimas, imitavimas ir analizė* (angl. *Critical Infrastructure Preparedness and Resilience: Modelling, Simulation and Analysis – Data, CI PR/MS&A Data*). Reikia pažymėti, kad ši tematika susijusi su laboratorijoje vykdomu biudžetiniu darbu *Ypatingos svarbos infrastruktūrų rizikos vertinimas*.

*vimas remiantis patikimumu* (angl. *Reliability-based Optimisation of Life Cycle Cost of Structures, ROLCCOST*), kuriamo taip pat dalyvavo laboratorijos darbuotojai. To rezultatas – parengta knyga *Reliability-based Optimization of the Life Cycle of Structures*. Šiuo metu LEI dalyvauja naujame ESReDA projekte *Ypatingos svarbos infrastruktūrų parengtis ir atsparumas: modeliavimas, imitavimas ir analizė* (angl. *Critical Infrastructure Preparedness and Resilience: Modelling, Simulation and Analysis – Data, CI PR/MS&A Data*). Reikia pažymėti, kad ši tematika susijusi su laboratorijoje vykdomu biudžetiniu darbu *Ypatingos svarbos infrastruktūrų rizikos vertinimas*.

2015 m. trys laboratorijos darbuotojai dalyvavo 48-ame ESReDA seminare *Ypatingos svarbos infrastruktūrų parengtis: duomenys atsparumo modeliavimui, imitavimui ir analizei* (angl. *Critical Infrastructures Preparedness: Status of Data for Resilience Modelling, Simulation and Analysis (MS&A)*). Seminaro metu perskaityti du pranešimai gamtinių dujų perdavimo vamzdyno trūkio vertinimo tema, kuriuose nagrinėjamas struktūrinės vientisumo analizės rezultatų ir gedimų duomenų apjungimas, siekiant kuo tiksliau įvertinti gamtinių dujų tiekimo vamzdynų trūkio tikimybę. Kitame pranešime gvidenama agreguoto energetikos sektoriaus infrastruktūrų kritiškumo vertinimo tema.



## **FUSENET Branduolių sintezės mokymų tinklas**

**Fusenet** asociacija yra Europos termobranduolinės sintezės mokymų tinklas, vienijantis Europos universitetus, mokslinio tyrimo centrus ir pramonės organizacijas, dalyvaujančias moksliniuose termobranduolinės sinte-

zés tyrimuose. Šiam tinklui priklauso ir ITER tarptautinė organizacija. Nuo 2013 m. vidurio LEI yra šios asociacijos narys. Dalyvavimas šios asociacijos veikloje suteikia galimybę doktorantams ir jauniesiems mokslininkams efektyviau dalyvauti jvairiuose mokymuose ir mainų programose visose **Fusenet** asociacijos organizacijose. 2015 m. vasario 3 d. Culham tyrimų centre (Anglia) įvyko 4-asis **Fusenet** Generalinės asamblėjos posėdis, kuriame buvo aptartos 2014 m. dalykinė ir finansinė ataskaitos ir darbų planai 2015 m., patvirtinti nauji Fusenet tarybos nariai.

2015 m. lapkričio 15–17 d. Prahoje (Čekija) įvyko branduolių sintezės tyrimuose dalyvaujantiems doktorantams skirtas renginys, kuriame dalyvavo ir LEI doktorantas A. Tidikas, skaitės pranešimą *Investigation of DEMO construction material characteristics affected by neutron irradiation*. Jo dalyvavimą renginyje finansavo **Fusenet** asociacija.

Laboratorijos darbuotojai dalyvavo branduoline tema vykusiuose renginiuose ir skaitė pranešimus pagrindinėse tarptautinėse konferencijose, kuriose buvo nagrinėjama saugi branduolinių jégainių eksplotacija ir jose vykstantys fizikiniai reiškiniai.

2015 m. vasaros pabaigoje Amerikos branduolinės draugijos organizacijoje prestižinėje tarptautinėje konferencijoje NURETH-16 LEI mokslininkų perskaitytas pranešimas *Integrated Assessment of Thermal Hydraulic Processes in W7-X Fusion Experimental Facility* (autorai T. Kaliatka, E. Ušpuras, A. Kaliatka) pripažintas vienu geriausių (tarp 680) ir apdovanotas atminimo raštu.

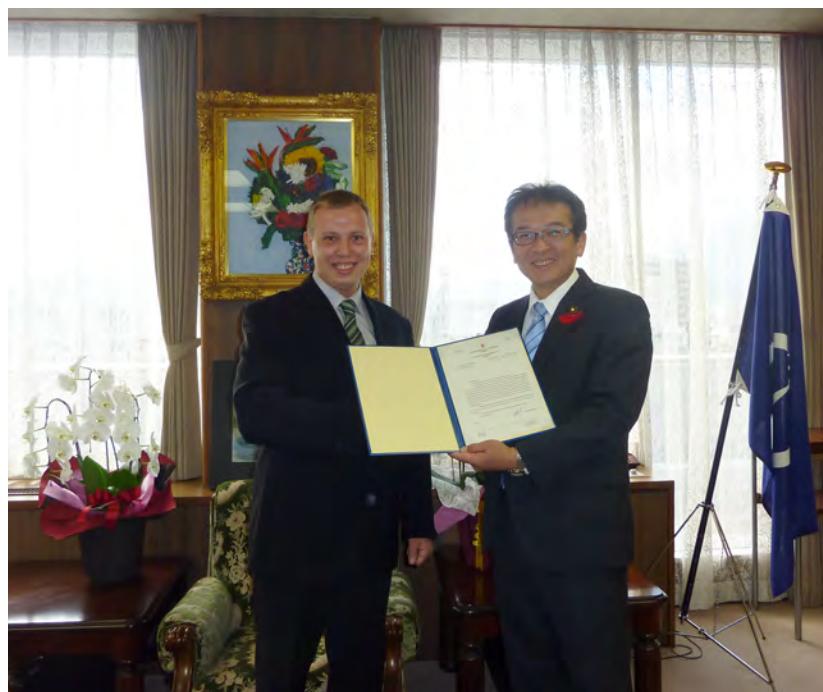
2015 m. rudenį jaunasis daktaras Tadas Kaliatka išvyko pusmečiui stažuotis Japonijos Branduolinės inžinerijos mokslo tyrimo institute ir Fukui universitete, kur tobulino savo įgūdžius ABWR reaktorių neprojektinių avariju

tematikoje. 2015 m. spalio 7 d. įvyko susitikimas su Tsurugos miesto meru, dr. T. Kaliatka perskaitė kalbą ir sveikinimą bei įteikė Kauno mero Visvaldo Matijošaičio mandagumo raštą. Šis susitikimas sudomino žurnalistus ir buvo gana plačiai nušviestas spaudoje.

Taip pat laboratorijos mokslininkai aktyviai dalyvavo jvairiose tarptautinėse ir Lietuvoje vykusiose mokymo programose, TATENA seminaruose, komitetų posėdiuose ir koordinaciniuose susitikimuose, termobranduolinės sintezės energetikos (FUSION) plėtros komitetų ir kitų organizacijų bei mokslo junginių veikloje. Visi šie darbai padeda stiprinti Lietuvos specialistų kompetenciją branduolinės energetikos srityje, kuri būtina kiekvienai valstybei, turinčiai branduolinės energetikos objektų (branduolinių jégainių, branduolinio kuro ir radioaktyviųjų atliekų saugyklių bei atliekynų ir pan.) ir vykdančiai šalies branduolinę programą.

## 6. MOKSLININKŲ KOMPETENCIJOS UGDYMAS IR MOKSLINIŲ REZULTATŪ SKELBIMAS

2015 m. doktorantūroje studijavo 6 Branduolinių įrenginių saugos laboratorijos doktorantai. Apginta disertacija energetikos ir termoinžinierijos kryptyje – *Energetikos sistemu ypatingos svarbos infrastruktūrų kritiškumo vertinimas* (B. Jokšas). Jaunieji daktarai kartu su patyrusiais mokslininkais 2015 m. gautus tyrimų rezultatus pateikė mokslo tyrimų ataskaitose, 50 moksliniuose straipsniuose (iš jų 21 Thomson Reuters duomenų bazėje *Web of Science Core Collection* referuojamuose leidiniuose), mokslinėse konferencijose pristatyti 33 pranešimai.



Dr. T. Kaliatkos susitikimas su Tsurugos miesto meru



# 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 jėjakos aplinkai vertinimas, teršalų mažinimo technologijų analizė ir aplinkosaugos politikos diegimas;
- energetikos vadybos ir rinkodaros tyrimai;
- atsinaujinančių energijos ištakų 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 informacinių sistemų kūrimas, Lietuvos ir užsienio šalių energetikos raidos statistinių duomenų kaupimas.

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

2015 m. buvo tęsiama ilgalaikė institucinė mokslinių tyrimų ir eksperimentinės (socialinės, kultūrinės) plėtros programa ***Energetikos sektoriaus plėtros ekonominė ir darnumo analizė***, vykdoma kartu su Atsinaujinančių išteklių ir efektyvios energetikos bei Sistemų valdymo ir automatizavimo laboratorijomis.

Ilgalaikėje programoje keliamas ambicingas tikslas išspręsti šiuos uždavinius:

- 1) suformuoti energetikos harmoninės pažangos teoriją darnios raidos ir žiniomis grindžiamos ekonomikos koncepcijų sąsajų pagrindu;
- 2) išnagrinėti Lietuvos energetikos sektoriaus perspektyvinės raidos galimybes ir parengti rekomendacijas dėl racionalių perspektyvinės techninės energetikos sektoriaus raidos krypčių, kuro ir energijos balanso pokyčių, gamtosauginių veiksnių;
- 3) suformuoti metodinius pagrindus valstybės ir savivaldybių darnios energetikos plėtros skatinimo priešmonių 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 antrajį uždavinį, 2015 m. laboratorijoje buvo tęsiami tyrimai, skirti energetikos sektoriaus raidos modeliavimo bazei plėtoti ir konkretiems uždaviniams spręsti. Šiame tyrimų etape buvo naujai suformuota energetikos sektoriaus perspektyvinės raidos ir funkcionavimo analizės matematinio modelio struktūra, įvertinant esminius vidaus ir išorės ryšius, energetikos politikos nuostatas, aplinkosaugos ribojimus, išorinius veiksnius. Svarbus žingsnis tobulinant tyrimų bazę – naujai

parengtas modeliavimo rezultatų apdorojimo ir analizės blokas. Pagrindiniai rezultatai, kurie leidžia atliglioti įvairiausius Lietuvos energetikos sektoriaus perspektyvinės raidos tyrimus, yra šie:

- Analizei parengtas atnaujintas matematinis modelis kompleksiškai aprašo elektros energetikos, centralizuoto šilumos tiekimo, kuro tiekimo sistemų raidą ir galutinių energijos poreikių kitimą ilgalaikėje perspektyvoje, įvertinant jų sezoninius, savaitinius ar paros svyravimus;
- Modelis suteikia galimybę nustatyti atskiruose miestuose ekonomiškai efektyviausias centralizuotai tiekiamos šilumos gamybos technologijas (parenkant jas iš didelio skaičiaus esamų, modernizuojamų ir naujujų), naudojamo kuro rūšis ir racionalius jų kiekius, šilumos ir elektros energijos gamybos apimtis, nepažeidžiant nustatyti aplinkosaugos reikalavimų;
- Modelis suteikia galimybę nustatyti elektros energetikos sistemoje optimalią generuojančių galių įrengimo ir jų panaudojimo struktūrą, užtikrinant sistemai funkcionuoti būtinės rezervines galias ir kartu įvertinant elektros energijos ir rezervinių galių mainų su atskiromis užsienio šalimis tikslingumą, kurį lemia poreikiai kaimyninių šalių elektros energijos rinkose (eksportas iš Lietuvos) ir tiekimo šalies vartotojams galimybės (importas į Lietuvą), elektros energijos kainos, ryšio linijų pralaidumai ir pan.;
- Modeliuojant kuro tiekimą elektrinėms ir katilinėms, įvertinama esama ir ateityje galima tiekimo infrastruktūra (vamzdynų ir terminalų pralaidumai, gamtinių dujų saugyklos ir kt.), tiekiamo kuro kainos ir apimtys. Vietinių ir atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo atskiroms šilumos ir elektros energijos tiekimo sistemos technologijoms racionalumas nustatomas, atsižvelgiant į realiai galimą šių išteklių potencialą ir kainas;
- Naujai parengtas modeliavimo rezultatų apdorojimo ir analizės blokas suteikia galimybę pateikti sprendimams priimti reikšmingą informaciją apie optimalią generuojančių galių struktūrą, elektros energijos ir šilumos gamybos apimtis, investicijų ir eksploatacijos išlaidų apimtis, kuro ir energijos srautus, išsamų perspektyvinį kuro balansą, atsinaujinančių energijos išteklių plėtrą, jų įdiegimui teiktinos paramos apimtis, išmetamų teršalų kiekius ir kt.
- Įvesties duomenų bazė atnaujinta ir papildyta naujausia informacija apie pirmiņės energijos išteklių vartojimą Lietuvoje, ES šalyse ir pasaulyje bei kainų, ypač elektros energijos, biokuro ir gamtinių dujų, kitimo tendencijas, elektros energijos ir šilumos gamybos technologijų raidą, jų prieinamumą, techninius bei ekonominius rodiklius.

Parengtas optimizacinis modelis, taikant MESSAGE programinės įrangos paketą, suteikia tyrėjams galimybę iš visų esamų ir galimų ateities technologijų aibės nustatyti tokią technologijų struktūrą ir energijos išteklių kiekius, kurie tenkina prognozuojamus vartotojų galutinės energijos poreikius ilgalaikėje perspektyvoje su mažiausio-

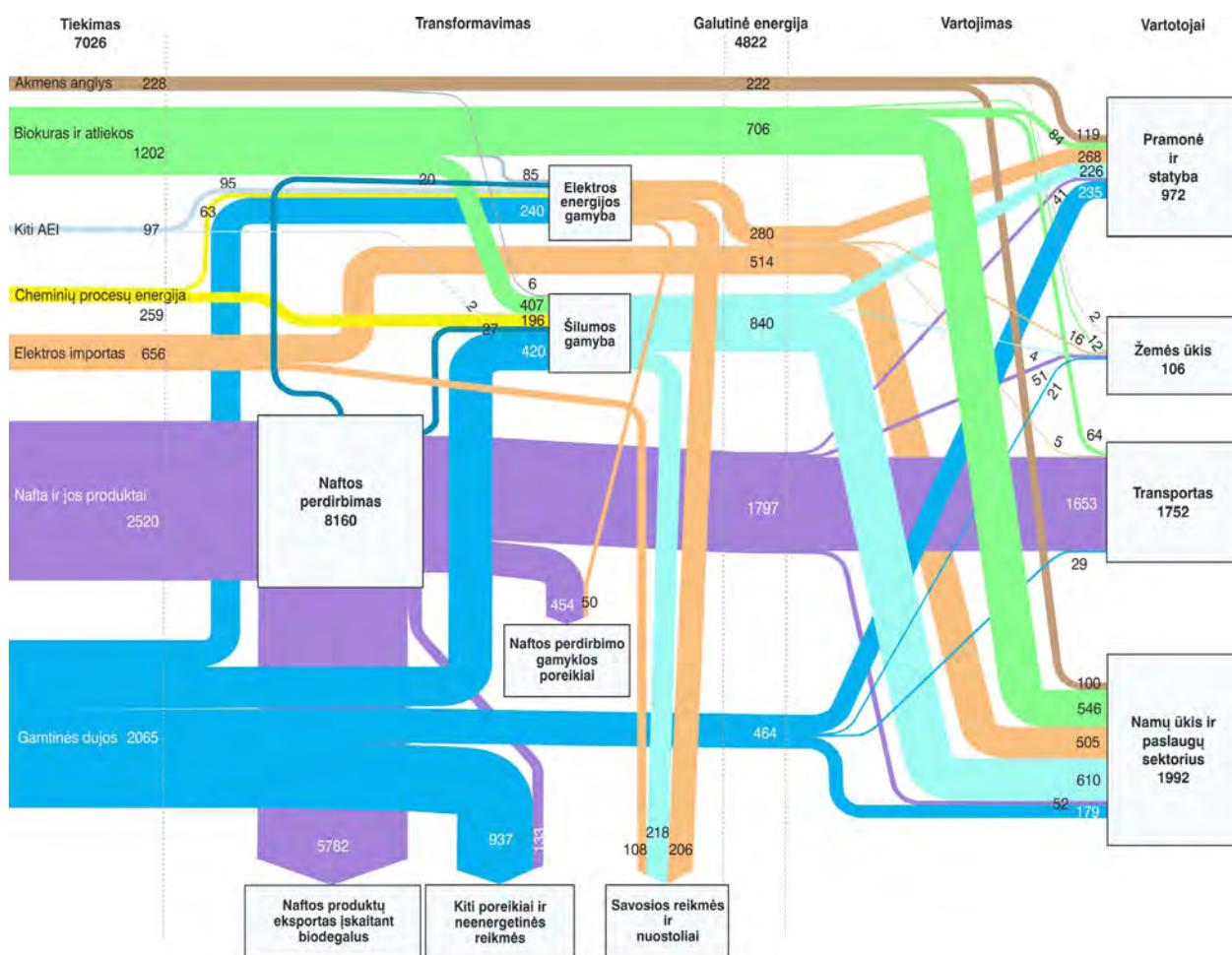
mis suminėmis išlaidomis, tuo pačiu ir mažiausiomis kainomis galutiniams vartotojams.

Šalies energetikos sektoriaus raidos kryptims pagrįsti taip pat naudingas buvo informacinės bazės atnaujinimas ir papildymas. Atlikus Lietuvos Statistikos departamento duomenų bazėje esančių rodiklių analizę, buvo atnaujinti

šalies energetikos sektoriaus darnios raidos tendencijas apibrėžiantys rodikliai. Atlikta lyginamoji Eurostato bazėje skelbiamų duomenų analizė parodė, kad pokyčius apibūdinantys tiek pirminės, tiek ir galutinės energijos intensyvumo rodikliai Lietuvoje mažėja sparčiau nei daugumoje ES šalių. Išsami atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo energetinėms reikmėms analizė, pagrįsta energijos srautų diagramomis, patvirtina stabilių šių išteklių vaidmens augimą: 2014 m. atsinaujinančių energijos išteklių dalis pirminės energijos balanse sudarė 18,2 %, bendrose elektros energijos sąnaudose – 12,6 %, o bendrose galutinės energijos sąnaudose – 23,8 %.

Siekiant parinkti energetikos ir klimato kaitos politikos priemones, skirtas pažangiomis energijos gamybos technologijoms skatinti, būtina atlikti jų daugiakriterinę analizę ir parinkti geriausių priemonių paketus pagal daugelj svarbių kriterijų, atspindinčių energetikos politikos prioritetinius tikslus. Atliekant tokią analizę, galima taikyti daugiakriterinių sprendimų metodus, kurie skiriasi tiek preferencijų išaiškinimo, tiek ir informacijos apie kriterijus agregavimo principais. Klausimas, kuris metodus labiausiai tinkta sprendžiant konkrečias problemas, išlieka aktualus. Siekiant parinkti tinkamiausias alternatyvas energetikos ir klimato kaitos srityje, galima taikyti:

- 1) daugiakriterinius vertės (naudingumo) metodus, kurie vadovaujasi kiekybinių kriterijų lyginimu ir prieleda, kad įmanoma atsverti vieno kriterijaus privalumais kito kriterijaus neigiamas pusės. Kokybiniai kriterijai gali būti lyginami suteikiant jiems kiekybinį pavidaą, taikant analitinės hierarchijos ir neapibrėžtųjų aibių metodus;
- 2) rangavimo metodus, kurie vadovaujasi nekompensuojamos vertės koncepcija ir neigia kriterijų tarpusavio kompensacijos galimybę;
- 3) integruotus daugiakriterinius metodus, apjungiančius keletą įvairių metodų, taip siekiant išspręsti neapibrėžtumo problemą.



Pagrindiniai Lietuvos kuro ir energijos srautai 2014 m., tūkst. tne



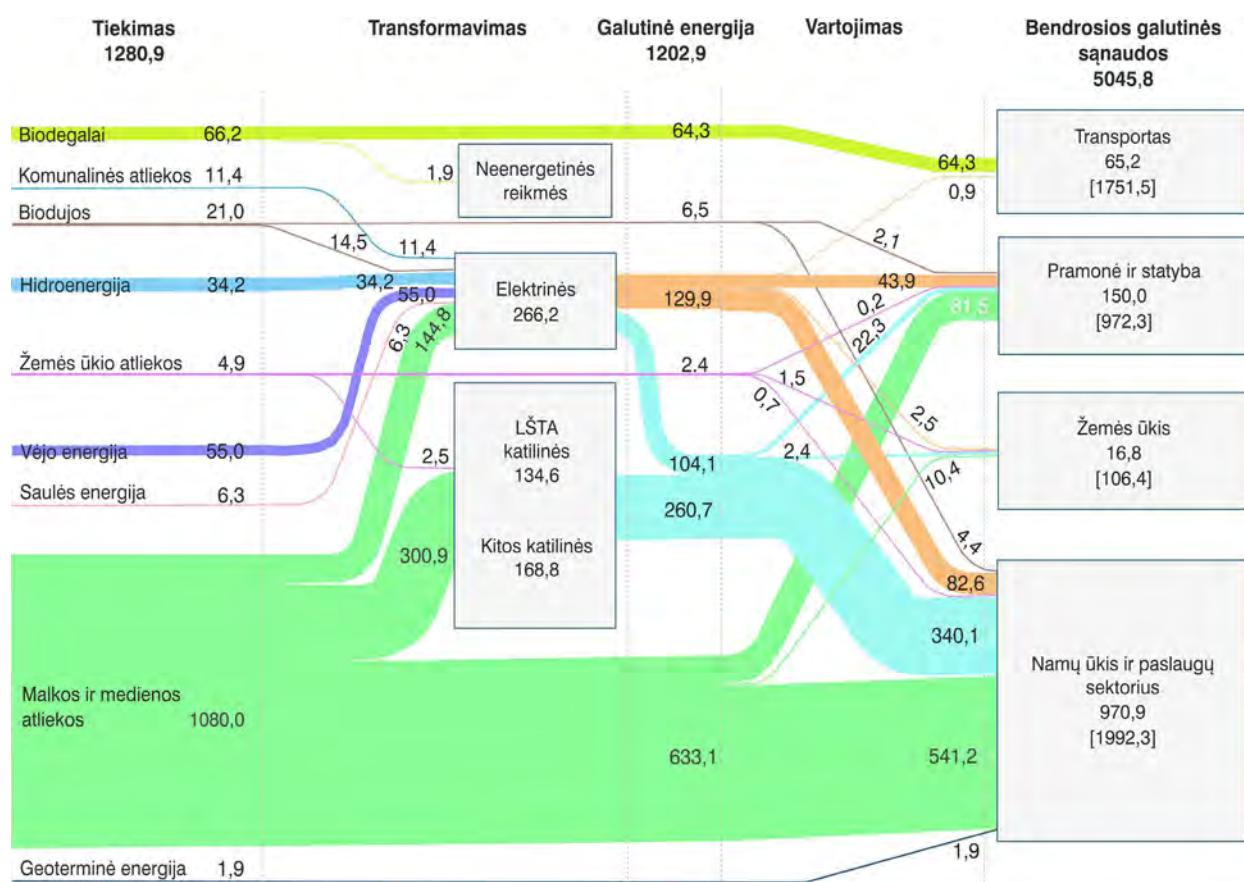
Lietuvos  
mokslo  
taryba

Atsižvelgiant į turimus pradinis duomenis, konkrečiems daugiakriteriniams uždaviniamams spręsti gali būti parenkamas atitinkamas metodas ar jų paketas. Taikant kelis metodus toms pačioms alternatyvoms vertinti, alternatyvų išdėstymas prioritetine eilute ne visada sutampa. Tuomet reikia tirti, kuris metodas jautresnis galimoms pradinų duomenų paklaidoms, jautrumo analizei pasitelkiant plačiai taikomą Monte Karlo metodą. Akcentuotinas šio metodo pri valumas – jį galima taikyti ne tik nagrinėjamų alternatyvų rodiklių reikšmingumo kitimo intervalams nustatyti, bet ir atskirų alternatyvų tikimybėms įvertinti jų kitimo intervaluose.

Daugiakriterinė analizė yra susijusi su sprendimų neapibrėžtumu, kurį gali lemti ekspertų patirties stoka arba jų subjektyvi nuomonė vertinant pradinius duomenis (rodiklių reikšmes ir ypač ro-

diklių reikšmingumą). Tokiu atveju praktikoje tikslina taikyti neapibrėžtuosius daugiakriterinius metodus, pritaikytus analizei, kai rodiklių reikšmės išreiškiamos neapibrėžtaisiais skaičiais. Praktikoje dažnai susiduriama su rodiklių palyginimo tarpusavyje problemomis dėl didelės jų įvairovės. Siekiant surikiuoti lyginamas alternatyvas taikant daugelį kriterijų, išreikštų įvairiais matavimo vienetais, ir pasirinktą rodiklių skaičių, tikslina taikyti duomenų gaubtinės analizės metodą. Šis metodas leidžia įvertinti ir palyginti daugelio alternatyvų techninių efektyvumą, esant daugeliui efektyvumo matų, tokų kaip energijos kainos, priklausomumas nuo energijos importo, energijos intensyvumas, atsinaujinančių energijos išteklių dalis galutiniame energijos suvartojime, šiltnamio efektą sukeliančių dujų bei kitų atmosferos teršalų emisijos ir kt.

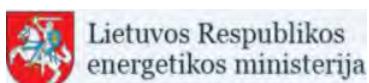
Pagal *Lietuvos mokslo tarybos* priemonę *Mokslininkų grupių projektai* buvo tęsiamas 2014 m. pradėtas projektas *Energetikos sektoriaus raidos išoriniai ekonominiai efektai: kiekybinis vertinimas*, kurio tikslas – parengus energetikos sektoriaus perspektyvinės plėtros išorinių ekonominijų efektų kiekybinio vertinimo sistemą, įvertinti Lietuvos energetikos raidos scenarijų išorinius ekonominius kaštus, naudą ir jų internalizavimo galimybes. Vykdant šį projektą, atlikti teoriniai tyrimai, sukurti modeliavimo metodai, parengti ir ištestuoti analizės įrankiai, parengta energetikos techninių ir ekonominijų duomenų



bazė, socialinės apskaitos matrica ir kita ekonominiam modeliavimui reikalinga informacija.

Sukurtoji energetikos raidos išorinių ekonominiai efektų vertinimo sistema apima tiesioginių efektų vertinimą dalinės ekonominės pusiausvyros modelyje, naudojamame ir energetikos raidos scenarijams parengti, bei grynujų efektų vertinimą bendrosios pusiausvyros modelyje. Siekiant realistiškai atspindėti energetikos raidos galimybes, į energetikai planuoti naudojamą dalinės ekonominės pusiausvyros modelį įtrauktos pilnesnės išteklių tiekimo, perdirbimo ir vartojimo grandinės, kartu reprezentuojant ir alternatyvų šiu išteklių panaudojimą, taip pat įvertinant importo/eksporto tikslumą. Šie netipiniai modelių elementai gali būti pavaizduoti kaip energetikos raidos modeliuose naudojamos technologijos orientuotų grafų pavidalu ir aprašyti įprastinėmis lygtimis. 2015 m. pateikta ir patvirtinta projekto rezultatų tarpinė ataskaita, o tęsiant projekte numatytais tyrimus, bus parengtos rekomendacijos dėl racionalaus išorinių ekonominiai efektų internalizavimo ir integravimo į ekonominio energetikos planavimo procesus.

## MOKSLO TIRIAMIEJI DARBAI ŠALIES ŪKIUI



### Nacionalinė energetikos strategija

Pagal sutartį su LR energetikos ministerija parengta studija *Lietuvos energetikos sektoriaus plėtros tyrimas*. Galutinėje ataskaitoje pateikta bendra šalies energetikos sektoriaus charakteristika, aptarti esminiai esamų atskirų energetikos sistemų būklę apibréžiantys ypatumai, pateiktas energeti-

kos sektoriaus raidos galimybų įvertinimas ir reikšmingi jai įtaką turintys veiksniai, pateikta energetikos sektoriaus raidos ir funkcionavimo analizės konцепcija. Matematinio modeliavimo rezultatų analize pagrįstos Lietuvos energetikos sektoriaus perspektyvinės raidos kryptys, racionalūs energetikos sektoriaus plėtros ilgalaikėje perspektyvoje scenarijai ir apibendrinti pagrindiniai energetikos raidą apibūdinantys rodikliai.

Energetikos sektoriaus raida buvo modeliuojama išsamiai įvertinant įvairių rūšių energetikos objektų eksploatavimo sąlygas ir ekonomiškumą skirtingais darbo režimais, adekvacių subalansuojant šilumos ir elektros energijos gamybą ir vartojimą Lietuvoje bei iš Skandinavijos šalių ir Kontinentinės Europos tinklų, taip pat trečiųjų šalių importuojamos arba į kaimynines rinkas eksportuojamos elektros energijos srautus.

Analizei buvo pasirinkti scenarijai, besiskiriantys Visagino AE buvimu ar nebuвimu, skirtina įrengtaja elektrinių galia arba vietinės elektros energijos gamybos lygiu, importuojamos elektros energijos apimtimis ir atsinaujinančių energijos išteklių vaidmens šalies energijos balanse rodikliais, t. y. veiksnių, labai reikšmingais šalies energetiniam saugumui. Šie scenarijai tinkamai iliustravo galimas vidaus ir išorės sąlygų kitimo ribas. Atlirkus gautų energetikos sektoriaus perspektyvinės raidos modeliavimo rezultatų analizę, buvo identifikuoti pagrindiniai racionalūs ir stabilūs technologiniai sprendiniai.

Nuodugni atliktu optimizacinių skaičiavimų analizę įgalino nustatyti Lietuvos energetikos sektoriaus plėtros ir funkcionavimo pagrindinius tikslus, apibrėžti valstybės nuostatas ir jų įgyvendinimo kryptis laikotarpiu iki 2030 m. bei gaires iki 2050 m. Šios nuostatos ir kryptys pagrįstos ekonomiškumo, energetinio saugumo,

aplinkosaugos ir valdymo tobulinimo aspektais, visapusiškai jas derinant su valstybės poreikiais ir naujausiomis ES direktyvomis bei šalies tarptautiniais įsipareigojimais. Vadovaujantis įvairiapusia analize, parengtas ir LR energetikos ministerijai perduotas atnaujintos *Nacionalinės energetikos strategijos* projektas.

Pagal sutartį su LR energetikos ministerija buvo vykdytas mokslo tiriamasis darbas *Lietuvos statistinio atsinaujinančių energijos išteklių kiekiei per davimo kitoms valstybėms narėms galimybų vertinimas*. Galutinėje ataskaitoje pateikta: galutinės energijos poreikių prognozė, atsinaujinančių energijos išteklių dalies bendrame galutinės energijos suvartojime prognozė, pasiūlymai dėl Lietuvos galimybų perduoti kitoms ES valstybėms narėms pagrįstai nustatyta atsinaujinančių išteklių energijos statistinį kiekį, atitinkantį realias šalies energetikos sektoriaus raidos tendencijas ir prisiimtus įsipareigojimus. Taip pat pateiktas įvertinimas dėl tokio statistinio rodiklio pardavimo kainos ribų ir rekomendacijos dėl gautų lėšų panaudojimo energetikos sektoriuje.



Pagal sutartį su Nacionaline Lietuvos elektros asociacija buvo vykdomas mokslo tiriamasis darbas *Energetikos raidos scenarijų socialinio ir makroekonominio poveikio vertinimas*. Energetikos raida susijusi ne tik su energijos transformavimo technologijomis, jų elgsena energetikoje ir poveikiu energijos produktų kainoms, bet ir su platesniais efektais, paliečiančiais visą šalies ūki. I tokius efektus būtina atsižvelgti tiek nustatant strategines

šalies energetikos raidos kryptis, tiek ir formuojant energetikos politiką.

Šie efektai reikšmingai priklauso tiek nuo energetikos (generuojančių technologijų, energijos tiekimo infrastruktūros), tiek ir nuo ekonomikos struktūros. Energetikos struktūra lemia, kokie ištakliai yra vartojami energetikoje, siekiant pagaminti ir patiekti vartotojams energiją, o ekonomikos struktūra apibūdina energijos vartojimą, tarpsektorinius ryšius ir kitus veiksnius, lemiančius socialinių ir makroekonominį efektų formavimąsi. Šių efektu vertinimas yra gana komplikuotas uždavinys. Šiam tikslui sukurtas originalus dinaminis bendrosios pusiausvyros modelis. Jis apima 4 energetikos produktus, 19 kitų produkty ir ekonominės veiklos rūsių, įmonių, valdžios ir namų ūkių sektorius bei užsienio prekybą. Modelyje agreguotai atspindima mokesčių sistema ir kitos transakcijos, įskaitant socialinio draudimo įmokas. Išskirtiniai modelio ypatumai – išsamiai modeliuojamas elektros energijos, centralizuotai tiekiamos šilumos, gamtinių dujų ir biokuro vartojimas ūkio šakose ir galutinio vartojimo segmentuose; kintamoji energetikos produktų gamybos dedamoji modeliuojama taikant koeficientus, apibūdinančius energetikos produktų kaštų struktūrą kiekvienais nagrinėjamais metais; itin daug dėmesio skiriamas energetikos infrastruktūrai modeliuoti. Praktiniam modelio taikymui buvo sukurti pradinių duomenų ir rezultatų apdorojimo įrankiai.

Taikant sukurtaį modelį, įvertintas Lietuvos energetikos raidos scenarijų socialinis ir makroekonominis poveikis laikotarpiu iki 2050 m., apimantis įtaką ūkio šakose sukuriamaipridėtinei vertei ir bendrajam vidaus produktui, įvairių rūsių mokesčiams, socialinio draudimo įmokoms ir tarptautinei prekybai. Galutinėje darbo ataskaitoje pateikta: energetikos raidos scenarijų socialinio ir makroekonominio poveikio modeliavimo rezultatai; vertinimui naudoti metodiniai principai ir prielaidos; bendroji nagrinėtų scenarijų charakteristika socialinio ir makroekonominio poveikio požiūriu, taip pat kiekybiniai Lietuvos energetikos raidos scenarijų socialinio ir makroekonominio poveikio vertinimo rezultatai. Socialiniai ir makroekonominiai rodikliai papildyti įtakos šalies mokslo, inovacijų bei technologijų raidos sistemai, šalies infrastruktūrai plėtoti vertinimo rezultatais.



Parengtas ir išleistas kasmetis statistikos duomenų leidinys *Lietuvos energetika 2014*, kuris perduotas Energetikos ministerijai. Leidinyje pateikta naujausia susisteminta informacija, apibūdinanti Lietuvos energetikos sektorius ir jo šakų raidos tendencijas 2010–2014 m., detalizuoti kuro ir energijos balansai, pateikti pagrindiniai šalies energetikos sektorių apibūdinantys rodikliai. Lietuvos energetikos ir ekonominikos rodikliai palyginti su atitinkamais Estijos ir Latvijos rodikliais (2013 ir 2014 m.). Leidinyje taip pat pateikti Jungtinių Tautų Bendrąjį klimato kaitos konvenciją ir Kioto protokolą pasirašiusiose 1 priedo šalyse naujausi 1990 ir 2012 m. į atmosferą išmestų šiltnamio dujų kiekiei ir jų struktūra pagal sektorius.

Leidinyje pateikta Europos Sajungos, didžiausių pasaulyo valstybių, Ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizacijos šalių (EBPO) bei apibendrintų bendruju pasaulio ekonomikos ir energetikos rodiklių (BVP, energijos sąnaudų vienam gyventojui, energijos intensyvumo ir kt.) lyginamoji analizė 2012 ir 2013 m. Ši analizė atlikta pagal naujausius Tarptautinės energetikos agentūros 2015 m. paskelbtus duomenis ir metodiką, pagal kurią visose šalyse elektros sąnaudose nevertinami nuostoliai tinkluose, o galutinės energijos sąnaudose įskaičiuojamos ir neenergetinėms reikmėms suvartoti energijos ištakliai.

Lietuvos ekonomika po dramatiško nuosmukio 2009 m. (14,8 %) atsigauja – 2010–2014 m. BVP augo vidutiniškai 4,1 % per metus. 2014 m. BVP grandine susieta apimtimi sudarė 32,9 mlrd. EUR (baziniai metai – 2010 m.) arba 11,2 tūkst. EUR/gvy. Pirminės energijos sąnaudos 2014 m. padidėjo 0,7 % ir sudarė 7,03 mln. tne. Energetinėms reikmėms ūkio šakose sunaudojamos galutinės energijos sąnaudos padidėjo 2,1 % ir sudarė 4,82 mln. tne, galutinės elektros energijos sąnaudos padidėjo 3,1 % ir sudarė 9,24 TWh. Pirminės energijos sąnaudos, tenkančios BVP vienetui, 2014 m. sumažėjo 2,3 %, o tiesiogiai ūkio šakose sunaudojamos galutinės energijos intensyvumas sumažėjo 0,9 %.

Lietuvoje sukurtais BVP (apskaičiuotas perkamosios galios standartais) 2003–2008 m. išaugo 46,6 % (ES-28 – atitinkamai 23,8 %), tačiau dėl ekonominikos nuosmukio 2009 m. šis rodiklis ES-28 šalyse sumažėjo 5,7 %, o Lietuvoje – 16,3 %. BVP, tenkantis vienam gyventojui, 2014 m. Lietuvoje sudarė 74 % nuo ES-28 šalių vidurkio (2010 m. šis rodiklis buvo 60 %).

Pagal sutartį su *Aplinkos ministrė* vykdytas mokslo tiriamasis darbas

### Nacionalinės išmetamų į atmosferą šiltnamio efektą sukeliančių dujų

#### 2015 m. apskaitos ekspertinė duomenų analizė energetikos sektoriuje.

Vykstant šį mokslo tiriamajį darbą, parengta Nacionalinė šiltnamio efektą sukeliančių dujų inventorizacija energetikos sektoriuje už 1990–2013 m. pagal Europos Parlamento ir Tarybos sprendimo 280/2004/EB dėl šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos Bendrijoje stebėsenos mechanizmo ir Kioto protokolo įgyvendinimo reikalavimus bei Tarpvyriausybinės klimato kaitos grupės metodologiją. Sprendimų paieškai šioje tyrimų srityje, būdama Nacionalinės išmetamų į atmosferą šiltnamio efektą sukeliančių dujų apskaitos rengimo komisijos ir Nacionalinio klimato kaitos komiteto nare, aktyviai prisidėjo dr. I. Konstantinavičiutė.

### DALYVAVIMAS TARPTAUTINĖSE PROGRAMOSE



Pradėtas **ES 7-osios** bendrosios mokslinių tyrimų, technologinės plėtros ir demonstracinės veiklos programos finansuojamas projektas **Įsteklius efek-**

**tyviai naudojantys miestai, įgyvendinantys pažangius išmanaus miesto sprendimus** (anglų k. READY), kuriuo siekiama nustatyti inovatyvių technologijų perspektyvas Lietuvoje, iš jų:

- įvertinti išmaniuju virčiuvių įdiegimo galimybes,
- įvertinti inovatyvių energetikos sistemų įdiegimo galimybes,
- identifikuoti potencialias technologijas, kurios gali panaudoti perteklinę pramonės energiją ir kurias tikslina taikyti Lietuvoje,
- įvertinti inovatyvių vésinimo technologijų taikymo centralizuoto šilumos tiekimo sistemoje galimybes,
- įvertinti integruotų energetikos sistemų miesto kvartaluose replikavimo galimybes.



Pradėtas ES mokslinių tyrimų ir inovacijų programos *Horizontas 2020* projektas **Baltijos regiono iniciatyva dėl ilgalaikių inovatyvių branduolinių technologijų** (anglų k. BRILLIANT), kurio tikslas – nustatyti kliūtis, trukdančias branduolinės energetikos plėtrai Baltijos jūros regiono valstybėse ir parengti rekomendacijas joms pašalinti. Projekte, kurį koordinuoja Lietuvos energetikos institutas, laboratorijos darbuotojams kartu su partneriais iš Lenkijos Nacionalinio branduolinių tyrimų centro, Latvijos universiteto, Tartu universiteto, Švedijos Karališkojo technologijos universiteto, Fizinių ir technologijos mokslo centro bei UAB *VAE SPB* teks svarbus vaidmuo modeliuojant energetikos raidos scenarijus ir įvertinant įvairių technologijų įdiegimo socialines ir makroekonominės pasekmės. 2015 m. spalio 21–22 d. Lietuvos energetikos institute įvykusime šiam projektui vykdyti skirtame seminare laboratorijos darbuotojai 3-iojo darbo paketo partnerius supažindino su: patirtimi vykdant energetikos sistemų darnios plėtros tyrimus; matematinio modeliavimo ir energetikos sistemų

analizės įrankio (MESSAGE) taikymo principais; energetikos sistemų plėtrai modeliuoti reikalingų pradinių duomenų poreikiu ir specifiniais jiems parengti keliamais reikalavimais; MESSAGE modelio taikymo įvairioms energetikos plėtros problemoms spręsti galimybėmis. Diskusijoje apsvarystos galimos problemos vykdant šį projektą ir numatyti uždaviniai visiems projekto partneriams.

Pagal sutartį su Europos Komisijos Jungtinių tyrimų centro Energetikos ir transporto institutu buvo vykdytas mokslo tiriamasis darbas **Gedimų kompresorių stotyse pasekmių tyrimas**. Pagrindinis dėmesys atliktoje studijoje buvo sutelktas analizei, kaip užtikrinti



dujų tiekimą ir patenkinti šalies dujų vartotojų poreikius, įvykus gedinams Lietuvoje esančiose kompresorinėse stotyse. Be to, gana placiai buvo nagrinėtos ir kitos išorinės salygos, kurios turi įtakos Lietuvos magistralinio dujų tiekimo tinklo darbo režimams, tokiems kaip Minsko kompresorinėje stotyje palaikomi slėgiai, dujų srautai Kotlovkos ir Šakių dujų apskaitos stotyse, dujų tiekimo per Klaipėdos suskystintų gamtinių dujų terminalą apimtys, dujotiekų jungties Lietuva–Latvija panaudojimo galimybės ir kita. Tyrimų ataskaitoje pateiktos rekomendacijos dėl šalies dujotiekų sistemos darbo stabilumo, esant įvairiems galimų sutrikimų deriniams.

Aktualūs Lietuvai energetikos sektoriaus plėtros klausimai, taip pat ir atsinaujinančių energijos išteklių platesnio naudojimo bei energijos vartojimo efektyvumo didinimo aspektai nagrinėjami tarptautiniuose programos *Pažangi energetika Europai* projektuose. 2015 m. buvo vykdomi du 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)***.



Projektu ***Atsinaujinančių energijos išteklių skatinimo ir konvergencijos politikos dialogas tarp ES šalių narių (DIA-CORE)*** siekiama užtikrinti taikomų atsinaujinančių energijos išteklių paramos schemų vertinimo testinumą ir sukurti produktyvią diskusiją apie šiu išteklių panaudojimo elektros energijos ir centralizuotai tiekiamos šilumos gamyboje bei transporto sektorius skatinimo politiką. Projekto koordinatorius yra Fraunhoferio sistemų

ir inovatyvių tyrimų institutas (Vokietija). Projekto partneriai: Vienos technikos universiteto, Energetikos ekonomikos grupė (Austrija), Ecofys (Nyderlandai), Eclareon (Vokietija), Nacionalinis Atėnu technikos universitetas (Graikija), CEPS (Belgija), DIW Berlynas (Vokietija), Utrechtos universitetas (Nyderlandai) ir AXPO (Austrija).

Vykdomas projektas ***Energijos vartojimo efektyvumo monitoringas ES šalyse (ODYSEE MURE 2012)***, siekia-



ma atligli išsamių energijos vartojimo efektyvumo bei energijos vartojimo efektyvumo didinimo politikos priemonių visose ES šalyse bei visuose ekonomikos sektoriuose stebesę. Projekto koordinatorius yra ADEME (Prancūzija). Projekte dalyvauja 32 partneriai iš visų ES šalių.

#### **Laboratorijoje sukauptos patirties panaudojimas tarptautiniu mastu**

- Dr. A. Galinis 2015 birželio 2–5 d. Vienoje, TATENA būstine, dalyvavo techniniame pasitarime, kuriam buvo nagrinėjamas agentūros naudojamų metodikų ir analitinų priemonių, skirtų energetikos darnios plėtros analizei, taip pat mokymo programų ir paketu atitinkamas šalių narių nūdienos poreikiams, aptarti taikomų priemonių tobulinimo poreikiai ir kryptys, pasiūlytos rekomendacijos agentūros tolesnei veiklai. A. Galinis dalyvavo ir kitame pasitarime, įvykusiam birželio 30–liepos 3 dienomis, kuriam TATENA ekspertai-lektoriai iš viso pasaulio dalijosi patirtimi apie agentūros rengiamų mokymų energetikos darnios plėtros srityje organizavimą ir pravedimą, aptarė įvairius būdus specialistų rengimui pagerinti ir besimokančių suinteresuotumui padidinti;
- Dr. A. Galinis 2015 m. rugpjūčio 9–22 d. Švedijos karališkajame universitete dalyvavo TATENA organizuotuose mokymuose energetikos perspektyvinės plėtros analizės klausimais. Čia jis skaitė paskaitas ir vadovavo praktiniams mokymams energetikos sektoriaus modeliavimo specialistams, kurie rengiami ateityje tapti regioninių energetikos modeliavimo kursų lektoriais;





- Dr. I. Konstantinavičiūtė 2015 m. lapkritį dalyvavo 11-ajame Tarpvyriausybinės klimato kaitos komisijos emisijos faktorių duomenų bazės ekspertų susitikime Japonijoje, Hayamoje. Ji pristatė nacionalinius anglies dvideginio emisijų faktorius, kurie naudojami rengiant Lietuvos nacionalinę šiltnamio dujų apskaitą energetikos sektoriuje. Susitikimo metu nuspręsta įtraukti pristatytus Lietuvos anglies dvideginio emisijų faktorius į Tarpvyriausybinės klimato kaitos komisijos emisijos faktorių duomenų bazę;
- Dr. D. Štreimikienė dalyvavo Europos Komisijos mokslinių tyrimų ir inovacijų programos **Horizontas 2020** Energetikos patarėjų grupės posėdžiuose, nustatant prioritetines finansavimo kryptis, taip pat vertinant šios programos projektų pirmąją ir antrąją pakopas.

#### **2015 m. buvo tobulinama**

#### **laboratorių darbuotojų kvalifikacija**

- Dr. Dalia Štreimikienė 2015 m. sausio 12–balandžio 11 d. stažavosi Kijeve, kur vykdant ES 7-osios bendrosios programos projektą **Pro-ekologinis darbo vienos restruktūrizavimas** jai teko atsakinga užduotis – pateikti darbo vietas žalinimo, energijos taupymo ir poveikio šiltnamio dujų emisijoms aspektų įvertinimą;
- Inž. Eimantas Neniškis 2015 m. birželio 6–19 d. tobulino kvalifikaciją Švedijos karališkojo universiteto ir Linnaeus universiteto rengtuose kursuose. Jis išklausė per 20 paskaitų, susijusių su panaudoto branduolinio kuro atliekų

tvarkymo politika, technologijomis, taip pat socialiniu, ekonominiu ir aplinkos poveikiai, susipažino su vykdomomis procedūromis bei esamais procesais panaudoto branduolinio kuro laikymo drėgno kuro saugykloje, laboratorijoje bei jos tuneliuose;

- Dr. E. Norvaiša 2015 m. rugpjūčio 10–21 d. dalyvavo TATENA organizuotuose kursuose, skirtuose instruktoriams, taikantiems TATENA analizės priemones rengiant darnios energetikos strategijas, paruošti. Kursai vyko Švedijos karališkajame universitete Stokholme. Jų tikslas – supažindinti dalyvius su TATENA taikomu MESSAGE matematiniu modeliu energetikos sektorius analizei ir

paruošti ekspertus, galinčius tapti dėstytojais ateities mokymuose. E. Norvaiša susipažino su MESSAGE modelio ypatybėmis, matematiniu jo formulavimu, specifinių problemų ir energetikos objektų modeliavimu, įvairių energetikos politikos siekių modeliavimu ir pan. Jam teko modeliuoti ir analizuoti skirtinius energetikos sistemos objektus. E. Norvaiša parengė ir perskaitė kelis pranešimus kitiemis kursų dalyviams.

2015 m. laboratorių mokslininkai tyrimų rezultatus pristatė 8 pranešimuose tarptautinėse ir nacionalinėse konferencijose, paskelbė 15 mokslinių straipsnių Lietuvos ir užsienio žurnaluose, tarptautinių konferencijų ir kt. leidiniuose (iš jų 5 straipsnius *Thomson Reuters* duomenų bazėje *Web of Science Core Collection* referuojamuose žurnaluose).



# ATSINAUJINANČIŲ IŠTEKLIŲ ir EFEKTYVIOS ENERGETIKOS LABORATORIJA



## PAGRINDINĖS LABORATORIJOS TYRIMŲ KRYPTYS:

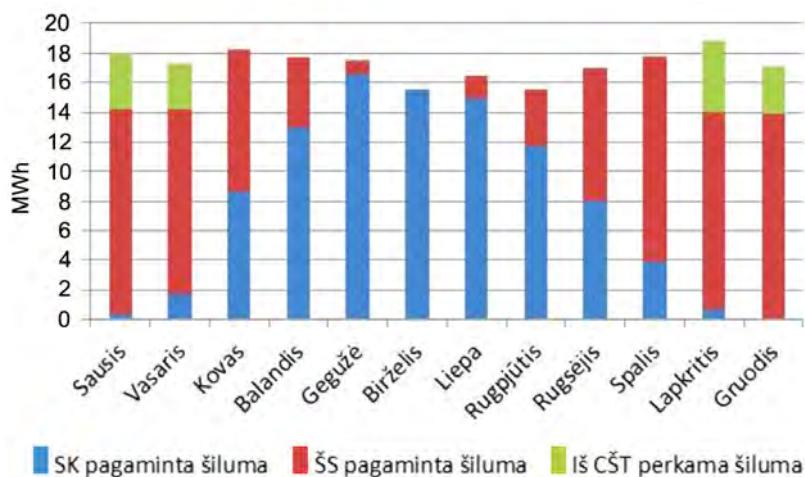
- vėjo srautų kaitos įvairiuose Lietuvos regionuose tyrimai ir modeliavimas;
- vėjo elektrinių galios kitimo prognozavimo modelių ir metodikų kūrimas ir tyrimas;
- biodujų ir biodegalų gamybos procesų ir aplinkosauginių problemų tyrimai;
- pramoninių ir mažųjų vėjo elektrinių darbo efektyvumo ir poveikio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

**Dr. Mantas MARČIUKAITIS**  
Atsinaujinančių išteklių ir efektyviųs  
energetikos laboratorijos vadovas  
Tel. (8 37) 401 847  
El. p. [Mantas.Marcukaitis@lei.lt](mailto:Mantas.Marcukaitis@lei.lt)

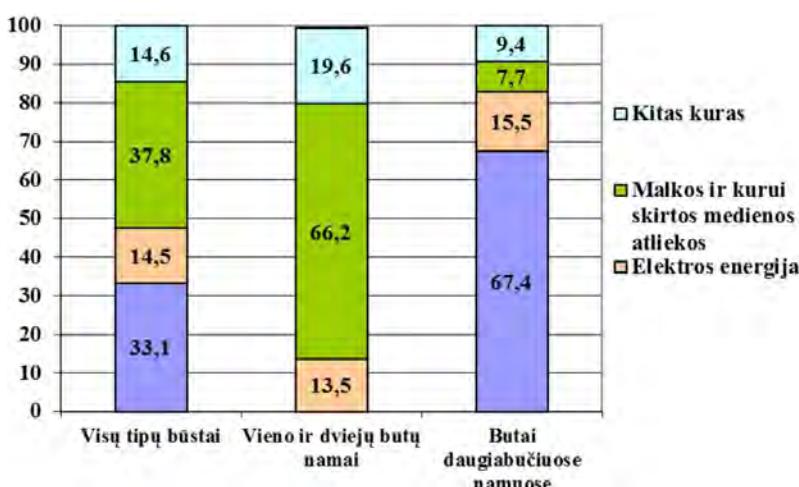
## ATSINAUJINANČIŲ IŠTEKLIŲ ENERGIJĄ NAUDOJANČIŲ TECHNOLOGIJŲ PLĖTROS TYRIMAI

Laboratorijoje atliekami vėjo, saulės ir biomasės energijos 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.

2015 m. pradėtas valstybės subsidijomis finansuojamas mokslo tiriamasis darbas **Atsinaujinančių išteklių**



Ant daugiabučio namo įrengtų saulės kolektorių ir šilumogrąžos įrenginio generuojamos šilumos dinamika, kai saulės kolektorių plotas 210 m<sup>2</sup>



Vidutinis kuro ir energijos suvartojimas Lietuvoje pagal būsto tipą ir vartojamo kuro bei energijos rūšį

*energetikos technologijų integravimo į pastatų aprūpinimo energija sistemos tyrimas.*

Darbe atlikta energijos poreikių skirtingos paskirties pastatuose statistinė analizė, aprašyti energijos vartojimo dėsniumai, išanalizuotos energijos efektyvaus vartojimo pastatuose užtikrinimo priemonės, apžvelgti jas reglamentuojantys teisės aktai, identifikuotos tipinės pastatų charakteristikos, kurios bus naudojamos atsinaujinančių išteklių energetikos (AIE) technologijų integravimo į pastatus galimybų tyime, sudaryta AIE technologijų taikymo pastatuose techninio ir ekonominio efektyvumo vertinimo metodika.

Atlikta naujausių vėjo elektrinių (VE) galios prognozavimo metodų apžvalga bei Lietuvoje naudojamų prognozavimo modelių tikslumo analizė, sudaryta VE galios prognozės modelio kūrimo metodika. Nustatyta, kad prognozavimo tikslumui įtakos turi vėjo greičio kaita įvairiais sezonais ir naudojamų skaitmeninių orų prognozių modelio duomenų kokybė.

2015 m. tyrimais patvirtinta, kad svarbiausiai sėkmindo AEI panaudojimo pastate sėlyga yra gera pastato šilumos izoliacija ir atitiktis visiems pastato energinio naudingumo reikalavimams. Tik tokiu atveju pastate galimas taupus ir greitai atsiperkantis AEI technologijų naudojimas.

Vykdomi vėjingojo sėlygų tyrimus atliekami vėjo greičio ir krypties matavimai ant instituto pastato stogo, tiriama meteorologinių sėlygų ir aplinkinių pastatų įtaka vėjo gūsių susidarymui ir mažos galios vėjo elektrinės darbui.

Nuo 2013 m. atliekant mažųjų vėjo elektrinių tyrimus rengiama daktaro disertacija *Atsinaujinančius energijos išteklius naudojančių technologijų tyrimai ir taikymas urbanistinėje aplinkoje*. Vėjo elektrinių galios prognozavimo metodų tyrimai atliekami rengiant daktaro disertaciją *Meteorologinių ir topografinių*

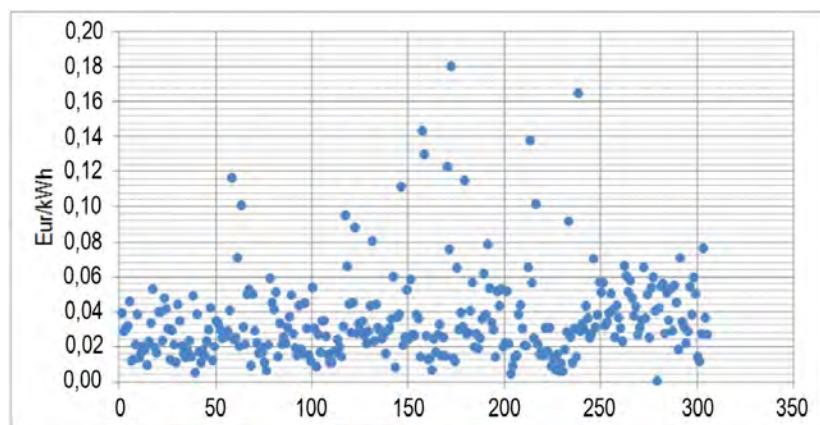
sąlygų įtakos vėjo elektrinių galios prognozei tyrimas.

Nuo 2015 m. rengiama daktaro disertacija *Apledėjimo reiškinio įtakos vėjo elektrinių darbui tyrimas* siekiant išsamiau ištirti vėjo elektrinių efektyvumą lemiančius aplinkos veiksnius.

2015 m. buvo tēsiamas valstybės biudžeto finansuojamas mokslo tiriamasis darbas **Savivaldos lygiu įgyvendinamų darnios energetikos priemonių efektyvumo tyrimas**. Pastebėta, kad trūksta sistemingo požiūrio, kaip reikėtų vertinti įgyvendinamų energijos vartojimo efektyvumo ir AEI skatinimo priemonių efektyvumą, trūksta metodikų ir vertinimo kriterijų. Analizuojama prieinama informacija apie savivaldybių lygiu vykdomas darnios energetikos priemones, jų pagrindimą, stebėseną ir finansinius rodiklius.

Vertinant AEI plėtros skatinimo priemonių intensyvumą, analizuoti biomasės katilų ir kogeneracinių įrengimų projektų paprasto atsipirkimo laikotarpiai: a) suteikus ES paramą, b) ne-gavus ES paramos ir c) esant 2015 m. kuro kainų skirtumui be ES paramos. Rezultatai parodė, jog dauguma remtų projektų, kai pagaminta energija tiekiamo galutiniams šilumos vartotojams, būtų atsipirkę ir be ES paramos per mažesnį nei 10 metų laikotarpį dėl gamtinių dujų ir biomasės kainų skirtumo. Gavus finansinę paramą vykdytų projektų vidutinis paprastasis atsipirkimo laikas siekė tik 3,2 m. Kita vertus, ES parama suteikė galimybę mažinti šilumos kainą galutiniams vartotojams. Paramą vykdymiams projektams galima vertinti kaip teigiamą socialinį aspektą mažinant šilumos kainas galutiniams vartotojams ir kompensacijų poreikį mažas pajamas turinčioms šeimoms.

Darbe taip pat suklasifikuoti AEI technologijų naudojimo skatinimo finansiniai-ekonominiai mechanizmai ir galimi finansavimo šaltiniai. Nors



Viešuosiųose pastatuose sutauptytos energijos kaina, įgyvendinus pastatų atnaujinimo projektus 2007–2013 metais nacionaliniu lygiu

miestų savivaldos įstatymais numatytois funkcijos parengiant programinius dokumentus energetikos ūkio apskaitai ir AEI technologijų klausimais yra gana tiksliai apibréžtos, tačiau praktikoje AEI plėtros planai dar tik pradedami formuoti. Probleminė sritis yra finansavimas, kuris šiuo metu suvokiamas itin siaurai, orientuojantis tik į biokurą ir struktūrinių fondų subsidijas.

Nuo 2014 m. laboratorijos doktorantas rengia disertaciją *Atsinaujinančių energijos šaltinių paramos priemonių plėtros efektyvumo tyrimas*.

2015 m. kartu su kitais instituto padaliniais buvo tēsiamas ilgalaike institucinių mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros (toliau – MTEP) programa *Atsinaujinančių išteklių naudojimo efektyviai energijos gamybai ir poveikio aplinkai tyrimas*.

2015 m. atliekant biomasės išteklių didinimo galimybų biokuro, biodujų ir biodegalų gamyboje tyrimus apžvelgtos vandeninės kilmės biomasės (dumblių) auginimo, naudojimo technologijos energetikoje, įvertinti gamybos kaštai ir išnagrinėtos šių išteklių panaudojimo galimybės Lietuvoje. Beveik visi būvio ciklo vertinimo tyrimai parodė, kad būtina didinti technologijų pažangą, siekiant, kad dumblių kurasaptų komerciškai perspektyvus.



Lietuvos  
mokslo  
taryba

Atlikti vėjo charakteristikų matavimai, išanalizuoti Lietuvos meteorologijos stočių 2014 m. matavimo duomenys, aprašant juos Veibulo tikimybiniame tankio funkcija. Nustatyta, kad daugelis tikimybinių tankio funkcijos skaičiavimo metodų leidžia pasiekti patikimų rezultatų. Tačiau, atsižvelgiant į vietovės geografinę padėtį, aukštį nuo žemės paviršiaus ir kitų veiksnių įtaką vėjo galios tankiui, kai kurie metodai yra nepriimtini, nes lemia dideles (iki 30 %) santykines paklaidas. Todėl nustatant vietovės vėjo energijos išteklius ir skaičiuojant Veibulo funkcijos parametrus būtina įvertinti metodikos patikimumą.

Apžvelgta elektros energijos gamybos iš atsinaujinančių energijos išteklių padėtis: 2015 m. apie 16 % visos sunaudojamos elektros energijos pagaminta iš AEI, iš jų didžiausią dalį (50 %) sudarė VE parkuose pagaminta energija, 23,5 % – energija iš biokuro elektrinių, 21,5 % – iš hidroelektrinių, 4,5 % – iš saulės elektrinių.

## DALYVAVIMAS TARPTAUTINĖSE PROGRAMOSE



2015 m. pradėtas vykdyti naujas ES moksliinių tyrimų ir inovacijų programos **Horizontas 2020** projektas ***Energijos vartojimo efektyvumo daugiapakopio valdymo spartinimas*** (angl. Facilitating multi-level governance for energy efficiency, multEE). Projektas vykdomas kartu su partneriais iš devynių Europos šalių (Vokietija, Danija, Latvija, Lietuva, Slovakija, Austrija, Kroatija, Makedonija ir Graikija).

Projektą koordinuoja Vokietijos organizacija GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH).

Pagrindinis projekto MultEE tikslas – pagerinti priemonių, skirtų energijos išteklių ir energijos vartojimo efektyvumui didinti, planavimą bei jų diegimą projektą vykdančiose šalyse.

Lietuvoje įgyvendinant 2012 m. spalio 25 d. Europos Parlamento direktyvos 2012/27/ES dėl energijos vartojimo efektyvumo nuostatas yra diegama daug įvairių priemonių, skirtų energijos išteklių ir energijos vartojimo efektyvumui didinti. Priemonės apima namų ūkių, paslaugų, pramonės, energetikos, transporto sektorius.

Siekiant kuo geriau panaudoti lėšas, skirtas energijos ištekliams bei energijai taupytī, labai svarbu įvertinti galutinį įdiegtų priemonių rezultatą, t. y. faktinių energijos išteklių ar galutinės energijos suraupytmą. Tam būtina vykdyti įgyvendinamų priemonių stebėseną, kuri leistų nustatyti įgyvendinimo kokybės kontrolę bei gauti patikimus duomenis apie faktinius tiek energijos išteklių, tiek energijos suraupyimus po planuotų ne tik



Elektros energijos gamyba iš skirtinių AEI rūsių Lietuvoje  
2015 m.

konkrečių priemonių įgyvendinimo, bet ir suminį rezultatą šalies mastu.

Šiuo metu tokie duomenys renkami daugiausiai apklausos būdu, naudojant Lietuvos statistikos departamento, energetikos įmonių, įvairių agentūrų, kitų institucijų ir organizacijų pateiktus duomenis.

Būtina sukurti vieningą šalies mastu kompiuterinę duomenų surinkimo, jų tikrinimo, vertinimo, pateikimo sistemą, kuri apjungtų anksčiau minėtas organizacijas. Tuo tikslu taip pat reikalinga gera veiksmų koordinavimo tarp įvairių organizacinių struktūrų sistema, kuri leistų patikimai koordinuoti minėtus veiksmus.

Šiuo metu tokios inovatyvios sistemos yra sukurtos ir įdiegtos Vokietijoje, pritaikytos Kroatijoje, Makedonijoje.

Sutaupyti energijos išteklių ar energijos kiekiai šiose sistemose apskaičiuojami taikant „nuo atskiro prie bendro“ (angl. bottom-up) skaičiavimo metodus, kurie leidžia tiksliau ir patikimiau nustatyti įdiegtų energijos išteklių ar energiją taupančių priemonių efektyvumą. Tokie duomenys leidžia gerokai pagerinti minėtų priemonių planavimą.

Įgyvendinant projektą renkama ir apibendrinama informacija apie minėtas duomenų surinkimo, tikrinimo, vertinimo sistemas bei koordinavimo schemas visose ES šalyse. Surinktų duomenų pagrindu, pagal specialius vertinimo kriterijus bus atrinktos gerausios sistemos ir pasiūlytos vykdantčioms šalims.

Projekto vykdymo metu supažindinti su šiuo metu įdiepta inovatyvia kompiuterine sistema Vokietijoje, bus pravesti mokymai, minėta sistema bus perduota projektą vykdančių šalių specialistams.

Projekto vykdymo metu gauti rezultatai leis tiksliau ir lengviau apskaičiuoti sutaupytus energijos išteklių ir energijos kiekius tiek atskiroms įdiegtoms energiją taupančiomis priemonėmis, tiek įvairiomis šiuo metu šalies mastu vy-



Projekto MultEE partnerių įvadinis susitikimas Kaune 2015 m. balandžio

domoms programoms. Projektas vykdomas glaudžiai bendradarbiaujant su VĮ Energetikos agentūros darbuotojais, kurie atlieka valstybės mastu sutaupyto energijos kieko skaičiavimus.

2015 m. baigtas nuo 2013 m. vykdytas ES Pažangi energetika Europai programos projektas **Transparense – Energetinių paslaugų rinkų skaidrumo didinimas** (angl. Increasing transparency of Energy service markets). Projektas vykdytas kartu su partneriais iš 20-ies Europos šalių. Projekto vykdymo trukmė – 3 metai. Projekto koordinatorius – Čekijos efektyvus energijos vartojimo centras (SEVEn).

Daugelyje Europos šalių energijos vartojimo efektyvumo didinimo projektais finansuoti šiuo metu taikomas Sutarties dėl energijos vartojimo efektyvumo (angl. Energy Performance Contracting – EPC) modelis, kuris leidžia 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 užtikrina (savo finansiniai



ištekliais) sutartyje numatyta energijos suraupyto kiekį, kuris bus pasiektas jdiegus energiją taupančias priemones pas užsakovą. Naudos gavėjas (užsakovas) už jam suteiktas paslaugas atsiskaito (visiškai ar iš dalies, atsižvelgiant į abipusį susitarimą) ne iš karto, o per tam tikrą laikotarpį (numatyta sutartyje) iš pajamų, gautų už faktiškai suraupyta energiją ar energijos išteklius.

Šio modelio taikymą bei jo plėtrą įpareigoja ir naujoji Europos Parlamento ir Tarybos Direktyva 2012/27/ES. Šia direktiva numatoma bendra energijos vartojimo efektyvumo skatinimo Europos Sajungoje priemonių sistema, siekiant užtikrinti, kad 2020 m. būtų pasiekta Sajungos 20 % energijos vartojimo efektyvumo tikslas ir sudarytos sąlygos vėliau toliau didinti energijos vartojimo efektyvumą. Lietuvoje šis modelis iki šiol dar nepradėtas taikyti.

Projekto vykdymo metu buvo surinkta ir išanalizuota informacija apie energetinių paslaugų bendrovų veiklą ES šalyse, įvertinti teisės aktai, skirti *Sutarties dėl energijos vartojimo efektyvumo* taikymo, projektų, skirtų energijos vartojimo efektyvumui didinti, finansavimo schemas, jų paramos, strategijos ir kt.

Vykstant projektą buvo parengtas Energetinių paslaugų bendrovų elgesio kodeksas. Šio kodekso laikymasis padidina



į Vokietijos – Saulės ir darnių energetinių sistemų tyrimo instituto, SFZ Solites. Projektas apjungė 18 partnerių iš 12 ES šalių. Projektas **SDHplus** orientuotas į platesnį saulės jėgainių integravimą centralizuotuose šilumos tinkluose bei šilumos poreikių tenkinimą pastatuose.

**SDHplus** projekto tikslai – skatinti platesnį saulės energijos naudojimą centralizuoto šilumos tiekimo sistemoje, aprašant ir skleidžiant sėkmindo saulės energijos integravimo į CŠT sistemas pavyzdžius, plėtojant ir diegiant naujus bandymuosius 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).

Itin svarbi yra informacinė skliauda – tarptautiniai SCŠT seminarai ir centralizuoto šilumos tiekimo rinkos dalyvių vizitai į esančias SCŠT jėgaines. 2015 m. buvo paruošti du dokumentai, vienas jų yra informacinis lankstinukas nacionalinėmis projekto dalyvių kalbomis, kuriame apibrėžti sėkmės veiksniai saulės centralizuotame šilumos tiekime, jo privalumai kitų šildymo sistemų atžvilgiu, įgyvendinti įvairaus lygio projektai, rinkos situacija Europos šalyse, verslo modeliai, geriausi pavyzdžiai ir tarptautinio bendradarbiavimo galimybės. Antrasis dokumentas – tai specializuotas pranešimas šildymo sistemų plėtotojams apie saulės energijos naudojimo galimybes CŠT sistemoje, planuojant miestus, kur pristatyti galimi verslo modeliai, techninės galimybės, Europos šalių patirtis, sąsajos su miestų planavimu, saulės energijos integravimo sprendimų priėmimo procesas, saulės įtraukimas į urbanistinius plėtros planus, teisinės sistemos perkėlimas ir koregavimas.

Taip pat projekto dalyviai susirinko baigiamajame susitikime Tulūzoje (Prancūzija), kuris buvo suderintas kartu su **SDHplus** moksline konferencija.

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

Nuo 2014 m. kovo laboratorijos mokslininkai dalyvauja **COST** programos veikloje *Vėjo energetikos technologijų analizė siekiant sustiprinti išmaniuju miestų koncepciją (WINERCOST)*. Šia veikla siekiama surinkti ir susisteminti informaciją apie Europos šalių patirtį plėtojant vėjo energetiką miestų aplinkoje ir įvertinti vėjo elektrinių taikymo galimybes ateities išmaniuosiuose miestuose. Analizuojamos techninės,



Mokymų dėl ESCO modelio taikymo pagrindų įgyvendinant efektyvaus energijos vartojimo projektus akimirka

energetinių paslaugų bendrovų veiklos skaidrumą bei užtikrina suteikiamų paslaugų kokybę.

Buvo organizuoti seminarai, vyko mokymai, skirti *Sutarties dėl energijos vartojimo efektyvumo* taikymui, įgyvendinant energijos vartojimo efektyvumą didinančius projektus Lietuvoje.

2015 m. baigtas vykdyti 36 mėnesių trukmės ES Pažangi energetika Europai programos projektas **Naujos verslo galimybės naudojant saulės energiją centralizuotos šilumos ir vėsumos tiekimui (SDHplus)**, kurį koordinavo partneriai

ekonominės ir socialinės kliūtys bei efektyviausios priemonės skatinančios vėjo elektrinių plėtrą urbanistinėje aplinkoje. Vykdant šią veiklą vyksta darbo grupių susitikimai, tarptautinės konferencijos, organizuojamos vasaros stovyklos įvairių lygių specialistams. Veikloje dalyvauja 28 šalys. Daugiau informacijos apie veiklą: <http://winercost.com>

2015 m. įvyko du veiklos partnerių susitikimai: kovą – Coimbroje (Portugalija) ir rugpjūtį – Belgrade (Serbija). Coimbroje vykusiame tarptautiniame strateginiame seminare *Trends and challenges for wind energy harvesting* pranešimą perskaitė laboratorijos vadovas M. Marčiukaitis.

## MOKSLINIAI TAIKOMIEJI DARBAI

2015 m. buvo tēsiamas bendradarbiavimas su 2 verslo įmonėmis: atlikti taikomieji tyrimai, finansuoti Mokslo, inovacijų ir technologijų agentūros (MITA) pagal paramos priemonę **Inočekiai**. Projektyų metu buvo modeliuojamos vėjo elektrinių triukšmo ir šešėliajimo zonas bei atliekama vėjinguomo sąlygų analizė.

Sėkmingas bendradarbiavimas su įmonėmis kuria joms pridėtinę vertę: 2014 m. bendradarbiaujant su IĮ *Entiumas* ir UAB *Aedilis* sukurtą mobili vėjo greičio, krypties ir vėjo elektrinių *Vėjo fabrikas* galios duomenų registravimo ir kaupimo įranga naudojama iki šiol. Vėjo greičio ir vėjo elektrinės gaminamos energijos stebėseną suteikia vertingos informacijos apie vėjo elektrinių efektyvumą realiomis sąlygomis, kuri lemia didesnį įmonės klientų pasitikėjimą jos gaminamais produktais ir teikiamomis paslaugomis.



*COST programos veiklos WINERCOST partnerių susitikimas Coimbroje (Portugalija)  
2015 m. kovo 30–balandžio 1 d.*

2015 m. sausį pradėtas įgyvendinti 2009–2014 m. Europos ekonominės erdvės finansinio mechanizmo LT03 programos *Biologinė įvairovė ir ekosistemų funkcijos* projektas **Vėjo energetikos plėtra ir biologinei įvairovei svarbios teritorijos (VENBIS)**. Projekto koordinatorius – Lietuvos ornitologų draugija, partneriai – Pajūrio tyrimų ir planavimo institutas ir LEI.

**Bendras projekto tikslas** – mažinti biologinės įvairovės nykimą Lietuvoje.

### **Projekto pagrindiniai uždaviniai:**

- identifikuoti biologinės įvairovės apsaugai svarbias/jautrijas ir konfliktines vėjo energetikos (VE) plėtros požiūriu teritorijas;
- parengti tokų teritorijų apsaugos ir VE darnios plėtros konfliktų valdy-



*Vėjo elektrinių šešėliajimo zonų modeliavimo rezultatai*



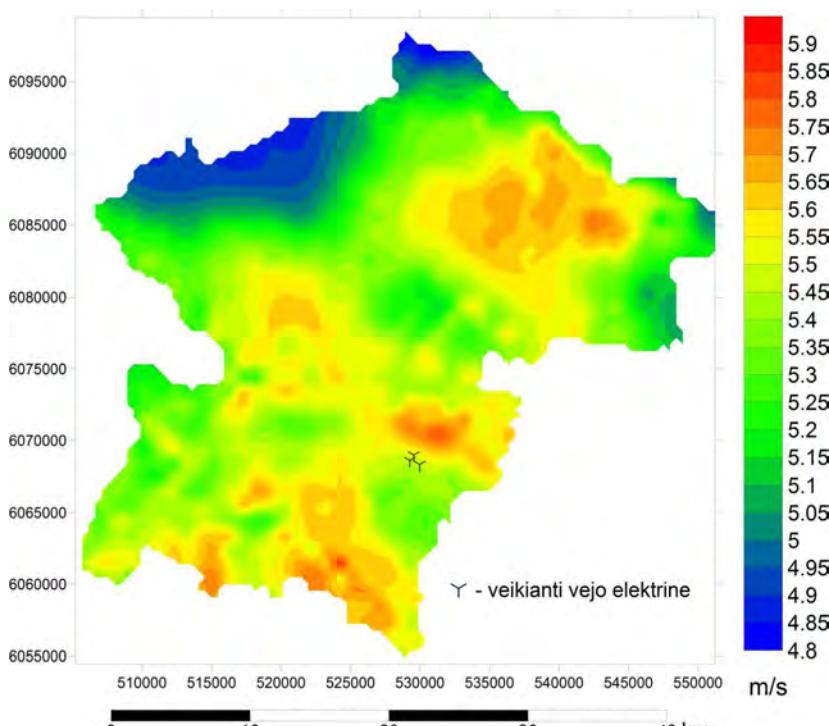
VENBIS projekto partnerių susitikimas institute 2015 m. liepą



EEE PARAMA LIETUVĀ:  
partnerystē vertybēms  
kurti ir išsaugoti

- mo priemones;
- pateikti rekomendacijas dėl VE plėtros konfliktų mažinimo jautriose biologinei įvairovei teritorijose šalies ir vietas lygiu.

Laboratorijos mokslininkai atliko VE išplėtojimo esamos būklės įvertinimą, surinko informaciją apie visas



Lietuvoje veikiančias vėjo elektrines ir jų parkus, analizavo savivaldybių patvirtintus bendruosius ir vėjo elektrinių išdėstymo specialiuosius planus. Taip pat atliekamas vėjo energijos išteklių modeliavimas 53-jose Lietuvos savivaldybėse, sudaryta teritorijos tinkamumo VE plėtrai nustatymo metodika. Vadovaujantis gautais modeliavimo rezultatais pagal įvairius kriterijus (gamtinius ir techniniaus), GIS priemonėmis bus nustatytos ir vizualizuotos perspektyviausios VE plėtros teritorijos.

2015 m. atliktas mokslinis-taikomas darbas ***Atsinaujinančių išteklių energetikos technologijų panaudojimo daugiabutuje (Tuskulėnų g. 37, Vilnius) galimybių studija***. Šiame darbe pateikta pastato suvartojuamos šilumos ir elektros energijos statistinių duomenų apžvalga, įvertinta pastato konstrukcijų ir inžinerinių sistemų fizinė bei techninė būklė, palygintos skaičiuojamosios ir faktinės energijos sąnaudos, nustatyta pastato energinio naudingumo klasė, pateikta energijos vartojimo mažinimo ir efektyvaus energijos vartojimo daugiabutuje galimybų analizė, išnagrinėtos AEI technologijų taikymo daugiabutuje techninės galimybės, įvertinti ekonominiai rodikliai. Nustatyta, kad mažiausios savikainos šilumos energiją šiame name galėtų tiekti ant stogo įrengtas šilumos siurblys, iš ventiliacijos angų šalinamo oro šilumą grąžindamas į karšto vandens ruošimo sistemą.

## MOKSLO POPULIARINIMO VEIKLA

Vykdomas mokslinius tyrimus bei tarptautinius projektus, visuomenei skleidžiamos mokslo idėjos bei atliekamu tyrimų rezultatai, kurie skatina visuomenę domėtis atsinaujinančių energijos išteklių įvairove ir praktinio taikymo galimybėmis.

Laboratorijsje įkurtame **Vėjo energetikos informacijos centre** 2015 m. vyko praktiniai užsiėmimai VDU Gamtos mokslų fakulteto Aplinkotyros ir Fizikos katedrų 3-iojo kurso studentams, kurie nagrinėjo elektros energijos gamybos vėjo jėgainėse ypatumus bei susipažino su saulės fotoelementų veikimo principais. Taip pat organizuotos 9 ekskursijos mokiniams iš įvairių Lietuvos mokyklų. Užsiėmimų ir ekskursijų dalyviai susipažino su mažujių vėjo elektrinių taikymo galimybėmis, nagrinėjo konkrečius praktinius pavyzdžius, tobulino skaičiavimo, konstravimo ir mokslinio bandymo atlikimo įgūdžius.

Studentai aktyviai domisi AEI naujodimo plėtra, laboratorijsje atlieka praktiką, vadovaujami laboratorijos mokslininkų rašo kursinius ir diplominius darbus. Laboratorijos darbuotojai 2015 m.

vadovavo vienam VDU Gamtos mokslų fakulteto Fizikos katedros magistro baimiamajam darbui *Atsinaujinančius energijos išteklius naudojančių autonominių energijos gamybos sistemų efektyvumo tyrimas*, du III kurso studentai laboratorijsje atliko praktiką – atliko edukaciinių vėjo elektrinių modelių efektyvumo tyrimus ir kūrė naujų vėjaračio menčių dizainą. Ateityje, padedami laboratorijos darbuotojų, studentai planuoja atlikti išsamesnius tyrimus ir rinktis studijų kryptis, susijusias su AEI technologijų naudojimu.

## LABORATORIJOS TEIKIAMOS PASLAUGOS

### **Konsultacinė veikla**

Laboratorijos darbuotojai plačiai panaudoja savo turimą mokslinę kom-



Alytaus Vidzgirio pagrindinės mokyklos mokiniai vizitas LEI



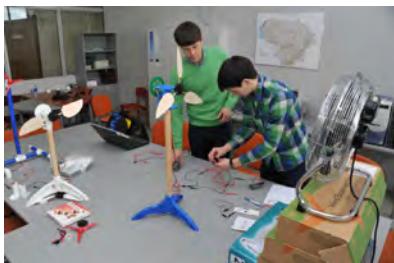
Praktiniai užsiėmimai VDU studentams: fotoelementų efektyvumo tyrimas



Interaktyvi paskaita mokiniams stovykloje PAPARTIS



Vilniaus jėzuitų gimnazijos Erasmus mainų programos mokiniai



KTU IV kurso praktikantas atlieka vėjo elektrinių modelių tyrimus

petenciją 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

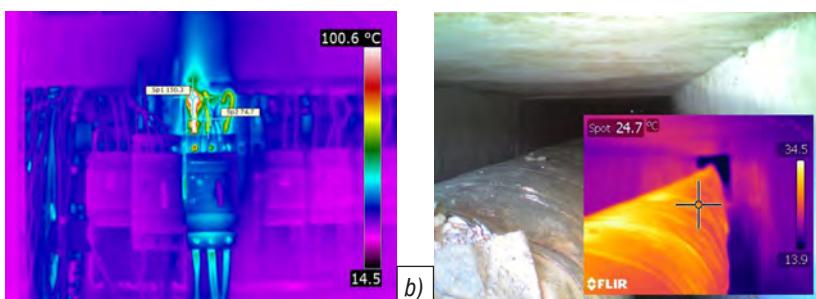
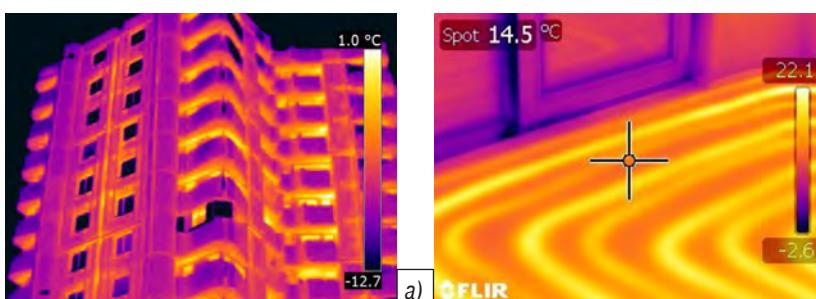
Termovizija – tai nekontaktinio paviršių temperatūros matavimo technologija, pagrįsta šilumos spinduliuavimo intensyvumo matavimu. Termoviziniai tyrimai naudojami gyvenamiesiems ir pramonės pastatams, stogams, vamzdynams, elektros ūkiui, kaminams, mechaniniams įrengimams tirti ir prižiūrėti, skysčių ištakėjimo problemoms, baky/talpų užpildymo lygiui nustatyti, procesams stebeti ir kokybei kontroliuoti. Termoviziniai tyrimai atliekami termovizoriumi **Flir B400**, kurio paviršių temperatūros matavimo diapazonas yra nuo -20 iki +350 °C.

### Pastatų energinio naudingumo sertifikavimas

Laboratorijos ekspertas atlieka pastatų energinio naudingumo sertifikavimą. Pastato energinio naudingumo sertifikavimas – teisės aktų reglamentuotas procesas, kurio metu nustatomas pastato energijos sunaudojimas, įvertinamas pastato energinis naudingumas priskiriant pastatą energinio naudingumo klasei ir išduodamas pastato energinio naudingumo sertifikatas.



Pastato energinio naudingumo sertifikato pavyzdys



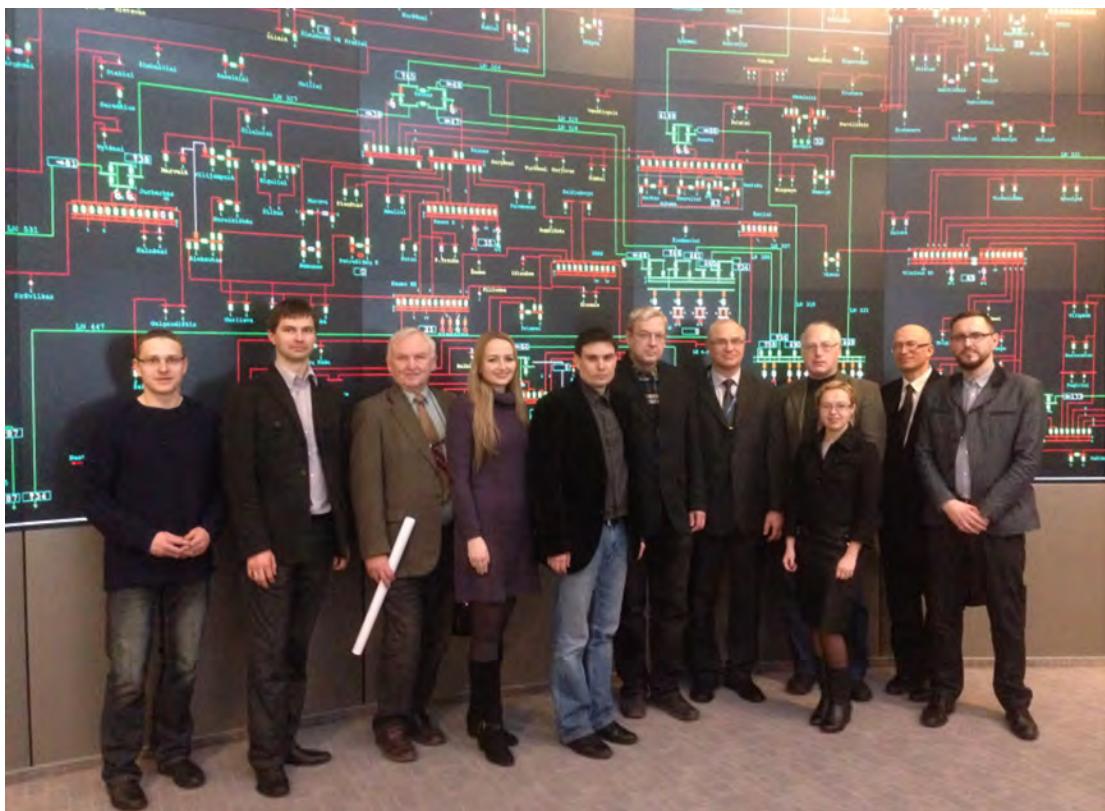
Termoviziniai tyrimai. a) –pastatų, b) – elektros ūkio ir šilumos vamzdynų

### Energiniai auditai

2014 m. laboratorijos ekspertui S. Masaičiui VĮ *Energetikos agentūra* suteikė auditoriaus kvalifikaciją atliliki energijos vartojimo auditą įrenginiuose ir technologiniuose procesuose.

### Mokslinių tyrimų rezultatų sklaida

Laboratorijos darbuotojai 2015 m. paskelbė 3 mokslinius straipsnius užsienio ir Lietuvos recenzuojamuose mokslo leidiniuose, parengė 1 mokslo monografiją, perskaitė 6 pranešimus mokslinėje konferencijoje, paskelbė 1 mokslo populiarinimo straipsnį.



# SISTEMŲ VALDYMO ir AUTOMATIZAVIMO LABORATORIJA



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

## PAGRINDINĖS LABORATORIJOS TYRIMŲ KRYPTYS:

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

Elektros energetikos sistemos (EES) yra vienos sudėtingiausių techninių ir organizacinių sistemų, 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, sroviių, galių, įtampų, dažnio, fazinių kampų ir kitais parametrais,

pasižymi nuolatine kaita. Režimus reikia tinkamai valdyti, kad jie neviršytų leistinų parametru 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. Nesuvaldyti režimai gali baigtis stabilumo praradi-

mu, 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 parametru duomenų

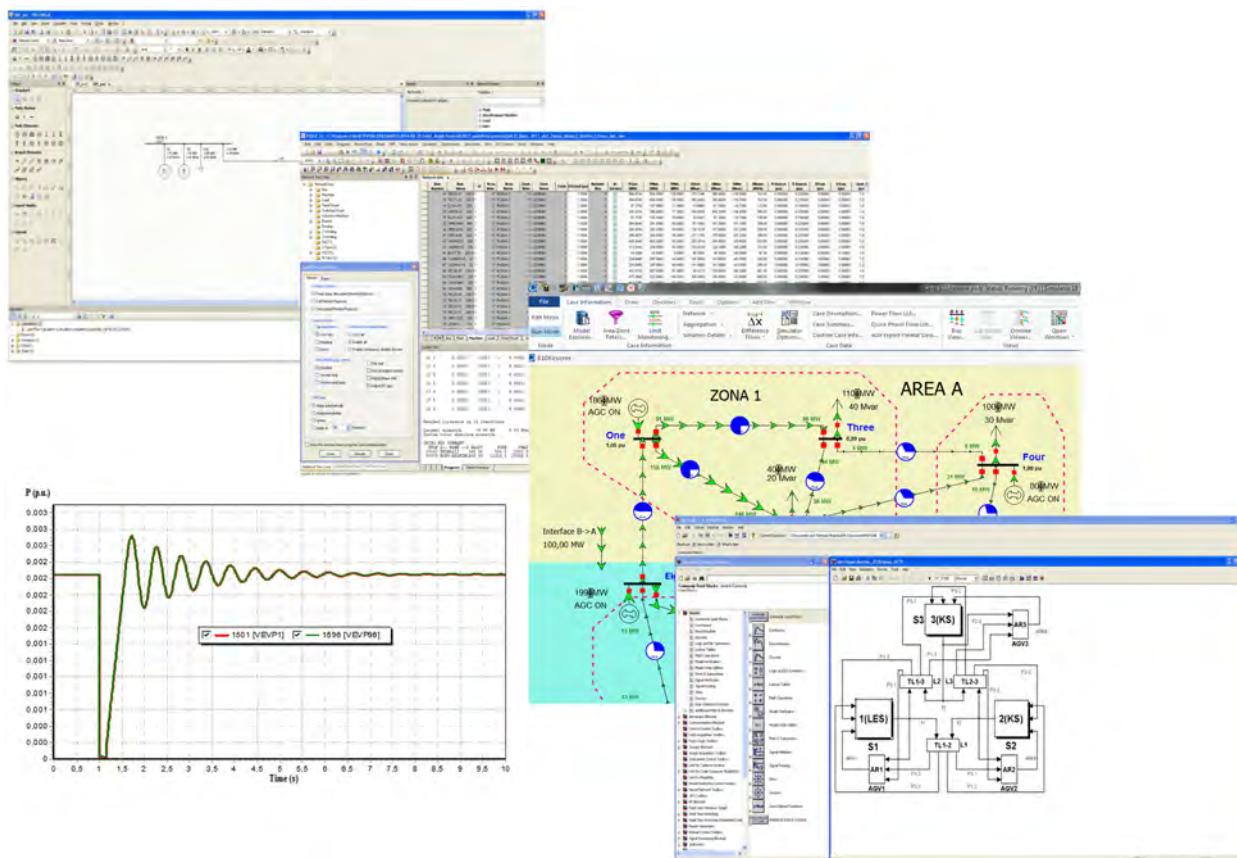
perdagimo realiuoju laiku sistemos, jungiančios generatorius ir tinklų pastotes su dispečerinio valdymo centrais.

Operatoriai valdymo priemones (įrenginių perjungimų planus, automatinikos nuostatus, dispečerinio valdymo signalus) rengia remdamiesi EES mo-

deliavimu, t. y. jos režimų tyrimais/vertinimais. Tai veikla, kuriai reikia daug mokslo žinių ir metodų išmanymo, kuriant skaičiavimo algoritmus, vertinimo metodikas ir analizės procedūras.

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

- Elektros energetikos sistemų (EES) matematinis modeliavimas, parametru 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, avarijų 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, sisteminėmis 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 problemas;
- EES valdymo ir plėtros bei elektros energijos vartojimo ekonominio efektyvumo analizė.



*Laboratorijoje naudojama programinė įranga*

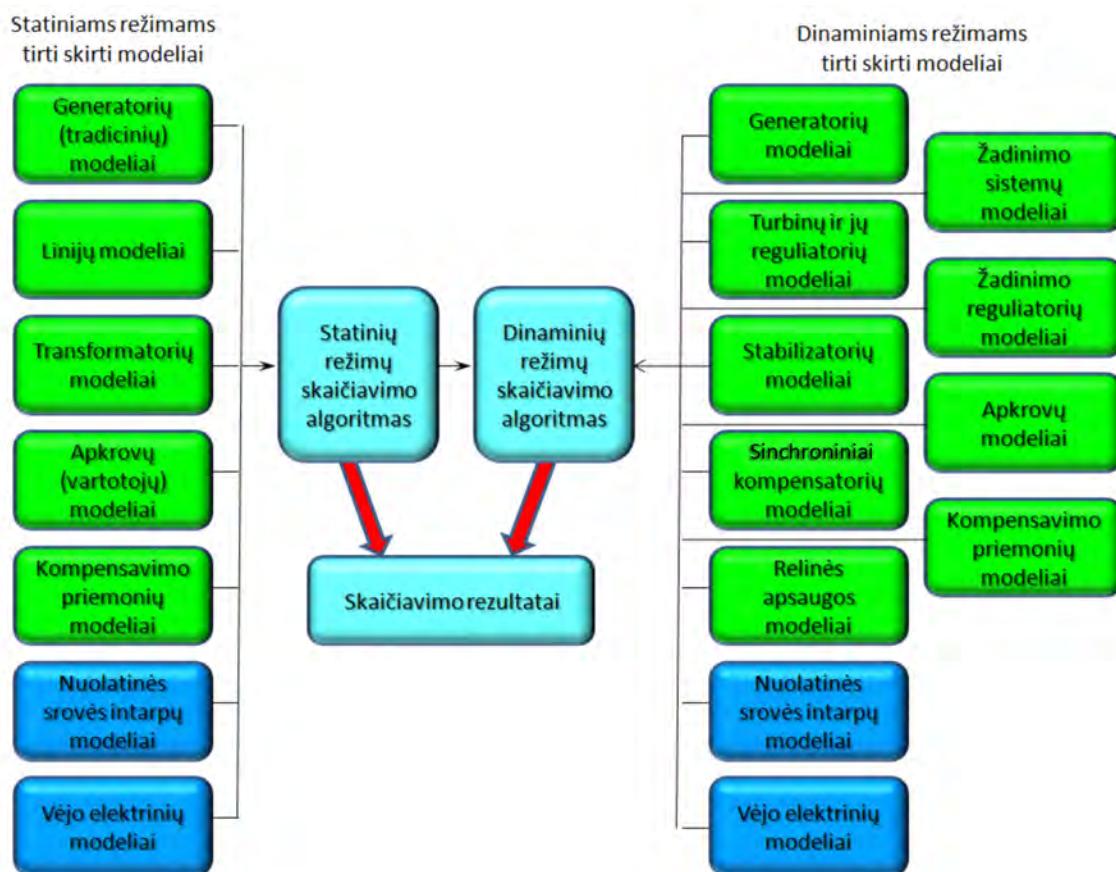
Šiuolaikinės energetikos sistemos pastebimai kinta. Plečiasi, tiek geografiškai, tiek apimtimi, „tarpsistemini“ elektros prekyba, apimsiantį vairius elektros rinkos produktus (aktyviosios galios rezervus ir kitas papildomas paslaugas, išankstinius finansinius sandorius). Elektros prekybą ir papildomų paslaugų teikimą įtraukiami elektros varotojai ir smulkieji generatoriai. Elektra tampa „ekologiškesnė“ dėl didėjančios atsinaujinančias ištaklais grindžiamos generacijos, taip pat, tiketina, dėl atominės energetikos plėtros. Elektros sistemos taps atsparesnės avarijoms, pagerės elektros tiekimo patikimumas ir tiekiamos elektros kokybė (taisyklingesnė įtampos sinusoidės forma, mažesni įtampos mirgėjimai ir kt.). Tokius pokyčius daugiausiai lems išmaniosios technologijos, grindžiamos informaci-nėmis ir ryšių (komunikavimo) technologijomis. Jų įdiegimo rezultatas nusa-

komas 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 realiuoju laiku ir netgi ne vienu atveju supaprastina šį darbą (nes dalį valdymo ir stebėsenos funkcijų atlieka išmanieji valdikliai be žmogaus dalyvavimo). Kita vertus, operatoriams valdymas tampa sudėtingesnis, nes į valdiklius reikia įdiegti daug papildomų algoritmų ir programų, suderinti jų sąveiką, koordinuoti valdiklių veiksmus, perprogramuoti valdiklius pastebėtoms veikimo klaidoms šalinti.

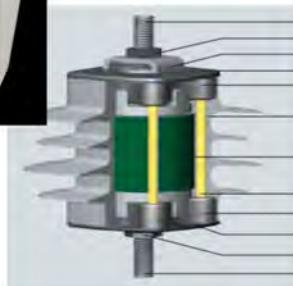
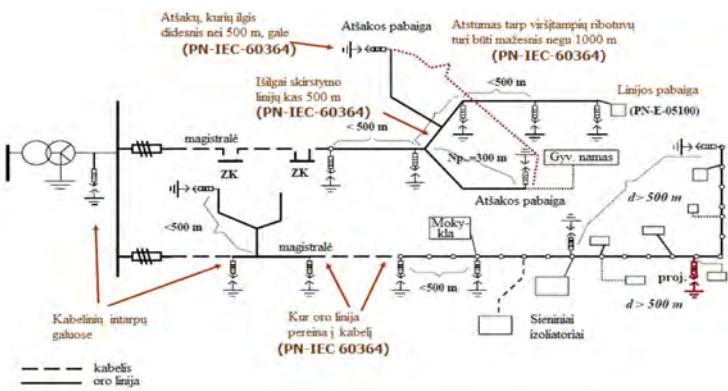
AB LESTO užsakymu (šiuo metu AB *Energijos skirstymo operatorius*, trumpiau – ESO) laboratorija 2015 m. baigė vykdyti darbą **Priemonių parinkimas siekiant sumažinti neigiamą virštampių įtaką/poveikį AB LESTO elektros skirstomajam tinkliui**.

Šioje studijoje apžvelgtos apsaugos nuo virštampių skirstomuosiuose tinkluose priemonių – virštampių ribotuvų, iškroviklių, registratorių – techninės charakteristikos, atlikta užsienio šalių praktikos lyginamoji analizė. Techniskai ir ekonomiškai įvertintos virštampių mažinimo priemonės, parengtos rekomendacijos virštampiams riboti Lietuvos elektros skirstomuosiuose tinkluose.

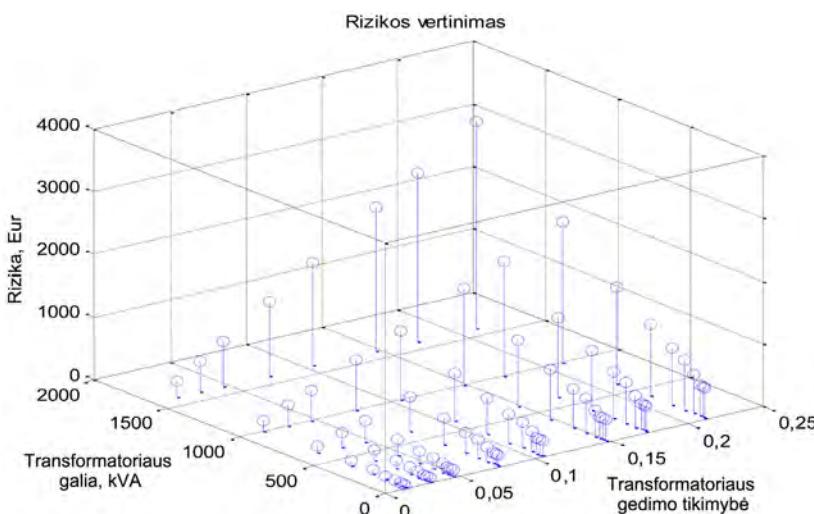
Skirstomųjų tinklų srityje šiuo metu vyksta daug pokyčių. Skirstomasis tinklas virsta išmaniuoju. Didžioji dalis išmaniųjų technologijų elektros ener-



*Elektros energetikos sistemos darbo režimų skaičiavimo matematinio modelio struktūrinė schema*



*Viršitampiai vertinimas elektros skirstomajame tinkle*



*Vidutinės jėtamos 10 kV tinklo rizikos priklausomybė nuo transformatoriaus galios ir jo gedimo tikimybės*

getikos sektoriuje diegiamą skirstomuojuose tinkluose. Statistika rodo, kad Europoje 2003–2014 m. vykdytų išmaniujuų tinklų projektų sąvade skirstomieji tinklai minimi dažniau nei perdavimo tinklai (tiesa, išmaniosios technologijos, visų pirmą informacijos ir komunikacijos

technologijos, į perdavimo tinklą pradėtos diegti anksčiau, dar iki išmaniojo tinklo savokos atsiradimo). Kuriamam išmaniajam tinkliui valdyti operatorius įgyja naujų technologijų, bet kita vertus, padidėja jėtampų režimų nepastovumai, išauga informacijos srautų perdavimo,

apdorojimo apimtys, taip pat kompiuterine technika paremtų valdiklių, jutiklių, stebėsenos įrenginių ir apsaugos įtaisų darbo koordinavimo apimtys.

Skirstomieji tinklai vis labiau integruojami į perdavimo tinklą. Naujieji euroziniai tinklų kodeksai (ENTSO-E), kurie skirti elektros sistemų režimams valdyti, numato aktyvų skirstomujų tinklų operatorių dalyvavimą:

- planuojant ir valdant perdavimo tinklo režimus;
- užtikrinant perdavimo tinklo (taigi, ir visos EES) stabilumą;
- priartinant vartotojus prie perdavimo tinklo valdymo per apkrovos atsako (*demand-response*) ir paklausos valdymo (*demand side management*) technologijas;
- priartinant paskirstytąjį generaciją prie perdavimo tinklo valdymo.

Paskirstytosios generacijos diegimas keičia skirstomojo tinklo režimų pobūdį. Keičiantis generacijoms realiuoju laiku, keičiasi įtampų režimai ir tekančių srautų dydžiai, dėl to tinklai gali patirti perkrovas ir atsijungti atskirose linijose, šitaip nutraukiant elektros tiekimą daillai vartotojų. Čia pirmiausia minėtinos AEI elektrinės – vėjo ir saulės, kurios pasižymi dideliu generuoojamas galios nepastovumu dėl saulės radiacijos ir vėjo greičio kitimo. Tačiau ir šių elektreninių generacijas galima planuoti, tai yra prognozuoti. Prognozės leidžia iš anksto tiksliau suskaiciuoti planinius režimus, nustatyti sunkesnius ir numatyti režimų koregavimo ir optimizavimo priemones. Tai įtampų reguliavimo, transformatorų nukrovimo arba tinklų sujungimų schemas keitimo priemonės.

Vėjo generacijos vaidmuo ateityje tik didės, ir didelė jos dalis bus diegama skirstomajame tinkle. Tebevykstantis platus masto vėjo elektrenių integravimas ES šalyse prisiđeis prie didesnių tarpsisteminių galios srautų mainų. Tai kelia perdavimo sistemų operatoriams (PSO) uždavinius, kaip planuoti ir valdyti kintančias apkrovas, generacijas ir tranzitą skaidriu, patikimu ir optimaliu būdu. Dideli vėjo elektrenių pajėgumai (lyginant su sistemos apkrova) bus prijungiami Baltijos šalyse iki 2023 m.: Lietuvoje apie 800 MW, Latvijoje iki 500 MW, Estijoje iki 1000 MW. Todėl stiprėja trumpalaikės vėjo greičių prognozės poreikis. Gera prognozė, tiek skirstomojo tinklo operatoriui, tiek ir PSO suteikia galimybę geriau derinti generaciją ir apkrovas, bei sumažinti su tuo susijusiu nebalansu atsiradimą tarpsisteminiuose pjūviuose.

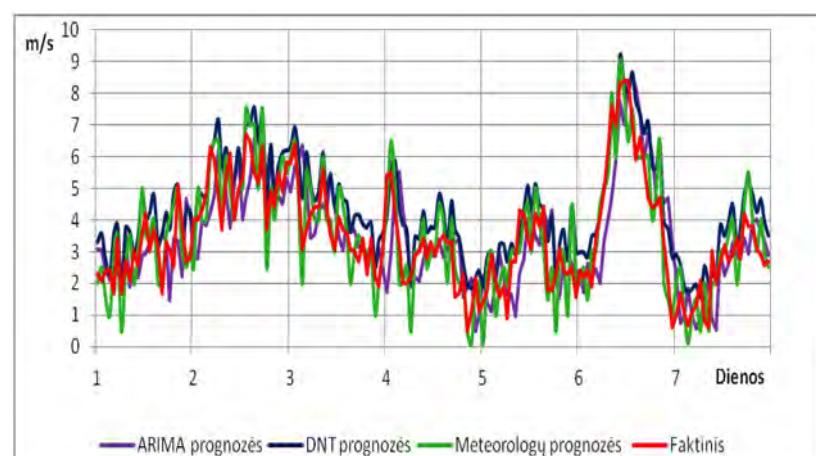
Per pastaruosius 20 metų pasaulyje pasiūlyta nemaža vėjo greičių trumpalaikio prognozavimo metodų ir modelių (statistinių, fizikinių, intelektinių), kiek mažiau – skirtų vėjo generacijai prognozuoti. Tačiau universalų, pakan-

kamo tikslumo metodų/modelių dar nėra. Vyrauja hibridinių modelių kūrimo tendencija – kai du modeliai dirba kartu. Tada dažnai gaunamos tikslėsnes prognozės. Apibendrinant galima teigti, kad didžioji dalis prognozės modelių yra orientuoti prie perdavimo tinklo prijungtoms elektrenėms. Siekiant sukurti metodiką tinkamą taikyti Lietuvos sąlygomis, 2015 m. buvo pradėtas vykdyti biudžetinis darbas – **Išmanaus elektros skirstomojo tinklo darbo režimų planavimas**, kuriame numatoma daug dėmesio skirti elektrenių generuojamai galiai prognozuoti.

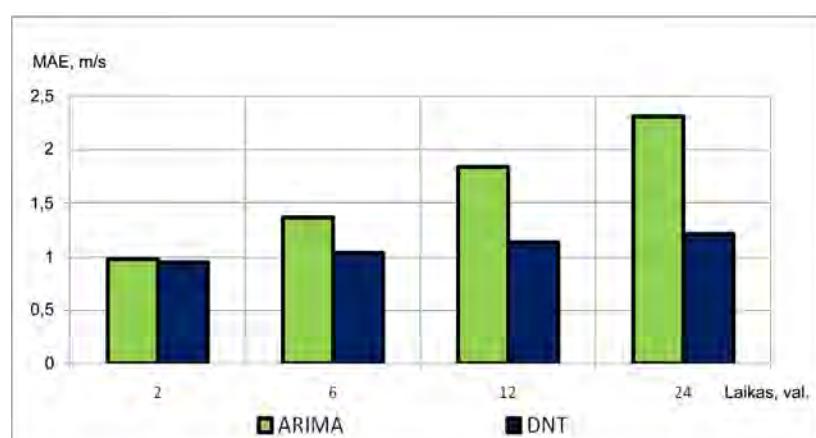
Vykstant biudžetinį darbą, 2015 m. buvo kuriama pagalbinė priemonė –

vėjo greičių trumpalaikio prognozavimo modelis, skirtas planuoti elektros skirstomujų tinklų darbo režimus. Prognozavimo ciklas atliktas kas valandą. Prognozių tikslumas visam nagrinėjamam laikotarpiui (2, 6, 12, 24 val.) vertintas trimis apibendrintais (statistiniais) rodikliais – paklaudomis MAPE, RMSE ir MAE. Vėjo prognozės modelis buvo realizuotas MATLAB programinėje aplinkoje.

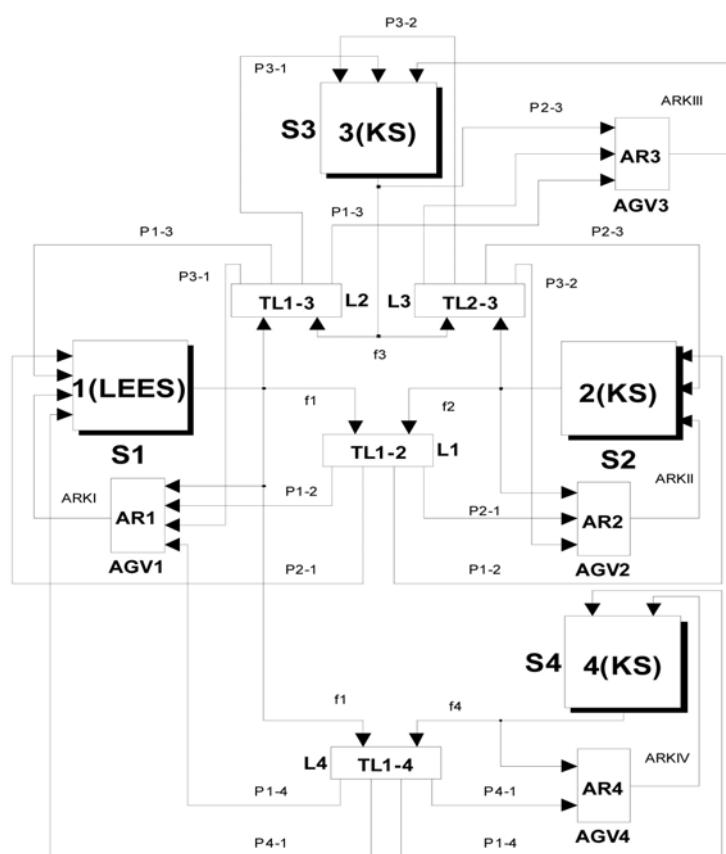
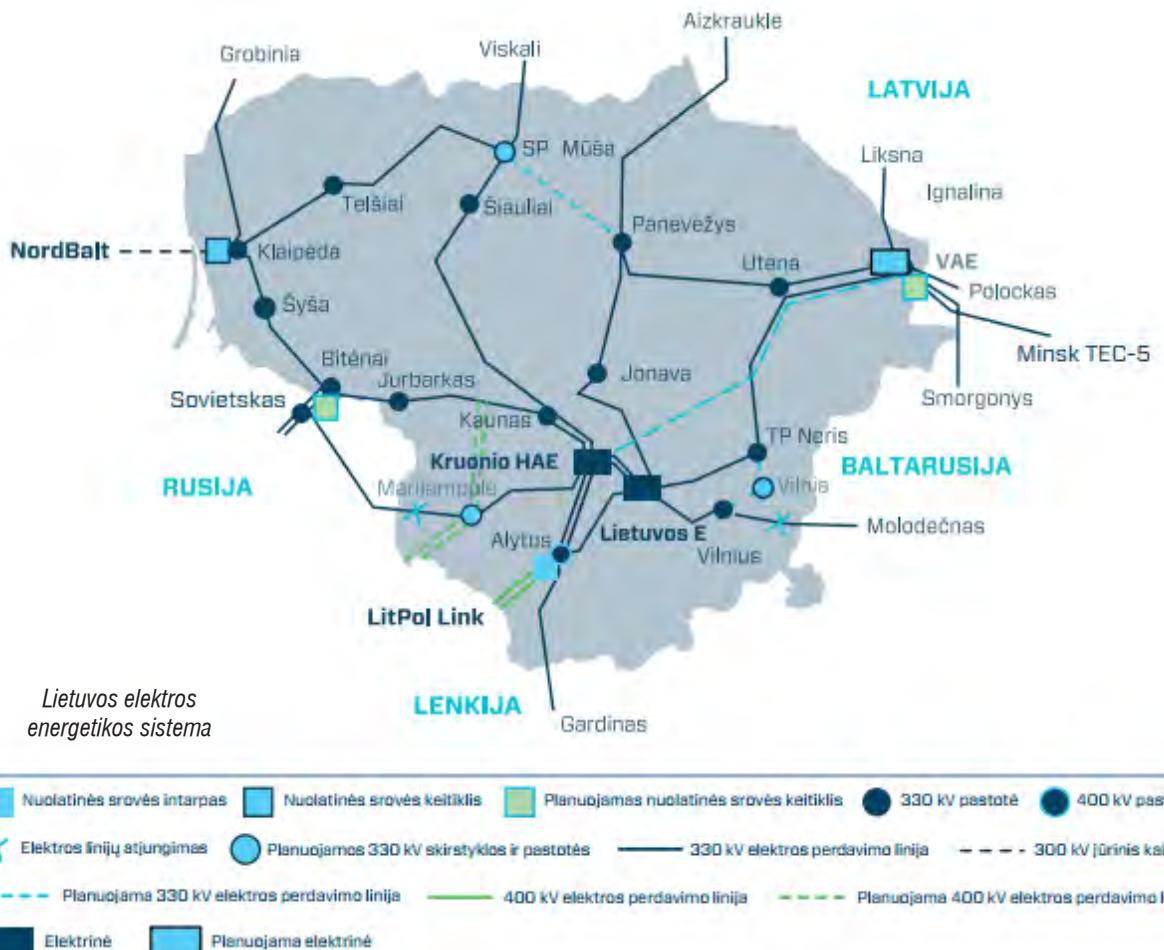
Laboratorijoje rengiama su šia darbo tematika susijusi daktaro disertacija *Skirstomojo elektros tinklo darbo režimų planavimas įvertinant atsinaujinančių energijos išteklių generuojamąją galią*.



Prognozuojamas ir faktinis vėjo greičio kitimas



ARIMA ir DNT vidutinių absolūcių paklaidų MAE palyginimas



Jungtinės EES matematinio modelio, skirto aktyviosios galios ir dažnio reguliavimo procesams tirti, struktūrinė schema

2015 m. buvo vykdomi ilgalaikės institucinės programos **Energetikos sektoriaus plėtros ekonominė ir darumo analizė** vienoje iš temų *Lietuvos elektros energetikos sistemos sinchroninio darbo su ENTSO-E galimybės, atsižvelgiant į perspektyvinę generuojančių galų plėtrą* tyrimai, susiję su dažnio ir galios reguliavimo būdais Lietuvos EES, atsižvelgiant į sinchroninio darbo su ENTSO-E galimybes, kai placiai veikia atsinaujinančių ištaklių energetikos technologijos.

Sprendžiant šį uždavinį darbai buvo vykdomi dviem kryptimis:

- a) dažnio ir galios reguliavimo būdai Lietuvos elektros energetikos sistemoje, atsižvelgiant į sinchroninio darbo su ENTSO-E galimybes, kai placiai veikia atsinaujinančių ištaklių energetikos technologijos;

- b) rinkos koncepcija prekybai dažnio ir galios reguliavimo rezervais.

Atlikti dvielę variantų skaičiavimai, naudojant dvielę valandų intervalo realius vėjo matavimo duomenis. Vienu atveju taikyta prielaida, kad visuose parkuose vėjo greitis tas pats (vėjo koreliacija tarp vėjo elektrinių didelė); kitu atveju – vėjo elektrinės tarpusavyje yra nutolusios, todėl dėl skirtingo vėjo greičio vėjo elektrinių bendrosios generuojamos galios svyrapimai sumažės dėl sumažėjusių tarpusavio koreliacijos. Antrinis dažnio ir galios reguliavimas buvo atliekamas taikant tarpsisteminių galų balanso ir sisteminės charakteristikos metodus.

Atlikus tyrimą nustatyta, kad reguliavimas ekonominiu požiūriu efektyvesnis taikant tarpsisteminių galų balanso metodą Lietuvos EES. Tačiau šiuo atveju Lietuva minimaliai prisidėtų prie dažnio palaikymo visame Kontinentinės Europos tinkle (KET) ir dalis reguliavimo

naštos būtų „perkeliamas“ kaimyninėms sistemoms. Taikant ekonomiškai brangesnį būdą ir reguliuojant ne tik tarpsisteminių srautų galią, bet ir EES dažnį, t. y. taikant sisteminės charakteristikos metodą, Lietuvos EES „solidariai“ prisidėtų prie bendro viso KET darbo režimu parametru palaikymo bei patikimumo padidinimo. Mažiausiai galimi tarpsisteminių galios srautų ir dažnio nuokrypiai būtų tuo atveju, jei Lietuvos EES antriniam reguliavime dalyvautų du Kruonio HAE generatoriai (G1, G2), neatsižvelgiant į pasirinktą antrinio dažnio ir galios reguliavimo metodą.

Antroje minėtos temos kryptyje 2015 m. baigta kurti dažnio ir galios reguliavimo rezervų (toliau – aktyviosios galios rezervų arba rezervų) rinkos koncepcija Baltijos EES, apimanti du taikymo laikotarpiaus:

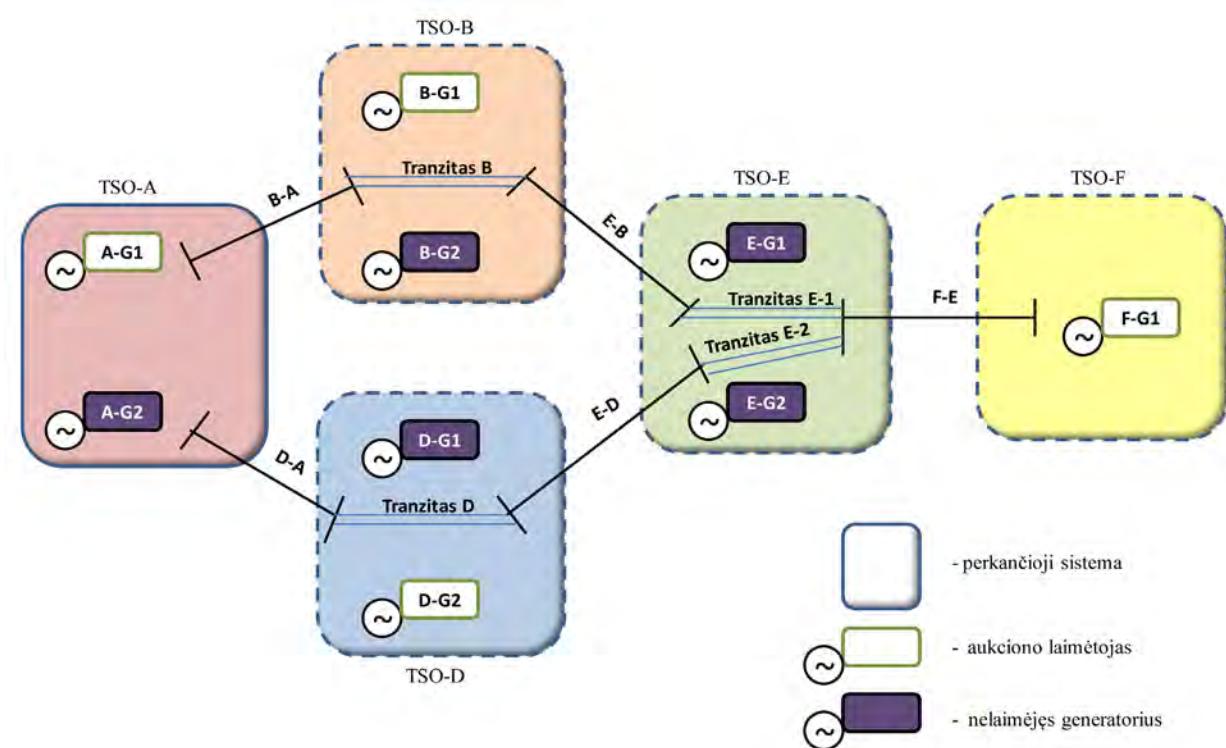
- Nuo dabar iki 2025 m., esant asynchroniniam ryšiui (jungčiai LitPol Link1) tarp Baltijos

- EES ir KET (ENTSO-E);
- Nuo 2025 m. iki 2030–2035 m., esant synchroniniam ryšiui (per jungtis LitPol Link1 ir LitPol Link2).

Koncepcijos pagrindu tapo ankstesnio tyrimo, pateikto šios programos 2014 m. ataskaitoje, išvados apie 1) tarpsisteminių prekybų rezervais ir 2) rezervo teikimo patikimumo svarbą. Parengtoje koncepcijoje patikimumas buvo siejamas su rezervo teikėjo (generatoriaus), tarpsisteminių jungčių ir atskiros EES patikimumu.

Kiekvienas laikotarpis skirtystas į 2 rinkos plėtros etapus.

*Rinkos koncepcijos 1-uoju laikotarpiu* numatyta sukurti Baltijos balansavimo paslaugų regioną, apimantį Lietuvos, Latvijos ir Estijos EES. Šios sistemos savo galias susibalansuoja valandos intervaluose kiekviena atskirai. Rezervinėmis galiomis ir energija jos padengia neplanuotus  $n-1$  tipo nebalansus, remonto režimuose numato-



Prekyba aktyviosios galios rezervais

mą galios deficitą ir avarijų sukeltus deficitus.

Šio laikotarpio pirmajam rinkos plėtros etapui parinktas pirmojo tipo (pagal ENTSO-E tinklo kodeksus) prekybos rezervais būdas, nusakomas kaip **TSO-TSO** modelis. Taikant šį būdą, perdavimo sistemos operatorius (pvz., Lietuvos) perka rezervus iš savujų generatorių (prijungtų prie Lietuvos EES) ir iš kitų operatorių (pvz., Estijos operatoriaus ELERING). Baltijos regionas gali pirkti rezervus ir per asinchronines jungtis iš trečiųjų šalių operatorių. Tokie operatoriai būtų prijungti prie EstLink, NordBalt ir LitPol Link1 jungčių. Tačiau IPS/UPS sistema, dirbdama su Baltijos regionu synchroniniame BRELL žiede ir kontroliuodama per Baltijos EES tekančius srautus, neturėtų būti priskiriamas prie trečiųjų šalių.

Antrajam rinkos plėtros etapui buvo parinktas antrojo tipo prekybos rezervais būdas, nusakomas kaip **TSO-BSP** modelis. Taikant šį modelį, sistemos

operatorius (pvz., Lietuvos) perka rezervus tiesiogiai ne tik iš „savų“, bet ir iš kitų sistemų generatorių. Tai leidžia padidinti rezervų rinkos dalyvių skaičių ir konkurenciją regione. Prekybos būdas – individualūs atskirų operatorių aukcionai, kuriems generatoriai savano-riškai teikia rezervo paslaugos kainos pasiūlymus (Eur/(MW) ir Eur/MWh).

*Rinkos koncepcijos 2-uoju laiko-tarpiu*, pradedant maždaug 2025 m., taip pat numatyti 2 rinkos plėtros etapai. Pirmame etape toliau bus tesiama **TSO-BSP** prekybos modelis, bet Baltijos EES pradės dirbtį synchroniškai su Kontinentinės Europos tinklais ir jos galios srautų nereguliuojas IPS/UPS dispečeriai Maskvoje.

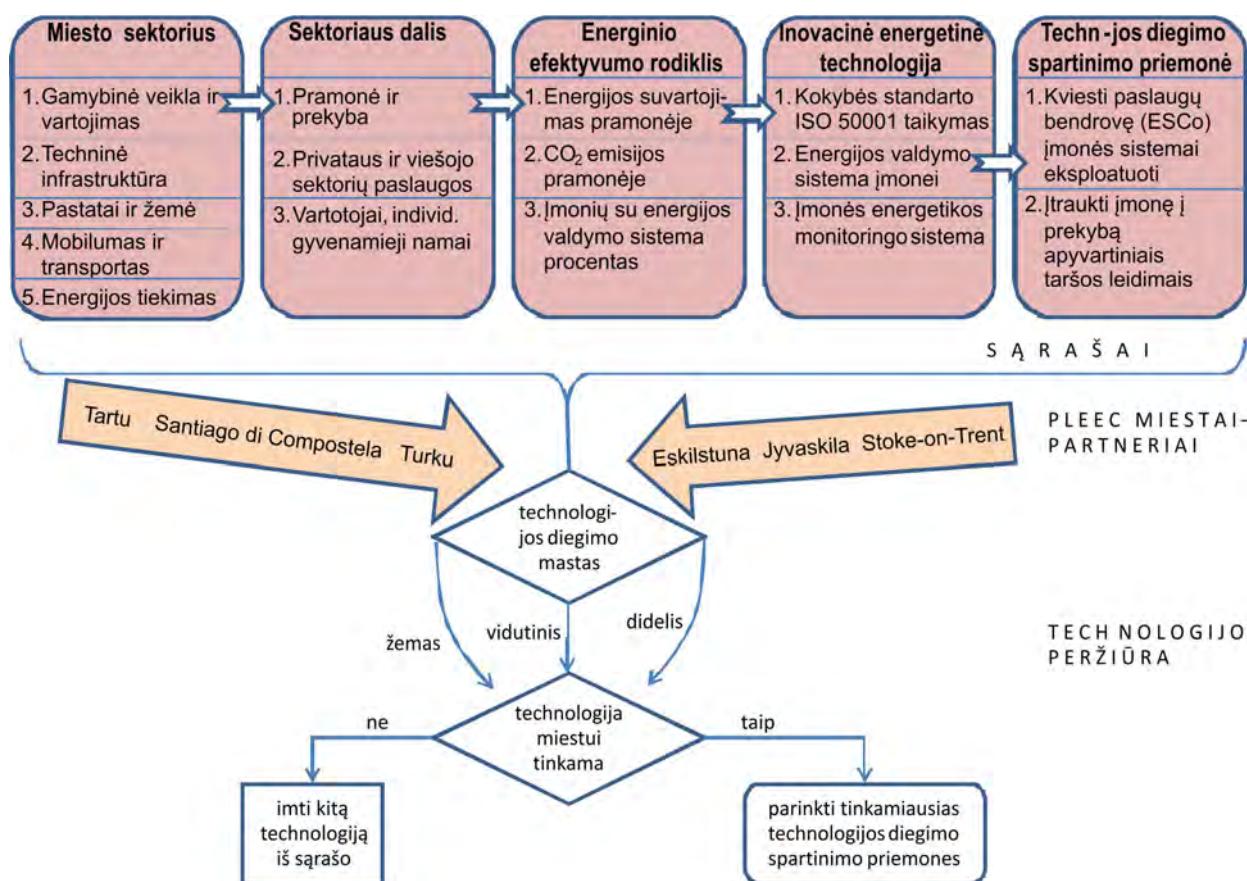
Šiame etape Baltijos balansavimo paslaugų regionas bus plečiamas synchroninių jungčių kryptimi į Lenkiją ir jos kaimynes, taigi, pailgės rezervo paslaugos perdavimo maršrutai ir padaugės pretendentų į paslaugos teikėjus. Todėl atskiras Baltijos re-

giono operatorius nepajęgs numatyti ir pretenduojančių generatorių, ir jų rezervo paslaugos perdavimo maršrutų patikimumo. Tam reikės sukurti informacinię paramos prekybai rezervais platformą, apimančią naujaji Baltijos balansavimo paslaugų regioną, įskaitant Lenkiją (ir jos kaimynes).

Antrame rinkos plėtros etape numatytos dvi galimos alternatyvos:

a) **TSO-BSP** prekybos modelis bus transformuojamas į TSO-Balansavimo paslaugų platformos modelį, kuris būtų sukurtas iš pirmame etape taikytos informacinių paramos platformos. TSO pateiktų aukciono sąlygas platformai, kuri skelbtų aukcionus, perskaiciuotų pretendentų kainos siūlymus pagal minėtą metodiką ir pati nustatytą aukciono nugalėtojus.

b) **TSO-BSP** prekybos modelis bus transformuojamas į **Baltijos EES-BSP**, **Baltijos EES-TSO** arba **Baltijos EES-Platformos** modelį. Tokiu atveju Baltijos EES sudarancios sistemos



(Lietuvos, Latvijos, Estijos) nebalansuotų savo galių. Balansavimą turėtų vykdyti Baltijos EES koordinatorius, kuris pirkę rezervų (balansavimo) paslaugas Baltijos sistemos nebalansams su išorė šalinti.

Šio darbo tematika šiuo metu yra rašoma daktaro disertacija *Galių reguliavimo veiksmingumo ekonominis vertinimas elektros energetikos sistemoje*.



2015 m. laboratorija tėsė išmaniojo miesto planavimo energinio efektyvumo didinimo tyrimus bendradarbiaujant su tarptautiniais ir Lietuvos partneriais – išmaniųjų technologijų asociacija. Tyrimai buvo vykdomi įgyvendinant ES 7-osios bendrosios mokslinių tyrimų,

technologinių plėtros ir demonstracinės veiklos programos finansuojamą projektą *Išmaniųjų miestų planavimas* (angl. *Planning of Energy Effective Cities*, PLEEC).

Projekto tikslas – parengti integruoto planavimo modelį, pagal kurį galima būtų ateityje „perplanuoti“ vidutinio dydžio miestus Europoje taip, kad miestai energiją vartotų taupiau, efektyviau ir ekologiškiau.

Pagal anksčiau (2014 m.) sudarytu inovatyvių energetinių technologijų sąrašu (173 technologijos), laboratorijos mokslininkai drauge su kitais eksperimentais parinko energetinio efektyvumo rodiklius miestų planavimo modeliui. Rodikliai apėmė 5 miesto ūkio sektorius:

- 1) „žaliuosius“ pastatus ir žemės naudojimą;
  - 2) gamybines veiklas ir individualias namus;
  - 3) techninę infrastruktūrą;
  - 4) mobilumą ir transportą;
  - 5) energijos tiekimą.
- Ekspertai padėjo projekte dalyvaujančių savivaldybių atstovams įvertinti technologijų taikymo perspektyvas miestuose partneriuose, kurie jau buvo atlikę parengiamuosius darbus – ištyrė savo miestų energinio efektyvumo būklę. Šie miestai – Tartu (Estija), Santjago di Kompostela (Ispanija), Turku (Suomija), Stoke-on-Trent (Jungtinė Karalystė), Eskilstuna (Švedija) ir Jyväskylä (Suomija) – perspektyvioms technologijoms pasiūlė diegimo spartinimo priemones. Projekto vykdymo sudarydami galutinį rekomenduojamų spartinimo priemonių rinkinį, atsižvelgė į savivaldybių pasiūlymus ir tinkamiausius įtraukė. Vadovaudamiesi inovacinių energetinių technologijų sąrašu ir rekomenduojamomis priemonėmis, savivaldybės turėtų parengti parodomuosius energinio efektyvumo veiksmyų planus savo miestams.

2015 m. atlikty tyrimų rezultatai paskelbti 1-oje tarptautinės konferencijos medžiagoje bei publikuotas straipsnis žurnale, referuojamame *Thomson Reuters* duomenų bazėje *Web of Science Core Collection*.



# HIDROLOGIJOS LABORATORIJA



**Dr. Jūratė KRIAUCIŪNIENĖ**  
Hidrologijos laboratorijos vadovė  
Tel.: 8 (37) 401 962  
El. p. [Jurate.Kriauciuniene@lei.lt](mailto:Jurate.Kriauciuniene@lei.lt)

## PAGRINDINĖS LABORATORIJOS TYRIMŲ KRYPTYS:

- klimato ir upių nuotėkio kaitos analizė;
- ekstremalių hidrologinių reiškiniių tyrimai klimato kaitos sąlygomis;
- bangų, hidrodinaminių ir nešmenų procesų tyrimai vandens telkiniuose;
- 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 objektai – Lietuvos upės ir ežerai, Kuršių marios bei Baltijos jūra. Ekstremalūs gamtos reiškiniai – audros, potvyniai ir

žmonių ūkinė veikla (energijos gamyba, laivyba, tvenkiniai) lemia šių vandens telkinių būklę. Todėl vandens telkinių būklės pokyčių vertinimas yra vienas svarbiausių tyrimų tikslų.

Naudojantis hidrografinių ir hidrometeorologinių duomenų bazėje su-

kaupta informacija ir taikant naujausius skaitmeninio modeliavimo metodus, laboratorijoje sprendžiami šie uždaviniai:

- klimato kaitos įtaka vandens telkiniams;
- vandens telkinių ekstremalių hidrologinių reiškinių kaitos analizė;
- bangų, hidrologinių ir hidrodinaminių procesų bei nešmenų pernašos skaitmeninis modeliavimas vandens telkiuose;
- ūkinės veiklos vandens telkiuose poveikio aplinkai vertinimas bei gamtosaugos priemonių pagrindimas;
- naujų ir rekonstruojamų uostų poveikis aplinkai;
- jūrų uostų ir vandens kelių eksplotacijai užtikrinant laivybos gylį;
- taršos sklaidos modeliavimas vandens telkiuose;
- hidrologinių ir hidrodinaminių procesų jautrumo ir neapibrėžumo analizė.

Hidrologijos laboratorija vykdo fundamentinius ir taikomuosius tyrimus aplinkos inžinerijos srityje. Šiu 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 bei klimato kaitos poveikį aplinkai ir pagrindžiant gamtosaugos priemones.

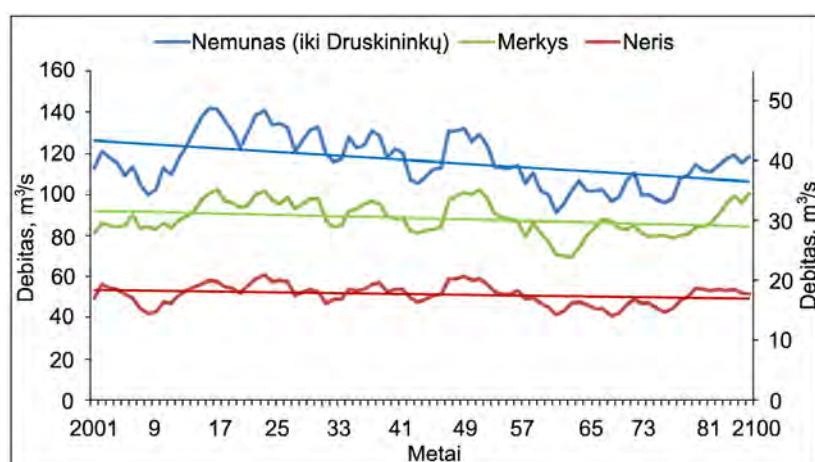
Pastarajį dešimtmetį laboratorijoje vykdomi darbai, susiję su klimato kaitos įtakos vandens ištekliams vertinimu. 2013–2015 m. vykdytas valstybės biudžeto subsidijomis finansuojamas mokslo tiriamasis darbas *Lietuvos upių ekstremalių hidrologinių reiškinių tyrimai* (vadovė dr. J. Kraučiūnienė). Ekstremalių hidrologinių reiškinių (potvynių ir nuosėkio) tyrimai yra aktualūs projektuojant ir eksplotuojant svarbiausias infrastruktūras, tokias kaip polderei, tiltai ir pralaidos, taip pat potvynių rizikai valdyti bei planuoti, siekiant išvengti žmonių aukų bei materialinės žalos. Tokių 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 ir ekstremalių hidrologinių reiškinių prognozavimo metodika (klimato kaitos modeliai ir hidrologinis modeliavimas), išanalizuotos Lietuvos upių ekstremalių hidrologinių reiškinių formavimosi sąlygos, įvertinta upių nuotėkio ekstremalių parametrų kaita per daugiametį laikotarpį bei atlikta šių reiškinių prognozė pagal naujausius klimato kaitos scenarijus.

rijus XXI a. (1 pav.). Išanalizavus ekstremalių hidrologinių reiškinių (potvynio maksimalaus debito ir nuosėkio 30 parų vidutinio debito) susidarymo genezę bei kaitą XXI a., nagrinėti hidrotechnikos statinių ir tvenkiniių eksplotacijos, projektavimo ir strateginio planavimo klausimai.

2015 m. kartu su kitais instituto padaliniais buvo tęsiama ilgalaikė institucinė mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros (toliau – MTEP) programa *Atsinaujinančių išteklių naudojimo efektyviai energijos gamybai ir poveikio aplinkai tyrimas*. 2015 m. Hidrologijos laboratorijos mokslo tyrimo tikslai:

- 1) suskaičiuoti bangų parametrus ir įvertinti bangų energijos potencialą Lietuvos teritoriuose vandenye taikant sukurtą Baltijos priekrantės bangų sklaidos modelį,
- 2) įvertinti upių potencialių ir techninių hidrokinetinių išteklių galimybes, nustatyti palankius naudoti upių ruožus ir jų pasiskirstymą Lietuvos teritorijoje.

Sukurtas Baltijos priekrantės bangų sklaidos modelis, pagal pasaulyje plačiai pripažintą Danijos hidraulikos instituto skaitmeninio modeliavimo



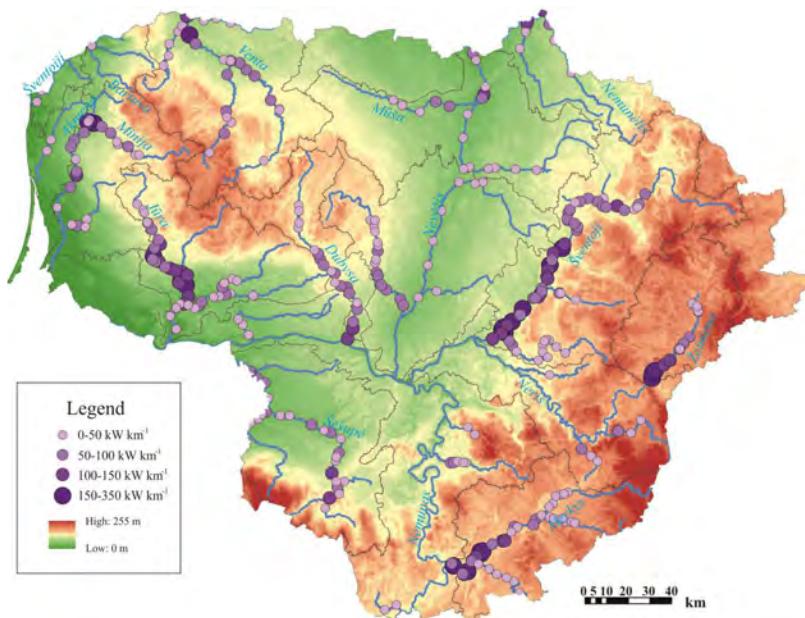
1 pav. Nemuno (iki Druskininkų), Neries ir Merkio minimalaus 30 parų nuosėkio debito kaita 2011–2100 m.

sistemą MIKE 21. Šios sistemos bangų modelis NSW (Near-shore Spectral Wind-Wave Module) taikytas modeliuojant vėjo sukelтų bangų sklaidos parametrus Baltijos priekrantęje. Sumodeliuoti bangų parametrai (bangos aukštis ir periodas) pučiant PV, V ir ŠV krypties 5, 10, 15 ir 25 m/s greičio vėjams buvo naudoti bangų energijos potencialui įvertinti Lietuvos teritoriniuose vandenyse. Pagal 2012–2014 m. sukauptą Lietuvos upių hidrografinių, vagos morfologinių ir hidrologinių duomenų bazę, sudaryti upių vagų hidromorfologiniai priklausomumai (vagos pločio, upės gylio ir tėkmės greičio priklausomumai nuo vidutinio daugiametės debito, vagos pripildymo ir vagos nuolydžio). Atrinkti upių ruožai, kuriuose tekant ne mažesniam kaip 95 % tikimybės debitui yra šios sąlygos:

1) didžiausias greitis vagoje daugiau kaip 0,4 m/s,

2) tėkmės gylis virš 0,5 m.

Gauta, kad šias sąlygas atitinka tik 328 upių ruožai (22,1 %) iš visų nagrinėtų 1'487 upės ruožų. Sudaryti upių (išskyrus Nemuną ir Nerį) kinetinės energijos pasiskirstymo Lietuvos teritorijoje žemėlapiai (2 pav.).



2 pav. Lietuvos upių (išskyrus Nemuną ir Nerį) hidrokinetiniai ištekliai

## NACIONALINĖS MOKSLO PROGRAMOS AGRO-, MIŠKO IR VANDENS EKOSISTEMŲ TVARUMAS PROJEKTAS KLIMATO KAITOS IR KITŲ ABIOTINIŲ APLINKOS VEIKSIŲ POVEIKIO VANDENS EKOSISTEMOMS VERTINIMAS

Pagrindinis projekto tikslas – nustatyti aplinkos veiksių (vandens temperatūros, hidrologinio režimo ir vandens kokybės elementų) pokyčius ir jų įtaką vandens ekosistemų gyvūnų įvairovei ir produktyvumui bei atlirk kompleksinį poveikio vertinimą pagal daugiametės duomenis ir klimato kaitos scenarijus. Projekto vykdymo laikotarpis – 2015–2018 m. Jau įgyvendintas pirmasis projekto uždavinys – sukurtas klimato kaitos įtakos vandens ekosistemų būklei vertinimo metodika. Pagal darbo planą LEI, kartu su projekto partneriais ASU, VU ir GTC, įvykdė 2015 m. planuotus darbus:

1. Apžvelgti klimato kaitos įtakos vandens ekosistemų būklei tyrimai Lietuvoje ir užsienyje.
2. Sukurta klimato kaitos įtakos vandens ekosistemų būklei

vertinimo metodika.

3. Sudaryta aplinkos veiksniių ir vandens ekosistemų duomenų bazė ir įvertintas duomenų homogenišumas.



**EUROPOS MOKSLO INSTITUCIJŲ, ATLIEKANČIŲ VANDENS TYRIMUS, TINKLAS EURAQUA (ANGL. EUROPEAN NETWORK OF FRESHWATER RESEARCH ORGANISATIONS, [HTTP://WWW.EURAQUA.ORG](http://WWW.EURAQUA.ORG))**

2008 m. LEI Hidrologijos laboratorija priimta į **EurAqua** organizaciją, kurią sudaro 24 Europos šalių svarbiausios mokslo institucijos, tiriančios vandens išteklius.

Pagrindiniai **EurAqua** tikslai:

1. Dalyvauti formuojant vandenų tyrimo politiką Europos Sajungoje;
2. Suformuoti bei siūlyti svarbiausias ir aktualiausias vandens išteklių 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 visas Europos vandens išteklių tyrimų problemas;
5. Organizuoti konferencijas aktualiausiais klausimais (klimato kaitos įtaka vandens ištekliams, potvynių analizė ir prognozė Europoje ir kt.).

2015 m. lapkričio 11–12 d. XXXV **EurAqua** narių susitikimas vyko Vokiečių mieste Koblenze (Bundesanstalt für Gewässerkunde). Jame buvo svarstyti svarbiausi Europos vandens politikos klausimai: klimato scenarijai ateityje, Bendrosios vandens direktyvos įdiegimas klimato kaitos fone, neapibréžtumų analizė prognozuojant vandens išteklių kaitą. Taip pat buvo aptarta programos *Horizontas 2020* projekto tematika bei galimos tyrėjų grupės iš **EurAqua** institucijų.

## BENDRADARBIAVIMAS SU MOKSLO INSTITUCIJOMIS

Hidrologijos laboratorija glaudžiai bendradarbiauja su Kauno technologijos universiteto Aplinkos inžinerijos institutu ir kartu nuo 1995 m. leidžia 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 sektorius mokslinių tyrimų, studijų ir technologinės plėtros reikmėms, Hidrologijos laboratorija įsitraukė į asociacijos **Baltijos slėnis** veiklą. Integruoto mokslo, studijų ir verslo slėnio Lietuvos jūrinio sektorius vienas svarbiausiu uždavinii – sutelkti jūrinio mokslo ir studijų institucijas bei padalinius. Slėnio kūrimo iniciatorių: Klaipėdos universitetas, Gamtos tyrimų centras, Lietuvos sveikatos mokslų universitetas, Lietuvos energetikos institutas bei jūrinio verslo įmonės. Numatomos dvi mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros kryptys: jūros aplinka ir jūrinės technologijos. Siekiant integruti išskaidytą jūrinio mokslo kryptyse dirbantį šalies mokslo potencialą ir 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 institutas Fizinių ir technologijos mokslų centras), kooperuodami savo patirtį, profesines žinias, įgūdžius ir dalykinę reputaciją, žmogiškuosius bei darbinius ir techninius išteklius, dalyvauja įgyvendinantiems tyrimams.

dinant 2007–2013 m. Žmogiškųjų išteklių plėtros veiksmų programas 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 (2013–2015)**. Laboratorijos darbuotojai kartu su Klaipėdos universiteto mokslininkais aktyviai dalyvavo poteimės **Baltijos jūros priekrantės hidrodinaminės ir litodinaminių procesų modeliavimas** veikloje.

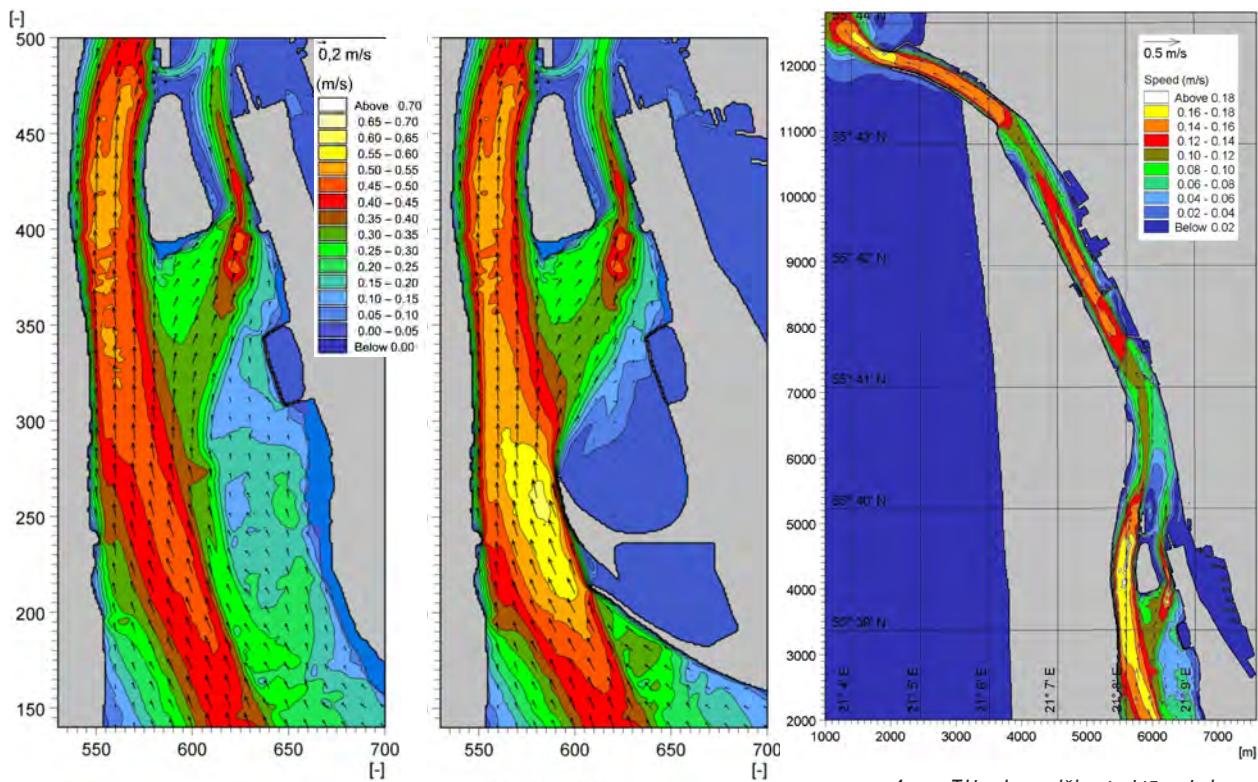
## PAGRINDINIAI LABORATORIJOS TAIKOMIEJI DARBAI

Laboratorijoje vykdomi taikomieji aplinkos tyrimų darbai ir rengiami hidrotechnikos statinių projektai pagal sutartis su įmonėmis ir organizacijomis:

- UAB **Sweco Lietuva** užsakymu parengta studija *Klaipėdos valstybinio jūrų uosto pietinių vartų techninės koncepcijos sukūrimas*.  
– **Gamtos tyrimų centro** užsakymu atliktas darbas *Vandens lygio svyravimo poveikio žuvų ir vandens paukščių populiacijoms Kauno HE tvenkinyje vertinimas*.  
– **Klaipėdos valstybinio jūrų uosto direkcijos** užsakymu parengtas *Klaipėdos uosto tékmui atlasas*.

MIKE 21 modelių sistema, sukurta Danijos hidraulikos institute, buvo tai-kyta Klaipėdos jūrų uostų plėtros projektuose vertinant jų poveikį aplinkai ir laivybos sąlygas. Gerinant laivybos sąlygas Klaipėdos uosto akvatorijoje ir gilinant uosto farvaterį nuo 14,5 iki 17 m, būtina parinkti gamtosaugos

priemones, kurių pagalba galima išvengti neigiamų pasekmių Kuršių marių ekosistemai. 2015 m. LEI Hidrologijos laboratorijos mokslininkai kartu su UAB **Sweco Lietuva** ir **Sweco hidropjektas** darbuotojais parengė studiją *Klaipėdos valstybinio jūrų uosto pietinių vartų techninės koncepcijos sukūrimas*. Šiame darbe pateikta uosto pietinių vartų koncepcija, pagrįsta hidrodinaminiu modeliavimo rezultatais. Išanalizavus tris pietų vartų alternatyvas, pasirinkta tinkamiausia alternatyva, leidžianti išvengti Klaipėdos sąsiaurio pralaidumo pokyčių ir papildomų Kuršių marių krančių erozijos židinių. Siūloma įgyvendinti jūrų uosto pietų vartų trečiąjā koncepciją (alternatyva), tenkinančią keliamus aplinkosaugos reikalavimus ir atitinkančią jūrų uosto ilgalaičės plėtros tikslus (3 pav.). Įgyvendinus pietų vartų koncepcijos trečiąjā alternatyvą, sąsiaurio pralaidumas padidės iki 0,6 % tekant tékmui iš Kuršių marių į Baltijos jūrą ir iki 1,3 % tekant tékmui iš Baltijos jūros į Kuršių marias, palyginus su „0“ alternatyva. Šie pralaidumo pokyčiai yra labai nežymūs ir nesukels pavojaus Kuršių marių ekosistemai.



3 pav. Tékmés struktūra pagal „0“ (a) ir 3 (b) alternatyvas, kai sāsiauriu teka  $1600 \text{ m}^3/\text{s}$  debitas iš Kuršių marių į Baltijos jūrą

4 pav. Tékmés greičių struktūra, kai Klaipėdos sāsiauriu teka 75 % tikimybės debitas ( $544 \text{ m}^3/\text{s}$ ) iš Kuršių marių į Baltijos jūrą

Klaipėdos uosto plėtra (naujų gabaritų farvaterio įrengimas bei uosto vartų rekonstrukcija) keičia tékmés debitus ir struktūrą. Padidėjus gyliams akvatorijoje, keičiasi nešmenų transporto bei akumuliacijos sąlygos bei bangavimo režimas. Ateityje giliau Vandenejė uosto akvatorijoje laivų plaukiojimo bei stovėjimo prie krantinių sąlygos bus sudetingesnės, nes bus aptarnaujami vis didesnės vandentalpos laivai. Klaipėdos sāsiaurio tékmés struktūras formuoja gamtos veiksnių (vagos morfologiniai parametrai, tékmés debiti), kuriuos veikia jūrų uosto statiniai. Todėl tékmés struktūra (srovės greitis ir kryptis), intensyvėjant laivų eismui bei iplaukiant didesniems laivams, tampa svarbiu veiksniu, lemiančiu laivybos saugumą. Darbe *Klaipėdos uosto srovių atlasas* buvo sudarytas laivavedžiamas skirtas uosto akvatorijos tékmés greičių ir krypčių atlasas tekant uosto akvatorijoje įvairiems debitams (4 pav.). Ši priemonė leis laivavedžiamus geriau įvertinti Klaipėdos uosto laivybos sąlygas ir

suteikti informacijos apie galimas uosto dugno nuosėdų akumuliacijos zonas bei erozijos židinių susidarymą sāsiauryje įvairaus vandeningumo laikotarpiais. Klaipėdos valstybinio jūrų uosto srovių atlasas sudarytas pagal dabartinęs būklės uosto akvatorijos batimetriją, kai buvo baigtai uosto laivybos kanalo gilinimo iki 14,5 m ir platinimo darbai, įrengtas SGD terminalas.

LEI Hidrologijos laboratorijos jaunesnioji mokslo darbuotoja Aldona Jurgelėnaitė (nuotr.) viešame Ap linkos inžinerijos mokslo krypties disertacijų gynimo tarybos posėdyje 2015 m. gruodžio 18 d. apgynė daktaro

disertaciją *Lietuvos upių vandens šiltojo metų laikotarpio terminis režimas ir jo prognozė klimato kaitos sąlygomis*. Darbe pirmą kartą pateiktos žinios apie Lietuvos upių hidroterminį režimą ir jo pokyčius, atlikta matavimais pagrįsta upių klasifikacija pagal vandens temperatūrą. Išskirtos 3 upių grupės pagal šiltojo laikotarpio vidutinę daugiametę (1961–1990) vandens temperatūrą. Sudarytas šiltojo laikotarpio (gegužė–spalis) upių vandens temperatūros izolinijų žemėlapis. Atlikta Lietuvos upių vandens temperatūros ir šiluminio nuotekio prognozė XXI a. pabaigai, apskaičiuoti Lietuvos upių šiluminės energijos ištakliai.



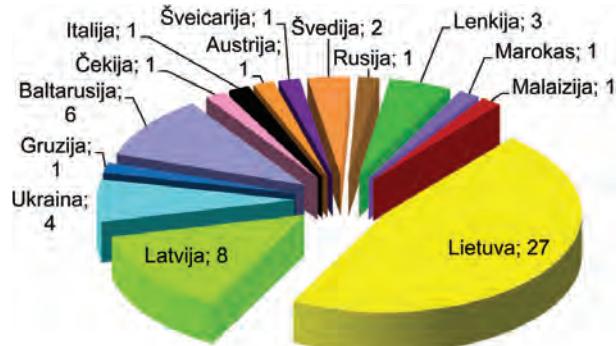
2015 m. laboratorijos darbuotojai kartu su užsienio šalių mokslininkais paskelbė 3 mokslinius straipsnius žurnaluose, referuojamuose Thomson-Reuters WoS duomenų bazėje, ir 3 mokslinius straipsnius bei perskaitė 3 mokslinius pranešimus trijose tarptautinėse mokslinėse konferencijose.



# 12-oji KASMETINĖ TARPTAUTINĖ JAUNUJŲ MOKSLININKŲ KONFERENCIJA

## ENERGETIKOS KLAUSIMAI JAUNOJI ENERGETIKA 2015 (CYSENI 2015)

2015 m. gegužės 27–28 d. Lietuvos energetikos institute vyko tarptautinė doktorantų ir jaunuju mokslininkų konferencija energetikos klausimais *Jaunoji energetika 2015* (CYSENI 2015) – dvyliktoji Lietuvos energetikos instituto jaunuju mokslininkų iniciatyva suorganizuota konferencija. Konferencijai buvo pateiktos 76 anotacijos, iš kurių 58 buvo priimtos pristatyti konferencijoje. Iš pateiktų mokslinių publikacijų patyrę recenzentai atrinko 55 publikacijas, tinkamas publikuoti konferencijos medžiagoje. Konferencijos tikslas – sukvesti jvairių šalių doktorantus ir jaunuosius mokslininkus pasidalinti energetikos klausimų ir problemų sprendimo patirtimi, supažindinti kolegas su vykdomais tyrimais ir atliktų naujausių tyrimų rezultatais, taip pat konferencijos dalyviams buvo sudarytos galimybės mokyti recenzuoti, vertinti kolegų straipsnius, nagrinėjamos temos aktualumą ir gautų rezultatų svarbą. Šių metų konferencijoje pranešimus skaitė doktorantai ir jaunieji mokslininkai iš Lietuvos, o taip pat konferencijos idėją aktyviai palaikė jaunieji mokslininkai iš kaimyninių šalių, t.y. Austrijos, Baltarusijos, Čekijos Gruzijos, Italijos, Latvijos, Malaizijos, Maroko, Lenkijos, Rusijos, Švedijos, Šveicarijos ir Ukrainos.



2015 m. konferencijos dalyvių pasiskirstymas pagal šalis

12-ają tarptautinę konferenciją atidarė ir sveikinimo žodį konferencijos dalyviams tarė Lietuvos energetikos instituto direktoriaus dr. Sigitas Rimkevičius. Taip pat konferencijos dalyvius sveikino energetikos ministras Rokas Masiulis ir LR parlamento narė Diana Korsakaitė. Konferencijos organizatorė dr. Viktorija Bobinaitė padėkojo Lietuvos energetikos instituto doktorantams ir jauniesiems mokslininkams už nuoširdžią pagalbą organizuojant konferenciją ir komandinį darbą konferencijos metu.



Lietuvos energetikos instituto direktorius dr. Sigitas Rimkevičius, parlamentarė D. Korsakaitė, energetikos ministras R. Masiulis ir dr. V. Bobinaitė

Konferencijos dalyviai buvo pakviesti išklausyti keturių plenarinės sesijos pranešimų – Europos komisijos atstovo dr. Philippe Schield (pranešimo tema – *The Energy Dimensions in EU*), Latvijos energetikos instituto atstovės dr. Gunta Šlihta (pranešimo tema – *Role of Energy Research in EU*), Tartu regioninės energetikos agentūros atstovo Marek Muiste (pranešimo tema – *Implementing European Energy and Climate Change Policy on Local Level*) ir Italijos nacionalinės agentūros atstovo dr. Giacomo Grasso (pranešimo tema – *Nuclear Research in an Evolving Energy Scenario*).

Paralelinės sesijos sukvietė konferencijos dalyvius išklausyti jvairiose su energetika susijusiose mokslo srityse ty-

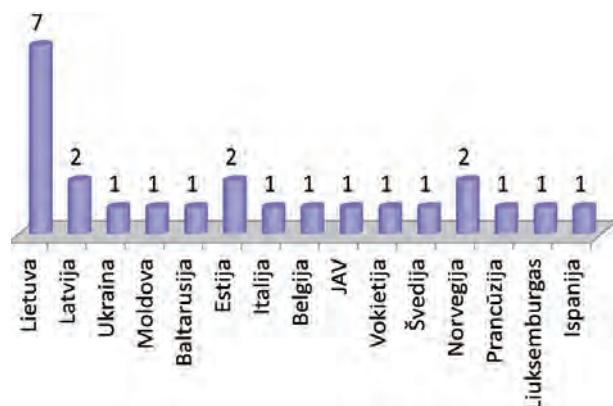
rimus vykdančių doktorantų ir jaunuųjų mokslininkų pranešimų. Paralelinėse sesijose dalyvavo ir straipsnių recenzentai – pripažinti technologijos ir socialinių mokslo srities ekspertai. Jiebuvo sudarytos galimybės susipažinti su pateiktais doktorantų ir jaunuųjų mokslininkų darbais bei pavesta atlkti darbų įvertinimą pagal eilę kriterijų, tame tarpe įvertinti mokslinį naujumą ir aktualumą, metodologijos nuoseklumą ir naujumą, rezultatų tikslumą ir patikimumą, išvadų išsamumą ir kita. Konferencijos metu recenzentai pateikė iškilusius klausimus, komentavo jaunuųjų mokslininkų darbus ir vedė diskusijas. Siekiant gerinti doktorantų ir jaunuųjų mokslininkų dalykinio bendravimo įgūdžius, paralelinėms sesijoms pirmininkavo



Paralelinių sesijų akimirkos

jaunieji konferencijos dalyviai bei LEI jaunujių mokslininkų sąjungos valdybos atstovai. Per dvi konferencijos dienas buvo perskaityta daugiau nei 50 pranešimų.

Doktorantai ir jaunieji mokslininkai yra kviečiami skaityti pranešimus tokiomis temomis: vandenilis ir kuro elementai, atsinaujinantys energijos šaltiniai, šiuolaikiniai energijos tinklai, energijos vartojimo efektyvumas ir taupymas, žinių energetikos politikai formuoti, šiluminės fizikos, skysčių bei duju mechanikos ir metrologijos sričių tyrimai, medžiagų mokslai ir technologijos, degimo ir plazminių procesų tyrimai, globalūs pokyčiai ir ekosistemos, termobranduolinės sintezės tyrimai, branduolinė energetika ir radiacinė sauga bei kompleksiniai energetikos aspektai. 2015 m. konferencijos mokslo komitetą sudarė 24 nariai iš Lietuvos ir 14-os užsienio valstybių.



Konferencijos mokslo komiteto narių pasiskirstymas pagal šalis  
(2015 m. duomenys)

Konferencijos dalyvių paruoštos mokslinės publikacijos ir 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.

Kaip ir kasmet, buvo paskelbti geriausių mokslinių darbų autoriai, įvertinus straipsnių 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. Nugalėtojus pasveikino, pasiekimus pažymintiš diplomus ir rémėjų dovanas įteikė instituto direktorius dr. Sigitas Rimkevičius.

Pasibaigus konferencijos oficialajai daliai buvo pasiūlyta kultūrinė programa. Su lietuviškomis tradicijomis konferencijos dalyvius supažindino ir puikią nuotaiką kûré tautinių šokių kolektyvas „Rasa“.



2015 m. iniciatyvą rengti konferenciją kaip visuomet palaikė instituto vadovybė, skyrusi finansinę ir techninę paramą. Svarią finansinę paramą ir dovanas konferencijos dalyviams skyrė konferencijos rémėjai Linde Group narei AGA, UAB *Hnit-Baltic* ir UAB *REO Investment*.

Organizatoriai siekia, kad ši konferencijaaptų kasmečiu jaunujių mokslininkų energetikų renginiu, todėl nuolat ieško žymių, didelę patirtį sukaupusių ir konferencijos tematika dirbančių mokslininkų ir kviečia juos tapti konferencijos redakcinės kolegijos nariais. Jei susidomėjote, kviečiame susisiusti su konferencijos rengėjais el. paštu [info@cyseni.com](mailto:info@cyseni.com).



Geriausių mokslinių darbų autoriai su instituto direktoriumi ir organizatorėmis

# INSTITUTO BIUDŽETAS

## INSTITUTO PAJAMAS SUDARO:

- Lietuvos Respublikos valstybės biudžeto asignavimai Lietuvos Respublikos valstybės patvirtintoms programoms vykdyti;
- lėšos, gautos iš Lietuvos, užsienio ir tarptautinių fondų ir organizacijų;
- lėšos, gautos kaip programinis 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.

### Pajamų ir išlaidų struktūra (tūkst. €)

2011 m. 2012 m. 2013 m. 2014 m. 2015 m.

#### Pajamos:

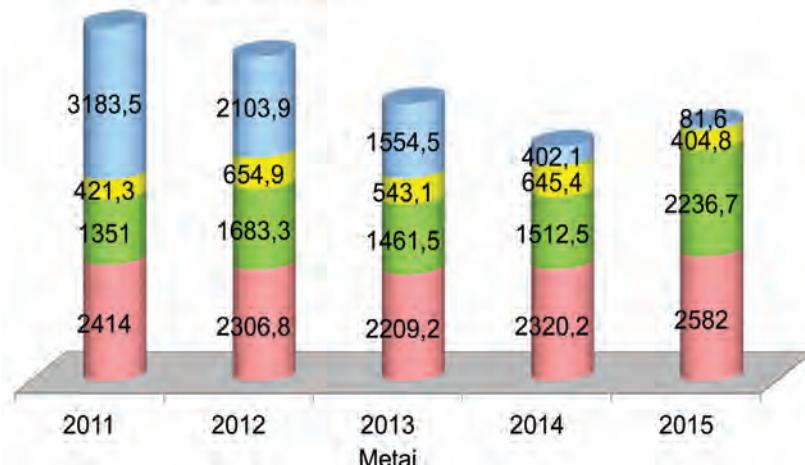
Valstybės biudžeto lėšos	2414,0	2306,8	2209,2	2320,2	2582
Pagrindinė veikla	1757,3	2309,9	1965,4	2107,7	2613,6
SF parama	3183,5	2103,9	2273,7	402,0	81,6
Kitos	27,7	28,5	30,2	50,2	27,9
<b>Iš viso:</b>	<b>7382,5</b>	<b>6749,1</b>	<b>6478,5</b>	<b>4880,1</b>	<b>5305,1</b>

#### Išlaidos:

Atlyginimai (su soc. dr.)	4133,8	3944,1	3971,6	4005,2	3867,3
Eksplotacijos išlaidos	994,8	737,9	1729,9	913,4	1007,2
Ilgalaikio turto įsigyjimas	3146,1	2205,8	871,8	75,3	89,9
<b>Iš viso:</b>	<b>8274,7</b>	<b>6887,8</b>	<b>6573,3</b>	<b>4993,9</b>	<b>4964,4</b>
Tęstinių sutarčių lėšos	650,9	512,2	417,4	303,6	664,3*

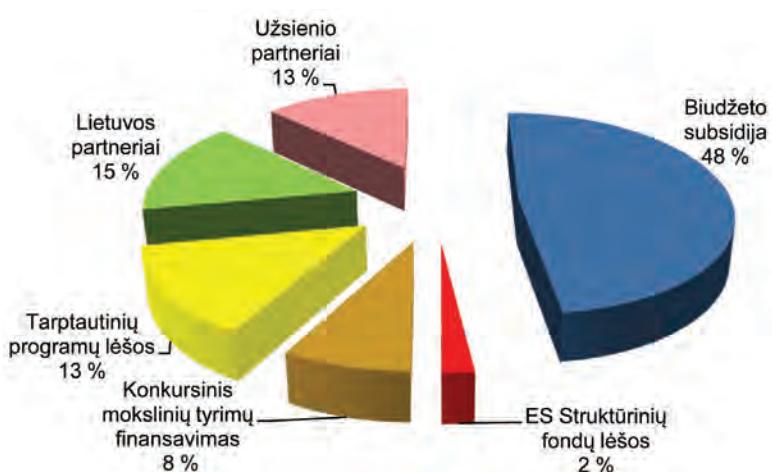
\* – šioje sumoje 263,49 tūkst. € finansinis reikalavimas į bankrutavusį AB Ūkio banką.

- Biudžeto subsidijos
- Ūkiskaitinės sutartys (be PVM ir subrangos) + kita veikla
- LMT, MITA, LR Ūkio ir Aplinkos m-jų konkursinis finansavimas
- ES Struktūriniai fondai

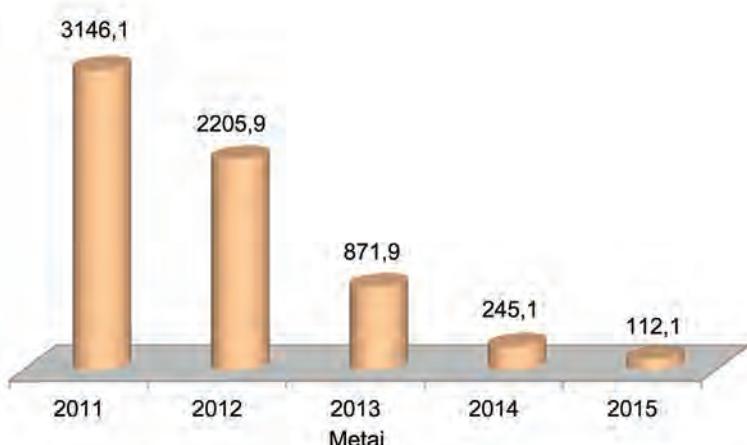


*Finansavimo šaltinių raida, tūkst. €*

LMT – Lietuvos mokslo taryba;  
MITA – Mokslo, inovacijų ir technologijų agentūra.



*Lėšų, gautų iš instituto užsakovų, struktūra 2015 m.*



*Tyrimų bazės išplėtimo dinamika, tūkst. €*

Finansinių ataskaitų rinkiniai publikuojami instituto internetiniuose puslapiuose <http://www.lei.lt>, skyrelyje – Apie LEI – Finansinės ataskaitos.

# PUBLIKACIJOS

## KNYGŲ SKYRIAI IR MONOGRAFIJOS

1. Kayhko J., Apsite E., Bolek A., Filatov N., Kondratyev S., Korhonen J., **Kriauciūnienė J.**, Lindstrom G., Nazarova L., Pyrh A., Sztobryn M. Recent change - river run-off and ice cover. *Second Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin Regional Climate Studies*. 978-3-319-16005-4 (Print) 978-3-319-16006-1 (Online). 2015. Springer. p. 99-116.
2. **Klevas V.** Justification of long-term economic policy of renewable energy sources *Monograph*. ISBN 978-1-63483-203-8 (print). ISBN 978-1-63484-020-0 (e-book). Nova Science Publishers, New York. 2015. p. 184.
3. **Miškinis V.** Respublikos kuro balansas, jo analizė *Lietuvos energetika V.*, 1990-2014. ISBN 978-609-431-059-1. 2015. p. 135-151.
4. **Miškinis V.** Lietuvos energetika 1990-2015 metais „Asmenybės“. 1990-2015 m. Lietuvos pasiekimai. ISBN 9786099557830. I dalis, Kaunas. 2015. p. 146-152.
5. **Pažeraitė A.** Centralizuotos šilumos sektoriaus raiada Lietuvoje: strategija ir praktika *Darnaus vystymosi problemos ir jų sprendimai Lietuvoje*. ISBN 978-609-449-091-0. *Kolektyvinė monografija*. 2015. p. 201-219.

## STRAIPSNIAI THOMSON REUTERS DUOMENŲ BAZĖJE WEB OF SCIENCE CORE COLLECTION REFERUOJAMUOSE LEIDINIUOSE

1. **Alzbutas R.** Probabilistic dynamics for integrated analysis of accident sequences considering uncertain events. *Science and Technology of Nuclear Installations*. ISSN 1687-6075. 2015. Article ID 892502. p. 1-8.
2. **Alzbutas R., Voronov R.** Reliability and safety analysis for systems of fusion device. *Fusion Engineering and Design* ISSN 0920-3796. 2015. Vol. 94. p. 31-41.
3. Ambroza P., **Baltušnikas A.**, Kavaliauskienė L., Pilkai-

- tė T. Steel surface strengthening by overlay welding and plastic deformation. *Mechanika*. ISSN 1392-1207. 2015. Vol. 21. No. 3. p. 240-244.
4. **Augutis J., Krikštolaitis R., Pečiulytė S., Žutautaitė I.** Dynamic model based on Bayesian method for energy security assessment. *Energy Conversion and Management*. ISSN 0196-8904. 2015. Vol. 101. p. 66-72.
5. **Augutis J., Martišauskas L., Krikštolaitis R.** Energy mix optimization from an energy security perspective. *Energy Conversion and Management*. ISSN 0196-8904. 2015. Vol. 90. p. 300-314.
6. **Babilas E., Brebdebach B.** Selection and evaluation of decontamination and dismantling techniques for decommissioning of large NPPs components. *Progress in Nuclear Energy*. ISSN 0149-1970. 2015. Vol. 84. p. 108-115.
7. **Babilas E., Ušpuras E., Rimkevičius S., Dundulis G., Vaišnoras M.** Safety Assessment of Low-Contaminated Equipment Dismantling at Nuclear Power Plants. *Science and Technology of Nuclear Installations*. ISSN 1687-6075. 2015. Article ID 650810. p. 1-11.
8. **Baltušnikas A., Šiaučiūnas R., Lukošiūtė I., Baltakys K., Eisinas A., Kriūkienė R.** Crystal structure refinement of synthetic pure gyrolite. *Materials Science (Medžiagotyra)*. ISSN 1392-1320. 2015. Vol. 21. No. 1. p. 111-116.
9. **Bobinaitė V.** Financial sustainability of wind electricity sectors in the Baltic states. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. ISSN 1364-0321. 2015. Vol. 47. p. 794-815.
10. **Brinkienė L., Česnienė J., Lukošiūtė J., Baltušnikas A., Kalpokaitė-Dičkuvienė R.** Effect of organoclay addition on durability related properties of cement pastes. *Fresenius Environmental Bulletin*. ISSN 1018-4619. 2015. Vol. 24. Iss. 8a. p. 2624-2629.
11. Cross S., Hast A., Kuhi-Thalfeldt R., Syri S., **Štreimikienė D., Denina A.** Progress in renewable electricity in Northern Europe towards EU 2020 targets. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. ISSN 1364-0321. 2015. Vol. 52. p. 1768-1780.
12. **Dundulis G., Grybėnas A., Janulionis R., Kriūkienė R.,**

- Rimkevičius S.** Degradation mechanisms and evaluation of failure of gas pipelines. *Mechanika*. ISSN 1392-1207. Vol. 21. No. 5. p. 352-360.
13. Dundulis R., Kiliukevičius S., Krasauskas P., **Dundulis G., Rimkevičius S.** Simulation of a shock absorber with vertical buckling tubes welded in the longitudinal direction. *Engineering Failure Analysis*. ISSN 1350-6307. 2015. Vol. 47. Part A. p. 102-110.
14. **Džiugys A., Navakas R., Striūgas N.** A normalized parameter for similarity/dissimilarity characterization of sequences. *Informatica*. ISSN 0868-4952. 2015. Vol. 26. No. 2. p. 241-258.
15. **Gaigalis V., Markevičius A., Škėma R., Savickas J.** Sustainable energy strategy of Lithuanian Ignalina nuclear power plant region for 2012-2035 as a chance for regional development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. ISSN 1364-0321. 2015. Vol. 51. p. 1680-1696.
16. **Gaigalis V., Škėma R.** Analysis of the fuel and energy transition in Lithuanian industry and its sustainable development in 2005-2013 in compliance with the EU policy and strategy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. ISSN 1364-0321. 2015. Vol. 52. p. 265-279.
17. Janutienė R. K., **Kalpokaitė-Dičkuvienė R.** External stress effects on microstructure and transformation plasticity of hot work tool steel during quenching. *Strength of Materials*. ISSN 0039-2316. 2015. Vol. 47. No. 5. p. 728-739.
18. **Justinavičius D., Poškas P.** Temperature and tortuosity effect on gas migration in a high-level waste disposal tunnel. *Mineralogical Magazine*. ISSN 0026-461X. 2015. Vol. 79. No. 6. p. 1317-1325.
19. **Kačegavičius T., Povilaitis M.** The integral analysis of 40 mm diameter pipe rupture in cooling system of fusion facility W7-X with ASTEC code. *Fusion Engineering and Design*. ISSN 0920-3796. 2015. Vol. 101. p. 141-147.
20. **Kačegavičius T., Urbonavičius E.** Modelling of Ingress of Coolant Event into Vacuum Experiments with ASTEC Code. *Journal of Fusion Energy*. ISSN 0164-0313. 2015. Vol. 34. Iss. 2. p. 320-325.
21. **Kaliatka T., Ušpuras E., Kaliatka A.** Modelling of Water Ingress into Vacuum Vessel Experiments Using RELAP5 Code. *Journal of Fusion Energy*. ISSN 0164-0313. 2015. Vol. 34. Iss. 2. p. 216-224.
22. **Kalpokaitė-Dičkuvienė R., Lukošiūtė I., Brinkienė K., Baltušnikas A., Česnienė J.** Properties of waste catalyst-cement mortars: impact of organoclay type. *Fresenius Environmental Bulletin*. ISSN 1018-4619. 2015. Vol. 24. No. 10b. p. 3460-3466.
23. **Kalpokaitė-Dičkuvienė R., Lukošiūtė I., Česnienė J., Brinkienė K., Baltušnikas A.** Cement substitution by organoclay – The role of organoclay type. *Cement & Concrete Composites*. ISSN 0958-9465. 2015. Vol. 62. p. 90-96.
24. **Kavaliauskas Ž., Valinčius V., Kėželis R., Milieška M.** The investigation of neutralization process of gas-phase sewage sludge using thermal plasma method. *Journal of Electrostatics*. ISSN 0304-3886. 2015. Vol. 75. p. 99-103.
25. **Kavaliauskas Ž., Valinčius V., Stravinskas G., Milieška M., Striūgas N.** The investigation of solid slag obtained by neutralization of sewage sludge. *Journal of the Air & Waste Management Association*. ISSN 1096-2247. 2015. Vol. 65 (11). p. 1292-1296.
26. Kljenak I., Kuznetsov M., Kostka P., Kubisova L., Maltsev M., Manzini G., **Povilaitis M.** Simulation of hydrogen deflagration experiment – Benchmark exercise with lumped-parameter codes. *Nuclear Engineering and Design*. ISSN 0029-5493. 2015. Vol. 283. p. 51-59.
27. Knoglinder E., Wolf H., **Kaliatka A.** Heat transfer in the core graphite structures of RBMK nuclear power plants. *Nuclear Engineering and Design*. ISSN 0029-5493. 2015. Vol. 293. p. 413-435.
28. **Konstantinavičiūtė I., Bobinaitė V.** Comparative analysis of carbon dioxide emission factors for energy industries in European Union countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. ISSN 1364-0321. 2015. Vol. 51. p. 603-612.
29. Lobont O. R., Niculescu A.-K., Lapugean (Ignat) C.-R., **Alėbaityė I.** Is cultural diversity a determinant of the entrepreneurial activity? *Transformations in Business&Economics*. ISSN 1648-4460. Vol. 14. No. 2B. p. 332-354.
30. **Marcinauskas L., Kavaliauskas Ž., Kėželis R.** Formation of carbon composite coatings by plasma spraying. *Vacuum*. ISSN 0042-207X. Vol. 122. Part B. 2015. p. 326-331.
31. Mediero L., Kjeldsen T.R., Macdonald N., Kohnova S., Merz B., Vorogushyn S., Wilson D., Alburquerque T., Blöschl G., Bogdanowicz E., Castellarin A., Hall J., Kobold M., **Kriauciūnienė J.**, Lang M., Madsen H., Onužluel Gülg G., Perdigó R.A.P., Roald L.A., Salinas J.L., Toumazis A.D., Veijalainen N., Žorarinsson Óshinn. Identification of coherent flood regions across Europe by using the longest streamflow records. *Journal of Hydrology*. ISSN 0022-1694. 2015. Vol. 528. p. 341-360.
32. **Milčius D., Grbović-Novaković J., Žostautienė R., Lelis M., Girdzevičius D., Urbonavičius M.** Combined XRD and XPS analysis of ex-situ and in-situ plasma hydrogenated magnetron sputtered Mg films. *Journal of Alloys and Compounds*. ISSN: 0925-8388. 2015. Vol. 647. p. 790-796.
33. **Narkūnienė A., Poškas P., Kilda R., Bartkus G.** Uncertainty and sensitivity analysis of radionuclide migration through the engineered barriers of deep geological repository: Case of RBMK-1500 SNF. *Reliability Engineering & System Safety*. ISSN 0951-8320. 2015. Vol. 136. p. 8-16.
34. Orliukas A.F., Fung K.-Z., Venckutė V., Kazlauskienė V., Miškinis J., **Lelis M.** Structure, surface and broadband impedance spectroscopy of Li<sub>4</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>12</sub> based ceramics with Nb and Ta. *Solid State Ionics*. ISSN 0167-2738.

2015. Vol. 271. p. 34-41.
35. Padgurskas J., Zunda A., Rukuiza R., Andriušis A., **Kėželis R., Milieška M.** Tribological performance of piezoelectric drive with rotor covered with YSZ and AL2O3 ceramic coatings. *Journal of Friction and Wear*. ISSN 1068-3666. 2015. Vol. 36. No. 4. p. 355-362.
36. **Paulauskas R., Džiugys A., Striūgas N.** Experimental investigation of wood pellet swelling and shrinking during pyrolysis. *Fuel*. ISSN 0016-2361. 2015. Vol. 142. p. 145-151.
37. **Poškas G., Zujus R., Poškas P.** Analysis of the radiological contamination of the RBMK-1500 reactor low salted water system. *Progress in Nuclear Energy*. ISSN 0149-1970. 2015. Vol. 85. p. 707-712.
38. **Poškas P., Narkūnienė A., Grigaliūnienė D.** Overview of the Lithuanian programme for disposal of RBMK-1500 spent nuclear fuel. *Mineralogical Magazine*. ISSN 0026-461X. November 2015. Vol. 79(6). p. 1581-1589.
39. **Povilaitis M., Kačegavičius T., Urbonavičius E.** Simulation of the ICE P1 test for a validation of COCOSYS and ASTEC codes. *Fusion Engineering and Design*. ISSN 0920-3796. 2015. Vol. 94. p. 42-47.
40. **Ragaišis V., Poškas P., Šimonis A.** Methodology for the scoping assessment of radioactive releases during dismantling of RBMK-1500 reactor systems with low-level contamination. *Annals of Nuclear Energy*. ISSN 0306-4549. 2015. Vol. 75. p. 193-198.
41. Skrockienė V., Žukienė K., **Tučkutė S.** Properties of recycled thermoplastic polyurethane filled with plasma treated bentonite. *Plasma Processes and Polymers*. ISSN 1612-8850. 2015. Vol. 12. Iss. 11. p. 1284-1292.
42. **Slavickas A., Pabarčius R., Tonkūnas A., Stankūnas G., Ušpuras E.** Void reactivity coefficient analysis during void fraction changes in innovative BWR assemblies. *Science and Technology of Nuclear Installations*. ISSN 1687-6075. 2015. Article ID 757201. p. 1-8.
43. **Stankūnas G.**, Batistoni P., Sjöstrand H., Conroy S. Measurements of fusion neutron yields by neutron activation technique: Uncertainty due to the uncertainty on activation cross-sections. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A*. ISSN 0168-9002. 2015. Vol. 788. p. 168-172.
44. Sunyer M.A., Hundecha Y., Lawrence D., Madsen H., Willems P., Martinkova M., Vormoor K., Burger G., Hanel M., **Kriauciūnienė J.**, Loukas A., Osuch M., Yucel I. Inter-comparison of statistical downscaling methods for projection of extreme precipitation in Europe. *Hydrology and Earth System Sciences*. ISSN 1027-5606. 2015. Vol. 19. p. 1827-1847.
45. **Šarauskienė D., Kriauciūnienė J.**, Reihan A., Klavis M. Flood pattern changes in the rivers of the Baltic countries. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*. ISSN 1648-6897. 2015. Vol. 23. Iss. 2. p. 28-38.
46. **Šimonis A., Poškas P., Poškas G., Grigaliūnienė D.** Modeling of the radiation doses during dismantling of RBMK-1500 reactor emergency core cooling system large diameter pipes. *Annals of Nuclear Energy*. ISSN 0306-4549. 2015. Vol. 85. p. 159-165.
47. **Šnipas M., Pranevičius H., Pranevičius M., Pranevičius O., Paulauskas N., Bukauskas F.** Application of stochastic automata networks for creation of continuous time Markov Chain models of voltage gating of gap junction channels. *Biomed Research International*. ISSN 2314-6133. 2015. Vol. 2015. p. 1-13.
48. **Štreimikienė D., Baležentis A.** Assessment of willingness to pay for renewables in Lithuanian households. *Clean Technologies and Environmental Policy*. ISSN 1618-954X. 2015. Vol. 17. Iss. 2. p. 515-531.
49. **Urbonavičius E., Kaliatka T.** Thermal-hydraulic assessment of W7-X plasma vessel venting system in case of 40 mm in-vessel LOCA. *Science and Technology of Nuclear Installations*. ISSN 1687-6075. 2015. Article ID 240368. p. 1-9.
50. **Urbonavičius E., Povilaitis M., Kontautas A.** Assessment of W7-X plasma vessel pressurisation in case of LOCA taking into account in-vessel components. *Fusion Engineering and Design*. ISSN 0920-3796. 2015. Vol. 100. p. 531-535.
51. **Ušpuras E., Rimkevičius S., Babilas E.** Licensing documentation and licensing process for dismantling and decontamination projects in Lithuania. *Progress in Nuclear Energy*. ISSN 0149-1970. 2015. Vol. 84. p. 41-49.
52. Valančius R., Jurelionis A., Jonynas R., **Katinas V., Perednis E.** Analysis of Medium-scale Solar Thermal Systems and its Potential in Lithuania Authors. *Energies*. ISSN 1996-1073. 2015. Vol. 8(6). p. 5725-5737.
53. **Valinčius M., Žutautaitė I., Dundulis G., Rimkevičius S., Janulionis R., Bakas R.** Integrated assessment of failure probability of the district heating network. *Reliability Engineering & System Safety*. ISSN 0951-8320. 2015. Vol. 133. p. 314-322.

## STRAPINIAI MOKSLO LEIDINIUOSE, REGISTRUOTUOSE TARPTAUTINĖSE MOKSLINĖS INFORMACIJOS DUOMENŲ BAZĖSE

- Ališauskaitė-Šeškienė I., Remeikienė R., Gasparienė L.** The factors that determine physical entities' borrowing: Lithuanian case. *Procedia Economics and Finance*. ISSN 2212-5671. 2015. Vol. 26. p. 616-622.
- Baublys J., **Miškinis V., Konstantinavičiūtė I., Le-kavičius V.** Energy efficiency as precondition of energy security. *Journal of Security and Sustainability Issues*. ISSN 2029-7017. 2015. Vol. 4. No. 3. p. 197-208.
- Jokšas B., Augutis J., Ušpuras E., Urbonas R.** The aggregate energy sector criticality risk assessment *Journal of Polish Safety and Reliability Association*. ISSN 2084-5316. 2015. Vol. 6. No. 3. p. 61-69.
- Kontautas A., Urbonavičius E.** Uncertainty and sen-

- sitivity evaluation of aerosol deposition in PHEBUS containment during FPT-2 experiment. *Energetika*. ISSN 0235-7208. 2015. T. 61. Nr. 1. p. 12-24.
5. **Lekavičius V., Galinis A.** External economic effects of the development of energy sector: Evaluation methodologies and their application. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. ISSN 1877-0428. 2015. Vol. 213. p. 142-147.
  6. **Lekavičius V., Galinis A., Miškinis V.** Socio-economic Constraints on Energy development pathways: the case of nuclear power in Baltic countriesd *International Journal on Global Business Management and Research*. ISSN 2278-8425. 2015. Vol. 4. Iss. 1. p. 46-61.
  7. **Poškas G., Zujus R.** Modelling of the Radiological Contamination of the RBMK-1500 reactor control and protection system channels' cooling circuit. *World Journal of Engineering and Technology*. ISSN 2331-4222. 2015. No. 3. p. 1-5.
  8. **Tonkūnas A., Pabarčius R.** Proporcijumo daugiklių metodas radioaktyviosioms atliekoms charakterizuoti. *Energetika*. ISSN 0235-7208. 2015. T. 61. Nr. 1. p. 25-31.
  9. **Ušpuras E., Rimkevičius S., Kaliatka A.** Application of the Best-Estimate Approach for the NPP Licensing Process. *International Journal of Contemporary Energy*. ISSN 2084-5316. 2015.Vol. 1. No. 2. p. 1-12.
  10. Valančius R., Jurelionis A., Vaičiūnas J., **Perednis E.** Dimensioning of Solar Thermal Systems for Multi- Family Buildings in Lithuania: an Optimisation Study. *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering*. ISSN 2029-9990. 2015. Vol. 2. No. 11. p. 32-40.
  11. **Vilkinius P., Pedišius N., Valantinavičius M.** Vandens tekėjimo mikrokanale tyrimas dalelių vizualizacijos metodu. *Energetika*. ISSN 0235-7208. 2015. T. 61. Nr. 2. p. 57-70.
  12. Падгурскас Ю., Зунда А., Рукуйжа Р., **Андрюшис А., Кежелис Р., Милешка М.** Трибологические свойства пьезоэлектрического привода с керамическими покрытиями YSZ и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ротора. Трение и износ. ISSN 0202-4977. 2015. T. 36. No. 4. C. 461-469.
  4. Astašauskas V., **Grigaitienė V., Kėželis R., Milieška M.** Experimental investigation of catalytic fibers produced by plasma spraying method. *12th Annual international conference of young scientists on energy issues (CYSENI 2015)*, Kaunas, Lithuania, May 27-28, 2015. Kaunas: LEI, 2015. ISSN 1822-7554. p. 26-35.
  5. **Drūlia M.** The influence of unique water physical properties on the calculation of water-vapor interface condensation. *12th Annual international conference of young scientists on energy issues (CYSENI 2015)*, Kaunas, Lithuania, May 27-28, 2015. Kaunas: LEI, 2015. ISSN 1822-7554. p. 254-259.
  6. **Dundulis G., Janulionis R., Grybėnas A.** Deterministic-probabilistic structural integrity analysis of the gas transmission pipelines. *Proceedings of the 48th ESReDA Seminar*, May 28-29, 2015, Wrocław, Poland p. 8.
  7. **Gecevičius G., Marčiukaitis M.** Investigation of wind speed forecasts errors for wind power generation. *12th Annual international conference of young scientists on energy issues (CYSENI 2015)*, Kaunas, Lithuania, May 27-28, 2015. Kaunas: LEI, 2015. ISSN 1822-7554. p. 46-52.
  8. **Gimžauskaitė D., Pranevičius L.** Phase-structural transformations and elemental composition analysis in the TiOx films exposed in water vapour plasma. *12th Annual international conference of young scientists on energy issues (CYSENI 2015)*, Kaunas, Lithuania, May 27-28, 2015. Kaunas: LEI, 2015. ISSN 1822-7554. p. 1-10.
  9. **Girdzevičius D., Tučkutė S., Milčius D.** In-situ low temperature plasma hydrogenation of pure Mg thin films. *12th Annual international conference of young scientists on energy issues (CYSENI 2015)*, Kaunas, Lithuania, May 27-28, 2015. Kaunas: LEI, 2015. ISSN 1822-7554. p. 11-16.
  10. **Grigonytė E.** Methodological and practical aspects of the adequacy assessment methodology for ENTSO-E systems. *12th Annual international conference of young scientists on energy issues (CYSENI 2015)*, Kaunas, Lithuania, May 27-28, 2015. Kaunas: LEI, 2015. ISSN 1822-7554. p. 197-205.
  11. **Iešmantas T., Alzbutas R.** Adjustment factors in Bayesian reliability assessment for demo fusion technology. *12th Annual international conference of young scientists on energy issues (CYSENI 2015)*, Kaunas, Lithuania, May 27-28, 2015. Kaunas: LEI, 2015. ISSN 1822-7554. p. 368-379.
  12. **Iešmantas T., Alzbutas R.** Age-dependent uncertainty in energy network reliability assessment *25th European Safety and Reliability Conference (ESREL) 2015*. September 7-10, ETH Zurich, Switzerland. 2015 Taylor &

## PRANEŠIMAI TARPTAUTINĖSE KONFERENCIJOSE

1. **Alzbutas R., Voronov R.** RAMI and PSA application for efficiency of fusion device. *25th European Safety and Reliability Conference (ESREL)*, 2015 September 7-10, ETH Zurich, Switzerland. 2015 Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-1-138-02879-1. p. 287-295.
2. Akstinės V., **Šarauskienė D., Kriauciūnienė J.** Flood pattern changes in the Lithuanian rivers. Проблемы гидрометеорологического обеспечения хозяйственной деятельности в условиях изменяющегося климата. Материалы Международной научн. конф. 5-8 мая 2015 г. Белорусь. ISBN 978-985-553-278-2. p. 175-177.
3. **Ališauskaitė-Šeškienė I.** Barriers and market failures

- Francis Group, London, ISBN 978-1-138-02879-1. p. 1959-1964.
13. **Janulionis R., Dundulis G., Grybėnas A.** Numerical simulation of high temperature fatigue test of the welded steel P91. *23rd Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology* Manchester, United Kingdom - August 10-14, 2015.
  14. **Jokšas B., Augutis J., Ušpuras E., Urbonas R.** The aggregate energy sector criticality risk assessment. *Proceedings of the 48th ESReDA Seminar*, May 28-29, 2015, Wrocław, Poland p. 1-12.
  15. **Jokšas B., Žutautaitė I., Augutis J., Rekašius T.** Dependence of the gas supply system criticality indicator(s) on the system elements' reliability. *Safety and Reliability: Methodology and Applications – Proceedings of the European safety and reliability conference ESREL 2014*. Wrocław, Poland, September 14-18, 2014. Nowakowski et al. (Eds) © 2015 Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-1-138-02681-0. p. 181-188.
  16. **Kaliatka A., Vileiniškis V., Ušpuras E.** Analysis of heat removal accidents during the wet storage phase in Ignalina nuclear power plant. *The 26th international symposium on transport phenomena*. 27 September-1 October 2015, Leoben, Austria. p. 1-8.
  17. **Kaliatka T., Ušpuras E., Kaliatka A.** Integrated assessment of thermal hydraulic processes in W7-X fusion experimental facility. *The 16th International Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermal Hydraulics (NURETH-16)*. Chicago, IL, USA. August 30-September 4. 2015. p. 6517-6529.
  18. **Kondratavičienė G.** Peculiarities of small scale wind turbines use in urban areas. *12th Annual international conference of young scientists on energy issues (CYSENI 2015)*, Kaunas, Lithuania, May 27-28, 2015. Kaunas: LEI, 2015. ISSN 1822-7554. p. 53-60.
  19. **Kontautas A., Urbonavičius E.** Accession of Lithuanian energy institute to nuclear fusion researches. *6th International Renewable Energy Congress (IREC)*. ISBN 978-1-4799-7947-9. March 24-26, 2015 Sousse-Tunisia. p. 1-4.
  20. **Krečius M.** Support measures for renewable energy assessing the development effectiveness. *12th Annual international conference of young scientists on energy issues (CYSENI 2015)*, Kaunas, Lithuania, May 27-28, 2015. Kaunas: LEI, 2015. ISSN 1822-7554. p. 61-72.
  21. **Marčiukaitis M., Katinas V., Gecevičius G.** Analysis of economic, environment, social factors and efficiency of wind turbines in Lithuania. *WINERCOST Workshop 'Trends and Challenges for Wind Energy Harvesting'*, Coimbra, Portugal, 30-31 March 2015 p. 259-271.
  22. **Misiulis E., Džiugys A.** Numerical study of time dependent blood flow in ophthalmic artery with applied external pressure. *12th Annual international conference of young scientists on energy issues (CYSENI 2015)*, Kaunas, Lithuania, May 27-28, 2015. Kaunas: LEI, 2015. ISSN 1822-7554. p. 270-278.
  23. **Murauskaitė L.** Coherent policy of renewable energy sources support in Lithuanian district heating sector. *12th Annual international conference of young scientists on energy issues (CYSENI 2015)*, Kaunas, Lithuania, May 27-28, 2015. Kaunas: LEI, 2015. ISSN 1822-7554. p. 73-84.
  24. **Navakas R., Striūgas N., Džiugys A., Saliamonas A., Misiulis E.** The experimental investigation of flame spectral characteristics after partial substitution of natural gas with producer gas. *10th European conference on industrial furnaces and boilers (INFUB10)*. April 7-10, 2015. Porto, Portugal.
  25. **Paulauskas R., Džiugys A., Striūgas N.** Experimental research on swelling and shrinking of wood and straw pellets during pyrolysis. *12th Annual international conference of young scientists on energy issues (CYSENI 2015)*, Kaunas, Lithuania, May 27-28, 2015. Kaunas: LEI, 2015. ISSN 1822-7554. p. 98-103.
  26. **Pedišius N., Zygmantas G., Maslauskas E.** Influence of Gas and Liquid Viscosity on Turbine and Positive Displacement Meters Calibration. *17th International Congress of Metrology*. Paris, France. 21-24 September, 2015. p. 1-6.
  27. **Poškas G.** Derivation of the mass factors for decommissioning cost estimation of low contaminated auxiliary systems. *International Conference ECED 2013 – Eastern and Central European Decommissioning*. June 23-25, 2015. Trnava, Slovakia. p. 1-9.
  28. **Poškas R., Gediminkas A., Sirvydas A.** 3D modelling of airflow distribution in small scale food product dryer. *Proceedings of the 7th Baltic heat transfer conference*. ISBN 978-9949-23-817-0. Tallinn, Estonia August 24-26, 2015. p. 267-272.
  29. **Praspaliauskas M., Pedišius N., Gradeckas A.** Heavy metals concentration in stemwood of energetic trees fertilized with sewage sludge. *12th Annual international conference of young scientists on energy issues (CYSENI 2015)*, Kaunas, Lithuania, May 27-28, 2015. Kaunas: LEI, 2015. ISSN 1822-7554. p. 110-117.
  30. **Praspaliauskas M., Pedišius N., Valantinavičius M.** Perspectives of sewage sludge usage for energy production in Lithuania. *Proceedings of the 7th Baltic heat transfer conference*. ISBN 978-9949-23-817-0. Tallinn, Estonia, August 24-26, 2015. p. 273-278.
  31. **Sankauskas D., Katinas V.** Investigations of noise generated by small wind power plants. *12th Annual international conference of young scientists on energy issues (CYSENI 2015)*, Kaunas, Lithuania, May 27-28, 2015. Kaunas: LEI, 2015. ISSN 1822-7554. p. 118-122.
  32. **Striūgas N., Pedišius N., Poškas R., Valinčius V.** Development of innovative thermal decomposition technology and its application for utilization of sewage sludge. *23rd European Biomass Conference and Exhibition*. ISBN 978-88-89407-516. Session 2C0.2.3 Vienna, Austria. 1-4 June 2015. p. 546-549.
  33. **Striūgas N., Soroka B., Zakarauskas K., Vorobyov N.**

- Thermodynamic analysis and experimental tests of wood waste gasification and combustion plants. *11th International research and practical conference*. Kiev, Ukraine. 16-20 September 2015. p. 25-29.
34. Šlančiauskas A. Heat transfer measurements in wood feedstock for two-staged gasifier case. *Proceedings of the 7th Baltic heat transfer conference*. ISBN 978-9949-23-817-0. Tallinn, Estonia, August 24-26, 2015. p. 285-290.
35. Šutas A., Vileiniškis V. Uncertainty analysis of severe accident in the spent fuel pool. *12th Annual international conference of young scientists on energy issues (CYSENI 2015)*, Kaunas, Lithuania, May 27-28, 2015. Kaunas: LEI, 2015. ISSN 1822-7554. p. 418-427.
36. Tamošiūnas A., Valatkevičius P., Grigaitienė V., Valinčius V., Levinskas R. Biomass conversion to hydrogen-rich synthesis fuels using water steam plasma. *The sixth international renewable energy congress*. March 24-26, 2015 Sousse-Tunisia. p. 1-7.
37. Tidikas A. Investigation of demo structural material characteristics induced by neutron irradiation *12th Annual international conference of young scientists on energy issues (CYSENI 2015)*, Kaunas, Lithuania, May 27-28, 2015. Kaunas: LEI, 2015. ISSN 1822-7554. p. 428-435.
38. Tonkonogij J., Stankevičius J., Bertašienė A., Tonkonogovas A. The new method for calibration and testing of the bell type prover. *17 International Congress of Metrology*. Paris, France. 21-24 September, 2015. p. 3.
39. Urbonavičius M., Milčius D. Reaction between plasma activated aluminum powder and water under various conditions. *12th Annual international conference of young scientists on energy issues (CYSENI 2015)*, Kaunas, Lithuania, May 27-28, 2015. Kaunas: LEI, 2015. ISSN 1822-7554. p. 18-25.
40. Valančienė E., Miknus L., Pedišius N. The influence of zeolite catalyst on polypropylene waste thermal decomposition kinetics and thermodynamics. *International Conference of Lithuanian Chemical Society Chemistry and Chemical Technology 2015*. ISBN 978-609-459-461-8. p. 347-349.
41. Varanavičius V. Green offices: cost saving and environmental benefit. *12th Annual international conference of young scientists on energy issues (CYSENI 2015)*, Kaunas, Lithuania, May 27-28, 2015. Kaunas: LEI, 2015. ISSN 1822-7554. p. 361-367.
42. Varnagiris Š., Milčius D., Brazys E. Formation of SiO layer on the surface of expanded polystyrene foam. *12th Annual international conference of young scientists on energy issues (CYSENI 2015)*, Kaunas, Lithuania, May 27-28, 2015. Kaunas: LEI, 2015. ISSN 1822-7554. p. 323-328.
43. Žutautaitė I., Dundulis G., Rimkevičius S., Janulionis R. Integrated estimation of pipeline failure probability. *Safety and Reliability: Methodology and Applications – Proceedings of the European safety and reliability conference ESREL 2014*. Wrocław, Poland, September 14-18, 2014. Nowakowski et al. (Eds) 2015 Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-1-38-02681-0. p. 417-422.
44. Žutautaitė I., Ušpuras E., Rimkevičius S., Eid M., Rekašius T. Integrated probabilistic assessment of failure of natural gas pipeline. *Proceedings of the 48th ESReDA Seminar*, May 28-29, 2015, Wrocław, Poland p. 1-12.

## PRANEŠIMAI LIETUVOS KONFERENCIJOSE

1. Drūlia M. Unikalių vandens fizinių savybių įtaka kondensacijai tarpfaziniame paviršiuje. *Šilumos energetika ir technologijos-2015: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2015 sausio 29-30 Kaunas. LEI. 2015. ISSN 2335-2485. p. 152-155.
2. Galinis A., Alėbaitė I., Neniškis E. Šalies centralizuoto šilumos tiekimo sistemos plėtra. *Šilumos energetika ir technologijos-2015: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2015 sausio 29-30 Kaunas. LEI. 2015. ISSN 2335-2485. p. 70-78.
3. Galinis A., Lekavičius V. Biokuro tiekimo energetikos sektoriui grandinės modeliavimas. *Šilumos energetika ir technologijos-2015: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2015 sausio 29-30 Kaunas. LEI. 2015. ISSN 2335-2485. p. 64-69.
4. Gecevičius G., Markevičius A., Marčiukaitis M. Darinių raidos principų taikymas naudojant saulės, vėjo ir biokuro energetinius ištaklius. *Šilumos energetika ir technologijos - 2015: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2015 sausio 29-30 Kaunas. LEI. 2015. ISSN 2335-2485. p. 46-50.
5. Kaliatka T. W7-X įrenginio, apsaugos nuo slėgio padidėjimo sistemos modeliavimas. *Šilumos energetika ir technologijos-2015: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2015 sausio 29-30 Kaunas. LEI. 2015. ISSN 2335-2485. p. 131-137.
6. Norvaiša E., Galinis A. Termofikacinių elektrinių konkurencingumas šilumos ir elektros rinkose. *Šilumos energetika ir technologijos-2015: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2015 sausio 29-30 Kaunas. LEI. 2015. ISSN 2335-2485. p. 94-102.
7. Perednis E., Katinas V., Savickas J. Biologiškai skaidžių atliekų panaudojimo energetikoje tyrimas. *Šilumos energetika ir technologijos-2015: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2015 sausio 29-30 Kaunas. LEI. 2015. ISSN 2335-2485. p. 55-58.
8. Poškas G. Sistemų komponentų paviršinio radioaktyviojo užterštumo neapibrėžtumo vertinimo aspektai. *Šilumos energetika ir technologijos-2015: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos

universitetas, 2015 sausio 29-30 Kaunas. LEI. 2015. ISSN 2335-2485. p. 120-124.

9. **Poškas R., Sirvydas A.** Elektrostatinio filtro panaudojimo galimybės sintetinėms dujoms išvalyti. *Šilumos energetika ir technologijos-2015: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2015 sausio 29-30 Kaunas. LEI. 2015. ISSN 2335-2485. p. 33-36.
10. **Praspaliauskas M., Pedišius N.** Nuotekų dumblo Lietuvos vandenvalos sistemos savybių tyrimas. *Šilumos energetika ir technologijos-2015: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2015 sausio 29-30 Kaunas. LEI. 2015. ISSN 2335-2485. p. 9-26.
11. **Sankauskas D., Katinas V.** Vėjo parametru pasiskirstymo dėsningumų tyrimas. *Šilumos energetika ir technologijos-2015: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2015 sausio 29-30 Kaunas. LEI. 2015. ISSN 2335-2485. p. 59-63.
12. **Savickas J., Katinas V., Tamašauskienė M.** Biodegalų panaudojimo Lietuvoje aspektai ir poveikio aplinkai analizė. *Šilumos energetika ir technologijos-2015: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2015 sausio 29-30 Kaunas. LEI. 2015. ISSN 2335-2485. p. 51-54.
13. **Slavickas A.** Garo reaktyvumo koeficiente tyrimas trimaciame kuro rinklės modelyje. *Šilumos energetika ir technologijos-2015: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2015 sausio 29-30 Kaunas. LEI. 2015. ISSN 2335-2485. p. 125-129.
14. **Striūgas N., Zakarauskas K., Skačkauskas S.** Sausinto vandenvalos nuotekų dumblo terminio skaidymo technologija ir jos taikymas energijai gaminti. *Šilumos energetika ir technologijos-2015: konferencijos pranešimų medžiaga*. Kauno technologijos universitetas, 2015 sausio 29-30 Kaunas. LEI. 2015. ISSN 2335-2485. p. 27-32.
15. **Zujus R.** Trimatis mišrios konvekcijos modeliavimas vertikaliame plokštčiaame kanale. *Šilumos energetika ir technologijos-2015: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2015 sausio 29-30 Kaunas. LEI. 2015. ISSN 2335-2485. p. 145-151.

## MOKSLO POPULIARINIMO STRAIPSNIAI

1. **Gaigalis V.** Startavo ES programos „Horizontas 2020“ projektas „Energijos vartojimo efektyvumo daugiapakopio valdymo spartinimas (multEE)“. *Energetika. (Kronika)* ISSN 0235-7208. 2015. T. 61. Nr. 2. p. i-iii.
2. **Gaigalis V., Markevičius A., Savickas J.** Tvarios energetikos strategijos – Lietuvos regionų vystymosi prielaida. *Structum*. ISSN 2335-2108. 2015 vasaris.
3. **Kriauciūnienė J., Gailiušis B.** Klaipėdos uosto plėtra sąsiaurio hidrodinamikos aspektu. *Mokslo ir technika*, ISSN 0134-3165. 2015. Nr. 1/2. p. 18-21.
4. **Markevičius A., Gecevičius G.** Dumblių panaudojimas energetikoje - ateities perspektyva? (I dalis). *Šiluminė technika*. ISSN 1392-4346 Nr. 1. 2015. p. 23-25.
5. **Meilutytė-Lukauskiene D.** Konferencija „Jaunoji energetika 2015“ džiugino savo programa ir gausiu būriu užsienio svečių. *Energetika*. ISSN 0235-7208. 2015. T. 61, Nr. 2. p. iv-vii.
6. **Miškinis V.** Challenges of the Lithuanian power industry in 1990 to 2015. *Lithuanian Business Review*. 2015. p. 72-80.
7. **Striūgas N.** Sėkmingo verslo ir mokslo bendradarbiavimo rezultatas - mažesnė oro tarša azoto oksidais. *Energetika (Kronika)*. ISSN 0235-7208. 2015. T. 61. Nr. 1. p. i-ii.
8. **Šlanciauskas A., Pocius R., Jazdauskas A., Striūgas N., Kaulakys G.** Azoto oksidų (NOx) emisijų į orą sumažinimas iki 100 mg/nm<sup>3</sup> Vilniaus elektrinės KVGM-100 vandens šildymo katile. *Šiluminė technika*. ISSN 1392-4346. 2015. Nr. 1. p. 18-20.
9. **Škėma R., Gaigalis V., Valaitienė J.** ES moksliinių tyrimų ir inovacijų programos „HORIZON 2020“ tarpautinis projektas „Energijos vartojimo efektyvumo daugiapakopio valdymo spartinimas (multEE)“. *Šiluminė technika*. ISSN 1392-4346 Nr. 3. 2015. p. 19-20.
10. **Urbonavičius E.** Fast nuclear emergency tools (FASTINET). *Eurosafe tribune*. November 2015. No. 28. p. 19.
11. **Ušpuras E.** SAM guides for Ignalina: concrete benefits derived from SARNET. *Eurosafe tribune*. November 2015. No. 28. p. 21.

# PAGRINDINIAI 2015 m. ĮVYKIAI



**Sausio 8 d.**  
Dr. Egidijui Babilui įteiktas  
asociacijos LINPRA  
garbės ženklas



**Sausio 26–30 d.**  
Paskaitų ciklas  
*Srautų vizualizacija, taikymas ir procesų matematinis apdorojimas*



**Vasario 10–11 d.** MOSTA ekspertų vizitas



**Vasario 19 d.** Konferencija *Šilumos ūkio plėtra ir saugumas*  
Kaune



**Kovo 3 d.** Tokijo technologijos universiteto ir Hitachi kompanijos atstovų vizitas



**Kovo 20 d.**  
Svečio iš Japonijos Dr. Kiyonobu Yamashita vizitas



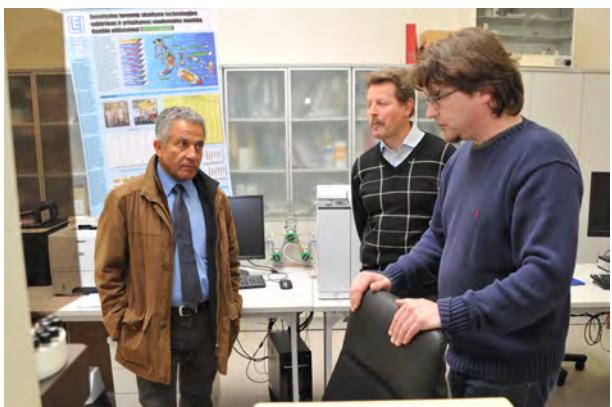
**Balandžio 1 d.** Lietuvos MA akademikų vizitas LEI Atviros prieigos Ateities energetikos technologijų mokslo centre



**Balandžio 15–17 d.** ES 7BP projekto ARCADIA renginys



Balandžio 23 d. Atvirų durų diena LEI



Gegužės 4 d. Dr. Mohamed Eid (French Alternative Energies and Atomic Energy Commission, Prancūzija) vizitas

Gegužės 27–28 d. 12-oji tarptautinė konferencija *Jaunoji energetika 2015*



Gegužės 18–22 d. ENSTTI mokymai *Probabilistic Safety Assessment* (Tikimybinis saugos vertinimas)



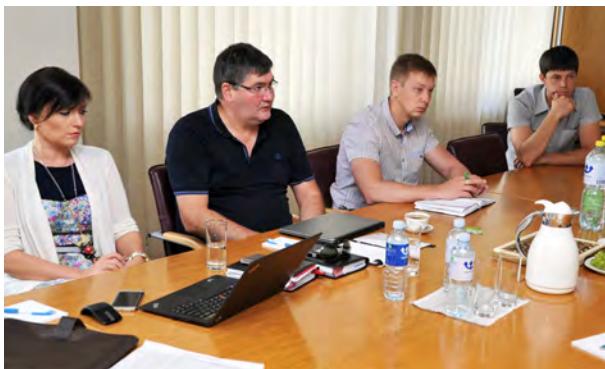
Birželio 17 d. Prof. Henrik Madsen iš Danijos technologijos universiteto vizitas LEI



Gegužės 27 d. Energetikos ministro p. Roko Masiulio vizitas



Birželio 23 d.  
Japonijos ambasados patarėjo p. Shinichi Yamanaka vizitas



Liepos 2 d. VENBIS projekto partnerių susitikimas



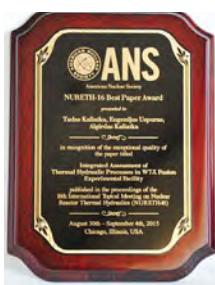
Spalio 2 d. Vokietijos ambasados Lietuvoje atstovo vizitas  
LEI



Rugpjūčio 28 d. LMA tikrojo nario prof. habil. dr. E. Ušpuro jubiliejinė paskaita *Ar branduolinė energetika turi ateiti Europoje?*



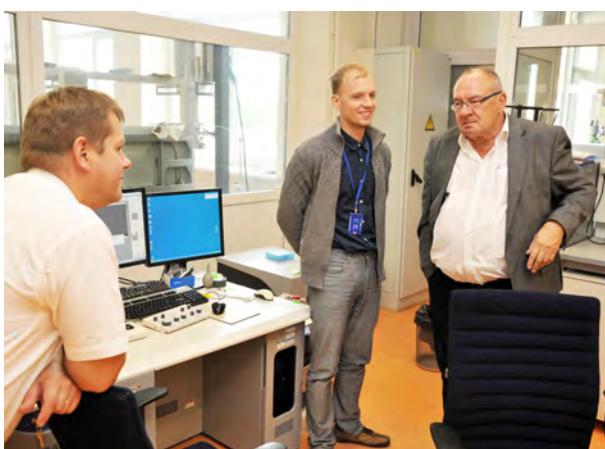
Spalio 5 d. HITACHI kompanijos atstovų vizitas institute



Rugsėjo 7 d. įvertintas T. Kalaitkos,  
E. Ušpuro ir A. Kalaitkatos straipsnis  
*Integrated Assessment of Thermal  
Hydraulic Processes in W7-X  
Fusion Experimental Facility*



Spalio 7 d. LEI darbuotojo dr. Tado Kalaitkos apsilankymas  
pas Tsuruga (Japonija) miesto merą



Rugsėjo 18 d. Prof. Krzysztof Kolowrocki (Gdynia Maritime University) vizitas LEI



Spalio 16 d. Habil. dr. Antano Pedišiaus jubiliejiniai  
(75 m.) skaitymai



**Spalio 21 d.** Azerbaidžano Ekonomikos ir pramonės ministerijos atstovų vizitas LEI



**Spalio 21–22 d.** Projekto BRILLIANT 3-čio darbo paketo partnerių susitikimas



**Lapkričio 3 d.** Pavojingų atliekų tvarkytojų asociacijos atstovų vizitas LEI



**Lapkričio 4 d.** Svečiai iš Lenkijos Branduolinės chemijos ir technologijos instituto



**Lapkričio 11 d.** Asociacijos Santakos slėnis visuotinis narių ir valdybos susirinkimas



**Lapkričio 30 d.–Gruodžio 1–2 d.** Iš valstybės subsidijų finansuotų darbų gynimui akimirkos



**Gruodžio 11 d.**  
Lietuvos energetikos institutas apdovanotas *Lietuvos metų gaminys – 2015* aukso medaliu



**Gruodžio 17 d.** LEI pasirašyta sutartis su UAB Altecha

Breslaujos g. 3  
44403 Kaunas  
Tel. +370 37 351 403  
Faksas: + 370 37 351 271  
<http://www.lei.lt>

