

**2022–2026 M. MOKSLINIŲ TYRIMŲ IR EKSPERIMENTINĖS PLĖTROS PROGRAMA
„PAŽANGIŲ ENERGETIKOS TECHNOLOGIJŲ KŪRIMAS, INTEGRAVIMAS IR
PLĖTRA”**

1. 2022–2026 m. mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros programos „Pažangių energetikos technologijų kūrimas, integravimas ir plėtra“ (toliau – programa) vykdytojas – Lietuvos energetikos institutas (toliau – LEI).

2. Programos tikslas – vykdant jau pradėtus ir inicijuojant naujus skaitinius ir eksperimentinius tyrimus bei naudojant jau įsisavintus ir naujus tyrimo metodus, toliau vystyti pažangias energetikos technologijas, kompleksiskai įvertinti jų patikimumą, saugą ir optimalų integravimą į bendrą energetikos tinklą.

Ši inicijuojama programa, tai tęstiniai LEI moksliniai tyrimai, kurie leidžia generuoti ir kaupti Lietuvos mokslininkų patirtį ir žinias būsimums kartoms, užtikrinant tvarią aplinką ir žiedinę gyvenseną.

Europos Sąjungos Žaliojo kurso susitarimo strateginis tikslas yra pertvarkyti Europos ekonominę sistemą taip, kad ji taptų neutrali klimatui ir būtų pasiekta nulinė tarša. Siekiant įgyvendinti planuojamas klimato apsaugos priemonės, pirmiausiai būtina dekarbonizuoti pramonės ir transporto sektorius, paskatinant verslą kurti tvaresnius produktus. Inovacijos technologiniuose procesuose sudarytų sąlygas prisidėti prie darnaus vystymosi ir klimato kaitos padarinių mažinimo, o taip pat leisti pramonei ir verslams išsaugoti konkurencingumą kintančioje rinkoje. Pažangių ateities energetikos technologijų kūrimas tampa ypač reikšmingas. Inovatyvios technologijos gali būti kuriamos tik dirbant išvien kartu su pažangiaisiais Europos mokslo centrais, jau turinčiais šiuolaikinę infrastruktūrą (pvz., branduolių sintezės įrenginiai), ir dalinantis patirtimi su užsienio partneriais vykdant bendrus Europos Sąjungos (ES) mokslinius tyrimo projektus.

Numatomi moksliniai tyrimai atliepia atnaujintoje Nacionalinėje energetikos strategijoje nurodytas prioritetines energetikos mokslinių tyrimų sritis, jie tęsia ankstesnėje LEI ilgalaikėje Mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros (MTEP) programoje „Ateities energetikos technologijų kūrimas, jų saugos ir patikimumo tyrimai“ vykdytus tyrimus 2017-2021 m., leidžia didinti mokslo institucijų, energetikos bendrovių ir pramonės įmonių sinergiją ir bendradarbiavimą, išnaudojant ES, nacionalinių ir kitų mokslinių tyrimų ir inovacijų programų investicijas. Tyrimų metu bus pasinaudota LEI patirtimi dalyvaujant ES mokslinių tyrimų ir inovacijų ankstesnėse ir šiuo metu vykdomuose „Horizontas 2020“ programose. Taip pat planuojama dalyvauti „Europos horizontas“ programos ir kituose tarptautiniuose projektuose (Tarptautinės atominės energijos agentūros (TATENA), Baltijos šalių programa ir kt.). Gauti rezultatai ir sukaupta patirtis įneš svarų indėlį didinant Lietuvos mokslininkų kompetenciją, kuri, kaip minėta, būtina siekiant inovacijų energetikos srityje. Dalyvavimas branduolių skilimo ir branduolių sintezės, vandenilio bei atsinaujinančios energetikos tyrimuose, įvairių energijos išteklių integravimas išmaniųjų miestų infrastruktūroje galimybių vertinimas, ir aktyvus bendradarbiavimas su pagrindiniais Europos mokslo centrais taip pat suteiks galimybę dalyvauti kuriant pažangiausias technologijas, išlaikyti aukštą pasaulinio lygio mokslinį potencialą Lietuvoje, o pasiekti programos rezultatai ne tik padidins Lietuvos mokslininkų prestižą pasaulyje, tačiau taip pat sudarys galimybes verslui ir pramonei diegti nagrinėtas pažangias energetikos technologijas.

3. Programos uždaviniai

1 uždavinys. Energetikos sistemų integravimo tyrimai išmaniems beatliekiams miestams

Vienas iš ES užsibrėžtų tikslų – pasiekti, kad iki 2050 m. Europos žemynas būtų neutralus klimatui. Vienas iš instrumentų, kuriuo siekiama iškeltų tikslų įgyvendinimo – ES mokslinių tyrimų ir inovacijų programa „Europos horizontas“. Programos 5-jo klasterio „Aplinka, energetika ir judumas“ bei misijų „Poveikiu klimatui neutralūs ir pažangūs miestai“ bei „Prisitaikymas prie klimato kaitos, įskaitant socialines permainas“ siekis yra paspartinti ekologijos ir skaitmenizavimo diegimą ekonomikos, pramonės bei visuomenės transformacijoje link neutralaus klimato. Tai apima energetikos ir mobilumo (judumo) sektoriaus perėjimą prie šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio mažinimo strategijos siekiant maksimaliai įmanomų tikslų, tuo pačiu didinant šių sektorių konkurencingumą, atsparumą ir naudingumą piliečiams ir visuomenei. Tai atitinka ir Lietuvos Respublikos XVIII vyriausybės siekį, kad pirmasis neutralaus poveikio klimatui ir beatliekis Lietuvos miestas atsirastų iki 2030 m.

Europos Komisijos strateginėje vizijoje „Švari planeta visiems“ pabrėžiama, kad perėjimas prie neutralaus klimato – kartu su spartesniu skaitmeninimu ir spartesniais ekonominiais bei visuomenės pokyčiais – per ateinančius dešimtmečius transformuos energetikos ir judumo sektorius, vis labiau juos sujungiant. ES pastatai sunaudoja 40 % generuojamos energijos, todėl šis segmentas yra vienas svarbiausių energetikos transformacijoje

visais aspektais: energijos vartojimo efektyvumas; atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) skverbtis; energetiškai optimalių išmanių tinklų diegimas ir valdymas. Energetikos transformacijoje labai svarbu: ekonomiškai energetiškai imlių pastatų renovacija, ją susiejant su intensyviu atsinaujinančių energijos išteklių naudojimu bei integravimu į išmanius energijos tinklus; pastatų energetinis skaitmenizavimas; energijos vartojimo pastatuose optimizavimas. Šio uždavinio tyrimai bus vykdomi šiose srityse:

- *Atsinaujinančių išteklių energetikos įrenginiai išmaniųjų miestų infrastruktūroje su energijos saugojimo technologijomis*

Atsinaujinančių išteklių energetikos įrenginių diegimas išmaniųjų miestų fragmentuose, panaudojant energijos saugojimo technologijas: dvipusę apskaitą, baterijas (Li, NiMH ir t.t.), vandenilio technologijų integravimą į nacionalinius energijos makro-ir lokalius mikro-tinklus. Darbo metu būtų įvertinama technologinių sprendimų ekonominiai (IRR, NVP, atsipirkimo laikas, pridėtinė saugojimo sistemų, saulės ir/ar vėjo jėgainės panaudojimo vertė), technologiniai (elektros energijos generavimas panaudojant saulės jėgaines, energija patiekta į tinklą, importuota iš tinklo, elektros energijos praradimai, saugojimo sistemų panaudojimas, LCOE, LCOS, nepriklausomumo nuo tinklo %) ir aplinkosauginiai (CO₂ emisijų sumažėjimas) parametrai.

- *Miesto namų kvartalo kompleksinių sprendimų tyrimas integruojant atsinaujinančių energijos išteklių technologijas*

Siekiant padidinti techninių sprendimų efektyvumą ir galimas naudas, miesto namų kvartalo savininkai gali diegti atsinaujinančių energijos išteklių ir „tradicines“ technologijas, kiekvienas atskirai arba kurti energijos bendruomenes ir dalį sprendimų diegti kartu, tampant naujo turto bendrasavininkais. Darbo metu būtų kuriama metodika, skirta parinkti technologijas ir jų proceso parametrus, kuri leistų spręsti optimizavimo uždavinį(-ius) kaip užtikrinti privačių namų kvartalo energijos poreikius minimaliomis sąnaudomis. Taip pat būtų vertinama techninių sprendimų nauda visuomenei ir aplinkai. Tyrimo metu bus sukurtas daugiakriterinio optimizavimo uždavinio sprendimo algoritmas(-ai) (optimizavimas vykdomas savininkų ir visuomenės atžvilgiu), bei neapibrėžtumų, investicijų atsipirkimo jautrumo analizės ir rizikų vertinimo metodikos. Darbo metu bus sudaroma ir analizuojama energetikos technologijų diegimo skatinimo metodika, kuri leistų iš dalies arba pilnai kompensuoti „visuomenės dedamąją“ (bet ne savininko), taip atpiginant investicijos diegimo kaštus bei gerinant investicijų atsiperkamumo laiką.

- *Miesto kvartalo/savivaldybės tvaraus aprūpinimo energija galimybių vertinimas: dabartinės situacijos vertinimas; plėtros alternatyvų vertinimas; naujų technologijų integravimo į dabartinės sąlygas vertinimas*

Pasirenkant miesto gyvenamųjų namų ir visuomeninių pastatų kvartalą išnagrinėti energijos vartojimo, tiekimo bei gamybos galimybes diegiant naujas energijos gamybos, tiekimo, saugojimo technologijas, atsižvelgiant į gyventojų požiūrį į pokyčius ir naujų technologijų ir sprendimų priimtinumą. Sprendžiant iškeltą uždavinį atsižvelgti į sistemų integralumą ir naujų technologijų bei sprendimų diegimą. Įvertinti aprūpinimo energija patikimumo aspektus įvairiais plėtros alternatyvų scenarijais.

- *Centralizuotų šilumos ir galimų vėsumos tiekimo sistemų plėtros, modernizavimo ir optimizavimo vertinimas.*

Siekiant spartinti pastatų renovaciją, energijos vartojimo sistemų efektyvinimas ir naujų pastatų statyba ženkliai keičia šilumos suvartojimo dinamiką. Reikia iš esmės atnaujinti miestų bei gyvenviečių šilumos tiekimo sistemos projektinius sprendinius. Lietuvos Respublikos Vyriausybės (LRV) suformuota ir teikiama plačios apimties finansinė parama biokuro deginimo plėtrai ir šilumos tiekimo tinklų atnaujinimui pagal šilumos tiekimo įmonių paraiškas. Pramonės, viešojo sektoriaus bei paslaugų sektoriaus pastatuose galimas surinkti ir panaudoti atliekinės energijos potencialo racionalus panaudojimas reikalauja detalaus vertinimo bei rekomendacijų paruošimo. Integralumas su kitais tinklais, pavyzdžiui, elektros tinkle susidarysiančios perteklinės elektros energijos iš AEI balansavimas (šilumos siurbliai ar tiesioginiai elektros šildytuvai), sąlygoja plačios apimties nešališko vertinimo poreikį. Ši sritis taip pat susijusi su prieš tai aprašytu „Miesto kvartalo/savivaldybės tvaraus aprūpinimo energija galimybių vertinimu“, tarp jų ir miesto kvartalo/savivaldybės aprūpinimo energija patikimumo vertinimu, atsižvelgiant taip pat ir į centralizuotų šilumos ir galimų vėsumos tiekimo sistemų plėtrą, modernizavimą ir optimizavimą.

2 uždavinys. Branduolių sintezės principu veikiančiuose įrenginiuose vykstančių procesų tyrimai ir saugos vertinimas

Europos Sąjunga įgyvendina ambicingą branduolių sintezės (angl. nuclear fusion) tyrimų programą, kurios pagrindinis tikslas – 2025 metais pradėti eksperimentinių tyrimų reaktoriaus ITER eksploataciją. Pagal Europos mokslininkų parengtą ir Europos Komisijos (EK) patvirtintą kelrodį po ITER seks branduolių sintezės principu veikiančios elektrinės DEMO (DEMONstration power plant) įgyvendinimas. ITER tikslas parodyti, kad techniškai įmanoma iš tokio tipo įrenginių atgauti daugiau energijos, nei yra suvartojama branduolių sintezės reakcijai išlaikyti, tuo tarpu DEMO tikslas – parodyti, kad toks energijos gamybos būdas ne tik techniškai įmanomas, bet ir ekonomiškai apsimokantis.

Branduolių sintezės reaktorius yra visiškai naujos technologijos įrenginys, kurį kuriant iškyla aibė tiek fundamentinių, tiek technologinių klausimų ir iššūkių. „Horizontas 2020“ programoje buvo vykdomas

EUROfusion projektas, kuris padėjo pagrindus DEMO elektrinės įgyvendinimui. EK šio projekto komandą pakvietė teikti paraišką naujoje „Europos horizontas“ programoje. Paraiška buvo parengta ir teigiamai įvertinta EK ekspertų, projektas jau pradėtas įgyvendinti 2021 metais. Pagrindinis naujo projekto tikslas – iki 2027 metų parengti DEMO reaktoriaus koncepcinį projektą. Šiam tikslui pasiekti būtina suprasti ir iširti vykstančius fizikinius, cheminius ir kitus reiškinius, sukurti naujas ir saugias technologijas.

Šio ilgalaikės programos uždavinio tikslas – dalyvauti branduolių sintezės technologijų kūrime užtikrinant, kad DEMO reaktoriaus koncepcinis projektas bus kuriamas įvertinant visus branduolių sintezės įrenginiams keliamus saugos reikalavimus ir atliekant reikiamus mokslinius tyrimus, siekiant parodyti šio įrenginio priimtumą saugos požiūriu.

Pagrindinius šio uždavinio darbus galima suskirstyti į tris grupes: 1) ITER ir DEMO reaktorių sistemų analizė, 2) deterministinė saugos analizė, ir 3) tikimybinė saugos analizė. Įgyvendinant pirmąją užduoties dalį bus surinkta informacija apie planuojamas DEMO elektrinės sistemas, jų tarpusavio ryšius ir patikimumą. Rezultate bus identifikuoti galimi avariniais scenarijai, kurie toliau bus analizuojami deterministiniais metodais. Įgyvendinant antrąją dalį, naudojant deterministinės analizės metodus bus parengti skaitiniai modeliai ir kartu su EUROfusion projekto partneriais atlikti pasirinktų avarinių scenarijų tyrimai, siekiant įvertinti planuojamų technologinių sprendimų saugą ir pasiūlyti galimus saugą pagerinančius sprendimus. Trečiosios užduoties dalies tikslas – tikimybiniais metodais įvertinti ne tik įrangos ir sistemų patikimumą, bet ir įvairių vidinių ir išorinių įvykių įtaką saugiai DEMO eksploatacijai.

Konkretūs darbų planai kiekvienais metais bus derinami su EUROfusion projekto partneriais.

3 uždavinys. Jonizuojančios spinduliuotės ir neutronų sklaidos procesų tyrimai greitųjų neutronų šaltiniuose ir jų komponentuose

Branduolių sintezės įrenginiuose degant DT (Deuteris –Ttritis) plazmai didžioji išsiskyrusios energijos dalis tenka aukštos energijos neutronams, kurie ją perneša į radiaciniu požiūriu jautrius komponentus, todėl detalus neutronų pernašos tyrimas yra priskiriamas prie svarbiausių uždavinių, projektuojant ir eksploatuojant tokius įrenginius. Šioms problemoms spręsti projektuojamas 14 MeV energijos neutronų šaltinis DONES (DEMO Oriented Neutron Source), kurio pagrindinis tikslas – tirti 14 MeV neutronų įtaką konstrukcinėms branduolių sintezės reaktorių JET (Joint European Torus) ir DEMO medžiagoms. Sudėtingiems neutronų sklaidos procesams greitintuve ir jo komponentuose modeliuoti pasitelkiamas Monte Carlo principu veikiantis programų paketas. Jis yra skirtas modeliuoti branduolinius procesus ir turi galimybę modeliuoti dalelių sąveikas, įskaitant ir neutronus. Tyrimo metu be neutronų srautų vertinimo bus nagrinėjami radiacinės saugos, dozimetrijos, biologinės apsaugos nuo spinduliuotės aspektai. Sprendžiant šiuos uždavinius bus panaudoti aktyvacijos programų paketai (FISPACT) su naujausiomis dozimetrinėmis duomenų bazėmis, bus atlikti neutronų, sukkelto aktyvumo, dalijimosi šilumos (angl. decay heat) ir dozės galios skaičiavimai konstrukcijų medžiagose, kurios naudojamos branduolių sintezės įrenginiuose ir pačiame DONES greitintuve. Šių tyrimų rezultatai bus panaudoti kuriant naujas branduolių sintezės technologijas ir greitintuvų komponentus.

4 uždavinys. Branduolių skilimo principu veikiančiuose įrenginiuose vykstančių procesų tyrimai ir saugos vertinimas

Branduolinių reaktorių sauga, sunkiųjų avarių prevencijos ir valdymo metodai, panaudoto branduolinio kuro ir kitų radioaktyviųjų medžiagų saugos saugojimas – tai temos, kurios išlieka aktualios visame pasaulyje. Šiems klausimams nagrinėti skirta ES mokslinių tyrimų ir inovacijų programa EURATOM, kurios atskirose paprogramėse, kartu su kitais Europos mokslo centrais, dalyvauja ir LEI mokslininkai. „Horizontas 2020“ programoje LEI vykdo šiuos projektus: Sunkiųjų avarių neapibrėžtys ir jų valdymas (MUSA), Radiologinių pasekmių sumažinimas projektinėms avarijoms ir išplėstinėms projektinėms sąlygomis (R2CA), Mažų moduliinių reaktorių licencijavimas Europoje (ELSMOR). Taip pat vykdomi ir TATENA koordinuojami tyrimų projektai. Dalyvaujant visų šių projektų veikloje bei rengiant paraiškas naujiems EURATOM programos projektams, kyla papildomų klausimų, kurie neapimami minėtų projektų veikla, tad juos planuojama spręsti šiame Ilgalaikės programos uždavinyje.

Kita, ypatingai Lietuvai, aktuali tema yra saugos užtikrinimas branduolinio objekto eksploatavimo nutraukimo stadijoje, bei panaudoto branduolinio kuro ir radioaktyviųjų medžiagų saugos sutvarkymas. Šiuo metu LEI kartu su Rygos technikos universitetu, Tartu universitetu ir Arkties institutu iš Norvegijos dalyvauja Baltijos mokslinių tyrimų programoje ir įgyvendina mokslinį projektą „Betono projektavimo naujovės, susijusios su pavojingų atliekų tvarkymu“. Vykdam šį mokslinį projektą planuojama sukurti naujas kompozicines medžiagas, naudotinas radioaktyviųjų atliekų tvarkymo procese. Su saugos įvertinimu eksploatavimo nutraukimo metu ir radioaktyviųjų medžiagų tvarkymu susiję portlandcemenčio bei kompozicinių rišančiųjų medžiagų savybių moksliniai tyrimai, tiesiogiai neatspindėti minėtoje Baltijos mokslinių tyrimų programoje, bus nagrinėjami šiame uždavinyje.

5 uždavinys. Turbulencijos, daugiafazių srautų ir jų dinamikos tyrimai

Daugiafazių srautai (įskaitant ir dvifazius, ir sudarytus iš daugiau nei vienos medžiagos, ir iš skirtingų tos pačios medžiagos fazių) yra kasdien sutinkami gamtos reiškiniuose, be to jie yra plačiai taikomi praktikoje. Daugiafazių

srautų reakcijos, virsmai bei sąveikos yra pagrindiniai įvairių technologijų procesai, ir tai ypač pasakytina apie inovatyvias, kuriamas technologijas.

Vidaus degimo varikliuose katiluose ir kituose degimo įrenginiuose susidarančiuose daugiafaziuose srautuose vyksta oksidacijos bei gretutinės cheminės reakcijos, ir kiti susiję termohidrodinaminiai reiškiniai, nuo kurių tarpusavio sąveikos priklauso įrenginių efektyvumas ir teršalų emisijos. Įvairių maisto ar chemijos produktų gamybos, atliekų apdorojimo, bioreaktorių ir kitų įrenginių efektyvumas tiesiogiai priklauso nuo jų daugiafazių terpių (emulsijų, suspensijų, koloidinių tirpalų ar putų) maišymu sukeliama sudėtingo tekėjimo dinamikos, nulemiančio vykstančių tarpfazių reakcijų greičius. Šiluminiuose įrenginiuose energijos pernešimui ir perdavimui naudojamų srautų faziniai virsmai komplikuoja šių procesų aprašymą. Paviršinių reiškinų plonuose sluoksniuose, tarpfazinės sąveikos su grįžtamaisiais ryšiais ir turbulencijos susižadinimo sukeliama tekėjimo režimų kaitos dinamika ypač sudėtinga ir tik dalinai prognozuojama.

Tačiau daugiafaziai srautai gali būti ne tik naudingi, bet ir kelti grėsmę (hidrauliniai smūgiai, sproginiai). Plėtojant žaliąją energetiką, vandenilis vis plačiau imamas naudoti kuras, kurio nutekėjimas ir mišinio su oru suformavimas uždareme tūryje kelia sproginio riziką. Tai yra svarbi tyrimų kryptis, nes liepsnos sklidimas tokiuose mišiniuose, ypač srautui sąveikaujant su kliūtimis, yra dar neišspręsta problema.

Į praktinį panaudojimą orientuoti taikomieji tyrimai dažniausiai yra siauri ir jų rezultatai nesudaro galimybes perprasti daugiafazių srautų dinamikos reiškinį bei jų sąveiką. Daugelis daugiafazių srautų teorijų nėra visiškai išnagrinėtos dėl procesų sudėtingumo ir jų sąveikų derinių įvairovės. Pavyzdžiui, degimo mokslas vis dar negali prognozuoti liepsnos sklidimo greičio iš anksto išmaišytų mišinių srautuose, jei jų tekėjimo struktūra yra bent kiek sudėtingesnė. Net ir dvifazių skystis-dujos srautų dinamika dar nėra galutinai išnagrinėta, ypač jei vyksta faziniai virsmai.

Mėginimus prognozuoti daugiafazių srautų dinamiką labiausiai apsunkina juose pasireiškianti turbulencija. Nuo susidarančių sūkurių ir koherentinių struktūrų dinamikos labai priklauso tekėjimo ypatybės ir šilumos, masės bei judesio kiekio pernešimas ir perdavimas. Daugiafaziuose srautuose turbulencija abipusiai tiesiogiai arba netiesiogiai sąveikauja su visais procesais ir gali keisti jų režimus į kardinaliai skirtingus nuo laminarinių, pavyzdžiui, laminarinės ir turbulentinės liepsnos sklidimo greičiai gali skirtis iki 1000 kartų. Turbulencijos svarba ir žinių stygius daro ją viena iš didžiųjų vis dar neišspręstų fizinių mokslų problemų.

Daugiafazių srautų dinamikos ir juose vykstančių nestacionarių procesų – turbulencijos, savybių kitimo, šilumos išsiskyrimo, perdavimo ir pernešimo, fazinių virsmų, reakcijų bei kitų – tarpusavio ryšių ir sąveikų sudėtingumas reikalauja tiek skaitinių, tiek ir eksperimentinių tyrimų. Gilesnis jų supratimas ir šių žinių taikymas sudarys prielaidas energetinių įrenginių technologinei pažangai. Darbo rezultatai įgalins geriau spręsti ne tik pramonės ir energetiniams įrenginiams aktualius uždavinius, bet suteiks ir naujų fundamentinių žinių apie turbulenciją, sudėtingus daugiafazius srautus ir juose vykstančius procesus.

4. Metodologinis tyrimų pagrindimas

1 uždavinys. Energetikos sistemų integravimo tyrimai išmaniems beatliekiams miestams

Metodų, skirtų išmanių beatliekių miestų/savivaldybių vertinimui, apžvalgą ir analizę numatoma atlikti naudojant prieinamų/prenumeruojamų mokslinių duomenų bazių, atviros prieigos literatūrą (mokslinę literatūrą, ataskaitas, ir kt.). Programos vykdymo metu, planuojama aktyviai bendradarbiauti su partneriais Lietuvoje ir užsienyje, siekiant pasidalinti sukauptomis žiniomis ir patirtimi, dalyvauti tarptautiniuose projektuose.

Optimizavimo, neapibrėžtumų, jautrumo bei rizikų vertinimo metodų/algoritmų sudarymui/kūrimui planuojama naudoti turimas programines priemones, programų paketus. Statistiniams ir tikimybiniais infrastruktūros komponentų tyrimams bus naudojama GeNIe, R programinė įranga. Atskirais atvejais, esant poreikiui, gali būti naudojama *Python* programavimo kalba (pvz., realizuoti optimizavimo, prognozės algoritmus). Kompleksinių sistemų modeliavimui (saulė ir/ar vėjas + energijos saugojimas (baterijos ir/ar vandenilio technologijos) bus naudojamas ir toliau tobulinamas H2020 projekte iDistributedPV sukurtas programų paketas – PSSTool_NetMetering (<http://www.idistributedpv.eu/prosumer-tool/>). Planuojamai energetikos technologijų diegimo/įrengimo skatinimo metodikai atvaizduoti numatoma naudoti *Bizagi* programų paketą (verslo procesų aprašymams).

Uždavinys yra iš esmės yra naujai pradėta vystyti savarankiška tyrimų sritis (kaip ir naujai identifikuota misija). Tokie tyrimai Lietuvoje iki šiol nebuvo vykdyti.

2 uždavinys. Branduolių sintezės principu veikiančiuose įrenginiuose vykstančių procesų tyrimai ir saugos vertinimas

Tyrimams atlikti LEI turi patirties, įgytos įgyvendinant ankstesnę ilgalaikių tyrimų programą ir „Horizontas 2020“ programos projektą EUROfusion, bei reikiamą programinę įrangą. Deterministinei saugos analizei atlikti turimi šiuolaikiniai kompiuteriniai programų paketai ASTEC, COCOSYS, RELAP/SCDAPSIM. Atliekant tyrimus šios programos apimtyje bus bendradarbiaujama ir su programų kūrėjais, teikiant jiems rekomendacijas dėl tolimesnio šių programų paketų tobulinimo, ir, priklausomai nuo gautų rezultatų, įtraukiant naujas koreliacijas ar tikslinant priimtas koeficientų reikšmes. Gautų rezultatų neapibrėžtims įvertinti bus naudojami statistiniai

metodai ir Vokietijoje sukurta kompiuterinė įranga SUSA arba ASTEC programų pakete integruotas specializuotas modulis SUNSET. Pagal poreikį bus pasitelkti ir LEI turimi įrankiai tikimybinei analizei atlikti. Sistemų analizei atlikti specializuotos įrangos nereikia.

3 uždavinys. Jonizuojančios spinduliuotės ir neutronų sklaidos procesų tyrimai greitųjų neutronų šaltiniuose ir jų komponentuose

Siekiant nustatyti skirtingose komponentuose susidariusios skilimo šilumos įtaką suminei vertei ir identifikuoti svarbiausius radionuklidus, neutronų pernašos skaičiavimams bus panaudotas MCNP6 kodas su FENDL-3.2 duomenų biblioteka. McDelicious paprogramė leis modeliuoti deuterio-ličio sąveiką DONES greitintuve. Konstrukcinių JET ir DEMO reaktorių medžiagų aktyvacijos skaičiavimai bus atliekami naudojant FISPACT-II kodą su TENDL-2017 duomenų biblioteka. Po apšvitos neutronais pabaigos skilimo šiluma, aktyvumas ir dozių galia bus nustatoma intervalais nuo neutronų pluoštelio išjungimo iki 100 metų aušimo. Galutinė analizė leis nustatyti dominuojančius radioizotopus, kurie prie bendros aktyvumo ar dozės vertės prisidės bent 1% ar didesnėmis vertės dalimis.

4 uždavinys. Branduolių skilimo principu veikiančiuose įrenginiuose vykstančių procesų tyrimai ir saugos vertinimas

Tyrimai bus atliekami naudojant deterministinius skaitinio modeliavimo metodus. Procesai branduolinių reaktorių aušinimo sistemose bus modeliuojami panaudojant sisteminius termohidraulinius programų paketus RELAP5, ATHLET ir sunkiųjų avarių analizei skirtus programų paketus RELAP/SCDAPSIM, ASTEC ir ATHLET-CD. Fluidų natūralios konvekcijos ir šilumos pernešimo procesai panaudoto branduolinio kuro baseinuose, branduolinių įrenginių patalpose (ar eksperimentiniuose stenduose) bus modeliuojami skaičiuojamosios fluidų dinamikos paketais (ANSYS-Fluent). Pasyvių šilumos paėmimo sistemų taikymo branduoliniams reaktoriams aušinti galimybių tyrimai bus atliekami naudojant RELAP5 ir ATHLET programų paketus. Procesams apsauginiuose kiautuose modeliuoti bus naudojami programų paketai COCOSYS ir ASTEC. Neapibrėžčių ir jautrumo analizė bus atlikta panaudojant SUSA programų paketą.

Konstrukcijų struktūrinė bei branduolinių jėgainių vamzdynų patikimumo analizė bus atliekama naudojant LEI turimą programinę įrangą: baigtinių elementų kompiuterines programas ABAQUS (ABAQUS/CFD, ABAQUS/Standard, ABAQUS/Explicit), Cast3m, NEPTUNE ir PepS, trimačio projektavimo programą SolidWorks, irimo mechanikos kompiuterinę programą SACC, tikimybinės analizės kompiuterines programas AutoPIFRAP, ProFES, ištekėjimo pro kiaurus plyšius analizei bus naudojama kompiuterinė programa SQUIRT.

Neutronų kinetikos modeliavimas (neutronų daugėjimo koeficiento nustatymas, siekiant įvertinti kritiškumo susidarymo panaudoto branduolinio kuro baseine galimybę) bus atliekamas naudojant SCALE 6.1 programinį paketą. Sprendžiant radioaktyviųjų medžiagų saugojimo problemas, naudojant SCALE/MAVRIC programų paketą bus modeliuojama radioaktyviųjų medžiagų apšvitinimo galia ir apsauginių kompozitinių medžiagų ekranavimo galimybė. Taip pat numatyta ir kompozicinių medžiagų cheminės ir mineraloginės sudėties analizė, mechaninių savybių tyrimai, savitojo paviršiaus ploto, porų dydžio, tūrio bei jų pasiskirstymo nustatymas. Medžiagos bus tiriamos rentgeno spinduliuotės difrakcinės analizės (XRD), optinės, skenuojančios elektroninės mikroskopijos ir mikroanalizės (SEM/EDX) bei N₂ adsorbcijos-desorbcijos metodais.

5 uždavinys. Turbulencijos, daugiafazių srautų ir jų dinamikos tyrimai

Skaitiniai tyrimai bus atliekami pasitelkiant skaičiuojamąją fluidų dinamiką ir atvirojo kodo OpenFOAM biblioteką. Bus naudojamos tiek ir uždaviniams tinkančios standartinės OpenFOAM sprendyklės, tiek ir uždavinio vykdytojų sukurta flameFoam. Ši turbulentinio degimo sprendyklė bus ir toliau plėtojama pagal tyrimų poreikius. Priklausomai nuo tyrimų eigos ir standartinių OpenFOAM sprendyklių galimybių, fazinių virsmų procesams modeliuoti galimai reikės sukurti naują(s) sprendyklę(s). Palyginamieji skaičiavimai gali būti atliekami ir su komerciniais ANSYS skaičiuojamosios fluidų dinamikos programų paketais.

Skaitinių modelių validacijai bus naudojami eksperimentiniai duomenys iš atviros literatūros bei iš tarptautinių projektų partnerių. Esant poreikiui ir galimybės, atskiri eksperimentai gali būti atlikti ir šios užduoties vykdytojų, naudojant LEI eksperimentinę įrangą.

5. Tyrimų etapai ir jų charakteristika; detalus įgyvendinimo planas, kuriame numatomas skirtų lėšų preliminarus paskirstymas uždaviniams vykdyti

Kai kurių atskirų uždavinių tyrimų etapai yra tęstiniai ir tarpusavyje susiję grįžtamaisiais ryšiais, dėl to yra planuojami visam užduoties laikotarpiui.

1 uždavinys. Energetikos sistemų integravimo tyrimai išmaniems beatliekiams miestams

- 1) Šiuolaikinių metodų, skirtų išmanių beatliekių miestų/savivaldybių vertinimui, apžvalga ir analizė, identifikuojant jų privalumus, trūkumus bei taikymo ribas (2022 m. sausis – 2024 m. birželis).
- 2) Naujų metodų/algoritmų, skirtų spręsti beatliekių miestų/savivaldybių uždavinius, sukūrimas/sudarymas (2022 m. sausis – 2025 m. gruodis):

- optimalus energetikos/atsinaujinančių energijos išteklių technologijų parinkimas siekiant realizuoti atsinaujinančių energijos išteklių pagamintos elektros panaudojimą ne tik tolygiai paros metu, bet ir perkeliant iš vasaros į žiemos laikotarpius;
- naujų energetikos sistemų sprendinių diegimo galimybių ir integralumo vertinimas, poveikis socialinei raidai;
- aprūpinimo energija patikimumo vertinimas;
- investicijų reikalingų techniniams sprendimams įgyvendinti, neapibrėžtumų ir jautrumo analizės/vertinimai;
- rizikų, susijusių su investicijomis ir techninių sprendinių įgyvendinimu/įdiegimu vertinimas.

3) Energetikos/atsinaujinančių energijos išteklių technologijų diegimo/įrengimo skatinimo metodikų ir rekomendacijų parengimas (2022 m. sausis – 2026 m. gruodis).

Šio uždavinio darbus vykdys: vyriausieji mokslo darbuotojai – 2,75 et.; vyresnieji mokslo darbuotojai – 8,45 et.; mokslo darbuotojai – 3,5 et.; jaunesnieji mokslo darbuotojai – 5,5 et.; techninis personalas – 1,7 et. Nurodyti darbuotojai programos vykdymui skirs 50% įvardintų etatų.

2 uždavinys. Branduolių sintezės principu veikiančiuose įrenginiuose vykstančių procesų tyrimai ir saugos vertinimas

Visos užduotys bus įgyvendinamos bendradarbiaujant su kitais EUROfusion projekto partneriais. Konkretūs darbų planai kiekvienais metais bus derinami su EUROfusion projekto partneriais:

- 1) ITER ir DEMO reaktorių sistemų analizė (2022 m. sausis – 2026 m. gruodis). Bus išnagrinėti siūlomi ITER ir DEMO reaktorių projektiniai sprendimai ir pagal tai įvertinti galimi avariniai scenarijai, kurie vėliau bus nagrinėjami taikant deterministinius metodus.
- 2) Deterministinė saugos analizė (2022 m. sausis – 2026 m. gruodis). Taikant inžinerinius ir skaitinius tyrimo metodus bus vertinama kuriuose DEMO reaktoriaus komponentuose kaupiasi radioaktyviosios medžiagos, kaip šios medžiagos yra pernešamos vamzdynais, o trūkus vamzdynui kiek jų yra sulaikoma patalpose, ir kokia dalis gali pateikti į aplinką.
- 3) Tikimybinė saugos analizė (2022 m. sausis – 2026 m. gruodis). Bus parengta vidinių ir išorinių įvykių vertinimo metodika, įvertinti galimi įrangos gedimų dažniai ir pasiūlyti sprendimai šiems dažniams sumažinti.

Šio uždavinio darbus vykdys: vyriausieji mokslo darbuotojai – 2,5 et.; vyresnieji mokslo darbuotojai – 2,2 et.; jaunesnieji mokslo darbuotojai – 0,75 et.; techninis personalas – 0,5 et. Nurodyti darbuotojai programos vykdymui skirs 50% įvardintų etatų.

3 uždavinys. Jonizuojančios spinduliuotės ir neutronų sklaidos procesų tyrimai greitųjų neutronų šaltiniuose ir jų komponentuose

- 1) Naujausių eksperimentinių rezultatų analizė siekiant identifikuoti neutronų šaltinių greitintuve DONES, vykstančius branduolinius procesus ypatumus skaitiniam modeliavimui atlikti (2022 m. sausis – gruodis)
- 2) Atnaujintų programų paketų procesams aprašyti ir duomenų bazių vertinimas numatomiems darbams (2022 m. sausis – gruodis)
- 3) Skaitinio tyrimo metodikos atnaujinimas ir testavimas (2023 m. sausis – gruodis)
- 4) Neutronų pernašos skaičiavimai ypatingai svarbiuose neutronų šaltinio greitintuvo DONES komponentuose (2024 m. sausis – gruodis)
- 5) Neutronų srauto įtakos komponentams, atliekant aktyvumo, dalijimosi šilumos ir dozių galios skaičiavimus, tyrimas (2025 m. sausis – gruodis)
- 6) Dėsningumų, dalijimosi produktų ir jų evoliucijos konstrukcinėse komponentų medžiagose tyrimas (2026 m. sausis – gruodis)

Šio uždavinio darbus vykdys: vyriausieji mokslo darbuotojai – 0,5 et.; vyresnieji mokslo darbuotojai – 0,7 et.; jaunesnieji mokslo darbuotojai – 0,25 et. Nurodyti darbuotojai programos vykdymui skirs 50% įvardintų etatų.

4 uždavinys. Branduolių skilimo principu veikiančiuose įrenginiuose vykstančių procesų tyrimai ir saugos vertinimas.

Šie tyrimai bus atliekami mokslininkų grupėms dirbant penkiose lygiagrečiose srityse: (1) sunkiųjų avarių tyrimai, (2) pasyviųjų šilumos pernešimo sistemų taikymo galimybių tyrimas, (3) projektinių avarių radiologinių pasekmių analizės neapibrėžčių mažinimas, (4) saugos įvertinimas branduolinių įrenginių eksploatavimo nutraukimo stadijoje ir (5) tyrimai, skirti pavojingų medžiagų saugiam sutvarkymui. Numatomi tyrimų etapai:

- 1) Sunkiųjų avarių branduoliniuose reaktoriuose ir panaudoto kuro saugojimo baseinuose analizė
 - Pažeistos (išsilydžiusios) aktyviosios zonos aušinimas, nuvedant šilumą per reaktoriaus korpusą ir išsaugojant reaktoriaus korpusą nepažeistą. Šilumos mainų per reaktoriaus korpusą modeliavimas PWR (Pressurized Water Reactor) ir VVER (Water-Water Energetic Reactor) reaktorių atvejams (2022 m sausis – 2024 m rugsėjis)

- Neapibrėžčių, modeliuojant sunkiąsias avarijas reaktoriuje imituojančio eksperimento analizė (2022 m. sausis – 2025 m. gruodis)
 - Neapibrėžčių, modeliuojant sunkiąsias avarijas verdančio vandens reaktoriuje ir panaudoto branduolinio kuro baseine analizė (2022 m. sausis – 2026 m. gruodis)
 - Neapibrėžčių, modeliuojant sunkiąsias avarijas verdančio vandens reaktoriaus panaudoto branduolinio kuro baseine analizė (2022 m. sausis – 2026 m. gruodis)
- 2) Pasyvių šilumos pernešimo sistemų taikymo branduoliniuose įrenginiuose galimybių tyrimas:
- Fluido natūralios konvekcijos ir terminės stratifikacijos skysčių talpose modeliavimas (2022 m. sausis – 2022 m. gruodis)
 - Šilumos mainų panaudoto branduolinio kuro baseinuose modeliavimas (2023 m. sausis – 2023 m. gruodis)
 - Pasyvių šilumos paėmimo sistemų taikymo reaktorių aktyviosios zonos aušinimui tyrimas (2023 m. sausis – 2024 m. gruodis)
 - Pasyvių šilumos paėmimo sistemų taikymo reaktorių apsauginio kiauto aušinimui tyrimas (2024 m. sausis – 2025 m. gruodis)
- 3) Projektinių avarių radiologinių pasekmių analizės neapibrėžčių mažinimas:
- Projektinių avarių ir išplėstinių projektinių sąlygų verdančio vandens reaktoriuje, įvertinant radiologines pasekmes, analizė (2022 m. sausis – 2023 m. gruodis)
 - Avarių radiologinių pasekmių analizės neapibrėžčių verdančio vandens reaktoriuje, įvertinant radiologines pasekmes, mažinimas (2024 m. sausis – 2026 m. gruodis)
- 4) Saugos įvertinimo metodikos pritaikymas branduolinių įrenginių eksploatavimo nutraukimo stadijoje:
- Saugos įvertinimo metodikos pritaikymas branduolinių įrenginių eksploatavimo nutraukimo stadijoje (2022 m. sausis – 2022 m. gruodis)
 - Kritiškumo susidarymo panaudoto branduolinio kuro saugojimo metu analizė remiantis tyrimais Ignalinos Atominėje Elektrinėje (AE) (2023 m. sausis – 2023 m. gruodis)
 - Galimų vidinių ir išorinių įvykių rizikų tikimybių ir pasekmių vertinimas branduolinių įrenginių eksploatacijos nutraukimo metu ir radioaktyviųjų atliekų tvarkymo ir saugojimo metu (2024 m. sausis – 2026 m. gruodis)
- 5) Pavojingų medžiagų saugiam sutvarkymui skirti tyrimai:
- Pramonėje ir viešajame sektoriuje susidarančių šalutinių produktų bei aktyvių pucolaninių priedų panaudojimas, gerinant rišančiosios medžiagos matricos mikrostruktūrą bei sunkiųjų metalų ir radionuklidų imobilizavimą. Fizikiniai, cheminiai bei mechaniniai kompozicijų tyrimai bei analizė ir palyginimas su kitų tyrėjų rezultatais (2022 m. sausis – 2024 m. gruodis)
 - Portlandcementinių kompozicinių medžiagų mechaninių savybių gerinimas, įvedant mikro/makroplaušus. Plaušo suderinamumo su rišančiąja medžiaga tyrimai hidratacijos procesų eigoje. Plaušų destrukcijos ypatumų tyrimai. Fizikiniai, cheminiai bei mechaniniai kompozicijų tyrimai bei analizė ir palyginimas su kitų tyrėjų rezultatais (2024 m. sausis – 2026 m. gruodis)
 - Kompozicinių medžiagų mechaninių ir radioaktyvumo ekranavimo savybių modeliavimas. Neutronų / gama spindulių prasiskverbimo per medžiagą imitavimas SCALE, MAVRIC programų paketais (2023 m. sausis – 2025 m. gruodis)

Šio uždavinio darbus vykdys: vyriausieji mokslo darbuotojai – 1,5 et.; vyresnieji mokslo darbuotojai – 7,7 et.; jaunesnieji mokslo darbuotojai – 3,0 et.; techninis personalas – 1,0 et. Nurodyti darbuotojai programos vykdymui skirs 50% įvardintų etatų.

5 uždavinys. Turbulencijos, daugiafazių srautų ir jų dinamikos tyrimai.

Šio uždavinio etapai truks visą uždavinio laiką, kadangi jie yra priklausomi vienas nuo kito ir negali vykti atskirai. Skaitiniai modeliai (1 etapas) bus kuriami ir vystomi remiantis vykdomų tyrimų (3 etapas) poreikiais ir rezultatais. Iš kitos pusės, vykdomiems tyrimams (3 etapas) gali nepakakti šiuo metu turimų modelių, todėl juos gali reikėti tobulinti (1 etapas). Tarp šių dviejų visą uždavinio laiką vyksiančių etapų reikalingas ir tarpinis, validacijos, (2) etapas, kurio metu patikrinamas atliktų modelių patobulinimų tikslumas ir pagrindžiamas jų tinkamumas tyrimams (3 etapas).

- 1) Skaitinių modelių kūrimas, standartinių sprendyklių įsisavinimas ir autorinės(ių) sprendyklės(ių) vystymas (2022 m. sausis – 2026 m. gruodis)
- 2) Validaciniai skaičiavimai, kurių metu fokusuojamasi į skaičiavimų ir eksperimentinių rezultatų palyginimą, siekiant įvertinti sukurtų modelių fizikinį tikslumą (2022 m. sausis – 2026 m. gruodis)
- 3) Pasirinktų daugiafazių srautų reiškinių, jų dinamikos, sąveikos su turbulencija ir pačios turbulencijos savybių tyrimai (2022 m. sausis – 2026 m. gruodis)

Šio uždavinio darbus vykdys: vyriausieji mokslo darbuotojai – 0,5 et.; vyresnieji mokslo darbuotojai – 2,2 et.; jaunesnieji mokslo darbuotojai – 1,0 et.; techninis personalas – 1,5 et. Nurodyti darbuotojai programos vykdymui skirs 50% įvardintų etatų.

Vykdam šioje programoje numatytus uždavinius bus parengtos tarpinė ir galutinė ataskaitos.

6. Numatomi rezultatai

1 uždavinys. Energetikos sistemų integravimo tyrimai išmaniems beatliekiams miestams

Vykdam programą numatoma išanalizuoti šiuo metu taikomas metodikas ir matematinius modelius, skirtus išmaniųjų beatliekių miestų vystymui integruojant klasikines (energetikos) ir atsinaujinančių energijos išteklių technologijas. Remiantis pasauline patirtimi, bus sudarinėjamos/adaptuojamos metodikos ir matematiniai modeliai, skirti optimaliai, pagal užsiduotus kriterijus ir ribojimus, parinkti technologijas bei vertinti neapibrėžtumus, jautrumą ir rizikas. Tyrimų metu numatoma didelį dėmesį skirti energetikos technologijų diegimo/įrengimo skatinimo metodikos parengimui, kuri leistų užtikrinti teisingą kaštų pasidalijimą tarp technologijų savininkų ir visuomenės/miesto bendruomenės bei suaktyvinti išmaniųjų beatliekių miestų vystymą.

Bus aktyviai siekiama kartu su Lietuvos savivaldybėmis įsitraukti į programos „Europos horizontas“ 5-jo klasterio „Aplinka, energetika ir judumas“ bei misijos „Poveikiu klimatui neutralūs ir pažangūs miestai“ projektus, siekiant turimas žinias, technologijų sprendinius taikyti praktikoje.

Vykdam šio uždavinio darbus per 5 m. planuojama pateikti ne mažiau kaip 8 publikacijas į mokslo leidinius, įtrauktus Clarivate Analytics WoS duomenų bazę, ir mokslinių tyrimų rezultatus pristatyti ne mažiau kaip 6 tarptautinėse ir nacionalinėse konferencijose. 2022 m. paskelbta doktorantūros tematika „Energetikos sistemų integravimo tyrimai išmaniems klimatui neutraliems miestams“.

2 uždavinys. Branduolių sintezės principu veikiančiuose įrenginiuose vykstančių procesų tyrimai ir saugos vertinimas

Vykdam šį uždavinį kartu su EUROfusion projekto partneriais bus parengtas koncepcinis DEMO reaktoriaus projektas. Bus parengta vidinių ir išorinių įvykių tikimybinio vertinimo metodika, sukurti skaitiniai DEMO sistemų modeliai ir įvertintos galimos avarių pasekmės.

Vykdam šio uždavinio darbus per 5 m. planuojama pateikti ne mažiau kaip 12 publikacijų į mokslo leidinius, įtrauktus Clarivate Analytics WoS duomenų bazę, ir mokslinių tyrimų rezultatus pristatyti ne mažiau kaip 12 tarptautinių ir nacionalinių konferencijų.

3 uždavinys. Jonizuojančios spinduliuotės ir neutronų sklaidos procesų tyrimai greitųjų neutronų šaltiniuose ir jų komponentuose

Atnaujinta skaitinio tyrimo metodika leis efektyviau atlikti neutronų pernašos skaičiavimus ypatingai svarbiuose DONES komponentuose. Aktyvumo, dalijimosi šilumos ir dozių galios skaičiavimų rezultatai leis nustatyti ir iširti neutronų srautų įtaką DONES įrenginio komponentams. Nustatyti ir apibrėžti dėsningumai suteiks žinių apie susidariusius dalijimosi produktus ir jų evoliuciją konstrukcinėse komponentų medžiagose. Šie tyrimo rezultatai bus LEI indėlis į branduolių sintezės technologijų kūrimą.

Vykdam šio uždavinio darbus per 5 m. planuojama pateikti ne mažiau kaip 2 publikacijas į mokslo leidinius, įtrauktus Clarivate Analytics WoS duomenų bazę, ir mokslinių tyrimų rezultatus pristatyti ne mažiau kaip 2 tarptautinėse ir nacionalinėse konferencijose.

4 uždavinys. Branduolių skilimo principu veikiančiuose įrenginiuose vykstančių procesų tyrimai ir saugos vertinimas

Kaip jau buvo minėta, šiame uždavinyje tyrimai bus atliekami skirtingoms mokslininkų grupėms dirbant penkiose lygiagrečiose srityse: (1) sunkiųjų avarių tyrimai, (2) pasyviųjų šilumos pernešimo sistemų taikymo galimybių tyrimas, (3) projektinių avarių radiologinių pasekmių analizės neapibrėžčių mažinimas, (4) saugos įvertinimas branduolinių įrenginių eksploatavimo nutraukimo stadijoje ir (5) tyrimai, skirti pavojingų medžiagų saugiam sutvarkymui. Pirmosiose trijose srityse vykdomi tyrimai bus susiję su dalyvavimu „Horizontas 2020“ programos projektuose, kur įsisavinami naujausi tyrimo metodai. Numatomi atskirų sričių darbų rezultatai:

- Statistinis modeliavimo rezultatų neapibrėžčių įvertinimas sunkiųjų avarių branduoliniuose reaktoriuose ir panaudoto kuro saugojimo baseinuose leis geriau suprasti modeliuojamus procesus, bus validuojami sunkiasias avarijas modeliuojantys programiniai paketai.
- Modeliuojant pasyvių šilumos pernešimo sistemų darbą bus nustatomos sisteminių programų paketų bei skaičiuojamosios fluidų dinamikos paketų modeliavimo galimybės, o atliekant palyginamuosius eksperimentinių stendų skaičiavimus, bus validuojami programiniai paketai, bei pateikiamos rekomendacijos modeliuojant šilumnešio natūralią cirkuliaciją atmosferinio slėgio ir neaukštų temperatūrų atveju. Modeliuojant panaudoto branduolinio kuro elgseną praradus kuro baseinų aušinimą, bus iširta šilumos perdavimo nuo kuro rinklių per šilumnešį baseinų struktūroms procesų specifika. Modeliuojant šilumos pernešimo procesus eksperimentiniuose įrenginiuose bus tobulinami trimačio modeliavimo metodai, parengiamos rekomendacijos modelių kūrimui.
- Patikslinti projektinių avarių ir išplėstinių projektinių sąlygų radiologinių pasekmių modeliavimo metodai ir priimtos tikslesnės prielaidos padidins modeliavimo tikslumą, tai savo ruožtu sumažins radiologinių pasekmių neapibrėžtis.

- Ignalinos AE atliktų tyrimų metu sukurta saugos įvertinimo metodika bus pritaikyta branduolinių įrenginių eksploatavimo nutraukimo stadijoje. Pagrindus šios metodikos tinkamumą bus galima praplėsti jos taikymo sritis – naudoti ir kitiems lengvojo vandens reaktoriams. Pasaulinėje praktikoje tokie branduolinių įrenginių saugos pagrindimai eksploatavimo nutraukimo stadijoje beveik neatliekami. Kita vertus, eksploataciją nutraukiančių branduolinių įrenginių skaičius paskutiniu metu smarkiai didėja, todėl šie tyrimai labai aktualūs pasauliniu mastu.
- Portlandcemenčio bei kompozicinių rišančiųjų medžiagų savybių fizikiniai, cheminiai bei mechaniniai kompozicijų tyrimai leis optimizuoti šių medžiagų funkcionalumą ir sumažinti pirminių žaliavų naudojimą radioaktyviųjų medžiagų tvarkymo procese. Atliktas neutronų / gama spindulių prasiskverbimo per kompozicines medžiagas modeliavimas taip pat prisidės prie rišančiųjų medžiagų kompozicinių elementų optimalių mišinių nustatymo.

Vykdamas šio uždavinio darbus per 5 m. planuojama pateikti ne mažiau kaip 12 publikacijų į mokslo leidinius, įtrauktus Clarivate Analytics WoS duomenų bazę, ir mokslinių tyrimų rezultatus pristatyti ne mažiau kaip 15 tarptautinių ir nacionalinių konferencijų.

5 uždavinys. Turbulencijos, daugiafazių srautų ir jų dinamikos tyrimai

Vykdamas šį uždavinį bus papildytos žinios apie turbulenciją ir daugiafazių srautus bei juose vykstančius procesus: (1) Liepsnos sklaidimo dinamiką iš anksto sumaišytuose dujų mišiniuose; (2) Turbulentinio srauto morfologiją kanale su kliūtimis; (3) Fazinių virsmų procesų dinamiką dvifaziame sraute. Bus tobulinama ir plėtojama vykdytojų sukurta atvirojo kodo sprendyklė flameFoam skirta turbulentinio degimo modeliavimui.

Vykdamas šio uždavinio darbus per 5 m. planuojama pateikti ne mažiau kaip 5 publikacijas į mokslo leidinius, įtrauktus Clarivate Analytics WoS duomenų bazę, ir mokslinių tyrimų rezultatus pristatyti ne mažiau kaip 5 tarptautinėse ir nacionalinėse konferencijose.

Šio uždavinio darbai bus LEI indėlis į tarptautinius projektus, vykdomus daugiafazių srautų tematikoje. Šiuo metu jau dalyvaujama SAMHYCO-NET ir DEBORA projektuose, taip pat remiantis uždavinio metu sukauptomis mokslinėmis žiniomis bus siekiama prisijungti prie naujų projektų ir/ar bus teikiamos paraiškos susijusioms Europos Horizontas kvietimams.

7. Rezultatų sklaidos priemonės (rezultatų skelbimas, viešinimas ir populiarinimas)

Planuojamų tyrimų įgyvendinimo laikotarpiu be tarpinės ir baigiamosios ataskaitos numatoma į mokslo žurnalus teikti publikacijas vykdomų tyrimų tematika. Iš viso per programos vykdymo laikotarpį planuojama pateikti **35-40 publikacijų į mokslo leidinius, įtrauktus Clarivate Analytics WoS duomenų bazę**. Atskirų uždavinių įgyvendinimo metu gauti mokslinių tyrimų rezultatai bus pristatomi **nacionalinėse ir tarptautinėse konferencijose (iš viso apie 40)**. Programos vykdymo metu, kartu su kitų šalių partneriais, numatoma pateikti **25 paraiškas** tarptautinių programų kvietimams, į veiklas pritraukti 6 doktorantus, apginti 4 mokslo daktaro disertacijas, pateikti tarptautinę patentinę paraišką. Projekto vykdymo metu gauti rezultatai taip pat periodiškai bus pristatomi mokslo bendruomenei institucijoje, kurioje dirba projektą vykduojantys mokslininkai.

8. Programos vykdymui skirtos lėšos 3052,4 tūkst. Eurų (trys milijonai penkiasdešimt du tūkstančiai keturi šimtai eurų)

	2022 m.	2023 m.	2024 m.	2025 m.	2026 m.	Visai programai skirta, tūkst. Eur
Lėšos programai vykdyti	500	550	605	665,4	732	3052,4

9. Programos vadovas skelbiamas LEI interneto svetainėje www.lei.lt