



**VPP**

Valsts pētījumu  
programma

VPP-EM-INFRA-2018/1-0006

28.11.2022.

## Projekts

# “Inovatīvas viedo tīklu tehnoloģijas un to optimizācija (INGRIDO)”

Projektu īsteno Rīgas Tehniskās universitātes Enerģētikas institūts  
sadarbībā ar RTU Siltumenerģētisko sistēmu katedru un Ventspils Augstskolas  
Inženierzinātņu institūtu “Ventspils Starptautiskais radioastronomijas centrs”

Projekta vadītājs: asoc. prof. *Dr. sc. ing.* Aleksandrs Dolgicers

Prezentē: vadošais pētnieks *Ph. D.* Kārlis Baltputnis

28.11.2022.

# Saturs

- Projekta mērķis
- Darba posmi
- Kvantitatīvie rezultāti
  - Ziņojumi
  - Zinātniskie raksti
  - Monogrāfija
  - Promocijas darbi
- Ieskats pētījumos
  - Agregatoru jautājums
  - Energosistēmu zemesslēguma aizsardzība
- Turpmākā pētījumu attīstība

# Projekta mērķis



Novērtēt **inovācijas un optimizācijas potenciālu** Latvijas energosistēmā un izstrādāt risinājumus tās **efektivitātes uzlabošanai**, ņemot vērā **atjaunīgo un izkliedēto energoavotu** ieviešanu, **ražotājlietotāju** skaita pieaugumu un citas **tirgus attīstības** tendences.

## Izpildītāji

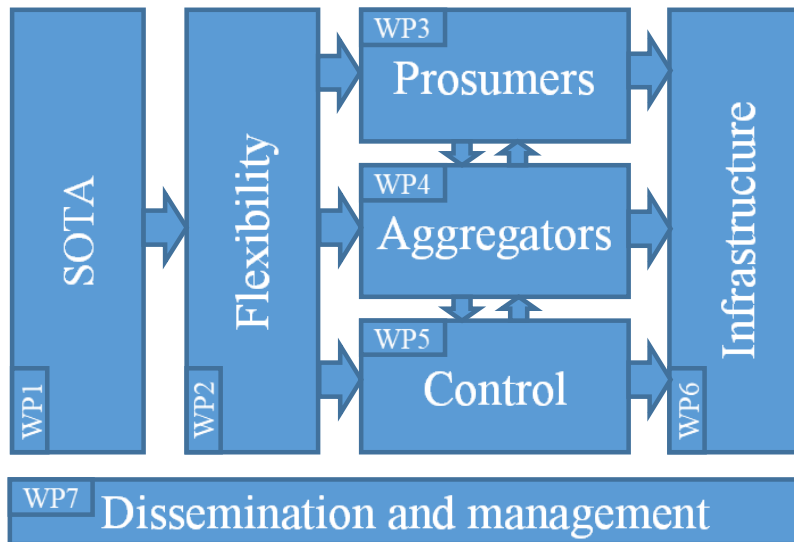


**Energētikas institūts** (vadošais partneris)  
**Siltumenerģētisko sistēmu katedra**



**Inženierzinātņu institūts**  
**„Ventspils Starptautiskais radioastronomijas centrs”**

# Projekta darba posmi



- WP1 – Pašreizējās situācijas un sagaidāmās attīstības analīze (M1–M11)
- WP2 – Inovatīvi risinājumi viedo tīklu elastīgumam (M2–M21)
- WP3 – Ražotājlietotāji: to vadība un optimizācija (M2–M26)
- WP4 – Agregatoru loma viedajos tīklos (M2–M31)
- WP5 – Viedās vadības, automatizācijas un aizsardzības sistēmas (M3–M36)
- WP6 – Energoapgādes infrastruktūras optimizācija (M18–M36)
- WP7 – Projekta vadība, tā rezultātu publicitāte un izmantošana (M1–M36)

# Projekta kvantitatīvie rezultāti

- **8 ziņojumi** Ekonomikas ministrijai
- **15 uzstāšanās zinātniskās konferencēs** ar indeksētiem pilnteksta rakstiem (+1 pēc projekta noslēguma)
- **10 zinātniskie raksti** Open Access žurnālos
- **3 populārzinātniskie raksti**
- **6 dalības** profesionālās enerģētikas nozares konferencēs, semināros vai diskusijās
- **legūts patents:** (“P-19-22 Vēja enerģētiskā iekārta atkritumu sadedzināšanai”)
- **1 monogrāfija** (pēc projekta)
  
- Projekta izpildē tieši iesaistīti **6 doktorantūras studenti**
- Saistībā ar projekta tematiku līdz tā noslēgumam **uzraudzīti un aizstāvēti:**
  - **4 doktora** (+1 pēc projekta noslēguma);
  - **6 maģistra;**
  - **23 bakalaura** darbi
  
- **Attīstīta sadarbība** (kopēji zinātniskie raksti, Horizon projektu pieteikumi, līgumi par izpēti u.tml.) ar **virkni uzņēmumu un institūciju**, piemēram, AS «Augstsprieguma tīkls», AS «Sadales tīkls», AS «Latvenergo», AS «Gaso», «Fortum Latvija», «Adven Latvia», «Elering» (EE), «Fingrid» (FI) u.c.

# Ziņojumi (nodevumi EM)

## D1.1. Literatūras apskats par prognozētajām inovāciju tendencēm līdz 2050. gadam

Pārskats par prognozētajām inovāciju tendencēm enerģētikā, īpaši fokusējoties uz elektroenerģētiku un sniedzot ieskatu arī aktuālos siltumenerģētikas tehnoloģiju jautājumos.

## D2.1. Elastīgums pārtraukumaino energoavotu integrācijai

Novērtētas papildu elastīguma vajadzības, ko rada pārtraukumainie AER, apzināti izmantojamie elastīguma avoti, kā arī aplūkota vēja enerģētikas attīstība, potenciāls un pētniecība Latvijā.

## D2.2. Termālās inerces izmantošana un koģenerācijas optimizācija energoapgādes elastīguma palielināšanai

Termālās inerces izmantošana energosistēmas elastīgumam, pētījumi par koģenerācijas staciju darbības optimizāciju un centralizēto siltumapgādes sistēmu modelēšanu.

## D3.1-2. Ražotājlietotāju ietekmes uz tīklu modelēšana un rekomendācijas turpmākai attīstībai

Aprakstīta modelēšanas pieeja un, balstoties uz rezultātiem, sniegtas rekomendācijas RL regulējuma attīstībai.

## D4.1. Elektroenerģijas agregatori: risinājumu analīze un priekšlikumi to integrācijai pakalpojumu tirgū

Sākotnējās rekomendācijas agregatoru regulējuma izveidei.

## uD4.1. Elektroenerģijas agregatori: regulējuma izmaiņas virzībai uz neatkarīgiem agregatoriem

Papildinātās rekomendācijas agregatoru regulējumam ar fokusu uz neatkarīgajiem regulatoriem.

## D4.2. Elektroenerģijas agregatori: biznesa modelis dalībai nākamās dienas tirgū

Ziņojums ietver projektā "INGRIDO" veikto pētījumu rezultātus par neatkarīgo agregatoru dalības nākamās dienas tirgū veicināšanu.

## D6.1-2. Energoapgādes infrastruktūras efektivitātes prognozes un optimizācija nākotnē

Formulētas energoapgādes nākotnes infrastruktūras izveidošanas un optimizēšanas vadlīnijas, atainoti piemēri par māsaimniecību elektrifikāciju; elektrisko automobiļu akumulatoru uzlādi; enerģētisko kopienu (uz saules un vēja staciju bāzes) veidošanu.

# Rezultāti – publicētie raksti (1/2)

1. A. Sauhats, J. Kozadajevs, A. Dolgicers, I. Zalitis and D. Boreiko, "Thermal energy storage for CHP in power market conditions," 2019 16th International Conference on the European Energy Market (EEM), Ljubljana, Slovenia, 2019, pp. 1-4.
2. T. Lomane, K. Berziņa, I. Zicmane, S. Rubcovs, R. Varfolomejeva and S. Kovalenko, "Analysis of the Earth Fault Distance Measuring Units Algorithms Operation," 2019 IEEE 6th International Conference on Energy Smart Systems (ESS), Kyiv, Ukraine, 2019, pp. 37-42.
3. D. Rusovs, S. Jaundālders and P. Stanka. "Design and application of sensitive thermal energy storage from concrete," *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, 2019, 660 (012077).
4. K. Baltputnis, Z. Broka and A. Sauhats, "Influence of Flexibility Modeling Parameters on Residential-Scale Demand Response Assessment," 2019 IEEE Milan PowerTech, Milan, Italy, 2019, pp. 1-6.
5. A. Sauhats, J. Kozadajevs, A. Dolgicers, I. Zalitis and D. Boreiko, "The Impact of the District Heating System Thermal Inertia on the CHPP Operation Mode," 2019 IEEE 60th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON), Riga, Latvia, 2019, pp. 1-5.
6. R. Oļekšijs and O. Linkevičs, "Photovoltaic system application for combined heat and power plant self-consumption needs," 2019 IEEE 60th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON), Riga, Latvia, 2019, pp. 1-6.
7. D. Rusovs and V. Zentins, "Steam Driven Absorption Heat Pump and Flue Gas Condenser for Heat Recovery in District Heating Network," *Proceedings of the 19th International Scientific Conference Engineering for Rural Development*, Jelgava, Latvia, 2020, pp. 1627-1632.
8. P. Y. Gubin, V. P. Oboskalov, A. Mahnitko, and R. Petrichenko, "Simulated Annealing, Differential Evolution and Directed Search Methods for Generator Maintenance Scheduling," *Energies*, vol. 13, no. 20, p. 5381, 2020.
9. D. Bezrukovs, V. Bezrukovs, V. Bezrukovs, M. Konuhova, and S. Aniskevich, "The Comparison of the Efficiency of Small Wind Turbine Generators with Horizontal and Vertical Axis Under Low Wind Conditions," *Latv. J. Phys. Tech. Sci.*, vol. 57, no. 5, pp. 61–72, 2020.
10. Z. Broka and K. Baltputnis, "Handling of the Rebound Effect in Independent Aggregator Framework," 2020 17th International Conference on the European Energy Market (EEM), Stockholm, Sweden, 2020, pp. 1–5.
11. J. Kozadajevs and D. Boreiko, "District Heating System Flexibility Studies Using Thermal Inertia of Buildings," 2020 IEEE 61th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON), Riga, Latvia, 2020, pp. 1–5.
12. A. Mahnitko, T. Lomane, I. Zicmane, T. Kuznecovs, and J. Silinevics, "Implementation of Integration Problem for Baltic Energy Systems into Continental Europe Energy," 2020 IEEE 61th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON), Riga, Latvia, 2020, pp. 1–6.
13. [D. Rusovs, S. Jaundālders, and P. Stanka, "Pumped Thermal Electricity Storage Integration In District Heating Systems," 2020 IEEE 61th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON), Riga, Latvia, 2020, pp. 1–4.



## Rezultāti – publicētie raksti (2/2)

14. A. Sorocins, J. Nagla, and V. Zentins, “**District Heating Simulation Model Development to Solve Optimization Problems in the Market Conditions,**” *2020 IEEE 61th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON)*, Riga, Latvia, 2020, pp. 1–5.
15. A. Sorocins, D. Rusovs, J. Nagla, and V. Zentins, “**The Influence of the Thermal Storage on the Electricity Production in a Co-Generation in Peak and Off-Peak Time Range,**” *2020 IEEE 61th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON)*, Riga, Latvia, 2020, pp. 1–4.
16. K. Baltputnis and Z. Broka, “**Estimating the Benefit from Independent Aggregation in the Day-Ahead Market,**” *Latv. J. Phys. Tech. Sci.*, vol. 58, no. 3, pp. 32–46, 2021.
17. L. Petrichenko, R. Petrichenko, A. Sauhats, K. Baltputnis, and Z. Broka, “**Modelling the Future of the Baltic Energy Systems: A Green Scenario,**” *Latv. J. Phys. Tech. Sci.*, vol. 58, no. 3, pp. 47–65, 2021.
18. J. Kozadajevs, A. Dolgicers, and D. Boreiko, “**CHPP Operation Mode Optimization under Electricity and Gas Market Conditions using a Genetic Algorithm,**” *Latv. J. Phys. Tech. Sci.*, vol. 58, no. 3, pp. 154–168, 2021.
19. L. Petrichenko, J. Kozadajevs, R. Petrichenko, O. Ozgonenel, D. Boreiko, and A. Dolgicers, “**Assessment of PV Integration in the Industrial and Residential Sector under Energy Market Conditions,**” *Latv. J. Phys. Tech. Sci.*, vol. 58, no. 3, pp. 82–97, 2021.
20. I. Zalitis et al., “**A Linearized Numerical Solution for Steady-State Simulations of Gas Networks,**” *Latv. J. Phys. Tech. Sci.*, vol. 58, no. 3, pp. 137–153, 2021.
21. D. Rusovs, L. Jakovleva, V. Zentins, and K. Baltputnis, “**Heat Load Numerical Prediction for District Heating System Operational Control,**” *Latv. J. Phys. Tech. Sci.*, vol. 58, no. 3, pp. 121–136, 2021.
22. A. Sauhats, A. Utans, J. Silinevics, G. Junghans, and D. Guzs, “**Enhancing Power System Frequency with a Novel Load Shedding Method Including Monitoring of Synchronous Condensers’ Power Injections,**” *Energies*, vol. 14, no. 5, p. 1490, 2021.
23. D. Rusovs and L. Parsikova, “**Application of Cryogenic Energy Storage (CES) in distributed renewable generation,**” *Proceedings of the 20th International Scientific Conference Engineering for Rural Development*, Jelgava, Latvia, 2021.
24. I. Diahovchenko, L. Petrichenko, and A. Sauhats, “**Energy Losses in Power Distribution Systems: PV Roof Prosumers vs. Energy Communities,**” *2021 IEEE 62nd International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON)*, Riga, Latvia, 2021, pp. 1-5.
25. A. Sauhats, Z. Broka, and K. Baltputnis, “**Energy Transition of the Baltic States: Problems and Solutions,**” *Latv. J. Phys. Tech. Sci.*, vol. 58, no. 3, pp. 3–14, 2021.
26. A. Dolgicers, I. Zalitis, J. Berkolds and J. Kozadajevs, “**Linear Solution of the High-Voltage Transmission Line Transient Influence Problem,**” *2022 IEEE 7th International Energy Conference (ENERGYCON)*, Riga, Latvia, 2022, pp. 1-6.



Zālītis, I., Dolgicers, A., Kozadajevs, J.  
**Elektrisko sistēmu nesimetrisko režīmu matemātiskā modelēšana.** Rīga: RTU Izdevniecība, 2022. 527 lpp.

ISBN 978-9934-22-833-9.

Pieejams: doi:10.7250/9789934227110

# Promocijas darbi



Deniss Bezrukovs

VĒJA ENERĢIJAS RESURSU PĒTĪJUMS UN  
VĒJA ENERĢIJAS PROJEKTU EKONOMISKĀS  
IESPĒJAMĪBAS NOVĒRTĒJUMS

Promocijas darba kopsavilkums



RTU Izdevniecība  
Rīga 2019



Kārlis Baltputnis

LĒMUMATBALSTA METODES,  
ALGORITMI UN RĪKI ELEKTROENERĢIJAS  
TIRGUS DALĪBNIEKIEM

Promocijas darba kopsavilkums



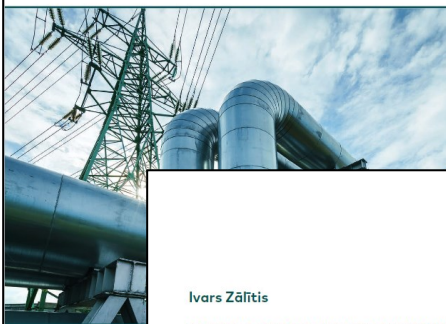
RTU Izdevniecība  
Rīga 2020



Dmitrijs Sobolevskis

ENERGOSISTĒMAS DARBĪBU IETEKMĒJOŠO  
PROCESU PROGNOZĒŠANA

Promocijas darba kopsavilkums



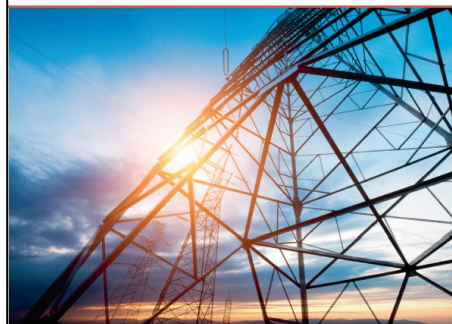
RTU Izdevniecība  
Rīga 2020



Ivars Zālītis

MODEĻA PARAMETRU IDENTIFIKĀCIJAS  
METODES PIELIETOŠANA ELEKTROPĀRVADES  
LĪNIJU PRETAVĀRIJU AUTOMĀTIKĀ

Promocijas darba kopsavilkums



RTU Izdevniecība  
Rīga 2020



Dmitrijs Boreiko

RAŽOŠANAS UZŅĒMUMU  
ENERGOEFĒKTIVITĀTES PAAUGSTINĀŠANAS  
METODES UN ALGORITMI

Promocijas darba kopsavilkums



RTU Izdevniecība  
Rīga 2022

**K. Baltputnis un I. Zālītis** 2020. gada decembrī par saviem promocijas pētījumiem saņēma LZA un AS «Latvenergo» **gada balvu enerģētikā jaunajiem zinātniekiem.**

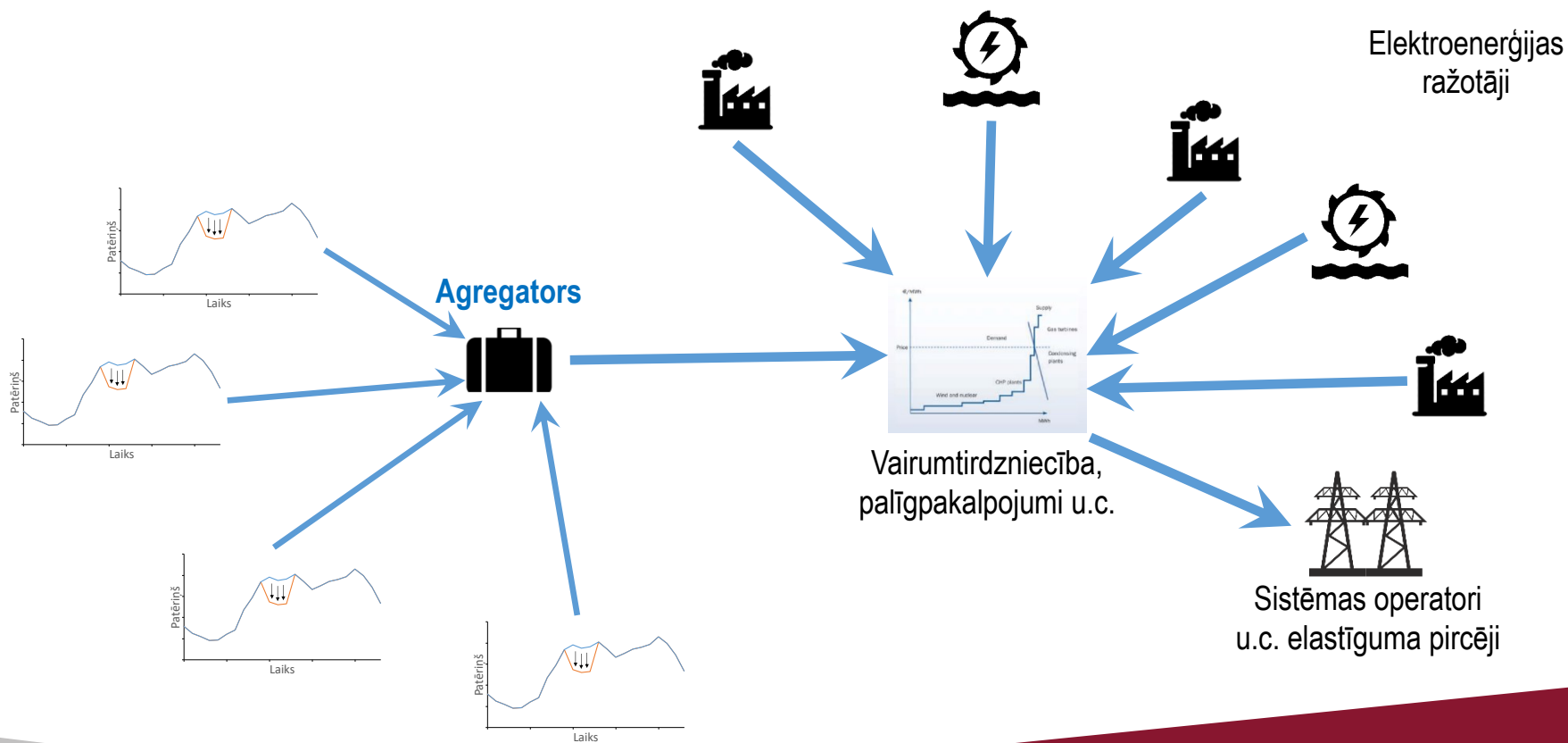
**D. Soboļevskis** saņēma veicināšanas balvu.

**D. Rusovs** 2021. gada decembrī par INGRIDO ietvaros veiktajiem siltumapgādes sistēmu pētījumiem saņēma LZA un AS «Latvenergo» **gada balvu par nozīmīgu devumu enerģētikā .**



# leskats pētījumos – agregatoru jautājums

Atsevišķu, individuālu lietotāju elastīgums var būt pārāk mazs, lai to pārdotu tirgū, tāpēc ir nepieciešami agregatori, kuri kā starpnieki apvieno vairāku lietotāju elastīgumu un sniedz to tirgū kā vienotu piedāvājumu.





# Ieskats pētījumos – agregatoru jautājums

**LIKUMI** LATVIJAS REPUBLIKAS TIESĪBU AKTI  
veidi tēmas visvairāk skatītie ja

Ievadiet atslēgvārdu šeit **meklēt** Izvērstā maijēšana

Ministru kabineta noteikumi Nr. 157  
Rīgā 2020. gada 24. martā (prot. Nr. 17 3. §)

## Agregatoru noteikumi

Izdoti saskaņā ar *Elektroenerģijas tirgus likuma*  
36.1 panta otro daļu

### I. Vispārīgais jautājums

- Noteikumi nosaka:
  - agregatora tiesības un pienākumus;
  - norēķinus par agregatora pakalpojumiem;
  - attiecības starp agregatoru un citiem sistēmas un tirgus dalībniekiem.

### II. Agregatora tiesības un pienākumi

- Agregatoram ir tiesības sniegt pieprasījuma reakcijas pakalpojumu (turpmāk – pakalpojums) pakalpojuma saņēmējam vai pārdot to biržā, vienojoties ar pakalpojuma saņēmēju par pakalpojuma sniegšanas noteikumiem vai ievērojot biržas prasības.
- Pakalpojuma nodrošināšanai agregators slēdz līgumu ar lietotāju par lietotāja objekta (turpmāk – objekts) pieprasījuma reakciju (turpmāk – līgums par pieprasījuma reakciju). Pakalpojuma nodrošināšanai agregators izmanto šo lietotāju nepierasītiemietāju kopumu (turpmāk – agregatora

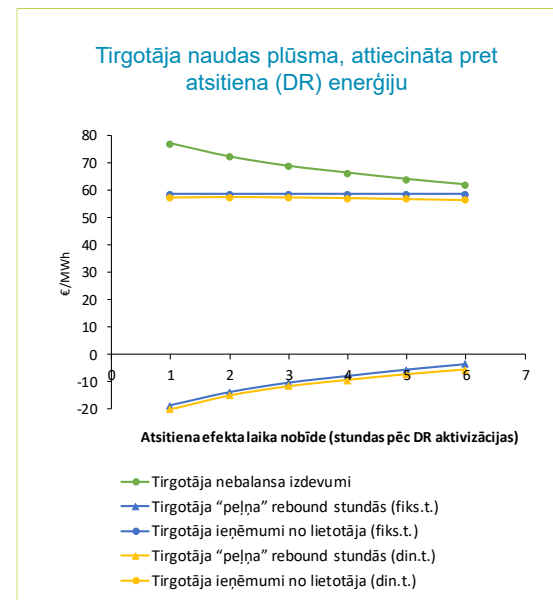
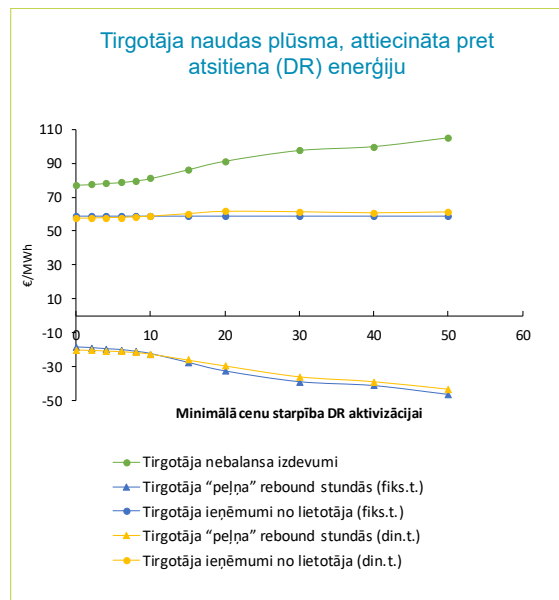
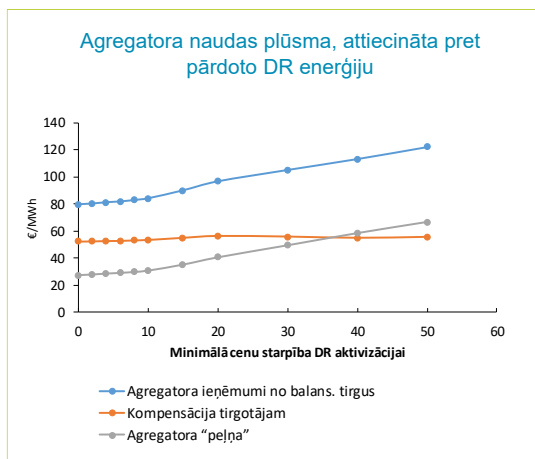
Ar INGRIDO projekta komandas atbalstu 2020. gadā sagatavoti un pieņemti MK noteikumi Nr. 157 «**Agregatoru noteikumi**», kas bija pirmais nepieciešamais solis agregatoru regulējuma attīstībā.

2020. gadā ziņojumā EM tika sniegts ieskats nepieciešamajās turpmākajās izmaiņās šajos noteikumos un «Elektroenerģijas tirgus likumā», lai atļautu arī pilnvērtīgu **neatkarīgo agregatoru** darbību.

# Ieskats pētījumos – neatkarīgie agregatori

## Neatkarīgā agregatora dalība balansēšanas tirgū

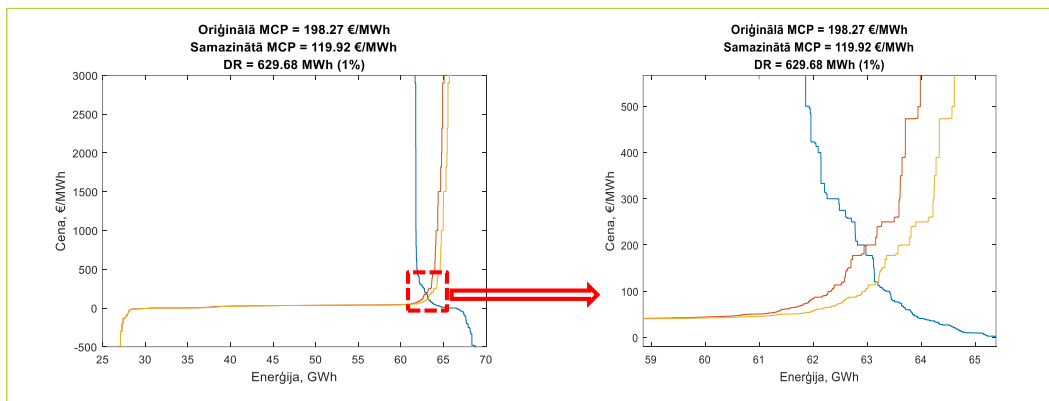
(augšupbalansēšana – patēriņa samazināšana)



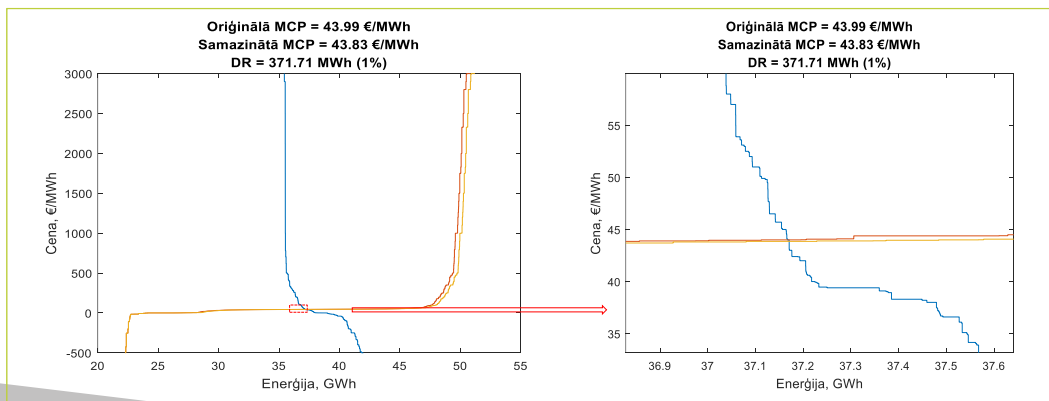
# leskats pētījumos – neatkarīgie agregatori

## Aggregētas pieprasījuma reakcijas dalība nākamās dienas tirgū

Aprēķinu piemērs par DR ietekmi uz tirgus līdzsvara cenu (MCP) Nord Pool biržā kopumā



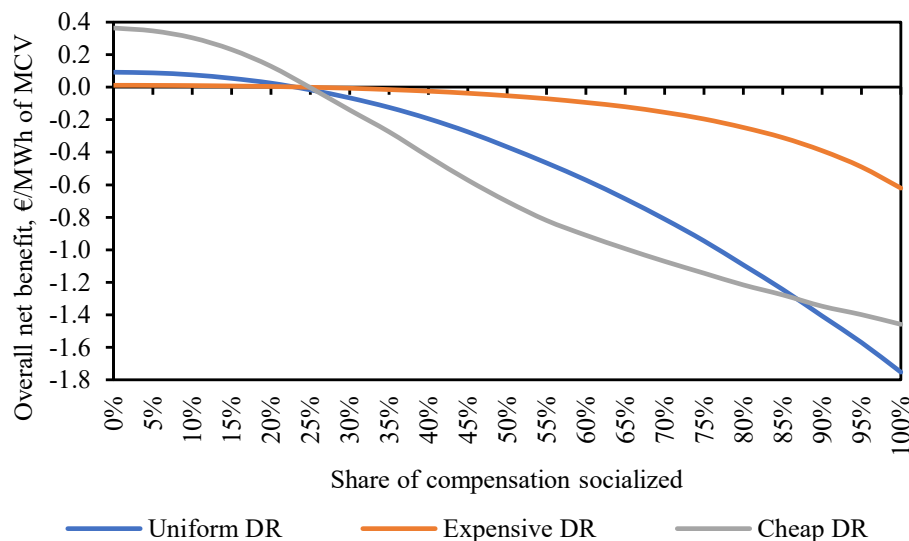
Pie augstas sistēmas cenas  
(01.03.2018. 08–09) – 198.27  
€/MWh (cena bez DR)



Pie vidējas sistēmas cenas  
(19.06.2018. 20–21) – 43.99  
€/MWh (cena bez DR)

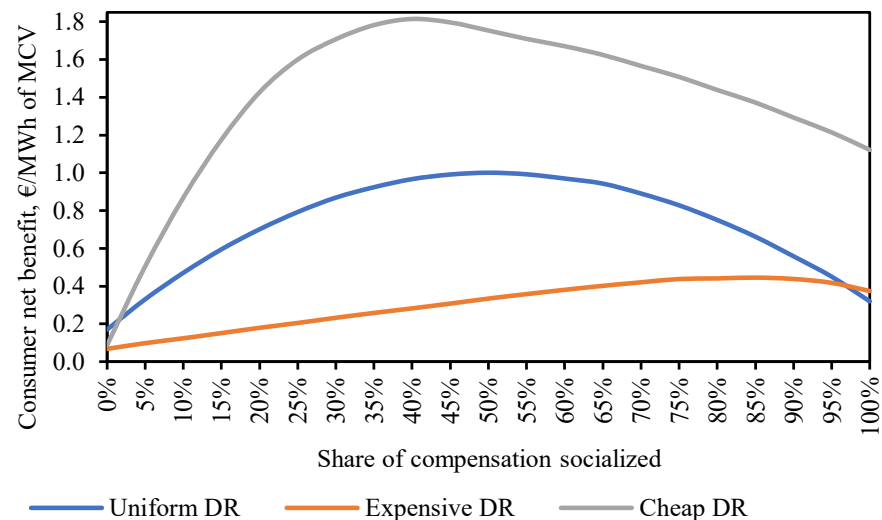


# Ieskats pētījumos – neatkarīgie agregatori

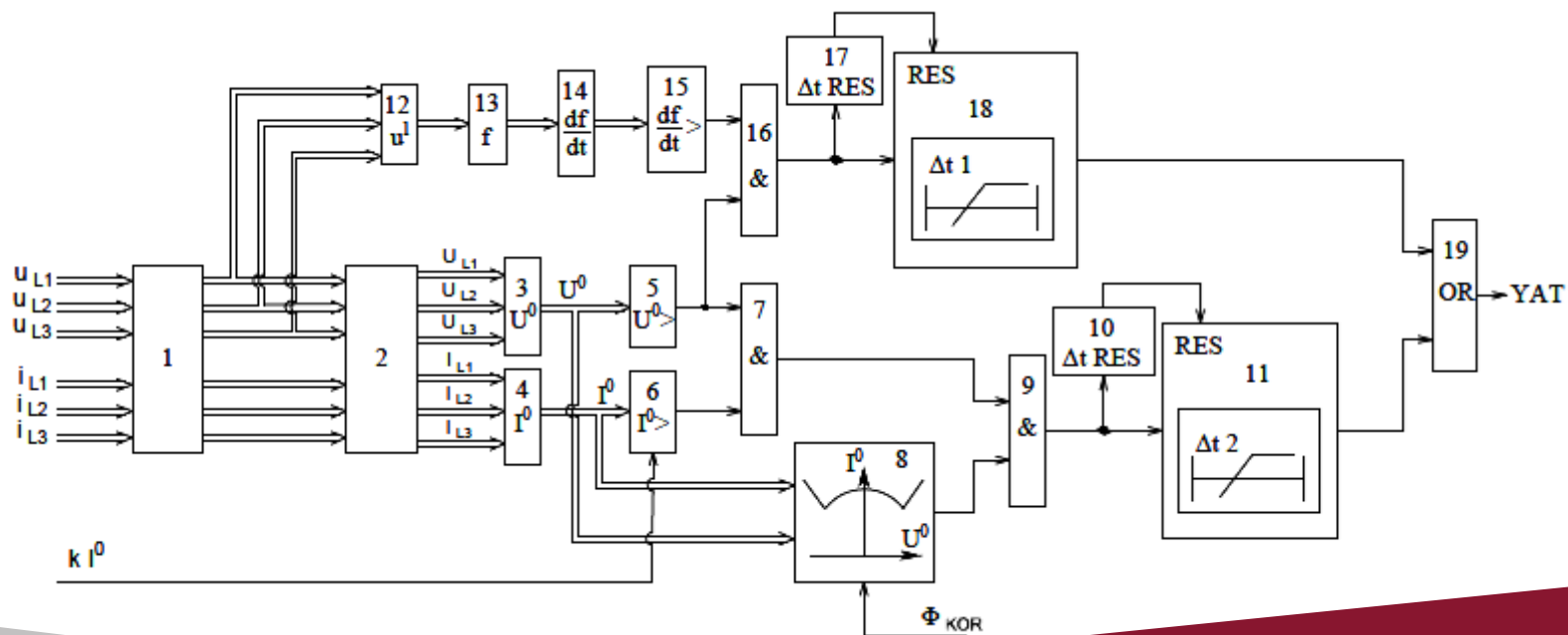


Kopējais sociālekonomiskais ieguvums ar trim dažādām elastīguma līknēm, variējot kompensācijas socializācijas apmēru

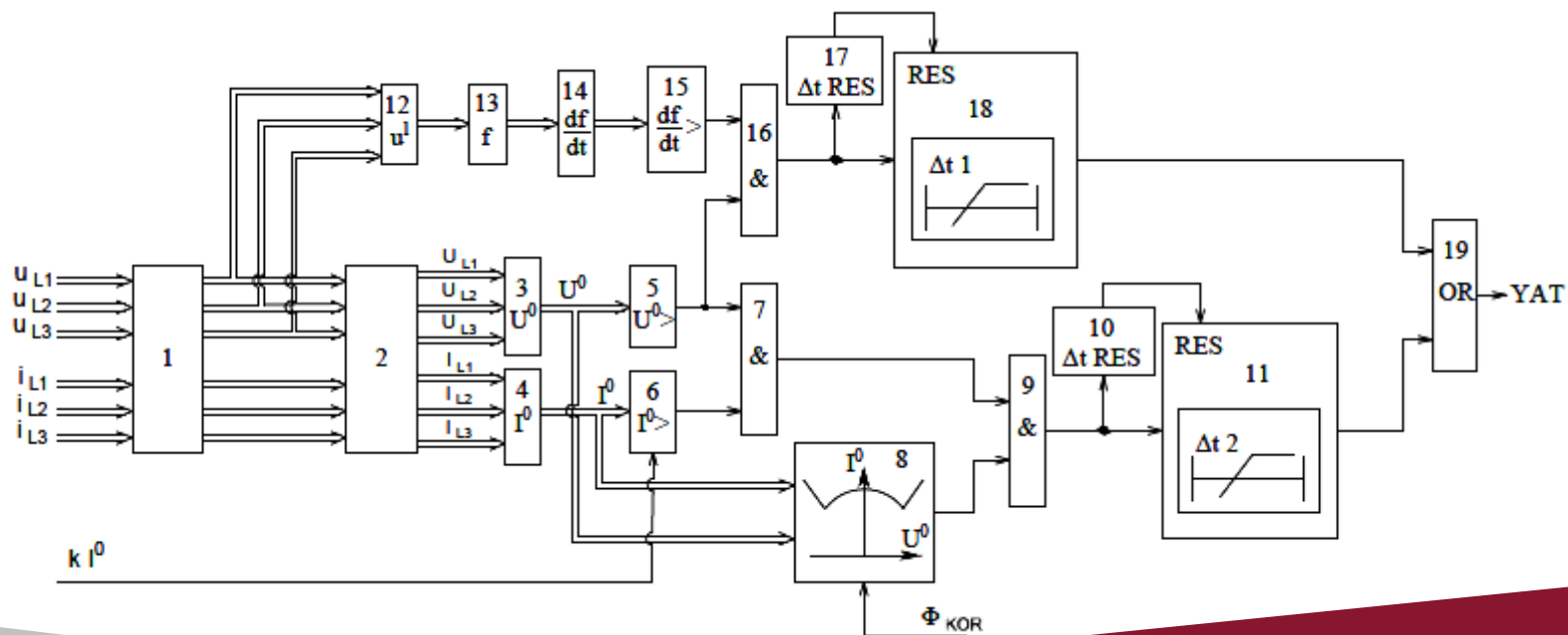
Summārais patēriņa puses sociālekonomiskais ieguvums ar trim dažādām elastīguma līknēm, variējot kompensācijas socializācijas apmēru



- Aizvien palielinoties **izklidētās ģenerācijas** apjomam, klasiskās **aizsardzības metodes pret zemesslēgumiem** var nenostādāt, radot lielākus riskus infrastruktūrai un tās lietotājiem. Šī iemesla dēļ ir nepieciešams izstrādāt jaunus aizsardzības un automātikas paņēmienus.
- Projekta «INGRIDO» gaitā izstrādātas **divas ierīces/metodes** šī jautājuma risināšanai.

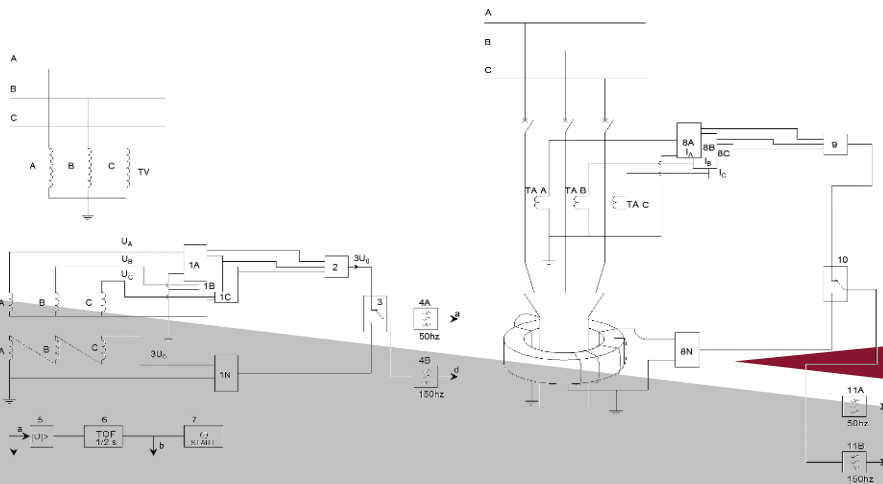
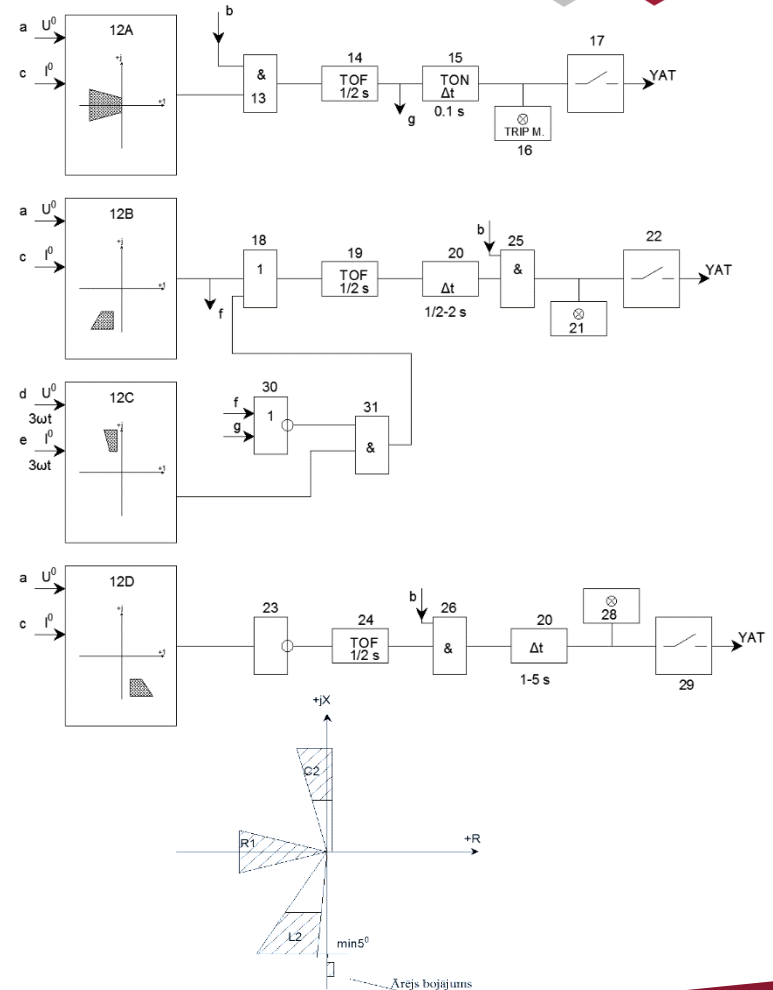


- Pirmā piedāvātā ierīce pārbauda zemesslēguma aizsardzības nostrādes kritēriju, vienlaicīgi nosakot frekvenci un frekvences izmaiņas ātrumu tiešsecības sprieguma signālā. Tas tiek iegūts ar analoģu tiešsecības filtru, tādējādi ļaujot ierīcei **konstatēt izolētas darbības režīmu tīkla apgabalā ar izkļaidēto ģenerāciju**. Šāda pieeja ļauj novērst nepareizu nostrādi, ja ticis izvēlēts neatbilstošs izolētas neitrāles režīms.



# leskats pētījumos – energosistēmu automātika

- Otrā izstrādātā ierīce vienlaicīgi ar zemesslēguma aizsardzības kritērija nostrādi pārbauda arī tai redzamo nullsecības pretestību.
- Tiek noteiktas vairākas nostrādes zonas. Galvenā zona atbilst zemējuma pretestībai, papildu zonas: – izolētas neitrāles režīmam ar bojājumu pie neitrāles transformatora; – kompensētas neitrāles režīmam, kāds var rasties pēc zemējuma pretestības bojājuma.
- Šāda pieeja nodrošina **augstu aizsardzības līmeni**.
- Nostrādes taimera atiestatīšanai ieviesta laika aizture, lai nodrošinātu stabilu darbību pārtraukumainu zemesslēgumu gadījumā.



“ “The scientific quality of the project is excellent. The objectives of the project have been fully achieved, the scientific team has completed the planned activities set out in the project proposal.

“ “The research team found the best way to identify novelties regarding the potential for optimization in the Latvian energy system and advanced solutions to improve efficiency.

“ “In addition, the INGRIDO team actively involved stakeholders and the social partners, leading the project in ways that lead to the proper and balanced development of the Latvian energy system in the future.

“ “The project is a complex one, with motivating practical implications.

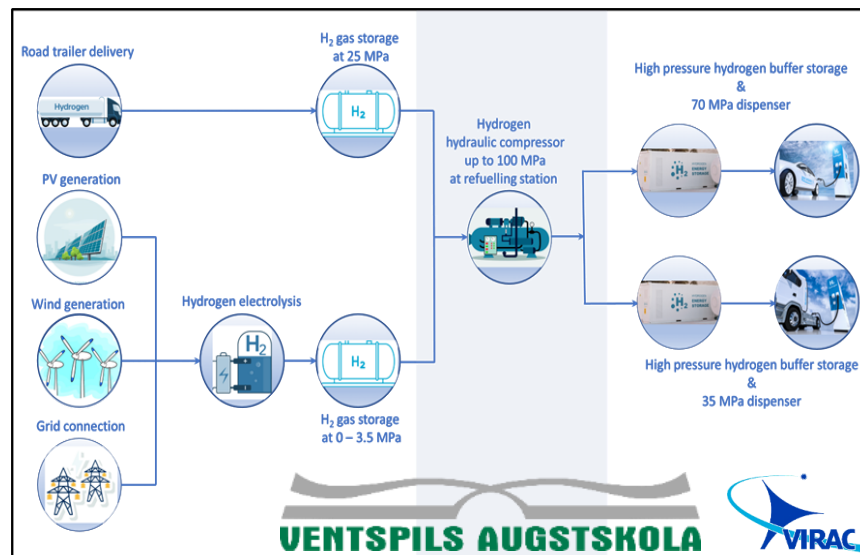
“ “The principal investigator and the lead participants of the project have good scientific activity, in terms of scientific publications, national and international projects.

## Projekta mērķis sasniegts

# Turpmākā pētījumu attīstība

**Ventspils Augstskolas Inženierzinātņu Institūts** “Ventspils Starptautiskais Radioastronomijas Centrs” aktīvi turpina pētījumus par atjaunīgajiem enerģijas avotiem un to izmantošanas iespējām.

**VPP “INGRIDO”** projekta ietvaros iegūtā pieredze un zināšanas deva iespēju sagatavot trīs jaunus veiksmīgus projekta pieteikumus un uzsākt **ūdeņraža hidrauliskās saspiešanas tehnoloģijas izstrādi**.



- 1) ERAF projekts “**Ūdeņraža hidrauliskās kompresijas tehnoloģijas izstrāde ūdeņraža degvielas uzpildes stacijām (H2-Compression, 1.1.1.1/20/A/185)**”. 1.1.1.1. pasākuma “Praktiskās ievirzes pētījumi” 4. kārtas ietvarā. Projekta realizēšanas periods: 01.05.2021.-30.11.2023. Kopējās projekta finansējums: 539.6 kEUR.

- 2) Latvijas Zinātnes Padomes grants, Fundamentālo un lietišķo pētījumu projekts “**Ūdeņraža hidrauliskās saspiešanas eksperimentālie pētījumi un tehnoloģijas izstrāde (Izp-2020/2-0049)**”. Projekta realizēšanas periods: 01.12.2020. – 31.12.2021. Kopējās projekta finansējums: EUR 100 kEUR.

- 3) Projekts “**Mobila ūdeņraža hidrauliskās saspiešanas un uzpildes kompleksa prototipa izstrāde (KC-PI-2020/35)**”. Darbības programma "Izaugsme un nodarbinātība" 1.2.1.2. pasākums "Atbalsts tehnoloģiju pārneses sistēmas pilnveidošanai". Projekta realizēšanas periods: 01.04.2020. – 30.09.2020. Kopējās projekta finansējums: 25 kEUR.

# Turpmākā pētījumu attīstība

## 4 patentu pieteikumi:

1. Bezrukova V., et al. (2021): Ūdeņraža hidrauliskās kompresijas ierīce, LVP2021000044 no 03.08.2021.
2. Bezrukova V., et al. (2021): Ūdeņraža hidrauliskās kompresijas ierīce, LVP2021000047 no 13.08.2021.
3. Bezrukova V., et al. (2022): Ūdeņraža hidrauliskās kompresijas ierīce, LVP2022000071 no 31.08.2022.
4. Bezrukova V., et al. (2022): Cylinder for hydraulic compression of hydrogen with limited foam formation in the working fluid. LVP2022000093, 21.11.2022.

## 2 WIPO PCT starptautiskie patentu meklējumi:

1. Bezrukova V., et al. (2021): Ūdeņraža hidrauliskās kompresijas ierīce, PCT/IB2021/058102, 13.08.2021.
2. Bezrukova V., et al. (2022): Hydrogen hydraulic compression device. PCT/IB2022/058904, 21.09.2022.

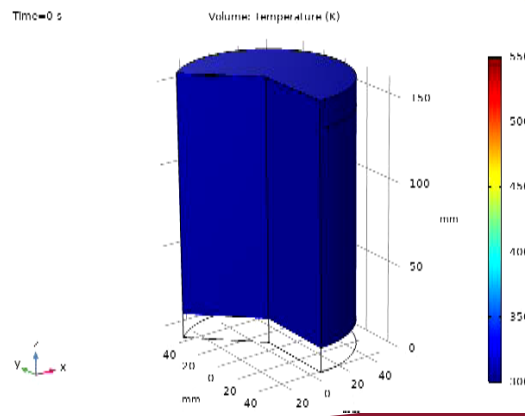
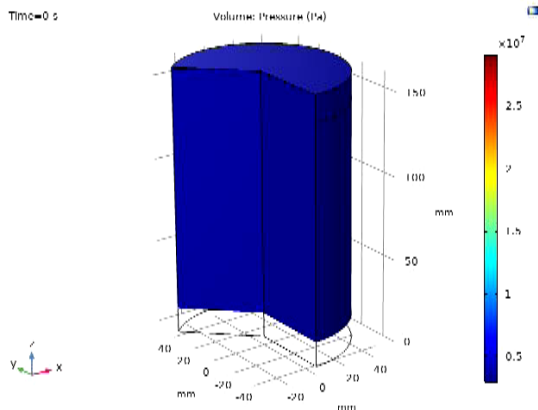
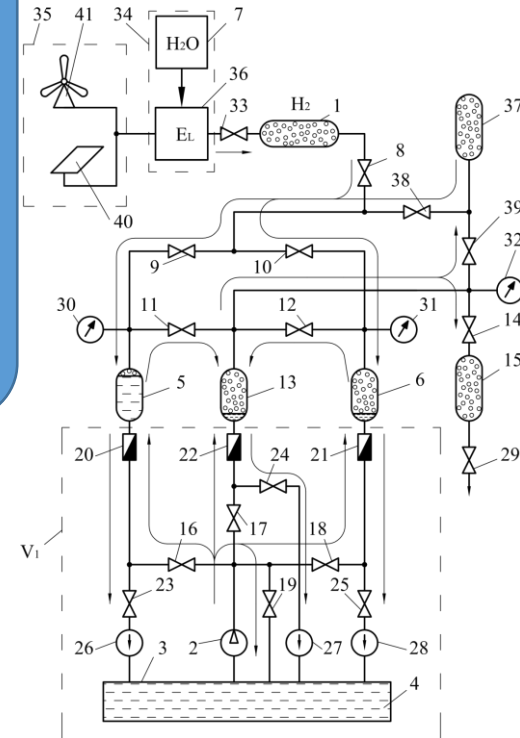
## 1 zinātniskā publikācija (vēl divas iesniegšanas stadijā):

- 1) Bezrukova V., et al. (2022): "Hydrogen hydraulic compression system for refuelling stations", Latvian Journal of Physics and Technical Sciences 2022, N3, (Vol. 59), pp. 96-105. DOI: 10.2478/lpts-2022-0028.

Ūdeņraža hidrauliskā saspiešanas procesa demonstrācija kompresijas kamerā, izmantojot saspiešanai speciālu darba šķidrumu:

Ūdeņraža spiediena izmaiņas attēlojums.

Ūdeņraža temperatūras izmaiņas.



- Dažas no **būtiskākajām** ziņojumos ietvertajām **atziņām**:
  - saistībā ar **saules un vēja enerģijas izmantošanu** var izšķirt vairākas jomas, kurās jau notiek un ir nepieciešamas arī turpmākas inovācijas un optimizācija (enerģijas ieguves tehnoloģiju **efektivitātes paaugstināšana**; dažādu energoapgādes veidu **savstarpējā mijiedarbība**; **akumulācijas** tehnoloģiju (gan centralizētu, gan izkliedētu) attīstība, kas ļautu laikā atdalīt gan elektroenerģijas, gan siltumenerģijas ražošanas un patēriņa procesus; energosistēmas vadības **digitalizācija un viedu algoritmu** ieviešana visos tās līmeņos, dažādu ar enerģētiku saistītu parādību un procesu **prognozēšanas metožu pilnveide** gan īstermiņa, gan ilgtermiņa pielietojumiem, politisks atbalsts un attiecīgi pasākumi **izkliedētās ģenerācijas attīstībai**, kas aktuāli, ja tiek izvēlēta virzība uz decentralizētu enerģijas ražošanu);
  - nākotnes energoapgādes infrastruktūra iekļaus sevī **daudzus ražotājlietotājus**, kā arī vēja un saules parkus; katra jauna ģeneratora pieslēgšana tīklam **maina jaudu plūsmas**, var palielināt **enerģijas un sprieguma zudumus**, kā arī izraisīt **tīkla pārslodzi**; līdz ar to energosistēmas vadības uzdevums kļūst ievērojami sarežģītāks arī sadales tīklu līmenī – nepieciešams attīstīt jaunus vadības un aizsardzības paņēmienus un ierīces.
- Projekts «INGRIDO» **veicinājis** gan **sadarbību** starp trim īstenojošajām zinātniskajām institūcijām, gan arī zinātnieku sasaisti ar **enerģētikas nozares uzņēmumiem un politikas veidotājiem**.
- Vairāki no projektā attīstītajiem izpētes virzieniem **tiek turpināti** citos projektos (FLPP, ERAF, doktorantūras grantu ietvaros u.c.), tomēr būtu nepieciešams veicināt un atbalstīt turpmāko pētniecību arī citos virzienos.





**Paldies!**