



81. Latvijas Universitātes  
starptautiskā zinātniskā  
konference 2023

FIZIKAS, MATEMĀTIKAS  
UN OPTOMETRIJAS  
FAKULTĀTES  
PLENĀRSĒDE

---

TĒŽU KRĀJUMS



LATVIJAS UNIVERSITĀTE  
FIZIKAS, MATEMĀTIKAS  
UN OPTOMETRIJAS  
FAKULTĀTE



## Programma

8.30–9.00	Pieslēšanās		Lappuse
<b>Vadītājs: Asoc.Prof. Aiga Švede</b>			
9.00–9.05	<b>Asoc. Prof. Aiga Švede</b> <i>Fizikas, matemātikas un optometrijas fakultāte, LU</i>	<b>Plenārsēdes atklāšana</b>	
9.05–9.25	<b>Doc. Jānis Karušs</b> <i>Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, LU</i>	<b>Ģeofizika – lielas cerības raisoša robežzinātne</b>	2
9.30–9.50	<b>Vad.Pētn. Andis Kalvāns</b> <i>Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, LU</i>	<b>Starp klimatu un hidroģeoloģiju, modeļiem un lauka novērojumiem</b>	3
9.55–10.15	<b>Kirils Surovovs</b> <i>FMOF, Skaitliskās modelēšanas institūts, LU</i>	<b>Divi no FMOF SMI darbības virzieniem: augstās veiktspējas skaitļošana, silīcija kristālu audzēšanas modelēšana</b>	5
10.20–10.40	<b>Prof. Jānis Valeinis</b> <i>FMOF, Matemātikas nodaļa, LU</i>	<b>Zinātniskie pētījumi LU FMOF Statistisko pētījumu un datu analīzes laboratorijā</b>	6
10.45–11.05	<b>Zin.asist. Māra Šmite,</b> <b>Vad. Pētn. Guntars Kitenbergs</b> <i>FMOF, Fizikas nodaļa, LU</i>	<b>Kāpēc fiziķi pirmie Latvijā atrada magnetotaktiskās baktērijas?</b>	7
11.10–11.30	<b>Prof. Ruvins Ferbers</b> <i>FMOF, Lāzeru centrs, LU</i>	<b>Divatomu molekulas – jaunie pavērsieni</b>	8
11.35–11.55	<b>Pētn. Tatjana Pladere</b> <i>FMOF, Optometrijas un redzes zinātnes nodaļa, LU</i>	<b>Cilvēka redzes sistēmas piedzīvojumi metaversā</b>	9
12.00–12.30	<b>Diskusija, plenārsēdes noslēgums</b>		

# Ģeofizika – lielas cerības raisoša robežzinātne

**Jānis Karušs**

Latvijas Universitāte, Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, Rīga, Latvija

[janis.karuss@lu.lv](mailto:janis.karuss@lu.lv)

LU Ģeoloģijas nodaļas pētnieki kopš 2010. gada veic sistemātiskus pētījumu ģeofizikas jomā. Atzīmējams, ka atsevišķi ģeofizikāli pētījumi ir tikuši veikti arī līdz 2010. gadam. Sākotnēji pētījumos plaši tika izmantots ģeoradars. Tas lielā mērā saistīts ar to, ka Ģeoloģijas nodaļas pētniekiem jau sākot ar pagājušā gadsimta astoņdesmitajiem gadiem ir bijusi cieša sadarbība ar ģeoradara iekārtu izstrādātājiem. Sākotnēji tika izmantotas eksperimentālas iekārtas, taču kopš pagājušā gadsimta deviņdesmitajiem gadiem tika nostiprināta sadarbība ar uzņēmumu “*Radar systems*”, kas izstrādā ģeoradaru Zond. Tomēr līdz pat 2015. gadam radiolokācijas metode bija vienīgā ģeofizikālā izpētes metode, kas tika aktīvi izmantota pētījumos.

Šobrīd Ģeoloģijas nodaļā ir izveidojusies pētnieku grupa, kas veic pētījumus ar visdažādākajām ģeofizikālajām izpētes metodēm – ģeoradaru, elektroizpētes iekārtu, magnetometru, gravimetru, kā arī tiek veikti seismoloģiskie pētījumi. Galvenie pētījumu virzieni saistāmi ar kūdras un smilšainu nogulumu izpēti, grunts piesārņojuma izpēti, kā arī glacioloģiskiem pētījumiem, kuros plaši tiek izmantots ģeoradars.

Uzmanība tiek pievērsta jautājumiem, kas šobrīd aktuāli ģeofizikas pētījumu jomā pasaulē. Piemēram, ģeoloģijas nodaļas pētnieki aktīvi iesaistās dažādu standartu izstrādē, kas apraksta ģeofizikālo metožu izmantošanas metodiku. Šāda metodikas standartizācija ir nepieciešama, lai būtu iespējams pilnībā integrēt ģeofizikālo metožu pielietošanu inženierģeoloģiskos, kā arī jebkāda cita veida ar būvniecību saistītos pētījumos.

*Pētījumi realizēti LU ĢZZF projekta “Cilvēku resursu piesaiste zinātnisko pētījumu attīstībai zemes un vides zinātnēs (Dabas resursu ilgtspējīga izmantošana klimata pārmaiņu kontekstā)” ietvaros.*

# Starp klimatu un hidroģeoloģiju, modeļiem un lauka novērojumiem

**Andis Kalvāns**

Latvijas Universitāte, Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte,  
Ģeoloģisko procesu izpētes un modelēšanas centrs, Rīga, Latvija

[andis.kalvans@lu.lv](mailto:andis.kalvans@lu.lv)

Ģeoloģisko procesu izpētes un modelēšanas centrs ir Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes, Ģeoloģijas nodaļas akadēmiska struktūrvienība (LU ĢZZF ĢPRMC) fundamentālu un lietišķu zinātnisku pētījumu organizēšanai un veikšanai ģeoloģisko procesu izpētes un modelēšanas jomā.

Centrs ir izveidots 2012. gadā, balstoties uz ESF projekta "Starpnozaru zinātnieku grupas un modeļu sistēmas izveide pazemes ūdeņu pētījumiem" zinātniskās grupas bāzes, sadarbībā ar LU FMOF Skaitliskās modelēšanas institūtu.

Centra darbības pamatkompetences ir ģeoloģiskā izpēte, lauka datu ievākšana, datu interpretācija, analīze un ekspertīze; fizikālo procesu modelēšana; hidroģeoloģiskā modelēšana (pazemes ūdeņu plūsmas, sastāvs, tā veidošanās, vielu pārnese) un ekspertīze; ūdens resursi un kvalitāte, tsk., ūdens stabilo izotopu metodes; liela apjoma dati. Pēdējo gadu galvenie pētniecības virzieni saistās ar pazemes ūdeņu un klimata mijiedarbību, kas protams, nesaraujami ir saistīti ar augsni un veģetāciju. 2020. gadā no atbildīgajām valsts institūcijām mēs, LU ĢZZF ĢPRMC, ieguvām pilnīgāko Igaunijas, Latvijas un Lietuvas pazemes ūdens līmeņa novērojumu datu bāzi. Precizētā datu kopa nodota LVĢMC. Šī jauniegūtā datu kopa pavēra jaunas pētniecības iespējas. Piemēram, tika attīstīta metodika ne tikai kā aizpildīt iztrūkstošās pazemes ūdens līmeņa novērojumu laika rindu vērtības ar mašīn-mācīšanās paņēmieniem, bet arī sistemātiski pareizi novērtēt šīs operācijas nenoteiktību. Tika konstatēts, ka apmēram ¼ daļai no visām pazemes ūdens novērojumu laik-rindām ūdens līmeni var samērā precīzi prognozēt, izmantojot samērā vienkāršus impulsa atbildes funkciju modeļus. Šajos modeļos ieejas dati ir nokrišņu daudzums un potenciālā iztvaikošana, ko, savukārt, iespējams aprēķināt no meteoroloģisko parametru kopas. Attiecīgi, šos robustos modeļus var izmanto, lai novērtētu pazemes ūdens apstākļus pagātnē un prognozētu pazemes ūdens līmeņu tendences nākotnē.

Balstoties uz sistemātiskiem lauka novērojumiem Kazugravā, tika izstrādāts arī konceptuālais modelis konkrētiem ģeoloģiskajiem apstākļiem, vietās, kur veidojas avoti, kas izgulsnē avotkaļķus. Ģeoloģiskie apstākļi arī nosaka, ka šajās vietās pazemes ūdens ir īpaši jutīgs pret lauksaimniecības radīto piesārņojumu. Konceptuālais modelis ļauj prognozēt šādu jutīgo teritoriju lokalizāciju, kā arī novērtēt pazemes ūdeņu piesārņojuma risku.

Tiek realizēta augsnes ūdens un aerācijas režīma lauka novērojumu kampaņa, kā arī veikti kontrolēti eksperimenti laboratorijas apstākļos, lai raksturotu meteoroloģisko apstākļu un ekosistēmas dinamikas ietekmi uz augsnes ūdens režīmu. Pētījums veikts mežos uz slapjām minerālaugsnēm, īpaši, analizējot ekstremālo laikapstākļu paliekošo ietekmi uz meža augšanas apstākļiem, kas īpaši svarīgi klimata pārmaiņu kontekstā.

Klimata pārmaiņu rezultātā Baltijas teritorijā ilgtermiņa nokrišņu trūkums un paaugstinātas gaisa temperatūras veicina gan redzamās jeb virszemes ūdeņu negatīvās izmaiņas, gan ūdens resursu samazināšanos pazemē. Pazemes sausums iestājas novēloti, bet tā ietekme saglabājas ilgāk, pētījumā identificējām, ka nozīmīgākie pazemes ūdens sausuma notikumi (1992.–1994., 1996.–1997., 2002.–2004. un 2005.–2007., kā arī kopš 2018.gada) novērojami visā Baltijas reģionā.

Pētījumu rezultāti ir pieejami Ģeoloģisko procesu izpētes un modelēšanas centra (LU ĢZZF ĢPRMC) mājas lapā, kā arī sociālajos portālos.

# Divi no FMOF SMI darbības virzieniem: augstās veiktspējas skaitļošana, silīcija kristālu audzēšanas modelēšana

**Kirils Surovovs, Jānis Virbulis**

Latvijas Universitāte, Fizikas, matemātikas un optometrijas fakultāte,

Skaitliskās modelēšanas institūts, Rīga, Latvija

[kirils.surovovs@lu.lv](mailto:kirils.surovovs@lu.lv)

Šī prezentācija sniedz īsu ieskatu divos no daudziem Skaitliskā Modelēšanas Institūta (SMI) darbības virzieniem.

Pirmkārt, tiek īsi aprakstīts SMI datorklasteris, kuru lieto SMI, FMOF, ĢZZF un citu LU institūciju pētnieki. Aprakstīta tā uzbūve un pieejamie resursi, kā arī lietošanas veidi (virtuālās mašīnas, ko lietotājs var izmantot līdzīgi kā personālo datoru; un HPC klasteris, kura lietošanai jāizmanto komandrinda, lai iesniegtu savu aprēķinu pārvaldības programmai). 2022. gada nogalē tika veikts paralēlo aprēķinu efektivitātes pētījums, un tā rezultāti tiek apkopoti šajā prezentācijā.

Otrkārt, tiek prezentētas aktualitātes silīcija kristālu audzēšanas modelēšanas jomā. Tiek aprakstīta pjedestāla metode, par kuru pērn tika iesniegts promocijas darbs. Šī metode ir mazāk izpētīta nekā citas (peldošas zonas, Čohralska, virzītās kristalizācijas), tāpēc eksperimentālās iekārtas izveidošanai ir jāpārvar vairāki izaicinājumi. Ar skaitliskās modelēšanas palīdzību parādīts, ka ar pjedestāla metodi ir iespējams izaudzēt Si kristālus ar diametru līdz 100 mm. Lai to panāktu, tiek optimizēta augstfrekvences induktora forma un izstrādāts algoritms, kas paredz papildus nepieciešamās sildīšanas jaudas pievadīšanu audzēšanas procesa sākumā.

Cita pētījuma ietvaros modelēts piemaisījumu sadalījums Si kristālos. Izmantojot iepriekš izstrādātas programmas tika iegūta fāzu robežu forma, elektromagnētiskā lauka sadalījums, kausējuma plūsma un piemaisījumu sadalījums kausējumā. Piemaisījumu sadalījumu kristālā modelēšanai tika izstrādāta un izmantota papildus programma. Šā pētījuma rezultāti 2022. gada decembrī nokļuva uz zinātniskā žurnāla *Crystals* vāka.

# Zinātniskie pētījumi LU FMOF Statistisko pētījumu un datu analīzes laboratorijā

**Jānis Valeinis**

Latvijas Universitāte, Fizikas, matemātikas un optometrijas fakultāte,  
Statistisko pētījumu un datu analīzes laboratorija, Matmātikas nodaļa, Rīga, Latvija

[janis.valeinis@lu.lv](mailto:janis.valeinis@lu.lv)

Latvijas Universitātes (LU) Fizikas, matemātikas un optometrijas fakultātes (FMOF) Statistisko pētījumu un datu analīzes laboratorijas (SPDAL) zinātniskie pētījumi saistās ar lietišķiem un fundamentāliem projektiem gan matemātiskajā statistikā, gan datu zinātnē.

SPDAL jauno zinātnieku un doktorantu pētījumi analizē empīriskās ticamības funkcijas teorētiskās īpašības un tās pielietojamību lietišķos pētījumos. Neparametrisku un robustu statistisko metožu pielietojums spēlē nozīmīgu lomu, it sevišķi medicīniskajā statistikā, kad tipiski izlašu apjomi nav pārāk lieli. Empīriskā ticamības funkcija ir neparametriska metode, kurai piemīt sekojošas priekšrocības: 1) netiek pieņemti parametriski nosacījumi par datu sadalījumu; 2) ticamības intervāli ir asimetriski; 3) tai ir iespējama Bārtleta korekcija. Šo metodi var izmantot daudzu svarīgu problēmu risināšanā matemātiskajā statistikā: vidējo, mediānu un kvantiļu salīdzināšanai, ANOVA metodei, dažādiem regresiju modeļiem utt. Lai gan šai metodei ir daudz priekšrocību salīdzinājumā ar klasiskajām metodēm, tomēr tā nav plaši pazīstama starpnozaru pētniekiem.

Prezentācijas mērķis ir informēt par jaunākiem pētījumiem, kā arī popularizēt empīriskās ticamības funkcijas metodi zinātnieku un pētnieku vidū. Konkrētāk, šajā prezentācijā mēs pārskatīsim dažus jaunus rezultātus: 1) gludi nošķeltu vidējo vērtību, kas uzlabo klasisko nošķelto vidējo vērtību; 2) divu izlašu empīrisko ticamības funkcijas metodi maiņas punktu noteikšanā; 3) Bārtleta korekcijas divu izlašu gadījumā.

# Kāpēc fiziķi pirmie Latvijā atrada magnetotaktiskās baktērijas?

**Māra Šmite\*, Guntars Kitenbergs**

Latvijas Universitāte, Fizikas, matemātikas un optometrijas fakultāte,  
Magnētisku Mīkstu Materiālu Laboratorija, Fizikas nodaļa, Rīga, Latvija

[\\*mara.smite@lu.lv](mailto:*mara.smite@lu.lv)

Viena no Magnētisku Mīkstu Materiālu Laboratorijā (MMML) pētītajām tēmām ir aktīvas vides – sistēmas, kas sastāv no enerģiju patērējošiem kustīgiem elementiem. Viena no tādām ir magnetotaktiskas baktērijas (MTB). MTB ir mikroorganismu klase, kas ir īpaša ar to šūnās ieslēgtiem magnētiskiem minerāliem, kuri baktērijai palīdz orientēties zemes magnētiskā lauka virzienā. MMML vēsturiski ir pētījusi MTB uzvedību, pakļaujot tās mākslīgi radītiem magnētiskiem laukiem, veicot novērojumus un pārbaudot teorētiskos modeļus. Tomēr laboratorijās ir iespējama tikai dažu MTB sugu kultivēšana, kas ir sarežģīts un laikietilpīgs process, tādēļ mēs nolēmām sarīkot ekspedīciju ar mērķi sagūstīt Latvijas dabā esošās magnetotaktiskās baktērijas.

2022. gada vasarā tika ievākti paraugi vairākās Pierīgas ūdenskrātuvēs, ar īpašu procedūru no ūdens atlasītas magnētiskas baktērijas, un paraugi apskatīti izmantojot mikroskopu. Lai pārliecinātos, ka paraugos atrastās baktēriju šūnas satur magnētiskas daļiņas, paraugs tika ievietots mainīgā magnētiskā laukā – ja baktērija ir magnetotaktiska, tad tās kustība seko lauka virzienam. Ūdens paraugos, kas tika ievākti Lielupes deltā, tika atrastas un nofilmētas Latvijā pirmās zināmās magnetotaktiskās baktērijas.

Mūsu atklājums ieguva manāmu rezonansi nacionāla mēroga ziņās, ko ar prieku izmantojām, lai stāstītu par mūsu zinātniskajiem mērķiem – uzlabot daļiņu plūsmas ātruma mērīšanas metodes mikroskopiskos mērogos, ar mērķi eksperimentāli attēlot plūsmu laukus gan ap magnetotaktiskām baktērijām, gan sintētiskiem mikropeldētājiem, kas nākotnē var tikt pielietoti efektīvu mikro- un nanorobotu izveidē.

*Pateicības: Pētījumu finansē Latvijas Zinātnes padome, projekts A4Mswim, projekta Nr. Izp-2021/1-0470, Latvijas-Francijas bilaterālās sadarbības programmas "Osmoze" projekts nr. LV-FR/2022/3. Izsakām pateicību Francijas kolēģiem CEA BIAM institūtā Dr. Damien Faivre grupā.*

*Atslēgas vārdi: magnetotaktiskas baktērijas, mikropeldētājs, aktīvā vide, plūsmas ātruma lauks, PIV.*



# Divatomu molekulas – jaunie pavērsieni

Ruvins Ferbers

Latvijas Universitāte, Fizikas, matemātikas un optometrijas fakultāte,  
Lāzeru centrs, Rīga, Latvija

[ruvins.ferbers@lu.lv](mailto:ruvins.ferbers@lu.lv)

Runājot par pamatelementiem, parasti tiek domāti atomi, no kuriem vienkāršākās optiskās īpašības ir ūdeņraža vai ūdeņraža grupas (sārnu metālu) atomiem. Tiem raksturīgs samērā vienkāršs emisijas spektrs, piemēram, mēs redzam, ka nātrija atomi ielu lampās izstaro dzeltenas rezonanses līnijas.

Runājot par divatomu molekulām, no kurām vienkāršākais piemērs ir H<sub>2</sub>, parādās jaunas iespējas – atomi svārstās (kā ‘atsperes’), un vienlaicīgi molekula rotē (kā ‘hantele’). Tas noved pie neticami milzīga skaita papildu spektrālo līniju, kuras ir jāreģistrē, jāatšifrē un jāapstrādā, lai aprakstītu molekulas struktūru un dinamiku. Jauns pavērsiens saistīts ar to, ka ar lāzeru palīdzību izdevās atdzesēt šos atomus līdz temperatūrai, kas tikai par vienu miljardo grāda daļu atšķiras no absolūtās nulles – tas ir daudz zemāk nekā kosmiskā telpā, tādējādi iegūstot Bozes-Einšteina kondensātu retinātā gāzē.

Nākošais izaicinājums ir iegūt ‘superaukstas’ divatomu molekulas. Tas ir daudz sarežģītāk, it īpaši, lai panāktu ‘iesaldētas’ svārstības un rotācijas kustību, ar iespējam tās izmantot, piemēram, kā kvantu datoru elementus.

LU FMOF Lāzeru centra Molekulu optiskās polarizācijas laboratorijā tika veikti pētījumi, kuros noteiktas molekulu stāvokļu enerģijas ar precizitāti labāk nekā 10<sup>-7</sup>. Tas tika īstenots, veicot augstas izšķiršanas (ap 0,01 cm<sup>-1</sup>) lāzeru fluorescences spektra mērījumus un nosakot potenciālo enerģiju līknes, kā arī pāreju intensitātes molekulās, kas satur smagāku sārnu atomu, proti, KRb, KCs, RbCs un NaCs, kā arī Rb<sub>2</sub> un Cs<sub>2</sub>. Šie pētījumi dod iespēju konstruēt molekulu stāvokļu potenciālās enerģijas līknes ar tādu precizitāti, kas ļauj piemeklēt optimālās lāzeru frekvences optiskiem cikliem un novērtēt attiecīgo pāreju intensitātes ar mērķi iegūt aukstas molekulas zemākajā kvantu stāvoklī.

*Pateicības: Pētniecība tika veikta LZP projekta Nr. Izp-2018/0020 ietvaros.*

*Atslēgas vārdi: divatomu molekulas, augstas izšķiršanas spektroskopija, ar lāzeriem inducētā fluorescence.*

# Redzes sistēmas piedzīvojumi metaversā

**Tatjana Pladere**

Latvijas Universitāte, Fizikas, matemātikas un optometrijas fakultāte,

Optometrijas un redzes zinātnes nodaļa, Rīga, Latvija

[tatjana.pladere@lu.lv](mailto:tatjana.pladere@lu.lv)

Pasaulē arvien vairāk runā par digitālo transformāciju, kuras rezultātā cilvēks varēs studēt, strādāt un vienkārši dzīvot metaversā, kas ir digitālā 3D vide. Metaversa atbalstītāji apgalvo, ka tādā veidā cilvēki varēs veikt darbu efektīvāk, apgūt vairāk un dzīvot aizraujošāk nekā šobrīd. Jāpiebilst, ka metaversa pieredze tiks nodrošināta, izmantojot virtuālās un papildinātās realitātes tehnoloģijas.

Līdz metaversam vēl ceļš ejams, taču jau šobrīd var redzēt, ka virtuālās un papildinātās realitātes tehnoloģijas piedāvā regulāri izmantot ikdienā ne tikai izklaidei, bet arī mācībām un darbam. Ko tas nozīmēs cilvēka redzes sistēmai? Mūsdienās plaši pieejamu virtuālās un papildinātās realitātes tehnoloģiju izmantošana izaicina redzes sistēmu un ilgtermiņa sekas nav zināmas. Turklāt no redzes zinātnes viedokļa ir svarīgi atcerēties, ka šīs ierīces ir izstrādātas cilvēkiem ar normālu redzi. Tādēļ pagaidām paliek atklāti jautājumi – cik iekļaujošs būs metaverss un kā izmantot virtuālās un papildinātās realitātes tehnoloģijas, nekaitējot savai veselībai?

Ceļā uz metaversu ir svarīgi ņemt vērā redzes individuālās īpatnības, spējas, vajadzības un atbilstoši pilnveidot tehnoloģijas. Tādēļ Optometrijas un redzes zinātnes nodaļā tiek pētīts, kā cilvēka redzes sistēma darbojas virtuālajā un papildinātajā realitātē. Kopumā tas ļaus izveidot metodi, kuru būs iespējams lietot, lai noteiktu tehnoloģijas un cilvēka “saderību”. Prezēntācijā tiks atspoguļoti Optometrijas un redzes zinātnes nodaļā veikto pētījumu rezultāti un nākotnes plāni.

*Pateicības: Pētniecība tiek atbalstīta Latvijas Zinātņu padomes projekta Nr. Izp-2021/1-0399 “Inovātīvo 3D displeju vizuālās efektivitātes un ergonomiskuma novērtēšanas vadlīniju izstrāde” ietvaros.*

*Atslēgas vārdi: metaverss, virtuālā realitāte, papildinātā realitāte, 3D, redzes sistēma.*