



©

Atbildīgais par publicēšanu
Ginta Greble



<https://www.lu.lv/zinatne/projekti/eiropas-savienibas-strukturfondi/>

Ilgums
05/2025 - 05/2028

Kopējais budžets
656 455,00 EUR

ES finansējums
510 065,53 EUR

Kompakta multisensoriskā kvantu magnetometra izstrāde uz CMOS matricas pamata telplaika izšķirtiem mērījumiem

Projekts Nr. 1.1.1.3/1/24/A/ 166

Projekta mērķis ir uz CMOS matricas pamata izstrādāt un eksperimentāli pārbaudīt kompakto slāpekļa vakances magnetometru, kas izmanto gaismas avotus un fotonu detektorus ar lineāriem izmēriem mazākiem par vienu centimetru un ar zemu enerģijas patēriņu. Kad šādu sensoru varēs izmantot ārpus laboratorijas, to varēs pielietot ģeoloģijā, navigācijā un rūpniecībā. Projektā tiks veikti elektronikas un kvantu sensoru mijiedarbības sistemātiski mērījumi un analīze, lai izstrādātu attīstības plānu šīs jaunās tehnoloģijas optimizācijai.



Līdzfinansē
Eiropas Savienība



Nacionālais
attīstības plāns



LATVIJAS
UNIVERSITĀTE



Līdzfinansē
Eiropas Savienība



1.1.1.3. pasākums “Praktiskas ievirzes pētījumi” 1. kārtā

Projekta nosaukums: Kompakta multisensoriskā kvantu magnetometra izstrāde uz CMOS matricas pamata telplaika izšķirtiem mērījumiem

Projekta līguma numurs: 1.1.1.3/1/24/A/166

Projekta partneri: SIA “AGL Technologies”, SIA “Romove”

Projekta īstenošanas termiņš: 22.05.2025. - 21.05.2028. (36 mēneši)

Projekta kopējais finansējums: 656 455.00 EUR (ERAF 510 065.53 EUR; Valsts budžeta finansējums 89 934.33 EUR; privātais finansējums 56 455.14 EUR, t.sk. LU budžeta finansējums 14 179.45, ieguldījums natūrā - LU 19 693.65 EUR, SIA “Romove” 11 291.02 EUR)

Projekta zinātniskais vadītājs: LU Eksakto zinātņu un tehnoloģiju fakultātes Lāzeru centra vadošais pētnieks Ilja Feščenko

Projekta administratīvā vadītāja: Ginta Greble, e-pasts: ginta.greble@lu.lv

Projekta mērķis ir izstrādāt un eksperimentāli pārbaudīt kompakto NV magnetometru, kas izmanto gaismas avotus un fotonu detektorus ar lineāriem izmēriem mazākiem par vienu centimetru un ar zemu enerģijas patēriņu. Tiks izmantota oriģināla pieeja, kurā kompakts NV magnetometrs ir tieši uzbūvēts uz CMOS attēlošanas matricas pamata. Kad šādu sensoru varēs izmantot ārpus laboratorijas, to varēs pielietot ģeoloģijā, navigācijā un rūpniecībā.

Projekta rezultāti:

- 1) 8 datu kopas ar mērījumu un aprēķinu rezultātiem;
- 2) 3 zinātnisko darbu oriģinālpublikācijas par trīs apakšdarbību rezultātiem;
- 3) 2 produktu/tehnoloģiju prototipi: kvantu sensors ar dziļo NV centru slāni un multisensoriskais kvantu magnetometrs;
- 4) 1 LV patenta pieteikums: kompakts multisensoriskais kvantu magnetometrs;
- 5) 1 Licences līgums.

Galvenās projekta darbības rūpniecisko pētījumu ietvaros:

1. Dimanta kvantu sensoru ar dažāda dziļuma NV centru slāņiem izstrāde un testēšana.
2. Telpā izšķirtas magnētiskā lauka detektēšanas pētījumi laboratorijas apstākļos.
3. Kompaktā multisensoriskā kvantu magnetometra uzbūve un testēšana



Līdzfinansē
Eiropas Savienība



Nacionālais
attīstības plāns

Projekta zinātnisko rezultātu pārskats

Atskaites periods Nr. 1.
(22.05.2025. - 21.08.2025.)

Projekta darbības un paveiktais dotajā atskaites periodā:

Darbība 2.d1. Dimanta kvantu sensoru ar dažāda dziļuma NV centru slāņiem izstrāde un testēšana

Pētījumu komanda veica literatūras izpēti un analīzi par slāpekļa vakances (NV) centriem. Tika projektētas trīs NV sensoru membrānas ar dažādu NV slāņu dziļumu. Uzsākta NV centru skaitliskā modelēšana Wolfram Mathematica vidē.

Darbība 2.d2. Telplaikā izšķirtas magnetiskā lauka detektēšanas pētījumi laboratorijas apstākļos

Veikta literatūras analīze par telplaikā izšķirta magnētiskā lauka detektēšanu. Uzsākta NV iekārtas sagatavošana telplaikā izšķirtu magnētiskā lauka mērījumu veikšanai.

Darbība 2.d3. Kompaktā multisensoriskā kvantu magnetometra uzbūve un testēšana

Darbība vēl nav uzsākta. Darbību plānots uzsākt 2026. gada 4. ceturksnī.

Darbība 3. No projekta ietvaros veiktās pētniecības darbības izrietošo tehnoloģiju tiesību (nemateriālo aktīvu) iegūšana, apstiprināšana un aizstāvēšana.

Darbība vēl nav uzsākta. Darbību plānots uzsākt 2026. gada 4. ceturksnī.

Darbība 4. Projekta ietvaros radīto zināšanu izplatīšana mācību, publikāciju vai zinātnības un tehnoloģiju pārneses veidā.

Tika veikta literatūras izpēte un analīze. Tiek gatavoti melnraksti projekta publikācijām.

Darbība 5. Komunikācijas un vizuālās identitātes prasību nodrošināšanas pasākumi

Pētījuma apraksti izveidoti projekta dalībnieku mājas lapās:

- 1) LU mājas lapa <https://www.lu.lv/zinatne/projekti/eiropas-savienibas-strukturfondi/eraf-projekti/1113-pasakums-praktiskas-ievirzes-petijumi-1-karta/kompakta-multisensoriska-kvantu-magnetometra-izstrade-uz-cmos-matricas-pamata-telplaika-izskirti-merijumiem/> , LU EZTF mājas lapa <https://eztf.lu.lv/petnieciba/projekti-un-programmas/projekti/fizika-un-astronomija/kompakta-multisensoriska-kvantu-magnetometra-izstrade-uz-cmos-matricas-pamata-telplaika-izskirti-merijumiem> ;
- 2) SIA AGL Technologies mājas lapa - <https://www.agltechnologies.lv/project-5.php> ;
- 3) SIA Romove mājas lapa - <https://romove.lv>



Līdzfinansē
Eiropas Savienība



2027
Nacionālais
attīstības plāns

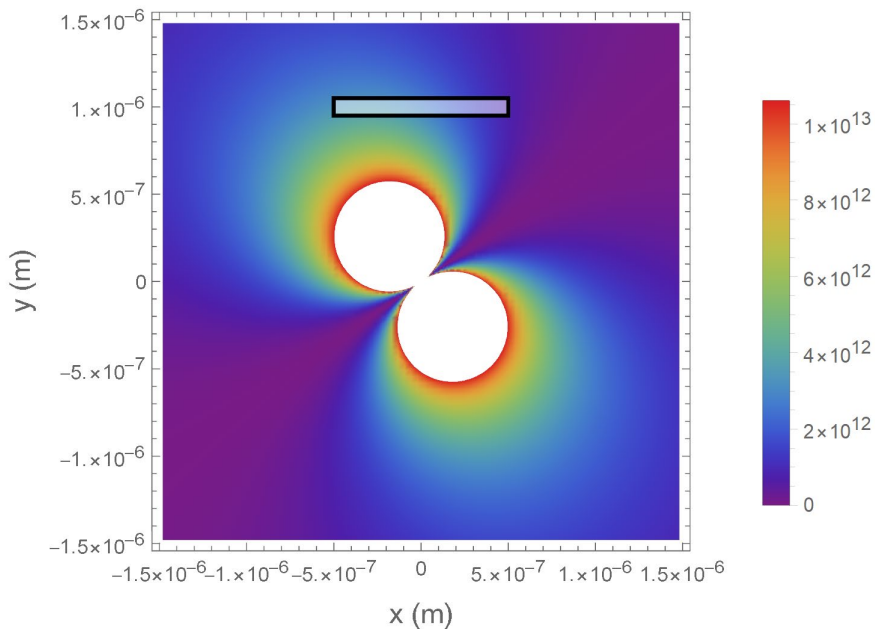
Projekta zinātnisko rezultātu pārskats

Atskaites periods Nr. 2.
(22.08.2025. - 21.11.2025.)

Projekta darbības un paveiktais dotajā atskaites periodā:

Darbība 2.d1. Dimanta kvantu sensoru ar dažāda dziļuma NV centru slāņiem izstrāde un testēšana

Pētījumu komanda veica literatūras izpēti un analīzi par slāpekļa vakances (NV) centriem. Wolfram Mathematica vidē tika modelēta dipola starojuma izplatīšana dažādos leņķos un starojumu plūsma uz detektoriem.



Attēls 1. Dipola starojuma intensitātes karte.

Tika pabeigta trīs NV sensoru membrānu izgatavošana ar dažādu NV slāņu dziļumu. Tās kopā ar divām jau esošām membrānām tika sagatavotas turpmāko pētījumu veikšanai. Tika veikta NV raksturošanas iekārtas pielāgošana darbībai impulsu režīmā. Optiskā shēma tika pielāgota akustooptiskā modulatora integrēšanai lāzera impulsu režīmam.

Darbība 2.d2. Telplaikā izšķirtas magnētiskā lauka detektēšanas pētījumi laboratorijas apstākļos

Veikta literatūras analīze par telplaikā izšķirta magnētiskā lauka detektēšanu. Turpinājās darbi pie NV raksturošanas iekārtas sagatavošanas telplaikā izšķirtu magnētiskā lauka mērījumu veikšanai. Tika analizēta esošās optiskās sistēmas veiktspēja (ierosmes laukuma izmērs, intensitāte un vienmērīgums), kā arī izplānota un uzsākta tās uzlabošana un optimizācija.

Darbība 2.d3. Kompaktā multisensoriskā kvantu magnetometra uzbūve un testēšana

Darbība vēl nav uzsākta. Darbību plānots uzsākt 2026. gada 4. ceturksnī.

Darbība 3. No projekta ietvaros veiktās pētniecības darbības izrietošo tehnoloģiju tiesību (nemateriālo aktīvu) iegūšana, apstiprināšana un aizstāvēšana.

Darbība vēl nav uzsākta. Darbību plānots uzsākt 2026. gada 4. ceturksnī.

Darbība 4. Projekta ietvaros radīto zināšanu izplatīšana mācību, publikāciju vai zinātnības un tehnoloģiju pārneses veidā.

Tika veikta literatūras izpēte un analīze. Tiek gatavoti melnraksti projekta publikācijām.

Tika publicētas divas publikācijas, kas tiek indeksētas SCOPUS:

- 1) Saleh Ziabari, M., Mosavian, N., Fescenko, I., Silani, Y., Richards, B. A., Berzins, A., Aiello, M. D., Lidke, K. A., Jarmola, A., Smits, J., & Acosta, V. M. (2025). Earth's field diamond vector magnetometry with isotropic magnetic flux concentrators. *Physical Review Research*, 7(4), 043044. <https://doi.org/10.1103/bwm1-hw59>
- 2) Jani, M., Barhum, H., Alnis, J., Attrash, M., Amro, T., Bar-Gill, N., Salgals, T., Ginzburg, P., & Fescenko, I. (2025). Quantum Diamond Microscopy of Individual Vaterite Microspheres Containing Magnetite Nanoparticles. *Nanomaterials*, 15(15), 1141. <https://doi.org/10.3390/nano15151141>

Darbība 5. Komunikācijas un vizuālās identitātes prasību nodrošināšanas pasākumi

Pētījuma progressa ziņojumi izvietoti projekta dalībnieku mājas lapās:

- 1) LU mājas lapa <https://www.lu.lv/zinatne/projekti/eiropas-savienibas-strukturfondi/eraf-projekti/1113-pasakums-praktiskas-ievirzes-petijumi-1-karta/kompakta-multisensoriska-kvantu-magnetometra-izstrade-uz-cmos-matricas-pamata-telplaika-izskirti-merijumiem/> , LU EZTF mājas lapa <https://eztf.lu.lv/petnieciba/projekti-un-programmas/projekti/fizika-un-astronomija/kompakta-multisensoriska-kvantu-magnetometra-izstrade-uz-cmos-matricas-pamata-telplaika-izskirti-merijumiem> ;
- 2) SIA AGL Technologies mājas lapa - <https://www.agltechnologies.lv/project-5.php> ;
- 3) SIA Romove mājas lapa - <https://romove.lv>



Līdzfinansē
Eiropas Savienība



Nacionālais
attīstības plāns

Projekta zinātnisko rezultātu pārskats

Atskaites periods Nr. 3.
(22.11.2025. - 21.02.2026.)

Projekts: Nr. 1.1.1.3/1./24/A/166 “Kompakta multisensoriskā kvantu magnetometra izstrāde uz CMOS matricas pamata telpaizšķirtiem mērījumiem”.

Projekta realizētāji: Latvijas Universitāte (vadošais partneris), SIA AGL TECHNOLOGIES (partneris), SIA Romove (partneris).

Projekta mērķis ir: Projekta mērķis ir izstrādāt līdz TRL4 līmenim kompakto Multisensorisko Kvantu Magnetometru (MKM), kurā tiek izmantoti Slāpekļa-Vakances (NV) centru slāņi dimantā. Unikāla NV magnētisko sensoru priekšrocība ir augstā telpiskā izšķirtspēja. NV sensori tiek plaši pētīti magnētiskās uztveršanas un attēlošanas pielietojumos. Tomēr NV magnetometri ir šobrīd dārgas laboratorijas ierīces, kas uzstādītas uz optiskajiem galdiem un patērē simtiem vatu, lai sasniegtu augstu jutību. Projekta pētnieciskais mērķis ir eksperimentāli pierādīt, ka kompakta NV sensoru integrācija ar CMOS un LED matricām ir ne tikai iespējama, bet arī nodrošinās multisensēšanu, kas ievērojami palielinās magnetometra veiktspēju. Turklāt mūsu MKM, kas izmantos patērētāju elektronikas klases fotonu izstarotāju un uztveršanas ierīces ar lineāriem izmēriem mazākiem par vienu centimetru, sasniegs ievērojami augstāku energoefektivitāti salīdzinājumā ar esošajiem NV magnetometriem. Tas, kopā ar NV sensoru vienkāršību un noturību, mūsu redzējumā padarīs MKM par vadošo tehnoloģiju vāju magnētisko lauku detektēšanai, kas pašlaik ir ļoti pieprasīta ģeoloģijā, navigācijā un vides aizsardzībā.

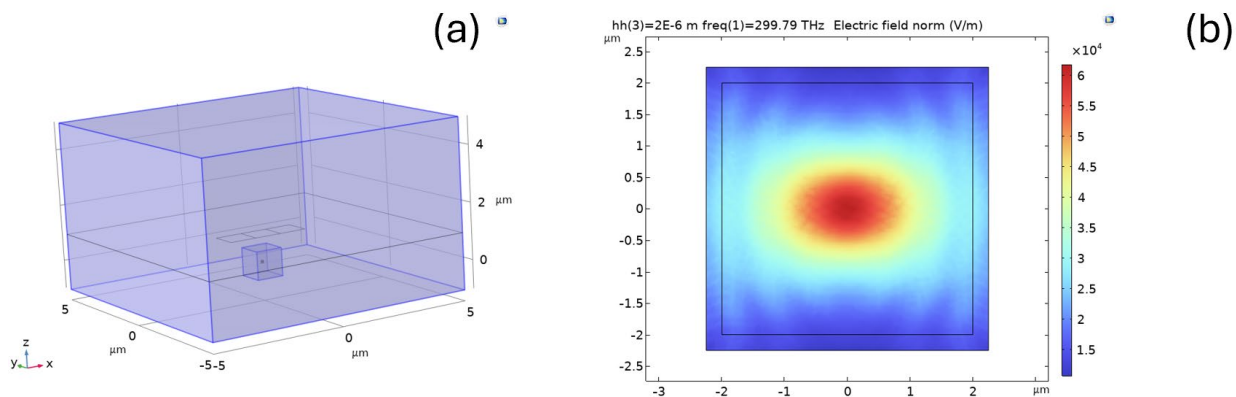
Projekta darbības un paveiktais dotajā atskaites periodā:

Darbība 2.d1. Dimanta kvantu sensoru ar dažāda dziļuma NV centru slāņiem izstrāde un testēšana

NV laboratorijas iekārta tika gatavota impulsu magnetometrijas mērījumiem. Tika atjaunota un pārbaudīta LabVIEW programmatūra Rabi, T1 un Hahn Echo mērījumu veikšanai. Mikroviļņu un lāzera jauda tika optimizēta, lai nodrošinātu maksimālu jutību. Uzsākti pirmā parauga raksturošanas mērījumi.

COMSOL Multiphysics programmā veikta skaitliskā modelēšana par dipola starojuma izplatīšanos 3D vidē. Iegūti un analizēti dati par starojuma plūsmas attēliem uz detektoriem (tiek

modelēta CCD matrica) dažādā attālumā no kristāla virsmas, kur atrodas dipols (piemēru skat. Attēls 1). Tāpat pētīti starojuma plūsmas attēli uz detektoriem pie dažādām dipola ass konfigurācijām.



Attēls 1. Dipola starojuma modelēšana COMSOL Multiphysics programmā. (a) Dipola starojuma 3D modelēšanas ģeometrija. (b) Dipola starojuma intensitātes attēls 2 μm attālumā no xy plaknes, uz kuras atrodas dipola starotājs.

Darbība 2.d2. Telplaikā izšķirtas magnetiskā lauka detektēšanas pētījumi laboratorijas apstākļos

Tika veiktas NV raksturošanas iekārtas sagatavošana telplaikā izšķirtu magnētiskā lauka mērījumu veikšanai. Iekārta tika pārbūvēta tā, lai būtu iespējams elastīgi pārslēgties starp magnētiskās attēlošanas eksperimentiem un impulsu magnetometriju, nezaudējot kvalitāti. Tika identificēti sistēmas vājie posmi un uzsākts darbs to uzlabošanai.

Darbība 2.d3. Kompaktā multisensoriskā kvantu magnetometra uzbūve un testēšana

Darbība vēl nav uzsākta. Darbību plānots uzsākt 2026. gada 4. ceturksnī.

Darbība 3. No projekta ietvaros veiktās pētniecības darbības izrietošo tehnoloģiju tiesību (nemateriālo aktīvu) iegūšana, apstiprināšana un aizstāvēšana

Darbība vēl nav uzsākta. Darbību plānots uzsākt 2026. gada 4. ceturksnī.

Darbība 4. Projekta ietvaros radīto zināšanu izplatīšana mācību, publikāciju vai zinātnības un tehnoloģiju pārneses veidā

Tika veikta literatūras izpēte un analīze. Tiek gatavoti melnraksti projekta publikācijām.



Līdzfinansē
Eiropas Savienība



Projekta zinātnisko rezultātu pārskats

Atskaites periods Nr. 4.
(22.02.2026. - 21.05.2026.)

Projekts: Nr. 1.1.1.3/1./24/A/166 “Kompakta multisensoriskā kvantu magnetometra izstrāde uz CMOS matricas pamata telpaika izšķirtiem mērījumiem”.

Projekta realizētāji: Latvijas Universitāte (vadošais partneris), SIA AGL TECHNOLOGIES (partneris), SIA Romove (partneris).

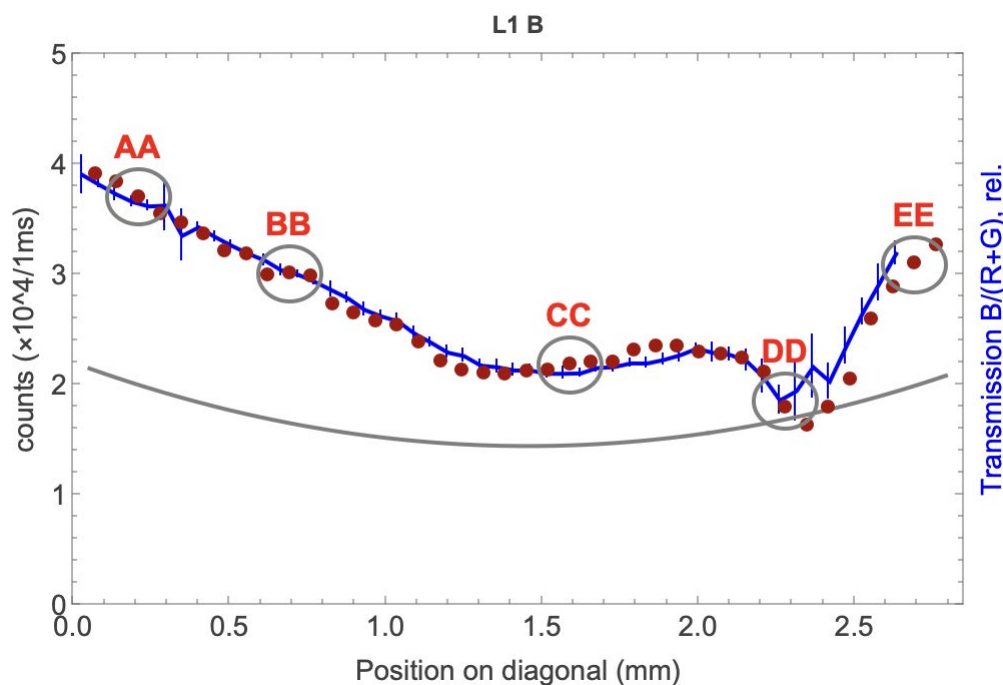
Projekta mērķis ir: Projekta mērķis ir izstrādāt līdz TRL4 līmenim kompaktu Multisensorisko Kvantu Magnetometru (MKM), kurā tiek izmantoti Slāpekļa-Vakances (NV) centru slāņi dimantā. Unikāla NV magnētisko sensoru priekšrocība ir augstā telpiskā izšķirtspēja. NV sensori tiek plaši pētīti magnētiskās uztveršanas un attēlošanas pielietojumos. Tomēr NV magnetometri ir šobrīd dārgas laboratorijas ierīces, kas uzstādītas uz optiskajiem galdiem un patērē simtiem vatu, lai sasniegtu augstu jutību. Projekta pētnieciskais mērķis ir eksperimentāli pierādīt, ka kompakta NV sensoru integrācija ar CMOS un LED matricām ir ne tikai iespējama, bet arī nodrošinās multisensēšanu, kas ievērojami palielinās magnetometra veiktspēju. Turklāt mūsu MKM, kas izmantos patērētāju elektronikas klases fotonu izstarotāju un uztveršanas ierīces ar lineāriem izmēriem mazākiem par vienu centimetru, sasniegs ievērojami augstāku energoefektivitāti salīdzinājumā ar esošajiem NV magnetometriem. Tas, kopā ar NV sensoru vienkāršību un noturību, mūsu redzējumā padarīs MKM par vadošo tehnoloģiju vāju magnētisko lauku detektēšanai, kas pašlaik ir ļoti pieprasīta ģeoloģijā, navigācijā un vides aizsardzībā.

Projekta darbības un paveiktais dotajā atskaites periodā:

Darbība 2.d1. Dimanta kvantu sensoru ar dažāda dziļuma NV centru slāņiem izstrāde un testēšana

Ir veikta trīs dimanta paraugu ar G-slāņiem pilnīga raksturošana. Katram paraugam gar tā diagonālēm tika izvēlēti 10 mērījumu punkti, kuros tika noteikti 10 dažādi parametri un to mērījumu nenoteiktības. Mērījumi ietvēra vairākus relaksācijas laikus, lādiņa stāvokļu un slāpekļa koncentrāciju, kā arī optiski detektējamās magnētiskās rezonanses (ODMR) līniju platumus un kontrastus. Lai maksimāli palielinātu iegūto datu informatīvo vērtību, kā arī precīzi identificētu un raksturotu katra parametra nenoteiktību, iepriekš tika izstrādātas specializētas mērījumu un datu

apstrādes procedūras. Nākamajos darba posmos plānots veikt mērījumus papildu paraugiem ar virsmas NV (slāpekļa-vakances) slāņiem, kas kalpos kā references sistēma G-slāņu paraugu analīzei. Visi iegūtie rezultāti tiek apkopoti strukturētā datubāzē, kas nodrošinās paraugu salīdzināšanu un būs publiski pieejama. Veiktie mērījumi jau šobrīd apliecina izteikti heterogēnu dimantu uzvedību viena kristāla ietvaros. No vienas puses, šī telpiskā mainība sniedz zinātniski augstvērtīgu un bagātīgu informāciju, taču, no otras puses, tā norāda, ka pat identiski apstrādātus sensorus nevar uzskatīt par viendabīgām struktūrām. Tas viennozīmīgi pieprasa veikt to precīzu individuālo raksturošanu pirms tālākas integrēšanas sistēmās.



Ir noslēgusies mikroviļņu antenas ģeometrijas modelēšana kvantu dubultrezonanses mērījumu nodrošināšanai, un modelēšanas rezultāti ir apkopoti datubāzē turpmākai analīzei.

Darbība 2.d2. Telpiskā izšķirtas magnetiskā lauka detektēšanas pētījumi laboratorijas apstākļos

Ir izmērīti un noteikti optimālie jaudas un impulsa ilguma parametri NV attēlošanas sistēmas darbībai. Turpinās darbs pie sistēmas uzlabošanas un pārejas uz Teledyne zinātniskās kameras izmantošanu, kas nodrošinās iespēju elastīgi mainīt datu nolasīšanas parametrus. Tāpat ir veikta atsevišķu NV sensoru 2D ODMR parametru sākotnējā kartēšana un attiecīgo metodiku izstrāde. Apjomīgākie pamatmērījumi tiks uzsākti uzreiz pēc tam, kad pilnībā noslēgsies 2d1 darba pakotnes mērījumi.

Darbība 2.d3. Kompaktā multisensoriskā kvantu magnetometra uzbūve un testēšana

Darbība vēl nav uzsākta. Darbību plānots uzsākt 2026. gada 4. ceturksnī.

Darbība 3. No projekta ietvaros veiktās pētniecības darbības izrietošo tehnoloģiju tiesību (nemateriālo aktīvu) iegūšana, apstiprināšana un aizstāvēšana

Darbība vēl nav uzsākta. Darbību plānots uzsākt 2026. gada 4. ceturksnī.

Darbība 4. Projekta ietvaros radīto zināšanu izplatīšana mācību, publikāciju vai zinātības un tehnoloģiju pārneses veidā

Tika veikta literatūras izpēte un analīze. Tiek gatavoti melnraksti projekta publikācijām.