



**VILNIAUS UNIVERSITETAS  
CHEMIJOS IR GEOMOKSLŲ FAKULTETAS  
KARTOGRAFIJOS IR GEOINFORMATIKOS KATEDRA**

**Jovita Sinkevičiūtė**

**LIDAR DUOMENŲ TAIKYMAS PARTIZANINIŲ KOVŲ PAVELDO  
OBJEKTŲ LIETUVOJE TYRIMAMS**

**APPLICATION OF LIDAR DATA FOR RESEARCH ON HERITAGE  
SITES OF PARTISAN WARFARE IN LITHUANIA**

**Baigiamasis magistro darbas**

**Studijų programa – Kartografija**

**Vadovas: doc. dr. Andrius Balčiūnas  
Konsultantas: prof. dr. Vykintas Vaitkevičius**

**Vilnius 2024**

**Sinkevičiūtė J.** LiDAR duomenų taikymas partizaninių kovų paveldo objektų Lietuvoje tyrimams. Vilnius: VU, 2024.

**Anotacija.** LiDAR nuotolinių tyrimų metodas (toliau – LiDAR), kurio pagalba kuriami detalūs žemės paviršiaus modeliai, ir GIS technologijos užima svarbų vaidmenį šiuolaikinėje archeologijoje atliekant naujų, dar nežinomų objektų paiešką, ypač atokiose, miškingose ar sunkiau pasiekiamose teritorijose. Šiame darbe dėmesys sutelkiamas į gana struktūriškai smulkių archeologinių objektų – Lietuvos partizaninio pasipriešinimo paveldo objektų (slėptuvių – bunkerių) – nustatymą taikant LiDAR duomenis. Darbo tikslas – parengti LiDAR distancinių tyrimų metodo duomenų taikymo partizaninių kovų paveldo objektų paieškai metodiką. Tikslui pasiekti išsikelti šeši uždaviniai: atlikus archeologinių objektų tyrimų taikant žemės paviršiaus lazerinio skenavimo duomenis patirties analizę, atrinkti ir įvertinti pagrindines LiDAR duomenų taikymo technikas; sukurti Kultūros vertybių registre registruotiems partizaninių kovų objektams skaitmeninius paviršiaus reljefo modelius siekiant įvertinti šiems objektams būdingų morfometrinių savybių charakteristikas; LiDAR duomenų pagrindu paruošti skaitmeninius reljefo modelius pasirinktos teritorijos partizaninių kovų paveldo objektų tyrimams; suformuoti LiDAR duomenų taikymo partizaninių kovų paveldo objektų paieškai metodiką ir jos pagrindu atlikti nustatytos teritorijos tyrimą nustatant preliminarias partizaninių kovų paveldo objektų lokacijas; atlikti parengtos partizaninių kovų paveldo objektų nustatymo metodikos tikslumo verifikavimą vietovėje; verifikavimo rezultatų pagrindu, apibrėžti pagrindines LiDAR duomenų taikymo rekomendacijos partizaninių kovų paveldo objektų identifikavimui. Tyrimo rezultatai parodė, kad LiDAR duomenų pagrindu parengti skaitmeniniai reljefo modeliai gali būti sėkmingai taikomi pirminiam partizaninio paveldo objektų identifikavimui. Skaitmeninių žemės paviršiaus lazerinio skenavimo duomenų taikymas pasitelkus GIS technologijas sintezėje kartu su istorine medžiaga – raktas efektyvesnei dar neatrasto partizaninio karo paveldo objektų paieškai ir šių objektų tyrimams reikalingų resursų optimizavimui.

Tekstas 66 psl., priedai 19 psl., 39 pav., 5 lentelės. Santrauka lietuvių ir anglų kalbomis.

**Raktažodžiai:** LiDAR, GIS, skaitmeninis reljefo modelis, partizaninis paveldas, bunkeriai, nuotoliniai tyrimai.

## TURINYS

ĮVADAS .....	5
1. ESAMŲ TYRIMŲ APŽVALGA.....	7
1.1. LiDAR distancinių tyrimų metodo duomenų taikymo archeologiniuose tyrimuose apžvalga .....	7
1.2. Tyrimo objekto problematikos apžvalga .....	16
1.3. Istorinės medžiagos atvejo analizė .....	17
2. DARBO METODOLOGIJA.....	20
2.1. Istorinės aprašomosios ir kartografinės medžiagos paruošimas .....	21
2.2. LiDAR distancinių tyrimų metodo duomenų paruošimas .....	23
2.3. Aprašomosios, kartografinės ir GIS medžiagos kompleksinio tyrimo vykdymo metodika .....	27
2.4. <i>In situ</i> tyrimo vykdymo metodika.....	29
2.5. Rezultatų publikavimas naudojant internetines GIS priemones .....	34
2.6. LiDAR distancinių tyrimų metodo duomenų charakteristikų įtaka bunkerių identifikavimui .....	38
3. REZULTATAI.....	41
3.1. Bunkerių struktūros ir jų aplinkos reljefo morfometrinių savybių analizės rezultatai .	41
3.2. Atvejo tyrimo kartografavimo rezultatai .....	45
3.3. <i>In situ</i> tyrimo rezultatai.....	48
3.4. LiDAR distancinių tyrimų metodo duomenų taikymo rekomendacijos partizaninių kovų paveldo objektų identifikavimui .....	52
IŠVADOS .....	56
DISKUSIJA .....	58
LITERATŪROS IR INFORMACIJOS ŠALTINIŲ SĄRAŠAS .....	60
SANTRAUKA .....	63
SUMMARY .....	65
PRIEDAI .....	67

## DARBE VARTOJAMŲ SANTRUMPŲ ŽODINĖLIS

**LiDAR** – angl. *Light Detection and Ranging* – tai distancinių tyrimų metodas, naudojantis lazerio šviesios impulsus skenuojamo paviršiaus aukščiui nustatyti, remiantis laiku, kurio prireikia impulsui pasiekti objektą ir atsispindėjus grįžti atgal iki optinio jutiklio (NOAA, 2023).

**LiDAR duomenys** – skaitmeniniai žemės paviršiaus lazerinio skenavimo duomenys.

**SVF** – angl. *Sky-View Factor* – dangaus matomumo faktorius – tai reljefo vizualizavimo metodas, paremtas išsklaidytų apšvietimu. Taikant šį metodą, kiekvienam žemės paviršiaus taškui apskaičiuojamas dangaus matomumo faktorius nuo 0 iki 1 (0 artimos vertės priskiriamos žemoms, gilioms vietoms, iš kurių dangus beveik nesimato, tuo tarpu 1 – vietoms, iš kurių matosi beveik visas ar visas dangaus skliautas) priklausomai nuo to kiek dangaus matosi iš kiekvieno jų (Zakšek ir kt, 2011).

**RRIM** – angl. *Red-Relief Image Map* – raudonojo reljefo vaizdo žemėlapis – tai žemės paviršiaus vizualizavimo metodas, kurį taikant iš skaitmeninio aukščių modelio apskaičiuojamas paviršiaus atvirumas (angl. *openness*) ir šlaitų nuolydis. Taikant šį metodą trimatis paviršius vaizdas išreiškiamas naudojant skirtingo chromatiškumo ir ryškumo raudonos spalvos atspalvius (Asia Air Survey, 2024).

**OBIA** – angl. *Object-Based Image Analysis* – objektais pagrįsta vaizdų analizė - tai metodas, leidžiantis iš vaizdo atpažinti, išskirti objektus, taikant vaizdo segmentavimą, vaizdo klasifikavimą, vertinimą ir objektų analizę. Pagrindiniai šio metodo procesai segmentavimas, kurio metu panašias charakteristikas pikseliai grupuojami į objektus – pikselių grupes, o ne vertinami atskirai, bei klasifikavimas, kurio metu objektai pagal savo savybes suskirstomi į klases, kurių teisingumas vėliau verifikuojamas (Kumar ir kt., 2021).

**MTP** – angl. *Multi-scale topographic position* – daugiamastelės topografinės padėtis – tai reljefo vizualizavimo metodas, kuriame apjungiami trijų skirtingų mastelių – lokalaus, vidutinio ir regioninio – taškų aukščių nuokrypių nuo vidutinės aplinkinių aukščio taškų verčių, kurios pirmiausia yra perskaičiuojamos į 0-255 intervalą, RGB vaizdai (raudona spalva – lokalus mastelis, žalia – vidutinis, mėlyna – regioninis) į vieną vientisą reljefo vaizdą (Multi-scale topographic..., 2024).

**TPI** – angl. *Topographic position index* – topografinės padėties indeksas – tai paviršiaus vizualizavimo metodas, kuriuo kiekvienam iš skaitmeninio aukščių modelio taškų apskaičiuojamas aukščių skirtumas tarp jo ir artimiausių aplinkinių verčių vidurkio, taip gaunant jo topografinės padėties indeksą (Čučković, 2021).

## IVADAS

Žemės paviršiaus lazerinio skenavimo distancinių tyrimų metodu surinkti duomenys (toliau – LiDAR duomenys) vis dažniau yra pritaikomi ne tik didesnes teritorijas (valstybes, regionus ir (ar) pasaulį) apimančių skaitmeninių paviršiaus modelių, kaip pagrindinių produktų, kūrimui, bet ir pasitelkiami sprendžiant specifinius, lokalius konkrečių tyrimų ar veiklos sričių uždavinius. Viena tokių sričių – archeologija. LiDAR duomenys archeologijoje yra ypač aktualūs naujų objektų paieškoms, ypač sunkiau prieinamose ar miškingose teritorijose.

Šiame tyrime didžiausias dėmesys skiriamas Lietuvos laisvės kovų paveldo objektų – partizanų bunkerių – tyrimams, kuriuose LiDAR duomenys dar nėra taip plačiai taikomi, tačiau potencialiai gali turėti didelių perspektyvų ir svarbos naujiems atradimams šioje srityje.

*Tyrimo aktualumas.* Prabėgant vis daugiau laiko nuo Lietuvos partizaninio karo pabaigos, lieka vis mažiau žmonių, to laikotarpio amžininkų, kurių papasakoti prisiminimai, patirtys gali suteikti daug informacijos apie svarbius mūsų šalies istorijai įvykius ir svarbias partizaninio karo vietas ir objektus, tad labai svarbu rasti kitų būdų, šaltinių ir metodų, galinčių užtikrinti šių objektų tyrimų tęstinumą. Vienas jų – LiDAR duomenų taikymas sintezėje su įvairia istorine medžiaga. Pritaikant LiDAR duomenis partizaninių kovų paveldo objektų paieškai, identifikavimui gali būti optimizuojami šiems tyrimams atlikti naudojami laiko ir žmogiškieji resursai, bei, taipogi – prisidedama prie šių vietų valstybės istorinės atminties išsaugojimo.

**Darbo hipotezė** – LiDAR distancinių tyrimų metodo duomenys gali būti pritaikyti partizaninių kovų paveldo objektų identifikavimui.

**Darbo objektas** – LiDAR distancinių tyrimų metodo taikymo galimybės Lietuvos partizaninio karo paveldo objektų paieškai.

**Darbo tikslas** – parengti LiDAR distancinių tyrimų metodo duomenų taikymo partizaninių kovų paveldo objektų paieškai metodiką.

Tikslui pasiekti išsikelti šie **uždaviniai**:

1. Atlikus archeologinių objektų tyrimų taikant žemės paviršiaus lazerinio skenavimo duomenis patirties analizę, atrinkti ir įvertinti pagrindines LiDAR distancinių tyrimų metodo duomenų taikymo technikas;
2. Sukurti Kultūros vertybių registre registruotiems partizaninių kovų paveldo objektams skaitmeninius paviršiaus reljefo modelius siekiant įvertinti šiems objektams būdingų morfometrinių savybių charakteristikas;

3. LiDAR distancinių tyrimų metodo duomenų pagrindu paruošti skaitmeninius reljefo modelius pasirinktos teritorijos partizaninių kovų paveldo objektų tyrimams;

4. Suformuoti LiDAR distancinių tyrimų metodo duomenų taikymo partizaninių kovų paveldo objektų paieškai metodiką ir jos pagrindu atlikti nustatytos teritorijos tyrimą nustatant preliminarias partizaninių kovų paveldo objektų lokacijas;

5. Atlikti parengtos partizaninių kovų paveldo objektų nustatymo metodikos tikslumo verifikavimą vietovėje;

6. Verifikavimo rezultatų pagrindu, apibrėžti pagrindines LiDAR distancinių tyrimų metodo duomenų taikymo rekomendacijas partizaninių kovų paveldo objektų identifikavimui.

*Pritaikomumas.* Sukurta LiDAR duomenų taikymo partizaninių kovų paveldo objektų tyrimams metodika gali pasitarnauti archeologų atliekamų partizaninio paveldo tyrimų pirminiuose etapuose – atliekant pirminę potencialių bunkerių lokacijų paiešką nuotoliniais metodais – taip efektyviau naudojant ir paskirstant ekonominius, žmogiškuosius ir laiko resursus, prieš planuojant ir atliekant archeologinius tyrimus vietovėje. Taip pat metodika yra paremta atviro kodo technologijomis (nors aprašomi principai esant poreikiui gali būti pritaikomi ir komercinei programinei įrangai), todėl nėra priklausoma nuo programinės įrangos licencijų ir jų apribojimų taip sutaupant tyrimų kaštus.

Šio magistro darbo pagrindu buvo parengti moksliniai pranešimai ir dalyvauta nacionalinėse bei tarptautinėse konferencijose:

- 2023 m. spalio 19 d. darbo pagrindu parengtas pranešimas „*Locating partisan warfare heritage sites using LiDAR & GIS (case study of an archival KGB file)*“ buvo pristatytas 12-ojoje tarptautinėje mokslinėje „Jono Puzino skaitymų“ konferencijoje „Archeologinių tyrimų strategijos ir metodai“;

- Magistro darbo pagrindu parengtas žemėlapių pasakojimas pavadinimu „LiDAR taikymas partizaninių kovų paveldo objektų tyrimams“ 2024 Esri jaunojo mokslininko konkursui ir buvo pristatytas 2024 m. kovo 21 d. vykusioje konferencijoje „Studijuok su ArcGIS“;

- 2024 m. kovo 22 d. parengtas ir pristatytas standinis pranešimas „LiDAR duomenų taikymas partizaninių kovų paveldo objektų Lietuvoje tyrimams“ nacionalinėje mokslinėje konferencijoje „Chemija ir geomokslai 2024“.

## 1. ESAMŲ TYRIMŲ APŽVALGA

### 1.1. LiDAR distancinių tyrimų metodo duomenų taikymo archeologiniuose tyrimuose apžvalga

Šiame skyriuje atlieka tyrimų patirties analize yra siekiama susisteminti archeologiniuose tyrimuose naudojamų tyrimų metodus, kurių apibendrinta informacija yra pateikiame skyriaus pabaigoje pateiktoje 1 lentelėje ir greta jos esančioje diagramoje.

LiDAR duomenų taikymas archeologiniuose tyrimuose smarkiai priklauso nuo teritorijos specifikos, jos ištirtumo kitais metodais, net klimato, o nuo to priklauso ir patys šių tyrimų objektai. Pažymėtina, kad vidutinio klimato zonoje, LiDAR duomenys yra pasitelkiami didžiausią dėmesį skiriant specifiniams objektams ar teritorijoms, kurios yra iš anksto identifikuotos arba nustatytos remiantis tam tikrais istoriniais šaltiniais, kurie sudaro prielaidas potencialiam šių duomenų taikymui. Puikus tokių teritorijų pavyzdys yra Europa, kurioje tyrimai daugiausia yra orientuoti į konkrečių archeologinių objektų, pavyzdžiui, pilių, piliakalnių ar pilkapių, dažniausiai esančių miškingose teritorijose, tyrimus. Tuo tarpu tropinio ar subtropinio klimato kraštuose (Vidurio Amerikoje, Pietryčių Azijoje) daugiausia yra orientuojamasi į didelių dar ne tiek pažįstamų teritorijų, kurios dėl savo gamtinių sąlygų yra sudėtingiau iširiamos, neatrastų, neaprašytų gyvenviečių, senovės civilizacijų kraštovaizdžio tyrimus (Chase ir kt., 2017).

Vienas didžiausių ir reikšmingiausių tokių tropinio klimato kraštuose atliktų tyrimų pavyzdžių – JAV, Prancūzijos ir Gvatemalos mokslininkų atliktas tyrimas „LiDAR analizė Miradoro-Kalakmulo karstiniame baseine, Gvatemaloje: įvadas į naujas ankstyvųjų majų socioekonominės ir polinės organizacijos perspektyvas“ (angl. *LiDAR analyses in the contiguous Mirador-Calakmul Karst Basin, Guatemala: an introduction to new perspectives on regional early Maya socioeconomic and political organization*). Tyrimui buvo pasirinkta Miradoro baseino teritorija, kurioje pastaruosius keturiasdešimt metų buvo atliekami tarpdisciplininiai archeologiniai tyrimai, kurių metu antžeminiais metodais buvo ištyrinėtos 59 archeologinės vietovės, ir tai sukūrė prielaidas toliau bandyti taikyti LiDAR duomenis ir GIS analizės metodus. Analizei buvo naudojami duomenys, kurių tikslumas vidutiniškai siekia 39,64 arba 48,39 taškų/m<sup>2</sup> (žemės paviršiaus klasės (angl. *ground*) taškams – nuo 2,18 iki 2,95 taškų/m<sup>2</sup>). Duomenys buvo apdoroti naudojant LASTools programinę įrangą, išgaunant 5,2 taškų/m<sup>2</sup> tankumą, ir 15 cm horizontalųjį bei 30 cm vertikalųjį tikslumą. Tiriamos teritorijos 0,5 m rezoliucijos aukščių bei reljefo modeliai buvo sukurti pasitelkus QuickTerrain Modeler programinę įrangą. Toliau modelių vizualizacijai buvo pasitelktas reljefo šešėliavimas su

įvairiais šviesios šaltinio nustatymais. Vizualizacijai ir archeologinių objektų interpretavimui buvo pasitelkta įvairi programinė įranga – RVT, ArcMap, GlobalMapper, Quick Terrain Modeler ir QGIS. Atlikus reljefo duomenų analizę Miradoro-Kalakmulo karstinio baseino teritorijoje buvo nustatyta 775 senovinė majų gyvenvietė, o dar aplink ją esančiame kartiniame kalnagūbryje – dar papildomas 189 gyvenvietės. Visos identifikuotos gyvenvietės buvo apibendrinant suskirstytos į 417 įvairaus rango senovės miestus, miestelius ir kaimus (Hansen, 2023). Senujų civilizacijų nustatymo taikant LiDAR duomenis galimybės taip pat aptiriamos amerikiečių mokslininkės A. E. Thompson tyrime „Klasikinių majų gyvenviečių aptikimas naudojant LiDAR pagrindu parengtas reljefo vizualizacijas“ (angl. *Detecting Classic Maya Settlements with Lidar-Derived Relief Visualizations*). Tyrime analizuojamos trijų žemės paviršiaus reljefo vizualizavimo metodų – dangaus matomumo faktoriaus (angl. *sky-view factor*), SFV) topografinės padėties indekso (angl. *Topographic position index*, TPI) ir paprastojo vietinio reljefo modelio (angl. *local relief model*) – bei objektais pagrįstos vaizdų analizės (OBIA) šlaitų modelyje taikymas vizualiai (neautomatizuotai) ieškant smulkių 250-800 m pr. m. e. majų gyvenviečių (plazuelų) pietų Belize. Tyrime naudojami LiDAR duomenys, kurių vidutinis žemės paviršiaus taškų tankumas 2,72 taškai/m<sup>2</sup>, aprėpiantys 132 km<sup>2</sup> ploto teritoriją. Atlikus tyrimą nustatyta, kad nors OBIA ir SVF metodai kituose tyrimuose dažnai yra įvardijami kaip tinkami archeologinių objektų identifikavimui, būtent šiame tyrime nagrinėjamos struktūroms jie nėra tinkamiausi – sudarytuose vizualizacijose iš LiDAR duomenų jos yra gan sunkiai identifikuojamos. Tuo tarpu kiti – TPI ir paprastojo vietinio reljefo modelio – metodai įvardijami kaip tinkamiausi, taikant šiuos modelius ir atlikus jų vizualią analizę nustatytos 702 plazuelos, o palyginus šiuos rezultatus su dalyje tyrimo teritorijos palyginimui vykdytų archeologinių vietovių identifikavimu *in situ*, nustatyta, kad iš visų nuotoliniais metodais nustatytų objektų, iš gautų rezultatų net 563 plazuelos yra naujai atrasti archeologiniai objektai (Thompson, 2020).

Toliau šiame skyriuje apžvelgiami nedidelėse teritorijose vykdomi tyrimai, kurie, kaip jau minėta anksčiau, yra labiau orientuojami į LiDAR duomenų naudojimą arba panaudojimo potencialą konkrečių, smulkesnių archeologinių objektų tyrimams.

Italų mokslininkų tyrime „LiDAR taikymas karstinėse vietovėse: Triesto provincijos (šiaurės rytų Italija) pavyzdys: nuo priešistorinių objektų iki romėnų įtvirtinimų“ (angl. *Airborne LiDAR application to karstic areas: the example of Trieste province (north-eastern Italy) from prehistoric sites to Roman forts*) nagrinėjamas Triesto karstinio regiono, esančio Šiaurės Rytų Italijoje, Adrijos jūros pakrantėje, nežinomų objektų, tvirtinimų, savo amžiumi varijuojančių nuo priešistorinių, protoistorinių bei romėnų laikotarpio, nustatymas naudojant



žemės paviršiaus lazerinio skenavimo duomenis. Tyrime dėmesys skiriamas būtent karstinių vietovių archeologiniam kartografavimui. Tyrime naudoti duomenys, kurių parametrai: tankumas – 4-5 taškai/m<sup>2</sup>, vertikalusis tikslumas – 15 cm, horizontalusis tikslumas – 10-80 cm, duomenys suklasifikuoti į dvi klases (1 klasėje – ne žemės paviršiaus taškai (angl. *non-ground points*) ir 2 klasėje – žemės paviršiaus taškai (angl. *ground points*). Duomenims apdoroti naudota atviro kodo programinė įranka – SAGA GIS. Objektų nustatymui pirmiausia iš LiDAR 2 klasės taškų buvo sudarytas skaitmeninis tiriamosios teritorijos reljefo modelis, o patys objektai vėliau buvo identifikuojami pasitelkiant reljefo šešėliavimą, naudojant skirtingus azimuto parametrus. Atliekant tyrimą, buvo identifikuota dvylika archeologinių struktūrų, kurių amžius (kilmės laikotarpis) buvo nustatytas remiantis šiose vietovėse rasta artefaktais (Bernardini, 2013). Dar viena LiDAR pritaikymo sritis – militaristinio paveldo tyrimai – analizuojama tyrime „Karinė archeologija ir LiDAR duomenų vizualizacija: neinvazinis metodas istoriniams reliktais aptikti“ (angl. *Military archaeology and LiDAR data visualizations: a non-invasive approach to detect historical remains*). Tyrime analizuojamas LiDAR duomenų taikymas smulkaus Pirmojo pasaulinio karo militaristinio paveldo tyrimuose. Tyrimui pasirinktos dvi kiek skirtingo, charakteringo reljefo teritorijos: kalnų šlaitas tarp Cima d’Oro ir Cima Rocca gyvenviečių, pasižyminti nelygiu, stačiu reljefu, bei Vezenos plokščiakalnio teritorijos dalis. Tyrimo teritorijas reprezentuojantys LiDAR duomenų pagrindu sudaryti skaitmeniniai reljefo modeliai buvo vizualizuoti trimis metodais – reljefo šešėliavimo, dangaus matomumo faktoriaus (angl. *sky-view factor*) bei atvirumo (angl. *openness*) metodais. Tyrime apibendrinama, kad įprastas ir daugiakryptis šešėliavimas tyrimo kontekste buvo naudingiausi bendrai teritorijos reljefo apžvalgai, tuo tarpu konkrečių mikroreljefo formų išskyrimą labiausiai palengvina tikslingas SVF ir atvirumo metodų derinys, kuris sudaro prielaidas svarstyti pusiau automatinį istorinių militaristinių mikroreljefo struktūrų nustatymą ir klasifikavimą (Aldrighettoni, 2023).

LiDAR taikymo potencialas yra aptiriamas slovakų, šveicarų, rumunų bei korėjiečių mokslininkų darbuose. Slovakų atlikto tyrimo „LiDAR duomenų potencialas nustatant kultūrinio kraštovaizdžio objektus Slovakijoje“ (angl. *Potential of airborne LiDAR data in detecting cultural landscape in Slovakia*) tikslas – ištirti visa šalies teritoriją dengiančių LiDAR duomenų potencialą Slovakijos kultūrinio kraštovaizdžio objektų nustatymui. Tyrimui atlikti naudojami LiDAR duomenys, kurių tikslumas siekia 20-30 taškų/m<sup>2</sup>, o vertikalusis ir horizontalusis duomenų tikslumas – 5-6 cm. Sudarant aukščio modelius buvo naudojami žemės paviršiaus (angl. *ground*) ir pastatų klasės taškai. Modeliai buvo sudaryti naudojant Whitebox GAT 1.4.0 programinę įrangą, interpoliavimui taikant Delauné (angl. *Delaunay*) trianguliacijos

metodą (sudarytų modelių gardelių dydis varijavo tarp 1 m, 50 cm ar 25 cm, priklausomai nuo bandomų identifikuoti objektų specifikos). Šis metodas buvo pasirinktas dėl dviejų įvardijamų jo privalumų: palygintinai mažesnio kompiuterinės įrangos resursų sunaudojimo bei dėl to, kad vizualizuojant reljefo modelį trikampaiai aiškiai leidžia interpretuoti, kurios vietos yra nepatikimos dėl LiDAR duomenų taškų trūkumo jose. Duomenų vizualizacijai buvo pritaikyta kelių vizualizavimo metodų – vietinio reljefo modelio (angl. *local relief*), dangaus vaizdo faktoriaus (angl. *sky view factor*), šlaito statumo ir spalvų maišymo – sintezė. Atskirų vizualizacijos sluoksnių sukūrimas buvo atliekamas pirmiausia ir toliau naudojant Whitebox GAT, o vėliau jų visų apjungimui pasitelkiant QGIS programinę įrangą. Buvo analizuojamos tiek jau žinomos kultūrinio kraštovaizdžio vietovės ir objektai, tiek ieškoma naujų – atliekant šį tyrimą buvo rastą naujų pilkapių ir priešistorinių apeiginių griovių, anksčiau nenustatytų apleistų gyvenviečių įtvirtinimų, kurios dar turėtų būti patvirtintos archeologų, priešistorinių terasų. Pastebėtas didelis LiDAR duomenų potencialas ne tik naujų archeologinių objektų identifikavimui ir tyrimams, bet ir kalnakasybos regionų, su karyba susijusių objektų tyrimams, bei kartu su LiDAR duomenimis pasitelkiant istorinę medžiagą – istorinių kelių kraštovaizdyje tikslesniam identifikavimui. Autoriai, galiausiai, pabrėžia, kad tokio pobūdžio tyrimuose itin svarbus tarpdiscipliniškumas ir bendradarbiavimas tarp skirtingų sričių specialistų, siekiant pasiekti kuo tikslesnių ir kokybiškesnių rezultatų (Lieskovský ir kt., 2022). Potencialios LiDAR taikymo archeologijai galimybės taip pat aptariamos šveicarų publikacijoje „Naujų LiDAR duomenų rinkinių potencialas archeologijai Šveicarijoje“ (angl. *The Potential of New LiDAR Datasets for Archeology in Switzerland*). Pagrindinė studijos prielaida – nepakankamas LiDAR duomenų potencialo panaudojimams Šveicarijos teritorijoje, kurios beveik trečdalį sudaro miškingos teritorijos. Straipsnyje G. Caspari aptaria galimybes, kurias galėtų potencialiai sudaryti archeologijai Šveicarijoje naujai renkami LiDAR duomenys, kurie 2024 metais jau aprėps visą šalies teritoriją. Anot autoriaus tai sudarytų sąlygas naujų kultūros paveldo objektų ir vietų, pagrinde esančių miškingose teritorijose nustatymui, kadangi iki šiol tokių objektų nustatymo tyrimai įprastai yra atliekami dėl planuojamų vykdyti statybų, kaip vienas iš įstatymais įtvirtintų reikalavimų, tad dažniausiai tyrimai neapima miškų plotų, bei taipogi autorius atsargiai užsimena apie potencialias tokių identifikavimo procesų automatizavimo perspektyvas, turint vieningos struktūros duomenų rinkinį visai valstybės teritorijai. Taip pat šie duomenys gali pasitarnauti tikslinant jau seniau sudarytos paveldo objektų žemėlapius bei duomenų rinkinius. Galiausiai, visi įvardyti potencialios LiDAR duomenų panaudos atvejai, kaip nurodo autorius, prisidėtų optimaliesnio ir efektyvesnio kultūros paveldo objektų monitoringo ir apsaugos (Caspari, 2023). LiDAR duomenų ir GIS panaudojimo potencialas

naujų archeologinių objektų aptikimui Rumunijoje aptarimas publikacijoje „Aviacinio LiDAR potencialas naujų archeologinių vietovių nustatymui Rumunijoje“ (angl. *The Potential of Airborne LiDAR for Detection of New Archaeological Site in Romania*). Šių duomenų pritaikymo potencialui iširti buvo atliktas Kornešti gyvenvietės teritorijos vakarų Rumunijoje, kurioje yra išsidėsčiusi Kornešti-Iarkuri archeologinė vietovė, lazerinis skenavimas. Iš surinktų LiDAR duomenų, naudojant TerraSolid programinę įrangą sudaryti skaitmeniniai reljefo bei paviršiaus modeliai. Parengtiems duomenims vizualizuoti buvo panaudotas vietinio reljefo modelio metodas (ang. *local relief model*), jam realizuoti pasitelkiant ArcGIS modelį, o modeliui interpoliuoti taikant natūralių kaimynų metodą. Kaip vienas šio metodų pranašumų šiame tyrime yra išskirta tai, kad toks vizualizavimo metodas leido išskirti ganėtinai mažo (0,1-0,2 m) peraukštėjimo struktūras lyginant su aplinkiniu reljefu (Vizireanu ir kt., 2018). Tuo tarpu korėjiečių studijoje apie LiDAR panaudojimą Korėjos archeologiniams žvalgymams dėmesys skiriamas ne tiek naujų objektų paieškai, kiek šios technologijos panaudojimui tikslesniam ir patogesniam didelių, atokių objektų bendrųjų morfometrinių parametrų – dydžio, formos, struktūros – nustatymui. Atvejo tyrimo objektu pasirinkta Čočano Seseongo tvirtovė vakarinėje Pietų Korėjos dalyje. Atlikus tyrimo teritorijos lazerinį skenavimą, surinkti duomenys buvo automatiškai, pusiau automatiškai ir mechaniškai suklasifikuoti, išfiltravus duomenis į žemės ir ne žemės taškus, sudarytas skaitmenis reljefo modelis. Tolesnei pirminių charakteristikų analizei buvo parengti žemėlapiai vaizduojantys teritorijos aukštį, šlaitų polinkį bei orientaciją, o detalesnei analizei buvo sudaryti reljefo šešėliavimo žemėlapiai, leidę išskirti natūralias ir antropogenines ribas reljefe, o taikant įvairius filtrus išryškinti reljefe matomų struktūrų ribas, kampus, bendrą jų ryškumą. Tyrime išskiriama tai, kad remiantis LiDAR duomenimis pavyko nustatyti daug tikslesnes ir detalesnes tyrinėtoms tvirtovės sienų ribas, nei tos, kurios iki to buvo fiksuotos kultūros vertybių registruose. Taipogi autoriai atkreipia dėmesį į tai, kad LiDAR metodas gali atverti galimybes nuotoliniams archeologiniams tyrimams ne tik gamtiškai, bet ir dėl politinių priežasčių izoliuotuose vietovėse (Ahn ir kt., 2023)

Iš LiDAR duomenų sukurtų reljefo modelių analizei gali būti bandoma taikyti mašininį mokymąsi. Šis aspektas yra aptarimas ir pritaikomas Danijos mokslininkų tyrime „Mašininis mokymasis automatiniams istorinių akmeninių sienų nustatymui naudojant LiDAR duomenis“ (angl. *Machine Learning for automatic detection of historic stone walls using LiDAR data*). Tyrime nagrinėjamas mašininio mokymo pritaikymas istorinių akmeninių sienų nustatymui jų inventorizavimo tikslais. Akmeninės sienos Danijoje yra saugomos tiek kaip kultūrinis, tiek palaikomosios svarbos bioįvairovei objektai ir yra susiduriama su problema šiuos objektus inventorizuojant, kadangi už šių struktūrų duomenų bazės atnaujinimą yra atsakingos atskiros

savivaldybės ir duomenys yra atnaujinamai nevieningai, ne vienodu periodiškumu. Tyrime naudojami 40 cm rezoliucijos (vertikalusis tikslumas – 5 cm, horizontalusis – 15 cm) reljefo duomenys, sudaryti iš Danijos LiDAR duomenų, pasitelkiant mašininį mokymąsi ir konvoliucinių neuroninių tinklų (angl. *Convolutional Neural Networks*) U-tinklo (angl. *U-net*) modelį, bandant automatizuotai atnaujinti Danijos Ero savivaldybės istorinių akmeninių sienų registrą ir duomenų bazę. Dažniausiai nustatomų struktūrų dydis varijuoja nuo 0,5 iki 1,5 m aukščio ir 1,5 metrų pločio. Tyrime modelis buvo apmokomas naudojant rasterizuotą pagal reljefo duomenis atnaujintą akmeninių sienų duomenų rinkinį, skaitmeninio reljefo modelio (DTM), normalizuoto skaitmeninio paviršiaus modelio (HAT, arba nDSM) duomenis, bei reljefo modelį su Sobelio filtru. Galutinai apmoktas modelis galėjo nustatyti ir prognozuoti dar neinventorizuotų atkarpų vietas net 93 proc. patikimumu (Trotter ir kt., 2021).

Pusiau-automatiniai archeologinių reliktų paieškos metodai yra aptariamai ir Bingamtono universiteto mokslininkų tyrime „Automatizuotas piliakalnių aptikimas naudojant LiDAR ir objektų pagrindų atliekamą vaizdų analizę Boforto apygardoje, Pietų Karolinoje“ (angl. *Automated mound detection using lidar and object-based image analysis in Beaufort County, South Carolina*). Tyrimas buvo atliekamas nagrinėjant teritorija, kurios didelę dalį apima miškai bei tankiai apaugę pelkynai. Jame buvo naudojami viešai prieinami skaitmeniniai aukščio modeliai, kurių gardelės dydis siekė  $1,2 \times 1,2$  m, o LiDAR duomenų, iš kurių pastarieji modeliai buvo sudaryti, vertikalus tikslumas – 15 cm (modeliai buvo sudaryti naudojant artimiausio kaimyno (angl. *Nearest neighbour*) ir IDW interpoliavimo metodus). Analizei modeliai buvo paruošti pritaikant jiems keturis vizualizavimo metodus: šlaito analizės (angl. *slope*), didžiausio židinio statistikos (angl. *maximum focal statistics*), raudonojo reljefo vaizdo žemėlapiu (RRIM) ir diapazono židinio statistikos (angl. *range focal statistics*). Pasitelkiant eCognition programinę įrangą, naudojant 29 žinomų arba rankiniu būdu rastų, naudojant LiDAR duomenis, piliakalnių pavyzdžius, buvo sukurti 15 klasifikavimo šablonų, apibrėžiančių galimus piliakalnių formos morfologinius požymius. Derinant sudarytus šablonus sudaryti du patikimumo koreliacijos žemėlapiai, kurių tikslas įvertinti nustatomų objektų statistinį patikimumą skalėje nuo -1 (mažai tikėtina) iki 1 (užtikrintas atitikmuo). Taip pat kiekvienam iš rastrų buvo atliekamas daugialypės skiriamosios gebos segmentavimas, lyginant juos su sudarytais šablonais ir suklasifikuojant kiekvieną išskiriamą objektą pagal jų asimetriškumą, apvalumą, ploto ir kompaktiškumo parametrus. Siekiant labiau išvengti klaidingų teigiamai identifikuotų objektų, gauti rezultatai naudojant ArcGIS programinę įrangą buvo perdengti su žemėnaudos žemėlapiu bei kelių tinklu, norint eliminuoti ne archeologinius objektus, bei taip pat su koreliacijos koeficientų žemėlapiais. Paskutinio eliminavimo metu

buvo naudojamas RRIM rastras. Tyrimo metu iš pradinio proceso metu identifikuotų per 7 tūkst. objektų buvo išskirti 186 tikėtinais turintys piliakalnio požymių, iš kurių 15 – labiausiai tikėtinų. Trečdalis labiausiai tikėtinų objektų buvo tikrinami vietovėje – trys iš penkių objektų buvo jau rasti anksčiau, o du jų – visiškai nauji ir nebuvo anksčiau pastebėti teritorijoje vykdytų ankstesnių įprastų žvalgymų metu (Davis ir kt., 2019).

Reno universiteto ir Regioninės archeologijos tarnybos (Prancūzija) tyrime „Neolitinių pilkapių aptikimas iš LiDAR gautų aukščio duomenų taikant daugiamastelinį metodą ir mašininio mokymosi technologijas“ (angl. *Detecting Neolithic Burial Mounds from LiDAR-Derived Elevation Data Using a Multi-Scale Approach and Machine Learning Techniques*) nagrinėjamas ir siūlomas naujas optimalesnis metodas heterogeninių archeologinių struktūrų identifikavimui, kuri apima daugiamastelinę topografinės padėties (MTP) analizės ir prižiūravimo mašininio mokymosi algoritmo (Random Forest) kombinacija. Metodas buvo sukurtas siekiant atrasti ir charakterizuoti megalitines archeologines laidojimo struktūras Karnako regione, Kibirono ir Morbihano įlankose (Prancūzija). Tyrimui buvo naudoti LiDAR duomenys, kurių nominalus taškų tankumas – 14 taškų/m<sup>2</sup>, absoliutusias vertikalusias tikslumas – 8 cm, o absoliutusias horizontalusias tikslumas – 12 cm. LiDAR duomenys buvo apdoroti LASTools programine įranga, sugeneruojant skaitmeninį žemės paviršiaus reljefo modelį taikant trianguliacijos metodą, kurio gardelės dydis – 0,25 m. Prieš atliekant daugiamastelę vaizdų analizę ir jos rezultatų apjungimą, buvo atliktas integralinis vaizdo transformavimas. Daugiamastelei vaizdų analizei atlikti pasirinkti trys masteliai – mikro, mezo ir makro – kiekviename jų sudaryti maksimalaus topografinio nuokrypio rastrai. Konvertavus rastrų vertes į absoliučias ir perskaičiavus į 0-254 verčių intervalą, visi trys vaizdai buvo apjungti į vieną RGB vaizdą – daugiamastelės topografinės padėties (MTP) vaizdą – ir vėliau vizualizuoti bei interpretuojami. Tie patys trys rastrai, su pradinėmis, neabsoliutintomis reikšmėmis, apibūdinančiomis kiekvienos gardelės tikrosios topografinės padėties charakteristikas (teigiama – dominuojanti pozicija, neigiama – dominuojama (nedominuojanti) pozicija)) buvo panaudoti automatizuotam mašininio mokymo modeliui, nustatančiam tikėtinas pilkapių vietas, apmokyti – tam buvo parinkta 1 km<sup>2</sup> dydžio bandomoji teritorija, kurioje, taikant lotynų hiperkubo imties generavimo metodą išskirta 50 duomenų pavyzdžių, kurie atlikus patikrinimus vietovėje bei palyginus su Prancūzų regioninės archeologijos tarnybos duomenimis, buvo suskirstyti į „pilkapius“ ir „ne pilkapius“. Apmokius Random Forest modelį buvo sugeneruotas tikimybių žemėlapis, indikuojantis vertėmis nuo 0 iki 1, ar reljefo elementas turi charakteristikų panašių į neolitinių pilkapių. Vėliau modelis buvo išbandytas ir kitai tyrimo arealo teritorijai. Tyrimo metu buvo dar tiksliau nustatyta jau žinomų archeologinių objektų

padėtis ir tuo pačiu, patikrinus *in situ*, patvirtintas dar anksčiau neatrastų neolitinių pilkapių Karnako komunoje sėkmingas identifikavimas. Vizualinis objektų identifikavimas, taikant MTP metodą vizualizavimui, išskiria iš kitų dažniausiai archeologijoje naudojamų metodų tuo, kad jo atveju daugiau atsižvelgiama į struktūrų topografinį kontekstą nei pačias ieškotinas struktūras (Guyot ir kt., 2018).

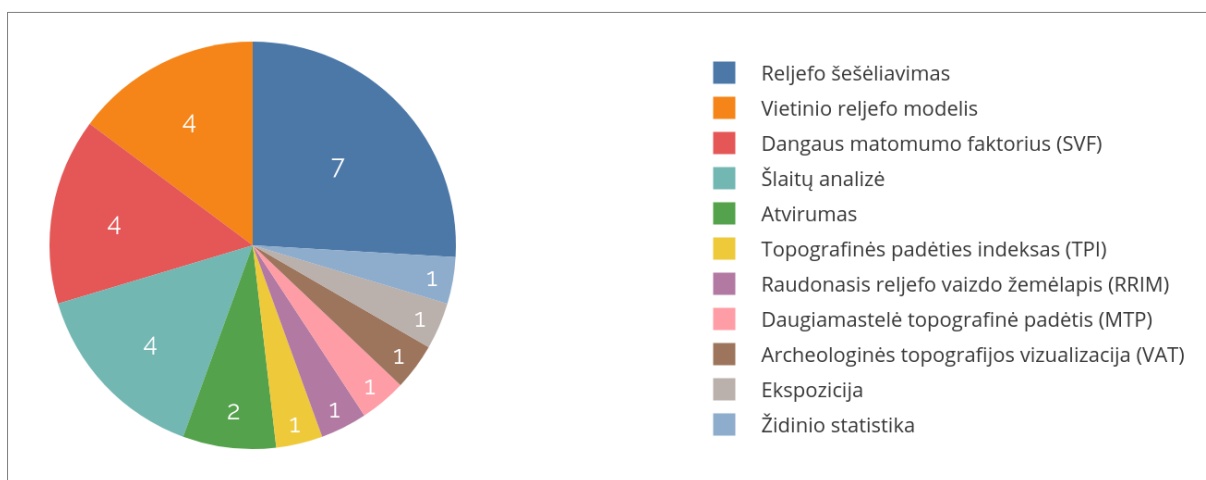
Italijos mokslininkų tyrimas – „Bepiločiu orlaiviu LIDAR pagrįstas archeologinės mikrotopografija po miško skliautu aptikimo ir interpretavimo metodas – Pertikaros (Bazilikata, Italija) atradimas iš naujo“ (angl. *UAV LiDAR Based Approach for Detection and Interpretation Archaeological Micro Topography under Canopy—The Rediscovery of Perticara (Basilicata, Italy)*) – nagrinėja bepiločių orlaivių pagalba surinktų LiDAR duomenų taikymą po miško skliautu esančių archeologinių objektų, išsidėsčiusių kalvotame Viduržemio jūros regione, kuriam būdinga sudėtinga topografija ir stipri erozija, paieškai ir identifikavimui. Darbo metodika apima tris etapus – duomenų surinkimą ir pirminį apdorojimą, tolesnį duomenų apdorojimą ir automatinį objektų išskyrimą. Pirmajame etape surinkti ir apdoroti duomenys variavo savo tankumu priklausimai nuo augalijos kiekio teritorijoje: nuo 0 iki 30 taškų/m<sup>2</sup> aukštos augalijos dengiamoje teritorijoje; 80-150 taškų/m<sup>2</sup> – teritorijose su mažesniu tankios augmenijos kiekiu; 600-800 taškų/m<sup>2</sup> – augalijos nedengiamose teritorijose. Gautas taškų debesis buvo interpoliuojamas naudojant CloudCompare programinę įrangą, siekiant išgauti taškų debesį su pastoviu tankiu – 0,02 m atstumais tarp taškų, tai atlikus buvo sudarytas 0,02 × 0,02 m gardelių dydžio skaitmenis paviršiaus-objektų modelis (DFM). Modelis buvo patobulintas pirmiausia pašalinant triukšmą taikant Lee filtro algoritmą QGIS aplinkoje, o vėliau jį vizualizuojant taikant įvairius vizualizavimo metodus (analitinį šešėliavimą (angl. *Analytical Hillshading*), daugakryptį šešėliavimą (angl. *Hillshading from Multiple Directions*), šešėliavimo pagrindinių komponentų analizę, šlaitų analizę, paprastąjį vietinį reljefą (angl. *simple local relief*), dangaus matomumo faktorių, teigiamą atvirumą (angl. *positive openness*), neigiamo atvirumo (angl. *negative openness*), archeologinės topografijos vizualizacijos (VAT) metodus, Toliau sukurti vizualizuoti duomenys buvo automatiškai klasifikuojami pasitelkiant ISODATA (angl. *Iterative Self-Organizing Data Analysis*) algoritmą – automatinis klasifikuojant pikseliai suklasifikuojami remiantis jų charakteristikomis. Siekiant pagerinti duomenų erdvinės agregacijos ir pikselių autokoreliacijos vizualizaciją, suklasifikuotiems duomenims buvo pritaikytas LISA (angl. *Local Indicator of Spatial Autocorrelation*) procesas. Objektai buvo išskiriami taikant segmentavimą atliekant OBIA analizę. Tyrime nustatyta, kad geriausi vizualizacijos metodai šio tyrimo kontekste identifikuojant gyvenviečių sienas ar kitus jų perimetrą, ribas reprezentuojančius relikтус buvo dangaus matomumo faktorius (SVF), o

pastatus – paprastojo vietinio reljefo modelis bei teigiamo atvirumo metodas (Masini ir kt., 2022).

Šiame skyriuje aptartuose moksliniuose tyrimuose naudoti/nagrinėti archeologinių objektų identifikavimui naudoti metodai apibendrinami žemiau pateiktoje suvestinėje lentelėje (žr. 1 lentelė).

**1 lentelė.** Darbe aptartuose tyrimuose archeologiniams objektams identifikuoti nagrinėtų/naudotų metodų suvestinė.

Eil. Nr.	Metodai Tyrimo nuoroda	Reljefo šešėliavimas	Vietinio reljefo modelis	Dangaus matomumo faktorius (SVF)	Šlaitų analizė	Topografinės padėties indeksas (TPI)	Raudonasis reljefo vaizdo žemėlapis (RRIM)	Daugiamastelė topografinė padėtis (MTP)	Atvirumas	Archeologinės topografijos vizualizacija (VAT)	Ekspozicija	Židinio statistika	Mašininis mokymas
		Vizualizavimo metodai											
1	Ahn ir kt., 2023	×			×						×		
2	Aldrighettoni ir kt., 2023	×		×					×				
3	Bernardini, 2013	×											
4	Caspari, 2023	×											
5	Davis ir kt., 2019				×		×					×	×
6	Guyot ir kt., 2018							×					×
7	Hansen, 2023	×											
8	Lieskovský ir kt., 2022		×	×	×								
9	Masini ir kt., 2022	×	×	×	×				×	×			×
10	Thompson, 2020		×	×		×							
11	Trotter ir kt., 2021	×											×
12	Vizireanu ir kt., 2018		×										



**1 pav.** Apžvelgtuose tyrimuose naudoti reljefo vizualizavimo metodai.

## 1.2. Tyrimo objekto problematikos apžvalga

Lietuvos laisvės kovų partizanų bunkerių ir žeminių tyrimai buvo pradėti tik 2010 m., praėjus dviem dešimtmečiams po Lietuvos nepriklausomybės atkūrimo (Petrauskas, 2020). Tų metų gegužės mėnesį pirmą kartą Lietuvos istorijoje buvo atlikti profesionalūs archeologiniai tyrimai Mėnaičių kaime, Radviliškio rajone buvusio partizanų bunkerio vietoje (Vėlius, Žygelis, 2013). Pirmųjų archeologinių partizanų bunkerių bei žeminių tyrimų sėkmė, suteikė postūmį tolimesniems tyrimams (Petrauskas, 2020).

Bunkeris – slaptas požeminis būstas, įrengtas sodyboje, lauke arba miške, įprastai pritaikytas gyventi ilgesnį laiko tarpą bei kartais gintis, puolimo atvejais. Atlikti archeologiniai žvalgymai leidžia teigti, kad renkantis vietas bunkerio įrengimui, partizanų vadovybė sąmoningai rinkosi vietas, esančias dviejų-trijų valsčių ar apskričių paribiuose, kur grėšė mažesnis priešo pavojus, taip pat buvo atsižvelgiama logistines sąlygas (priėjimo ir atsitraukimo sąlygos, būtinų resursų tiekimą). Miškų ir sodybų bunkeriai dažniai buvo įrengiami netoliese esančių raguvų šlaituose arba upelių krantuose. Vienam kovotojui bunkeryje vidutiniškai tekdavo 0,9-1,1 m<sup>2</sup> ploto. Pats bunkerio išplanavimas nuo jame gyvenusių partizanų pareigų ar veiklos pobūdžio. Vadovybės bunkeriai paprastai būdavo erdvesni, pritaikyti organizaciniams bei spaudos darbams, yra pasitaikę, kad į bunkerį net būdavo slaptai pravedama elektra, didelis dėmesys skiriamas garso izoliacijai (Petrauskienė, Vaitkevičius, 2017).

Plačios žvalgomosios ekspedicijos Lietuvos partizaninio karo vietose pradėtos rengti nuo 2014-ųjų metų, daugiausiai orientuojantis į Vidurio Lietuvą, vietų susijusių su Vyriausiąja partizanų vadovybe paieškas. Partizanų bunkerių vietoms yra būdingos 2×3 m, 2,5×3,5 m, 3×4 ar kito panašaus dydžio keturkampės duobės, kraštuose turinčios vieno arba kelių įėjimo griovių žymės. Duobės (potencialios bunkerių vietos) vietos sąsają su Lietuvos partizaniniu karu turi patvirtinti ar paneigti jų vietose randami su partizaninio karo reliktais – šaudmenys, ginklai, jų dalys, sagos, šukės, vinys, dokumentai ar kiti laisvės kovotųjų gyvenimą šiose vietose liudijantys daiktai (Petrauskas, 2020). Preliminariais skaičiavimais apytikslis partizanų slaptaviečių skaičius gali būti artimas 10 tūkst. (Vėlius ir kt., 2013).

Ilgą laiką bene gausiausiu ir tiksliausiu informacijos apie partizanų bunkerius ir kitas su laisvės kovomis susijusias vietas šaltiniu buvo pirmiausia pačių likusių gyvų partizanų, jų artimųjų bei kitų Lietuvos partizaninio karo amžininkų liudijimai. Einant jau septintam dešimtmečiui po šių XX a. vidurio įvykių, tokių žmonių, kurių pasakojimais, prisiminimais galėtų būti būtų atliekami bunkerių žvalgymai ir tyrimai, yra vis mažiau, didesnis dėmesys turi



būti skiriamas archyvinėms byloms, partizanų dokumentams, archeologiniams duomenims. Taip pat perspektyvų šių tyrimų plėtrai turi vis dažniau archeologiniams tyrimams naudojami nuotoliniais metodais surenkami, gana didelio tikslumo duomenys, tokie kaip aerofotonuotraukos bei ypač žemės paviršiaus lazerinio skenavimo (LiDAR) duomenys (Petrauskas, 2020).

### **1.3. Istorinės medžiagos atvejo analizė**

Tyrime yra nagrinėjama sovietų saugumo komiteto (KGB) LSSR MGB Šakių apskrities skyriaus baudžiamoji byla (LYA, f. K-1, ap.58, b. 42198/3) 1949 metų kovą iškelta Tauro apygardos Žalgirio rinktinės 36-osios kuopos vadui Stasiui Puskunigiui – Tarzanui ir dar 8 asmenims.

Byloje yra pateikiami šeši KGB įvykdytų karinių operacijų aktai. Pirmoji operacija, įvykdyta 1949 m. kovo 9 d. nulėmė likusių penkių įvykdymą ir buvo pagrindu šios baudžiamosios bylos iškėlimui. Jos metu Jankų valsčiuje, Šakių apskrityje, 296 miško kvartale buvo rastas bunkeris su trimis partizanais: Žalgirio rinktinės 34-osios kuopos vadas Vaclovas Kutkaitis – Vytautas, kuris operacijos metu buvo nužudytas bei partizanai Agota Gudaitienė – Žvirblienė bei Krizostomas Dainelis – Jovaras, kurie pasidavė gyvi. Pastarasis būdamas sulaikytas ir duodamas parodymus išdavė 36-osios kuopos vado Tarzano bunkerį.

Praėjus vos kelioms dienoms nuo pirmosios operacijos dienos 1949 m. kovo 13 d., remiantis Jovaro parodymais, antrosios operacijos metu Viliūšių miške buvo surastas bunkeris, kuriame buvo keturi 36-osios partizanų kuopos kovotojai: kuopos vadas Stasys Puskunigis – Tarzanas, raštininkas Juozas Poderis – Vėjelis, partizanai Elena Samuolienė – Stirna bei Antanas Daniauskas – Lapas. Visi keturi pasidavė saugumiečiams: pirmieji – Vėjelis ir Lapas, tuo tarpu Tarzanas ir Stirna prieš pasiduodami dar spėjo benzinu apipilti ir padegti bunkeryje buvusius dokumentus. Gaisras bunkeryje buvo numalšintas, o jo sukėlėjai – nudegė apdegę rankas bei veidus. Įvykusį gaisrą liudija ir tai, kad augumą prie bylos pridedamu iš partizanų bunkerio konfiskuotų dokumentų yra apdegę. Visi sulaikytieji buvo apklausti ir protokolai yra pateikiami kartu su byla. Kaip sužinome iš apklausų protokolų, šiame bunkeryje, kuris prie bylos pridedamoje vietovės schemoje yra pažymėtas numeriu „N1“, jame buvo spausdinami ir vėliau platinami gyventojams antisovietiniai leidiniai.

Jau sekančia dieną po pastarosios operacijos KGB įvykdė keturias operacijas per vieną dieną: remiantis Stasio Puskunigio – Tarzano parodymais bei jam pačiam dalyvaujant buvo rastas ir apsuptas bunkeris, buvęs miškuose į šiaurės vakarus nuo Viliūšių kaimo (bunkerio numeris schemoje „N5“), kuriame tuo metu buvęs partizanas, anot Tarzano liudijimo – Pranas

Runas – Daugirdas, nesutikęs pasiduoti gyvas, nusižudė. Taipogi, sprendžiant iš operacijos akte išvardytų daiktų būklės – galima būtų teigti, kad susirėmimo metu šiame bunkeryje buvo kilęs gaisras, o apdegusio spausdinimo mašinėlės paminėjimas liudija, kad ir šiame bunkeryje galėjo būti vykdomi partizaninės spaudos rengimo darbai. Tą pačią dieną saugumiečiai Puskunigio buvo nuvesti dar toliau – prie bunkerio, esančio netoli Rugienių kaimo (numeris schemeje „N6“), kurio apsuptis baigėsi tragiškai jame buvusiems laisvės kovotojams Antanui Mockevičiui – Skydui bei Gražina Matusevičiūtė – Snaigė, kurie nesutiko pasiduoti priešui ir žuvo ginkluoto susirėmimo metu (jų tapatybė buvo patvirtinta Tarzano liudijimais), ir, galiausiai, trečioji tos dienos KGB operacija – remiantis Antano Daniausko – Lapo parodymais, Poškų kaime buvo aptiktas dar vienas partizanų bunkeris (schemeje pažymėtas „N2“).

Paskutinioji gausiausia operacija buvo surengta 1949 m. kovo 15 d. – tą dieną sulaikytasis partizanas Juozas Poderis – Vėjelis priešui išdavė net 11-os slėptuvių lokacijas (bunkeriai schemeje „N7-N16“ ir „N3“) ir pats nesėkmingai bandė pabėgti.

Visi keturi sulaikytieji partizanai – Tarzanas, Vėjelis, Stirna ir Lapas – buvo apklausti. Vadovaujantis jų parodymais buvo sulaikyti dar penkis asmenys: partizanų ryšininkės Albina Navickaitė – Zylė/Zylutė, Adelė Vengraitienė ir Juozas Vengraitis bei remėjai Jonas Viltrakis ir Ona Sendžikienė.

Byloje yra pridėdami ir 1949 m. kovo 13 d. apsupties metu iš Tarzano bunkerio konfiskuoti dokumentai, priklausę Žalgirio rinktinei:

1. Nutarimas, kuriuo buvo skirta mirties bausmę sribui;
2. Likvidavimo aktas, kuriame patvirtinamas mirties bausmės įvykdymas su tai mačiusių liudininkų parašais;
3. Raportas rinktinės vadui apie įvykdytą mirties bausmę;
4. Rinktinės vado raportas apie viršilos laipsnio suteikimą 36-os kuopos puskarininkiui Tarzanui už nenuilstamą tarnybą ir atkaklią kovą siekiant Lietuvos Nepriklausomybės;
5. Rinktinės bei kuopos vadų įsakymai dėl įkalčių apie nurodytus asmenis surinkimo, bausmių skyrimo, partizanų paskyrimo į kuopą ar išbraukimo iš partizanų sąrašų, tarnybos pradžios datos nustatymo;
6. Stasio Puskunigio – Tarzano laiškas motinai su detaliomis instrukcijomis dėl susitikimo, kuris, sprendžiant iš to, kad yra pridėtas šioje byloje, taip ir nepasiekė adresato.

Visiems devyniems kaltinamiesiems – partizanams S. Puskunigiui – Tarzanui, J. Poderiui – Vėjeliui, E. Samuolienei – Stirna ir A. Daniauskui – Lapui, ryšininkams A. Navickaitei – Zylei, A. Vengraitienei ir J. Vengraičiui, bei rėmėjams – J. Viltrakiui ir O. Sendžikienei - remiantis baudžiamojoje byloje pateikta informacija, buvo nuspręsta kaip bausmę skirti 25 (partizanams) arba 10 (partizanų ryšininkams bei rėmėjams) metų pataisos darbų lageryje. Remiantis papildomą Lietuvos gyventojų genocido ir rezistencijos tyrimo centro informacija, A. Puskunigis, A. Daniauskas, J. Vengraitis ir O. Sendžikienė bausmės atlikimui buvo ištremti į Irkutsko sritį, J. Poderis, E. Samuolienė, A. Navickaitė ir J. Viltrakis – į Kazachiją, o A. Vengraitienė – kalėjo Lietuvoje (LGGRTC, 2023).

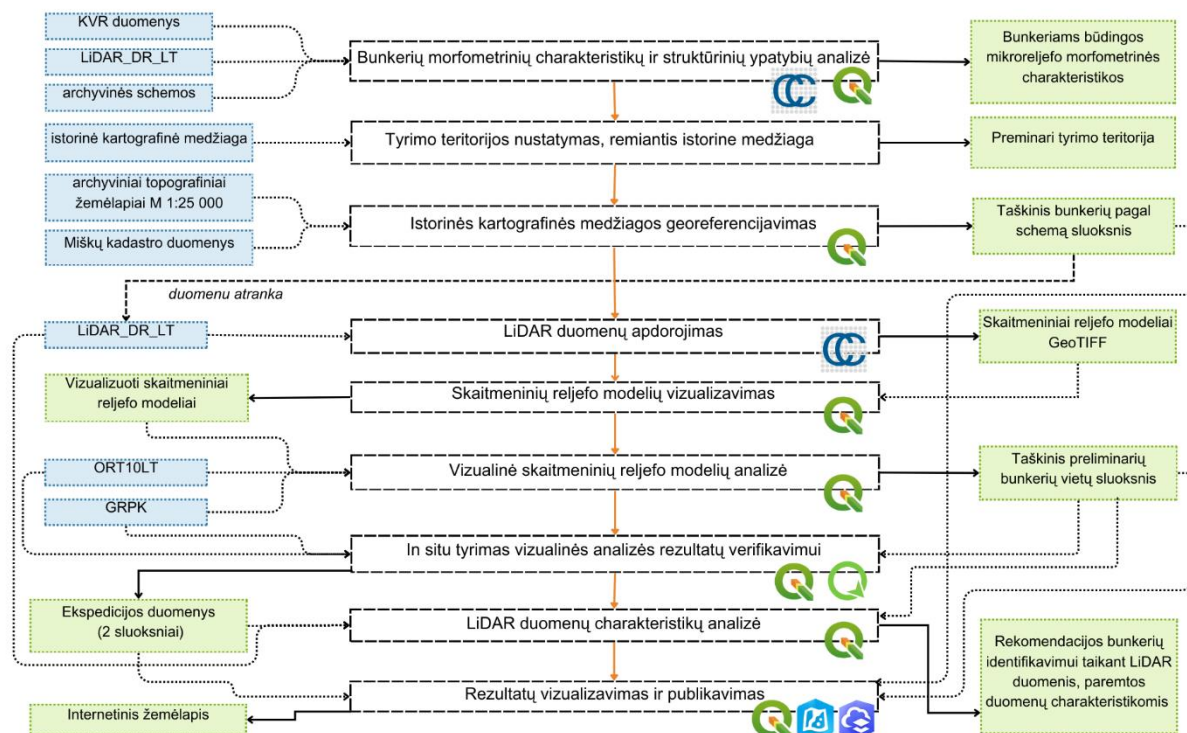
## 2. DARBO METODOLOGIJA

Šio tyrimo metodologija apima istorinės aprašomosios ir kartografinės medžiagos paruošimą, LiDAR duomenų paruošimą, in situ tyrimo vykdymo bei rezultatų publikavimo taikant internetines GIS technologijas metodikas. Tyrime duomenų paruošimui, surinkimui ir analizei yra naudojamos atviro kodo CloudCompare, QGIS ir QField programinė įranga, o rezultatų publikavimui – ArcGIS Online Map Viewer bei Story Map aplinkos.

Tyrime yra naudojami šie duomenys:

1. 2021-2022 m. Lietuvos Respublikos teritorijos skaitmeniniai erdviniai lazerinio skenavimo taškų duomenys Lidar\_DR\_LT ;
2. Sovietų saugumo komiteto (KGB) LSSR MGB Šakių apskrities skyriaus baudžiamoji byla, LYA, f. K-1, ap.58, b.42198/3;
3. Archyviniai 1950 m. topografiniai žemėlapiai M 1:25 000;
4. Miškų kadastro duomenys (sluoksnis – Kvartalai);
5. Kultūros vertybių registro (sluoksnis – kvr\_poligonai);
6. Georeferencinio pagrindo kadastro erdviųjų duomenų rinkinio duomenys;
7. 2019 m. Lietuvos Respublikos teritorijos M 1:10 000 skaitmeninis rastrinis ortofotografinis žemėlapis ORT10LT.

Žemiau pateiktoje schemoje (žr. 2 pav.) pateikiama apibendrinta tyrimo metodologijos schema, o tolesniuose skyriuose – vykdytų tyrimo etapų procesų schemas.



2 pav. Tyrimo metodologinė schema.

## 2.1. Istorinės aprašomosios ir kartografinės medžiagos paruošimas

Pagrindinis tyrime naudojamas istorinės aprašomosios medžiagos šaltinis – sovietų saugumo (KGB) bylos. KGB bylose pateikiama ši medžiaga: suėmimų dekretai, kuriuose pateikiama informacija apie sulaikytus partizanus ar su jais susijusius asmenis, įvykdytų karinių operacijų aktai, sulaikymų metų rastų ir konfiskuotų ginklų techninės patikros aktai, apklausų protokolai, rezoliucijos (nutartys), žemėlapiai, bunkerių brėžiniai, partizanų dokumentai.

Visa baudžiamoji byla, išskyrus pridedamus iš sulaikytųjų partizanų konfiskuotus dokumentus bei partizanų sudarytus bunkerių brėžinius, yra sudaryta rusų kalba.

Byloje pateikiama kartografinė medžiaga preliminariai nulemia tyrimo teritorinę aprėptį. Tuo tarpu, bunkerių brėžiniai yra pagalbinė medžiaga išskiriant bruožus, kuriais remiantis atliekama vizualinė reljefo modelių analizė.

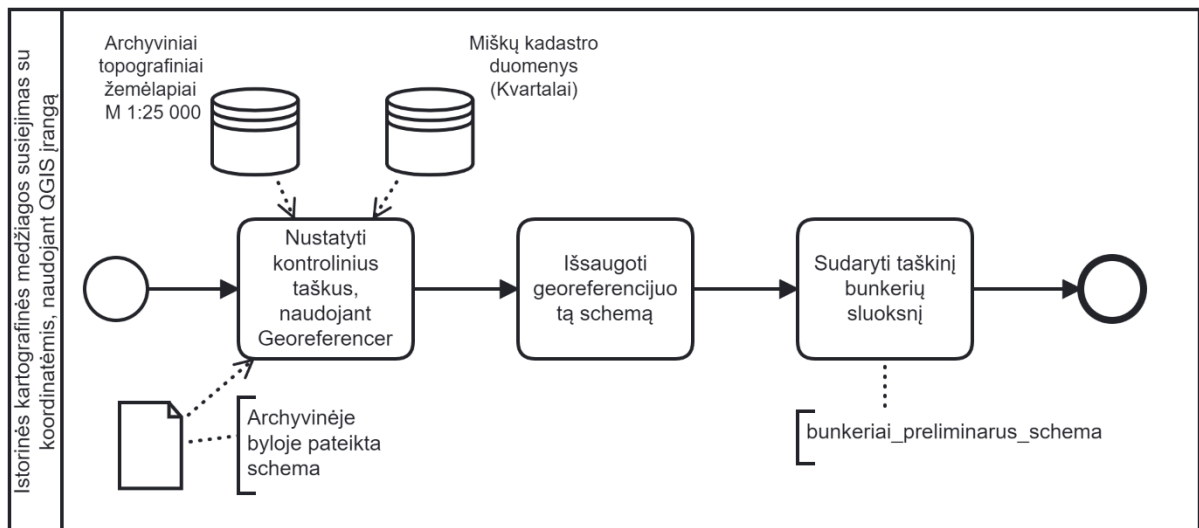
Likusi bylos aprašomoji medžiaga, jos priedai analizuojami ir aprašomi siekiant tyrimui suteikti gilesnį istorinį kontekstą bei papildomos informacijos tolimesnės analizės bei potencialių žvalgymų metu.

Istorinė kartografinė medžiaga, kuri nėra suskaitmeninta ir nėra susieta su geografinėmis koordinatėmis - 1949 m. kovo



13-15 d. KGB vykdytos operacijos metu identifikuotų partizanų bunkerių schema (schemos nuotrauka) (LYA, f. K-1, ap.58, b.42198/3).

partizanų bunkerių schema, kurios mastelis yra 1:50 000 (žr. 3 pav.) – pirmiausia turi georeferencijuojama. Tai atliekama naudojant QGIS programinę įrangą, pasitelkiant *Georeferencer* įrankį (*Layer* → *Georeferencer*).

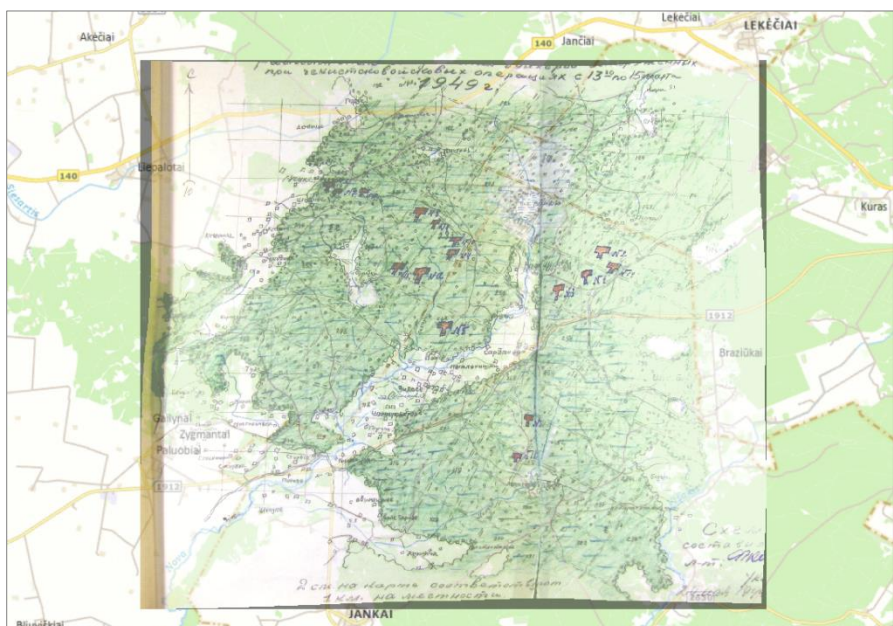


4 pav. Istorinės kartografinės medžiagos susiejimo su geografinėmis koordinatėmis proceso schema.

Schemos susiejimas su koordinatėmis atliekamas naudojant archyvinius 1:25 000 mastelio topografinius žemėlapius, sudarytus 1950 m. (artimiausia data schemos sudarymo laikui) bei kaip pagalbinį šaltinį pasitelkiant Miškų kadastro duomenų sluoksnį, vaizduojantį kvartalines. Siekiant kuo tiksliau susieti žemėlapi su koordinatėmis, pririšant buvo naudojamas didelis kontrolinių taškų skaičius (viso – 68 taškai). Vis dėl to, nepaisant to, dėl schemos ir pasitelktų topografinių žemėlapių mastelių skirtumo, bei schemos sąlyginio tikslumo, vietomis išlieka nemaža paklaidų tikimybė, tad, vertinant konkrečių vietų, objektų padėtis gali būti nustatyta tik apytiksliai.

Atlikus schemos susiejimą su geografinėmis koordinatėmis, georeferencijuota schema yra išsaugoma GeoTIFF formatu. Tai atlikus ir toliau naudojant QGIS įrangą, remiantis šia

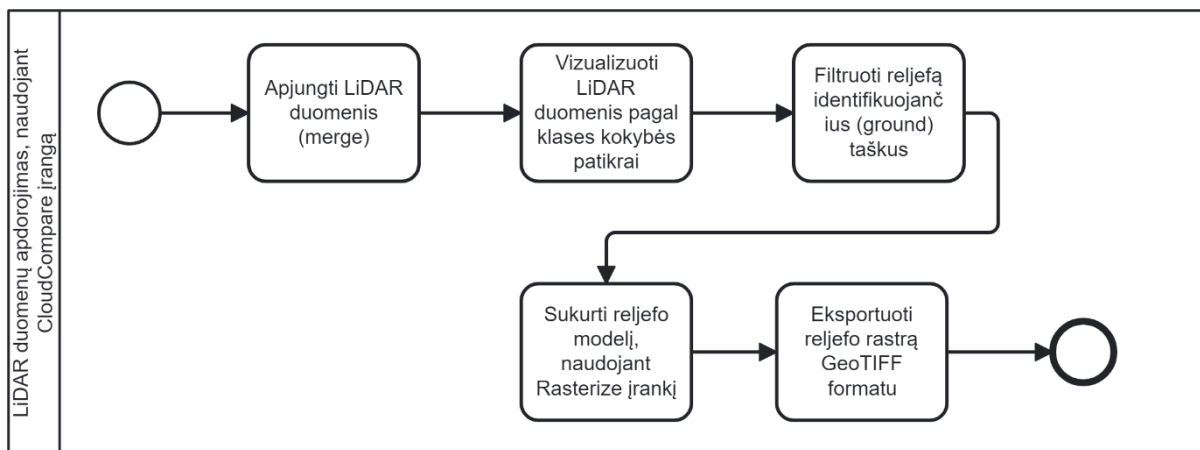
schema sudaromas taškinis schemeje pažymėtų partizanų bunkerių sluoksnis, pagal kurį kitame žingsnyje atrenkami duomenys (LiDAR duomenų lapai), kurie bus naudojami sudarant šių teritorijų reljefo modelius.



5 pav. Partizanų bunkerių schema, susieta su koordinatėmis.

## 2.2. LiDAR distancinių tyrimų metodo duomenų paruošimas

Skaitmeniniai žemės paviršiaus reljefo modeliai, reikalingi tyrimui, analizuojami šiame darbe yra sudaromi naudojant aktualiausias tyrimo teritorijai Lietuvos Respublikos teritorijos skaitmeninius erdvinius lazerinio skenavimo taškų duomenis (Lidar\_DR\_LT). LiDAR\_DR\_LT duomenų tankumas yra ne mažesnis kaip 6,5 taškai/m<sup>2</sup>, vidutinė kvadratinė taško horizontalaus nustatymo paklaida (RMSE, angl. *root mean square error*) – ne daugiau kaip 30 m, o vertikalus – ne daugiau kaip 10 cm. Šie duomenys yra suklasifikuoti pagal 1.2 versijos LAS specifikaciją į 8 klases: 0 ir (ar) 1 klasė – neklasifikuoti taškai; 2 klasė – žemės paviršiaus (reljefą identifikuojantys) taškai; 3 klasė – žema augmenija; 4 klasė – vidutinė augmenija; 5 klasė – aukšta augmenija; 6 klasė – pastatai, statiniai; 7 klasė - triukšmo taškai; 12 klasė – persidengimo taškai. Duomenys yra suskaidyti 1:2 000 mastelio lapais, pagal Lietuvos Respublikos teritorijos žemėlapių LKS-94 koordinatinių sistemoje skaidymą lapais, ir yra teikiami .laz formatu.

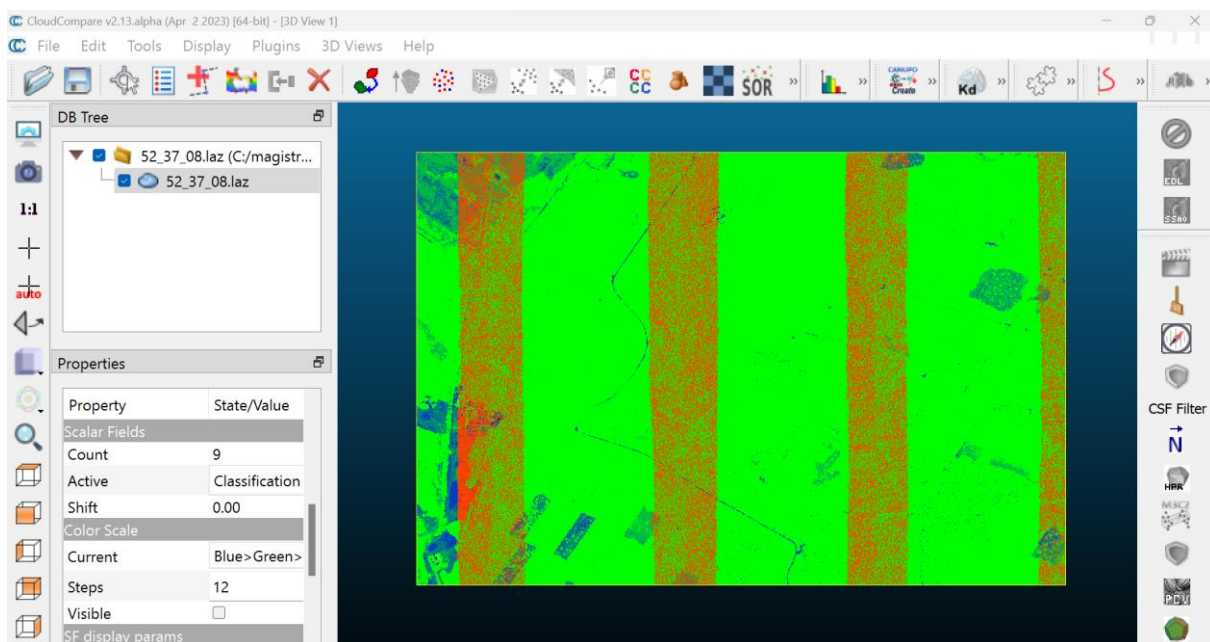


6 pav. LiDAR duomenų apdorojimo, naudojant CloudCompare programinę įrangą, proceso schema.

Šiame tyrime LiDAR duomenų apdorojimui naudojama atviro kodo programinė įranga CloudCompare, skirta 3D taškų debesų apdorojimui. Įsikėlus lazerinio skenavimo duomenis į programinę įrangą, tuo atveju jei planuojamo sudaryti reljefo modelio teritorija yra didesnė nei 1 km<sup>2</sup>, t. y. ją sudaro daugiau nei vienas 1:2 000 mastelio lapas, visų įsikeltų lapų duomenis reiktų apjungti į vieną bendrą taškų masyvą. Tam atlikti, pažymėjus apjungti norimus lapus, naudojamas įrankis „Merge“ (*Edit → Merge*).

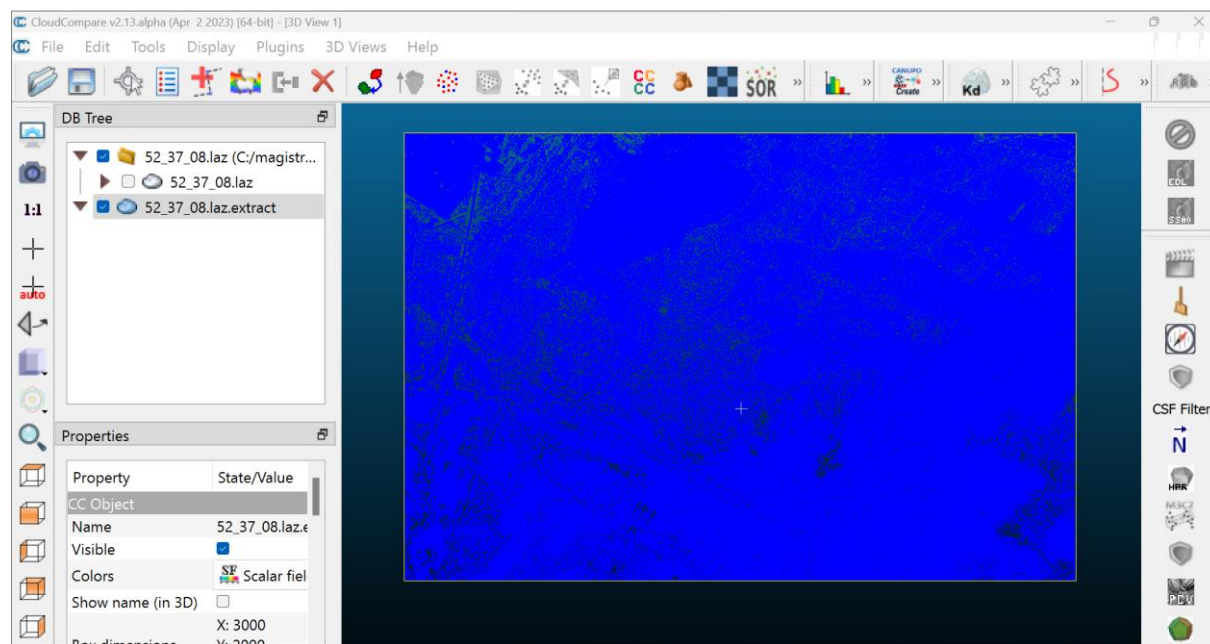
Atlikus apjungimą, apjungtas taškų debesis vizualizuojamas pagal LiDAR duomenų taškų klasifikaciją – „Properties“ lange „Scalar Fields“ skiltyje „Active“ dalyje pakeisdami numatytąjį parametą į „Classification“ (*Properties → Scalar Fields → Active: [Classification]*). Atlikus šį veiksmą kiekviena taškų klasė yra simbolizuojama skirtingomis spalvomis (žr. 7 pav.). Šis žingsnis yra reikalingas siekiant atlikti naudojamų LiDAR duomenų

kokybės patikrą – vizualiai įsitikinti, ar juose nėra akivaizdžių taškų klasifikacijos klaidų. Taipogi tai leidžia kitame žingsnyje, patikrinti, ar teisingai buvo atliktas taškų filtravimas, nurodytas teisingas klasifikacijos taškų verčių diapazonas.



7 pav. Taškų debesis vizualizacija pagal LiDAR duomenų taškų klasifikavimą.

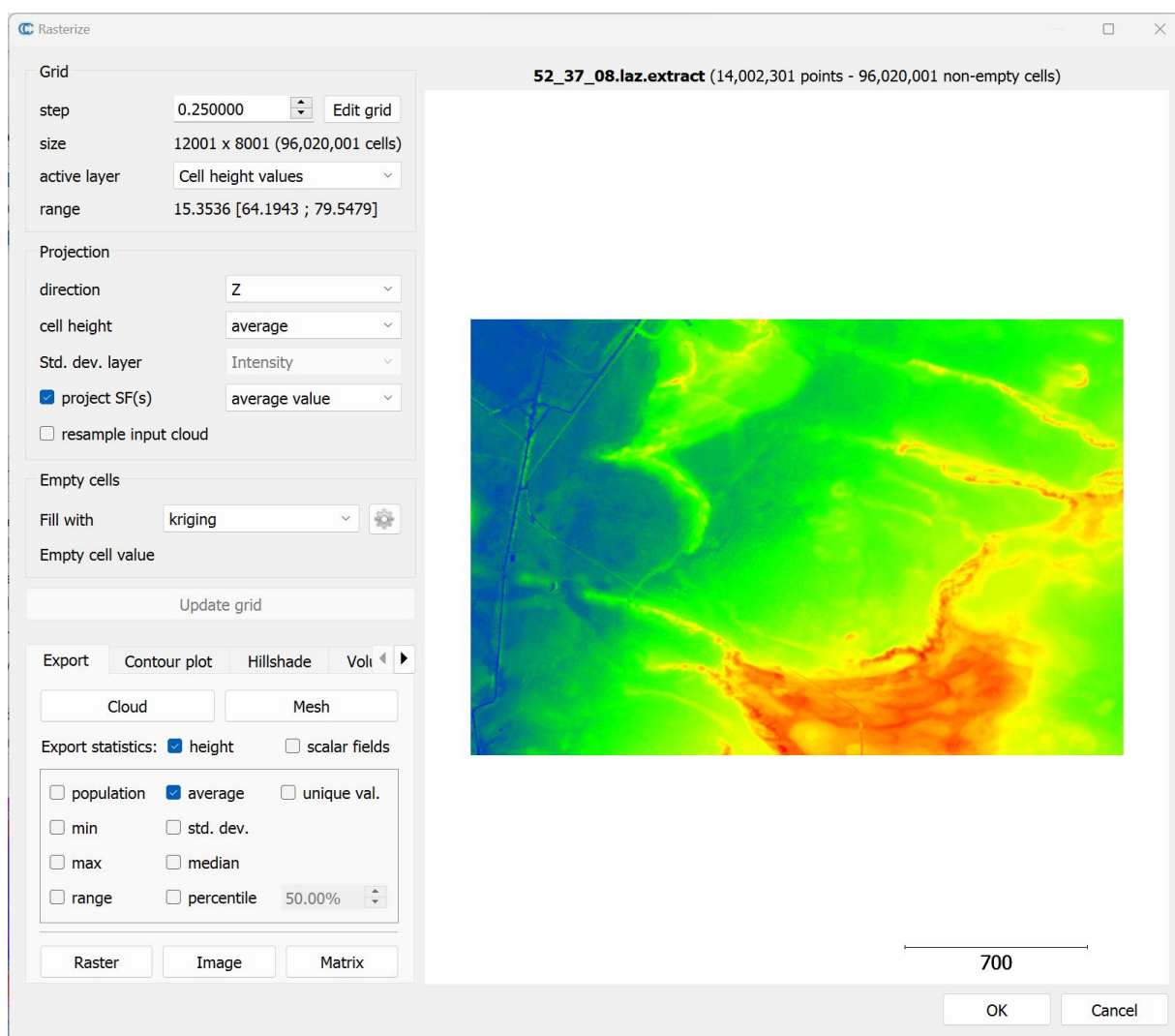
Reljefo modelio sudarymui yra naudojami tik antrai klasei (žemės paviršiaus) pagal LAS specifikaciją priskirti LiDAR duomenų taškai. Žemės paviršiaus taškų filtravimas atliekamas pasitelkiant įrankį „Filter by Value“ (*Edit* → *Scalar Fields* → *Filter by Value*), filtravimas atliekamas atsidariusiame lange nurodant taškų klasifikacijos verčių diapazoną, į kurį patenka 2 (*ground*) klasės taškai (nuo 1.1 iki 2.1). Atlikus filtravimą, gaunamas reljefą identifikuojančių LiDAR duomenų taškų debesis (žr. 8 pav.).



8 pav. Išfiltruoti 2-os klasės (žemės paviršiaus) LiDAR duomenų taškai.



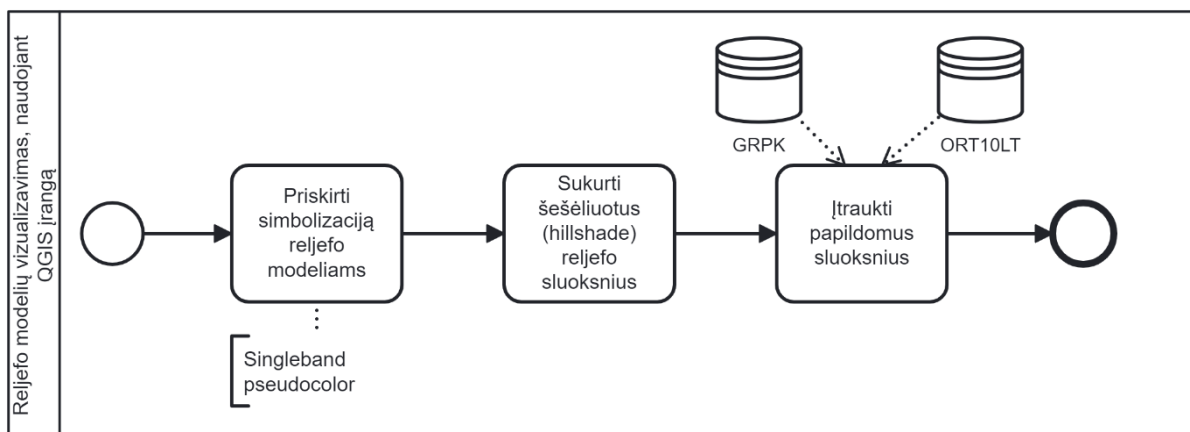
Galiausiai, iš žemės paviršiaus taškų debesies reikia sudaryti reljefo rastrą. Tam atlikti naudojamas įrankis „Rasterize“ (*Tools* → *Projection* → *Rasterize*). Atsidariusiame šio įrankio lange turi būti nurodyti reikiami modelio sudarymo parametrai, tokie kaip gardelės dydis (0,25 m), modelio gardelėms priskiriamų verčių sluoksnis (aukščių vertės), projektavimo parametrai (kryptis – Z, gardelių aukštis – vidutinis, projektavimo paviršius – vidutinė reikšmė) bei tuščių gardelių užpildymui taikomas interpoliavimo metodas – kringas. Pasirinkus tinkamus parametrus ir taikant veiksmažodį „Update Grid“ LiDAR duomenų taškų debesis yra rasterizuojamas ir po kurio laiko sugeneruojamas skaitmeninis paviršiaus reljefo modelis, kurio vaizdas matyti tam pačiame „Rasterize“ įrankio lange (žr. 9 pav.).



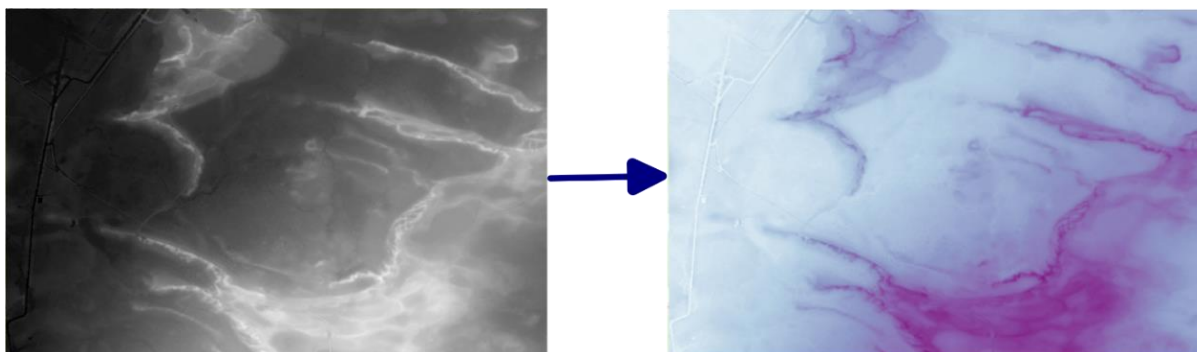
9 pav. Žemės paviršiaus reljefo modelio rastro sukūrimas naudojant „Rasterize“ įrankį.

Sugeneruotas reljefo modelis išsaugojamas kaip rastrinis paveikslas tolesniam jo naudojimui GIS programinėje įrangoje. Prieš eksportuojant eksportavimo statistikos skiltyje pažymint pasirenkant, kad rastro gardelėse bus sukaupta statistinė informacija būtent apie jų aukščių vidurkius.

Reljefo modelis yra apdorojamas naudojant QGIS programinę įrangą. Ankstesniame žingsnyje išsaugotas rastras įsikeliamas į QGIS projektą. Vos įsikelto rastro numatytoji vizualizacija yra juodai-balta, tad pirmiausia, kad pats vaizdas būtų tinkamesnis analizei, ji yra pakeičiama į išraiškingesnę, leidžiančią lengviau išvystyti paviršiaus pokyčius. Tam atlikti atidarius apdorojamo rastro ypatybių simbolizacijos nustatymų juostų atvaizdavimo (angl. *Band Rendering*) parinktyse pakeičiamas atvaizdavimo tipą į „singleband pseudocolor“ ir esant poreikiui, pakeičiama spalvų paletė (žr. 11 pav.).

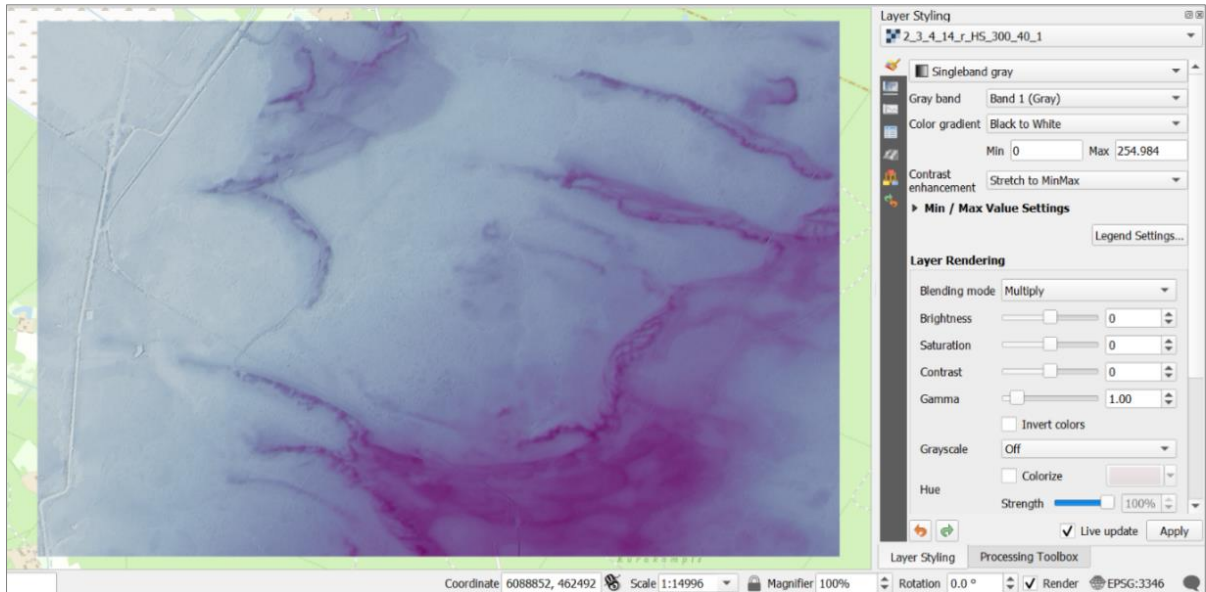


10 pav. Reljefo modelių vizualizavimo, naudojant QGIS programinę įrangą, procesas.



11 pav. Reljefo modelio vizualizavimas.

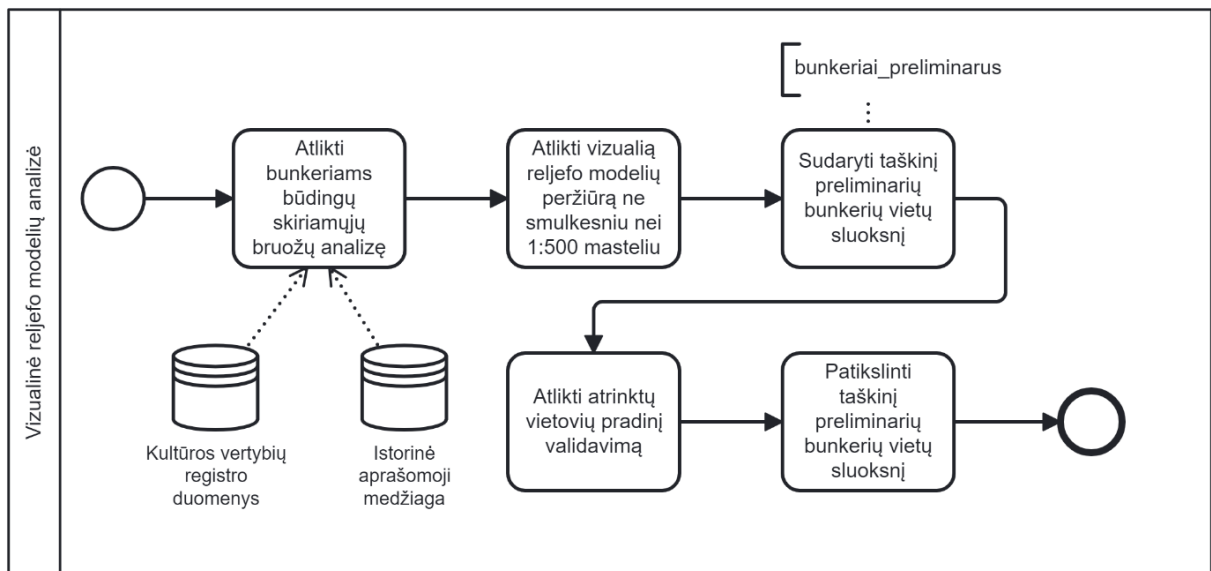
Tyrime vykdomai mikroreljefo analizei, reikalingas dar didesnis modelio paviršiaus „išraiškingumas“. Naudojant reljefo šešėliavimo (angl. *Hillshade*) įrankį reljefo modeliams sukuriama šešėliavimo sluoksniai, kuriam taikomi numatytieji įrankio parametrai: azimutas (horizontalusis kampas), kuris parodo, šviesos šaltinio poziciją pasaulio kryptį atžvilgiu – 300 laipsnių, vertikalusis kampas, nurodantis, šviesos šaltinio aukštį virš horizonto – 40 laipsnių, z faktorius (vertikalus padidėjimas) – nuo 1 iki 3. Sukūrus šešėliavimo sluoksnį, sutvarkomi jo parametrai, turintys įtakos jų vizualizacijai: perrinkimo (angl. *resampling*) metodas iš numatytojo artimiausiojo kaimyno (angl. *Nearest Neighbour*) pakeičiamas į kubinį (angl. *Cubic*), tuo tarpu kaip rastro suliejimo būdas (angl. *Blending Mode*) nurodomas *Multiply* metodas ir sluoksniui pritaikomas 50-60 proc. permatomumas.



12 pav. Sudarytas reljefo modelis su *Hillshade* sluoksniu.

### 2.3. Aprašomosios, kartografinės ir GIS medžiagos kompleksinio tyrimo vykdymo metodika

Vizualinė reljefo modelių analizė atliekama siekiant pagal išskirtus bruožus nagrinėjamoje teritorijoje identifikuoti vietas, kuriose potencialiai galėtų būti bunkeriai ir jos turėtų būti patikrintos vietovėje.



13 pav. Vizualinės reljefo analizės vykdymo proceso schema.

Bunkerio vizualiniai bruožai, kuriais remiantis yra atliekama vizualinė analizė išskiriami pasitelkiant informaciją pateikiamą nagrinėtuose istoriniuose šaltiniuose (bunkerio brėžiniai) bei taip pat analizuojant Kultūros vertybių registro duomenis ir informaciją apie jau nustatytus ir į registrą įtrauktus Lietuvos partizaninio karo paveldo objektus.

Kultūros vertybių registre registruotų kultūros paveldo objektų, kuriuose yra saugomi partizaninių kovų paveldo objektai – bunkeriai (slėptuvės), analizė atliekama siekiant įvertinti jau žinomų partizanų bunkerių morfometrines charakteristikas ir vizualiai įvertinti jų struktūrines ypatybes, ir taip apibrėžti bruožus/kriterijus, kuriais vadovaujantis galėtų būti atliekama vizuali reljefo modelių analizė naujų, dar nežinomų partizaninių bunkerių lokacijų paieškai apibrėžtoje tyrimo teritorija.

Analizei atrenkamų objektų teritorinė aprėptis pasirenkama priklausomai nuo tyrimo teritorijos – t. y. pasirenkama savivaldybių, į kurias ji patenka, teritorija. Pažymėtina, kad Kultūros vertybių registre saugomi partizanų bunkeriai objekto pavadinime dažniausiai nėra tiesiogiai įvardijami kaip bunkeriai ar slėptuvės. Šie objektai gali būti įvardijami kaip vadavietė ar partizanų stovyklos vieta. Dažnu atveju partizanų bunkeriai yra saugomi objektuose, kurie pavadinami „Lietuvos partizanų kautynių ir žūties vieta“. Nėra užtikrinimo, kad šio vardo objektuose visais atvejais bus saugomas ir bunkeris, tad atsirenkant šiuos objektus kas kart yra poreikis peržvelgti registre pateikiamą objekto aprašomąją informaciją ir įsitikinti, ar objekto vertingųjų savybių skiltyje yra minimas bunkeris (slėptuvė). Taipogi registre yra pateikiama informacija apie bunkerio parametrus, taip pat jų fotonuotraukos, kurie yra naudingi palyginimui su informacija gaunama analizuojant jų vaizdą reljefo modelyje. Taip pat kiekvienam iš objektų yra pateikiamos oficialios jų schemas, kuriose nurodyta bunkerio, kaip sudėtinės saugomo objekto dalies, lokacija.

Kiekvienam iš pasirinktų objektų yra sudaromi ir vizualizuojami reljefo modeliai pagal šio darbo 2.2 skyriuje aprašytą metodiką. Atrenkant LiDAR duomenis reljefo modelių sudarymui, tais atvejais kai objektas yra pačiame duomenų nomenklatūrinio lapo pakraštyje, rekomenduotina į analizę papildomai įtraukti ir gretutinio lapo duomenis. Visų pirma yra įvertinama, ar objektas apskritai išsiskiria sugeneruotame reljefo modelyje (ne visi kultūros vertybių registro objektai vienodai išraiškingai gali atsispindėti reljefe – tai lemia ir pačio objekto struktūra, įrengimo vieta, bunkerio būklė (ar bunkerio vieta yra sutvarkyta, atstatyta, ar jis įgriuvęs ir pan.)). Atkreiptinas dėmesys į tai, kad reali kultūros paveldo objekto vieta gali nesutapti su ta, kuri yra nurodyta objekto aprašyme pateiktoje schemoje. Toliau yra įvertinama jo forma bei struktūra. Naudojant QGIS matavimo įrankius, reljefo modelyje išmatuojami jo morfometriniai parametrai (ilgi, plotis, gylis) palyginami su registro objekto apraše pateiktais parametrais (jei jie yra aprašyti).

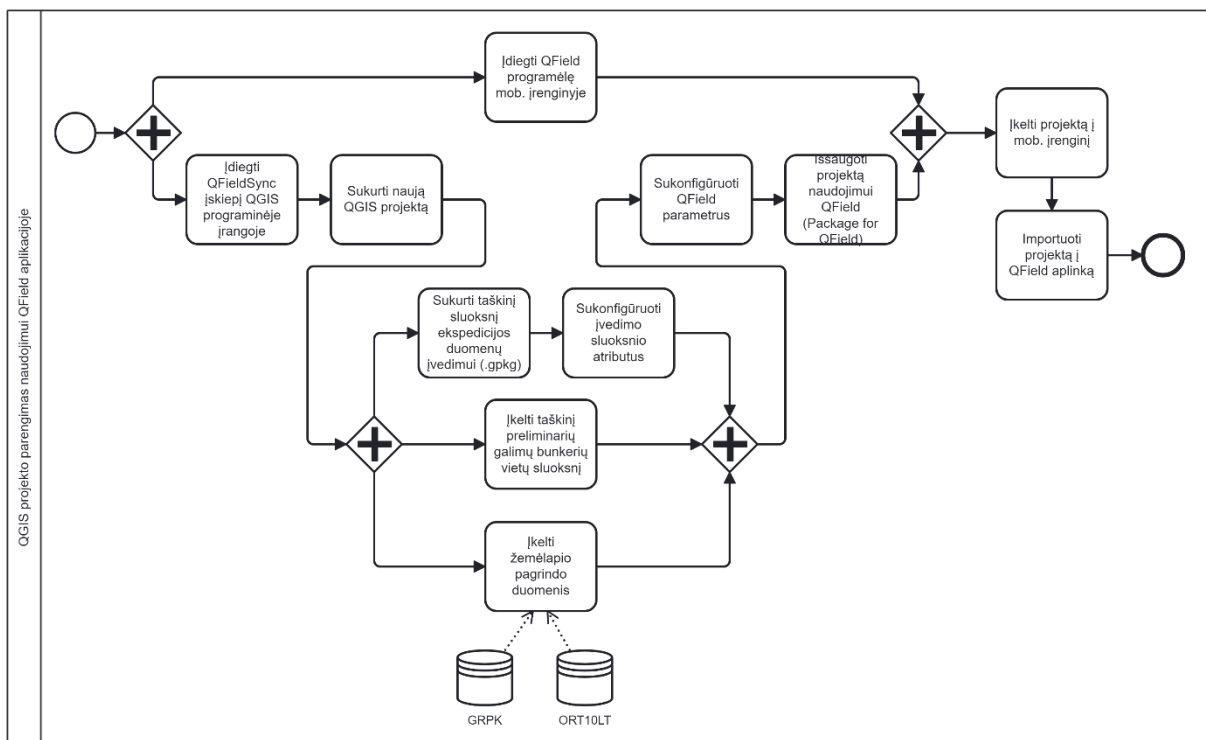
Atlikus Kultūros vertybių registro objektų analizę, išnagrinėjus istorinėje aprašomojoje medžiagoje pateiktas schemas, atliekama detali vizuali reljefo modelių analizė. Modeliai turi būti kruopščiai peržiūrėti 1:500 ar stambesniu masteliu, ieškant vietų kurios vizualiai ir pagal

dydžius yra panašios į bruožus, išskirtus ankstesniame žingsnyje, bei taip pat atkreipiant dėmesį į „neįprastai“, nenatūraliai iš kraštovaizdžio išsiskiriančias žemės paviršiaus struktūras. Vizualinė analizė atliekama peržiūrint susidarytus šešėliuoto reljefo sluoksnius perdengtus su sukurtais reljefo modeliais, bei taip pat, papildomai – su Georeferencinio pagrindo kadastro erdviniais duomenimis (GRPK) bei aktualiausiu Lietuvos Respublikos teritorijos M 1:10 000 skaitmeniniu rastrinis ortofotografiniu žemėlapiu. Visos potencialios preliminarios bunkerių vietos yra fiksuojamos atskirame taškiniam sluoksnyje. Atlikus šiuos veiksmus būtinas pirminis atrinktų vietų validavimas, tad šiame žingsnyje yra būtinos konsultacijos su archeologais, laisvės kovų vietų tyrimus atliekančiais ekspertais. Po šių konsultacijų duomenys privalo, esant poreikiui, būti patikslinti, atsižvelgiant į specialistų pastabas ir įžvalgas.

## 2.4. In situ tyrimo vykdymo metodika

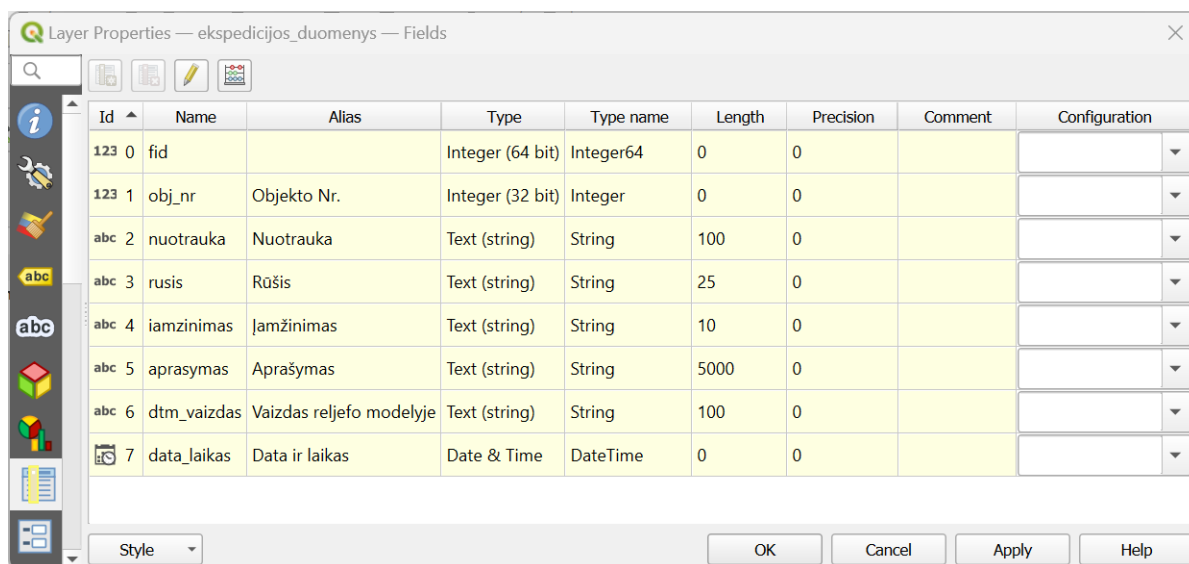
*In situ* tyrimas reikalingas vizualinės reljefo analizės rezultatų verifikavimui. *In situ* tyrimo metodiką sudaro dvi dalys: parengiamasis etapas ir *in situ* duomenų surinkimo etapas.

Ekspedicijos duomenų surinkimui yra pasitelkiami QField mobili aplikacija. QField aplikacijoje duomenų surinkimui naudojamas QGIS programinėje įrangoje sukurtas ir sukonfigūruotas projektas. QGIS aplinkoje sukurto projekto parengimui naudojimui QField aplikacijoje, QGIS programoje turi būti įdiegtas „QField Sync“ įskiepis.



14 pav. QGIS projekto parengimo naudojimui QField aplikacijoje procesas.

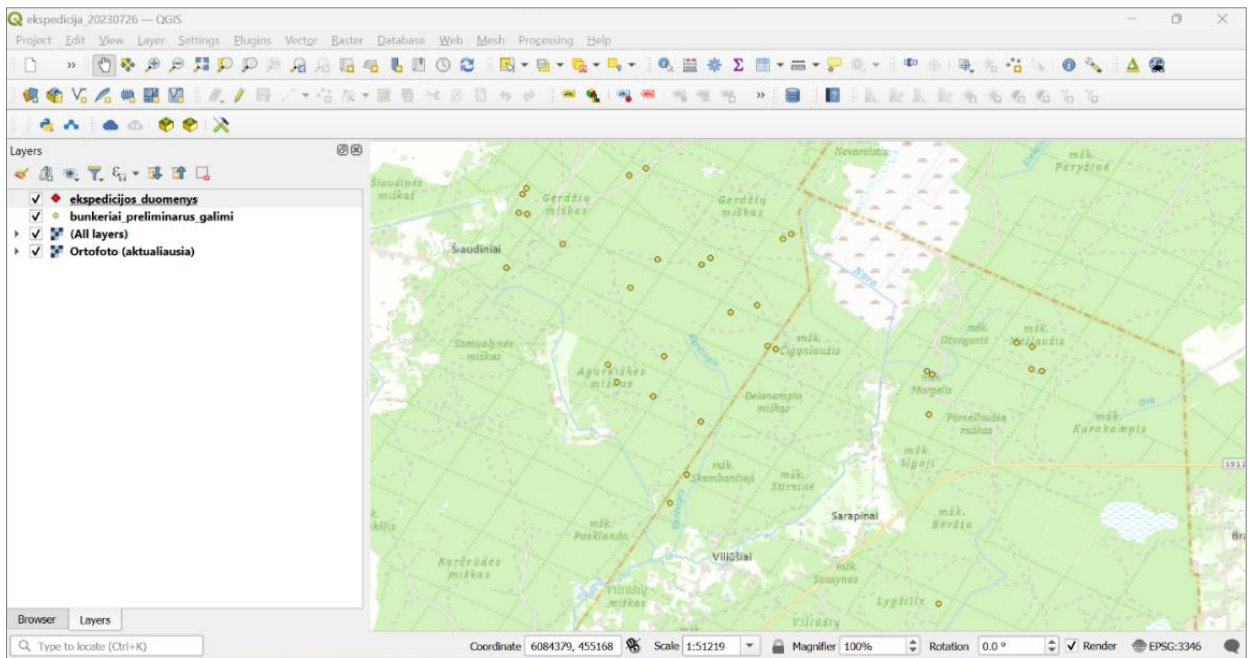
**QGIS projekto parengimas naudojimui QField aplikacijoje.** Parengiamojo etapo metu naujame QGIS projekte sukuriama naujas tuščias taškinis GeoPackage formato sluoksnis, kuris bus skirtas naujų duomenų įvedimui ekspedicijos metu. Tuomet šiam sluoksniui sukuriama ir sukonfigūruojami reikalingi duomenų atributiniai laukai: fid (sukuriama automatiškai), objekto\_nr, nuotrauka, rusis, iamzinimas, aprasymas, dtm\_vaizdas, data\_laikas (žr. 15 pav.).



**15 pav.** Ekspedicijos duomenų sluoksnio atributiniai laukai.

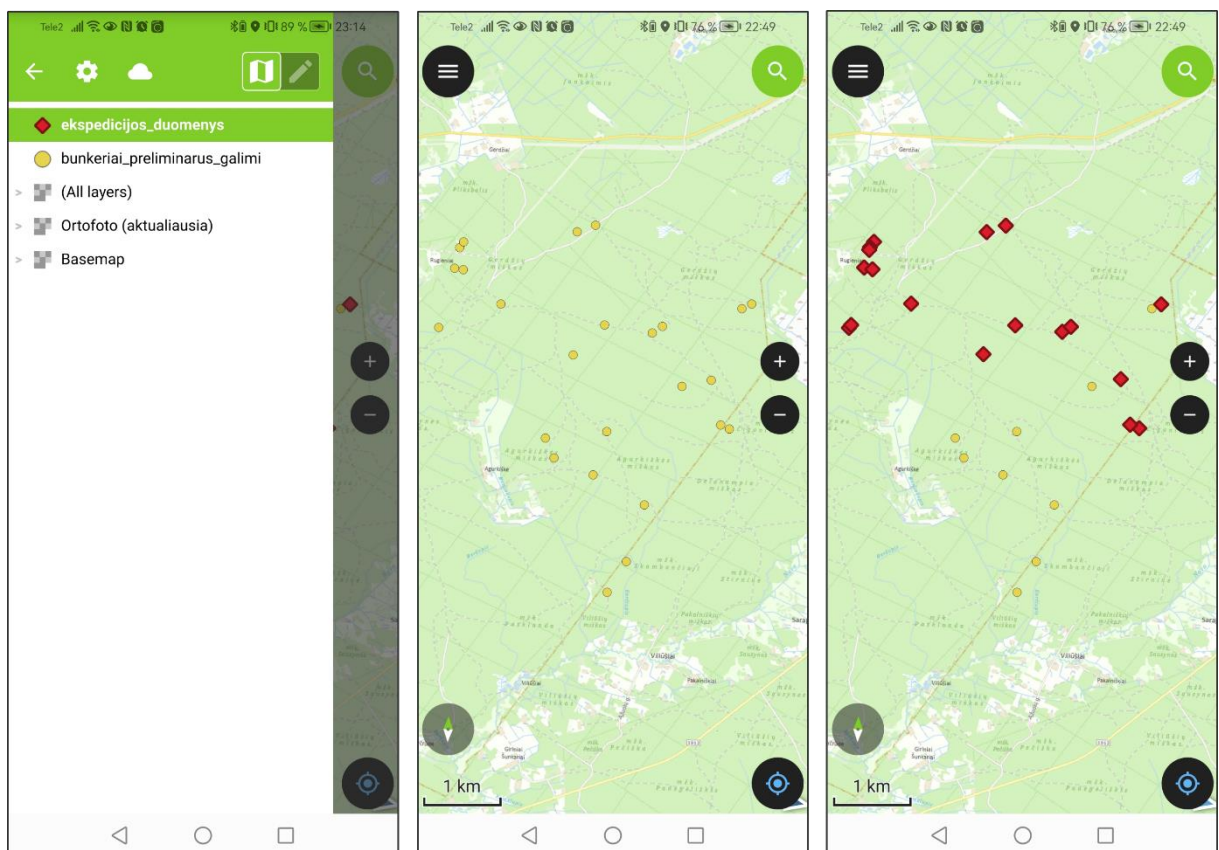
Sukonfigūravus sluoksnį, skirtą duomenų surinkimui, projektas yra papildomais duomenų sluoksniais, kurių pagrindinis yra ankstesniame etape sudarytas preliminarinių bunkerinių sluoksnis, kurio duomenys yra turi būti verifikuoti *in situ* tyrimu – sluoksnis naudojamas kaip orientyras ekspedicijos metu. Galiausiai, į projektą įkeliami rastriniai žemėlapių pagrindo sluoksniai – georeferencinio pagrindo kadastro erdvinių duomenų rinkinys (GRPK) ir aktualiausias Lietuvos Respublikos teritorijos skaitmeninis rastrinis ortofotografinis žemėlapis M 1:10 000 (ORT10LT).

Į QGIS projektą įkeltiems ar naujai sukurtiems vektoriniams duomenų sluoksniams turi būti nustatomi sluoksnių stiliai. Sluoksnių stiliai nustatomi kiekvieno iš sluoksnio ypatybių simbologijos nustatymuose. Sluoksnių stiliai nustatomi taip, kad juose saugomi objektai būtų lengvai įžiūrimi naudojant tiek vieną, tiek kitą iš įsikeltų pagrindo žemėlapių, ir taipogi atskiri sluoksniai būtų pakankamai skirtingi, t. y. parenkant jiems skirtingus kontrastingus atspalvius ir/ar simbolių formas, taip palengvinant jų vizualų diferencijavimą renkant duomenis *in situ*.



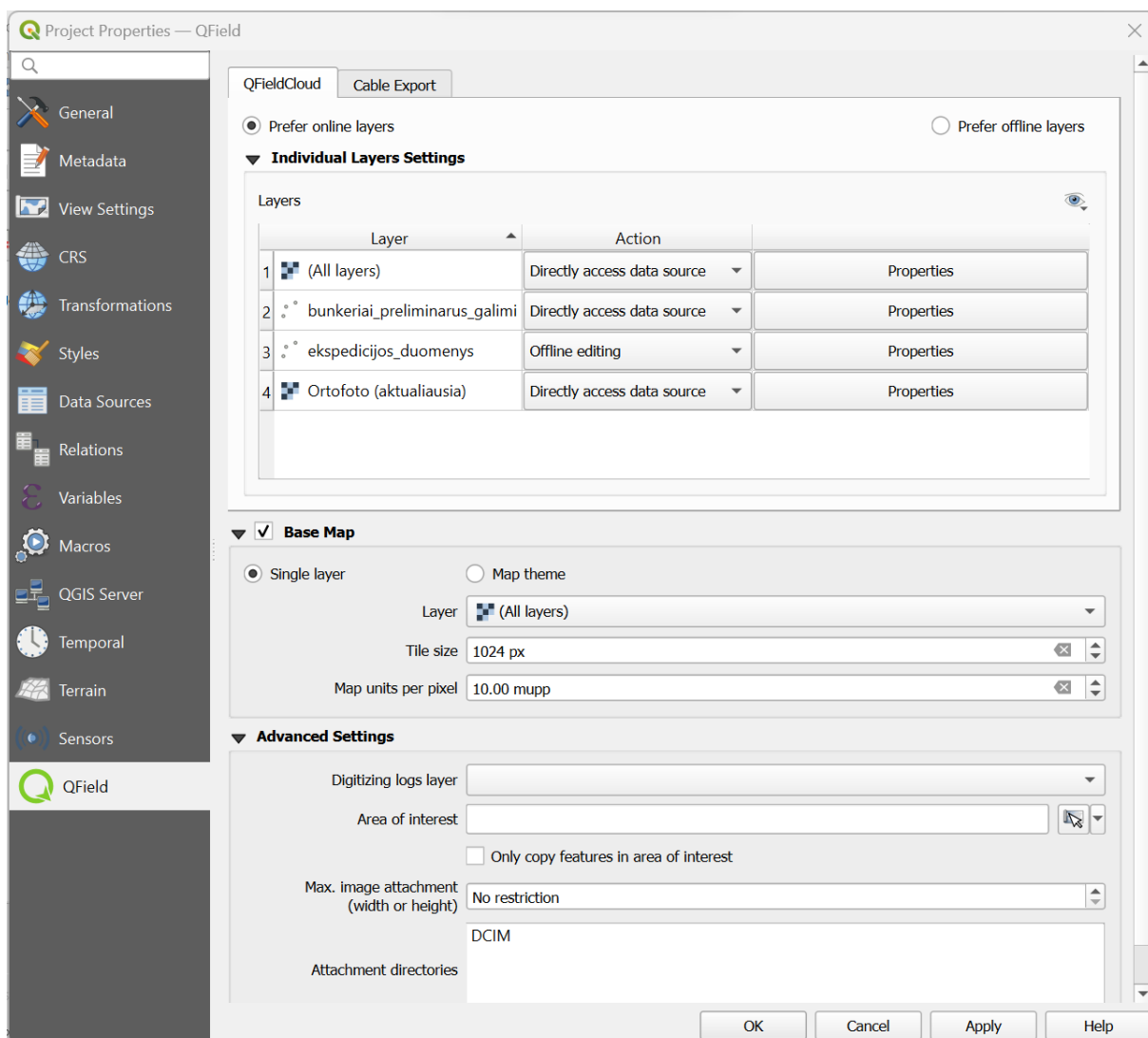
16 pav. Naudojimui QField parengtas QGIS projektas.

Į QField aplikaciją įkėlus susikurtą projektą, visų sluoksnių stiliai išlieka identiški nustatytiems QGIS aplinkoje (žr. 16-17 pav.), todėl svarbu juos nustatyti taip, kad sluoksniai būtų aiškiai ir patogiai įžiūrimi mobilaus įrenginio ekrane lauko sąlygomis.



17 pav. QGIS projektas QField aplikacijoje: kairėje – projekto sluoksniai, viduryje – projekto vaizdas įkėlus į QField, dešinėje – projekto vaizdas įvedus *in situ* duomenis.

Sukūrus ir įkėlus reikalingus duomenų sluoksnius, atliekamas QField parametrų sukonfigūravimas QGIS projekte. Tam atlikti QFieldSync įskiepio įrankių juostoje pasirenkamas projekto konfigūravimo įrankis „Configure current project“ (žr. 18 pav.). Konfigūruojant projektą naudojimui QField aplinkoje, nurodoma, kuris sluoksnis bus naudojamas kaip pagrindinis pagrindo žemėlapis, taip nurodoma, kokioje direktorijoje bus saugomi priedai (nuotraukos), taip pat parenkami veiksmų nustatymai kiekvienam iš į projektą įkeltų duomenų sluoksnių – duomenų rinkimui sukurtam sluoksniui (ekspedicijos\_duomenys.gpkg) nustatomas veiksmas, įgalinantis duomenų redagavimą neprisijungus (angl. *offline*) režimu.



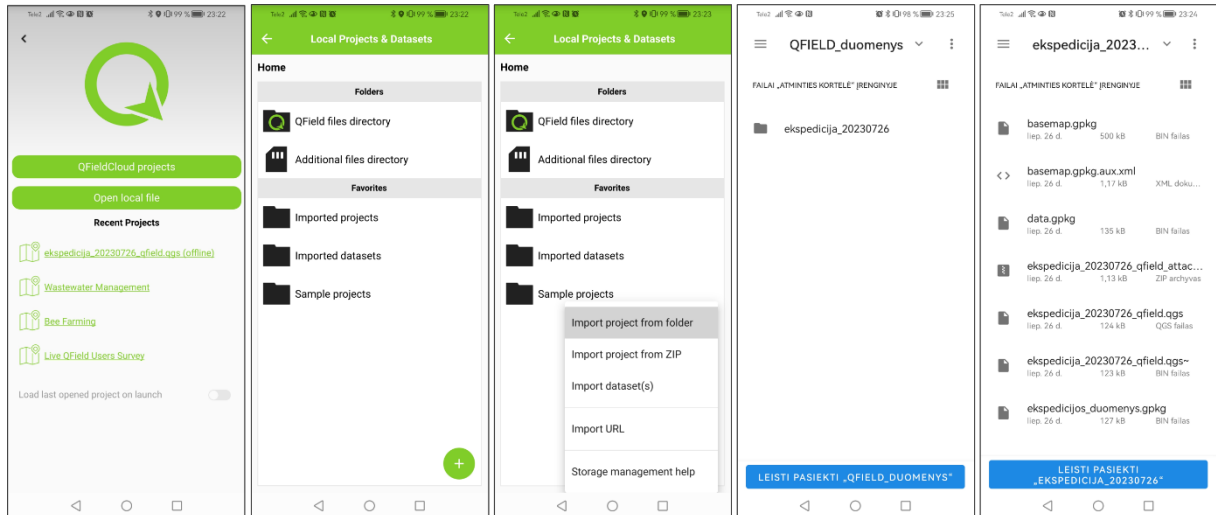
18 pav. QField parametrų konfigūravimas QGIS projekte.

Sukonfigūravus projektą, naudojant QFieldSync įrankių juostos įrankį „Package Project for QField“ susikurtą ir sukonfigūruotą projektas išeksportuojamas kartu su kitais reikalingais duomenim. Šiame žingsnyje dar nėra sukuriamos direktorijos, kuriose bus kaupiami

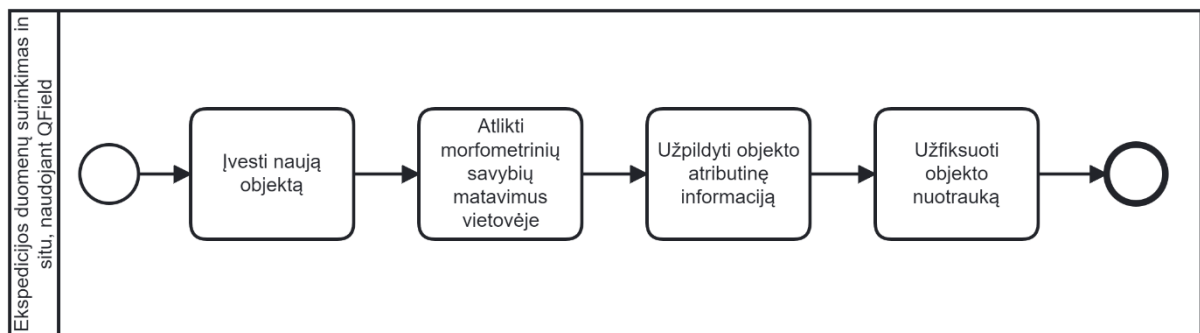


ekspedicijos metu fiksuojami objektų vaizdai, šis aplankas bus automatiškai sukurtas QField aplinkoje projekte užfiksavus pirmąjį vaizdą.

Įdiegus QField for QGIS programėlę bei paruošus QGIS projektą, paruoštas projektas įkeliamas į mobilųjį įrenginį ir importuojamas į QField aplinką (žr. 19 pav.).



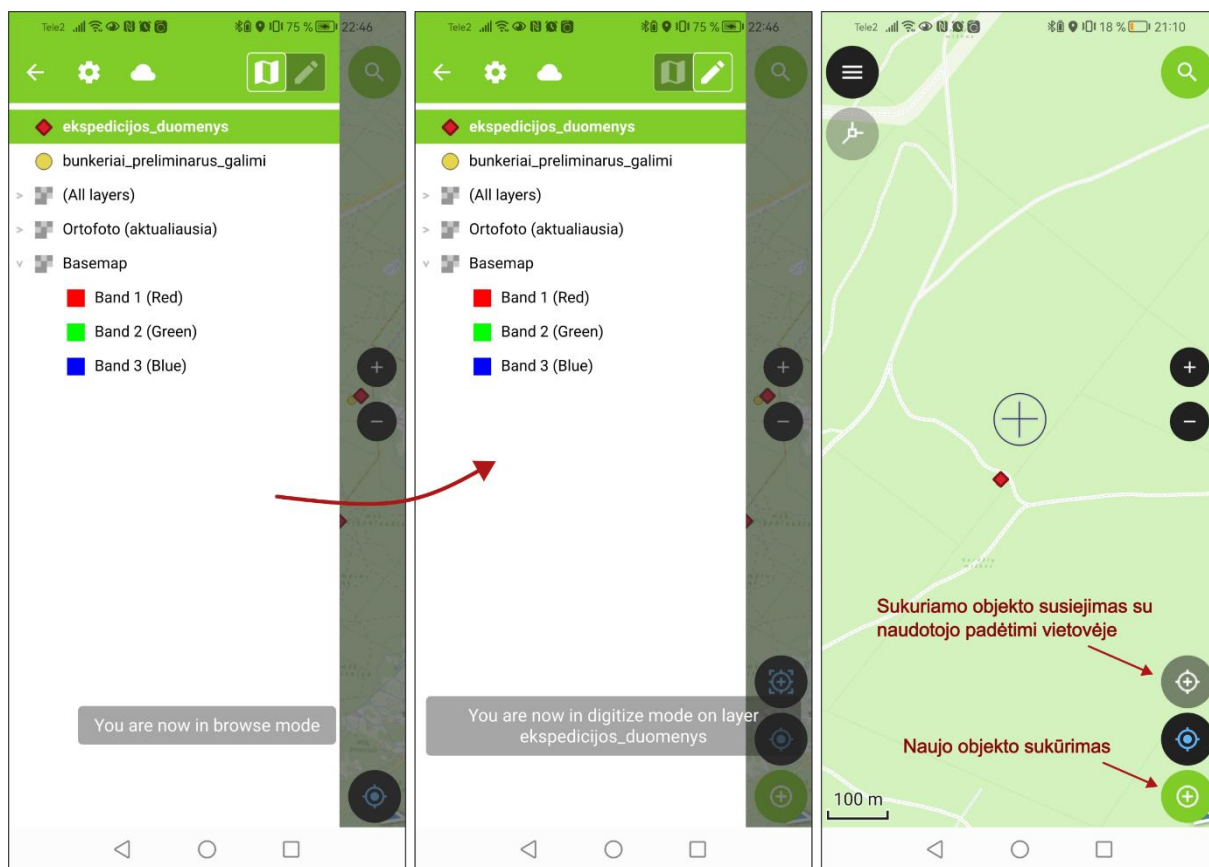
19 pav. QGIS parengto projekto importavimas į QField.



20 pav. Ekspedicijos duomenų surinkimo, naudojant QField, proceso schema.

**Ekspedicijos duomenų surinkimas in situ naudojant QField.** Ekspedicijos metu objektų vietos lokalizuojamos kaip orientyrus pasitelkiant taškinį preliminarinių bunkerių vietų sluoksnį, sudarytą atlikus vizualią reljefo modelių analizę, ir GPS ryšį. Kiekvienas tikrinamo objekto padėtis jį pasiekus yra fiksuojama QField programėle kaip taškinis objektas ekspedicijos duomenų sluoksnyje. Nauji objektai sluoksnyje kuriami pasirinktam sluoksniui aktyvavus skaitmeninimo režimą. Objektas pažymimas mechaniškai nurodant jo padėtį žemėlapyje arba susiejant jo lokaciją su programėlės naudotojo padėtimi vietovėje (žr. 21 pav.). Užfiksavus objektą, atliekami jo morfometrinių savybių (ilgio, pločio ir gylio) matavimai, taip pat fiksuojami ir atskirų objekto struktūrinių dalių (įėjimo angų, ventiliacinių angų, pylimų ir pan.) parametrai. Ši ir kita informacija, apibūdinanti tiek patį objektą, tiek jo aplinką yra įvedama užpildant objekto aprašymą atitinkame atributiniame lauke QField projekte, pažymima objekto

rūšis, bei nurodoma, ar objektas yra vietovėje įamžintas ir užfiksuojamas objekto vaizdas nuotrauką orientuojant šiaurės kryptimi.



21 pav. Naujų objektų sukūrimas/įvedimas QField aplinkoje.

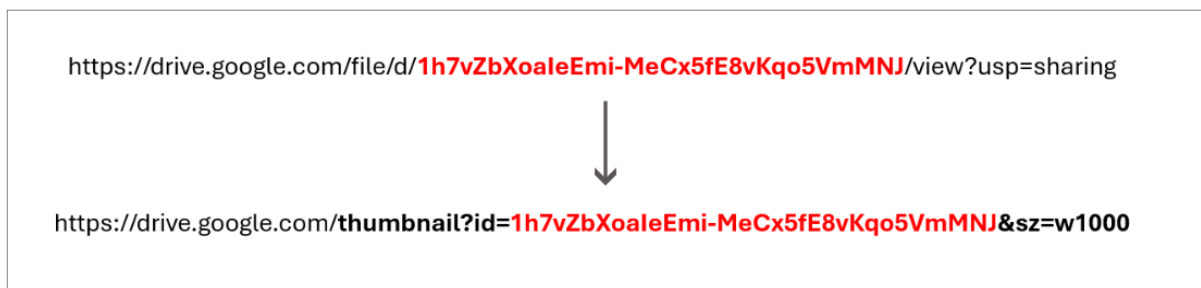
Ekspedicijos metu užpildomi arba yra automatiškai užpildomi visi atributiniai išskyrus „Vaizdas reljefo modelyje“. Šis laukas užpildomas pridėdant užfiksuoto objekto reljefo modelio žemėlapių tvarkant duomenis QGIS aplinkoje.

## 2.5. Rezultatų publikavimas naudojant internetines GIS priemones

Ekspedicijos metu surinktų duomenų publikavimui yra naudojama ArcGIS Online Map Viewer aplikacija – sudaromas internetinis žemėlapis. Prieš sudarant internetinį žemėlapių Map Viewer aplinkoje, atliekamas duomenų sutvarkymas QGIS aplinkoje – duomenys peržiūrimi, ištaisomos duomenų suvedimo metu įsivėlusios klaidos, atskiru sluoksniu išskiriamos patikrintos vietos, kuriose objektų nepavyko rasti, ir galiausiai sutvarkytas ekspedicijos duomenų sluoksnis išeksportuojamas GeoJSON formatu. Pastarasis žingsnis atliekamas dėl riboto GeoPackage formato palaikymo ArcGIS Online aplinkoje.

Antrasis parengiamasis žingsnis prieš sudarant internetinį žemėlapių – objektų nuotraukų ir reljefo modelių žemėlapių sutvarkymas rodymui žemėlapyje. Kiekvienam iš užfiksuotų

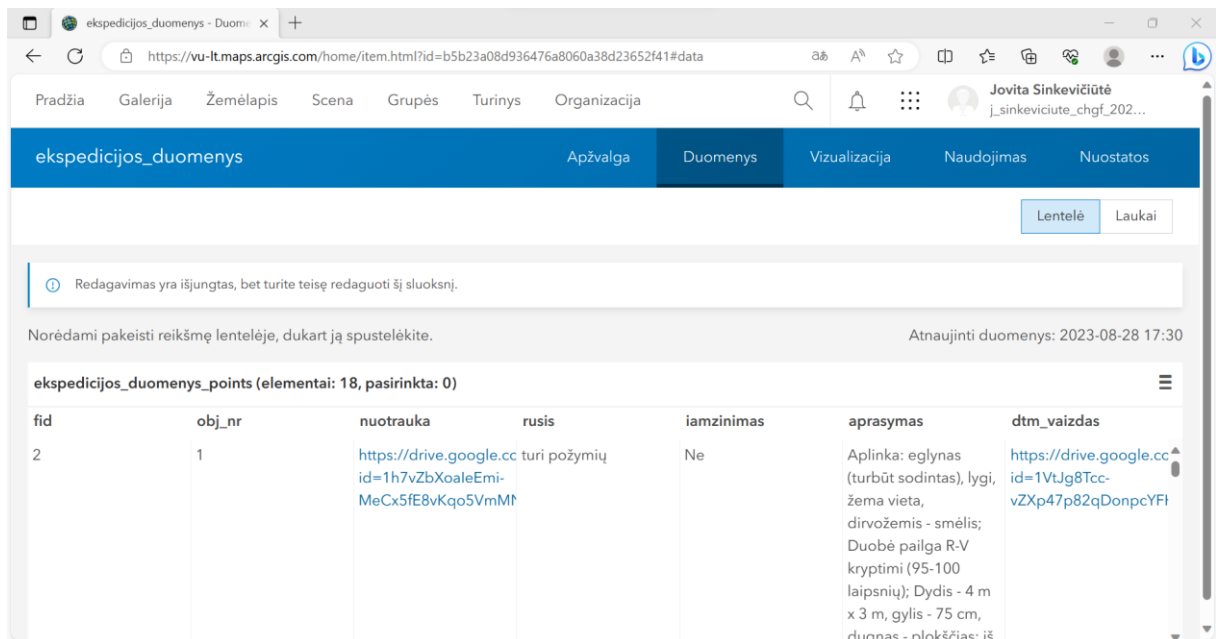
objektų sudaromi jų reljefo modelių žemėlapiai masteliu 1:200. Šie žemėlapiai kiekvienam iš objektų pridedami kaip priedai atributiniam laukui „dtm\_vaizdas“. Visų objektų nuotraukos ir reljefo modelių žemėlapiai yra sukeliami į „Google Drive“ saugyklą. Atlikus šį veiksmą, sudaromos nuolatinės URL nuorodos į „Google Drive“ saugykloje patalpintus vaizdus: nuoroda sudaroma prie pastoviosios nuorodos dalies pridedant įrašą, kad paveikslėlis yra įkeliamas kaip piktograma (angl. thumbnail), failo identifikacinį kodą, kuris yra gaunamas iš kiekvieno iš failo bendrinimo nuorodos Google diske bei apibrėžiant piktogramos dydį (pakanka nurodyti tik plotį, arba tik aukštį): `https://drive.google.com/thumbnail?id=<failo ID>&sz=<piktogramos plotis(w)/aukštis(h)>` (žr. 22 pav.). Taip pat norint į saugyklą įkeltus vaizdus naudoti žemėlapyje, svarbu, kad šių vaizdų bendrinimo nustatymuose būtų pasirinktas nustatymas „bendrinti su visais turinčiais nuorodą“.



**22 pav.** Vaizdo nuolatinės URL nuorodos sudarymas (raudonai pažymėta nuo vaizdo failo ID).

Atlikus šiuo parengiamuosius žingsnius, toliau žemėlapis sudaromas ArcGIS Online Map Viewer aplikacijoje. Sukūrus naują žemėlapių projektą Map Viewer aplinkoje, į jį yra įkeliami sutvarkyti GeoJSON formato ekspedicijos duomenų sluoksniai, įkeliant duomenis žemėlapyje sukuriama to paties pavadinimo objektų sluoksnio (angl. *feature layer*) sluoksnis. Taip pat į žemėlapių įkeliami papildomi teminiai sluoksniai, kuriuose saugoma informacija apie preliminarias bunkerų vietas, nustatytas atlikus vizualinę reljefo modelių analizę, bei preliminarių bunkerų vietų sluoksnis, sudarytas pagal nagrinėtoje archyvinėje istorinėje medžiagoje pateiktą schemą.

Įkėlus visus reikiamus erdvinis duomenis, atliekamas ekspedicijos duomenų sluoksnio (įkeliant duomenis automatiškai sukurtu *feature layer* tipo sluoksnio) redagavimas. Duomenų redagavimas atliekamas ArcGIS Online aplinkoje pasirinkant norimus koreguoti duomenis vartotojo turinio skiltyje (*Turinys* → [*pasirenkami duomenys*] → *Duomenys*) (žr. 23 pav.). Pirmiausia atributinėje lentelėje turi būti pakoreguojami „nuotrauka“ ir „dtm\_vaizdas“ atributiniai laukai, kiekvienam iš objektų pakeičiant šiuose atributiniuose laukuose esančią informaciją nuolatinėmis URL nuorodomis į objektų nuotraukas bei reljefo modelių žemėlapius, kurios buvo sudarytos ankstesniame žingsnyje.



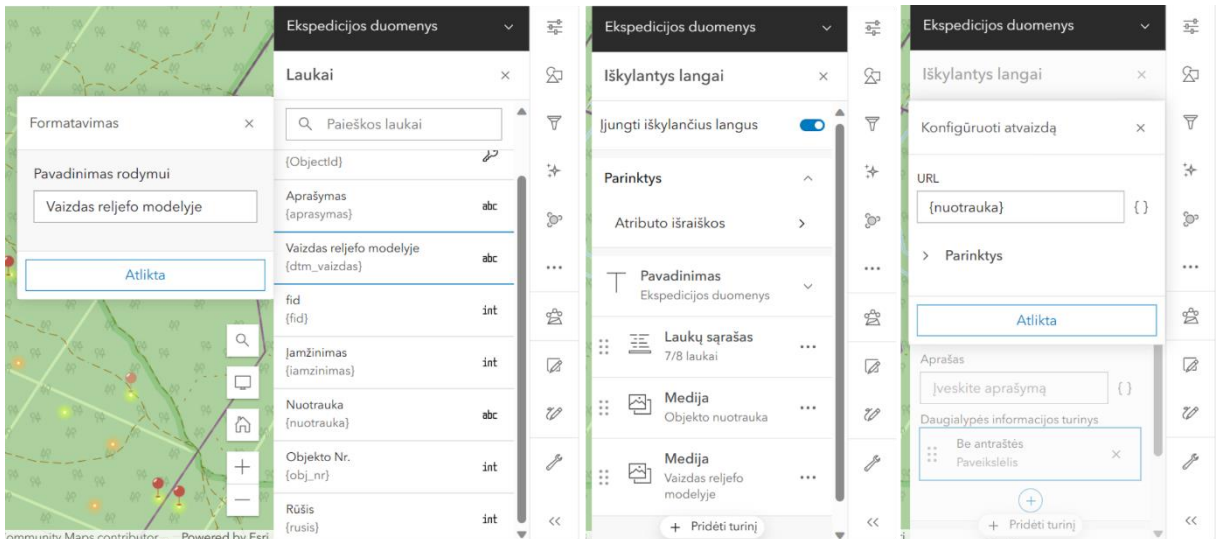
**23 pav.** Sluoksnio atributinės informacijos redagavimas ArcGIS Online aplinkoje.

Kadangi ArcGIS Online aplinkoje nėra palaikomi QGIS aplinkoje sukurti valdikliai atributams „rusis“ bei „iamzinimas“, šiems laukams papildomai turi būti priskiriamos domeninės reikšmės. Tai atliekama skiltyje „Laukai“: pasirenkamas atributinis laukas, kuriam turi būti priskirtos domeninės reikšmės ir jame yra sukuriamas reikšmių sąrašas (domenas) (*Laukai* → [*pasirenkamas atributinis laukas*] → *Sukurti sąrašą*).

Internetinio žemėlapio objektai toliau yra simbolizuojami ArcGIS Online Map Viewer aplikacijos aplinkoje. Papildomi sluoksniai – preliminarių bunkerių vietų sluoksnis ir preliminarių bunkerių vietų pagal schemą sluoksnis – simbolizuojami tik vizualiai perteikiant juose saugomų objektų lokaciją, t. y. visiems sluoksnio objektams priskiriama vienoda vizualizacija. Tuo tarpu pagrindinis teminis ekspedicijos metu surinktų duomenų sluoksnis yra simbolizuojamas pagal objekto rūšį ir taipogi jam rekomenduoti parinkti tokią simbolizaciją, kuri diferencijuotų šiuos duomenis, šį sluoksnį nuo kitų (pagalbinių) teminių sluoksnių.

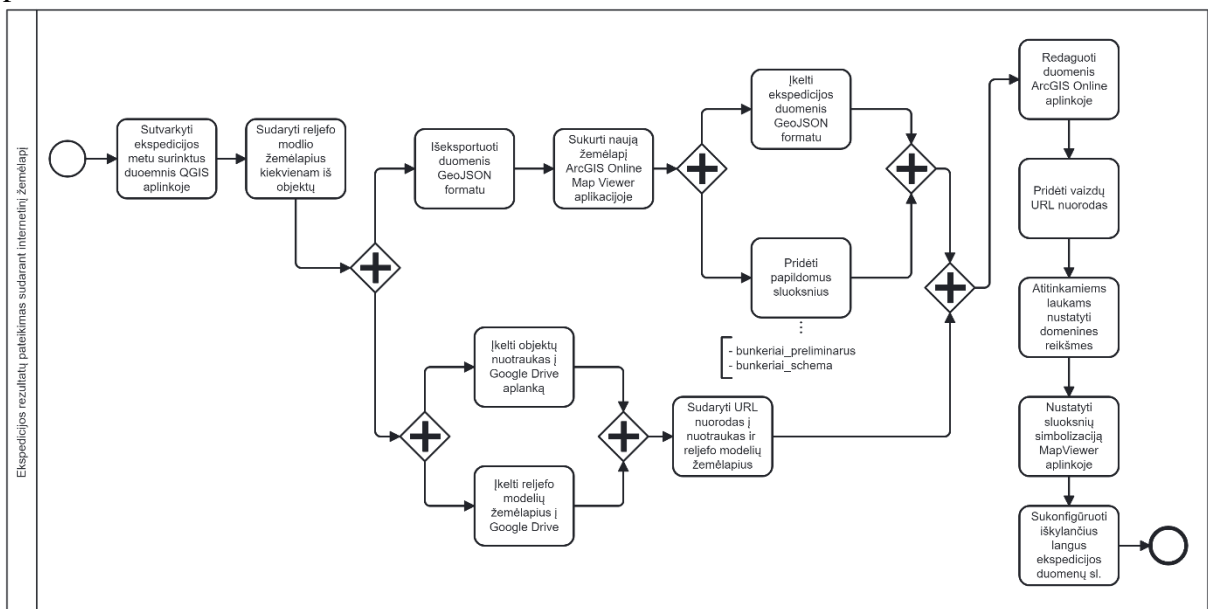
Galiausiai, yra sukonfigūruojama žemėlapio iškylančiuose languose (angl. *pop-ups*) rodoma informacija (žr. 24 pav.). Pažymėjus redaguojamą duomenų sluoksnį, dešinėje aplikacijos pusėje nustatymų įrankių juostoje parinkus valdiklį „Laukai“, ekspedicijos duomenų sluoksnyje talpinamiems atributams nustatomi jų pavadinimai rodymui (angl. *alias*). Toliau, valdiklyje „Iškylantys langai“, elemente „Laukų sąrašas“ sutvarkomas iškylančiame lange rodomų atributų eiliškumas, bei taip pat pridedami du nauji medijos elementai (*Iškylantys langai* → *Pridėti turinį* → *Paveikslėlis*) – vienas skirtas objekto nuotraukai, kitas – objekto vaizdui reljefo modelyje. Pridedant naują medijos elementą, atsidarius atvaizdo konfigūravimo langui, URL įvesties lauke yra įvedama ne konkreti vaizdo URL nuoroda, o nurodant atributinį

lauką, talpinantį URL nuorodą į objekto nuotrauką arba jo vaizdą – šis žingsnis svarbus tuo, kad taip sukonfigūravus elemento atvaizdo URL, kiekvieno pasirinkto objekto iškylančiame lange būtų rodomi būtent to objekto nuotrauka ir vaizdas reljefo modelyje, kurių URL nuorodos yra saugomos jo atributinėje informacijoje. Tai atlikus, medijos elementams (paveikslėliams) rodomiems iškylančiame lange gali būti nurodomi pavadinimai (antraštės).



24 pav. Iškylančių langų konfigūravimas ArcGIS Online Map Viewer aplikacijoje.

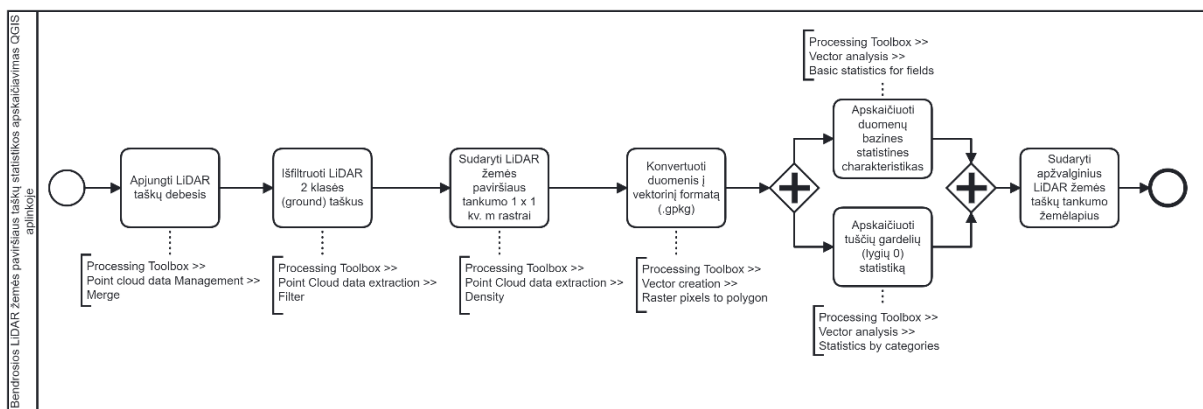
Žemiau pateikiamoje schemoje apibendrinamas visas internetinio žemėlapio parengimo procesas.



25 pav. Ekspedicijos rezultatų internetinio žemėlapio parengimo ArcGIS Online Map Viewer aplinkoje procesas.

## 2.6. LiDAR distancinių tyrimų metodo duomenų charakteristikų įtaka bunkerių identifikavimui

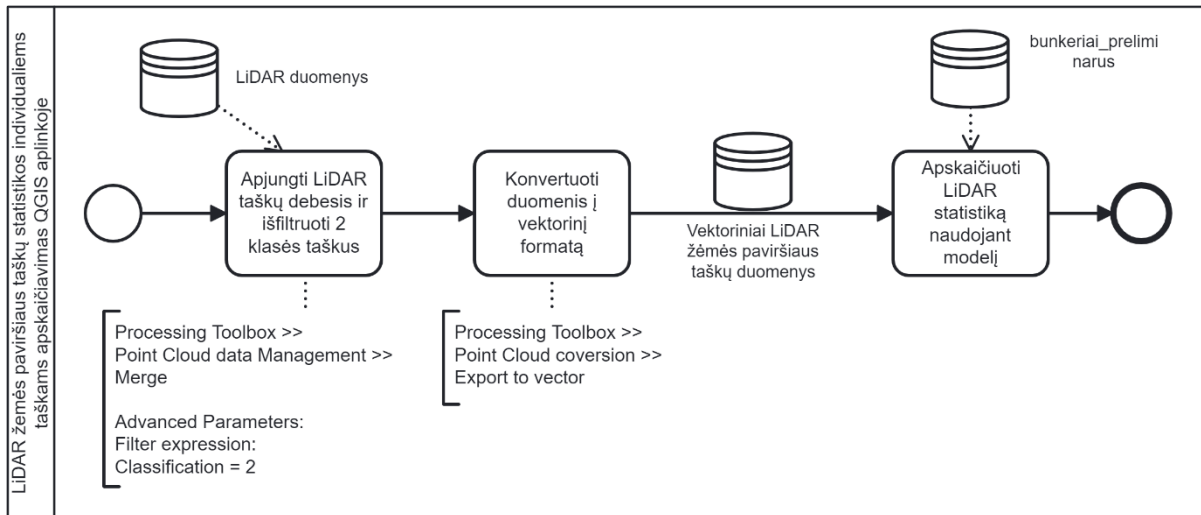
Tyrime naudotų LiDAR duomenų charakteristikų analizė atliekama naudojant QGIS programinę įrangą. Žemės paviršiaus Lazerinio skenavimo duomenų analizę sudaro dvi dalys – bendrųjų charakteristikų (taškų tankumo pasiskirstymo) apskaičiavimas kiekvienai sudarytų modelių teritorijai ir statistikos (taškų kiekio) skaičiavimas kiekvienai pirminės vizualinės analizės metu identifikuotai vietai. Šie parametrai yra nagrinėjami būtent todėl, kad partizaninių kovų paveldo objektų identifikavimas atliekamas naudojant skaitmeninius reljefo modelius, kuriuos sudarant iš LiDAR duomenų žemės paviršių reprezentuojančių taškų kiekis bei tankumas gali turėti svarios įtakos modelių tikslumui ir kokybei.



26 pav. Bendrosios LiDAR žemės paviršiaus taškų statistikos apskaičiavimas QGIS aplinkoje.

Bendrosios LiDAR duomenų charakteristikos paskaičiuojamos sudarant duomenų tankumo rastrus ir juos išanalizuojant naudojant QGIS duomenų apdorojimo algoritmus. Tankumo rastrai sudaromi pasitelkiant taškų debesis duomenų valdymo („Point cloud data management“) ir išskyrimo („Point cloud extraction“) įrankius: pirmiausia, esant poreikiui, visi konkrečiam reljefo modeliui sudaryti duomenys, yra apjungiami į vieną sluoksnį naudojant „Merge“ įrankį (*Point cloud data management* → *Merge*), tuomet iš taškų debesis išfiltruojami tik tie taškai, kurie yra priskirti 2-ai LiDAR duomenų klasei (žemės paviršių reprezentuojantiems taškams), naudojant „Filter“ (*Point cloud extraction* → *Filter*), ir galiausiai, pasitelkiant „Density“ algoritimą (*Point cloud extraction* → *Density*), yra sudaromi  $1 \times 1$  m dydžio gardėles rastriniai sluoksniai, reprezentuojantys LiDAR žemės paviršiaus taškų tankumą 1-ame kvadratiname metre. Tai atlikus rastras konvertuojamas į vektorinį sluoksnį, taikant „Raster pixels to polygon“ (*Vector creation* → *Raster pixels to polygon*) algoritimą. Toliau atliekama sudarytų duomenų analizė – paskaičiuojamos bendrosios duomenų charakteristikos susijusios su taškų skaičiais patenkančiais į kiekvieną gardelę – tuščių gardelių skaičius, minimalios, maksimalios ir vidutinės reikšmės. Šiai statistikai paskačiuoti naudojami

du vektorių analizės įrankiai: bazinėms sluoksnio charakteristikos apskaičiuoti naudojamas „Basic statistics for fields“ algoritmas (*Vector analysis* → *Basic statistics for fields*), sugeneruojantis vektorinio sluoksnio pagrindinių statistinių charakteristikų ataskaitą, o tuščių gardelių skaičiui paskaičiuoti naudojamas „Statistics by categories“ (*Vector analysis* → *Statistics by categories*) įrankis, kuriuo analizės metu kiekviena unikali gardelės vertė yra traktuojama kaip kategorija ir yra apskaičiuojamas kiekvienos vertės gardelių skaičius analizuojamame sluoksnyje.



**27 pav.** LiDAR statistikos apskaičiavimo individualiems taškams procesas.

Individualių kiekvienos pradinės vizualinės analizės metu nustatytų galimų bunkerių vietų LiDAR statistikos analizė atliekama pusiau-automatizuotai, naudojant sudaryta LiDAR statistikos aplink tašką apskaičiavimo modelį. Modelio įvestys: aktualus LiDAR duomenų taškų debesis vektoriniu formatu, preliminarių bunkerių vietų pagal LiDAR duomenis sluoksnis bei buferio dydis, kurį pasirenka modelio naudotojas. Modeliu yra paskaičiuojamas tašku kiekis nurodyto dydžio buferyje tik tiems taškams, kurių padėtis persidengia su modeliui pateikiamo taškų debesis teritorine aprėptimi. LiDAR duomenų statistikos apskaičiavimą sudaro trys žingsniai:

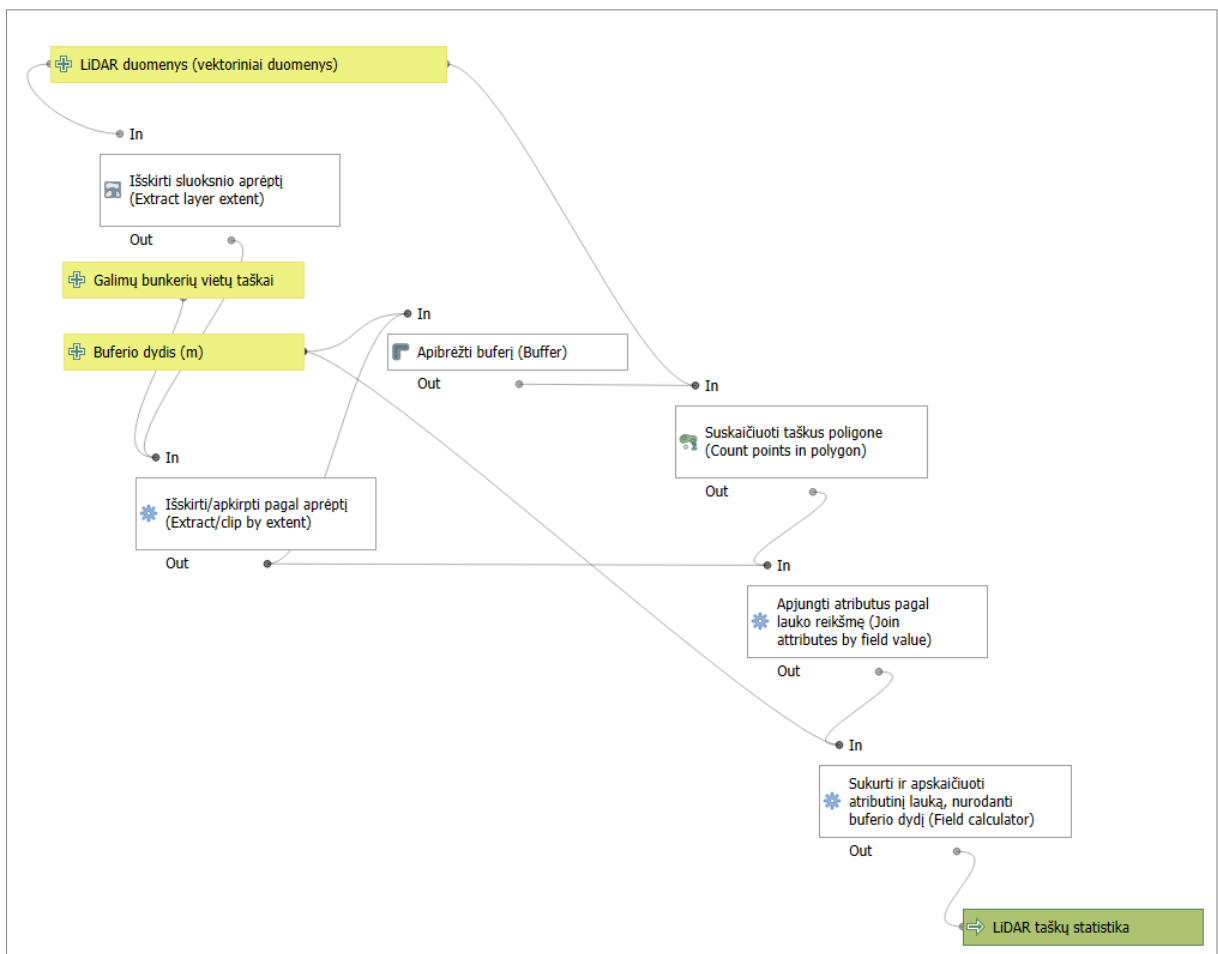
1. LiDAR duomenų paruošimas analizei: atskiri taškų debesis apjungiami į vieną taškų debesį ir tuo pačiu išfiltruojami pagal taško klasę, išskiriant tik tuos taškus, kurie priklauso žemės paviršiaus (angl. *ground*) taškų klasei naudojant „Merge“ įrankį (*Point cloud data management* → *Merge*) ir jo papildomuose parametruose nustatant filtro reikšmę 2 klasei priskirtų taškų atrankai; apjungtas žemės paviršiaus taškų debesis konvertuojamas į vektorinį taškinį sluoksnį naudojantis (*Point cloud conversion* → *Export to vector*);

2. Galimų bunkerių vietų taškų atranka: pagal vartotojo nurodytą LiDAR duomenų taškų debesį yra apibrėžiama taškų debesis teritorinė aprėptis (modelio atmintyje sukuriama

aprėptį reprezentuojantis poligonas); iš vartotojo pateiktų galimų bunkerių vietų sluoksnio atrenkami tik tie taškai, kurie persidengia su analizuojamo LiDAR duomenų taškų debesies aprėptimi; aplink kiekvienam iš atrinktų taškų yra sukuriamas vartotojo nurodyto dydžio buferio poligonas;

3. LiDAR duomenų taškų skaičiaus buferiuose skaičiavimas: bunkerių vietų taškams sukurti buferių poligonai yra perdengiami su vektoriniu LiDAR žemės taškų sluoksniu ir apskaičiuojama, kiek taškų patenka į kiekvieną iš buferių (modelio atmintyje sukuriamas vektorinis poligoninis sluoksnis, kuriame taškų skaičiaus informacija išsaugoma naujame atributiniame lauke); taškiniam pagal aprėptį atrinktų taškų sluoksniui pagal id atributą prijungiamas apskaičiuotas LiDAR žemės taškų skaičiaus atributas; taškiniam LiDAR statistikos sluoksniui sukuriamas papildomas atributas nurodantis, kokio dydžio buferio statistiką jis reprezentuoja.

Antrasis ir trečiąjį žingsniai yra atliekami automatizuotai, QGIS Model Designer aplinkoje parengto modelio pagalba (žr. 28 pav.).



28 pav. LiDAR statistikos apskaičiavimo modelis.



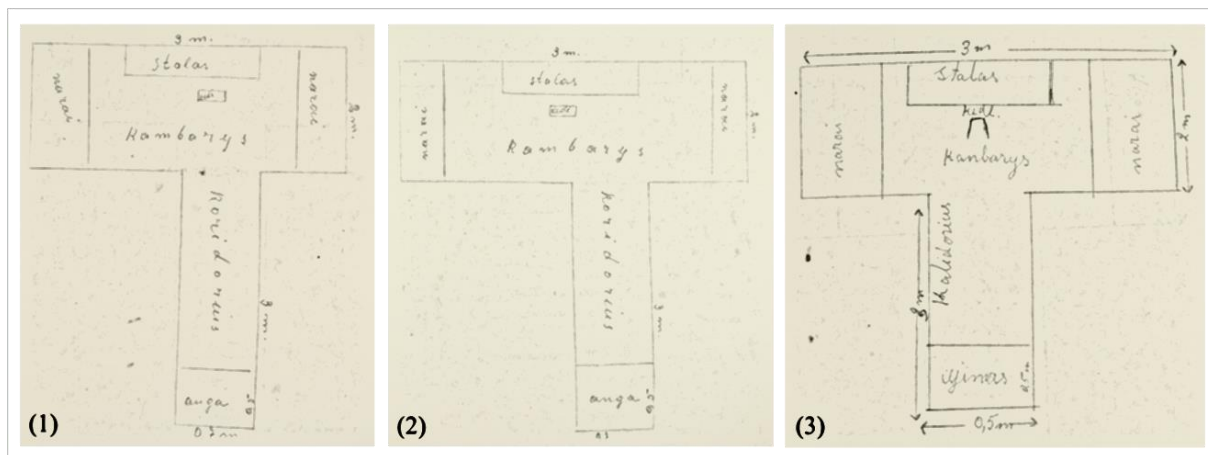
### 3. REZULTATAI

Šiame tyrime yra nagrinėjama teritorija, išsidėsčiusi dviejų Lietuvos savivaldybių – Šakių rajono savivaldybės ir Kazlų Rūdos savivaldybės – paribyje – Lukšių bei Jankų seniūnijose. Tyrimo metu nagrinėta istorinė aprašomoji ir kartografinė medžiaga buvo susieta su geografinėmis koordinatėmis ir parengtas taškinis preliminarių bunkerių vietų sluoksnis, pagal šių objektų išsidėstymą atrinktomis teritorijoms sudaryti skaitmeniniai reljefo modeliai, atlikta jų vizualinė analizė ir kaip jos rezultatas parengtas naujas taškinis preliminarių bunkerių vietų sluoksnis. Šie rezultatai verifikuoti atliekant *in situ* tyrimą ir jų pagrindu, išskirtos rekomendacijos partizaninių kovų paveldo objektų identifikavimui, susijusios su tyrime naudotų skaitmeninių žemės paviršiaus lazerinio skenavimo duomenų charakteristikomis.

#### 3.1. Bunkerių struktūros ir jų aplinkos reljefo morfometrinių savybių analizės rezultatai

Vizualinės reljefo analizės metu identifikuotinių objektų – bunkerių – galimi bruožai, buvo išanalizuoti naudojant ankstesniame skyriuje analizuotoje tyrime analizuotoje istorinėje aprašomojoje medžiagoje pateiktus sulaikytų partizanų sudarytus bunkerių brėžinius bei taip pat Kultūros vertybių registro erdvinis duomenis ir informaciją apie nedideliu atstumu nuo šio tyrimo nagrinėjamos teritorijos esančius bunkerius, kurie jau yra rasti ir saugomi Kultūros vertybių registre.

Baudžiamojoje byloje yra pateikti bunkerių brėžiniai (žr. 29 pav.), juose pavaizduoti yra ne tik jų matmenys, bet ir vidinė jų struktūra. Vis dėl to atliekant šių objektų vizualinę paiešką daugiau dėmesio atkreipti reiktų į objektų matmenis ir formas, kurias galima būti išvelgti reljefe. Pirmasis akivaizdus požymis – forma – brėžiniuose pateikti bunkeriai yra „T“ raidės formos, nuoroda į šį bruožą yra matoma ir byloje pateiktoje bunkerių schemoje, kurioje visi sutartiniai ženklai bunkeriams pažymėti ir atrodo būtent taip kaip šiuose brėžiniuose.



29 pav. KGB byloje (LYA, f. K-1, ap.58, b. 42198/3) pateikti partizanų bunkerių brėžiniai.

Visų trijų brėžiniuose vaizduojamų bunkerių dydžiai yra gana panašūs: pagrindinės bunkerio patalpos – kambariai – yra 2 m pločio ir 3 arba 9 m ilgio, siauras koridorius, kuris jeigu bunkeris būtų įgriuvęs taptų panašaus ilgio grioviu – siekia 3 metrų ilgį, o jų įėjimai yra nedideli, stačiakampio arba kvadrato formos, t. y. šios dalies matmenys yra 0,5 m pločio ir 0,5-0,7 m ilgio. Bunkerių gylis šiuose brėžiniuose nėra nurodomas.

**2 lentelė.** Bunkerių matmenys, pagal KGB byloje (LYA, f. K-1, ap.58, b. 42198/3) pateiktų partizanų bunkerių brėžinius.

		Bunkerio brėžinys		
		(1)	(2)	(3)
1		2	3	4
Bunkerio dalių matmenys	Kambarys	9×2 m	3×2 m	3×2 m
	Koridorius	3×0,7 m	3×0,7 m	3×0,5 m
	Įėjimo anga	0,7×0,5 m	0,7×0,5 m	0,5×0,5 m

Remiantis analizuota kiekvieno (analizei atrinkti 9 bunkeriai / bunkerių vietos, esančios netoli tyrimo teritorijos) iš pasirinktų Kultūros vertybių registro objektų aprašomąja informacija, šių bunkerių ilgiai ir pločiai varijuoja nuo vos 1,5 iki 7 metrų ilgio, gyliai – nuo 0,8 iki 2 m. Dažnu atveju šalia bunkerių yra landos grioviai, kurių plotis yra apie 1 m, o ilgis 1,5 – 6,5 m. Pažymėtina yra tai, kad šie bunkeriai yra išsidėstę vietovėse, kuriose reljefas yra lygus, teritorijose su nedideliu nuolydžiu, kalvelių pakraščiuose.

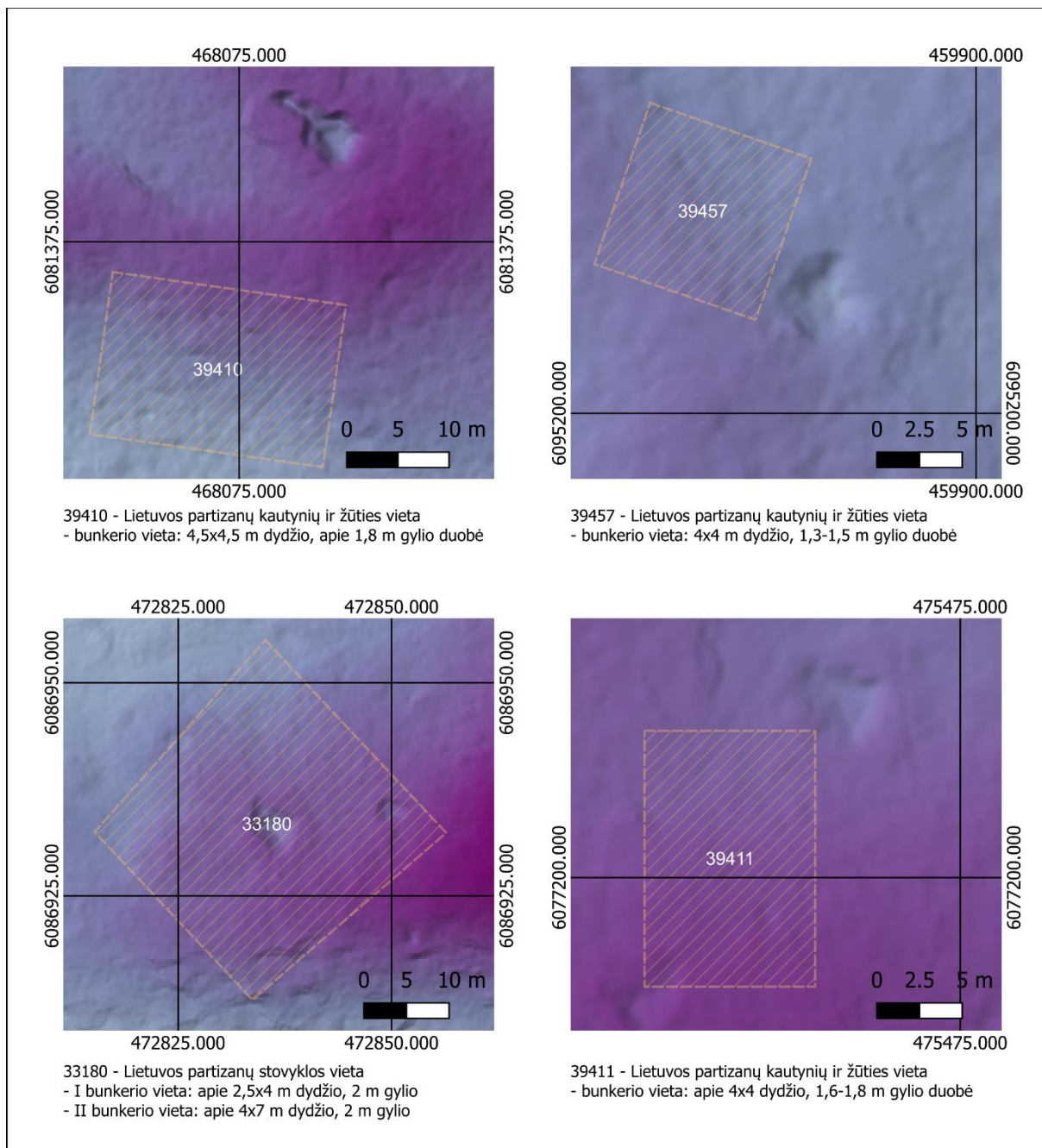
**3 lentelė.** Informacija apie analizei naudotus Kultūros vertybių registro (KVR) objektus – bunkerius.

Eil. nr.	Unikalus objekto kodas KVR	Objekto pavadinimas KVR	Bunkerių matmenys (pagal KVR) (ilgis × plotis)	Gylis (pagal KVR)	Pastabos	Ar bunkeris aiškiai matomas reljefo modelyje?
1	2	3	4	5	6	7
1.	39457	Lietuvos partizanų kautynių ir žūties vieta	~4×4 m (duobė) ~1,5×1 m / (landos griovys)	~1,3-1,5 m ~0,8 m	Lygus reljefas;	Taip (matavimai modelyje: ~4,3×3,3×~1,4 m (duobė), ~1,5×1×0,7 m (griovys))
2.	39480	Lietuvos partizanų kautynių ir žūties vieta	~5×5 m (duobė)	~1,6 m	Reljefui būdingos mažos kalvelės su nuolydžiu į pietus	Ne
3.	2660	Lietuvos partizanų stovyklos ir žūties vieta	-	-	Vietovėje matosi buvusių bunkerių ir apkasų liekanos; Valkų kalvose partizanai buvo įsirengę dvi slėptuves ir apkasas	Ne
4.	33175	Lietuvos laisvės kovos sąjūdžio tarybos deklaracijos signataro Aleksandro Grybino-	-	-	Bunkeris atstatytas Reljefas – nedidelės	Ne

		Fausto vadavietė ir žūtis vieta			lėkštašlaitės pakilumos rytinis kraštas	
5.	36876	Lietuvos pasipriešinimo okupaciniams režimams veikėjo, žurnalisto Julijono Būtėno-Stevės, Margio ir Tauro apygardos Žalgirio rinktinės Šturmo tėvūnijos partizanų vado Petro Jurkšaičio-Beržo kautynių ir žūtis vieta	~4×3,5 m / (duobė)	~1,6 m	Pietrytinėje pusėje yra landos vieta; Reljefas – žemos kalvos viršutinė dalis; Dalinai atstatytas	Taip (itin neryškiai) (matavimai modelyje: ~3,2×2,6×0,6 (duobė))
6.	39410	Lietuvos partizanų kautynių ir žūtis vieta	~4,5×4,5 m (duobė)	~1,8 m	Lygus reljefas	Taip (matavimai modelyje: ~3,2×2,6×0,6 (duobė); ~6,5×1×1 m (griovys))
			~6,5×1 m (landos griovys)	~1-1,3 m		
7.	33180	Lietuvos partizanų stovyklos vieta	I bunkeris: ~2,5×4 m	~2 m	I bunkeris – atstatytas, II – įgriuvęs; Reljefas – truputi žemėjantis į šiaurę ir šiaurės vakarus	Taip (matavimai modelyje: I: ~2,7×3,6×0,4 m; II: ~3,8×5×1,5 m)
			II bunkeris: ~4×7 m	~2 m		
8.	42602	Tauro apygardos štabo visuomeninės dalies viršininko Juozo Totoraičio-Čigono ir kitų Lietuvos partizanų kautynių ir žūtis vieta	~4×5 m (duobė)	~1,6 m	Bunkeris buvo atstatytas; Lygus reljefas	Ne
			~1,5×1 m (landos griovys)	-		
9.	39411	Lietuvos partizanų kautynių ir žūtis vieta	~4×4 m (duobė)	~1,6-1,8 m	Nedidelis reljefo nuolydis šiaurės kryptimi, neaukštos kalvos šiaurinis kraštas	Taip (matavimai modelyje: ~3,4×3,8×1 m)

Visiems nagrinėtiems KVR objektams buvo sudaryti 25×25 cm dydžio gardelės skaitmeniniai paviršiaus reljefo modeliai, tam, kad būtų galima pamatyti, kaip šiose vietose esantys bunkeriai atrodo vizualiai LiDAR duomenų pagrindu sudarytuose rastruose. Pirmiausia pastebėtina, kad ne visais atvejais šie objektai yra lengvai pastebimi, pavyzdžiui, tais atvejais kai bunkeris yra neįgriuvęs (atstatytas). Tokiais atvejais nurodytose vietose galimi aukščių skirtumai tarp bunkerio vietos ir aplinkinės teritorijos yra labai nedideli, būdingi nė pusės metro nesiekiantys reljefo peraukštėjimai. Daug aiškiau ir išraiškiau reljefo modeliuose išsiskyrė tos vietos, kuriose bunkeriai yra įgriuvę. Žemiau yra pateikiami keturias tokias vietas vaizduojantys žemėlapiai (žr. 30 pav.). Reljefe matyti labai aiškiai išsiskiriantys pavieniai žemės paviršiaus pažemėjimai nedideliuose ploteliuose. Gana gerai išryškėja specifinė šių

objektų struktūra – bendrai jie yra ne visai taisyklingos „T“ raidės formos, taisyklingų kraštinių, kampų, kas yra neįprasta įvairioms natūralioms, gamtinėms orografinėms struktūroms. Iš reljefo modelio matyti, kad nesunkiai galime atskirti bunkerio dalis – pagrindinę buvusią bunkerio patalpą bei įėjimą į bunkerį.



**30 pav.** Bunkerių vietų, įtrauktų į Kultūros vertybių registrą, paviršiaus reljefo modeliai.

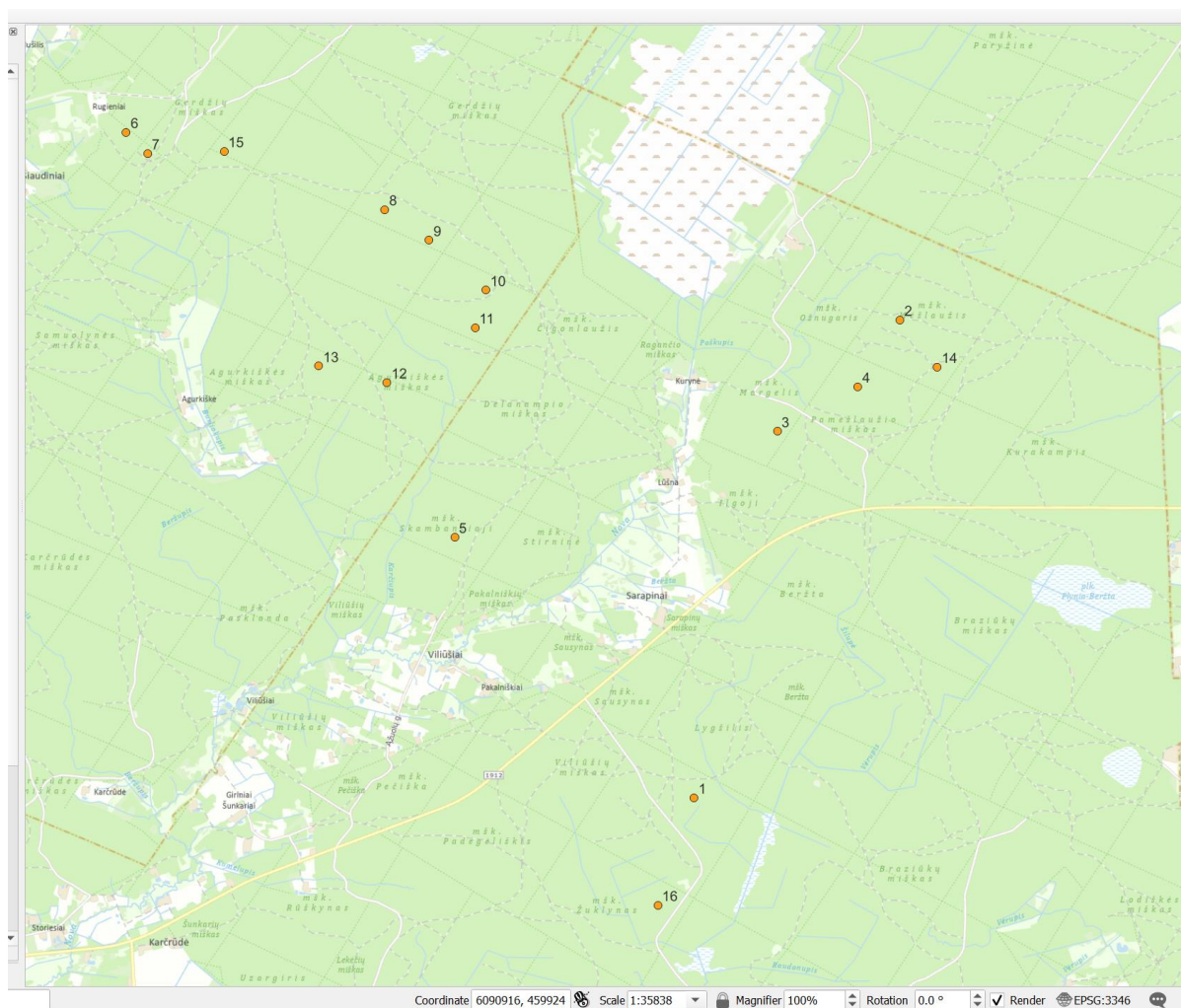
Remiantis šiame skyriuje išdėstyta medžiaga ir literatūros šaltiniais, galima būtų išskirti šiuo vizualius bruožus, į kuriuos reiktų atsižvelgti atliekant vizualinę reljefo modelių analizę ir jos metu identifikuojant potencialias bunkerių vietas:

1. Įvairaus – iki kelių metrų – dydžio taisyklingos kvadrato ar stačiakampio formos bunkerio pagrindinės patalpos duobė;

2. Galimi staigūs nuo keliasdešimties centimetrų iki kelių metro reljefo peraukštėjimai lyginant su aplinkinę teritoriją;
3. Kraštuose gali būti matomi siauri į bunkerį įeinantys vienas ar keli grioviai – įėjimai į bunkerį arba buvusios ventiliacijos angos;
4. Giliausia vieta dažniausiai yra ties buvusio bunkerio pagrinde patalpa.

### 3.2. Atvejo tyrimo kartografavimo rezultatai

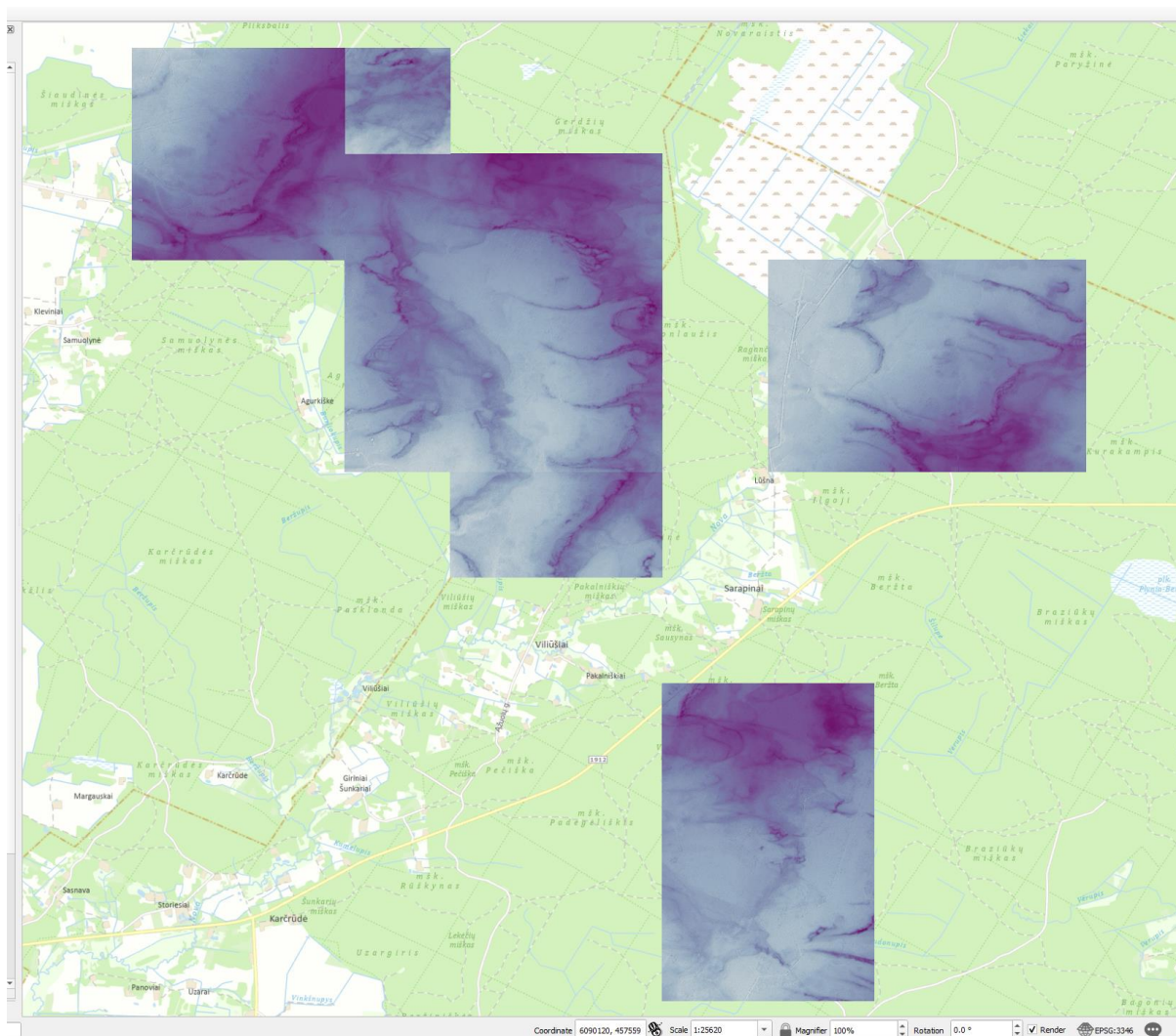
Atlikus istorinėje kartografinėje medžiagoje pateiktos bunkerių schemas susiejimą su geografinėmis koordinatėmis, pagal ją, naudojant QGIS programinę įrangą, buvo sudarytas taškinis preliminarių bunkerių vietų sluoksnis (*bunkeriai\_schema*) (žr. 31 pav.). Šis sluoksnis toliau buvo naudojamas skaitmeninių reljefo modelių sudarymui reikalingų duomenų atrankai.



31 pav. Taškinis preliminarių bunkerių vietų sluoksnis – bunkeriai\_schema - QGIS projekte.

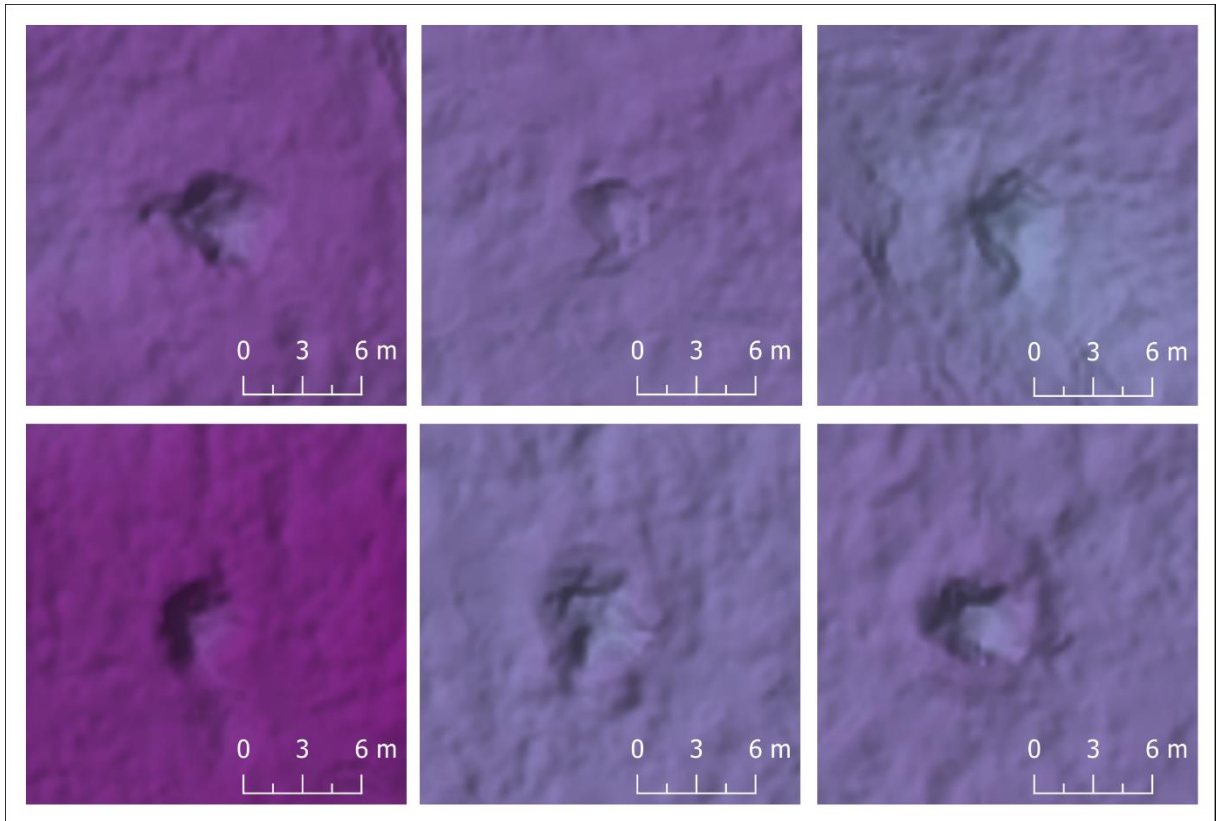
Vadovaujantis šio tyrimo metodologijos 2.2 skyriuje išdėstyta LiDAR duomenų paruošimo metodika, naudojant CloudCompare programinę įrangą, buvo sudaryti skaitmeniniai žemės paviršiaus reljefo modeliai, bendrai dengiantys 28 kvadratinį kilometrų teritoriją.

Naudojant QGIS įrankius, šiems modeliams pritaikyta geresnio skaitomumo suteikianti vizualizacija ir kiekvienam jų sukurti kelių šešėliuoto reljefo sluoksniai. Perdengiant reljefo modelius su šešėliuotu reljefu, jie buvo paruošti tolesnei analizei (žr. 32 pav.).

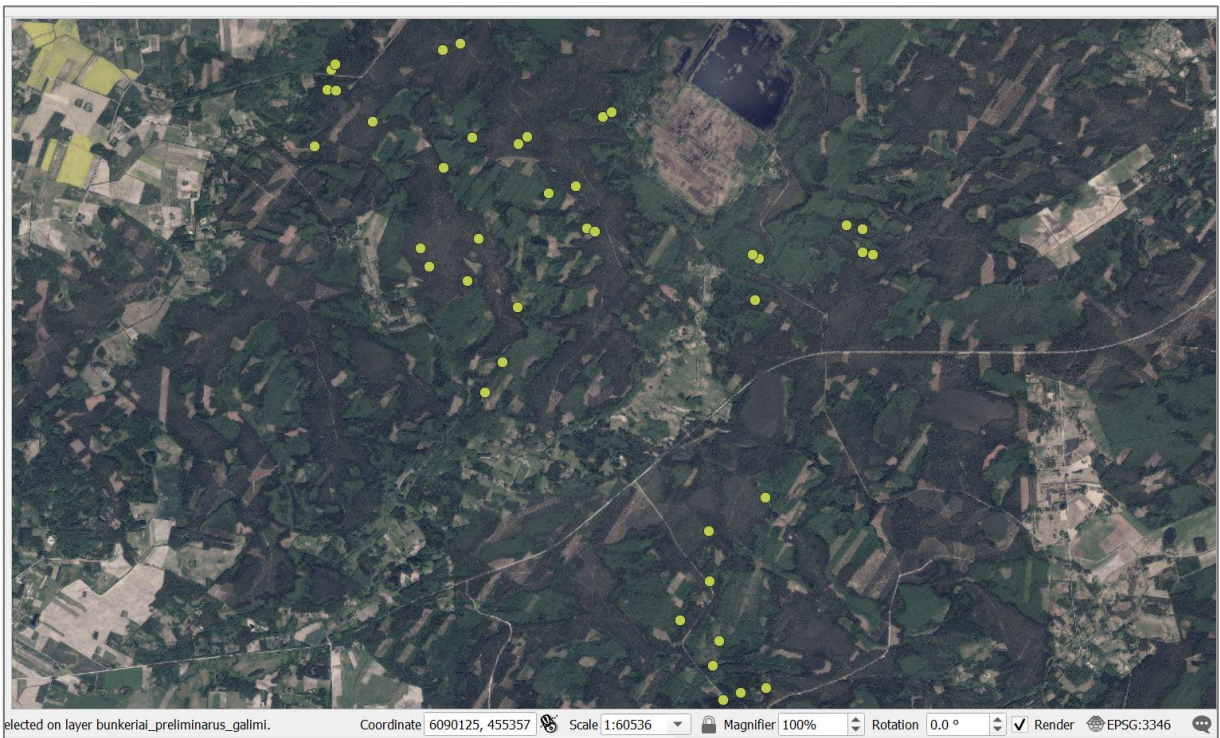


**32 pav.** Vizualinei analizei parengti skaitmeniniai paviršiaus reljefo modeliai QGIS projekte.

Atliekant vizualinę analizę, reljefo modeliai buvo detaliam peržiūrėti du kartus: pirmąjį priartinus vaizdą masteliu 1:500 ir papildomai antrą kartą – masteliu 1:300, ir ieškoma reljefo struktūrų, kurios vizualiai yra panašios į partizanų bunkerius, atitinka ankstesnėje tyrime dalyje išsiskirtas bunkerio morfometrines charakteristikas ir struktūrines savybes. Atlikus šią analizę, reljefo modeliuose buvo identifikuotos vietos, kuriose galimai yra bunkeriai. Visame 28 km<sup>2</sup> plote tokių taškų buvo identifikuota 41-as (t. y. daugiau nei 2,5 karto daugiau nei buvo pažymėta tyrime nagrinėtoje archyvinėje byloje pateiktoje bunkerio schemoje). 33 paveikslėlyje pateikiami keli tokių vietovių pavyzdžiai. Šios vietos užfiksuotos sudarant taškinį preliminarų bunkerio vietų sluoksnį (*bunkeriai\_preliminarus*) (žr. 34 pav.).



**33 pav.** Vizualinės analizės metu nustatytų preliminarių bunkerių vietų pavyzdžiai M 1:300.



**34 pav.** Taškinis preliminariu bunkerių vietų sluoksniis – bunkeriai\_preliminarus - QGIS projekte.

### 3.3. *In situ* tyrimo rezultatai

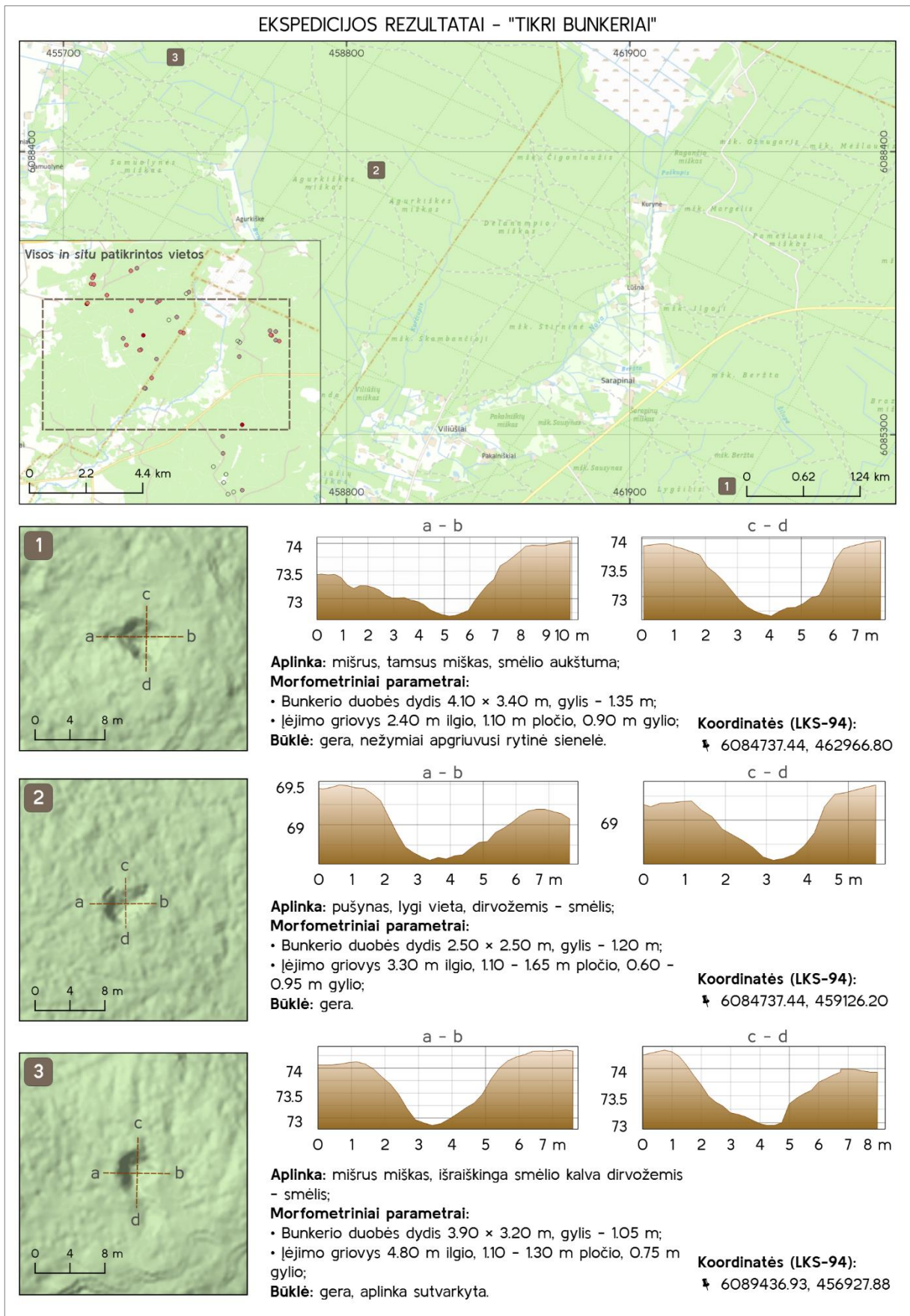
Vizualinės analizės rezultatai buvo patikrinti vietovėje. Visi rezultatai buvo patikrinti dviejų ekspedicijų metu: 2023 m. liepos 26 d. ir 2023 m. spalio 28.d. *In situ* tyrimas buvo atliekamas pagal šio darbo antroje dalyje aprašytą metodiką.

Viso ekspedicijų metu viso buvo užfiksuoti 47 objektai. Šis skaičius skiriasi nuo pirminio vizualinės analizės metų nustatyto objektų skaičiaus, kadangi ekspedicijos metu buvo pažymimos ir kelios vietos, kurios nubuvo nustatytos pirminės analizės metu, bet turi partizaninio paveldo charakteristikų ir vietovėje buvo aptiktos atsitiktinai. Taipogi atliekant *in situ* tyrimą buvo žymimo ir vietos, kurios buvo patikrintos, bet jose patys objektai, nepriklausomai nuo jų rūšies, nebuvo rasti. Surinkus duomenis, sudaryti du erdviniai taškiniai duomenų sluoksniai, kuriuose kaupiama informacija apie ekspedicijos metu užfiksuotus objektus ir vietas, kurios buvo patikrintos, tačiau patys objektai jose nerasti.

Pagal rūšį ekspedicijų metu užfiksuoti objektai suskirstyti į keturias grupes: tikras bunkeris (didelė tikimybė, kad objektas iš tiesų yra buvęs partizanų bunkeris); turi bunkerio požymių (tikėtina, kad objektas yra buvęs partizanų bunkeris, tačiau tam įrodyti būtų reikalingi detalesni specialistų atliekami tyrimai); istorinės vertės neturi (objektas nėra bunkeris ir istorinės vertės neturi (t. y. tai yra kitos kilmės mikroreljefo struktūros)); kita (objektai nepriskirtini nei vienai iš kitų kategorijų). Viso 21 objektas buvo identifikuotas kaip turintis partizaniniam paveldui būdingų charakteristikų. Iš jų 3 – turintys ryškius bunkerio požymius, buvo identifikuoti kaip tikri bunkeriai (žr. 35 pav.). Pirmasis iš jų yra apie 700 m į rytus nuo Šiaudinių kaimo, Gerdžių miške. Pažymėtina, kad šis bunkeris buvo atrastas, sutvarkytas ir įamžintas (ant greta augančio medžio yra pritvirtintas medinis kryželis, bei Trispalvės kaspinas) iki šio tyrimo, tačiau jis nėra kaip saugomas objektas įtrauktas į Kultūros vertybių registrą. Bunkeris yra orientuotas šiaurės-pietų kryptimi, jo dydis –  $3,90 \times 3,20 \times 1,05$  m. Šis bunkeris turi jo pietvakariniame kampui statmeną įėjimą, kurio ilgis – 4.80 m, plotis – 1,10-1.30 m, o gylis – 75 cm, bei taip pat šalia įėjimo matomą 2 m ilgio, 40-50 cm pločio ir 25 cm gylio ventiliacijos angą. Antrasis – Lygšilio miške, nutolęs apie 300 metrų į vakarus nuo Šilupės upelio. Bunkeris yra smėlingoje aukštumoje, pailgas ir orientuotas taipogi šiaurės-pietų kryptimi, o jo dydis –  $4,10 \times 3,40 \times 1,35$  m. Į bunkerį iš pietvakarinio kampo veda įėjimo griovys, kurio ilgis yra 2,40 m, plotis – 1,10, o gylis – 90 cm, besijungiantis su bunkeriu siauresniu 60 cm pločio ir 45 cm gylio grioviu. Trečiasis bunkeris – Agurkiškės miške, smėlingame pušyne, apie 440 m į vakarus nuo Karčiupio upelio ir apie 1,5 km į šiaurės rytus nuo Agurkiškės kaimo. Bunkerio duobė yra kvadrato formos,  $2,5 \times 2,5 \times 1,20$  m dydžio. Iš



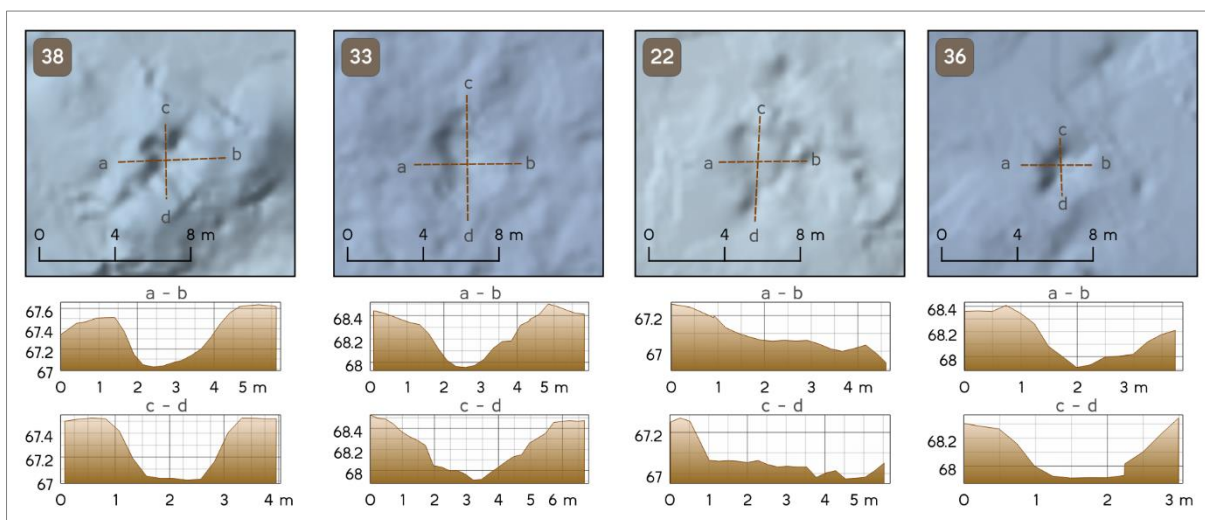
bunkerio šiaurės rytinio krašto išeina išėjimo griovys, kurio ilgis 3,30 m, gylis – 60-95 cm.



35 pav. Objektai ekspedicijos metu identifikuoti kaip tikri bunkeriai.

Pastarieji du bunkeriai buvo įamžinti ekspedicijos metu – ant medžių, augančių bunkerio duobėje, užrišti Trispalvės kaspiniai.

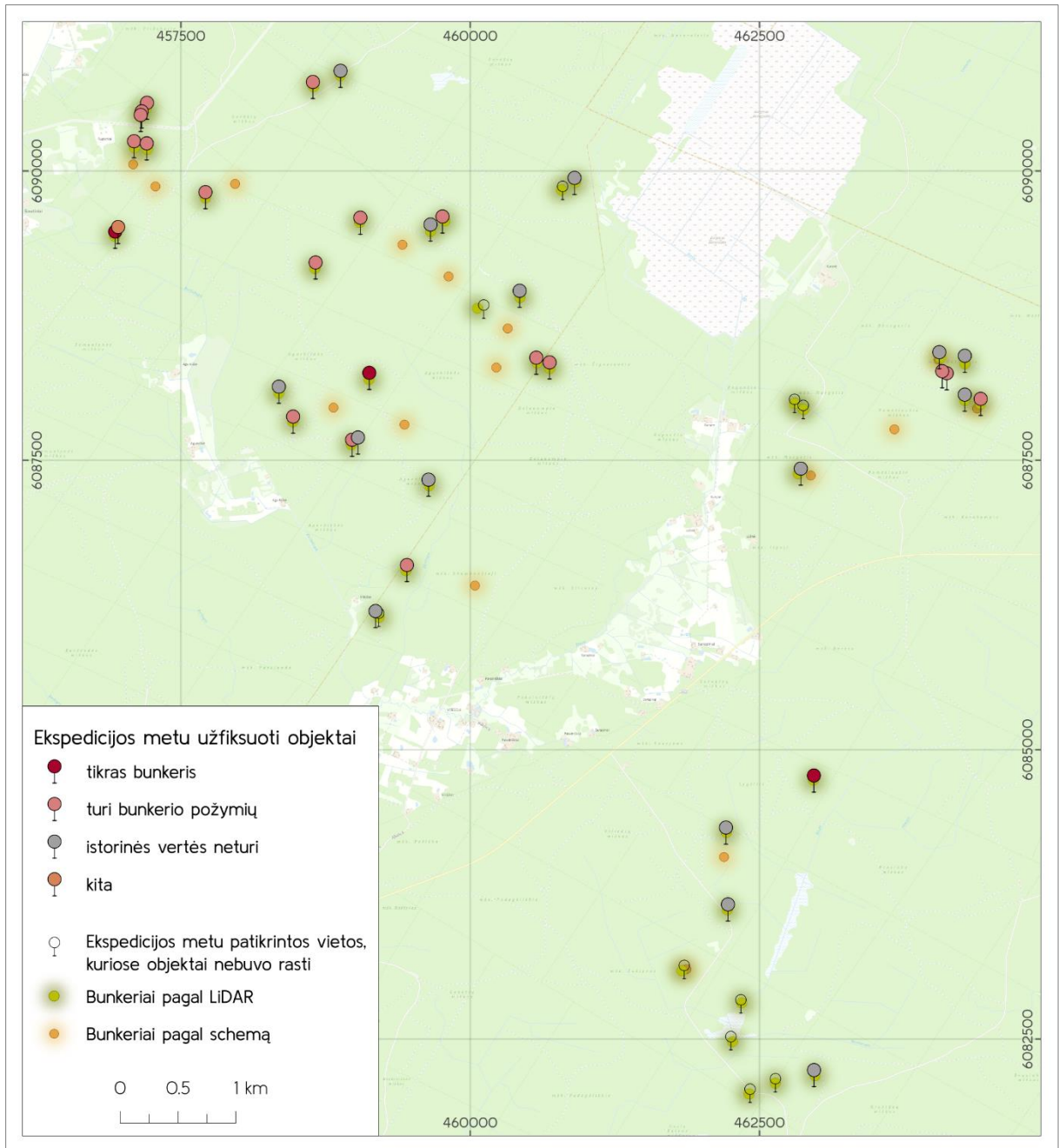
Objektų kategorijai „turi bunkerio požymių“ priskirti 18 objektų. Tarp šiai grupei priskirtų objektų yra ir tokių, kurie buvo užfiksuoti vietose, kurios nebuvo identifikuotos pirminės vizualinės analizės metu, tačiau nuspręsta, kad jas taip pat yra tikslinga užfiksuoti. Kategorijai „kita“ ekspedicijos metu buvo priskirtas vienas objektas, kuris nėra bunkeris, tačiau tikėtina yra susijęs su partizaniniu karu – tai galimai buvęs partizanų naudotas šulinys arba ginklų saugojimo duobė. Jis yra vos per 47 m nutolęs nuo vieno iš objekto, identifikuoto kaip „tikras bunkeris“. Dalis vietų, kurios buvo nustatytos atsitiktinai, kaip „turinčios bunkerio požymių“, papildomai patikrinus sudarytus reljefo modelius, taip pat buvo išvelgiamos ir juose, tačiau ne visos – dviejų iš jų reljefo modelyje aptikti nepavyko. Taipogi, buvo užfiksuota 10 vietų, kuriose nepavyko sėkmingai rasti objektų identifikuotų vizualinės reljefo modelių analizės metu (žr. 36 pav.). Dalis tokių vietų buvo išsidėsčiusios šalia upelių, pelkėtose, drėgnose vietovėse, kirtavietėse arba tiesiog miškuose, o viena jų nebuvo aptikta dėl GPS ryšio trikdžių ekspedicijos metu.



36 pav. Vietovėje nerastų vizualinės analizės metu identifikuotų objektų pavyzdžiai.

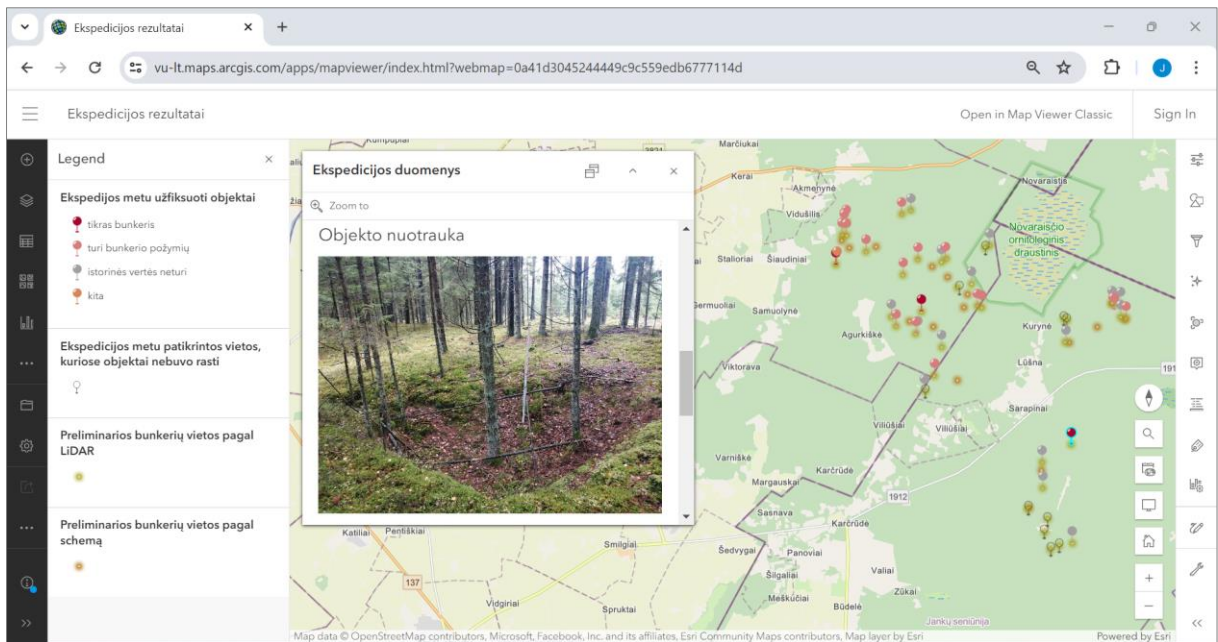
*In situ* tyrimo rezultatams vizualizuoti ir publikuoti buvo sudaryti žemėlapiai: skaitmeninis statinis žemėlapis (žr. 37 pav.) bei interaktyvus internetinis žemėlapis ArcGIS Online platformoje (žr. 38 pav.). Abiejuose žemėlapiuose objektai yra vizualizuoti pagal jiems priskirtą rūšį, taip pat kartu yra pateikiami ir pradinuose tyrimo etapuose sudaryti duomenys – taškinis bunkerių vietų pagal schemą sluoksnis bei taškinis preliminarių bunkerių vietų pagal LiDAR duomenis sluoksnis – tam kad būtų galima vizualiai palyginti visų tyrimo etapų metu surinktą/nustatytą informaciją. Tuo tarpu internetiniame žemėlapyje, naudotojui taip pat yra pasiekiami ir visa ekspedicijų metu surinkta aprašomoji informacija apie kiekvieną iš patikrintų

vietai: detalus aprašymas (informacija apie užfiksuoto objekto gamtinę aplinką, tokius parametrus kaip dydis, gylis, orientacija, būklė, nustatytus struktūrinius elementus (įėjimai,



37 pav. *In situ* tyrimo rezultatų žemėlapis.

ventiliacijos angos) ir jų matmenis, bei kita svarbi informacija), objektui priskirta rūšis, nurodoma, ar objektas yra kaip nors įamžintas vietovėje, taip pat pateikiamos kiekvieno objekto nuotraukos bei vaizdai analizuotuose reljefo modeliuose. Interaktyvus internetinis žemėlapis su tyrimo metu sudarytais ir surinktais duomenimis viešai pasiekiamas adresu: <https://vu-lt.maps.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html?webmap=0a41d3045244449c9c559edb6777114d>.



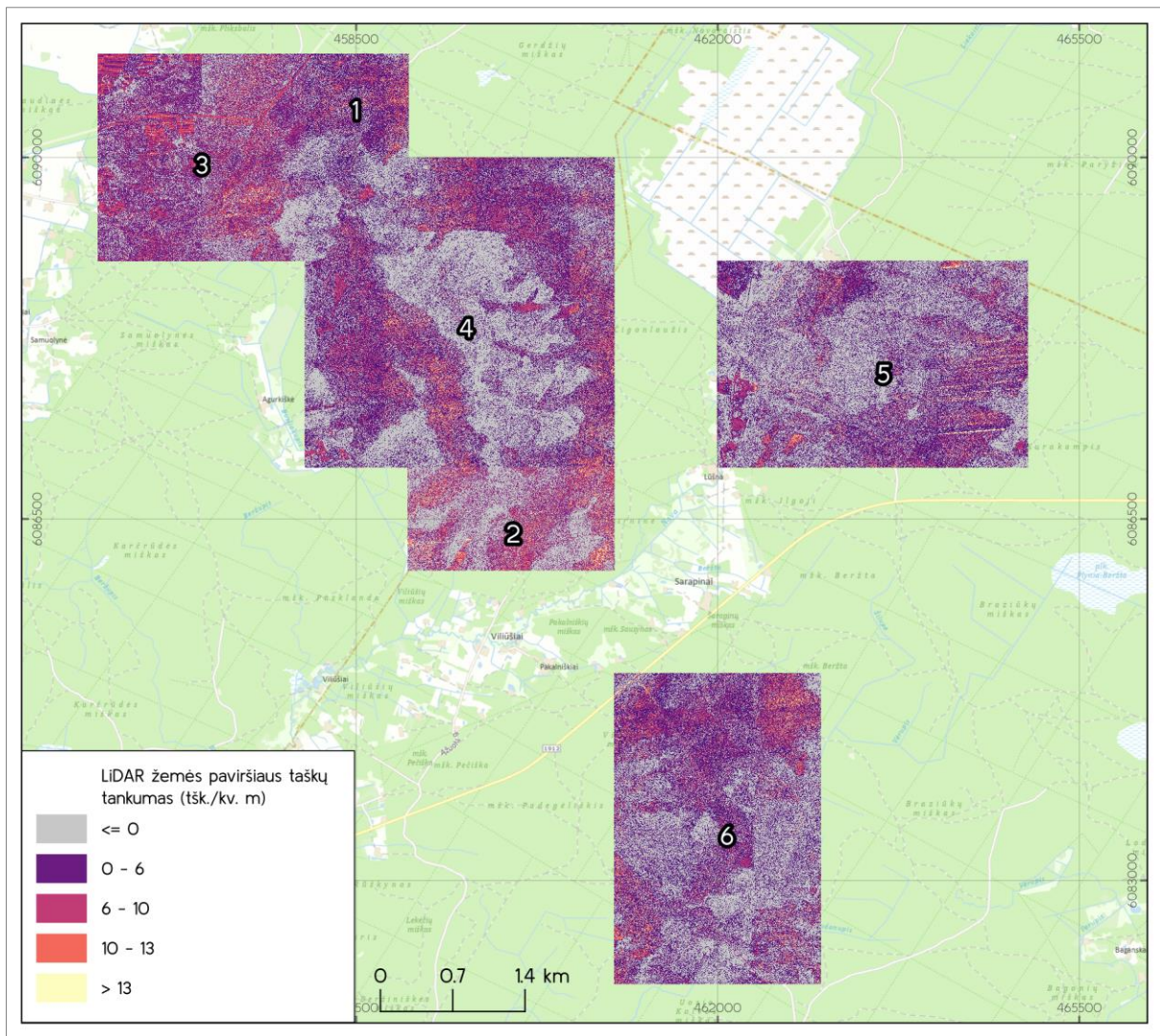
38 pav. Ekspedicijos rezultatų internetinis žemėlapis, adresu:

<https://vu-lt.maps.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html?webmap=0a41d3045244449c9c559edb6777114d>.

#### 3.4. LiDAR distancinių tyrimų metodo duomenų taikymo rekomendacijos partizaninių kovų paveldo objektų identifikavimui

Siekiant įvertinti, ar tyrime naudojamų lazerinio skenavimo duomenų charakteristikos, tokios kaip LiDAR duomenų žemės paviršiaus taškų skaičius ar tankumas, gali turėti įtakos partizaninio paveldo objektų identifikavimui, atlikta šių charakteristikų analizė.

Pirmiausia buvo išanalizuotos bendrosios charakteristikos kiekvienam iš tyrime analizuotų skaitmeninių reljefo modelių. Maksimalus žemės paviršių reprezentuojančių LiDAR duomenų taškų kiekis tyrimo teritorijoje varijuoja nuo 16 iki 161 taško/m<sup>2</sup>. Vidutinis taškų tankumas visose teritorijose išlieka panašus – kinta tarp 2,33 iki 3,77 taškų/m<sup>2</sup> (t. y. 1,7 – 2,8 karto mažesnis už minimalų metaduomenyse nurodytą bendrą tyrime naudotų nefiltruotų (apimančių visas LiDAR duomenų klases) duomenų vidutinį tankumą, kuris yra ne mažesnis kaip 6,5 taškų/m<sup>2</sup>). Tuščios gardėlės – plotai, kuriuose nefiksuotas nė vienas LiDAR duomenų taškas reprezentuojant žemės paviršiaus aukštį – kiekviename iš modelių dengiamų arealų sudaro nuo 27,34 iki 48,08 proc. jų teritorijos, tačiau šie plotai nėra ištisiniai. Palyginus gautus tankumo rastrus ir vietovės ortofotografinio žemėlapio vaizdą, matyti, kad ne mažai mažesnio tankumo vietų sutampu su mažesnio tankumo miškų, krūmokšnių teritorijomis bei kirtimais.



39 pav. Apžvalginis LiDAR duomenų žemės paviršiaus taškų tankumo žemėlapis.

4 lentelė. Bendroji LiDAR žemės paviršiaus duomenų tankumo statistika.

Eil. nr. *	Minimalus tankumas	Maksimalus tankumas	Taškų skaičius	Vidutinis tankumas (tšk./m <sup>2</sup> )	Gardelių skaičius (1×1 m)	Tuščios gardelės	Tuščios gardelės (proc.)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	16	3777296	3,77	1002001	273964	27.34
2	0	29	5073377	2,53	2003001	935532	46.71
3	0	20	14749707	3,68	4004001	1214831	30.34
4	0	18	24585632	2,73	9006001	4037149	44.83
5	0	161	14002301	2,33	6005001	2887494	48.08
6	0	20	16108503	2,68	6005001	2542853	42.35

\*eilės numeris atitinkantis teritorijas pažymėtas skaičiais apžvalginiame LiDAR žemės paviršiaus taškų tankumo žemėlapyje (žr. 39 pav.) ir 3 priede pateiktus žemėlapius.

Vizualinės analizės metu nustatytų preliminarių bunkerių vietų žemės paviršių reprezentuojančių statistika buvo apskaičiuojama dviejų dydžių buferių plotuose aplink kiekvieną 41 identifikuotų taškų – 5 m (78,54 m<sup>2</sup> plotas) ir 10 m (314,16 m<sup>2</sup> plotas). Gauti rezultatai (žr. 5 lentelė) buvo palyginti su informacija surinkta *in situ* tyrimo metu. Pirmiausia, palyginus taškų kiekio ir verifikuojant priskirtos objekto rūšies sąsajas, nebuvo išvelgta jokių

koreliacijų tarp žemės paviršiaus aukščio taškų skaičiaus ir objekto priskyrimo ar nepriskyrimo galimam partizaniniam paveldui. Tuo tarpu, gautuose duomenyse matyti akivaizdus dėsningumas tarp taškų skaičiaus ir sėkmingumo surandant patį objektą atliekant verifikavimą vietovėje: 8 iš 10 *in situ* nerastų objektų atitiko žemiausius taškų kiekio rodiklius apsibrėžto atstumo buferiuose (10 m dydžio buferinėse zonose tokių atvejų buvo vienu mažiau). Apskaičiuotos LiDAR 2 klasės taškų kiekio vertės šiose vietose yra nuo 31 iki 152 (vidutiniškai 0,39 – 1,94 taškų/m<sup>2</sup>). Remiantis šia sąsaja tarp mažiausio žemės paviršiaus taškų skaičiaus aplink identifikuotus taškus ir ekspedicijos metu nerastų objektų, tikėtina, kad žemesnis LiDAR duomenų taškų skaičius galėjo turėti įtakos interpoliuojant aukščio taškus ir generuojant skaitmeninius reljefo modelius, o sugeneruotas vaizdas – vizualinės analizės rezultatų interpretavimui. Nors vizualinė analizė buvo atliekama ne automatizuotai, tikėtina, kad šis faktorius galėtų turėti įtakos ir atliekant automatizuotą objektų atranką.

**5 lentelė.** LiDAR 2 klasės taškų skaičiaus statistika vizualios analizės metu identifikuotose galimų bunkerių vietose (duomenys pateikti taškų skaičiaus didėjimo 5 metrų buferyje).

Objekto id	Atitikmuo ekspedicijos duomenyse (fid)	Taškų skaičius 5 m buferyje	Taškų skaičius 10 m buferyje	Ar objektas rastas <i>in situ</i> ?	Objekto rūšis verifikavus *
1	2	3	4	5	6
7	35	31	230	nerastas	–
41	37	48	204	nerastas	–
16	48	66	350	nerastas	–
17	22	79	160	nerastas	–
42	38	83	361	nerastas	–
37	36	87	294	nerastas	–
34	49	108	1259	nerastas**	–
66	47	152	763	nerastas	–
23	42	163	1079	rastas	2
8	34	200	1268	rastas	3
15	23	201	839	rastas	3
20	24	215	911	rastas	3
21	27	215	921	rastas	3
63	13	222	1156	rastas	2
51	50	228	1174	nerastas	–
28	15	239	1146	rastas	2
30	5	243	1056	rastas	2
27	19	260	1105	rastas	2
70	7	267	1552	rastas	2
22	46	276	913	rastas	3
33	2	276	1293	rastas	2
11	33	279	1133	nerastas	–
62	17	302	1133	rastas	3
67	16	318	1326	rastas	3
65	12	321	1461	rastas	2
44	31	325	1300	rastas	3
12	32	331	1074	rastas	3
29	8	333	1186	rastas	1
26	45	345	1583	rastas	1
32	3	352	1336	rastas	2
24	43	361	1234	rastas	2

72	11	392	1369	rastas	3
60	44	394	1734	rastas	3
31	6	398	1139	rastas	2
61	18	398	1327	rastas	2
64	14	405	1671	rastas	3
13	30	417	1473	rastas	1
18	24	429	1443	rastas	3
53	39	430	1513	rastas	2
73	10	475	1927	rastas	2
35	29	586	1804	rastas	2

\*1 – tikras bunkeris; 2 – objektas turi bunkerio požymių; 3 – objektas istorinės vertės neturi; „-“ – objektas nebuvo rastas verifikuojant *in situ*;  
\*\* pirminė objekto neradimo priežastis – GPS ryšio trikdžiai.

Atsižvelgiant į gautus rezultatus – koreliaciją tarp mažo taškų skaičiaus ir *in situ* nerastų vietų, LiDAR žemės paviršiaus taškų skaitinė analizė nuotoliniu būdu identifikuotose vietose gali būti naudojama kaip kokybės kontrolės įrankis, skirtas iš dalies eliminuoti potencialius galimai klaidingus („false-positive“) rezultatus prieš atliekant identifikuotų objektų tyrimus *in situ*. Vykdamt tokią kontrolę, taikant 5 m atstumo buferį, riba iki kurios identifikuotas objektas galėtų būti kategorizuojamas kaip nepatikimas galėtų būti apie 150-200 taškų.

Tuo pačiu, šis kontrolės įrankis galėtų būti naudojamas *in situ* tyrimų – objektų verifikavimo planavimui – prioritizuojuant žvalgymams tas vietas, kuriose apskaičiuojami didesni LiDAR žemės paviršiaus taškų skaičiaus rodikliai ir pagal tai sudarant preliminarinius ekspedicijų maršrutus.

## IŠVADOS

1. Remiantis nagrinėta literatūra, vieni dažniausių LiDAR distancinių tyrimų metodo duomenų pagrindu parengtų skaitmeninių reljefo modelių vizualizavimo metodų, naudojamų įvairiems archeologiniams reliktais identifikuoti – reljefo šešėliavimas, dangaus matomumo faktorius, vietinio reljefo modelis bei šlaitų analizė.

2. Partizaninių kovų paveldo objektai – bunkeriai – kaip antropogeninės žemės paviršiaus mikroreljefo struktūros – priklausomai nuo pačių objektų būklės, skaitmeniniuose reljefo modeliuose morfometriškai gali išsiskirti kaip nedidelių parametrų, ne itin gilios, taisyklingos stačiakampio formos, neigiamos struktūros, kai kuriais atvejais, papildomai savo struktūroje galinčios turėti ir kitas bunkerio struktūrinės dalis, kurios šalia išsiskiria siaurų, mažesnio gylio nei pagrindinė bunkerio duobė griovių pavidalu.

3. LiDAR distancinių tyrimų metodo duomenų naudojimas pirminiam partizaninių kovų paveldo objektų identifikavimui sintezėje kartu su istorine aprašomąja ir kartografinę medžiaga, yra efektyvesnis ir optimalesnis metodas nei šiam tikslui pasitelkiant vien istorinę medžiagą – su geografinė vietoje susieta istorinė medžiaga suteikia tyrimams konteksto preliminariai sukonkretinant patį paieškų teritorijos arealą, o skaitmeniniai žemės paviršiaus lazerinio skenavimo duomenys ir GIS technologijos suteikia galimybę nuotoliniu detaliau išnagrinėti tyrimo teritoriją, galimybę pastebėti daugiau nei pateikiama istorinėje medžiagoje, ir optimaliau paskirstyti resursus reikalingus tolesnių tyrimų planavimui ir vykdymui.

4. LiDAR distancinių tyrimų metodo duomenų pagrindu sukurti skaitmeniniai žemės paviršiaus reljefo modeliai gali būti sėkmingai pritaikomi naujų preliminarių partizaninių kovų paveldo objektų pirminei nuotolinei paieškai, po kurios turėtų būti vykdomi šių vietovių tyrimai *in situ* ir verifikuojamas pirminių rezultatų patikimumas. Tyrimui pasitelktų LiDAR duomenų tikslumas ir kokybė miškingose teritorijose yra tinkama detaliai tokių vietovių mikroreljefo ir jame esančių struktūrų analizei.

5. Atliktas *in situ* tyrimas patvirtino parengtos metodikos galimybes rasti ir išskirti labai smulkias tiek su partizaniniu paveldu susijusias, tiek nesusijusias reljefo struktūras, tačiau tuo pačiu ir išryškino galimas potencialias spragas, kurias galėjo nulemti tyrime naudotų duomenų charakteristikos ir/ar naudotų metodų techniniai parametrai.

6. Atsižvelgiant į tyrimo aprėptį gautus rezultatus ir identifikuotų objektų struktūrinį nuoseklumą, tikslinga tyrime vykdytą vizualinę reljefo modelių analizę automatizuoti naudojant mašininį mokymąsi.



7. LiDAR distancinių tyrimų metodo duomenų žemės paviršiaus klasės taškų analizės rezultatai atliekant vizualinį reljefo modelių vertinimą gali būti naudojami kaip kokybės kontrolės įrankis klaidingai nustatytoms vietoms eliminuoti – remiantis statistiniais duomenimis išskiriant mažo potencialo vietas, pasižyminčias mažu skaitmeninių žemės paviršiaus lazerinio skenavimo duomenų žemės paviršiaus klasės taškų skaičiumi, bei pagal tai prioritetiškai diferencijuojant didžiausią potencialą turinčias tikrintinas vietas.

## DISKUSIJA

Tyrimo metu parengta ir sėkmingai išbandyta metodika yra perspektyvi partizaninių kovų paveldo tyrimų vystymui, šiems tyrimams reikalingų laiko bei žmogiškųjų resursų optimizavimui. Ateities perspektyvai galima būtų išskirti keletą tolesnių tyrimo vykdymo krypčių.

Viena krypčių – tolesnis metodikos tobulinimas, konkrečiai identifikuojant ir išanalizuojant naudojamų skirtingų metodų įtaką rezultatams. Šiam tikslui pirmiausia vertėtų išsiaiškinti, ar sėkmingas partizaninio paveldo objekto identifikavimas gali priklausyti nuo naudoto interpoliavimo metodo generuojant reljefo modelius. Taipogi turėtų būti atlikta plati įvairių skirtingų taikytinų reljefo vizualizavimo metodų ir jiems taikytinų techninių parametru variacijų analizė identifikuojant partizaninio paveldo objektus, siekiant išskirti objektyviai pačius optimaliausius metodus ir jų nustatymus. Tokia techninių aspektų analizė pirmiausia turėtų būti atlikta teritorijai, kurioje jau yra identifikuoti ir patvirtinti partizaniniam paveldui priklausantys objektai, kad galima būtų objektyviai palyginti, kuriais jų išgaunamas geriausias rezultatas.

Šio tyrimo kontekste vizualinė reljefo modelių analizė – potencialių partizaninių bunkerių identifikavimas – buvo atliekama rankiniu būdu detalai peržiūrint skaitmeninius reljefo modelius, tad siekiant didesnio efektyvumo naudojamų resursų prasme, dar viena tolesnių šio tyrimo vystymo krypčių turėtų būti automatizuotas partizaninio paveldo objektų nustatymas paremtas dirbtiniu intelektu, mašininu mokymusi. Galimybė automatizuoti šį procesą ženkliai sumažintų vizualinei reljefo modelių analizei reikalingas laiko sąnaudas.

Partizaniniai bunkeriai nėra vieninteliai archeologiniai objektai „paliekantys pėdsaką“ reljefo konfigūracijoje, tad tyrimo tematika galėtų būti vystoma dar platesniame kontekste – praplečiant ją iki LiDAR duomenų taikymo platesnio militaristinio paveldo tyrimams – siekiant tiksliai identifikuoti kitus šalies teritorijoje vykusių karų relikтус tokius, kaip kariniai apkasai, įtvirtinimai ir kt. Tokios struktūros, kaip ir partizaniniai bunkeriai dažniausiai atsispindi reljefe kaip neigiamos reljefo formos, tad jų identifikavimui, paieškai galėtų būti pritaikoma analogiška metodika, ją modifikuoti atsižvelgiant į specifines konkrečių militaristinio paveldo objektų morfometrines charakteristikas.

Galiausiai, svarbu atkreipti dėmesį, kad šiame tyrime buvo nagrinėjama tik viena iš daugelio galimų žemės paviršiaus lazerinio duomenų pritaikymo sričių – LIDAR taikymas archeologijoje. Žemės paviršiaus lazerinio skenavimo duomenų panaudojimas taikant geografines informacines technologijas turi didelį, dažnai dar nepakankamai išnaudotą,

potencialą įvairaus mastelio įvairių sričių uždavinių sprendimui, pavyzdžiui, miesto tyrimams – atliekant miesto morfologijos ir želdinių analizę, potvynių rizikos analizei, inžinerinių infrastruktūros objektų kartografavimui, priežiūrai, miškų tyrimams – tiesiogiai iš LiDAR duomenų gaunamų miško charakteristikų (lajų aukščiai, topografija) analizei ir išvestinių charakteristikų modeliavimui (medynų tūris), žemės ūkyje, kalnakasyboje ir kt. Tyrime naudoti valstybiniai LiDAR duomenys (Lidar\_DR\_LT – Lietuvos Respublikos teritorijos skaitmeniniai erdviniai lazerinio skenavimo taškų duomenys) pasižymėjo stebėtinai dideliu taškų kiekiu ir tankumu, tad galėtų ir turėtų būti plačiau taikomi tiek smulkių specifinių lokalių uždavinių, tiek platesnio mastelio uždavinių sprendimui.

## LITERATŪROS IR INFORMACIJOS ŠALTINIŲ SĄRAŠAS

- Ahn H-K., Oh K-J., Cho Y-J. 2023. Case Study of a Korean Archaeological Survey using LiDAR. *International Journal of Korean History*, 28(1):99-141. <https://doi.org/10.22372/ijkh.2023.28.1.99>
- Aldrighettoni J., Grazia D'Urso M. 2023. Military archaeology and LIDAR data visualizations: a non-invasive approach to detect historical remains. *Acta IMEKO*, 12(2):5. <https://doi.org/10.21014/actaimeko.v12i2.1395>
- Asia Air Survey. 2024. Red Relief Image Map. <https://www.rrim.jp/en/> [paskutinė prieiga: 2024-05-20]
- Bernardini F., Sgambati A., Montagnari Kokelj M., Zaccaria C., Micheli R., Fragiaco A., Tiussi C., Dreossi D., Tuniz C., De Min A. 2013. Airborne LiDAR application to karstic areas: the example of Trieste province (north-eastern Italy) from prehistoric sites to Roman forts. *Journal of Archaeological Science*, 40(4): 2152-2160. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.12.029>
- Caspari G. 2023. The Potential of New LiDAR Datasets for Archeology in Switzerland. *Remote Sensing*, 15(6):1569. <https://doi.org/10.3390/rs15061569>
- Chase A. S. Z., Chase D. Z., Chase A. F. 2017. LiDAR for Archaeological Research and the Study of Historical Landscapes. Kn.: *Sensing the Past. Geotechnologies and the Environment*, 16. red. Masini N., Soldovieri F. Cham: Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-50518-3\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-50518-3_4)
- Čučković Z. 2021. Terrain position index (TPI): a Python implementation. <https://landscapearchaeology.org/2021/python-tpi/> [paskutinė prieiga: 2024-05-20]
- Davis D. S., Sanger M. C., Lipo C. P. 2019. Automated mound detection using lidar and object-based image analysis in Beaufort County, South Carolina. *Southeastern Archaeology*, 38:1, 23-37. <https://doi.org/10.1080/0734578X.2018.1482186>
- Guyot A., Hubert-Moy L., Lorho T. 2018. Detecting Neolithic Burial Mounds from LiDAR-Derived Elevation Data Using a Multi-Scale Approach and Machine Learning Techniques. *Remote Sensing*, 10(2):225. <https://doi.org/10.3390/rs10020225>
- Hansen R. D., Morales-Aguilar, Thompson J., Ensley R., Hernandez E., Schreiner T., Suyuc-Ley E., Martínez G. 2023. LiDAR analyses in the contiguous Mirador-Calakmul Karst Basin, Guatemala: an introduction to new perspectives on regional early Maya socioeconomic and political organization. *Ancient Mesoamerica*, 34(3):587-626. <https://doi.org/10.1017/S0956536122000244>

- Kumar A., Venkatanarayana M., Murthy V. S. S. 2021. Object-Based Image Analysis. Kn.: *Encyclopedia of Mathematical Geosciences. Encyclopedia of Earth Sciences*, red. Daya Sagar B., Cheng Q., McKinley J., Agterberg F. Cham: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-26050-7\\_229-1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-26050-7_229-1)
- LGGRTC. 2023. Represuotieji. *Lietuvos gyventojų tremtys ir kalinimas Sovietų sąjungoje*. <https://www.lietuviaisibire.lt/lt/represuotieji> [paskutinė prieiga: 2023-06-21]
- Lieskovský J., Lieskovský T., Hladíková K., Štefunková D., Hurajtová N. 2022. Potential of airborne LiDAR data in detecting cultural landscape in Slovakia. *Landscape Research*, 47(5): 539-558. <https://doi.org/10.1080/01426397.2022.2045923>
- Masini N., Abate N., Gizzi F. T., Vitale V., Minervino Amodio A., Sileo M., Biscione M., Lasaponara R., Bentivenga M., Cavalcante F. 2022. UAV LiDAR Based Approach for the Detection and Interpretation of Archaeological Micro Topography under Canopy—The Rediscovery of Peticara (Basilicata, Italy). *Remote Sensing*, 14(23):6074. <https://doi.org/10.3390/rs14236074>
- Multi-scale topographic position model*. 2024. <https://multiscaletopography.wordpress.com/multi-scale-topographic-position-model/> [paskutinė prieiga: 2024-05-20]
- NOAA. 2023. What is lidar? <https://oceanservice.noaa.gov/facts/lidar.html> [paskutinė prieiga: 2024-05-24]
- Petrauskas G. 2020. Lietuvos partizaninio karo archeologijos dešimtmetis: tyrimų kryptys ir ateities perspektyvos. *Acta historica universitatis Klaipedensis: The Anti-Soviet Resistance: New Approaches to the Lithuanian Partisan War / Antisovietinė rezistencija Lietuvoje: partizaninio karo tyrimų naujos prieigos*, 40: 97-139.
- Petrauskienė A., Vaitkevičius V. 2017. Atrandant partizaninio karo paveldą. *Nepriklausomybės sąsiuviniai*, 3(11): 62-71.
- Thompson A. E. 2020. Detecting Classic Maya Settlements with LiDAR-Derived Relief Visualizations. *Remote Sensing*, 12(17):2838. <https://doi.org/10.3390/rs12172838>
- Trotter E. F. L., Fernandes A. C. M., Fibæk C. S., Keßler C. 2022. Machine Learning for automatic detection of historic stone walls using LiDAR data. *International Journal of Remote Sensing*, 43(6): 2185-2211. <https://doi.org/10.1080/01431161.2022.2057206>
- Vėlius G., Žygelis D. 2013. Pokario Lietuvos partizanų bunkeriai Mėnaičių ir Balandiščio k. (Grinkiškio sen., Radviliškio r.). *Lietuvos archeologija*, 39: 177-234.
- Vizireanu I., Mateescu R. 2018. The Potential of Airborne LiDAR for Detection of New Archaeological Site in Romania. Kn.: *Diversity in Coastal Marine Sciences. Coastal Research*

*Library*, 23, red. Finkl C., Makowski C. Cham: Springer International Publishing.

[https://doi.org/10.1007/978-3-319-57577-3\\_37](https://doi.org/10.1007/978-3-319-57577-3_37)

Zakšek K., Oštir K., Kokalj Ž. 2011. Sky-view factor as a relief visualization technique. *Remote Sensing*, 3(2): 398–415. <https://doi.org/10.3390/rs3020398>

## SANTRAUKA

### VILNIAUS UNIVERSITETAS CHEMIJOS IR GEOMOKSLŲ FAKULTETAS

JOVITA SINKEVIČIŪTĖ

#### **LiDAR duomenų taikymas partizaninių kovų paveldo objektų Lietuvoje tyrimams**

Žemės paviršiaus lazerinio skenavimo metodo (LiDAR) duomenys ir jų panaudojimas taikant geografinės informacinės technologijas (GIS) įgyja vis didesnę svarbą įvairaus mastelio archeologinių objektų tyrimams ir neretai yra raktas į ne vieną naują tiek lokaliai, tiek pasauliniu masteliu svarbų atradimą. Tokie metodai yra labai svarbūs atokių, miškingų ar sunkiau prieinamų teritorijų tyrimams.

Šiame tyrime dėmesys skiriamas Lietuvos laisvės kovų paveldo objektų – partizanų bunkerių (slėptuvių) – tyrimams. Praeinant vis daugiau laiko nuo Lietuvos partizaninio karo pabaigos praeito amžiaus viduryje, lieka vis mažiau to laikotarpio amžininkų, kurie galėtų identifikuoti svarbias partizaninio karo vietas ir objektus, tad yra reikalingi alternatyvūs metodai galintys efektyviai užtikrinti šių vietų tyrimų tęstinumą. Ir vienas jų – LiDAR duomenų taikymas sintezėje kartu su įvairia istorine medžiaga.

Tyrimo tikslas – parengti LiDAR distancinių tyrimų metodo duomenų taikymo partizaninių kovų paveldo objektų paieškai metodiką. Tyrimo metodika apima: jau žinomų ir Kultūros paveldo registre saugomų partizaninių paveldo objektų – bunkerių morfometrinių charakteristikų ir struktūrinių ypatybių, kurios gali atsispindėti žemės paviršiaus reljefe, analizę; pagal archyvinę kartografinę medžiagą nustatytos teritorijos LiDAR duomenų apdorojimą, skaitmeninių reljefo modelių sudarymą, vizualizavimą bei vizualinę jų analizę, kurios pirminiai rezultatai tikrinami *in situ*; tyrime naudotų LiDAR duomenų charakteristikų, galinčių turėti įtakos, partizaninio paveldo objektų identifikavimui analizę; tyrimo rezultatų vizualizavimą ir publikavimą, parengiant internetinį tyrimo rezultatų žemėlapi. Tyrime duomenų paruošimui, surinkimui ir analizei buvo naudojamos CloudCompare, QGIS ir QField programinė įranga, o rezultatų publikavimui ArcGIS Online Map Viewer bei Story Map aplinka.

Atliekant tyrimą, georeferencijavus archyvinėje KGB byloje pateiktoje byloje pateiktą istorinę kartografinę medžiagą, sudarytas taškinis preliminarinių bunkerių lokacijų pagal schemą sluoksnis, remiantis šio sluoksnio objektų išsidėstymu tyrimo teritorijoje buvo sudaryti dvidešimt aštuonių kvadratinių kilometrų teritoriją dengiantys skaitmeniniai reljefo modeliai,

kurių gardelės dydis siekia 0.25×0.25 m. Parengti reljefo modeliai buvo vizualizuoti taikant reljefo šešėliavimą bei parenkant analizei tinkamą reljefo modelio rastro spalvinį gradientą. Atlikus detalią vizualinę reljefo modelių analizę stambiame mastelyje, buvo nustatyta 41 potencialių bunkerių vieta. Šios analizės rezultatai buvo patikrinti *in situ*, siekiant nustatyti jų atitiktį istoriniam partizaniniam paveldui – ekspedicijų metu buvo nustatytas 21 objektas, turintis partizanų bunkerio požymių (iš kurių 3 turintys itin ryškius požymius ir kurie gali būti klasifikuojami kaip tikri bunkeriai). Atlikus tyrime naudotų LiDAR duomenų analizę ir gautus rezultatus palyginus su ekspedicijos metu surinktais duomenimis, nustatyta galima sąsaja tarp žemės paviršių reprezentuojančių taškų kiekio ir galimybės aptikti vizualinės analizės metu identifikuotus objektus vietovėje. Tyrimo metu surinktiems duomenims ir rezultatams publikuoti sudarytas viešai prieinamas interaktyvus internetinis žemėlapis. Susipažinti su tyrimo metu parengtais duomenimis galima internetiniu adresu: <https://vuln.maps.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html?webmap=0a41d3045244449c9c559edb6777114d>.



## SUMMARY

VILNIUS UNIVERSITY  
FACULTY OF CHEMISTRY AND GEOSCIENCES

JOVITA SINKEVIČIŪTĖ

### **Application of LiDAR Data for Research on Heritage Sites of Partisan Warfare in Lithuania**

LiDAR data and its application using GIS technology are becoming more and more relevant for archaeological research at various scales, and are often the key to a number of new discoveries of both local and global significance. Such methods are essential for the study of remote, forested or less accessible areas.

This study focuses on the research of the Lithuanian Partisan Resistance heritage sites – partisan bunkers (hideouts). As more and more time has passed since the end of the Lithuanian guerrilla war in the middle of the last century, there are fewer contemporaries from that period who can identify the important sites and objects of the partisan war, thus there is a need for alternative methods that can effectively ensure the continuity of the research on such sites. One of these is the use of LiDAR data in synthesis with various historical records.

The aim of the study is to develop a methodology for the application of LiDAR data for the search of the heritage sites of partisan warfare. The research methodology includes: analysis of the morphometric characteristics and structural features, which may be reflected in the relief of the land surface, of the already known partisan heritage objects - bunkers, which are registered in the Register of Cultural Property; processing of LiDAR data of the territory identified from archival cartographic material, creation, visualization and visual analysis of the digital terrain models of the territory, the initial results of which were verified *in situ*; analysis of the characteristics of the LiDAR data used in the study that may have an impact on the identification of partisan heritage sites; visualization and publication of the results of the study by creating a web map. The study utilized CloudCompare, QGIS and QField software for data preparation, collection and analysis, and ArcGIS Online Map Viewer and Story Map environments for publishing the results.


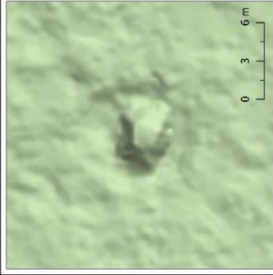

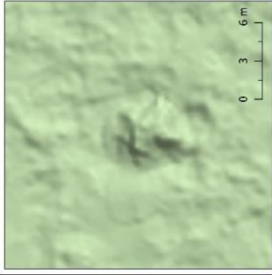

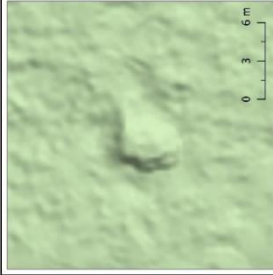
In the framework of the research, following the georeferencing of historical cartographic material contained in the archival KGB file, a point layer of preliminary bunker locations according to the chart was created, and based on the location of the objects in this layer, digital terrain models, the size of the grid of which is  $0.25 \times 0.25$  meters, covering an area of 28 square


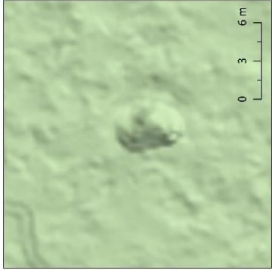

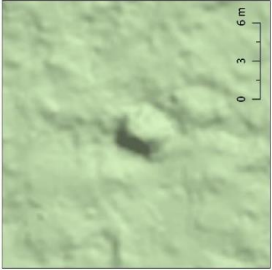

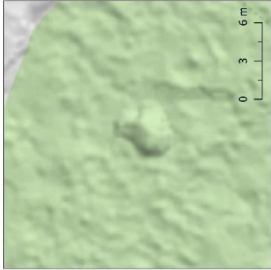
kilometers were created. Relief models were visualized by applying hillshading and selecting the appropriate colour gradient of the relief model for use in the analysis. A detailed visual analysis of the terrain models at a large scale resulted in the identification of 41 potential bunker locations. The results of this analysis were verified *in situ* to determine their correspondence to the historical partisan heritage – during the expeditions, 21 objects with the characteristics of a partisan bunker were identified (3 of which have very distinct characteristics and can be classified as proper bunkers). The analysis of the LiDAR data used in the study and the comparison of the results with the data collected during the *in situ* survey showed a possible correlation between the number of points representing the ground surface and the potential for detecting objects identified by visual analysis in the area. Lastly, a publicly accessible interactive online map has been created to publish the data and results of the research. The data compiled by the study can be accessed online at: <https://vu-lt.maps.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html?webmap=0a41d3045244449c9c559edb6777114d>.


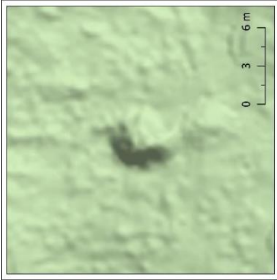

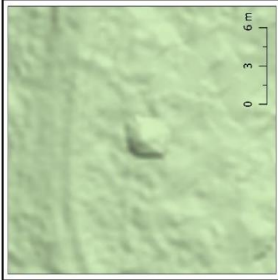

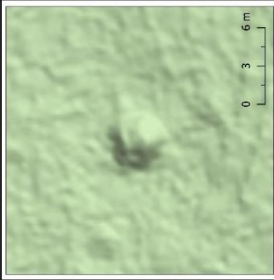
## **PRIEDAI**


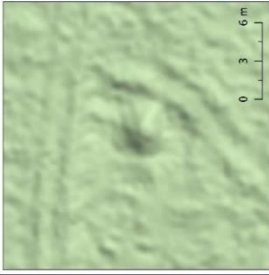

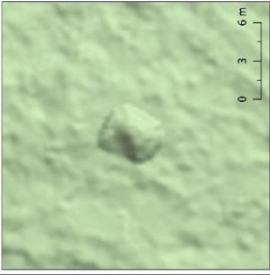

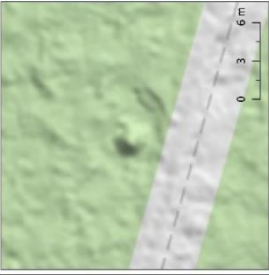
1. 1 priedas. Ekspedicijos duomenys – Ekspedicijos metu užfiksuoti objektai.
2. 2 priedas. Ekspedicijos duomenys – Ekspedicijos metu patikrintos vietos, kuriose objektai nebuvo rasti.
3. 3 priedas. LiDAR žemės paviršiaus taškų tankumo žemėlapiai


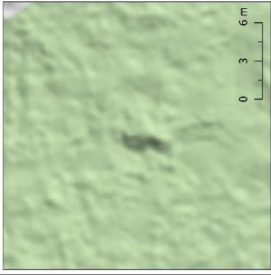

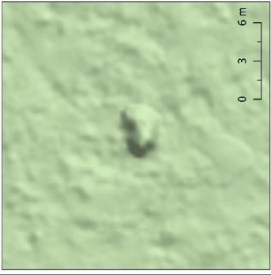


## EKSPEDICIJOS DUOMENYS – Ekspedicijos metu užfiksuoti objektai

ffd	Obj. Nr.	Nuotrauka	Rušis	Įamžinimas	Aprašymas	Vaizdas reljefo modelyje	Data ir laikas
2	1		turi požymių	Ne	Aplinka: eglynas (turbūt sodintas), lygi, žema vieta, dirvožemis - smėlis; Duobė pailga R-V kryptimi (95-100 laipsnių); Dydis - 4 m x 3 m, gylis - 75 cm, dugnas - plokščias; iš visų pusių smėlio pylimai (P - 3 m pločio, aukštis - 50 cm; Š - 3.2 m pločio, aukštis - 80 cm); Būklė - gera.		26/07/2023 09:52:15 (FLE Summer Time)
3	2		turi požymių	Ne	Aplinka: eglynas, žema lyguma, šlapioms vietoms būdingi augalai, dirvožemis - smėlis; Duobė pailga Š-P kryptimi; Dydis - 4.8 x 3 m, gylis - 70 cm, dugnas - plokščias, įėjimas iš PV pusės: statmenas, ilgis - 1.90 m, plotis - nuo 80 iki 1.10 m, gylis - 50 cm, nežymiai gylėja į bunkerio pusę; iš visų pusių, išskyrus Š, matyti pylimėliai: V - 3.20 m pločio, aukštis - 60 cm, R - 2.60 m pločio, aukštis - 50 cm, P - 2.90 m plotis, aukštis - 40 cm (pylimas baigiasi sulig įėjimu). Būklė - gera, privirtę senų medžių. Didelis bunkeris.		26/07/2023 10:17:16 (FLE Summer Time)
4	3		turi požymių	Ne	Aplinka: eglynas, lygi žema vieta, dirvožemis - smėlis; Orientuotas Š-P kryptimi, Dydis - 3.90 x 2.80 m, gylis - 60 cm; Įėjimas iš SR: statmenas, 1.30 m ilgio, plotis - 80 cm, gylis - 25 cm; Pylimai: V - už 90 cm nuo duobės krašto, 1.40 pločio, 25 cm aukščio; R - už 1 m nuo krašto, 1.80 m pločio, beveik apskritas; P - nuskleistas; Labai sekus. Būklė - gera. Nebuvo įtrauktas į galimų bunkerių sluoksnių tačiau, patikrinus, reljefo modelyje - matomas.		26/07/2023 10:32:11 (FLE Summer Time)


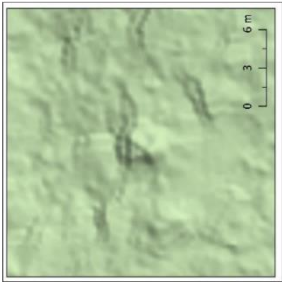

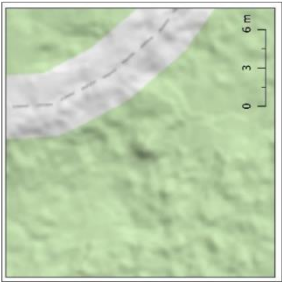
fid	Obj. Nr.	Nuotrauka	Rušis	Įamžinimas	Aprašymas	Vaizdas reljefo modelyje	Data ir laikas
5	4		turi požymių	Ne	Aplinka: tankus eglynas, lygus paviršius, gausu senų kelmų, dirvožemis - smėlis; Dydis - 2.30 x 2.20 m (lygiagretainis), gylis - 80 cm, dugnas - plokščias; Pylimai ryškūs iš visų pusių išskyrus V; P - 1.50 m pločio, 45 cm aukščio, R - nuskleistas, 2.20 m pločio, 25 cm aukščio.		26/07/2023 10:49:25 (FLE Summer Time)
6	5		turi požymių	Ne	Aplinka: tamsus eglynas, lygi žema vieta, drėgnesnių metų laikų būna šlapių vietų, dirvožemis - smėlis; Dydis - 2.90 x 2.70 m, gylis - 85 cm, dugnas - plokščias, netaisyklingo keturkampio formos; Aplinkui pylimai: Š - mažiausiai ryškūs; V - 1.90 m pločio, aukštis - 40 cm; R - 1.40 pločio, aukštis - 25 cm; Būklė - gera, sienelės apgruuvusios.		26/07/2023 10:59:03 (FLE Summer Time)
7	6		turi požymių	Ne	Aplinka: pušynas, lygi sausa vieta, prie miško kelio ir jo sankritos su kvartaline linija, dirvožemis - smėlis; Orientuotas R-V kryptimi; Dydis - 2.80 x 1.60 m, gylis - 70 cm, dugnas - plokščias; Pylimai iš visų pusių, išskyrus V; Š - 1.60 m pločio, aukštis - 30 cm; P - 1.70 m pločio, aukštis - 25 cm; Būklė - gera.		26/07/2023 11:40:57 (FLE Summer Time)




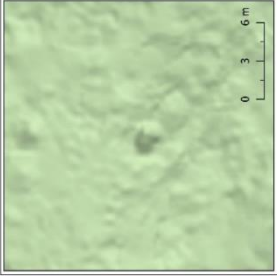
fid	Obj. Nr.	Nuotrauka	Rušis	Įamžinimas	Aprašymas	Vaizdas reljefo modelyje	Data ir laikas
8	7		tikras	Taip	<p>Aplinka: mišrus miškas, išraiškinga smėlio kalva (plokščių paviršiumi, bunkeris įrengtas viršuje), dirvožemis - smėlis; Orientuotas Š-P kryptimi (345 laipsniai);  Dydis - 3.90 x 3.20 m, gylis - 1.05 m, duobė keturkampė, dugnas - plokščias (buvo vadavietė).  Turi įėjimą PV kampe: statmenas, 4.80 m ilgio, nežymiai lenktas; plotis - 1.10-1.30 m, gylis - 75 cm;  Ventiliacijos angos vieta iš PV kampo (45 laipsniu kryptimi) - 2 m ilgio, 40-50 cm pločio, 25 cm gylis;  Pylimėlių nėra.  Būklė - gera. Aplinka tvarkyta 2022 m. rugpjūtį, jaunimo stovyklos "Laisvės kovų atmintis" dalyvių, bunkerio duobėje paliktas vienintelis savaiminis ažuolas.  Ant beržo į PV nuo bunkerio duobės - vieno iš čia žuvusių partizanų sesuo Mockevičiūtė ir jos šeima pritvirtinusi medinį kryželį.</p>		26/07/2023 12:23:58 (FLE Summer Time)
9	8		kita	Ne	<p>Dydis 1.50 x 1.30 m, gylis - 70 cm, dugnas plokščias;  Į ŠR nuo 7 bunkerio duobės, kalvos papėdėje, 4.20 m nuo miško kelio;  Galimai šulinėlis arba ginklų saugojimo duobė.</p>		26/07/2023 12:33:30 (FLE Summer Time)
10	9		turi požymių	Ne	<p>Aplinka: šilas, pušynas, žemės paviršius lygus, dirvožemis - smėlis;  Orientuotas ŠR-PV kryptimi, netaisyklingo keturkampio formos (nėra taisyklingumo orientacijai).  Dydis - 3.70 m x 3.90 m, gylis - 70 cm. Dugnas nelygus.  Giliausia vieta - 75 cm. ŠR pusėje seklesnis - 45 cm;  Būklė - gera. Dugne - senas nupjautos pušies kelmas. Pylimėlių nėra.</p>		26/07/2023 13:00:40 (FLE Summer Time)


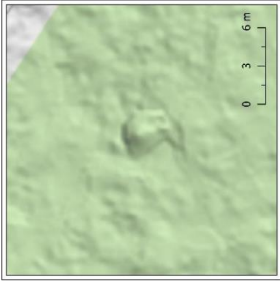

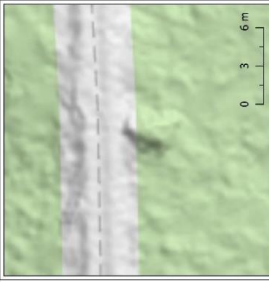

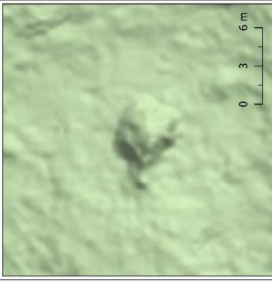
fid	Obj. Nr.	Nuotrauka	Rušis	Įamžinimas	Aprašymas	Vaizdas reljefo modelyje	Data ir laikas
14	13		istorinės vertės neturi	Ne	Aplinka: šilas, pušynas, sausa lyguma, dirvožemis - smėlis, šalia - priešgaisrinė juosta, galimai senojo kelio vieta; Dydis - 3 x 2,80 m, 60 cm gylis, apskrita, dugnas - dubens formos, be pylimų.		26/07/2023 15:11:28 (FLE Summer Time)
15	14		turi požymių	Ne	Aplinka: šilas, pušynas, lygus paviršius, nežymiai banguotas, dirvožemis - smėlis; Duobė pailga R-V kryptimi, kampais orientuota į pagrindines pasaulio šalis; Dydis - 2,30 x 2,30 m, gylis - 1,05 m, duobė keturkampio formos, stačiomis apgrūvusiomis sienelėmis; Už 1,90 m į ŠR - 70 x 100 cm duobė, stačiomis sienelėm, plokščiu dugnu, 55 cm gylis, pailga R-V kryptimi; Būklė - gera.		26/07/2023 15:26:37 (FLE Summer Time)
16	15		istorinės vertės neturi	Ne	Aplinka: mišrus miškas, smėlio pakiluma tarp peikėtų žemumų, šalia senas miško kelias; Dydis 1,80 x 1,70 m, gylis - 55 cm, apskrita, be pylimų; Būklė - gera. (nuotrauka iš PR pusės)		26/07/2023 16:28:14 (FLE Summer Time)


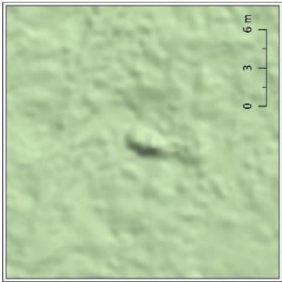

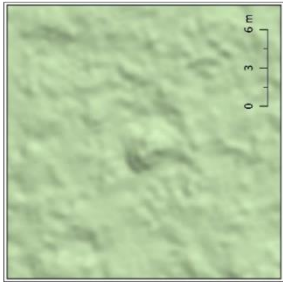
fid	Obj. Nr.	Nuotrauka	Rušis	Įamžinimas	Aprašymas	Vaizdas reljefo modelyje	Data ir laikas
17	16		istorinės vertės neturi	Ne	Aplinka: mišrus miškas, nežymiai kalvotas paviršius, dirvožemis - smėliš; Duobė paūlga Š-P kryptimi; Dydis - 2,60 m x 1,50 m, gylis - 45 cm, netaisyklingos formos, plokščias dugnas; iš V pusės - pylimas, iš R - duobės kraštinės nėra - pereina į lygumą; Būklė - gera.		26/07/2023 16:59:47 (FLE Summer Time)
18	17		turi požymių	Ne	Aplinka: mišrus miškas, lygus reljefas, nežymus bangavimas, dirvožemis - smėliš; Duobė - sudėtinė (iš dviejų tarpusavy kartu sujungtų stačiakampių); B vakarinis - 70 cm gylis, rytinis - 50 cm gylis. Dydis - R duobė: 3,10 x 1,30 m, gylis - 50 cm; V duobė - 3,10 x 1,20 m, gylis - 70 cm; Būklė - patenkinama. Sienelės ardo urviniai žvėreliai; 60 cm į P netaisyklingos formos 30 cm gylio duobė (dydis - 50 x 80 cm) - galimai jungiasi su vidumi.		26/07/2023 17:38:58 (FLE Summer Time)
19	18		turi požymių	Ne	Aplinka: mišrus miškas, nežymiai kalvotas paviršius, bunkerio duobė pietiniame pakilumos slaitė; Duobė paūlga R-V kryptimi; Dydis - 3,60 x 2 m, gylis - 65 cm, stačiakampė, dugnas - plokščias. Be pylimėlių.		26/07/2023 17:48:52 (FLE Summer Time)


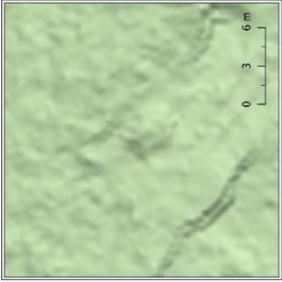

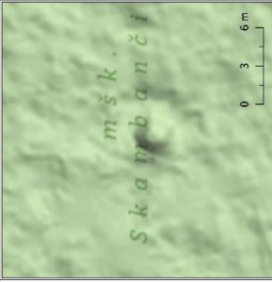

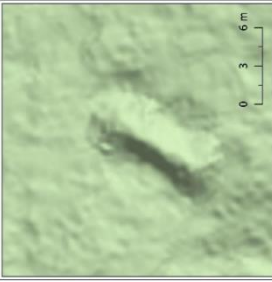



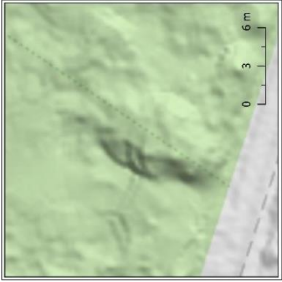

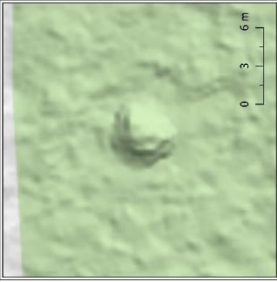

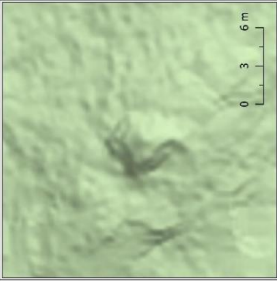
fid	Obj. Nr.	Nuotrauka	Rušis	Įamžinimas	Aprašymas	Vaizdas reljefo modelyje	Data ir laikas
23	19		istorinės vertės neturi	Ne	Aplinka: mišrus miškas, dirvožemis - smėlis, žemos kopos papėdė, į pietus nuo miško kelio; Duobė nežymiai pailga R-V kryptimi; Dydis - 3.30 x 2.80 m, gylis - 40 cm.		28/10/2023 09:51:27 (FLE Summer Time)
24	20		istorinės vertės neturi	Ne	Aplinka: spygliuočių miškas, dirvožemis - smėlis, šalia miško kelio; Dydis: 80 x 60 cm, gylis - 40 cm.		28/10/2023 10:15:45 (FLE Summer Time)


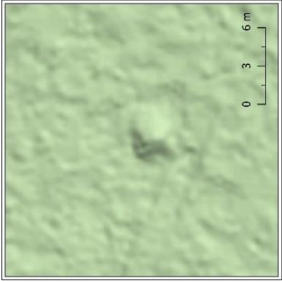

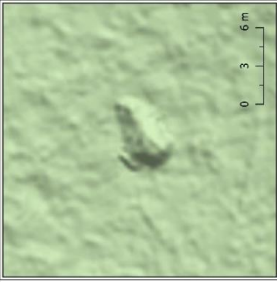

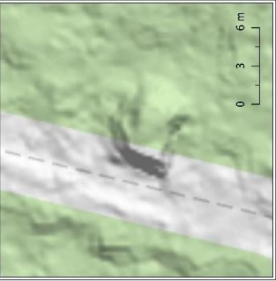
fid	Obj. Nr.	Nuotrauka	Rušis	Įamžinimas	Aprašymas	Vaizdas reljefo modelyje	Data ir laikas
25	21		turi požymių	Ne	Aplinka: sodintas egllynas, kalva, dirvožemis - smėlis, 2 m nuo miško kelio, vieta labai būdinga partizanų bunkerių įrengimui; Duobė paūlga ŠV-PV kryptimi (290 laipsnių); Dydis - 2.70 x 3.30 m, gylis - 60 cm, plokščias dugnas; Būklė - gera, bet apardyta sodinant mišką. Iš reljefo modelio nebuvo nustatyta.	-	28/10/2023 10:21:08 (FLE Summer Time)
26	22		turi požymių	Ne	Aplinka: sodintas egllynas, kalva, dirvožemis - smėlis, 5 m atstumu nuo kelio, lygiagrečiu keliui; Duobė paūlga ŠV - PV kryptimi (280 laipsnių); Dydis - 2.30 x 2.50 m, gylis - 60 cm; Įėjimas iš R pusės, ties viduriu - 3.90 m ilgio, 1.10 m pločio, staigiai gilėja iki 75 cm, sekėja šeinant, iki 90 cm pločio, gylis - 25 cm; Būklė - patenkinama, apgriuvę kraštai, nuardyta žvėrelių; Buvęs žeminiis bunkeris. Iš reljefo modelio nebuvo nustatyta. Dydis - 2.10 x 2 m, gylis - 40 cm.	-	28/10/2023 10:30:37 (FLE Summer Time)
27	23		istorinės vertės neturi	Ne	Iš reljefo modelio nebuvo nustatyta. Dydis - 2.10 x 2 m, gylis - 40 cm.		28/10/2023 10:53:29 (FLE Summer Time)

fid	Obj. Nr.	Nuotrauka	Rušis	Jamžinimas	Aprašymas	Vaizdas reļjefo modelyje	Data ir laikas
28	24		istorinēs vertēs neturi	Ne	Aplinka - mišrus miškas, kalvelē, netoli miško kelio; Dydis - 1.90 x 2.20 m, gylis - 75 cm.		28/10/2023 11:01:06 (FLE Summer Time)
29	25		turi pozīmju	Ne	Aplinka: mišrus miškas, aukštuma, prie pat miško kelio (stāmenai keliui); Duobē paļga Š-P kryptimi (360 laipsnū); Dydis - 3.20 x 2.30 m, gylis - 75 cm; Būklē - gera, šiek tiek apgruvusios sienelēs.		28/10/2023 11:16:11 (FLE Summer Time)
30	26		tīktras	Jamžinta ekspedīcijas metu	Aplinka: mišrus, tamsus miškas, smēlio aukštuma; Duobē paļga Š - P kryptimi (10 laipsnū); Dydis - 4.10 x 3.40 m, gylis - 1.35 m, dugnas plokščias; Vakarīnē krastīnē prie PV kampo yra ne visai tīksliai vakaru kryptimi iejamantis griovyis - iėjimas - 2.40 m ilgio, plotis (gate) - 1.10 m, gylis - 90 cm. Su bunkeriū iėjimas jungiasi siauru grioviu - 60 cm pločio, 45 cm gylis; Būklē - gera, nežymiai apgruvusii rytinē sienelē. Bunkertis jamžintas ekspedīcijas metu - ant bunkertio viduryje augančio medžio kamieno užrīstas Trīspalvās kaspīnas.		28/10/2023 11:45:21 (FLE Summer Time)

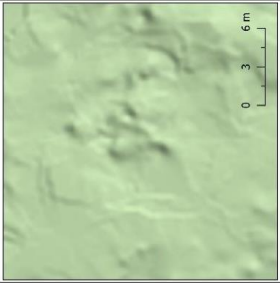
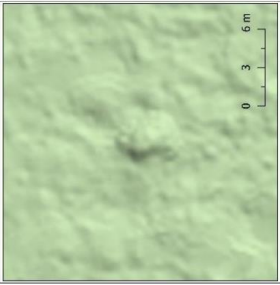
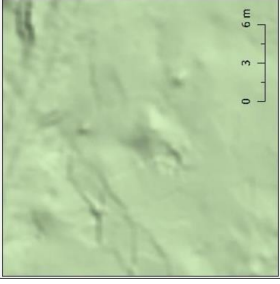
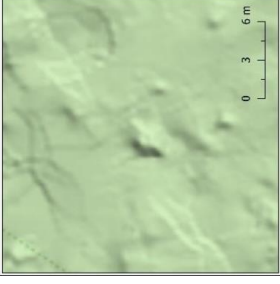
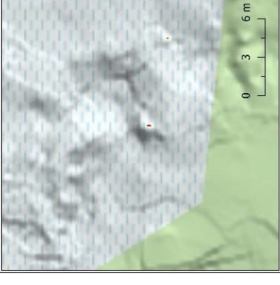
fid	Obj. Nr.	Nuotrauka	Rušis	Įamžinimas	Aprašymas	Vaizdas reljefo modelyje	Data ir laikas
31	27		istorinės vertės neturi	Ne	Dydis - 3 x 0.60 m, gylis - 70 cm.		28/10/2023 12:21:26 (FLE Summer Time)
32	28		istorinės vertės neturi	Ne	Dydis - 2.10 x 2.50, gylis - 40 cm, netaisykingos formos.		28/10/2023 12:33:39 (FLE Summer Time)

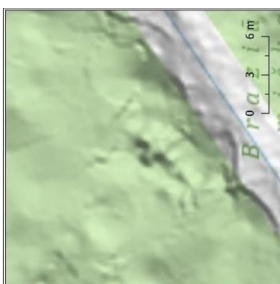
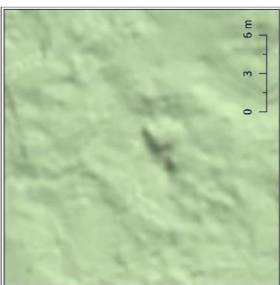
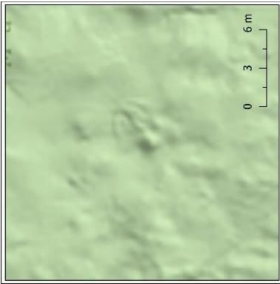
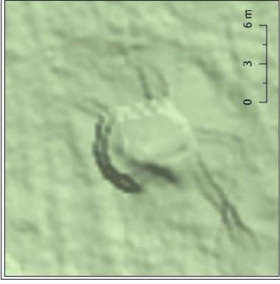
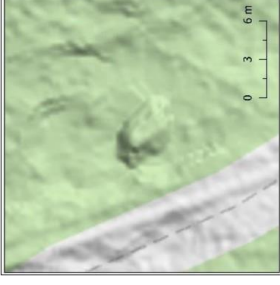
fid	Obj. Nr.	Nuotrauka	Rušis	Įamžinimas	Aprašymas	Vaizdas reljefo modelyje	Data ir laikas
34	29		istorinės vertės neturi	Ne	Dydis - 1.90 x 2 m, gylis - 30 cm.		28/10/2023 13:31:52 (FLE Summer Time)
39	31		turi požymių	Ne	Aplinka: žema, lygi vieta; Dydis - 2.40 x 2.40 m, gylis - 80 cm; Iš rytų pusės nemažas pylimas puslankiu į juosia duobę - iki 50 cm aukščio ir 2.40 m pločio.		28/10/2023 15:58:46 (FLE Summer Time)
40	32		istorinės vertės neturi	Ne	Dydis - 10.60 x 2.90 m plotis, gylis - 85 cm, dugnas piltuvo formos; Iš visu pusių pylimai.		28/10/2023 16:20:26 (FLE Summer Time)

fid	Obj. Nr.	Nuotrauka	Rušis	Įamžinimas	Aprašymas	Vaizdas reljefo modelyje	Data ir laikas
41	33		istorinės vertės neturi	Ne	Dydis - 9 x 5,90 m, gylis - 90 cm, plokščias dugnas (sutampa su kvartalines pločiu, yra jos dalis).		28/10/2023 16:33:58 (FLE Summer Time)
42	34		turi požymių	Ne	Aplinka: mišrus miškas, lygi vieta, šalia miško kelio; Dydis - 2,80 x 2,80 m, gylis - 85 cm, plokščias dugnas.		28/10/2023 16:37:06 (FLE Summer Time)
43	35		turi požymių	Ne	Aplinka: mišrus miškas, nedidelė loma; Dydis - 3,70 x 3,90 m, gylis - 90 cm, kvadratinės formos; Būklė - gera, šiauriniame kampe žvėrelio urvas.		28/10/2023 16:47:18 (FLE Summer Time)

fid	Obj. Nr.	Nuotrauka	Rušis	Įamžinimas	Aprašymas	Vaizdas reljefo modelyje	Data ir laikas
44	36		istorinės vertės neturi	Ne	Dydis - 2.0 x 2.0 m, netaisyklingos formos.		28/10/2023 16:58:34 (FLE Summer Time)
45	37		tikras	Įamžinta ekspedicijos metu	Aplinka - pušynas, lygi vieta, dirvožemis - smėlis; Dydis - 2,50 x 2,50 m, gylis - 1,20 m; Išėjimas iš ŠR krašto, ŠR kryptimi: ilgis - 3,30 m, ties 1,30 m pasisuka į rytus, plotis - 1,65 m ties bunkeriu, ties įėjimu 1,10 m, apgriuvusios sienelės, gylis - 60 cm (gale) - 95 cm (ties bunkeriu); Būklė - gera.		28/10/2023 17:28:11 (FLE Summer Time)
46	30		istorinės vertės neturi	Ne	Aplinka: eglynas, lygi vieta, į pietus nuo kelių kryžkelės, statmenas kelio kraštui; Duobė paūlga R-V kryptimi (105 laipsniai); Dydis - 6,20 x 4,20 m, gylis - 80 cm, dugnas plokščias; Būklė - labai gera.		28/10/2023 15:39:14 (FLE Summer Time)

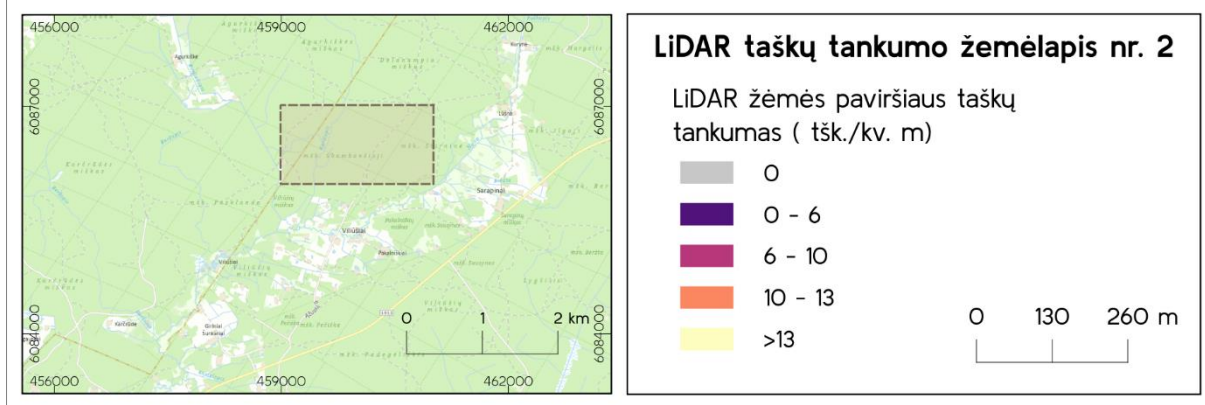
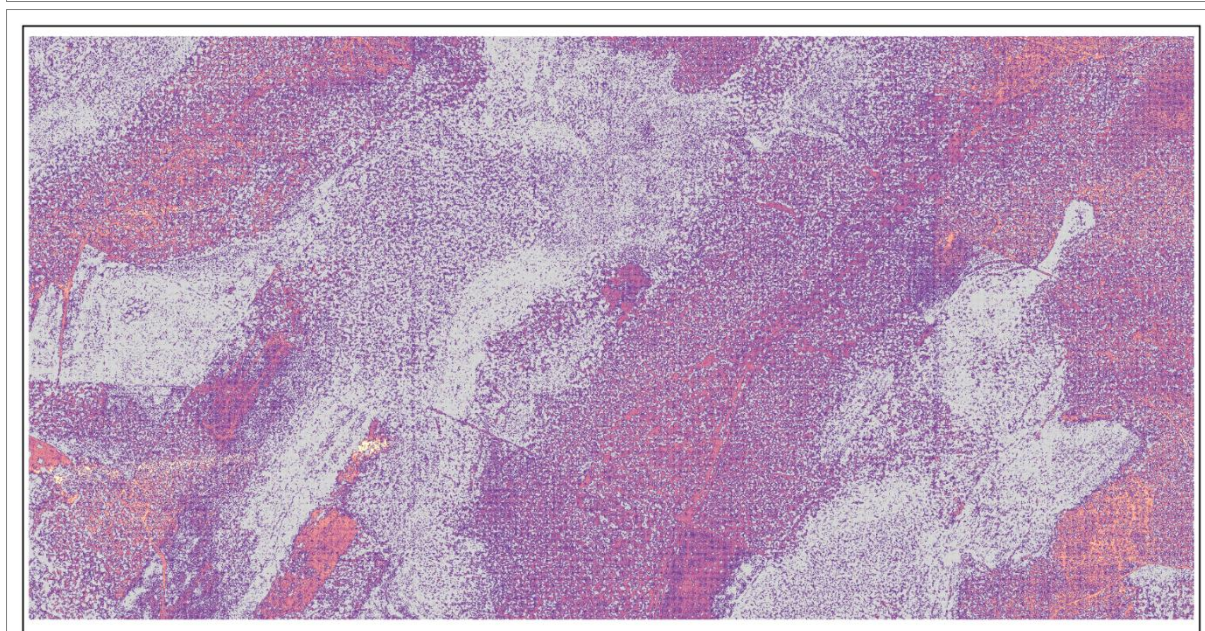
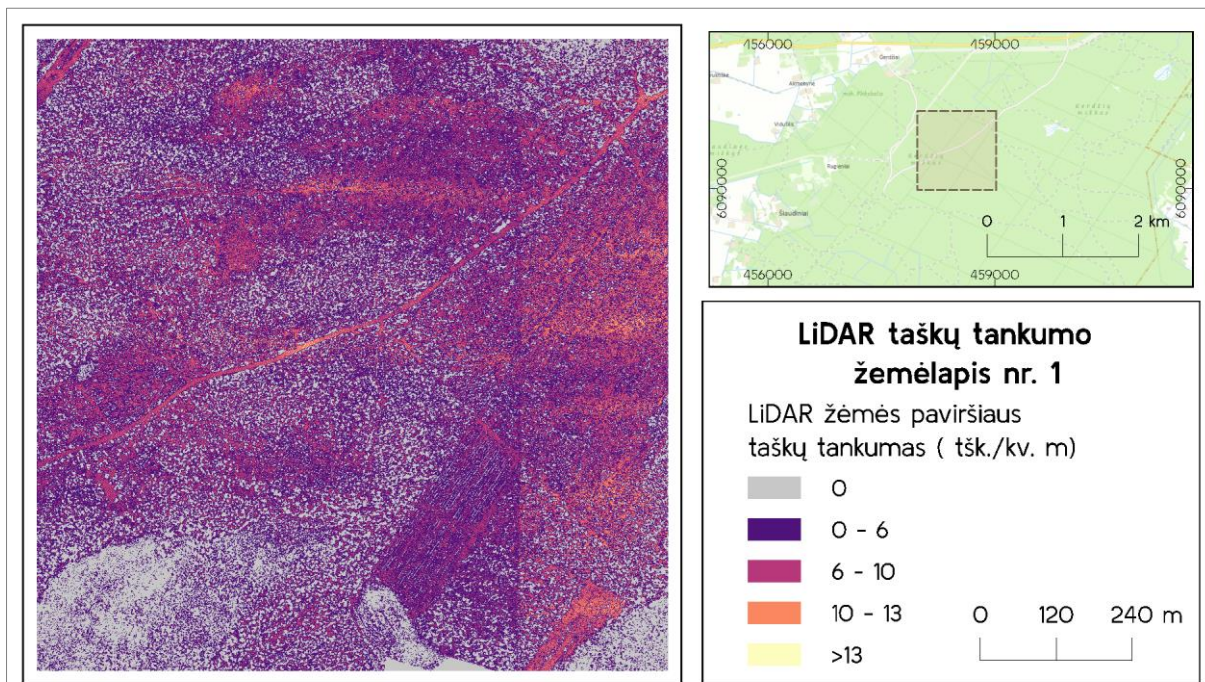
**EKSPEDICIJOS DUOMENYS – Ekspedicijos metu patikrintos vietos, kuriose objektai nebuvo rasti**

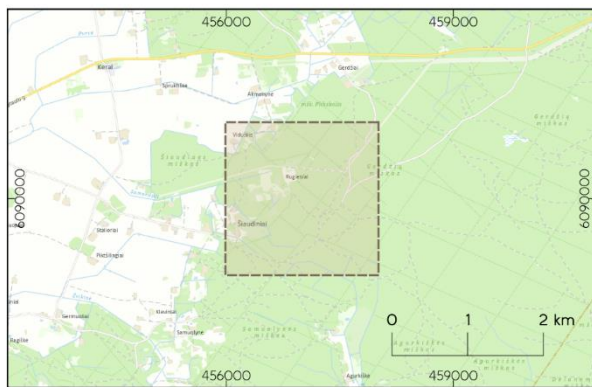
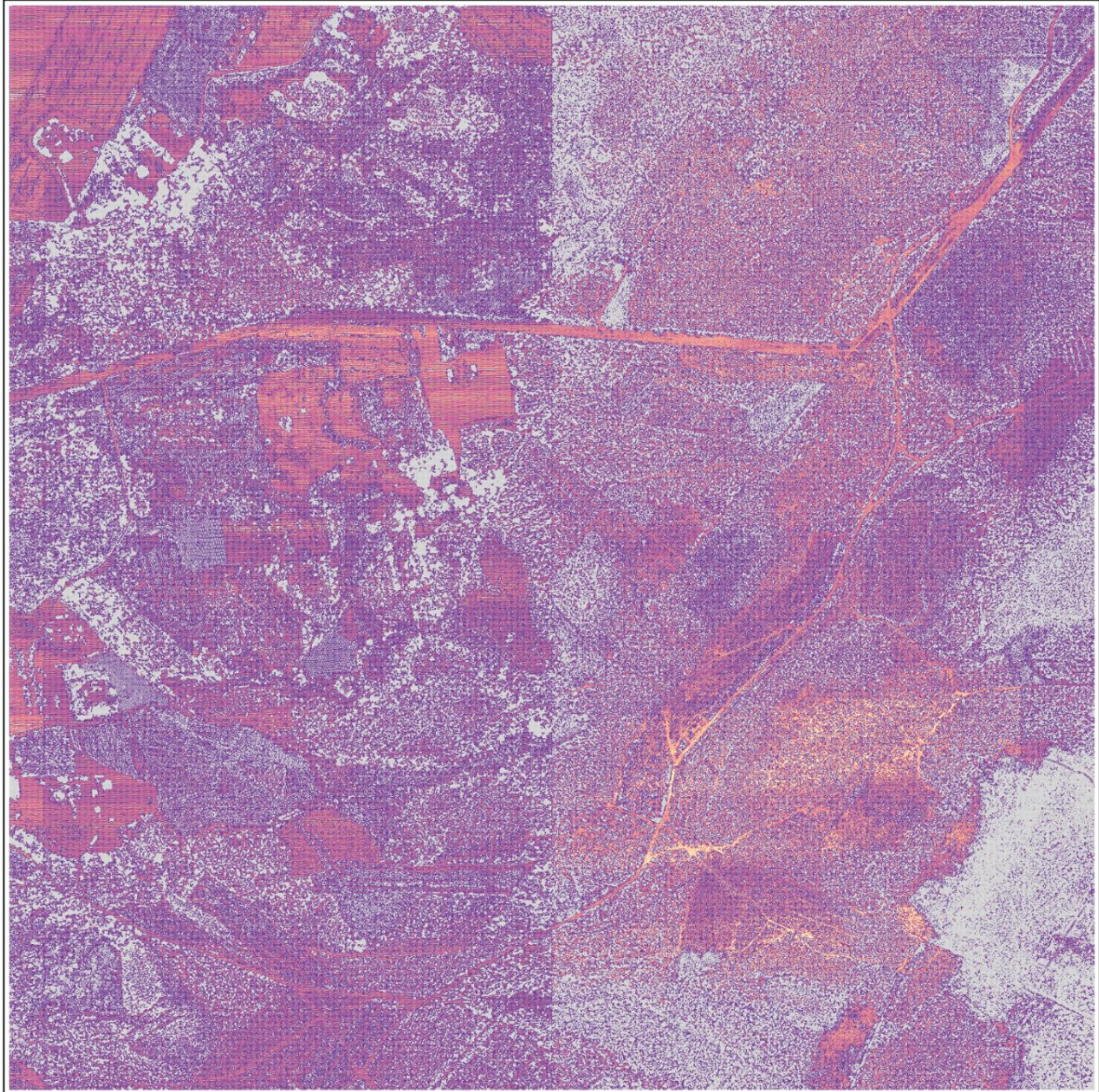
<b>fid</b>	<b>22</b>	<b>33</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>37</b>
<b>Komentaras</b>	Teritorija apžiūrėta, objektas nerastas	Teritorija apžiūrėta, objektas nerastas, kirtavietė	Teritorija apžiūrėta, objektas nerastas, papartynas	Teritorija apžiūrėta, objektas nerastas, kirtavietė, šlapia vietovė	Teritorija apžiūrėta, objektas nerastas, pelkėta vietovė
<b>Vaizdas reljefo modelyje</b>					
<b>Data</b>	2023-10-28	2023-10-28	2023-10-28	2023-10-28	2023-10-28

<b>fid</b>	<b>38</b>	<b>47</b>	<b>48</b>	<b>49</b>	<b>50</b>
<b>Komentaras</b>	Teritorija apžiūrėta, objektas nerastas, pelkėta vietovė	Teritorija apžiūrėta, objektas nerastas	Teritorija apžiūrėta, objektas nerastas	Nerastas objektas - GPS ryšio problemos	Teritorija patikrinta, objektas nerastas
<b>Vaizdas reljefo modelyje</b>					
<b>Data</b>	2023-10-28	2023-07-26	2023-10-28	2023-07-26	2023-10-28



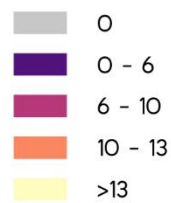
# LIDAR ŽEMĖS PAVIRŠIAUS TAŠKŲ TANKUMO ŽEMĖLAPIAI

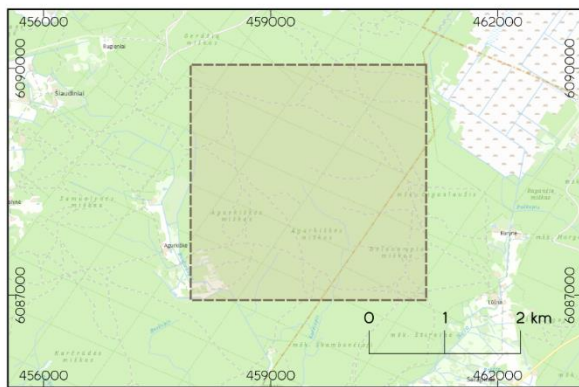
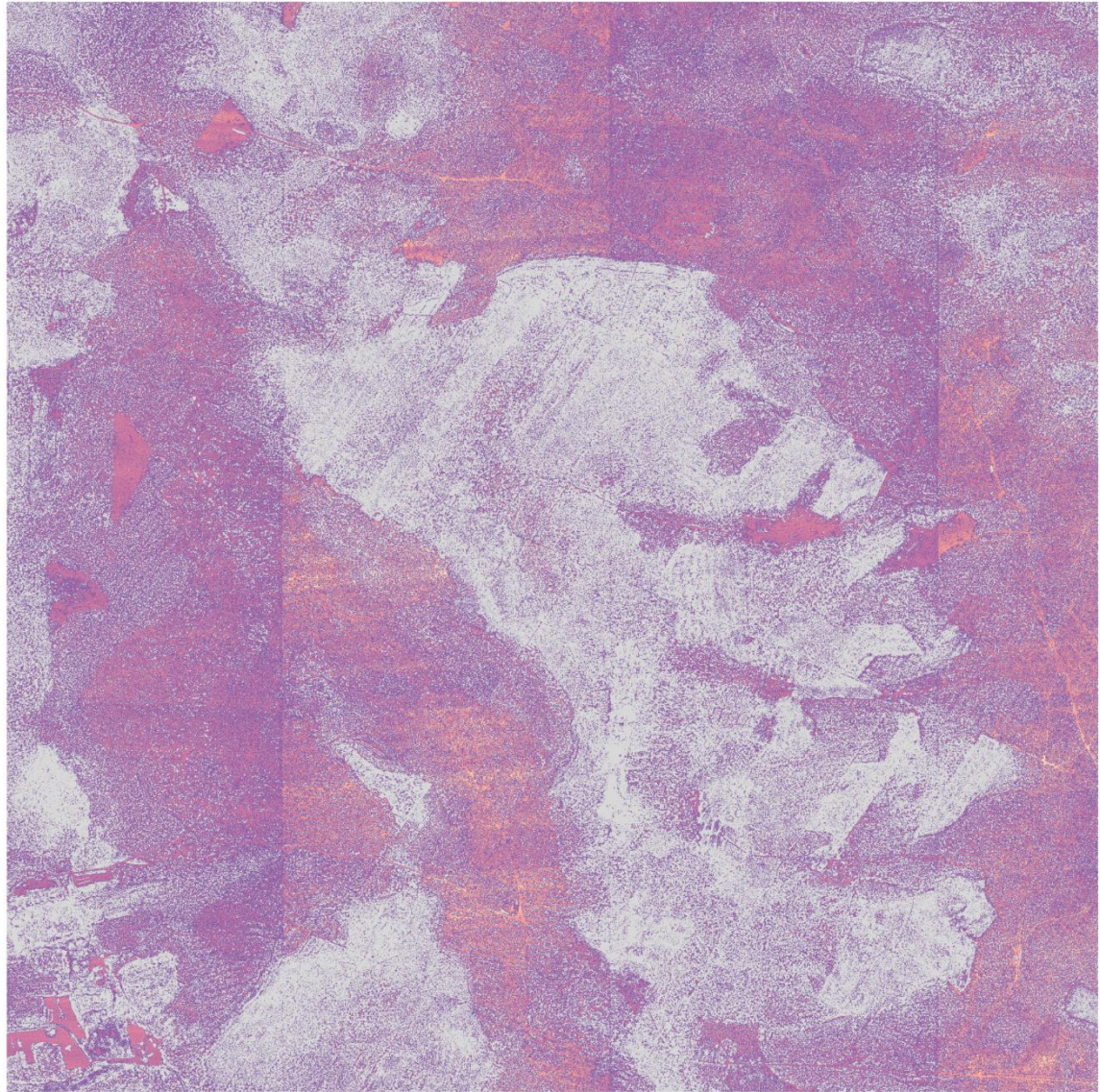




### LiDAR taškų tankumo žemėlapis nr. 3

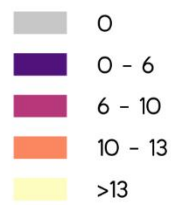
LiDAR žemės paviršiaus taškų tankumas ( tšk./kv. m)

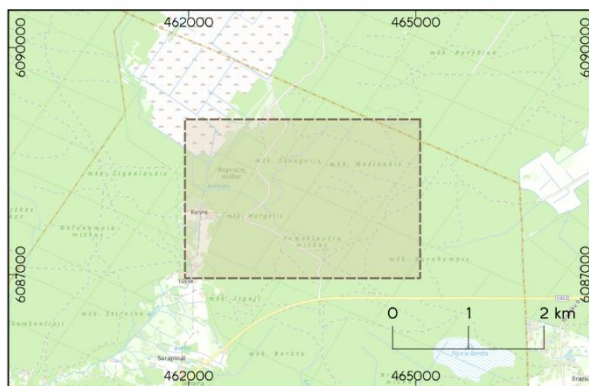
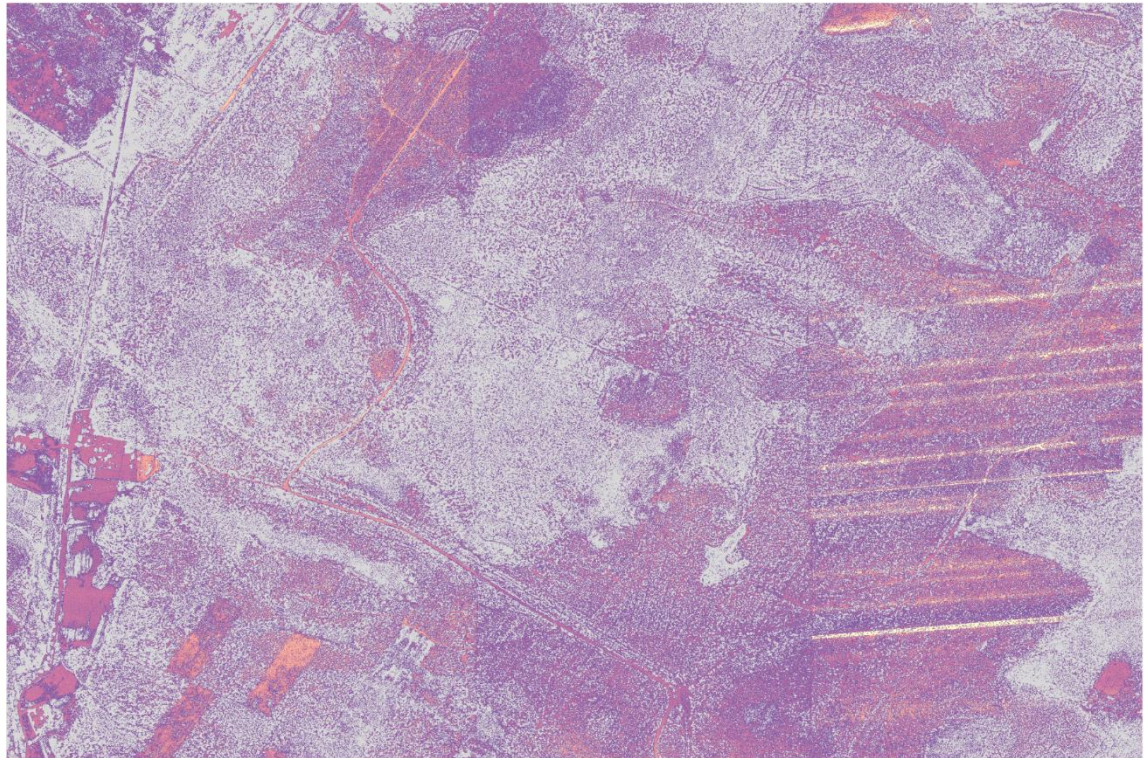




#### LiDAR taškų tankumo žemėlapis nr. 4

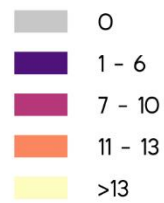
LiDAR žemės paviršiaus taškų tankumas ( tšk./kv. m)

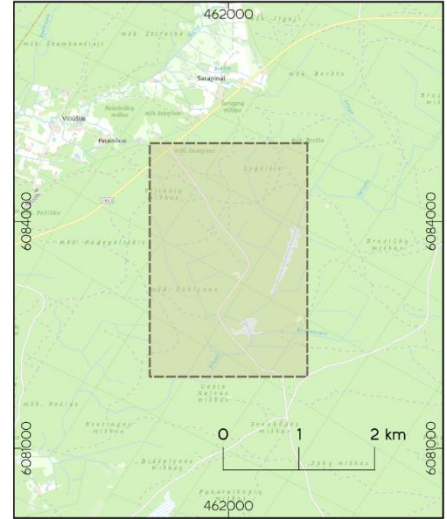
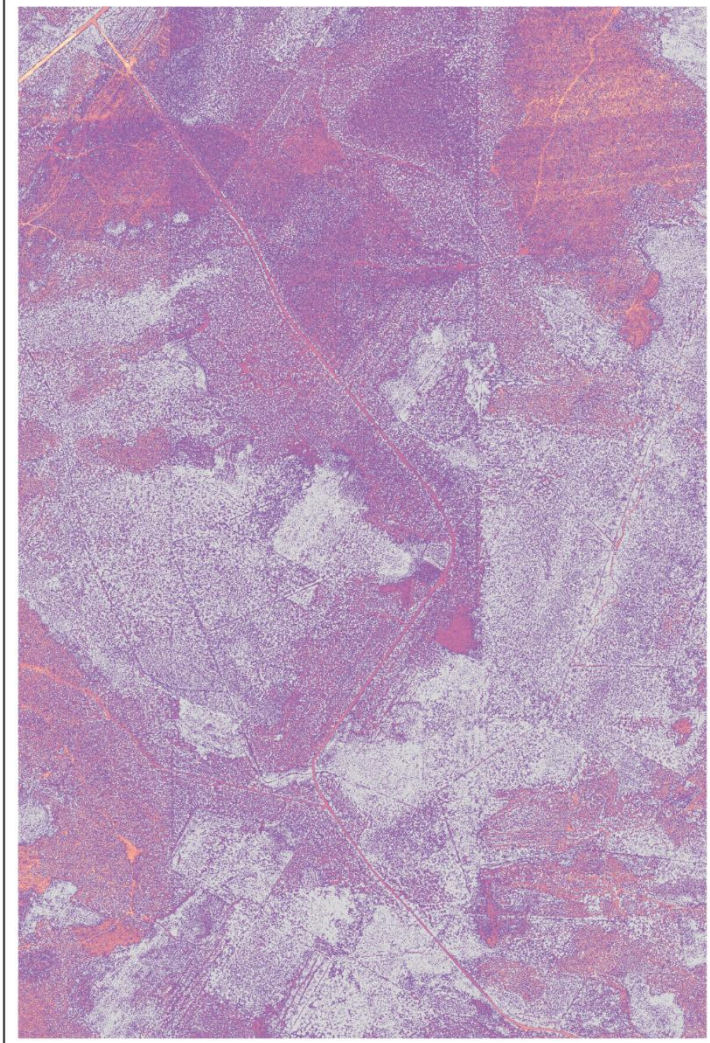




### Reljefo modelis nr. 5

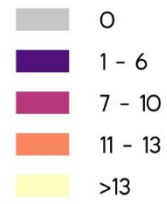
LiDAR žemės paviršiaus taškų tankumas ( tšk./kv. m)





### LiDAR taškų tankumo žemėlapis nr. 6

LiDAR žemės paviršiaus taškų  
tankumas ( tšk./kv. m)



## BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO VERTINIMO LAPAS

Darbo autorius: .....  
(vardas, pavardė) .....  
(parašas)

Mokslinis darbo vadovas: .....  
(mokslinis laipsnis, mokslinis vardas, vardas, pavardė) .....  
(parašas)

Recenzentas: .....  
(mokslinis laipsnis, mokslinis vardas, vardas, pavardė) .....  
(parašas)

Kartografijos ir geoinformatikos katedros vadovas: .....  
(mokslinis laipsnis, mokslinis vardas, vardas, pavardė) .....  
(parašas)

Darbo gynimo data: .....

Darbo įvertinimas: .....  
(balas skaičiumi, balas raštu)

Baigiamųjų darbų gynimo komisijos pirmininkas: .....  
(mokslinis laipsnis, mokslinis vardas, vardas, pavardė) .....  
(parašas)

Baigiamųjų darbų gynimo komisijos sekretorius: .....  
(vardas, pavardė) .....  
(parašas)