

LAZERINIO ŽEMĖS PAVIRŠIAUS SKENAVIMO LIDAR_DR_LT DUOMENŲ RINKINIO NAUDOJIMO PERSPEKTYVOS VALSTYBĖS ĮMONĖJE VALSTYBINIŲ MIŠKŲ URĖDIJOJE IR TAI LEMIANTYS ASPEKTAI

Karolis KIMBIRAUSKAS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Miškų ir ekologijos fakultetas,
el. paštas: karolis.kimbirauskas@vdu.lt

Santrauka

Nuotoliniai tyrimai vis dažniau naudojami miškininkystėje gaunant įvairius parametrus, VĮ Valstybinė miškų urėdija vykdo nuotoliniais metodais remtą medynų tūrio apskaičiavimą naudojant specifinius medynų matavimus, Nacionalinės žemės tarnybos prie žemės ūkio ministerijos teikiamą lazerinio žemės paviršiaus skenavimo rinkinį „Lidar_DR_LT – skaitmeniniai erdviniai lazerinio skenavimo taškų duomenys (2019–2022 m.)“ ir „Random Forest“ algoritmą. Šio tyrimo tikslas – įvertinti minėto duomenų rinkinio naudojimo miško sklypų inventorizacijose potencialą ir tai lemiančius aspektus, lyginant ir analizuojant nuotoliniu metodu gautus parametrus su 2023–2024 m. vykdytos sklypinės miškų inventorizacijos duomenimis.

Tyrimo rezultatai rodo, kad gaunamų rodiklių tikslumui ir naudojimui stiprią įtaką gali turėti medynų parametrai, tokie kaip: medynų amžius, vyraujanti medžių rūšis, skalsumas ir ardiškumas. Šis medynų parametų apskaičiavimo metodas gali būti potencialus įrankis tačiau turi būti plačiau įvertinta, kokiems tikslams jis gali būti panaudotas ar tai būtų tradicinės miškų inventorizacijos duomenų papildymas ar net dalinis jos pakeitimas. Šis duomenų rinkinys ir pastovus jo atnaujinimas gali leisti pastoviai ir nepertraukiamai atnaujinti medynų parametrus plačiu mastu.

Reikšminiai žodžiai: miškų inventorizacija, lazerinis žemės paviršiaus skenavimas, medynų tūris, Random Forest, nuotoliniai tyrimai.

Įvadas

Naujos ir inovatyvios technologijos nuolat skverbiasi į kasdienes darbus ir miškininkystę nėra išimtis. Miškai yra svarbus resursas, o norint kokybiškai ir tvariai juos naudoti reikalinga kuo tikslesnė informacija apie juos. Tradicinė miškų inventorizacija sugeba užtikrinti duomenų atnaujinimą tik periodiškai, tai šių laikų technologiniais standartais yra ganėtinai per lėtai. Nuotoliniais metodais gaunamų medynų parametų naudojant orlaivių ir palydovų pagalbą jau yra svarstoma nuo seno (Mozgeris, 2008). Naujai pritaikomos technologijos, kaip lazerinis žemės paviršiaus skenavimas, nuotoliniais metodais leidžia išgauti tikslesnius medynų parametrus, kaip medžių aukštis, lajos projekcija, medynų tūris ir panašiai (Wulder, Michael, 2012). Visos šios technologijos leidžia vykdyti ir bandyti gauti medynų parametrus nuotoliniais metodais. VĮ Valstybinių miškų urėdija (VMU) yra didžiausia miškus valdanti įmonė, vykdanči sklypinę miškų inventorizaciją, kurios metu yra surenkami didžiuliai kiekliai duomenų. Ši įmonė taip pat bando vykdyti inovatyvias technologijas ir papildyti tradiciniu būdu gaunamus medynų parametrus įtraukiant nuotolinius metodus, naudojant Nacionalinės žemės tarnybos prie žemės ūkio ministerijos pateikiamą žemės paviršiaus lazerinio skenavimo duomenų rinkinį – „Lidar_DR_LT – skaitmeniniai erdviniai lazerinio skenavimo taškų duomenys (2019–2022 m.)“ („Lidar_DR_LT“). Tačiau kaip ir kiekviena nauja technologija jos naudojimą gali nulemti įvairūs aspektai – šiuo atveju įvairūs medynų parametrai gali daryti įtaką gaunamiems rodiklių tikslumui ir korektiškam naudojimui.

Tyrimo tikslas – įvertinti „Lidar_DR_LT“ duomenų rinkinio naudojimo miško sklypų inventorizacijose potencialą.

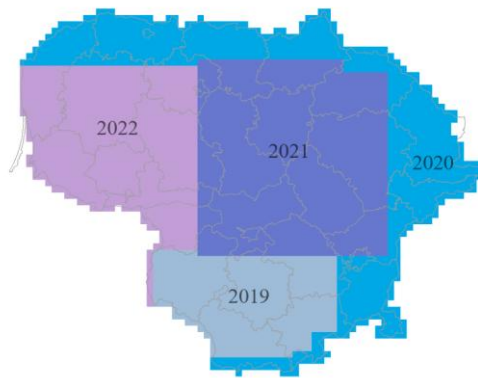
Iškeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Išnagrinėti VMU sklypinės miškų inventorizacijos metu naudotus duomenis, gautus iš „Lidar_DR_LT“ duomenų rinkinio, miško sklypų tūriams, aukščiams ir riboms tikslinti.
2. Nustatyti skirtumus tarp įprastiniu būdu atliekamos sklypinės miškų inventorizacijos ir inventorizacijos naudojant „Lidar_DR_LT“ duomenų rinkinį gaunamų medynų tūrių regioninio padalinio lygmeniu.

Tyrimų objektas ir metodai

Tyrimui atlikti buvo analizuojami VMU Prienų ir Kazlų Rūdos regioniniuose padaliniuose atliktos 2023–2024 m. sklypinės miškų inventorizacijos duomenys valstybinės reikšmės miškuose ir gautų rodiklių iš duomenų rinkinio „Lidar_DR_LT“, kurį pateikia Nacionalinės žemės tarnyba prie Žemės ūkio ministerijos. Šį duomenų rinkinį sudaro Lietuvos Respublikos teritorijos skaitmeniniai lazerinio skenavimo duomenys, rinkti 2019–2022 m. (žr. 1 pav.).

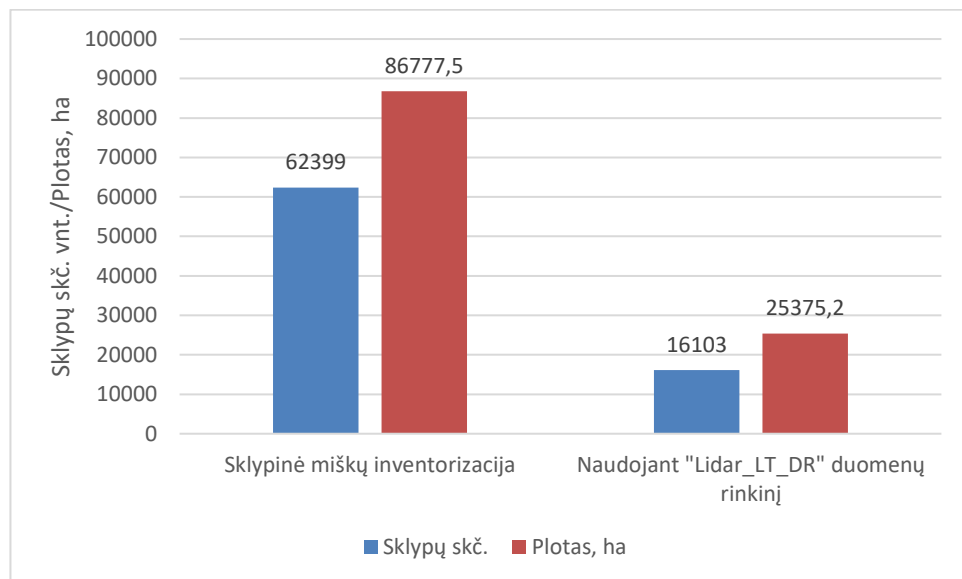
„Lidar_DR_LT“ duomenų rinkinyje esantys skaitmeniniai erdviniai žemės paviršiaus lazerinio skenavimo taškų duomenys VMU naudojami įvairiai. Pirminiu lygmeniu šie duomenys yra naudojami vykdanč sklypinę miškų inventorizaciją kaip pagalbiniai įrankiai, t. y. naudojami du skaitmeniniai modeliai: DTM – skaitmeninis reljefo modelis (angl. Digital Terrain Model) ir CHM – skaitmeninis augalijos aukščio modelis (angl. Canopy Height Model). Šie modeliai naudojami kaip pagalbiniai įrankiai, leidžiantys geriau įvertinti miško sklypų ribas, nustatant medynų aukščius ir lengviau identifikuojant linijinius objektus, kaip keliai, grioviai ir panašiai.



1 pav. Lietuvos teritorijos skenavimo planas pagal metus. Sudaryta autoriaus
Fig. 1. Scanning plan of Lithuania by years. Source: Author

Nacionalinės žemės tarnybos prie Žemės ūkio ministerijos teikiamą „Lidar_DR_LT“ duomenų rinkinį naudojant kartu su VMU, vykdomos specifinės medynų inventorizacijos atrankos metodu gaunamais duomenimis, kurie buvo gauti pamatuojant 474 apskritimo formos 500 m² dydžio barelius, kurių metu yra nustatoma kiekvieno medžio rūšis, ardas, būklė, skersmuo 1,3 m aukštyje, atstumas nuo barelio centro, azimutas ir viršūnės posvyris bei „Random Forest“ mašininio mokymosi algoritmas, nuotoliniais metodais yra gebama apskaičiuoti medynų tūrius atskiro sklypo lygmeniu. Tūrius apskaičiavo VMU darbuotoja ir VDU ŽŪA doktorantė Monika Papartė. Būtent šie duomenys yra lyginami su gaunamais rodikliais sklypinės miškų inventorizacijos metu.

Šiuo nuotoliniu metodu VMU Prienų ir Kazlų Rūdos valdomuose valstybinės reikšmės miškuose sklypo lygmeniu buvo nustatytas tūris 16103 miško sklypuose, kurie sudarė 25375,2 ha ploto, kai tuo tarpu 2023–2024 m. sklypinės miškų inventorizacijos metu buvo inventorizuoti 62399 miško sklypai, kurie sudarė 86777,5 ha ploto (žr. 2 pav.). Minėtuose VMU padaliniuose greta vykdytos sklypinės miškų inventorizacijos, nuotoliniu metodu medynų tūriai buvo nustatyti 29,2 proc. inventorizuoto ploto, kuriuos galima naudoti tyrime.



2 pav. Inventorizuoto ploto, ha ir sklypų skaičiaus palyginimas
Fig. 2. Inventoried forest area comparison by hectares and forest plots

Medynai, kuriuose buvo apskaičiuotas tūris nuotoliniais metodais atrenkami pagal rūšinę sudėtį, amžių ir bonitetą, kurie yra aktualiausi ūkiniu bei ekonominiu požiūriu. Skaičiavimai atlikti medynuose, kuriuose vyraujanti medžių rūšis yra pušis, eglė, juodalksnis arba beržas, kurių amžiaus klasė penkta arba didesnė (išskyrus pušynuose – amžiaus klasė aštunta arba didesnė), bonitetas ne žemesnis nei keturi ir kurie nėra genetinių draustinių ar pirmos miškų grupės rezervatinių miškų teritorijose.

Tyrimo metodika remiasi dviem atskirais būdais gaunamų medynų tūrių analizavimu ir lyginimu, t. y. sklypinės miškų inventorizacijos metu nustatyto tūrio ir nuotoliniu metodu nustatyto tūrio naudojant „Lidar_DR_LT“ duomenų rinkinį. Lyginimas atliekamas skaičiuojant tūrių vidurkius, jų skirtumus ir vidutinius kvadratinis nuokrypį (angl.

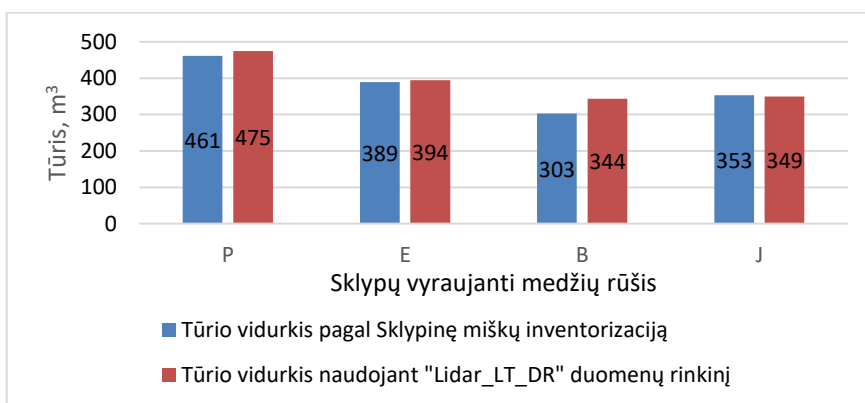
RMSD – Root mean square deviation), kuri skaičiuojama pagal formulę: $RMSD = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - y_i)^2}$. Šiais skaičiavimais siekiama išsiaiškinti nuotoliniu metodu gaunamų rodiklių tikslumą ir jį lemiančius medynų parametrų

kriterijus, t. y. suprasti, ar tam tikri medynų rodikliai turi tendenciją didesniems nuokrypiams. Analizei atlikti buvo naudojamos dvi programinės įrangos: „ArcGIS Pro“ ir „Microsoft Excel“.

Kadangi lyginamieji rodikliai yra surinkti skirtingu metu, t. y. lazerinis žemės paviršiaus skenavimas vykdytas 2019–2022 m., o sklypinė miškų inventorizacija 2023–2024 m., siekiant išvengti nekorektiškų skirtumų, analizė atlikta neįtraukiant miško sklypų, kuriuose per šį laiko tarpą yra vykdyta žinoma kompleksinė miško ūkio veikla.

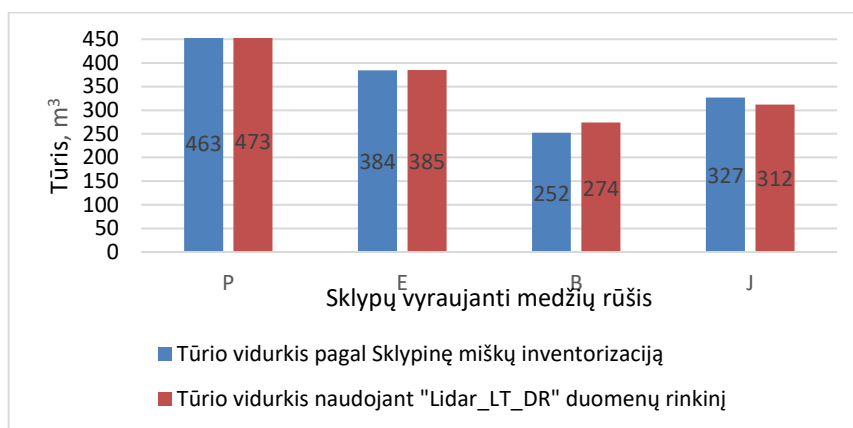
Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

VMU Prienų ir Kazlų Rūdos regioniniuose padaliniuose buvo įvertintas ir palygintas keturių vyraujančių medžių rūšių gaunamas tūrio vidurkis pagal sklypinę miškų inventorizaciją ir nuotoliniu metodu naudojant „Lidar_DR_LT“ duomenų rinkinį, išskiriant brandžius medynus (žr. 3 pav.) ir nepasiekusius brandos (žr. 4 pav.).



3 pav. Brandžių medynų tūrio vidurkio palyginimas atskiromis medžių rūšimis

Fig. 3. Mature forest stands average volume comparison by tree species



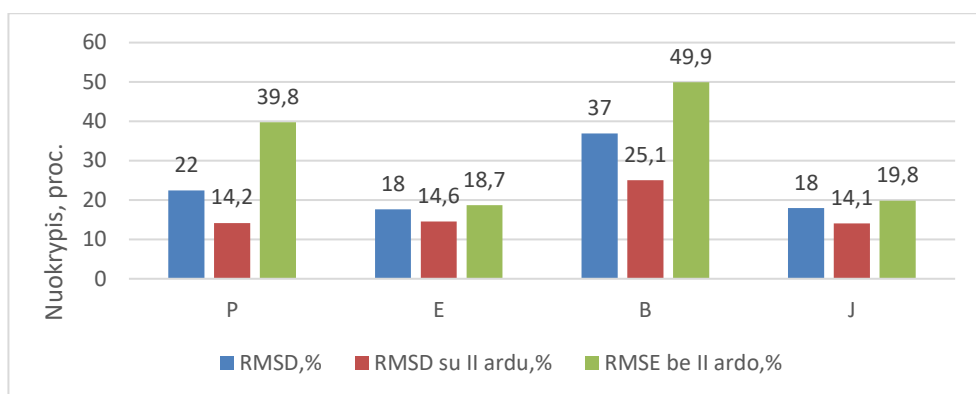
4 pav. Nepasiekusių brandos medynų tūrio vidurkio palyginimas atskiromis medžių rūšimis

Fig. 4. Non mature forest stands average volume comparison by tree species

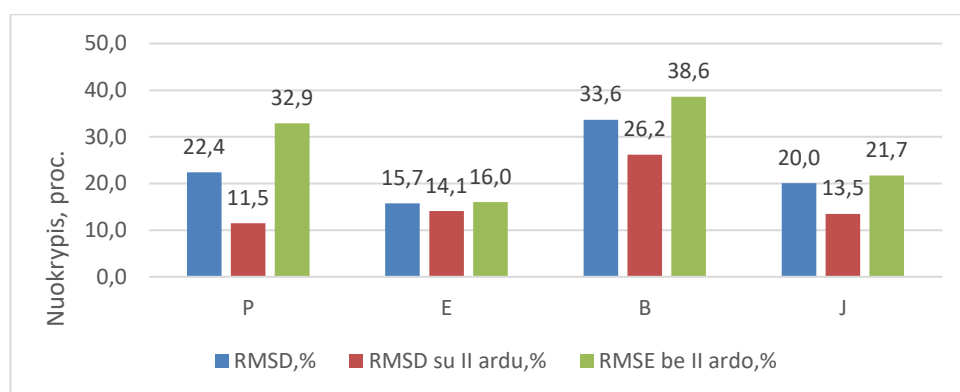
Medynų tūrių vidurkiai pagal skirtingas vyraujančias medžių rūšis parodo, kad didžiausi skirtumai pagal rūšį pastebimi brandžiuose ir nebrandžiuose beržo medynuose, kuriuose tūrio vidurkio skirtumas atitinkamai siekia 41 m³ ir 22 m³. Tuo tarpu mažiausias tūrių vidurkių skirtumas pastebimas eglynuose: brandžiuose – 5 m³, nebrandžiuose – 1 m³.

Analizuojant tūrio vidurkius, neišskiriant tam tikrų sąlygų negalima įvertinti nuokrypių, todėl analizėje yra paskaičiuojami vidutiniai kvadratiniai nuokrypiai ir išreiškiami procentais, tiek brandiems (žr. 5 pav.), tiek nebrandiems (žr. 6 pav.) medynams. Šiose grafose taip pat yra išreiškiami medynai su ir be antrojo ardo, tai leidžia įvertinti antrojo ardo medyne buvimo įtaką gaunamiems rezultatams.

Brandžių ir nebrandžių medynų vidutinio kvadratinio nuokrypio pagal vyraujančias medžių rūšis ir ardiškumą diagramose pateikiamuose duomenyse matyti, kad pušynuose, beržynuose ir juodalksnynuose vidutiniai kvadratiniai nuokrypiai yra žymiai didesni medynuose be antrojo ardo nei lyginant medynus su antruoju ardu, tiek brandžiuose, tiek nepasiekusiuose brandos medynuose. Didžiausias vidutinių kvadratinų nuokrypių skirtumas tarp medynų su antruoju ardu ir be jo yra pastebimas pušynuose: brandžiuose šių reikšmių skirtumas 25,6 procentiniai punktai, nebrandžiuose šis skirtumas yra 21,4 procentiniai punktai. Tikėtina, kad skirtingos medžių rūšys ir ardiškumas turi įtakos gaunamiems medynų tūriams iš „Lidar_LT_DR“ duomenų rinkinio, kadangi skirtingos medžių rūšys miško sklype išsidėsto ir lajomis persidengia nevienodai, ypatingai sklypuose su antruoju ardu, apsunkina medžių identifikavimą iš lazerinio skenavimo duomenų.

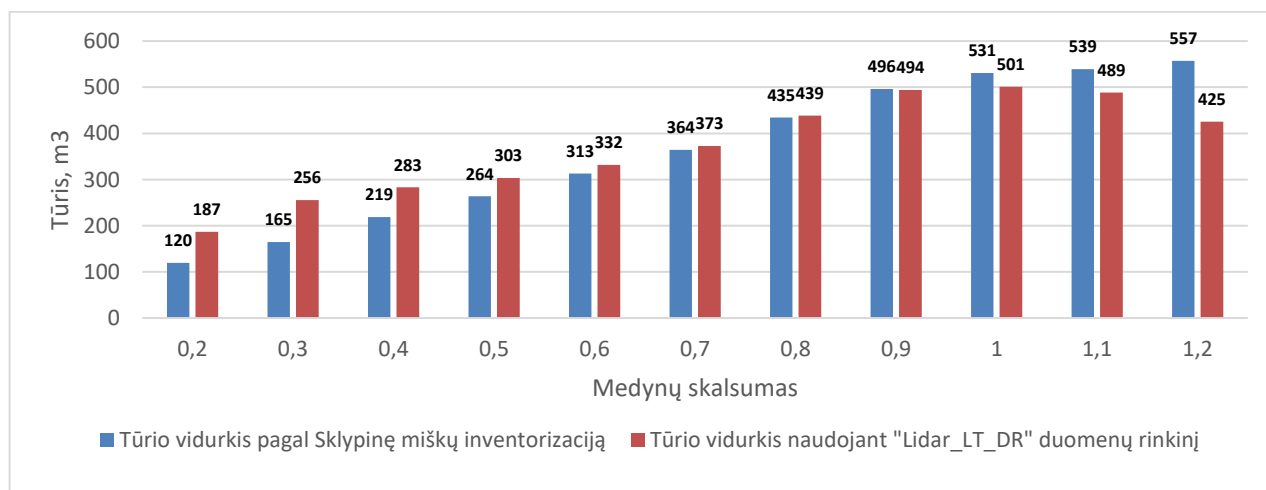


5 pav. Brandžių medynų vidutinis kvadratinis nuokrypis atskiromis rūšimis ir ardiškumu
Fig. 5. Mature forest stands root mean square deviation by tree species and stand stories

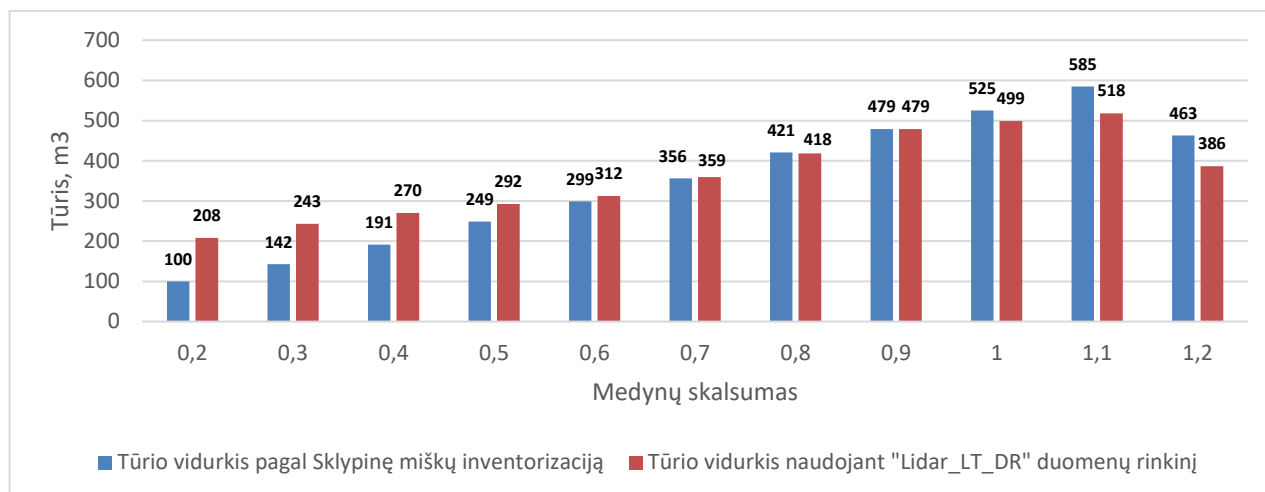


6 pav. Nepasiekusių brandos medynų vidutinis kvadratinis nuokrypis atskiromis rūšimis ir ardiškumu
Fig. 6. Non mature tree stands root mean square deviation by tree species and stand stories

Vienas iš analizuojamų medynų rodiklių, kuris gali turėti įtakos gaunamiems rezultatams, yra medyno skalsumas. Tūrių vidurkis skirtingo skalsumo medynuose pateikiamas neišskiriant medyno vyraujančiomis medžių rūšimis, tačiau išskirtas pagal medyno brandumą: brandūs (žr. 7 pav.) ir nepasiekę brandos (žr. 8 pav.). Pagal šiuos duomenis galima matyti panašią tendenciją tiek brandžiuose, tiek nebrandžiuose medynuose. Mažiausią tūrio vidurkio skirtumą turi medynai, kurių skalsumas yra nuo 0,7 iki 0,9. Tuo tarpu žemesnio skalsumo medynuose (iki 0,7 sk.) tūrio vidurkis naudojant „Lidar_DR_LT“ yra didesnis nei gaunamas sklypinės miškų inventurizacijos metu, o didesnio skalsumo medynuose (daugiau nei 0,9 sk.) matoma priešinga tendencija – sklypinės miškų inventurizacijos būdu medynų tūrio vidurkis yra pastebimai didesnis nei nuotoliniu metodu gaunamo tūrio vidurkio. Tai rodo, kad įvairaus skalsumo medynai turi įtakos gaunamiems medynų tūriams. Galimos priežastys dėl atsirandančio didesnio tūrio vidurkio skirtumo skalesniuose medynuose yra didelis medžių skaičius, kurie tampa sunkiai identifikuojami dėl tankaus išsidėstymo ir medžių lajų persidengimo, tai gali lemti mažesnį gaunamą tūrį, tuo tarpu mažo skalsumo medynuose tūrio skirtumai gali atsirasti dėl duomenų senumo, t. y. po įvykdytų kirtimų dažnai medžiai yra išvartomi vėjo, kurie į lazerinio skenavimo duomenis įtraukiami, tuo tarpu jų neapskaitymas dėl jų žuvimo, sklypinės miškų inventurizacijos metu gali sudaryti šiuos neatitikimus.



7 pav. Brandžių medynų tūrio vidurkiai pagal skalsumus
Fig. 7. Mature forest stands volume averages by forest stand density



8 pav. Nepasiekusių brandos medynų tūrio vidurkiai pagal skalsumus

Fig. 8. Non mature forest stands volume averages by forest stand density.

Išvados

1. Medynų tūrio vidurkiai tarp sklypinės miškų inventorizacijos duomenų ir duomenų, gautų naudojant „Lidar_DR_LT“ duomenų rinkinį, nėra ženkliai skirtingi – vidutinis tūrio skirtumas pagal medynų brandumą ir vyraujančią medžių rūšį svyruoja nuo 0,1 proc. iki 13,5 proc., atitinkamai nuo 1 iki 41 m³.

2. Medyno rodikliai, kaip amžiaus grupė, ardiškumas, skalsumas ir vyraujanti rūšinė sudėtis turi reikšmingą įtaką gaunamiems medynų tūriams naudojant „Lidar_DR_LT“ duomenų rinkinį.

3. „Lidar_DR_LT“ duomenų rinkinio naudojimo galimybėms miškų inventorizacijose įtaką gali daryti medynų rodikliai, šių duomenų naudojimui ateityje reikia atlikti daugiau tyrimų.

Literatūra

1. Aharony, J., & Swary, I. (1980). Quarterly dividend and earnings announcements and stockholders' returns: An empirical analysis. *The Journal of finance*, 35(1), 1-12.
2. Mozgeris, G. (2008). Estimation and use of continuous surfaces of forest parameters: options for
3. Wulder, Michael A., et al. "Lidar sampling for large-area forest characterization: A review." *Remote sensing of environment* 121 (2012): 196-209.
4. Brandžių medynų tūrių nustatymo atskiro sklypo lygmeniu panaudojant žemės paviršiaus lazerinio skenavimo bei atrankinių instrumentinių matavimų duomenis vykdymo metodika. (2024) Valstybinių miškų urėdija, p. 20.

PROSPECTS FOR USING THE „LIDAR_DR_LT“, GROUND SURFACE LASER SCANNING SATA SET IN THE STATE FOREST ENTERPRISE AND THE FACTORS INFLUENCING IT

Abstract

Remote sensing is increasingly being used in forestry to obtain various parameters. The State Forest Enterprise (liet. VĮ Valstybinė miškų urėdija) conducts forest stand volume calculations by using remote sensing methods, utilizing specific forest stand measurements, the "Lidar_DR_LT" ground surface laser scanning dataset provided by the National Land Service under the Ministry of Agriculture, and the "Random Forest" algorithm. The aim of this study is to assess the potential and influencing factors of using the mentioned dataset in forest plot inventories by comparing and analyzing parameters obtained through remote sensing methods with the data from the 2023-2024 field-based forest inventory.

The study results indicate that the accuracy and applicability of the obtained indicators can be significantly influenced by forest stand parameters such as age, dominant tree species, density, and stratification. This method of calculating forest stand parameters could be a potential tool, however, a broader study is needed to determine whether it can be used to support traditional forest inventory or even partially replace it. This dataset and its continuous updating may allow the consistent and continuous updating of forest stand parameters on a large scale.

Keywords: forest inventory, ground surface laser scanning, forest stand volume, Random Forest, remote sensing.