

KALNINĖS PUŠIES (*PINUS MUGO*) IR PAPRASTOSIOS PUŠIES (*PINUS SYLVESTRIS*) ŽABŲ KAIP KRANTOTVARKOS PRIEMONIŲ APSKAITOS Palyginimas Kuršių Nerijs

Kornelija DAMBRAUSKIENĖ, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Miškų ir ekologijos fakultetas,
el. paštas: kornelija.dambrauskiene@vdu.lt

Santrauka

Kuršių nerija pasižymi intensyvia smėlio migracija, todėl itin svarbu užtikrinti apsauginio kopagūbrio stabilumą, panaudojant efektyvias krantotvarkos priemones. Šio tyrimo tikslas – palyginti kalninės pušies (*Pinus mugo*) ir paprastosios pušies (*Pinus sylvestris*) žabų tūrį, nustatant jų tinkamumą apsauginiam kopagūbriui stiprinti. Tyrimo metu Kuršių nerijos nacionaliniame parke buvo atlikti abiejų pušų rūšių žabų tūrio ir masės matavimai, taikant svėrimo ir ksilometravimo metodus. Gauti rezultatai parodė, kad kalninės pušies žabų tūrio masė yra didesnė nei paprastosios pušies, o tai lemia didesnį jų tankį ir mechaninį atsparumą, tai šiai rūšiai suteikia didesnį efektyvumą stiprinant kopagūbrį, ypač vakarinėje, intensyvaus vėjo paveiktoje dalyje stipriai vėjuose teritorijose, o paprastosios pušies žabai geriau tinka kopagūbrio viršaus dangoms nuo vėjo erozijos. Abi rūšys pasižymi stipria koreliacija tarp žabų skersmens ir jų tūrio bei masės, todėl šie parametrai gali būti efektyviai naudojami prognozuojant reikiamus biomasės kiekius krantotvarkos darbams atlikti. Tolimesni tyrimai turėtų būti orientuoti į tikslesnį rietuvių tūrio nustatymą ir detalų žabų kiekio apskaičiavimą vieno aro klojinui, siekiant optimizuoti krantotvarkos priemonių taikymą ir jų efektyvumą ilgalaikėje perspektyvoje.

Reikšmingi žodžiai: žabai, krantotvarka, tūris, masė, tūrio masė, ksilometravimas, svėrimas.

Įvadas

Kuršių nerija yra unikalus geologinis ir ekologinis reiškinys Baltijos jūros regione, kurio egzistavimą lemia dinamiškos smėlio pernašos ir užpustymo procesai. Dėl gamtinių jėgų ir žmogaus veiklos nerijos kraštovaizdis nuolat kinta, o ypatingai svarbus yra apsauginio kopagūbrio vaidmuo stabdant smėlio judėjimą ir saugant gyvenvietes ir infrastruktūrą nuo užpustymo (Žilinskas ir kt. 2021). Istoriniai šaltiniai rodo, kad intensyvūs vėjų pustomo smėlio procesai, ypač XVII–XVIII amžiuje, palaidojo net 14 gyvenviečių. Atsižvelgiant į šią grėsmę, buvo pradėta sisteminga kova su smėlio migracija – suformuotas apsauginis kopagūbris, kuris iki šių dienų yra viena svarbiausių priemonių, siekiant stabilizuoti nerijos kraštovaizdį ir apsaugoti regiono ekologinę pusiausvyrą (Daujotas, 1958).

Apsauginio kopagūbrio stiprinimas yra neatsiejama Kuršių nerijos apsaugos dalis, nes jis atlieka esminį vaidmenį stabdant smėlio eroziją ir užtikrinant krantų stabilumą. Tam naudojami įvairūs metodai: želdinimas, smėlio sulaikymo priemonės, tokios kaip tvorėlės ar šakų klojiniai, taip pat nuolatinė stebėseną ir atkuriamieji darbai po stiprių audrų. Klimato kaita ir dažnėjančios ekstremalios oro sąlygos didina apsauginio kopagūbrio apkrovą ir reikalauja nuolatinio jo priežiūros strategijų tobulinimo (Žilinskas ir kt., 2022).

Siekiant užtikrinti ilgalaikį Kuršių nerijos stabilumą ir apsaugą, būtina derinti tradicinius apsaugos būdus su naujausiomis praktinėmis priemonėmis ir prisitaikyti prie kintančių aplinkos sąlygų. Tik nuosekli ir atsakinga apsauginio kopagūbrio priežiūra gali užtikrinti, kad Kuršių nerija išliks vertinga gamtinė ir kultūrinė teritorija ateities kartoms. Todėl kalninės pušies (*Pinus mugo*) ir paprastosios pušies (*Pinus sylvestris* L.) žabų kaip krantotvarkos priemonių apskaitos palyginimas ir funkcionalumo įvertinimas Kuršių nerijoje tampa pirmaciliu uždaviniu išsaugojant kopagūbrį, taip sustabdant smėlio eroziją ir užtikrinant krantų stabilumą.

Tyrimo tikslas – įvertinti kalninės pušies (*Pinus mugo*) ir paprastosios pušies (*Pinus sylvestris*) žabų tūrio skirtumus taikant svėrimo ir ksilometravimo metodus bei jų tinkamumą apsauginiam kopagūbriui stiprinti.

Išskeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie uždaviniai:

1. Atlikti paprastosios ir kalninės pušies žabų dendrometrinius matavimus, jų tūrio ir masės rodikliams nustatyti.
2. Palyginti paprastosios ir kalninės pušies įvairių parametru žabų stiebo ir šakų bendrą tūrį ir masę svėrimo ir ksilometravimo metodu.
3. Išaiškinti žabų atskirų komponentų ir viso žabo bendros tūrio masės kaitos ypatumus.
4. Įvertinti tirtų pušų žabų tinkamumą kopagūbriui tvirtinti, atsižvelgiant į gautus tūrio ir masės rodiklius.

Tyrimo objektas ir metodai

Tyrimo objektas

Tyrimai atlikti Kuršių nerijos nacionaliniame parke ir Miškų urėdijos Kretingos regioniniame padalinyje, kur miškingumas siekia apie 75 proc., iš kurių 65 proc. yra kultūrinės kilmės. Didžiausią dalį sudaro spygliuočiai – 83,4 proc. (pušynai – 61 proc., kalnapušynai – 20,6 proc.), o lapuočiai užima 16,6 proc. Miškai skirstomi į rezervatinius (20,5 proc.) ir specialiosios paskirties (79,5 proc.), tarp kurių vyrauja ekosistemų apsaugos (68,8 proc.) ir rekreaciniai miškai (14,7 proc.). Nuo 1960 m. kalninės pušies medynai pradėjo mažėti, nes ši rūšis anksčiau pasiekia gamtinę brandą, yra jautresnė ligoms ir gaisrams, tačiau sėkmingai atliko smėlynų stabilizavimo funkciją. Siekiant atkurti natūralesnę miškų struktūrą, tęsiami kalnapušynų kirtimai, jų plotą planuojama sumažinti iki 1000 ha.

VĮ Valstybinių miškų urėdijos patikėjimo teise valdomo Kretingos regioninio padalinio administruojamų miškų vidinės miškotvarkos projekto (iki 2015 0 01 Kuršių nerijos nacionalinio parko valdomų miškų vidinės miškotvarkos projekto) keitimu, projektuojamame 697,9 ha plote gamtinę brandą pasiekusius ar visiškai prie jos priartėjusius kalnapušynus kirsti specialiaisiais medynų pertvarkymo kirtimais ir atkurti kalnine pušimi, o 35,0 ha plote numatoma kalninės pušies medynus pertvarkyti į paprastosios pušies arba paprastosios pušies su beržu medynus. Pagal 2025 m. miškotvarkos projektą numatyta pertvarkyti 732,9 ha gamtinę brandą pasiekusių kalnapušių medynų, kurių bendras tūris siekia 27 806 m³ (Miškotvarkos projekto keitimas, 2025).

Pagal Kuršių nerijos vidinės miškotvarkos projektą 2013–2022 m., paprastoji pušis užima 4319,6 ha ploto, vidutinis amžius yra apie 70 m., o vidutinis tūris siekia 203 ha/m³. Paprastosios pušies užimamas plotas turi keistis, nes iškertant kalninės pušies medynus dažniausiai jie yra atkuriami paprastosios pušies su beržo priemaiša.

Tyrimo metodai.

Siekiant nustatyti paprastosios pušies (*Pinus sylvestris*) ir kalninės pušies (*Pinus mugo*) žabų tūris, eksperimentiniai duomenys buvo renkami kertant kalninės ir paprastosios pušies medynų eksperimentinius plotus.

Kalninė pušis (112 amžiaus) kirsta Juodkrantės girininkijoje, 9 kv, 35 skl., vieno aro plote. Iš vieno aro buvo iškirsti 94 Pk medeliai ir sukrauti į dvi atskiras rietuves. Išmatuotas kiekvieno medžio aukštis ir skersmuo (1,30 m aukštyje).

Kitas kalninės pušies (117 amžiaus) kirtimas vyko Nidos girininkijoje, 162 kv, 5 skl. vieno aro plote, kur buvo nustatytas kiekvieno medžio aukštis ir skersmuo (1,30 m aukštyje). Taip pat tame pačiame sklype buvo kertamas dar vienas aro plotas, tačiau kiekvienas medis nebuvo matuojamas. Šiame sklype buvo nustatomas vidutinis medelių aukštis ir skersmuo išmatavus 10 vnt. medžių. Nukirsti pirmojo ir antrojo tiriamojo aro medžiai buvo sudėti į atskiras rietuves. Iš vieno aro su detaliu matavimu buvo gauta viena rietuvė, iš antrojo (be detalaus matavimo) – dvi rietuvės.

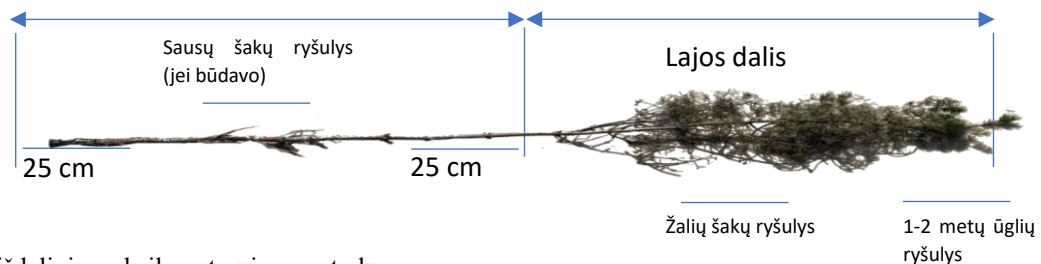
Iš viso buvo nukirsta 169 vnt. kalninės pušies medelių, kurių amžius siekė 112, 117 metų amžių skirtingose kvartaluose, kad imtis nebūtų iš vieno medyno. Taip pat buvo kertama ir paprastoji pušis, iš viso nukirsta 106 vnt. ir išmatuotas kiekvieno medžio aukštis ir kamieno skersmuo 1,30 m aukštyje. Nukirsti medžiai buvo sudėti į rietuves, kurių iš viso gavosi 6 vnt.

Siekiant nustatyti tikslesnį žabų tūrį, buvo naudojamas ksilometravimo metodas. Šiam metodui atlikti buvo naudojami 10 vnt. kalninės pušies ir 10 vnt. paprastosios pušies žabai. Atlikti kiekvieno medžio matavimai: H, D_{1,3}, H_{lajos}, D_{lajos}

Kiekvienas žabas buvo sveriamas pagal jo atskiras dalis:

1. Bendras žabo masė.
2. Lajos masė.
3. Kamieno masė.
4. Išskaičiuojama sausų šakų masė.

Žabas buvo dalinamas į dalis ir buvo paimami 4 arba 5 mėginiai (žr. 1 pav.): 2 mėginiai iš kamieno po 25 cm ilgio iš viršutinės ir apatinės kamieno dalies, sausų šakų ryšulys (jeigu būdavo), žalių šakų ryšulys, 1–2 m. ūglių ryšulys. Prieš nardinant į vandenį kiekvienas ryšulys buvo sveriamas. Po to buvo sveriamas talpa su vandeniu prieš nardinant pavyzdį ir jį visiškai panardinus. Atėmus talpos masę prieš pavyzdžio panardinimą, iš talpos masės po panardinimo, buvo gautas pavyzdžio tūris. Po svėrimų mėginiai buvo palikti džiūti sausai medienos tūrio masei nustatyti.



1 pav. Žabo išdalėjimas ksilometravimo metodu

Pagal atskirų žabo dalių tūrio masę nustatytas bendras žabo tūris, atskirų dalių masę padalinus iš tų dalių tūrio masės. Susumavus rietuvės tokiu būdu apskaičiuotus visų medžių tūrius, buvo nustatytas tikslus rietuvės tūris, kuris buvo naudojamas įprastiems žabų rietuvės tūrio nustatymo metodams įvertinti.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Atskirų žabų tūrio nustatymas svėrimo ir ksilometravimo metodais

Atlikus atskirų žabų įvairių jo dalių svėrimą ir tūrio nustatymą ksilometravimo metodu buvo gauti duomenys, kurie pateikti 1 ir 2 lentelėse.

Iš 1 ir 2 lentelėse pateiktų duomenų matyti, kad kalninės pušies vidutinis medis, kurio skersmuo ir aukštis lygūs, atitinkamai 4,55 cm ir 3,80 m, sveria 4,54 kg, o tai sudaro 12,85 dm³ tūrį. Paprastosios pušies atveju, vidutinis medis buvo 4,8 cm skersmens ir 4,79 m aukščio. Jo masė buvo lygi 11,93 kg, o tūris – 13,59 dm³.

Kadangi tūriui nustatyti reikalingas medienos tūrio masės rodiklis, pateikta žabų atskirų jo komponentų tūrio masė, kuri galutiniame variante perskaičiuota į bendrą žabų tūrio masę. Gauti duomenys pateikti 3 lentelėje. Iš pateiktų duomenų matyti, kad paprastosios pušies žalio (šviežiai nukirsto) stiebo vidutinė tūrio masė (0,9 kg/dm³) yra mažesnė nei vidutinė

kalninės pušies stiebo tūrio masė (0,93 kg/dm³). Lajos tūrio masė, kaip ir žalių ūglių su spygliais, taip pat tūrio masė paprastosios pušies yra mažesnė 0,86 kg/dm³ ir 0,89 kg/dm³ bei 0,86 kg/dm³ ir 0,92 kg/dm³ atitinkamai. Tik sausų šakų, galimai dėl didesnės drėgmės, paprastosios pušies tūrio masė yra didesnė negu kalninės pušies.

1 lentelė. Kalninės pušies žabų svėrimo ir ksilometravimo metodų rezultatai

Nr.	H (m)	D _{1,3} (cm)	Masė, (kg)				Tūris, (dm ³)			
			Stiebo masė	Lajos masė	Sausų šakų masė	Bendras masė	Stiebo tūris	Lajos tūris	Sausų šakų tūris	Bendras tūris
1	3,9	7	9,34	14,0	-	23,34	9,475	14,219		23,694
2	3,7	4	3,8	4,95	0,25	9,0	3,999	5,720	0,415	10,134
3	3,4	3	2,4	1,85	0,1	4,35	2,576	1,870	0,141	4,588
4	4,3	5	5,25	8,05	0,105	13,4	5,640	9,129	0,171	14,940
5	3,66	3	3,15	1,8	0,16	5,11	3,478	2,100	0,240	5,818
6	3,5	5	3,4	4,1	0,35	7,85	3,725	4,920	0,630	9,275
7	3,7	5	5,25	6,8	0,5	12,55	5,546	7,386	0,774	13,706
8	4	4	3,9	3,21	0,19	7,3	4,187	3,842	0,245	8,274
9	2,6	3,5	1,8	8,1	-	9,9	1,981	8,890		10,871
10	5,2	6	7,2	16,4	0,21	23,81	7,597	19,382	0,266	27,245
Vid.	3,80	4,55	4,54	6,92	0,23	11,66	4,820	7,746	0,360	12,855

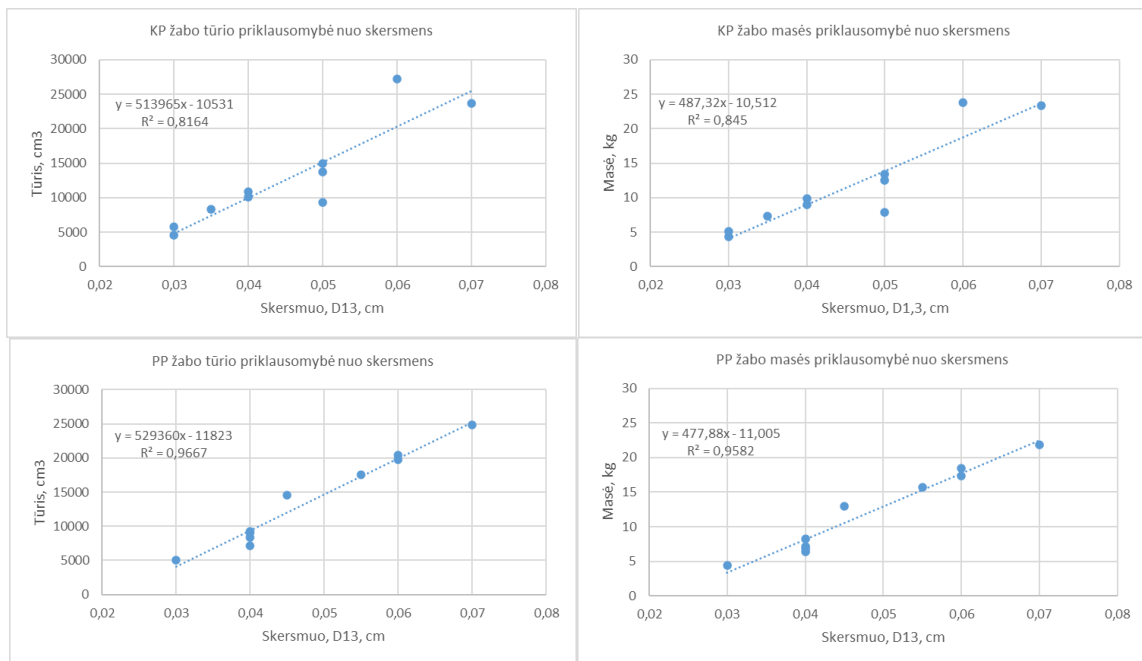
2 lentelė. Paprastosios pušies žabų svėrimo ir ksilometravimo metodų rezultatai

Nr.	H (m)	D _{1,3} (cm)	Masė, (kg)				Tūris, (dm ³)			
			Stiebo masė	Lajos masė	Sausų šakų masė	Bendras masė	Stiebo tūris	Lajos tūris	Sausų šakų tūris	Bendras tūris
1	5,3	4	4,50	3,25	0,45	8,20	4,701	3,841	0,669	9,210
2	4,1	4	3	3,35	-	6,35	3,258	3,935		7,193
3	4,4	4	3,45	2,25	1,15	6,85	4,013	2,756	1,561	8,330
4	5,1	5,5	7,7	8,0	-	15,7	8,460	9,085		17,545
5	4,9	3	2,75	1,6	0,08	4,43	3,152	1,829	0,100	5,080
6	4	4	2	5,15	-	7,15	2,309	6,700		9,009
7	5,5	7	8,85	12,35	0,425	21,85	10,173	13,938	0,749	24,860
8	5,3	6	7	10,05	0,225	17,4	7,558	11,587	0,576	19,721
9	4,4	4,5	5,51	6,25	0,195	12,95	5,813	7,042	1,648	14,503
10	4,9	6	7,2	10,7	0,265	18,45	7,673	12,072	0,664	20,409
Vid.	4,79	4,8	5,19	6,29	0,39	11,93	5,711	7,278	0,852	13,586

3 lentelė. Kalninės ir paprastosios pušies žabų tūrio masės rezultatų palyginimas

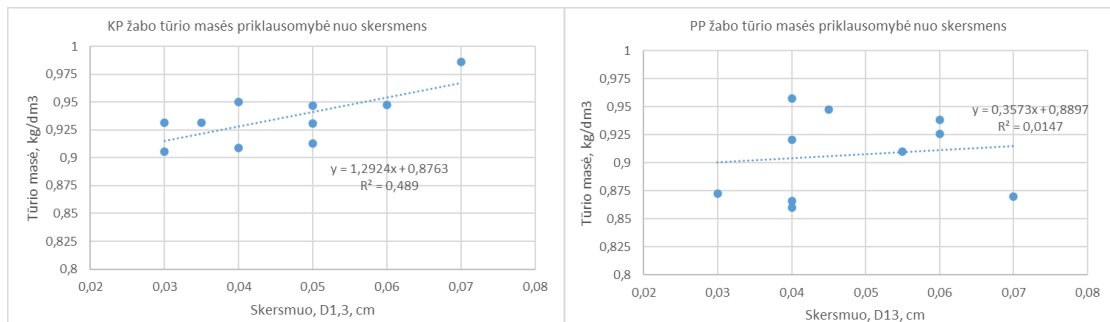
Nr.	D _{1,3} (cm)	Kalninė pušis, tūrio masė, kg/dm ³					D _{1,3} (cm)	Paprastoji pušis, tūrio masė, kg/dm ³				
		Stiebo	Lajos	Sausų šakų	Ūglių	Bendra		Stiebo	Lajos	Sausų šakų	ūglių	Bendra
1	7,0	0,986	0,985		0,946	0,985	4,0	0,957	0,846	0,673	0,882	0,890
2	4,0	0,950	0,865	0,603	0,932	0,888	4,0	0,921	0,851		0,895	0,883
3	3,0	0,932	0,989	0,708	0,937	0,948	4,0	0,860	0,816	0,737	0,868	0,822
4	5,0	0,931	0,882	0,583	0,941	0,897	5,5	0,910	0,881		0,672	0,895
5	3,0	0,906	0,857	0,667	0,944	0,878	3,0	0,873	0,875	0,800	0,808	0,872
6	5,0	0,913	0,833	0,556	0,900	0,846	4,0	0,866	0,769		0,912	0,794
7	5,0	0,947	0,921	0,646	0,886	0,916	7,0	0,870	0,886	0,867	0,840	0,879
8	3,5	0,932	0,836	0,775	0,889	0,882	6,0	0,926	0,867	0,608	0,925	0,882
9	4,0	0,909	0,911		0,895	0,911	4,5	0,948	0,887	0,722	0,933	0,893
10	6,0	0,948	0,846	0,788	0,944	0,874	6,0	0,938	0,886	0,828	0,891	0,904
Vid.	4,55	0,935	0,892	0,666	0,922	0,903	4,80	0,907	0,857	0,748	0,863	0,871

Atlikus priklausomybių analizę grafikuose (žr. 2 pav.) matyti aiški teigiama koreliacija tarp skersmens (D_{1,3}) ir tūrio tiek paprastosios pušies (PP), tiek kalninės pušies (KP) žabams. Tai reiškia, kad didesnio skersmens žabai turi didesnį tūrį. R² reikšmės (0,8164 KP ir 0,948 PP) rodo stiprų statistinį ryšį tarp šių parametru, ypač paprastosios pušies atveju. Abu grafikai (KP ir PP) rodo stiprią masės ir skersmens priklausomybę su R² reikšmėmis 0,845 KP ir 0,9369 PP. Tai reiškia, kad kuo didesnis skersmuo, tuo didesnė ir masė, o ryšys tarp šių kintamųjų yra stiprus.



2 pav. Žabų tūrio ir masės priklausomybė nuo medžio skersmens 1,3 m aukštyje

Kalninės pušies žabo tūrio masė priklauso nuo skersmens stipriau nei paprastosios pušies, kurios atveju koreliacija yra labai silpna (žr. 3 pav.). Kalninės pušies tūrio masė didėja didėjant skersmeniui, $R^2 = 0,489$ rodo vidutinį ryšio stiprumą tarp šių kintamųjų. Priešingai, paprastosios pušies $R^2 = 0,0147$ rodo praktiškai neegzistuojantį ryšį tarp skersmens ir tūrio masės. Tokio ryšio pagrindinė priežastis būtų paprastosios pušies kamieno metinis prieaugis, kuris yra reikšmingai didesnis negu kalninės pušies.



3 pav. Žabo tūrio masės priklausomybė nuo stiebo skersmens 1,3 m aukštyje

Žabų masės ir tūrio palyginimas daugialypės analizės metodu

Atlikus tirtų rodiklių daugialypę regresinę analizę, nustatyta, kad kalninės pušies žabo masę reikšmingai lemia du pagrindiniai dendrometriniai parametrai: žabo skersmuo krūtinės aukštyje ir jo aukštis/ilgis. Šie žabo parametrai statistškai reikšmingai ($p < 0,05$) paaiškina iki 88 proc. žabo masės ir tūrio kintamumo.

Kalninė pušis: Masė (M) = $-17,12 + 2,446 \times H + 428,5 \times D_{1,3}$;

kur: $R = 0,943$; $R^2 = 0,888$; $F(2,7) = 27,871$; $p < 0,00046$; Std. vert. paklaida: 2,6115

Tūris (V) = $-19628,7 + 3367,6 \times H + 432965,7 \times D_{1,3}$;

kur: $R = 0,942$; $R^2 = 0,888$; $F(2,7) = 27,734$; $p < 0,00047$; Std. vert. paklaida: 2808,3

Paprastosios pušies atveju, dėl mažo žabo aukščio/ilgio kintamumo, priklausomai nuo jo skersmens, žabo masę ir tūrį reikšmingai lemia tik žabo skersmuo, paaiškindamas apie 95 proc. šių parametrų kintamumą.

Paprastoji pušis: Masė (M) = $-11,005 + 477,9 \times D_{1,3}$;

Kur: $R = 0,979$; $R^2 = 0,958$; $F(1,8) = 183,41$; $p < 0,00000$; Std. vert. paklaida: 1,3250

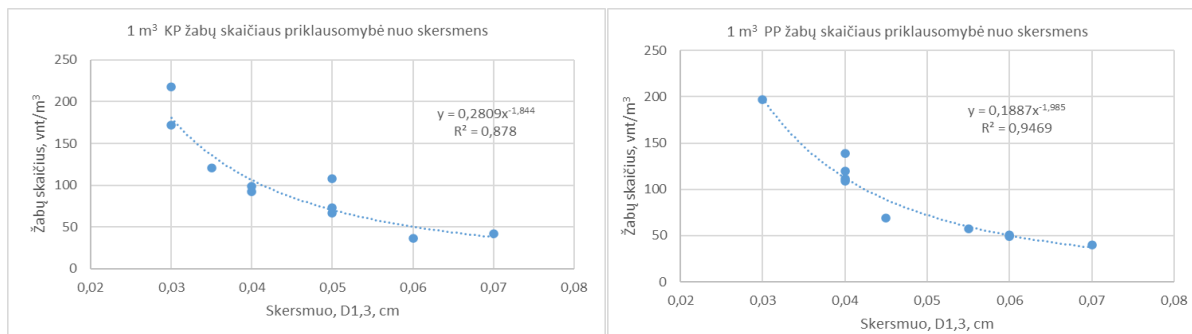
Tūris (V) = $-11823,2 + 529359,8 \times D_{1,3}$;

Kur: $R = 0,983$; $R^2 = 0,967$; $F(1,8) = 231,90$; $p < 0,00000$; Std. vert. paklaida: 1305,3

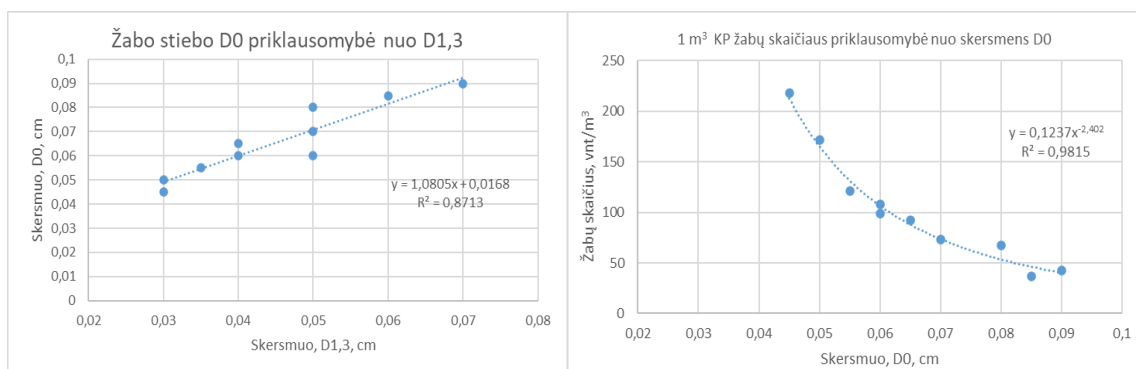
Tai rodo, kad skersmens matavimai gali būti naudojami prognozuojant žabų biomasės parametrus tiek kalninės, tiek paprastosios pušies atveju. Užsienio mokslininkų tyimuose taip pat buvo nustatyta, kad medžio skersmuo krūtinės aukštyje yra svarbus parametras, leidžiantis prognozuoti medžio biomasės ir tūrio parametrus (Špinlerová, 2015, MacFarlane, 2020).

Žabų skaičiaus 1 ktm³ palyginamoji analizė.

Praktiniais tikslais pamėginta nustatyti žabų skaičių, priklausomai nuo jų parametrų sudarant 1 kietmetrį (ktm³). Grafikuose matyti neigiama eksponentinė koreliacija tarp žabų skaičiaus 1 m³ ir stiebo skersmens ($D_{1,3}$) (žr. 4 pav.). Didėjant skersmeniui, žabų skaičius mažėja. Paprastosios pušies (PP) atveju ($R^2 = 0,9469$) šis ryšys yra stipresnis nei kalninės pušies (KP) atveju ($R^2 = 0,878$). Tačiau apibendrinantys rezultatai rodo, kad esminio skirtumo tarp žabų skaičiaus prie jų atitinkamo skersmens nėra. Gauti rezultatai parodė, kad jeigu žabo skersmuo krūtinės aukštyje siekia 7 cm, jų skaičius sudarant 1 ktm³ lygus apie 45 vnt., kai skersmuo 6 cm – apie 50 vnt. / ktm³, kai 4 cm apie 100 vnt. / ktm³ ir kai 3 cm apie 200 vnt. / ktm³.



4 pav. 1 m³ žabų skaičiaus priklausomybė nuo skersmens



5 pav. Žabo pagrindo skersmens ir jų kiekio tarpusavio ryšiai

Praktikoje, kai žabai sukrauti į rietuves, yra sudėtinga matuoti jų skersmenį krūtinės aukštyje, todėl žabų skaičius buvo perskaičiuotas, priklausomai nuo žabo skersmens drūtgalyje, t. y. D_0 . Nustačius D_0 priklausomybę nuo skersmens krūtinės aukštyje (žr. 5 pav.) rodomas stiprus teigiamas ryšys tarp žabo stiebo skersmens D_0 ir skersmens $D_{1,3}$, $R^2 = 0,8713$, medžių skaičius 1 ktm³ perskaičiuotas priklausomai nuo žabo pagrindo skersmens.

Išvados

1. Žabų vidutinės masės skirtumas patvirtina, kad kalninės pušies mediena yra tankesnė ir tvirtesnė, todėl gali būti tinkamesnė kopagūbriui stiprinti.
2. Kalninės pušies žabų stiebo, lajos kaip ir žalių ūglių su spygliais tūrio masė, lyginant su paprastosios pušies, yra didesnė, tai galimai leidžia efektyviau sulaikyti smėlį.
3. Žabų tūris ir masė glaudžiai koreliuoja su jų skersmeniu 1,3 m aukštyje ($D_{1,3}$). Stipri koreliacija (R^2 virš 0,8) tarp žabo skersmens ir tūrio rodo, kad šie parametrai gali būti efektyviai naudojami praktiniam žabų tūriui ir biomasei prognozuoti.
4. Nustatyta, kad didėjant žabų skersmeniui, jų kiekis 1 kietmetriui mažėja, todėl galima prognozuoti žabų poreikį kopagūbriui tvirtinti pagal jų matmenis.
5. Abiejų rūšių žabų tinkamumas krantotvarkai priklauso nuo aplinkos sąlygų: kalninės pušies žabai efektyvesni vėjuotose vietose (kopagūbrio vakarinis šlaitas), o paprastosios pušies žabai – kopagūbrio viršuje, mažinant vėjo eroziją ir rekreacinę digresiją.

Literatūra

1. Brukas A. (2013). Kuršių nerijos vidinės miškotvarkos projektas 2012-2013 metams. Kaunas.
2. Valstybinė miškų urėdija, Valstybės įmonės Valstybinių miškų urėdijos patikėjimo teise valdomų Kretingos regioninio padalinio administruojamų miškų vidinės miškotvarkos projekto (iki 2015-04-01 Kuršių nerijos nacionalinio parko valdomų miškų vidinės miškotvarkos projekto) keitimas, 2025 m.

3 Žilinskas G., Jarmalavičius D., Pupienis D. (2021). Užsienio šalių, įskaitant artimiausias kaimynines šalis, patirties krantų tvarkyme ir krantotvarkos priemonių strateginių alternatyvų Lietuvos pakrantei vertinimas. Prieiga per internetą:

[https://am.lrv.lt/uploads/am/documents/files/Uzsienio%20saliu%20krantotvarkos%20patirtis%20ir%20strategines%20alternatyvos%20\(1\).pdf](https://am.lrv.lt/uploads/am/documents/files/Uzsienio%20saliu%20krantotvarkos%20patirtis%20ir%20strategines%20alternatyvos%20(1).pdf)

4 Daujotas, M. (1958). *Lietuvos pajūrio smėlynų apželdinimas*. Valstybinė Politinės ir Mokslinės Literatūros Leidykla.

5 Žilinskas G., Jarmalavičius D., Pupienis D. (2022). *Pajūrio juostos tvarkymo 2014–2020 m. Programos įgyvendinimo įvertinimo ir pajūrio juostos tvarkymo 2021–2030 m. Programos parengimo paslaugos*.

6 Petrauskas, E., Kuliešis, A., & Tebėra, A. (2010). Medienos tūrio lentelės.

7 Petrauskas E. (2014). *Kalninės pušies (Pinus mugo l.) Medžių, jų stiebų ir medynų tūrio bei antžeminės dalies biomasės įvertinimo normatyvų sukūrimas*. Mokslinio darbo ataskaita.

8 MacFarlane, D. W. (2020). Functional relationships between branch and stem wood density for temperate tree species in North America. *Frontiers in Forests and Global Change*, 3, 63.

9 Spinlerova, Z. (2015). Determination of the biomass of *Pinus mugo* stands. *Dendrobiology*, (73).

COMPARISON OF SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS*) AND MOUNTAIN PINE (*PINUS MUGO*) BRUSHWOOD VOLUME AS COASTAL PROTECTION MEASURES IN THE CURONIAN SPIT.

Abstract

The Curonian Spit experiences intensive sand migration, making it particularly important to ensure the stability of protective dune ridges by employing effective coastal management methods. The aim of this study was to compare the branch volume of mountain pine (*Pinus mugo*) and Scots pine (*Pinus sylvestris*), evaluating their suitability for strengthening the protective dune ridge. Measurements of branch volume and mass for both pine species were conducted in the Curonian Spit National Park using weighing and xylometric methods. Results revealed that mountain pine branches have a higher volumetric mass compared to Scots pine, leading to greater density and mechanical resilience. This gives mountain pine branches higher efficiency for dune stabilization, particularly on the western slopes heavily exposed to strong winds, whereas Scots pine branches are more suitable for protecting the upper dune ridge from wind erosion. Both species demonstrated a strong correlation between branch diameter, volume, and mass, indicating these parameters can effectively predict biomass amounts necessary for coastal management. Further research should focus on accurately determining stack volumes and calculating the precise quantity of branches required per unit area, optimizing coastal management practices and ensuring their long-term effectiveness.

Keywords: coastal zone management, volume, brushwood, xylometric method, mass.