

BUKŲ, AUGANČIŲ MIŠRIUOSE PUŠIES – BUKO MEDYNE, BIOMASĖS TYRIMAS

Mindaugas USELIS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Miškų ir ekologijos fakultetas, el. paštas: uselismin@gmail.com

Santrauka

Tyrimo metu buvo nustatinėjama paprastųjų bukų biomasė, kurie augo VĮ Valstybinių miškų urėdijos regioniniame padalinyje, Mociškių ir Viešvilės girininkijose, mišriuose pušies-buko medynuose. Iš viso tirta 40 medžių, kurių skersmuo svyravo nuo 8,4 iki 34 cm. Tiriamų medžių buvo matuojamas skersmuo 1,3 m aukštyje, po to medžiai buvo nukirsti pjūklų. Stiebas ir šakos buvo sveriamos elektroninėmis svarstyklėmis ant savadarbio prietaiso. Gavus duomenis, buvo nustatinėjamas ryšys tarp skersmens ir atskirų medžio dalių. Taip pat buvo apskaičiuotas kiekvieno medžio visoje antžeminėje dalyje sukauptas anglies kiekis. Nustatyta, kad geriausią ryšį su skersmeniu turėjo stiebo biomasė. Prastesnis ryšys buvo skersmens ir šakų biomasė, nes storų medžių dėl mažesnės konkurencijos tarp medžių ir padėties medyje išsivysto stambios šakos. Vidutiniškai viename medyje buvo sukaupta 154,4 kg anglies.

Reikšminiai žodžiai: paprastasis bukas, skersmuo, biomasė, stiebas, šakos, anglis.

Įvadas

Paprastasis bukas (*Fagus sylvatica*) (L.) H. Karst.) yra sėkmingai įsitvirtinusi medžių rūšis už savo paplitimo arealo šiaurės Europoje, kur Prūsijos miškininkai jį įveisė į pušies medynus (Augustaitis et al., 2015). Paprastasis bukas (*Fagus sylvatica* L.) (L.) H. Karst.) yra vienas labiausiai paplitusių ir svarbiausių medžių rūšių Europoje dėl savo aukštos fiziologinės tolerancijos ir konkurencingumo (Augustaitis ir kt., 2015). Nors Lietuvoje paprastasis bukas (*Fagus sylvatica*) (L.) H. Karst.) nėra daug kur aptinkama medžių rūšis, dažniausiai yra kultūrinės kilmės, tačiau kalbama, kad dėl šiltėjančio klimato ir rūšinės kaitos tai gali būti ateities medis. Lietuvoje vasaros laikotarpiu vis dažniau kartojasi stichinės sausras, o vidutinė metinė temperatūra vis kyla. Taigi nereikėtų nuvertinti buko galimybių prisitaikyti prie sausrų, nes ši medžių rūšis sugeba mažinti savo transpiracinį plotą priklausomai nuo šaknų siurbiamo vandens kiekio numesdamas lapus arba pakaitomis dalijant biomasę ir paskirstant anglį tarp antžeminių ir požeminių sudedamųjų medžio dalių (Bolte et al., 2007).

Vis labiau pasaulyje kyla susidomėjimas medžių biomasės vertinimu, daugiausia dėl ypatingo miškų gebėjimo kaupti anglį, kas yra priemonė sušvelninti klimato kaitą (Cienciala et al., 2005). Medžiams užfiksuojus savyje anglį, ji nėra išleidžiama į atmosferą oksidų pavidalu, kurie ir yra pagrindinis veiksnys, lemiantis klimato kaitos spartėjimą. Tarptautiniai įsipareigojimai, tokie kaip Kyoto protokolas, reikalauja tiksliau nustatyti anglies kaupimą ir jos pokytį miškuose (Cienciala et al., 2005). Dėl to didėja tarptautinės mokslo bendruomenės susidomėjimas, siekiant sumažinti miškų biomasės vertinimo neapibrėžtumą (Dutča et al., 2020). Norint nustatyti anglies kaupimo pokyčius miškuose reikalingas visos antžeminės medžių dalies biomasės kiekis (Cienciala et al., 2005). Tiksliausias būdas nustatyti medžio biomasę yra jį visą pasveriant, mažiau tikslesnis – prognozuoti biomasę remiantis jau sukurtais regresiniais modeliais. Miško biomasės vertinimas paprastai remiasi biomasės modeliais, kurie yra regresiniai modeliai, prognozuojantys atskiro medžio antžeminės dalies biomasę nuo funkcijos kintamojo x (pvz., skersmuo krūtinės aukštyje D , arba aukščio H) (Dutča et al., 2020). Tačiau nereikėtų visiškai pasikliauti jau sukurtais buko biomasės modeliais, nes jie gali būti sukurti naudojantis kitose šalyse augančių bukų parametrais, kur skiriasi klimatinės sąlygos, kritulių kiekis bei medžių konkurencija. Todėl svarbu žinoti Lietuvos klimatinėmis sąlygomis augančių bukų biomasę, kad galėtume nustatyti kaupiamą anglies kiekį medyje ar atskirame medyje, taip prisidedami prie tvaresnio klimato kaitos valdymo ir mažinimo.

Tyrimo tikslas – patikslinti bukų, augančių VĮ Valstybinių miškų Jurbarko regioniniame padalinyje, Viešvilės ir Mociškių girininkijoje, biomasės modelius.

Tiksliui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Nustatyti pasirinktuose medynuose augančių bukų stiebo, šakų ir visą biomasę;
2. Nustatyti pasirinktuose medynuose augančių bukų stiebo, šakų ir visą orasausę biomasę;
3. Apskaičiuoti anglies kiekį, kaupiamą tuose medynuose augančiuose bukuose;
4. Sudaryti visos buko biomasės ir jo atskirų dalių biomasės modelius;
5. Gautus modelius palyginti su kitų autorių modeliais.

Tyrimų objektas ir metodai

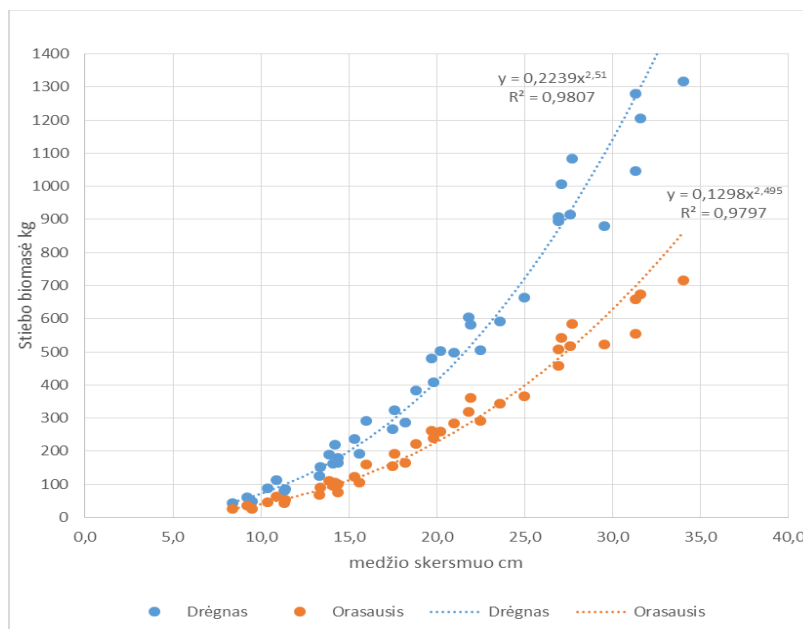
Tyrimui atlikti duomenys buvo renkami VI valstybinių miškų urėdijoje Jurbarko regioniniame padalinyje esančiuose objektuose, Mociškių ir Viešvilės girininkijose, mišriuose pušies-buko medynuose. Mociškių girininkijoje medynas buvo 22 kv. 1 sklype, 112 metų, 2,1 ha ploto. Viešvilės girininkijoje medynas buvo 37 kv. 6 sklype, 102 metų, 1,2 ha ploto. Šie objektai buvo pasirinkti, nes 2021 metais kovo mėnesį buvo vykdomi atrankiniai kirtimai, kurių metu didžioji dalis kertamų medžių buvo buikai.

Tyrimo metu pasirinktuose objektuose buvo nustatinėjama buko biomasė svėrimo metodu. Tyrimui atlikti abiejuose objektuose buvo pasirinkta po 20 modelinių medžių, kiekvienas iš jų buvo pažymėtas tam tikru numeriu. Pirmiausia buvo matuojamas modelinių medžių skersmuo 1,3 m aukštyje, siekiant nagrinėti ryšį tarp buko biomasės ir skersmens. Vėliau pjūklų buvo kertami modeliniai medžiai, kiekvienas iš jų buvo supjaustomas į sortimentus, nurodytus girininkijos darbuotojų pateiktoje technologinėje kortelėje. Nugenėtos šakos buvo smulkinamos ir kraunamos atskirai į krūveles. Stiebo dalys buvo sveriamos naudojant pasigaminatą nešiojamą stovą, ant kurio kabinosi kėlimo gervė ir elektroninės svarstyklės, kurios fiksuodavo svorį 0,1 kg tikslumu. Kiekviena stiebo dalis iš abiejų galų buvo apvyniojama virve, tada ji užkabinama ant svarstyklių ir gervės pagalba pakeliama tiek, kad nesiliestų su žeme ar kitu pašaliniu objektu, kai svoris nebekinta, svarstyklės užfiksuodavo svorį. Taip atskiromis dalimis buvo pasvertas visas medžio stiebas iki pat viršūnės. Šakos buvo sveriamos analogiškai kaip ir stiebas, suveržiamos virve į kompaktišką ryšulį ir kabinamos ant svarstyklių.

Iš kiekvieno medžio buvo imami stiebo ir šakų medienos mėginiai, kurių svoris svyravo nuo 1 iki 3 kg. Skirtingų medžių stiebo ir šakų medienos mėginiai buvo dedami į plastikinius maišelius ir sveriami jautresnėmis 1 gramo tikslumo svarstyklėmis. Į maišelius buvo įdedamas lapelis su užrašytu medžio numeriu siekiant nesumaišyti mėginių. Vėliau medienos mėginiai buvo džiovinami VDU Žemės ūkio akademijos aštuntuose rūmuose specialioje džiovinimo spintoje. Mėginiai džiovinami apie 100 laipsnių temperatūroje, kol jų svoris nebekisdavo, dažniausiai tai užtrukdavo apie 7 dienas. Mėginiams visiškai išdžiūvus, jie vėl buvo sveriami gramo tikslumu, po to apskaičiuojamas drėgnos ir orausaus medienos mėginių biomasės santykis. Visi gauti duomenys džiovinimo ir lauko darbų metu buvo užrašinėjami į lapus, po to perkelti į MS EXCELL kompiuterinę programą tolesniam apdorojimui.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

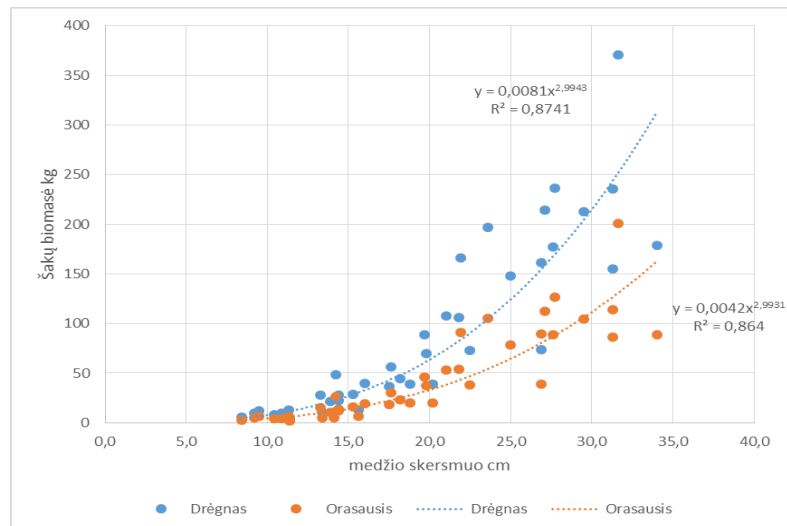
Atliekant tyrimą Mociškių ir Viešvilės girininkijų tyrimų aikštelėse iš viso buvo pasverta 40 įvairaus skersmens buko modelinių medžių. Medžiai buvo pasirenkami iš pirmo ir antro medynų ardo ir kuo įvairesnių skersmenų, kad būtų gaunami kuo tikslesni biomasės modeliai, nusakantys ryšį tarp skersmens ir buko biomasės. Skersmenų imtis buvo nuo 8,4 iki 34 cm, vidutinis skersmuo krūtinės aukštyje – 19,4 cm.



1 pav. Buko stiebo biomasės priklausomybė nuo skersmens

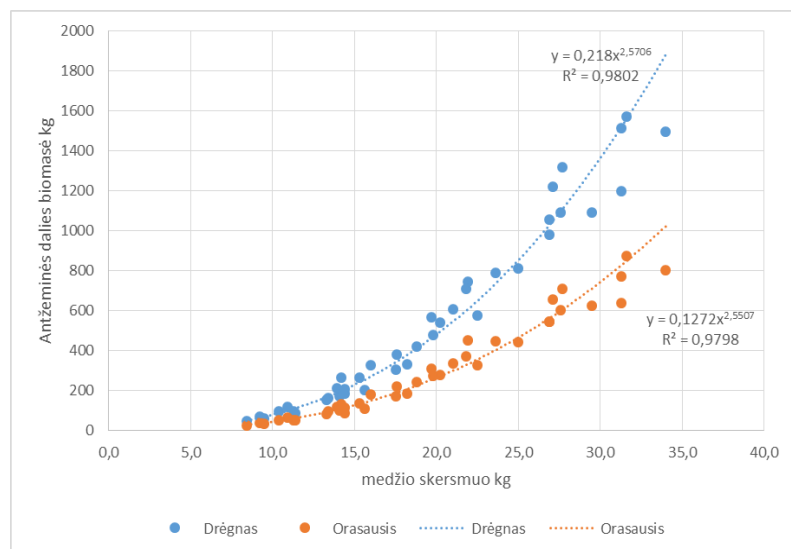
2 fig. Dependence of beech stem biomass on diameter

1 paveiksle matyti, kad medžio skersmens ryšys su stiebo biomasė yra tikrai patikimas, grafike išsidėstę taškai nėra nutolę nuo kreivės, didėjant skersmeniui, tolygiai didėja ir stiebo biomasė. Drėgno stiebo determinacijos koeficientas gautas 0,9807, o orausausio šiek tiek mažesnis – 0,9797, todėl galima teigti, kad ryšys tarp skersmens ir stiebo biomasės yra glaudus.



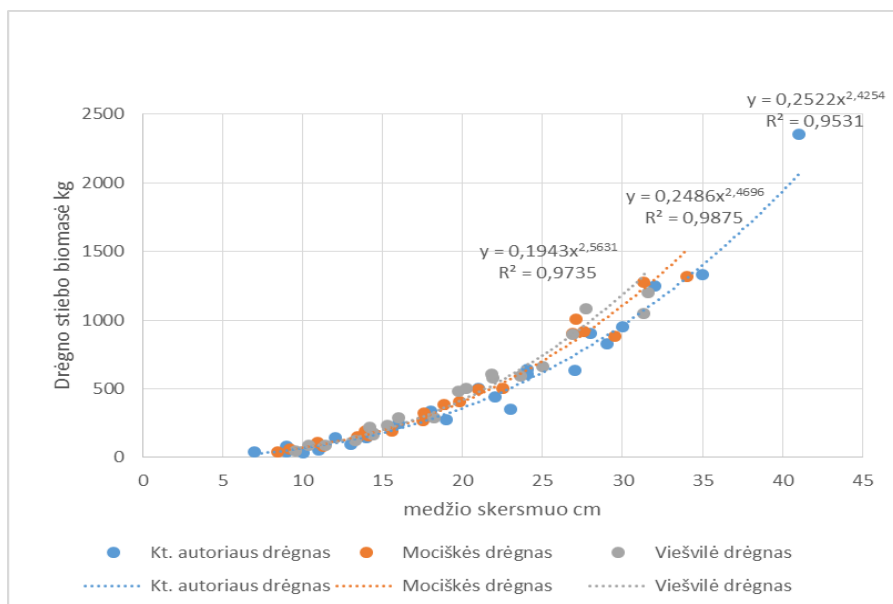
2 pav. Buko šakų biomasės priklausomybė nuo skersmens
2 fig. Dependence of beech branch biomass on diameter

2 paveiksle matyti matuotų buko šakų biomasės ir skersmens ryšį, kuris yra mažiau patikimas lyginant su stiebu. Drėgnų šakų determinacijos koeficientas gautas 0,8741, o orasausių – 0,864, todėl galima teigti, kad modelis yra ganėtinai tikslus, tačiau visiškai pasitikėti nederėtų, nes grafike matyti ir daugiau nutolusių taškų nuo kreivės, ypač stambių medžių. Toks šakų biomasės dėsningumas pastebimas dėl medžių tarpusavio konkurencijos, padėties medyne, apšviestumo. Šalia vienas kito augantys medžiai būna geriau nusivalę nuo šakų, o daugiau erdvės turinčioje vietoje išsivysto didesnis lajos vainikas ir medis tampa vilkiniu.



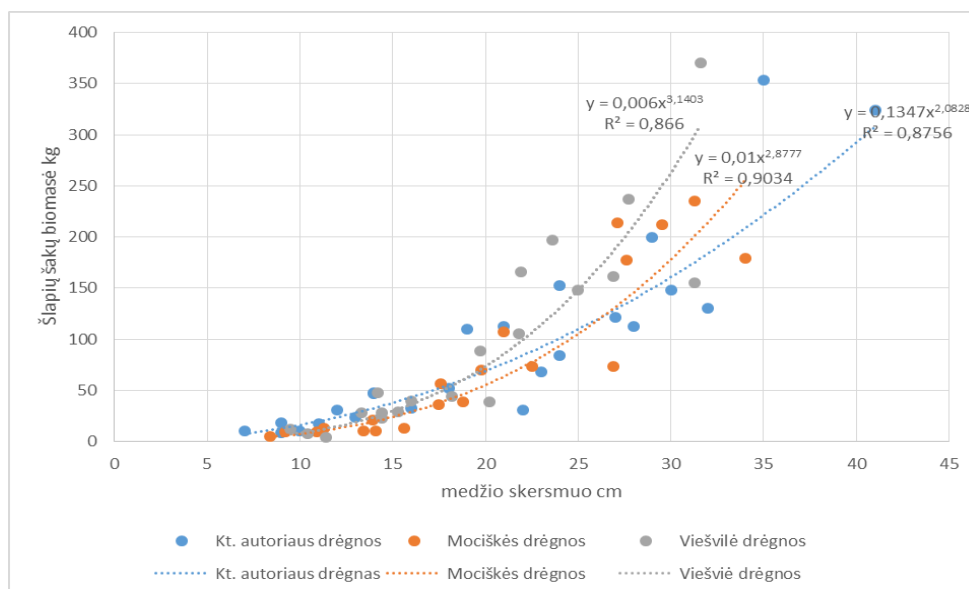
3 pav. Buko antžeminės dalies biomasės ir skersmens priklausomybė
3 fig. Dependence of beech aboveground biomass and diameter

3 paveiksle pavaizduotas antžeminės buko dalies – stiebo ir šakų biomasės priklausomybės modelis nuo skersmens. Didžiausią dalį biomasės sudaro stiebas, dėl šios priežasties grafikas panašus į pavaizduotą 1 paveiksle. Susumavus stiebo ir šakų biomasę matyti, kad taškai šiek tiek pasitūmėjo toliau kreivės, lyginant su 1 paveikslu, todėl čia ryšys su stiebu pakito nežymiai. Determinacijos koeficientai taip pat sumažėjo nežymiai, drėgnos antžeminės dalies biomasės R^2 gautas 0,9802, o orasausės R^2 – 0,9798.



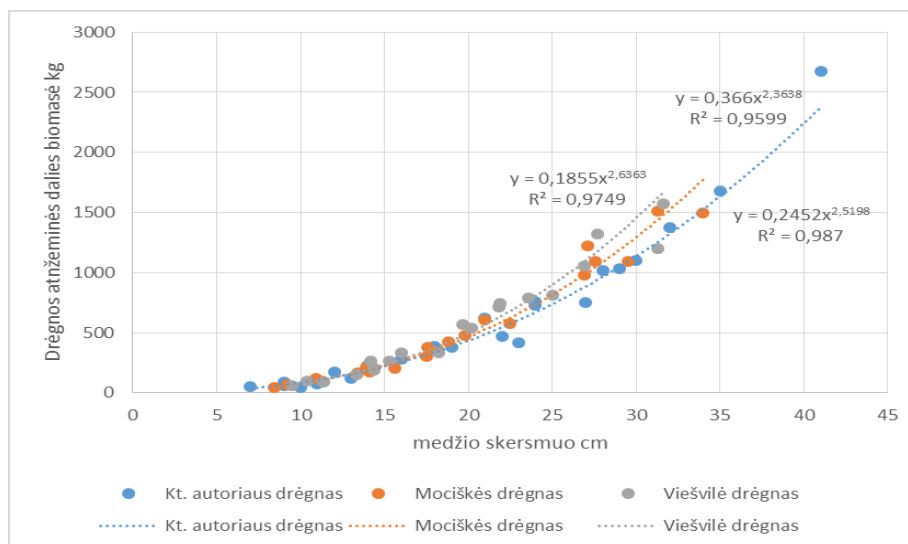
4 pav. Mociškių, Viešvilės tyrimų aikštelių ir kito autoriaus buko drėgno stiebo biomasės ryšys su skersmeniu
4 fig. Relationship between the biomass and the diameter of the wet stem of Mociškės, Viešvilė research sites and another author

4 paveiksle matyti Viešvilės, Mociškių tyrimų objektų bei kito autoriaus (Jaunasis mokslininkas, 2019), kurio duomenys buvo rinkti taip pat Mociškių tyrimų objekte, tik kitame sklype, modeliai. Matome, kad geriausias drėgno stiebo biomasės ryšys su skersmeniu buvo Mociškių tyrimų aikštelėje augusio buko, determinacijos koeficientas gautas $R^2 = 0,9875$, nežymiai silpnesnis ryšys nustatytas Viešvilės tyrimų objekto. Palyginus surinktus duomenis su kito autoriaus rezultatais, matyti, kad buko drėgno stiebo biomasės ryšys su skersmeniu šiuo atveju yra silpniausias, tačiau geras determinacijos koeficientas rodo, kad modelis pakankamai patikimas.



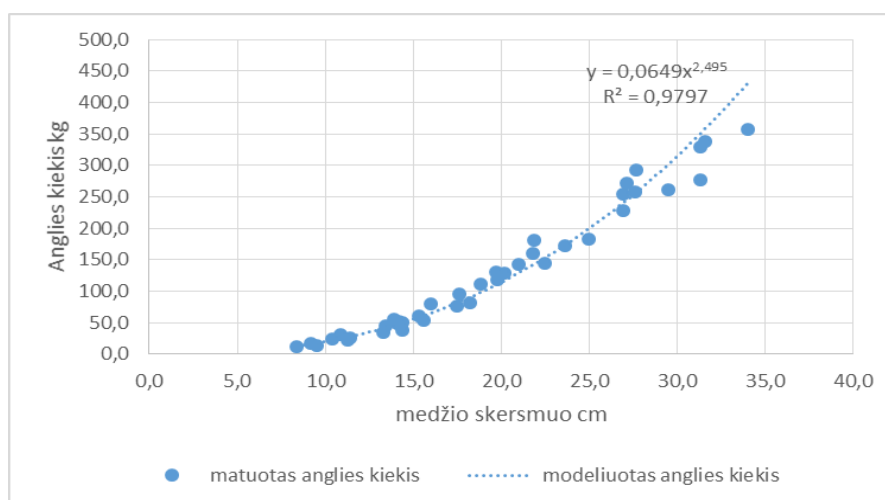
5 pav. Mociškių, Viešvilės tyrimų aikštelių ir kito autoriaus buko drėgnų šakų biomasės ryšys su skersmeniu
5 fig. Relationship between biomass and diameter of wet branches of Mociškės, Viešvilė research sites and another author

5 paveiksle matyti, kad geriausias drėgnų šakų biomasės ryšys su skersmeniu nustatytas taip pat, Mociškių tyrimų aikštelėje, determinacijos koeficientas $R^2 = 0,9034$. Silpnesni ryšiai gauti Viešvilės tyrimų objekto ir kito autoriaus modelio, čia determinacijos koeficientai nesiekia 0,9 ribos, tačiau pakankamai geri, tik stambių medžių taškai labiau nutolę nuo tendencijos kreivės.



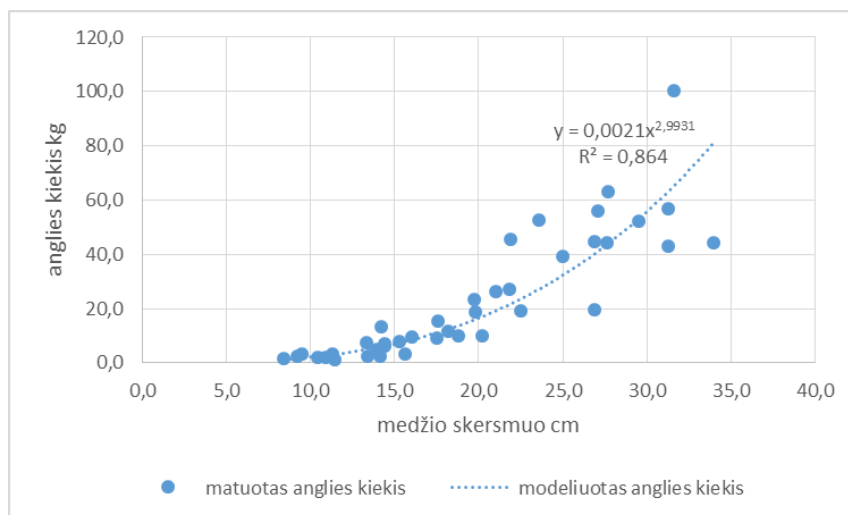
6 pav. Mociškių, Viešvilės tyrimų aikštelių ir kito autoriaus buko drėgnos antžeminės dalies biomasės ryšys su skersmeniu
6 fig. Relationship between the biomass of the wet above-ground part of the Mociškės, Viešvilė research sites and another author

6 paveiksle pavaizduotas buko drėgnos antžeminės biomasės ryšys su skersmeniu Mociškių, Viešvilės ir kito autoriaus tyrimų objektų. Geriausias modelis gautas vėl Mociškių tyrimų objekto, determinacijos koeficientas 0,987. Viso medžio biomasės ryšys su skersmeniu labai panašus kaip ir su stiebu, šiuo atveju antžeminės dalies modelis šiek tiek geresnis nei su stiebu, taškai nežymiai pasislinko link tendencijos kreivės.



7 pav. Buko stiebe sukauptos anglies kiekis
7 fig. Carbon storage in a beech stem

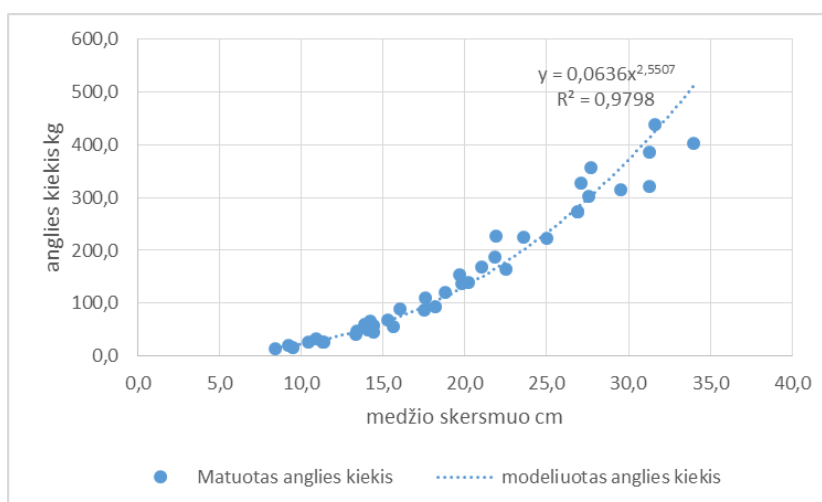
7 paveiksle pavaizduotas buko stiebe sukauptos anglies kiekis pagal Viešvilės ir Mociškių tyrimų objektų duomenis. Sukauptos anglies kiekis buvo apskaičiuojamas orasausę biomasę dauginant iš koeficiento 0,5. Apskaičiuavus sukauptą anglies kiekį skersmens modelio, nustatyta, kad , determinacijos koeficientas yra toks pats kaip ir 1 paveiksle pavaizduotame orasausio stiebo ir skersmens ryšį apibūdinančiame grafike, skiriasi tik regresinė lygtis. Daugiausia anglies stiebe sukauptė 508 numeriu paženklintas medis – 358 kg, jo skersmuo buvo didžiausias iš visų modelinių medžių. Mažiausiai anglies stiebe sukauptė ploniausias medis, pažymėtas 147 numeriu, – 12,6 kg. Visų 40 modelinių medžių stiebuose vidutiniškai buvo sukaupta po 131,6 kg anglies.



8 pav. Buko šakose sukauptos anglies kiekis

8 fig. Carbon storage in beech branches

8 paveiksle pavaizduotas buko šakose sukaupto anglies kiekio ryšys su skersmeniu. Gautas anglies kiekio lygties determinacijos koeficientas yra analogiškas orasausės šakų biomasės ir medžio skersmens ryšio determinacijos koeficientui, pavaizduotam 2 paveiksle, skiriasi tik regresinės lygties parametrai. Mažiausiai anglies šakose sukaupė 908 numeriu pažymėtas medis – 1 kg. Daugiausia anglies šakose sukaupė 705 numeriu pažymėtas medis – 100,5 kg. Medžiai, kurie šakose sukaupė didžiausią ar mažiausią kiekį anglies, nebuvo storiausi ar ploniausi, nes šakų biomasė ir jose kaupiamas anglies kiekis nėra visiškai nusakomas pagal skersmenį, įtakos daro medžio padėtis medyne. Vidutiniškai matuotų bukų šakose buvo sukaupama 22,9 kg anglies.



9 pav. Antžeminėje buko dalyje sukauptos anglies kiekis

9 fig. Carbon storage in the above-ground part of the beech

9 paveiksle pavaizduotas buko antžeminėje dalyje sukaupto anglies kiekio ryšys su skersmeniu. Matyti, kad grafike pavaizduota buko antžeminėje dalyje sukaupto anglies kiekio lygtis yra kaip ir ankstesniuose grafikuose paremta orasausės antžeminės dalies ryšiu su skersmeniu, determinacijos koeficientas identiškas kaip ir 3 paveiksle, skiriasi tik regresinė lygtis. Daugiausia anglies buvo sukaupta 705 numeriu pažymėtame medyje – 437,6 kg, o mažiausiai 147 numeriu pažymėtame medyje – 14,1 kg. Vidutiniškai iš visų matuotų medžių antžeminė buko dalis sukaupė 154,4 kg anglies.

Išvados

1. Atlikus tyrimą nustatyta, kad daugiausia biomasės stiebe buvo sukaupta storiausiame 508 nr. pažymėtame medyje, – 1316,1 kg, o mažiausiai ploniausiame, 147 nr. pažymėtame medyje – 43,3 kg, vidutiniškai iš matuotų medžių vienas stiebas užaugino 476,7 kg biomasės. Šakose daugiausia biomasės gauta 705 nr. pažymėtame medyje – 370,4 kg, o mažiausiai 908 nr. pažymėtame medyje – 4 kg, vidutiniškai medžių šakos užaugino 87,4 kg biomasės. Sudėjus stiebo ir šakų duomenis nustatyta, kad visoje antžeminėje dalyje daugiausia biomasės užaugino ne pats storiausias medis, pažymėtas 705 nr., jo biomasė siekė 1574,3 kg, o mažiausiai biomasės gauta iš ploniausio medžio, pažymėto 147 nr.– 48,7 kg, vidutiniškai vieno medžio antžeminėje dalyje gauta 564,1 kg biomasės.

2. Išdžiovinus medienos mėginius ir pritaikius medžiams gautą koeficientą tarp drėgno ir orasausio mėginio santykio, nustatyta, kad stiebe daugiausia orasausės biomasės gauta 716 kg, mažiausiai 25,2 kg, vidutiniškai stiebe 263,1 kg orasausės biomasės. Šakose orasausės biomasės daugiausia gauta 201 kg, mažiausiai – 2,1 kg, vidutiniškai šakose orasausės biomasės gauta 45,7 kg. Antžeminėje dalyje daugiausia orasausės biomasės gauta 875,8 kg, mažiausiai – 28,2 kg, vidutiniškai vieno medžio orasausė biomasė sudarė 308,8 kg.

3. Apskaičiuojant medžiuose sukauptą anglies kiekį, nustatyta, kad daugiausia anglies visoje antžeminėje medžio dalyje buvo sukaupta 437,6 kg, mažiausiai – 14,1 kg. Didžioji dalis anglies sukaupta medžio stiebe, gerokai mažesnę kiekį sukaupia šakos, ypač plonesnių medžių, augusių antrame arde.

4. Padarius biomasės priklausomybės modelius nuo skersmens, nustatyta, kad geriausių biomasės ryši su skersmeniu 1,3 m aukštyje turi stiebas, jo determinacijos koeficientas $R^2 = 0,9807$. Panašus ryšys gautas sumodeliavus priklausomybę nuo skersmens ir visos antžeminės buko dalies, determinacijos koeficientas $R^2 = 0,9802$. Mažiausiai glaudus ryšys gavosi tarp skersmens ir šakų biomasės, čia determinacijos koeficientas $R^2 = 0,8741$, jis pakankamai neblogas, tik prastesnis ryšys buvo storesnių medžių, nes dėl padėties medyje, mažesnės konkurencijos tarp medžių išvysto didesnis jų lajos vainikas.

5. Palyginus atskirų Viešvilės, Mociškių ir kito autoriaus tyrimų aikštelių duomenis ir padarius buko biomasės modelius, glaudžiausias ryšys visose trijose tyrimų aikštelėse gautas visos antžeminės medžio dalies, determinacijos koeficientai buvo šiek tiek geresni nei stiebo. Mažiausiai patikimi modeliai visose trijose aikštelėse gauti tiriant ryšį tarp skersmens ir šakų biomasės, determinacijos koeficientai buvo mažesni nei 0,9 arba nežymiai didesni. Todėl galima teigti, kad pagal buko skersmenį 1,3 m aukštyje galima gana tiksliai nustatyti stiebo ir viso medžio biomasę. Nustatant šakų biomasę pagal skersmenį gali būti didesnės paklaidos, ypač stambių medžių dėl aplinkos veiksnių.

Literatūra

1. Augustaitis A., Kliučius A., Marozas V., Pilkauskas M., Augustaitienė I., Vitas A., Staszewski T., Jansons A., Dreimanis A. 2015. Sensitivity of European beech trees to unfavorable environmental factors on the edge and outside of their distribution range in northeastern Europe. Vol. 9, pp. 259–269. Prieiga per internetą: <http://www.sisef.it/iforest/contents/?id=ifor1398-008>
2. Bolte A., Czajkowski T., Kompa T. 2007. The north-eastern distribution range of European beech — a review. *Forestry*, Vol. 80, 2007, P. 413–429. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/31498408_The_north-eastern_distribution_range_of_European_beech_-_A_review
3. Cienciala E., Černý M., Apłtauer J., Exnerová Z. 2005. Biomass functions applicable to European beech. *Journal of forest science*, Vol. 51 (4), p. 147–154. Prieiga per internetą: <https://www.agriculturejournals.cz/web/jfs.htm?volume=51&firstPage=147&type=publishedArticle>
4. Dutcă I., Zianis D., Petrit I., Bragă C., Stefan G., Yuste G., Petritan A. 2020. Allometric Biomass Models for European Beech and Silver Fir: Testing Approaches to Minimize the Demand for Site-Specific Biomass Observations. *Journal of forests*, p. 2–18. Prieiga per internetą: <https://www.mdpi.com/1999-4907/11/11/1136>
5. Studentų mokslinė konferencija „Jaunasis mokslininkas“ 2019, P. 10–17. Prieiga per internetą: <https://zua.vdu.lt/wp-content/uploads/2019/05/MEF-mokslini%C5%B3-sekcij%C5%B3-straipsni%C5%B3-rinkinys-JM-2019-m.-2019-05-27sm2.pdf>

BIOMASS STUDY OF COMMON BEECH (*FAGUS SYLVATICA* L.) IN MIXED PINE-BEECH STAND

Summary

During the research, the biomass of beech, which grew in the Jurbarkas regional subdivision of the State Forest Enterprise in Mociškės and Viešvilė forest districts, in mixed pine - beech stands, was determined. A total of 40 trees ranging in diameter from 8.4 cm to 34 cm were used in the study. The diameter of the trees under study was measured at a height of 1.3 m, after that the trees were cut down with saws. The stem and branches were weighed on an electronic scale on homemade device. After receiving the data, a relationship was found between the diameter and the individual parts of the tree. The amount of carbon stored in each aboveground part of the tree was also calculated. Stem biomass was found to be related to diameter. The link between diameter and branch biomass was poorer as thick trees develop large branches due to less competition and position in the stand. On average, 154.4 kg of carbon was stored in one tree.

Keywords: common beech, diameter, biomass, stem, branches, carbon