



Ģeotelpisko datu apstrādes algoritmu pielietošana plantāciju mežu veselības stāvokļa un oglekļa piesaistes prognozēšanai” īstenošanai un dalībai atbalsta pasākumā

Informācija par projekta īstenošanas gaitu 2025. gadā

1. Projektā plānoto darbību kopsavilkums (*jau paveiktais*)

Divu gadu laikā veikta padziļināta zinātniskās literatūras izpēte par koku stādījumu ierīkošanu lauksaimniecības zemēs, kā arī par stādījumu vitalitāti un produktivitāti ietekmējošajiem faktoriem. Papildus sagatavots literatūras pārskats par pētījumos pieejamo datu slāņu novērtēšanu un to pielietošanas iespējām stādījumu augšanas dinamikas un vitalitātes analizē (pieejams Latvijas Valsts mežzinātnes institūta “Silava” mājaslapā).

Izstrādāta lauka darbu metodika kokaudzju veselības stāvokļa novērtēšanai lauka apstākļos. Laika posmā no 2024. gada pavasara līdz 2025. gada rudenim apsekoti 565 no kopumā 600 parauglaukumiem, aprēķināti audzes raksturojošie taksācijas rādītāji un virsausgustuma bonitātes (*site index*) vērtības, izveidota datubāze ar attālās izpētes datiem un kartogrāfiskajiem materiāliem, kā arī aprēķināta virszemes biomasa, izmantojot Liepiņa (2009) izstrādātos koeficientus.

Nākamajā projekta īstenošanas gadā paredzēts nocirst 150 paraugkokus bērzu stādījumos, lai iegūtu detalizētus datus par biomasas uzkrāšanos pēc lauksaimniecības zemju apmežošanas.

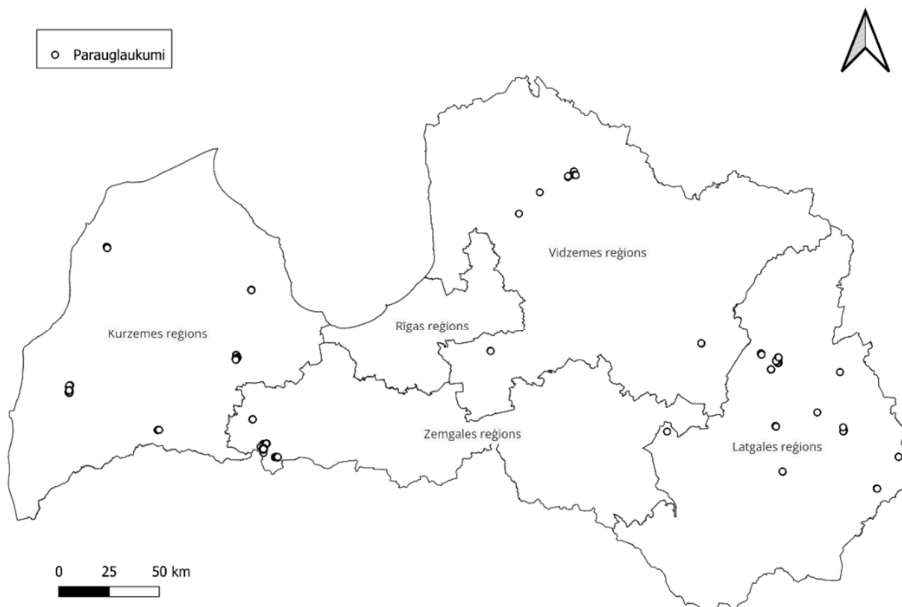
Pašlaik tiek veikta ievākto lauka datu apkopošana un kvalitātes pārbaude, kā arī sākotnējo mašīnmācīšanās modeļu testēšana.

Projekta rezultātu izplatīšanas un sabiedrības informēšanas nolūkā 2024. gada 26. novembrī Dobeles novada Ukru pagastā tika organizēts seminārs meža nozares profesionāļiem par bērzu stādījumu ierīkošanu un apsaimniekošanu. Savukārt 2025. gada 25. aprīlī pasākuma “Zināšanu dienas 2025” ietvaros notika seminārs “Bērzu plantāciju augšanu ietekmējošie faktori”. Tāpat 2024. gada 25. oktobrī televīzijas kanāla ReTV raidījumā “Atspēriens izaugsmei” tika demonstrēts sižets par Latvijas Valsts mežzinātnes institūta “Silava” jaunākajiem pētījumiem, tostarp par ģeotelpisko datu apstrādes algoritmu izmantošanu plantāciju mežu veselības stāvokļa novērtēšanā un oglekļa piesaistes analizē.

1.2. Datu ievākšanas metodika un provizorisks rezultāti

Divu gadu laikā apsekotas 85% no pieejamajām AS “Latvijas Finieris”, “Sodra” un privāto meža īpašnieku bērzu audzēm, kas stādītas uz bijušajām lauksaimniecības zemēm un ir vecākas par 5 gadiem. Divu gadu laikā ievākti dati no 565 parauglaukumiem (PL) (1. att.), mēģinot panākt, lai parauglaukumi nosedz iespējami daudzveidīgākus augšanas apstākļus visu Latvijas teritoriju.

Parauglaukumos mērīti visu koku caurmēri koku augstumi augstumlīknes konstruēšanai. Šobrīd ir aprēķināti audzes raksturojošie lielumi, izveidota datubāze ar ģeotelpiskajiem un kartogrāfiskajiem datiem (skat. 1. pielikumu) katram PL.



1. attēls. Lauksaimniecības zemēs stādīto bērzu parauglaukumu izvietojums Latvijas teritorijā

Apsekotās audzes bija vecuma diapazonā no 6 līdz 30 gadiem, bet lielākā daļa – vecumā ap 20 gadiem. Vidējais koku augstums bija 15 m, caurmērs – 14 cm, bet vidējā krāja uz hektāra – 70 m³ (1. tab.).

1. tabula

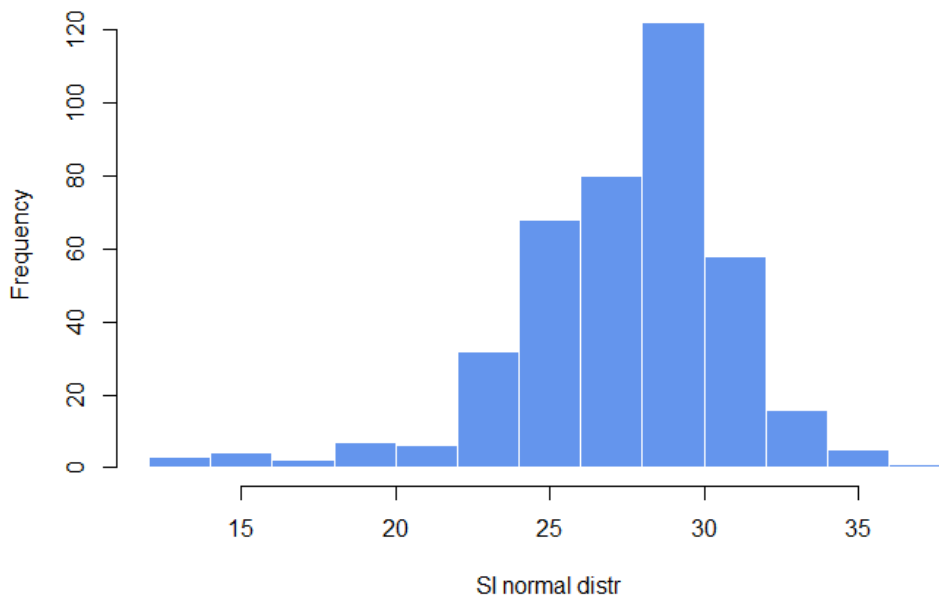
Lauksaimniecības zemēs audzēto bērzu vidējie rādītāji dalījumā pa Latvijas reģioniem

Reģions	Audzū skaits reģionā	Vecums, gadi	H, m	D, cm	M, m ³ ha ⁻¹
Latgale	189	19,34	15,5	14,0	74,6
Kurzeme	144	18,28	13,7	14,8	70,9
Vidzeme	48	21,77	12,9	14,4	43,4
Zemgale	183	21,19	15,1	15,9	72,4

2. Projekta rezultātu apraksts (projekta gaitā jau sasniegtie rezultāti)

2.1. Modeļa testēšana un provizoriskie rezultāti

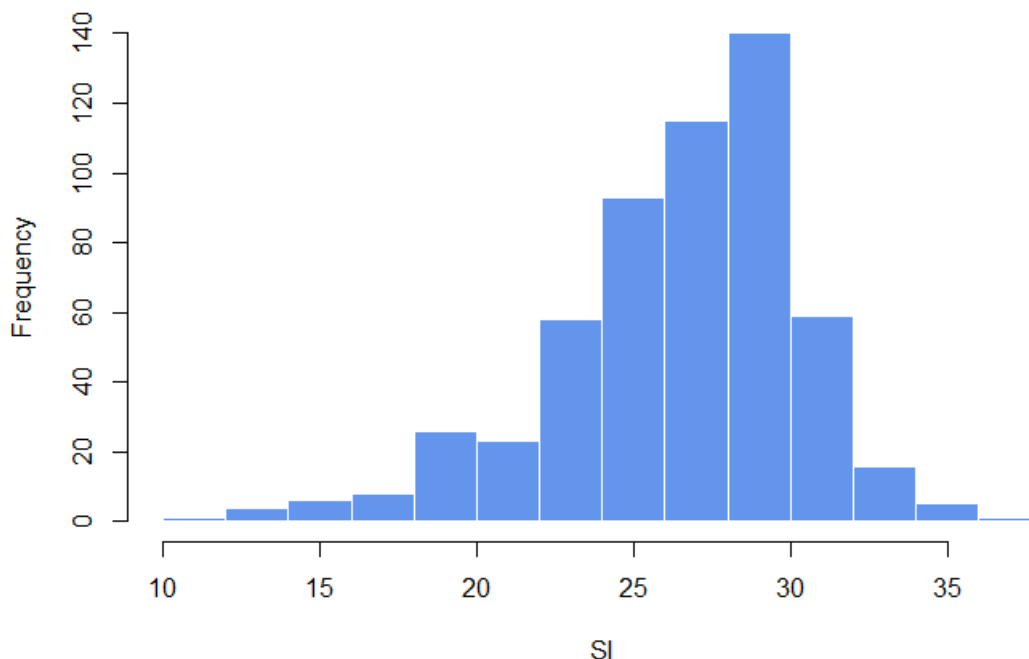
Šobrīd notiek ievākto datu apstrāde un pārbaude. 2024. gada rudenī, pēc ievākto datu sakārtošanas, bija redzams, ka virsaugstuma bonitāšu (*site index*) sadalījums nenosēd vienmērīgi visus augšanas apstākļus, kas, iespējams, ierobežos modelēšanas precizitāti (skat. 2. att.). Ideālā gadījumā ir vēlams, lai visas bonitāšu grupas būtu pārstāvētas proporcionāli līdzīgi. Tomēr, ņemot vērā to, ka bērzi ir stādīti bijušajās lauksaimniecības platībās, kurās dominē relatīvi auglīgas augsnes, ievāktajos datos dominē augstākas bonitātes.



2. attēls. **Parauglaukumu dalījums virsaugstuma bonitāšu grupās pēc 2024. gada datu ievākšanas sezonas**

2025. gada vasarā tika koriģēta potenciālo audžu apsekošanas metodika, mēģinot atlasīt zemākas produktivitātes bērzu stādījumus – mitras vietas, mazauglīgas mālsmiltis un organiskās augsnes, kā arī ierīkot parauglaukumus platībās, kur bērzu augstums acīmredzami ir zemāks, salīdzinot ar audzes vidējo augstumu. Pēc jauno datu ievākšanas ir izdevies iegūt vairāk datu augšanas apstākļos, kur bērzu produktivitāte ir zemāka, tomēr joprojām nav izdevies pilnībā panākt proporcionalitāti starp bonitāšu grupām (3. att.). Projekta turpinājumā paredzēts turpināt selektīvi atlasīt bērzu stādījumus mazāk auglīgās vietās, lai nodrošinātu datu lielāku izkliedi, kas atvieglotu modeļa izveidi un validāciju.

Apsekojot lielāko daļu “Latvijas Finiera” un “Sodras” meža īpašumus, ir izaicinoši ievākt datus ar zemākām virsaugstuma bonitātēm, jo šo uzņēmumu mežos notiek savlaicīga un intensīva meža apsaimniekošana – vecumā ap 20 gadiem bērzam jau ir veikta pirmā krājas kopšana, kur nekvalitatīvie un augšanā atpalikuši koki ir izzāģēti, padarot audzes viendabīgākas.



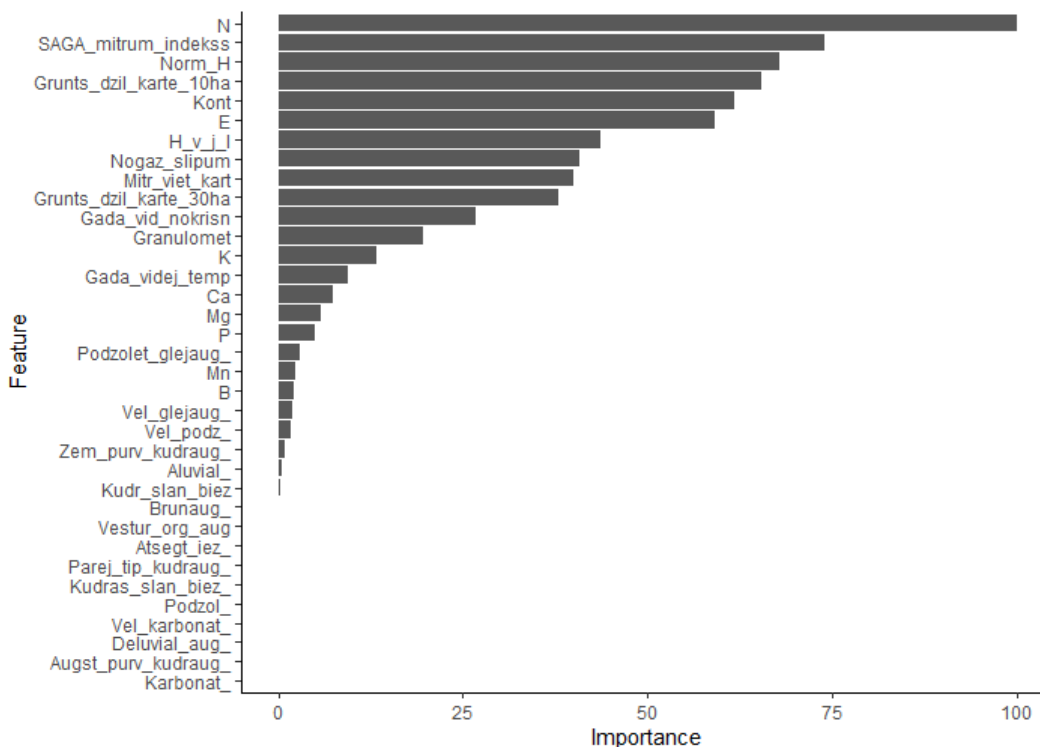
3. attēls. Ierīkotie parauglaukumi dalījumā pa virsaugstuma bonitātēm pēc datu ievākšanas 2025. gadā

Bērzu stādījumu produktivitātes raksturošanai mūsu pētījumā izmantotas virsaugstuma bonitātes. Šis rādītājs ļauj prognozēt koku augstumu bāzes vecumā (bērzam 50 gadi). Tas nozīmē, ka, parauglaukumos koros aprēķinātā virsaugstuma bonitāte ir 35, ir prognozējams, ka koku virsaugstums 50 gadu vecumā būs 35 metri. Šis parametrs ļauj novērtēt un salīdzināt audzes produktivitāti dažādos vecumos.

Pētījumā paredzēts izveidot modeli, kurš ļaus prognozēt bērzu augšanas gaitu atkarībā no mums pieejamajiem vides faktoriem. Modelēšanai izvēlēts XGBoost (xgbTree) modelis (4. att.), kas ļauj prognozēt atkarīgās pazīmes variēšanu arī pie liela testēto faktoru skaita pat gadījumos, ja daudzu faktoru ietekme nav būtiska vai arī tie ir savstarpēji korelējoši un nelineāri. XGBoost (*eXtreme Gradient Boosting*) ir viens no populārākajiem un jaudīgākajiem mašīnmācīšanās modeļiem, kas balstās uz gradienta pastiprināšanu ar lēmumu kokiem (*gradient boosted decision trees*). Tas īpaši labi strādā ar tabulāriem datiem, kādi ir apkopoti mūsu pētījumā.

Modelis sastāv no secīgi būvētām lēmumu pieņemšanas shēmām, kur katra nākamā shēma mērķē uz iepriekšējās shēmas kļūdām (*residuals*), tādējādi uzlabojot prognožu precizitāti. XGBoost modelis arī ļauj novērtēt mainīgo nozīmīgumu un identificēt galvenos faktorus, kas visvairāk ietekmē rezultātu, un to var izmantot gan regresijai, gan klasifikācijai, padarot to par daudzpusīgu un efektīvu rīku datu analīzē un lēmumu pieņemšanā.

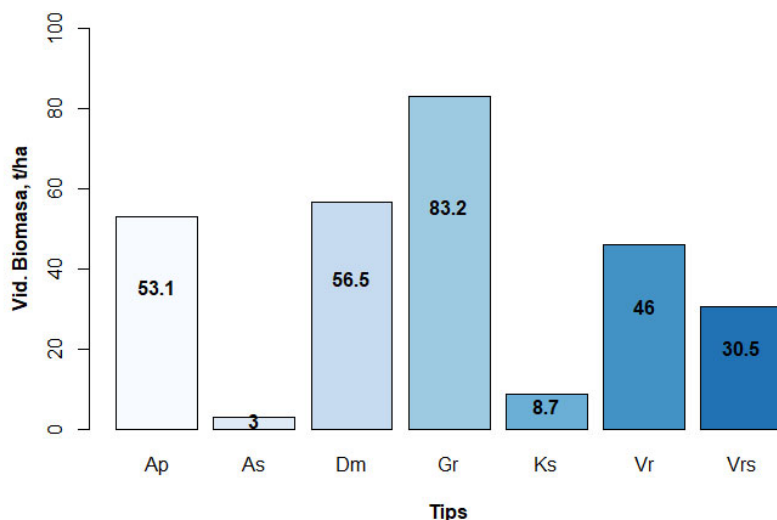
Izmantojot modelēšanas rezultātus, ir iespējams saprast, kādi faktori labāk vai sliktāk spēj izskaidrot (prognozēt) virsaugstuma bonitātes. Šobrīd notiek datu interpretācija un jaunu datu iekļaušana modelī, kuru pielietošana, iespējams, ļautu uzlabot modeļa precizitāti.



4. attēls. *XgbTree* modelis ar atspoguļotām vērtībām pēc svarīguma

2.2. Koku biomasas novērtējums bērzu stādījumos

Biomasas apjoma novērtēšana bērzu stādījumos bijušajās lauksaimniecības zemēs Latvijā ir būtiska gan no mežsaimnieciskā, gan no klimata politikas un tautsaimniecības viedokļa. Šādi stādījumi pēdējo desmitgažu laikā ir kļuvuši par nozīmīgu zemes izmantošanas veidu, nodrošinot ātraudzīgas koksnes resursus un veicinot lauksaimniecībā neizmantotu platību ilgtspējīgu apsaimniekošanu. Precīzs biomasas novērtējums ļauj objektīvi raksturot šo stādījumu produktivitāti, prognozēt potenciālo koksnes ieguvu un pamatot apsaimniekošanas lēmumus, tostarp retināšanas un rotācijas vecuma izvēli. Vienlaikus biomasas dati ir būtiski oglekļa uzkrājuma un piesaistes novērtēšanai, kas ir īpaši svarīgi Latvijas saistību kontekstā klimata pārmaiņu mazināšanā un ZIZIMM sektora uzskaitē. Turklāt šāda informācija sniedz zinātnisku pamatu bioekonomikas attīstībai, atjaunojamās enerģijas resursu plānošanai un zemes izmantošanas politikas izvērtēšanai bijušajās lauksaimniecības teritorijās.

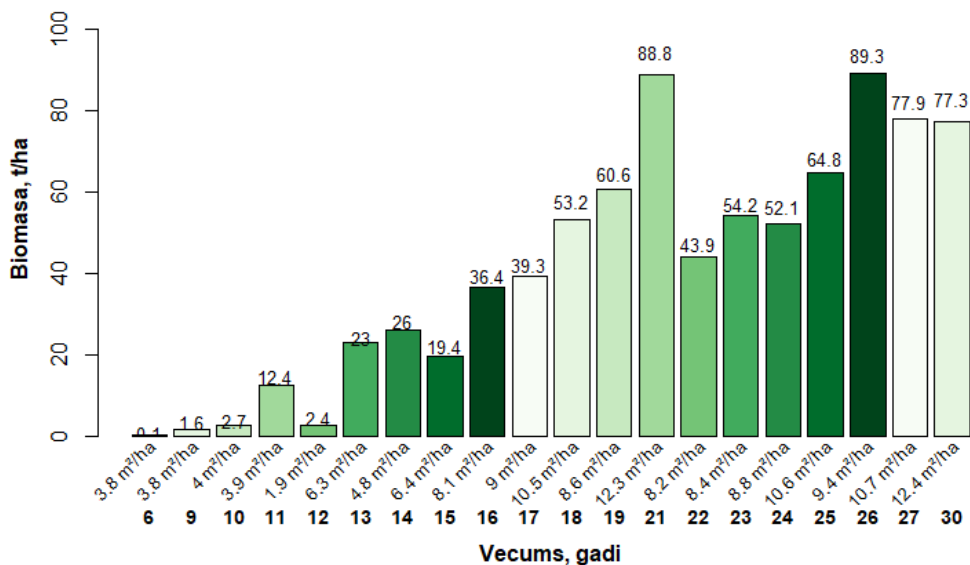


4. attēls. **Biomases daudzums bērzu audzēs dažādos meža tipos**

Virszemes biomasas novērtēšanā pielietoti Latvijā adaptēti individuālie koku vienādojumi (Liepiņš et al., 2018), aprēķini veikti, balstoties uz 2024. un 2025. gada ievāktajiem datiem no 565 parauglaukiem.

Biomases sadalījums pa meža tiptiem (4. att.) rāda, ka vislielākais bērzu audžu biomasas apjoms konstatēts gāršā (Gr), kur vidējā vērtība sasniedz 83 t ha^{-1} . Ārenī (Ap) un damaksnī (Dm) iegūtie rādītāji ir līdzīgi – attiecīgi 53 un 57 t ha^{-1} . Savukārt vērī (Vr) un slapajā vērī (Vrs) biomasas apjoms pārsniedz 30 t ha^{-1} , kamēr viszemākās vērtības novērotas šaurlapju ārenī (As) un šaurlapju kūdrenī (Ks). Šīs atšķirības var būt saistītas ar meža tipu īpatnībām, tostarp augsnes fizikālajām un ķīmiskajām īpašībām, mitruma režīmu, kā arī mežaudzes struktūru. Iegūtie rezultāti uzsver meža tipa nozīmīgo ietekmi uz biomasas uzkrāšanos un oglekļa piesaisti, kā arī sniedz pamatu turpmākai meža apsaimniekošanas stratēģiju plānošanai klimata pārmaiņu mazināšanas kontekstā.

Biomases dinamika dažādās vecuma grupās (5. att.) liecina par tās pieaugumu līdz ar audžu vecuma un šķērslaukuma palielināšanos. Augstākais vidējais biomasas apjoms konstatēts 21 gada vecumā (89 t ha^{-1}), pēc kura novērojams samazinājums līdz 43 t ha^{-1} , kam seko atkārtots pakāpenisks pieaugums. Šī dinamika skaidrojama ar šķērslaukuma samazināšanos pēc krājas kopšanas cirtēm, kuras stādītajās bērzu audzēs tipiski veic pēc 20 gadu vecuma. Vienlaikus 27 un 30 gadu vecuma grupās atkārtoti novērots biomasas kritums. Jāatzīmē, ka šajā analīzē izmantoti vidējie rādītāji, un konstatētās svārstības var būt saistītas ar mazāku paraugu skaitu attiecīgajās vecuma grupās, salīdzinot ar jaunākām audzēm. Līdz ar to papildu datu ievākšana vecākās bērzu audzēs būtu ieteicama, lai precizētu biomasas izmaiņu tendences.



5. attēls. Biomasa daudzums dažādos vecumos bērzu audzēs
(pievienots vid. $G \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ attiecīgajā vecumā)

3. Papildu informācija (ja aktuāli, tai skaitā atziņas)

4. Projekta audiovizuālais materiāls (norāda jebkuru audiovizuālu un citu materiālu, kas izstrādāti projekta ietvaros praktizējošiem speciālistiem un galalietotājiem. Tie var būt videoklipi, fotoattēli, podkāsti utt. vai saite uz sociālajiem medijiem)

Projekta īstenošanas laikā īpaša uzmanība tika pievērsta projekta uzdevumu un plānoto rezultātu publicitātei, kā arī sabiedrības informēšanai. 2024. gada 26. novembrī Dobeles novada Ukru pagastā tika organizēts seminārs meža nozares profesionāļiem par bērzu stādījumu ierīkošanu un apsaimniekošanu. Savukārt 2025. gada 25. aprīlī pasākuma “Zināšanu dienas 2025” ietvaros notika seminārs “Bērzu plantāciju augšanu ietekmējošie faktori”.

Tāpat 2024. gada 25. oktobrī televīzijas kanāla ReTV raidījumā “Atspēriens izaugsmei” tika demonstrēts sižets par Latvijas Valsts mežzinātnes institūta “Silava” jaunākajiem pētījumiem, tostarp par ģeotelpisko datu apstrādes algoritmu izmantošanu plantāciju mežu veselības stāvokļa novērtēšanā un oglekļa piesaistes analīzē.



Pielikumi

1. pielikums

Ievākto ģeotelpisko un kartogrāfisko datu saīsinājumi un skaidrojumi

Saīsinājums	Skaidrojums
N	Norāda platumu uz ziemeļiem no ekvatora
E	Norāda garumu uz austrumiem no Griničas meridiāna
Vel podz	Velēnu podzolaugsne
Podzol	Podzolaugsne
Vel karb	Velēnu karbonātaugsne
Brūnaug	Brūnaugsne
Karbonat	Karbonātaugsne
Vel glejaug	Velēnu glejaugsne
Podzolet glejaug	Podzolētā glejaugsne
Aluvial	Aluviālā augsne
Zem purv kudraug	Zemā purva kūdraugsne
Parej tip kudraug	Pārejas tipa kūdraugsne
Augst purv kudraug	Augstā purva kūdraugsne
Atsegt iez	Atsegtie ieži
Deluvial aug	Deluviālā augsne
Granulomet	Granulometriskais sastāvs (no rupjāka uz smalkāku)
P	Ķīm. elem. Fosfors
Mn	Ķīm. elem. Mangāns
Mg	Ķīm. elem. Magnijs
K	Ķīm. elem. Kālijs
Ca	Ķīm. elem. Kalcijs
B	Ķīm. elem. Bors
Gada videj temp	Gada vidējā temperatūra
Gada vid nokrisn	Gada vidējie nokrišņi
Grunts dzil karte 10ha	Gruntsūdens dziļuma karte (10 ha)
Kudr slan biez 20	Kūdras slāņa biezuma klase (0, 0–20 cm un virs 20 cm)
Vestur org aug	Vēsturiskās organiskās augsnes (bināri)
Kudras slan biez 30	Kūdras slāņa biezuma klase (0, 0–30 cm un virs 30 cm)
SAGA mitrum indekss	SAGA mitruma indekss
Norm H	Normalizēts augstums
H v j l	Augstums virs jūras līmeņa
Mitr viet karte	Mitro vietu karte
Nogaz slipum	Nogāzes slīpums
Kont	Kontinentalitāte
Grunts dzil karte 30ha	Gruntsūdens dziļuma karte (30 ha)

Izmantotās literatūras avotu saraksts

Liepiņš J. (2019). *Kokaudžu biomasas noteikšanas metodikas izstrāde un oglekļa uzkrājuma aprēķini Latvijā*. Latvijas Valsts mežzinātnes institūts “Silava”.