



PĒTĪJUMA PĀRSKATS

PĒTĪJUMA
NOSAUKUMS:

Veco mežu loma klimata pārmaiņu mazināšanā:
informācija Latvijas un Eiropas Savienības meža un
saistīto nozaru politiku veidotājiem

IZPILDES LAIKS:

15.03.2023.–30.11.2023.

IZPILDĪTĀJS:

Latvijas Valsts mežzinātnes institūts “Silava”

PĒTĪJUMA VADĪTĀJS:

Daiga Zute, LVMI “Silava” pētniece

Salaspils, 2023

Kopsavilkums

Zinātniskais pētījums: **Veco mežu loma klimata pārmaiņu mazināšanā: informācija Latvijas un Eiropas Savienības meža un saistīto nozaru politikai veidotājiem**

Izpildes laiks: 15.03.2023.–30.11.2023.

Izpildītājs: Latvijas Valsts mežzinātnes institūts “Silava”

Pētījuma zinātniskais vadītājs: Daiga Zute

Projekts Nr. 23-00-S0INZ03-000004

Pētījuma mērķis – Sagatavot informāciju Latvijas un Eiropas Savienības meža politikas veidotājiem par veco mežaudžu un veco mežu attīstības dinamiku un lomu dažādu ES un nacionālo politiku kontekstā un nodrošināt tās izplatīšanu šo politikai veidotājiem.

Pētījuma uzdevumi:

- 1) Informācijas sagatavošana un nodošana Latvijas lēmumu pieņēmējiem un ieinteresētajām pusēm, t.sk. starptautiska konference Ziemeļvalstu- un Baltijas valstu meža nozares ekspertiem.
- 2) Starptautiskā sadarbība ar meža nozares pārstāvjiem un pētnieciskajiem institūtiem, kā arī Eiropas Komisijas pārstāvjiem.
- 3) Parauglaukumu ierīkošana mežā vecās bērza audzēs, lai raksturotu mikrodzīvotnes kā vienu no bioloģiskas daudzveidības indikatoriem.
- 4) Veco mežu identificēšana un raksturošana ar attālās izpētes pieeju, izstrādājot pieejas veco mežu un veco mežaudžu diferencēšanai skuju koku audzēs.

Meža politikas veidotājiem ir būtiski iegūt zinātniski pamatotu informāciju par veco mežaudžu un veco mežu attīstības dinamiku, gan nacionālo, gan ES un politiku izstrādes kontekstā. Pieņemot lēmumus par zemes lietošanai nosakāmiem mērķiem, būtiski balstīties uz verificētu zinātnisku informāciju. Palielinoties zemes platībām bez saimnieciskās darbības, pieaug arī veco mežu teritorija, un ir nozīmīgi apzināt šīs tendences ilgtermiņa ietekmi uz oglekļa uzkrājumu gan mežā.

Vecu audžu vispusīgai raksturošanai būtiski ir iegūt empīriskus datus. Pētījuma ietvaros iegūti dati par šo audžu nozīmi bioloģiskās daudzveidības (BD) kontekstā. Viens no nozīmīgiem BD indikatoriem ir mežaudzēs sastopamās dzīvotnes. Projekta ietvaros tika apskatītas āra bērza (*Betula pendula*) audzes. Veikta datu analīze un iegūti secinājumi par dzīvotņu sastopamību un izplatību āra bērza audzēs Latvijā. Papildus tradicionālajām empīriskajām datu ieguves metodēm veco mežaudžu identificēšanai un raksturošanai, tika izmantotas attālās izpētes metodes. LVMI “Silava” darbā ar veco mežu datiem izmantoja mašīnācīšanās algoritmus, veco mežu identifikācijai pielietojot un attīstot konvolūciju tīklu modeļus.

Projekta secinājumi Latvijas un ES meža politikas veidotājiem balstīti uz empīriskiem datiem, attālo izpēti, kā arī realizēto starptautisko (īpaši – Ziemeļeiropas) zinātnisko sadarbību, turpinot un paplašinot Meža attīstības fonda (MAF) projektu (21-00-S0MF10-000019) un (22-00-S0MF10-000045). Pētījumā iegūtās zinātniskās atziņas sniegtas gan Latvijas ministrijām: Zemkopības ministrijai un Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrijai, Klimata un enerģētikas ministrijai, gan Eiropas Komisijai, kā arī meža nozares interešu grupām un Eiropas meža nozares ekspertiem.

Saturs

1. Informācijas sniegšana Latvijas un Eiropas Savienības lēmumu pieņemējiem.....	4
1.1. Starptautiskā konference	4
1.2. Eiropas Klimata Pakta vēstnieka un citi informatīvi pasākumi	8
2. Starptautiskā sadarbība ar meža nozares pārstāvjiem un pētnieciskajiem institūtiem.....	9
3. Datu ievākšana un analīze.....	16
3.1. Parauglaukumu ierīkošana	16
3.2. Attālās izpētes datu analīze	32
4. Secinājumi.....	34
Izmantotā literatūra	35

1. Informācijas sagatavošana un nodošana Latvijas lēmumu pieņēmējiem un Eiropas Komisijai

Pētījuma mērķis *“sagatavot informāciju Latvijas un Eiropas Savienības (ES) meža politikas veidotājiem par veco mežaudžu un veco mežu attīstības dinamiku un lomu dažādu ES un nacionālo politiku kontekstā un nodrošināt tās izplatīšanu šo politiku veidotājiem”* tika sasniegts, gan organizējot zinātnisku konferenci un seminārus, gan sadarbojoties ar Eiropas zinātniskajām institūcijām, analizējot jaunākas publikācijas par veciem mežiem Eiropa, kā arī ievācot empīrisko materiālu (lauka darbi Latvijas mežos) un uzsākot veco mežu analīzi ar attālās izpētes metodēm, turpinot un paplašinot 2021. gadā uzsākto MAF projektu (Nr. 21-00-SOMF10-000019).

Projekta ietvaros tika īstenota dalība trijos informatīvos pasākumos: organizēta starptautiska konference *“Old-growth forests in the context of climate policy: what is and what is not an old-growth forest?”* (Vecie meži klimata politikas kontekstā: kas ir un kas nav vecs mežs?) (12.-13.11.2023.), dalība LMSP 8. konferencē *“Izmaiņas un risinājumi vides politikā ilgtspējīgai, klimatneitrālai ekonomikas attīstībai”* (23.11.2023.) un LVMI *“Silava”* pētnieces D. Zutes dalība Eiropas Klimata pakta vēstnieka statusā sabiedrības informēšanas pasākumā *“Zaļā klase”* (7.09.2023.).

1.1. Starptautiska konference “Old-growth forests in the context of climate policy” (Veci meži klimata politikas kontekstā)

Kā projekta centrālais pasākums tika organizēta starptautiska konference *“Old-growth forests in the context of climate policy”* Veci meži klimata politikas kontekstā (12-13.10.2023.). Konference pulcēja 87 dalībniekus, tostarp gan zinātniekus, gan ministriju pārstāvjus, gan līdzīgas tematikas starptautisku projektu dalībniekus. Konference aptvēra dalībniekus no 15 valstīm, pārstāvot gandrīz visus Eiropas reģionus. Konferences dalībniekiem bija iespēja dzirdēt ziņojumus no vadošajiem Eiropas veco mežu izpētes ekspertiem, tostarp prof. K.Vandekerkhove (Beļģija) un prof. F.S. Sabatini (Itālija).




1.att. Starptautiskās konferences atklāšana. Ā.Jansons (LVMI “Silava”) un D.Zute (LVMI “SILAVA”)

Starptautiskā konference

"Vecie meži klimata politikas kontekstā: kas ir un kas nav vecs mežs?" (Old-growth forests in the context of climate policy: what is and what is not an old-growth forest? (12.-13.10.2023.))



- 87 dalībnieki no 15 Eiropas valstīm;
- konferencē piedalījās visu 3 meža un klimata politikas saistīto ministriju pārstāvji: ZM, KEM un VARAM;
- Iesaistītie Eiropas projekti: Horizon Europe projekts SUPERB,
- Horizon Europe projekts FORWARDS,
- SNS projekts PROFOR,
- LIFE projekts PROGNOSES.
- Pasākums atspoguļots presē: preses relīze (Horizon Europe projekts SUPERB, 29.09.2023.) Preses relīze (Horizon Europe projekts FORWARDS, 09.2023), LVMI Silava mājas lapā (6.09.2023).

"Old-growth forests in the context of climate policy: what is and what is not an old-growth forest?"	
International conference	
Date: October 12-13, 2023	
10:30 am – 16:30 pm (EET); 9:30 am – 15:30 pm (CET), hybrid	
Co-organized by Latvian State Forest Research Institute Silava (Latvia) and Horizon Europe project FORWARDS www.horizon.eu/forwards	
AGENDA	
	
October 12	
CET TIME	
9:00 (20 min)	Coffee
9:30 (20 min)	Welcome and Introduction to the project Dr.sib. Aris Jansons, Director Latvian State Forest Research Institute Silava, Latvia
9:50 (10 min)	Towards strict protection of primary and old-growth forests in the EU PhD Jose I. Barredo, Scientific Officer at European Commission Joint Research Centre
10:10 (20 min)	Old-growth forests in Europe: research progress and gaps Asst. Prof. Francesco M. Salsani, University of Bologna, Italy
10:30 (20 min)	Old-growth forests in Latvia. Dr.sib. Aris Jansons Latvian State Forest Research Institute Silava, Latvia
10:50 (20 min)	Defining old-growth forest indicators Dr. Kris Tanselkhorne, representative of the LIFE-PROGNOSES project, Researcher at The Research Institute for Nature and Forest (INBO), Belgium

11:10 (20 min)	Old-growth forests – C sequestration inference from N budgets Prof. Per Gundersen, University of Copenhagen, Denmark
11:30 (20 min)	Q/A session
11:50 (40 min)	Lunch break
12:30 (20 min)	Many aspects of old-growth forests. Dagsa Zute Researcher at Latvian State Forest Research Institute Silava, Latvia
12:50 (20 min)	Old-growth forests in Norway and integration of forest naturalness into ecosystem mapping. Eivind Handegard PhD candidate, The Norwegian Institute of Bioeconomy Research (NIBIO), Norway
13:10 (20 min)	The carbon balance of old-growth forests in Finland Jouko Alpiö, Senior research scientist, Finnish Environment Institute, Finland
13:30 (20 min)	Old-growth forests in Italy University of Molise, Italy (ibc)
13:50 (20 min)	The protection status of primary and old-growth forest in the EU & implications for strict protection targets under the Biodiversity Strategy 2030 PhD Jutta Baker, research scholar at International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Austria
14:10 (20 min)	Research networks for science and policy dialogue Horizon Europe projects: FORWARDS
Panel discussion	
14:20 – 15:20	Mr. Marco Onda, Team Leader Forest, DG Environment, European Commission Mr. Jose I. Barredo, Scientific Officer, European Commission, Joint Research Centre Mr. Todor Stancov, Professor at Trnava University of Brno, Romania Mr. Aris Jansons, Senior researcher at Latvian State Forest Research Institute Silava, Latvia Mrs. Jutta Baker, Research scholar at International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Austria Mr. Eivind Handegard, the Norwegian Institute of Bioeconomy Research (NIBIO), Norway
15:30 (10 min)	Concluding remarks

2. att. Starptautiskās konferences dienas kārtība

Latvijai projekts sniedza iespēju dalīties ar savām atziņām par veco mežu izpēti starptautiskā arēnā. Uzstājoties starptautiskajā konferencē, LVMI “Silava” prezentēja Latvijas jaunākās atziņas vecu mežu izpētē: Ā.Jansons uzstājās ar ziņojumu Old-growth forests in Latvia. D.Zute uzstājās ar ziņojumu “Many aspects of old-growth forests”.

Konferences ietvaros dalībniekiem pasākuma 2.dienā tika organizēta meža objektu apskate, iepazīstinot gan Latvijas, gan ārvalstu dalībniekus ar jaunākajiem LVMI Silava pētījuma rezultātiem (3.-5.att).



3. att. Konference ietvaros organizētā diskusijas meža objektos. Kristiina Palm-Hellenurm (Igaunijas Dzīvības zinātņu universitāte) stenda referāts.

Stenda referātu sesijā LVMI "Silava" pētnieki prezentēja šādus referātus:

- Jaunslaviete I., Liepiņš J., Bleive A., Zaķe L., Sarkanābols T., Fjodorovs E., Donis J., Samariks V., Jansons Ā. The occurrence and effect of the stem rot on wood basic density in European aspen (*Populus tremula*);
- Zute D., Krišāns O., Jansons Ā. New Forest Management Approaches: Climate-Smart Forestry by Horizon Europe Project FORWARDS;
- Bičkovskis K., Šņepsts G., Liepiņš J., Lazdiņš A., Donis J., Jansons Ā. Forest and water: effect on carbon storage;
- Samariks V., Ķēniņa L., Kitenberga M., Liepiņa A., Lele A., Riekstiņa K., Jansons Ā. The long-term effect of forest drainage on fine roots in hemiboreal Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) dominated forested peatlands.

Zinātniskā diskusija starptautiskās konferences ietvaros aptvēra jautājumu loku, kas attiecas gan uz vecu mežu identificēšanu, monitoringu, gan grūtībām saistībā ar veco mežu definīcijas noteikšanu, ņemot vērā to, ka vienlaicīgi iespējamas vairākas pieejas veco mežu un veco mežaudžu definēšanā. Ņemot vērā to, ka vecu mežu definīcija un attiecīgie iespējamie indikatori tiek diskutēti katrā no ES dalībvalstīm atsevišķi, citu valstu metodikas piemēri ir nozīmīgi pieredzes apmaiņas kontekstā un turpmākajā darbā pie konkrētas pieejas izstrādes Latvijā



4. att. Konference ietvaros organizētā diskusijas meža objektos. No kreisās: Kristiina Palm-Hellenurm (Igaunijas Dzīvības zinātņu universitāte), E.Handegard NIBIO institūts (Norvēģija).



5. att. Konference ietvaros organizētā diskusijas meža objektos. LVMI “Silava” vadošais pētnieks Ā.Jansons stāsta par meža aizsardzības līdzekļiem.

Sadarbība starp Latvijas un Eiropas zinātniskajiem institūtiem gan ES projektu ietvaros, gan citos formātos ir būtiska, lai turpinātu veco mežu izpēti un sekmīgi veiktu Eiropas

Komisijas iecerēto Eiropas veco mežu kartēšanu 2030. gadā. Ņemot vērā to, ka uz 2022. gadu dati par vecām mežaudzēm ir Eiropā ir maz apzināti un nenotiek to sistemātisks monitorings, Eiropā nav iegūta pietiekoša izpratne par vecu mežu lomu klimata politikas kontekstā. Zinātniskā sadarbība Eiropas līmenī veicinātu EK klimata un bioloģiskās daudzveidības mērķu iespējami labāku īstenošanu nacionālā līmenī, balstoties jau jaunākajiem zinātniskās izpētes rezultātiem.

Konferences organizēšana, piesaistot diskusijā par veciem mežiem Eiropas valstu zinātniskos institūtus, veicina ne tikai Latvijas sadarbību zinātnēs jomā, bet arī starptautisko atpazīstamību. Efektīvas sadarbības rezultātu apliecina starptautiskas konferences plašā dalība. Pēc konferences izveidoti ciešāki kontakti ar vairākiem Eiropas zinātniskajiem institūtiem, tostarp uzsākti sadarbības projekti (tuvāka informācija sniegta 2.nodaļā).

1.5. Eiropas Klimata Pakta vēstnieka un citi informatīvi pasākumi

Projekta ietvaros tika paredzēta Eiropas Klimata Pakta vēstnieka iniciatīvu integrēšana un saskaņošana ar projekta mērķi, lielāku uzmanību veltot tieši veco mežu jautājumiem. LVMI “Silava” pētniece D. Zute apstiprināta Latvijas Eiropas Klimata Pakta vēstnieka statusā kopš 2021. gada, un regulāri piedalās sabiedrības informēšanas pasākumos attiecībā uz klimata pārmaiņām un meža ekosistēmām. Aktuālākās informācijas nodošana lēmumu pieņēmējiem un sabiedrībai nacionālā mērogā veikta, t.sk. ar dalību Eiropas Klimata Pakta vēstnieka iniciatīvā.



6. att. LVMI “Silava” pētniece D. Zute Eiropas Klimata pakta vēstnieka statusā sabiedrības informēšanas pasākumos stāsta par vecu mežu un klimata jautājumiem

D. Zute piedalījās LVMI “Silava” stendā “Latvijas Finiera” organizētajā pasākumā “Zaļā klase” (7.09.2023.). 2023.gadā meža nozares izglītības pasākums "Latvijas Finiera" Zaļā klase Rēzeknes novada Vērēmu pagasta "Sarkanakalnā" tika pārstāvētas 172 klases no 30 skolām - 2000 pamatskolas klašu skolēnus. “Zaļā klase” ir ikgadēja tradīcija, sākoties mācību gadam, vienuviet pulcēt Latgales reģiona jauniešus un ar meža nozari, izglītību un valsts aizsardzību saistītus uzņēmumu un organizāciju profesionāļus, sniedzot iespēju skolēniem iegūt teorētiskas un praktiskas zināšanas par dažādiem ar Latvijas zemes apsaimniekošanu saistītiem procesiem, ka arī par meža ekosistēmām un klimata pārmaiņām.

Uzturot ciešu saikni ar Eiropas Komisiju, tiek iegūta aktuālākā informācija par klimata politikas aktualitātēm un sabiedrības informēšanas kampaņām. Informācija tiek nodota tālāk plašai sabiedrībai Latvijā.



7. att. LVMI “Silava” pētniece D. Zute Eiropas Klimata pakta vēstnieka statusā, Eiropas Klimata pakta vēstnieku saimes kopbilde Briselē.

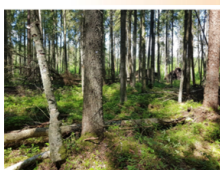
2023.gada 23.novembrī Mg. silv. Daiga Zute, LVMI Silava pētniece, Eiropas klimata pakta vēstniece Latvijā. Dr. silv. Āris Jansons, LVMI Silava vadošais pētnieks **uzstājās Latvijas mežu sertifikācijas padomes 8. Starptautiskā konference “Izmaiņas un risinājumi vides politikā ilgtspējīgai, klimatneitrālai ekonomikas attīstībai” ar prezentāciju “Vecie meži vairāku aspektu skatījumā.”**, skat.: <https://konferences.db.lv/>.



8. att. Latvijas mežu sertifikācijas padomes 8. Starptautiskā konference “Izmaiņas un risinājumi vides politikā ilgtspējīgai, klimatneitrālai ekonomikas attīstībai”

LVMI “Silava” pētniece D. Zute Eiropas Klimata Pakta vēstnieka statusā konferencē iepazīstināja ar aktuālajiem vecu mežu un klimata jautājumiem, uzsverot nepieciešamību noteikt veco mežu definīciju Latvijas līmenī, kā tas tiek prasīts saskaņā ar ES Bioloģiskas daudzveidības stratēģiju (2030). Uzdevums paredzēts līdz 2025.gada beigām. Dažādos kontekstos iespējamās atšķirīgas definīcijas, kas nerada pretrunas un kalpo konkrētiem meža apsaimniekošanas vai ekosistēmu raksturošanas mērķiem.

Kas ir un kas nav veci meži?



.....viegli pazust tulkojumā.....

- Veci meži **var NEBŪT** lielu dimensiju koki
- Veci meži vai vecas mežaudzes?
- Vecos mežos **var sastapt** jaunaudzes
- Cik vecs ir vecs? Koku suga..., meža tips...augšne
- **Vecums noteikti nav vienīgais kritērijs...**
- Vecums ES normatīvu izpratnē.

PIEMĒRS: vecas audzes
 Egle: vid. vecums 182 gadi
 Priede: vid. vecums 179 gadi
 Bērzs: vid. vecums 131 gadi
 Apse: vid. vecums 112 gadi



**Veci meži
 ES normatīvu
 izpratnē**

9. att. LVMI “Silava” pētniece D. Zute Eiropas Klimata Pakta vēstnieka statusā LMSP 8.konferencē iepazīstina ar aktuālajiem vecu mežu un klimata jautājumiem

2. Starptautiska sadarbība ar meža nozares pārstāvjiem un pētnieciskajiem institūtiem

Šis projekta uzdevums paredz sadarbību un līdzdalību Eiropas Savienības iniciatīvās un projektos, ietverot sadarbību ar ārvalstu zinātniekiem, gan arī valsts pārvaldes ierēdņiem un citu interešu grupu pārstāvjiem. Organizējot projekta centrālo pasākumu – starptautisko konferenci “Old-growth forests in the context of climate policy: what is and what is not an old-growth forest?” (Vecie meži klimata politikas kontekstā: kas ir un kas nav vecs mežs?) tika piesaistīti pētnieki no dažādiem Eiropas reģioniem (kopā 22 Eiropas organizācijās, tostarp 13 zinātniskie institūti un 9 Eiropas universitātes).

2023.gadā, izmantojot starptautisko konferenci kā platformu diskusijām par veco mežu jautājumiem plaša spektrā, ieskaitot gan ES Zaļās vienošanās politikas, gan meža ekosistēmu raksturojumu šādos mežos Eiropā, tika uzaicināti par veco mežu ES regulējumu Eiropas Komisijas atbildīgie eksperti: **EK Vienotā pētniecības centra eksperts J.I.Barredo un EK Vides ģenerāldirektorāta pārstāvis M.Onida** (atbildīgais eksperts par veco mežu identificēšanas un aizsardzības normatīvas bāzes izstrādi Eiropas Savienībā).



José I. Barredo is a Scientific Officer at the Forests and Bioeconomy Unit of the Joint Research Centre, European

Commission. The focus of his research is forest ecosystems condition and services, biodiversity, primary and old-growth forests, and climate change. He is also the lead author for the JRC publications on old-growth forests "Mapping and assessment of primary and old-growth forests in Europe" (2021), and "Primary and old-growth forests are more resilient to natural disturbances – Perspective on wildfires" (2023).

10. att. Eiropas Komisijas Vienotā pētniecības centra eksperts J.I.Barredo



Marco Onida is Team Leader Forest at European Commission, DG Environment. He is coordinating the activities on primary and old-growth forest at the EC.

11. att. Eiropas Komisijas Vides ģenerāldirektorāta pārstāvis M. Onida

Starptautiskās konferences ietvaros EK pārstāvjiem tika sniegta iespēja tuvāk iepazīties ar izpēti un situāciju attiecībā uz veciem mežiem un mežaudzēm Latvijā. EK pārstāvji sniedza prezentācijas par veco mežu aktualitātēm ES, un piedalījās paneldiskusijā.

Identificēti jauni sadarbības partneri veco mežu izpētes jomā Eiropā, tostarp nozīmīgākie: Dabas resursu institūts (Somija), Somijas Vides institūts (Somija), Transilvānijas Universitāte (Rumānija), Starptautiskais Lietišķo sistēmu analīze institūts *IIASA* (Austrija), kā arī profesors F.M.Sabatini (Itālija) Plānota turpmāka sadarbība kopīgu projektu un zinātnisku publikāciju formātā.

Sadarbība Starptautiskais Lietišķo sistēmu analīze institūts (IIASA). Panākta vienošanās par LVMI Silava un IIASA institūta sadarbību veco mežu izpētes jomā 2024.gadā. Plānotais izpētes projekts attiecas uz Eiropas līmeņa veco mežu ekosistēmu apzināšanu un attiecīgas datu bāzes aktualizēšanu. Minētajā datu bāzē tiks ietverta informācija par vecajiem mežiem Latvijā.



12. att. J.Beher. Starptautiskais Lietišķo sistēmu analīze institūts *IIASA* (Austrija)

Sadarbība ar Transilvānijas Universitāti (Rumānija). Rumānija ir viena no retajām valstīm, kurā ir sastopamas veco mežu ekosistēmas iespējami neskartā veidā. Līdz ar to arī veco mežu izpēte Rumānijā ir labi attīstīta. Sadarbība ar Transilvānijas Universitāti uzskatāma par perspektīvu, lai abpusēji padziļinātu veco mežu izpēti gan Latvijā, gan Rumānijā. Sadarbības veicināšanai plānota LVMI Silava vizīte uz Rumāniju, Brašovu 2024.gada 2.-3.ceturksnī.



Tudor Stancioiu is a professor of Forest Ecology and Forest stand dynamics at

the Transilvania University of Brasov, Romania. Before joining academia, he worked in forest administration. He holds a PhD degree in Environmental Science, Policy and Management at the University of California – Berkeley (USA). His work at present is focused on forest dynamics, species-habitat relationships and the sustainable management of forests (including certification).

13. att. T.Stancioiu. Transilvānijas Universitāti (Rumānija).

Dabas resursu institūts (Somija), Somijas Vides institūts (Somija). Somija ir viena no boreālo mežu zonas valstīm, kurā mežzinātne ir attīstīta ļoti augstā līmenī. Somijā šobrīd tiek veikta arī veco mežu ekosistēmu izpēte. Vienlaicīgi veco mežu ekosistēmām Latvijā un Somijā vērojamas vairākas atšķirības, kuras visticamāk nosaka meža apsaimniekošanas vēsture un esošās meža apsaimniekošanas pieejas. 2023.gadā LVMI Silava un Somijas institūti Dabas resursu institūts un Somijas Vides institūts veica pārrunas par kopīgām sadarbības iniciatīvām 2024.gadā. Somijas pētnieki pozitīvi vērtē iespēju sadarboties ar Latvijas zinātniekiem veco mežu izpētes jomā. Vēl nav vienošanās par sadarbības formātu, tomēr, visticamāk sadarbība tiks īstenota LIFE projekta formātā.



Anu Akujärvi is a Senior research scientist at Finnish Environment

Institute, Finland. Carbon and ecosystem services expert. Her main expertise includes modelling carbon budgets of forests and croplands in the changing environment. She holds a PhD in Physical Geography and has worked in both national and international research and development projects related to ecosystem services and climate change. Currently conducting research on quantifying the effects of alternative forest management and climate change scenarios on carbon budget at varying spatial scales.

14. att. A. Akujari. Somijas Vides institūts (Somija).

Sadarbība NIBIO institūtu (Norvēģija). Apzinot Baltijas un Ziemeļvalstu reģionu attiecībā uz veco mežu izpēti, secinām, ka Norvēģijā un Latvijā veco mežu izpētē ir daudz saskares punktu. Līdzīgi kā Latvijā, arī Norvēģijā veco mežu ekosistēmu apsaimniekošana ir piesaistījusi plašas sabiedrības interesi. Meklējot atbildes uz sabiedrībai aktuāliem jautājumiem attiecībā uz to, kā jēgpilni definēt veco mežu ekosistēmas un kādas būtu labākās meža apsaimniekošanas pieejas, Norvēģijas pētnieki ir strādā pie jaunām publikācijām. NIBIO institūts pētnieks Eivind Handegard viesojās Latvijā, piedaloties starptautiskajā konferencē. Turpmāk plānota sadarbība kopīgu projektu un publikāciju formātā 2024.-2025.gadu periodā.



Eivind Handegard is a forest ecologist currently on his third year as a Ph.D.

student at NMBU and NIBIO. The thesis revolves around the role of old trees and the age of a forest stand on biodiversity at different spatial scales. A major goal is to inform stakeholders and managers how much this should be emphasized in the various biodiversity measures. In addition to this, he has also been involved in developing methods for implementing forest succession into practical ecosystem mapping.

15. att. E.Handegard NIBIO institūts (Norvēģija).

Sadarbība ar profesoru F.M.Sabatini (Itālija). F.M. Sabatini ir vadošais Eiropas līmeņa Veco mežu datu bāzes autors (Sabatini et al., 2020). Starptautiskās konferences ietvaros prof. F.M.Sabatini tika sniegta iespēja tuvāk iepazīties ar izpēti un situāciju attiecībā uz veciem mežiem un mežaudzēm Latvijā, kā arī prof. F.M.Sabatini sniedza prezentāciju par veco mežu izpētes situāciju Eiropā. Plānota Latvijas iesaiste Eiropas Veco mežu datu bāzes jaunajā versijā (kad tā tiks aktualizēta, iespējams 2024./2025.gadā).



Francesco Maria Sabatini is an Italian forest ecologist and macroecologist.

He holds a PhD in Ecology, and is a Marie Skłodowska-Curie alumnus. After working three years as coordinator of sPlot - the global Vegetation-plot database at iDiv - The German Center for Integrative Biodiversity Research, Francesco Maria Sabatini is now Assistant Professor, and Rita-Levi Montalcini fellow at Alma Mater Studiorum University of Bologna.

16. att. Prof. F.M.Sabatini (Itālija)

Sadarbības rezultātā 2023.gada starptautiskajā konferencē tika sniegtas prezentācijas, pārstāvot veco mežu izpēti dažādos Eiropas reģionos: 1) Towards strict protection of primary and old-growth forests in the EU. PhD Jose I. Barredo, Scientific Officer at European Commission, Joint Research Centre; 2) Old-growth forests in Europe: research progress and gaps. Asst. Prof. Francesco M. Sabatini, University of Bologna, Italy ; 3) Defining old-growth forest indicators. Dr. Kris Vandekerkhove, representative of the LIFE-PROGNOSES project, Researcher at The Research Institute for Nature and Forest (INBO), Belgium; 4) Old-growth forests – C sequestration inference from N budgets. Prof. Per Gundersen, University of Copenhagen, Denmark; 5) Old-growth forests in Norway and integration of forest naturalness into ecodiversity mapping. Eivind Handegard PhD candidate, The Norwegian Institute of Bioeconomy Research (NIBIO), Norway; 6) The carbon balance of old-growth forests in Finland. Anu Akujärvi, Senior research scientist, Finnish Environment Institute, Finland; 7) Old-growth forests in Sweden, Asst. Prof. Anders Ahlström, Lund University, Sweden; 8) The protection status of primary and old growth forest in the EU & implications for strict protection targets under the Biodiversity Strategy 2030. PhD Jutta Beher, research scholar at International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Austria. (not allowed to be shared due to unpublished manuscript materials); 9) Research networks for science and policy dialogue. Horizon Europe projects: FORWARDS.; 10) Guidelines on Defining, Mapping Monitoring and Strictly Protecting EU Primary & Old Growth Forests. Marco Onida, Team Leader Forest, DG Environment, European Commission. Konferencē piedalījās zinātnieki un interešu grupu pārstāvji, aptverot gandrīz visus Eiropas reģionus. Izveidotie kontakti ļaus arī turpmāk sadarboties veco mežu izpētes jautājumos, tādējādi nodrošinot plašu šī jautājuma apskatu.

3. Datu ievākšana un analīze

Projekta ietvaros veikti lauka darbi, ierīkojot parauglaukumus empīrisko datu ieguvei ar mērķi pilnīgāk raksturot vecu mežu audzes. Šobrīd Latvijā ir jau pieejama detalizēta informācija par oglekļa uzkrāšanas apjomu un potenciālu vecās mežaudzēs, tomēr šo audžu vispusīgai raksturošanai būtiski ir iegūt empīriskus datus par šo audžu nozīmi bioloģiskās daudzveidības (turpmāk tekstā BD dzīvotnes) kontekstā. Viens no nozīmīgiem BD indikatoriem ir mežaudzēs sastopamās dzīvotnes. Līdz šim nebija pieejami dati par to, kāda ir dzīvotņu sastopamība Latvijā, un kāda ir dzīvotņu izplatība dažādās vecuma audzēs. **Projekta ietvaros tika apskatītas bērza audzes, veikta datu analīze un iegūti secinājumi par dzīvotņu sastopamību un izplatību bērza audzēs Latvijā.**

Papildus tradicionālajām empīriskajām datu ieguves metodēm veco mežaudžu identificēšanai un raksturošanai, tika izmantotas attālās izpētes metodes. LVMI "Silava" darbā ar veco mežu datiem izmantoja mašīnācīšanās algoritmus, veco mežu identifikācijai pielietojot un attīstot konvolūciju tīklu modeļus, kas jau šajā etapā uzrāda samērā augstu precizitāti.

3.1 Parauglaukumu ierīkošana mikrodzīvotņu sastopamības un daudzveidības novērtēšanai

Metodika

Ar mērķi novērtēt BD dzīvotņu sastopamību, tika veikti lauka darbi, ierīkojot 60 parauglaukumus, kuros dominējošā koku suga bija āra bērzs *Betula pendula*. Izveidoti apļveida parauglaukumi ar platību 500m². Katram parauglaukumā esošajam dzīvotņu pirmā un otrā stāva kokam uzskaitītas visas uz tiem esošās BD dzīvotnes. Noteikta to forma, grupa un tips. Novērtējums veikts, balstoties uz modificētu Larrieu et al., 2018 izstrādāto metodiku, kas pielāgota Latvijai (Donis J., 1. tabula.).

Koki tika vizuāli novērtēti, izmantojot binokli un tika uzskaitītas uz tiem esošās mikrodzīvotnes. Kokiem, kam konstatēta viena vai vairākas mikrodzīvotnes, noteikts mikrodzīvotņu skaits, forma, grupa un tips. Mikrodzīvotņu novērtējums veikts izmantojot Larrieu et al., 2018 izstrādāto metodoloģiju. Pēc tās ar kokiem saistītās mikrodzīvotnes iedala 7 formās, 15 grupās un 47 tipos ,

1. tabula. BD dzīvotņu tipoloģija.

Forma	Grupa	Tips	Definīcija	Min. sliexnis	Kods
Dobumi s.l.	Dzeņu dobumi	Nelielu dzeņu ligzdošanas dobumi	Ieeja $\varnothing < 4$ cm. <i>Dendrocopos minor</i> dobums Parasti tiek kalts atmirušā zarā	Ejas $\varnothing < 4$ cm	C11
		Vidēji lielu dzeņu ligzdošanas dobumi	Apaļa dobuma ieeja aptuveni $\varnothing = 4-7$ cm. Ligzdošanas dobumi vidēja lieluma dzeņiem (<i>Dendrocopos major</i> , <i>D. medius</i> , <i>D. leucotos</i> , <i>Picus viridis</i> , <i>P. canus</i> , <i>Picoides tridactylus</i>). Parasti tiek kalti trupējušā kokā (atmiris zars, stumbenis)	Ejas $\varnothing 4-7$ cm	C12
		Lielu dzeņu ligzdošanas dobumi	Ovāla dobuma ieeja $\varnothing < 10$ cm. Ligzdošanas dobumi. <i>Dryocopus martius</i> parasti tiek kalti galvenajā stumbra daļā (bez zariem)	Ejas $\varnothing 10 < \text{cm}$	C13
		Dobumu grupa	Vismaz trīs dzeņu ligzdošanas dobumi rindā uz stumbra. Maksimālais attālums starp diviem secīgiem dobumiem ir 2 m.	Ejas $\varnothing 3 < \text{cm}$	C14
	Trupes radīti dobumi	Stumbra pamatnes trupes dobumi (virspuse slēgta, kontakts ar zemi).	Dobuma kamera ir pilnībā aizsargāta no apkārtējās vides mikroklimate un lietus. Augšējā daļa slēgta. Satur vairāk vai mazāk irdeni substrātu (atkarībā no attīstības stadijas). Dobumam apakšā ir kontakts ar zemi. Jāņem vērā, ka dobuma ieeja var būt augstāk uz stumbra.	Atvēruma $\varnothing > 10$ cm	C21
		Stumbra pamatnes trupes dobumi (virspuse slēgta, <u>nav</u> kontakts ar zemi).	Augšējā daļa slēgta. Satur vairāk vai mazāk irdeni substrātu (atkarībā no attīstības stadijas). Dobumam apakšā <u>nav</u> kontakts ar zemi.	Atvēruma $\varnothing > 10$ cm	C22
		Daļēji atvērts stumbra trupes dobums	Dobuma kamera nav pilnībā aizsargāta no apkārtējās vides mikroklimate un lietus var tajā ieplūst. Jāievēro, ka dobuma ieeja var būt augstāk stumbrā.	Atvēruma $\varnothing > 30$ cm	C23

Forma	Grupa	Tips	Definīcija	Min. sliekšnis	Kods
		Skursteņveidīgs stumbra pamatnes trupes atvērums	Koka stumbra dobums, kas ir pilnīgi atvērts augšpusē, bieži rodas stumbra bojājumu dēļ; dobuma pamatne sasniedz zemes līmenis, tāpēc iekšējais dobums ir tiešā saskarē ar augsni	Atvēruma Ø> 30cm	C24
		Skursteņveidīgs stumbra trupes atvērums	Koka stumbra dobums, kas ir pilnīgi atvērts augšpusē, bieži rodas stumbra bojājumu dēļ; dobuma pamatne <u>nesasniedz</u> zemes līmenis, tāpēc iekšējais dobums ir tiešā saskarē ar augsni.	Atvēruma Ø> 30cm	C25
		Caurš zars	Trupes caurums lielā zarā, kā rezultātā rodas cauruļveida patvērums, kas bieži ir novietots horizontāli.	Atvēruma Ø> 10cm	C26
	Kukaiņu galerijas	Kukaiņu galerijas un skrejas koksne	Ksilofāgu kukaiņu skreju tīkls norāda uz caurumu sistēmu koksne. Kukaiņu galerija ir sarežģīta caurumu sistēma, ko koksne rada viena vai vairākas kukaiņu sugas	Skrejas Ø> 1cm	C31
		Kukaiņu galerijas un skrejas koksne	Ksilofāgu kukaiņu skreju tīkls norāda uz caurumu sistēmu koksne. Kukaiņu galerija ir sarežģīta caurumu sistēma, ko koksne rada viena vai vairākas kukaiņu sugas	Platība > 300 cm ² (A5 lapas lielums)	C32
	Iedobumi	Dendrotelma (ūdens pildīta iedobe)	Kausa formas ieliekums, kas tās formas dēļ saglabā ūdeni līdz tas izzūst, iztvaikojot	Ø> 15cm	C41
		Dzeņu barošanās kalumi	iedobes, kas rodas dzeņu barošanas aktivitātēs. Iedobe ir koniska: ieeja ir lielāka nekā iekšpuse.	Dziļums>10cm, Ø> 10cm	C42
		Stumbra mizas iedobumi	Dabiskais mizas ieliekums uz koka stumbra. Nav substrāta.	Dziļums>10cm, Ø> 10cm	C43
		Celmu/sakņu blizuma iedobumi	Izveidojies dabīgais mizas ieliekums, kas veidojas pie koka stumbra pamatnes ar koku saknēm un augsni. Nav substrāta (ja tā ir:	Ø> 10cm	C44

Forma	Grupa	Tips	Definīcija	Min. sliekšnis	Kods	
			skatiet Stumbra pamatnes trupes dobumi).			
Koka ievainojumi un eksponēta koksne	Eksponēta tikai aplievas koksne	Mizas zudums	Mizas zudums, kas atklāj aplievas koksni (To izraisa, piemēram, mežizstrāde (pievešana, koku gāšana), dabiski krituši koki, pārnadži, grauzēji u.c.)	Platība > 300 cm ²	B11	
		Uguns rētas	Uguns rētas uz stumbra apakšdaļā. Tās parasti ir trīsstūrveida formas un atrodas pie koka pamatnes. Uguns rētas ir saistītas ar atogļojumu un dažreiz sveķu plūsmu uz atklāta koksnes vai mizas.	Platība > 600 cm ² (A4 lapas lielums)	B12	
		Zemmizas slēptuves	Vieta starp atlobītu mizu un aplievu, kas veido patvērumu. (atvērts apakšā).	Atvērums >1cm, dziļums >10cm, augstums >10cm	B13	
		Zemmizas kabatas	Vieta starp atlobītu mizu un aplievu, kas veido kabatu (atvērts augšpusē), iespējams, satur substrātu.	Atvērums >1cm, platums >10cm, augstums >10cm	B14	
	Eksponēta aplievas koksne un kodolkoksne	Stumbra lūzums	Stumbrs ir nolauzts, bet koks joprojām ir dzīvs. Apakšējā daļa no mirušās koksnes saskaras ar dzīvu koku ar sulas plūsmu.	Ø > 10cm lūzuma vietā	B21	
		Zaru lūzums	Eksponēta kodolkoksne zaru vai žākles lūzumu dēļ. Brūci ieskauj dzīva koksne ar sulas plūsmu.	Eksponēta kodolkoksne >300cm ²	B22	
		Plisums/ plaisa	Plaisa caur mizai un koksnei (ja to izraisa zibens skatiet tālāk)	Garums >30cm, platums > 1cm Dziļums >10cm	B23	
		Zibens rēta	Rēta, ko izraisījis zibens; parasti spirālē ap koku koksne šķēpelēs	Garums >30cm, platums > 1cm Dziļums >10cm	B24	
		Žākles plisums	Plaisa stumbra žāklē. (Ja viena žākles puse ir nolūzusi, skatiet stumbra bojājumus).	Garums >30cm	B25	
		Sašķēpelēts stumbrs	Vēja lūzuma gadījumā stumbrs ir sadalījies ar vairākām garām šķēpelēm. šķēpelētās brūces nodrošina īpašus ekoloģiskos apstākļus.	Ø > 20cm lūzuma vietā	B26	
	Atmirusi koksne vainagā	Atmirusi koksne vainagā	Atmiruši zari	Atmirušie zari, kas saglabājušies vainagā ir relatīvi noēnoti	Zaru Ø > 10cm	D11

Forma	Grupa	Tips	Definīcija	Min. sliekšnis	Kods
		Atmirusi galotne	Visa koka augšdaļa ir mirusi; atmirusī koksne ir eksponēta saulē	Atmirušās daļas pamata Ø > 10cm	D12
		Palikušais nolūzušais zars	Zars ir nolūzis. Atlikušais gals var būt sašķēpelēts. Traumas neietekmē stumbru (ja tā ir, skatiet stumbra bojājumus)	Lūzuma vietas Ø > 20cm un palikušās daļas garums > 0,5m	D13
		Atmirusi vainaga daļa	Atmirušie zari, kas saglabājušies vainagā ir relatīvi noēnoti	Zaru Ø > 3cm & > 10% no vainaga ir atmiris	D14
Izaugumi	Zaru mudžekļi	Vējslotā	Blīva zaru aglomerācija sānzaros	Ø > 50cm	E11
		Ūdenszari	Blīva zaru aglomerācija uz stumbra	> 5 zaru puduri	E12
	Izaugumi un vēži	Izaugumi (māzeri)	Šūnu augšanas izplatīšanās ar raupju mizu	> 20cm	E21
		Vēzis	Trupejoša brūce. Skarta aplieva. To izraisa, piemēram, <i>Melampsorella caryophyllacerum</i> , <i>Nectria l. s.</i>	Ø > 20cm vai klāta liela stumbra daļa	E22
Saproksīlo sēņu augļķermeņi un gļotveida veidojumi	Daudzgadīgi sēņu augļķermeņi	Daudzgadīgās piepes	Cieti daudzgadīgo poliporo sēņu augļķermeņi, kas atšķiras ikgadējiem slāņiem. Galvenās daudzgadīgās ģints: <i>Fomitopsis pp</i> , <i>Fomes</i> , <i>Perreniporia pp.</i> , <i>Oxyporus</i> , <i>Ganoderma pp</i> , <i>Phellinus</i> , <i>Daedalea</i> , <i>Haploporus</i> , <i>Heterobasidion</i> , <i>Hexagon</i> , <i>Laricifomes</i> , <i>Daedleopsis</i>	Lielākais Ø > 5cm	F11
	Efimērie augļķermeņi	Viengadīgas piepes	Viengadīgu poliporo sēņu augļķermeņi, kas pastāv vairākas nedēļas. Ir tikai viens slānis un parasti ir elastīga un mīksta (bez koksnes daļām). Galvenās ģints: <i>Abortiporus</i> , <i>Amylocystis</i> , <i>Bjerkandera</i> , <i>Bondarzewia</i> , <i>Cerrena</i> , <i>Climacocystis</i> , <i>Fistulina</i> , <i>Gloeophyllum</i> , <i>Grifola</i> , <i>Hapalopilus</i> , <i>Inonotus</i> , <i>Ischnoderma</i> , <i>Laetiporu</i> , <i>Leptoporu</i> , <i>Meripilus</i> , <i>Oligopors</i> , <i>Oxyporus</i> ,	Lielākais Ø > 5cm vai klasteris ar > 10 augļķermeņiem	F21

Forma	Grupa	Tips	Definīcija	Min. sliekšnis	Kods
			<i>Perenniporia pp., Phaeolus, Piptoporus, Podofomes, Polyporus, Pycnoporus, Spongipellis, Stereum, Trametes, Trichaptum, Tyromyces</i>		
		Cepurišsēnes	Sēnēm ir liels, biezs un mīksts vai drīzāk gaļīgs augļķermenis (rinda <i>Agaricales</i>). Piem., : <i>Armillaria, Pleurotus, Pholiota</i> vai lielās <i>Pluteus sugas</i> . Augļķermenis parasti paliek vairākas nedēļas.	Lielākais Ø > 5cm vai klasteris ar >10 sēņu augļķermeņiem	F22
		Piromicētes	Cietas puslodes formas tumšās sēnes, kas atgādina kā ogles gabalu. Piemēram: <i>Daldinia</i> vai <i>Hypoxylon</i> .	Stromas lielākais Ø > 5cm vai stromu grupa klāj >100cm ²	F23
		Ģlotsēnes	Amēbveidīgs ģlotsēne, kas veido kustīgu plazmodiju. plazmodijs ir želejveidīgs, ja svaigs	Lielākais Ø > 5cm	F24
Epifitiskas un epiksiliskas struktūras	Epifīti un parazīti	Sūnaugi	Stumbra daļa, ko sedz sūnas un aknu sūnas	>10% no stumbra virsmas	A11
		Lapu/ krūmu ķērpji	Stumbra daļa, ko sedz lapu un krūmu ķērpji	>10% no stumbra virsmas	A12
		Efejas un liānas	Līanas un citi vītenaugi (<i>Hedera helix, Clematis vitalba, Lonicera periclymenum, Vitis vinifera</i>)	>10% no stumbra virsmas	A13
		Papardes	Papardes, kas aug tieši uz koka daļas (t.i., epifīts)	>5	A14
		Āmuļi	Hemiparazītu augi (<i>Viscum spp., Arceuthobium oxycedri, Loranthus europaeus</i>)	Lielākais Ø > 20 cm	A15
		Ligzdas	Mugurkaulnieku ligzdas	Ligzdas, ko būvē putni	Ø > 50 cm
	Mugurkaulnieku ligzdas		Ligzdas, ko būvē putni vai vāveres	Ø > 20 cm	A22
	Mugurkaulnieku ligzdas		Ligzdas, ko būvē putni, susuri, peles vai vāveres	Ø > 10 cm	A23
	Bezmugurkaulnieku ligzdas		Bezmugurkaulnieku kāpuru ligzdas, piem., koksnes skudras <i>Lasius fuliginosus</i> vai savvaļas bites <i>Apis mellifera</i>		A24
	Mikroaugšne	Mizas mikroaugšne	Augsne, kas radusies epifītisko sūnu, ķērpju vai aļģu pedoģenēzē un	Esamība	A31

Forma	Grupa	Tips	Definīcija	Min. sliekšnis	Kods
			nekrozēta veca, bieza miza.		
		Vainaga mikroaugnse	Mikroaugsnē, kas veidojusies pedoģenēzes procesā no kritušiem zariem, nobirām, kas nokritušas no koku vainagiem. Galvenokārt atrodas zaru žāklēs, dažreiz atvasāju savienojumos.	Esamība	A32
Izdalījumi	Izdalījumi	Sulas notecējumi	Svaiga ievērojama sulas plūsma	Kumulatīvais garums > 10 cm	I11
		Sveķu notecējumi	Svaiga ievērojama sveķu plūsma	Kumulatīvais garums > 10 cm	I12

Avots: pēc Larrieu et al., 2018

Dobumu forma ir iedalīta 4 grupās: dzeņu dobumi, trupes radīti dobumi, kukaiņu galerijas un iedobumi. Dzeņu dobumi (17. att.) ir iedalīti 4 tipos: nelielu dzeņu ligzdošanas dobumi, vidēji dzeņu ligzdošanas dobumi, lielu dzeņu ligzdošanas dobumi un dobumu grupa. Nelielu dzeņu ligzdošanas dobumu uzskata par mikrodzīvotni, ja dobuma ieejas diametrs ir lielāks par 4 cm, vidēji lielu dzeņu ligzdošanas dobumu – ja ieejas diametrs ir 4 – 7 cm, lielu dzeņu ligzdošanas dobumu – ja ieejas diametrs lielāks par 10 cm, savukārt dobumu grupu uzskata par mikrodzīvotni, ja to ieejas diametrs ir lielāks par 3 cm (Larrieu et al., 2018).

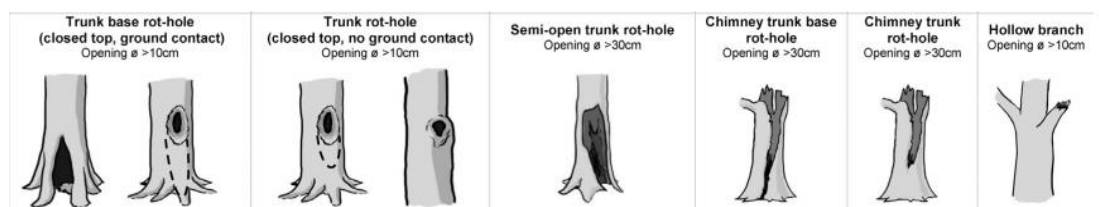


17. att. Dzeņu dobumu grupas iedalījums tipos

Trupes radītos dobumus (18. att.) iedala 6 tipos: stumbra pamatnes trupes dobumi (virspuse slēgta, ir kontakts ar zemi), stumbra pamatnes trupes dobumi (virspuse slēgta, nav kontakts ar zemi), daļēji atvērts stumbra trupes dobums, skursteņveidīgs stumbra pamatnes trupes dobums, skursteņveidīgs stumbra trupes dobums un caurs zars. Stumbra pamatnes trupes

dobumu, kura virspuse ir slēgta un ir kontaktā ar zemi un stumbra pamatnes trupes dobumu, kura virspuse ir slēgta, taču nav kontaktā ar zemi, uzskaita kā mikrodzīvotni, ja dobuma atvēruma diametrs ir lielāks par 10 cm. Daļēji atvērtu stumbra trupes dobumu, skursteņveidīgu stumbra pamatnes trupes dobumu un skursteņveidīga stumbra trupes dobumu uzskata par mikrodzīvotni, ja dobuma atvēruma diametrs ir lielāks par 30 cm, savukārt caura zara trupes cauruma diametrs ir lielāks par 10 cm.

Stumbra pamatnes trupes dobumi (virspuse slēgta, ir kontakts ar zemi)	Stumbra pamatnes trupes dobumi (virspuse slēgta, nav kontakts ar zemi)	Daļēji atvērts stumbra trupes dobums	Skursteņveidīgs stumbra pamatnes trupes dobums	Skursteņveidīgs stumbra trupes dobums	Caurs zars
---	--	--------------------------------------	--	---------------------------------------	------------



18. att. Trupes radīto dobumu grupas iedalījums tipos

Kukaiņu radītās galerijas (19. att.) iedala 1 tipā: kukaiņu galerijas un skrejas koksne. Tās uzskaita kā mikrodzīvotni, ja skrejas diametrs ir lielāks par 1 cm vai platība ir lielāka par 300 cm².

Kukaiņu galerijas un skrejas koksne



19. att. Kukaiņu galerijas grupas iedalījums tipos

Iedobumus (20. att.) iedala 4 tipos: dendrotelma (ūdens pildīta iedobe), dzeņu barošnās kalumi, stumbra mizas iedobumi un celmu vai sakņu blīzuma iedobumi. Dendrotelmu uzskaita

kā mikrodzīvotni, ja tās diametrs ir lielāks par 15 cm, dzeņu barošanās kaluma un stumbra mizas iedobuma dziļumam un diametram jābūt lielākam par vismaz 10 cm, savukārt celma vai sakņu blīzuma iedobuma ieejas diametram jābūt lielākam par 10 cm.



20. att. Iedobumu grupas iedalījums tipos

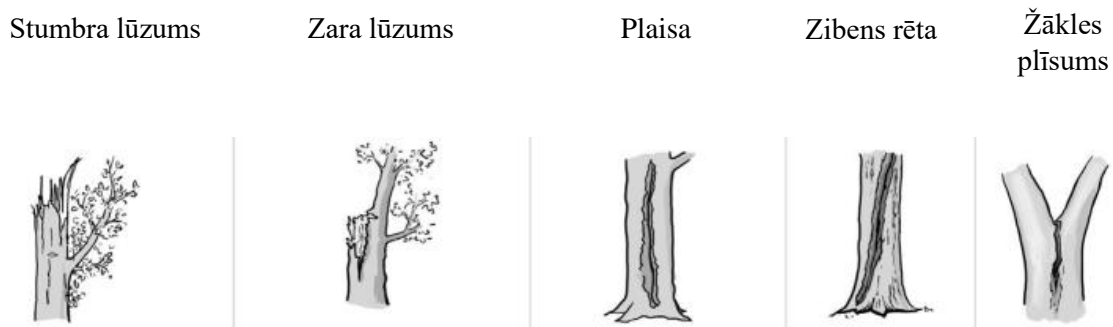
Koku ievainojumu un eksponētās koksnes formu iedala 2 grupās: eksponēta tikai aplievas koksne un eksponēta aplievas koksne un kodolkoksne. Grupā eksponēta tikai aplievas koksne (21. att.) iedala 4 tipos: mizas zudums, uguns rētas, zemzīdas slēptuves un zemzīdas kabatas. Lai mizas zudumu klasificētu kā mikrodzīvotni, tās platībai uz koka jābūt lielākai par 300 cm², ugunsrētas platībai jābūt lielākai par 600 cm², savukārt zemzīdas slēptuves un zemzīdas kabatas atvērums jābūt lielākam par 1 cm, platumam un augstumam – par 10 cm.



21. att. Eksponēta tikai aplievas koksnes grupas iedalījums tipos

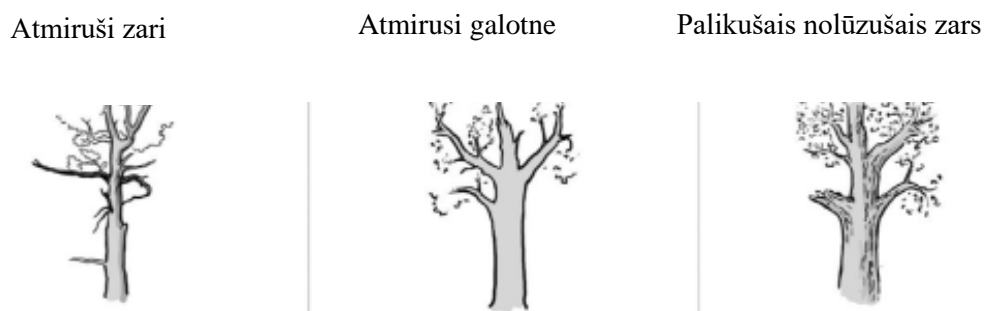
Eksponēta aplievas koksne un kodolkoksne (22. att.) grupā iedala 5 tipos: stumbra lūzums, zara lūzums, plaisa, zibens rēta un žākles plīsums. Stumbra lūzumu uzskaita kā mikrodzīvotni, ja diametrs lūzuma vietā ir lielāks par 10 cm, zara lūzuma vietā eksponētās kodolkoksnes platībai jābūt lielākai par 300 cm², savukārt plaisas un zibens rētas garumam

jābūt lielākam par 30 cm, platumam – par 1 cm, un dziļumam par 10 cm. Taču žākles plīsuma garumam jābūt lielākam par 30 cm.



22. att. Ekspozētas aplievas koksnes un kodolkoksnes grupas iedalījums tipos

Ar kokiem saistīto mikrodzīvotņu forma – atmirusi koksne vainagā, sīkāk iedalās 1 grupā: atmirusi koksne vainagā (23. att.). Grupa iedalīta 3 tipos: atmiruši zari, atmirusi galotne un palikušais nolūzušais zars. Lai atmirušus zarus klasificētu kā mikrodzīvotni, zaru diametram jābūt lielākam par 10 cm vai zaru diametram jābūt lielākam par 3 cm un vairāk nekā 10% no vainaga – atmirušam. Atmirusi koka galotne tiek uzskatīta par mikrodzīvotni, ja atmirušās daļas pamata diametrs ir lielāks par 10 cm, savukārt palikušais nolūzušais zars uzskaitāms kā mikrodzīvotne, ja tā lūzuma vietas diametrs ir lielāks par 20 cm un palikušās daļas garums lielāks par 0,5 m.



23. att. Vainaga atmirušās koksnes grupas iedalījums tipos

Izaugumus iedala 2 grupās: zaru mudžekļi un, izaugumi un vēži. Zaru mudžekļi (24. att.) sīkāk iedalās 2 tipos: vējslotas un ūdenszari. Vējslotu klasificē kā mikrodzīvotni, ja tās diametrs ir lielāks par 50 cm, savukārt, lai ūdenszarus uzskaitītu kā mikrodzīvotni, uz koka ir jābūt vairāk par 5 zaru puduriem.

Vējslota

Ūdenszari



24. att. Zaru mudžekļu grupas iedalījums tipos

Izaugumu un vēžu grupu (25. att.) iedala 2 tipos: izaugumi (māzeri) un vēzis. Izaugumu uzskaita kā mirkodzīvotni, ja tā diametrs ir lielāks par 20 cm, savukārt vēzi – ja tā diametrs lielāks par 20 cm vai ar vēzi ir klāta liela stumbra.

Izaugumi (māzeri)

Vēzis



25. att. Izaugumu un vēžu grupas iedalījums tipos

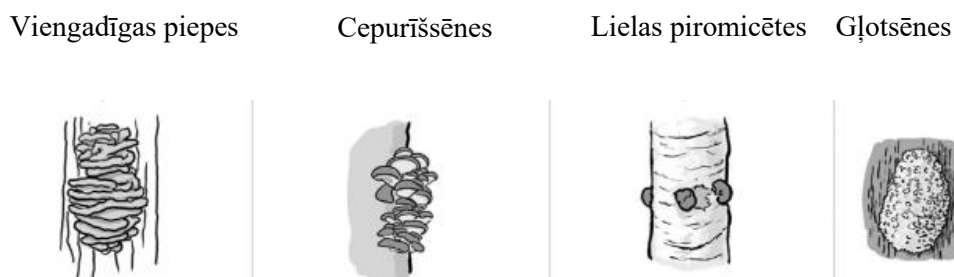
Saproksīlo sēņu augļķermeņu un gļotveida veidojumu formu iedala 2 grupās: daudzgadīgi sēņu augļķermeņi un efimērie augļķermeņi. Daudzgadīgo sēņu augļķermeņu grupu (26. att.) pārstāv 1 tips: daudzgadīgas piepes. Lai daudzgadīgas piepes klasificētu kā mirkodzīvotnes, to diametram ir jābūt lielākam par 5 cm.

Daudzgadīgas piepes



26. att. Daudzgadīgo sēņu augļķermeņu grupas iedalījums tipos

Efimēro augļķermeņu grupu (27. att.) iedala 4 tipos: viengadīgas piepes, cepurīšsēnes, lielas piromicētes un gļotsēnes. Viengadīgu piepi un cepurīšsēni uzskaita kā mikrodzīvotni, ja to diametrs ir lielāks par 5 cm vai klasteris ir ar vairāk nekā 10 augļķermeņiem. Savukārt lielas piromicētes stromas diametram jābūt lielākam par 5 cm vai stromu grupai jānoklāj vairāk nekā 100 cm² liela platība. Gļotsēnes diametram jābūt lielākam par 5 cm.



27. att. Efimēro augļķermeņu grupas iedalījums tipos

Epifītiskas un epiksilas struktūras formu iedala 3 grupās: epifīti un parazīti, ligzdas un mikroaugsne. Epifītu un parazītu grupu (28. att.) iedala 5 tipos: sūnaugi, lapu/krūmu ķērpji, efejas un liānas, papardes un āmuļi. Lai sūnaugus, lapu/krūmu ķērpjus, efejas un liānas klasificētu par mikrodzīvotnēm, tām ir jānoklāj vairāk nekā 10% no koka stumbra virsmas. Papardēm ir jābūt vairāk nekā 5 lapām, savukārt āmuļu diametram – lielākam par 20 cm.



28. att. Epifītu un parazītu grupas iedalījums tipos

Ligzdu grupu (29. att.) iedala 2 tipos: mugurkaulnieku ligzdas un bezmugurkaulnieku ligzdas. Lai mugurkaulnieku ligzdas uzskaitītu kā mikrodzīvotnes, diametram jābūt lielākam par 10 cm, savukārt bezmugurkaulnieku ligzdai tiek konstatēta tās esamība audzē – nav nepieciešams konkrēts izmērs, lai to klasificētu kā mikrodzīvotni.

Mugurkaulnieku ligzdas

Bezmugurkaulnieku
ligzdas



29. att. Ligzdu grupas iedalījums tipos

Mikroaugšņu grupu (30. att.) iedala 2 tipos: mizas mikroaugšne un vainaga mikroaugšne. Lai mizas un vainaga mikroaugšni klasificētu kā mikrodzīvotni, mežaudzē ir jākonstatē tās esamība. Citi rādītāji nav nepieciešami.

Mizas mikroaugšne

Vainaga mikroaugšne



30. att. Mikroaugšņu grupas iedalījums tipos

Ar kokiem saistīto mikrodzīvotņu forma izdalījumi iedalās 1 grupā – izdalījumi (31. att.). Izdalījumu grupa sīkāk iedalās 2 tipos: sulas notecējumi un sveķu notecējumi. Lai sulas un sveķu notecējumus uzskaitītu kā mikrodzīvotnes, to kumulatīvajam garumam jābūt lielākam par 10 cm.

Sulas notecējumi

Sveķu notecējumi



31. att. Izdalījumu grupas iedalījums tipos

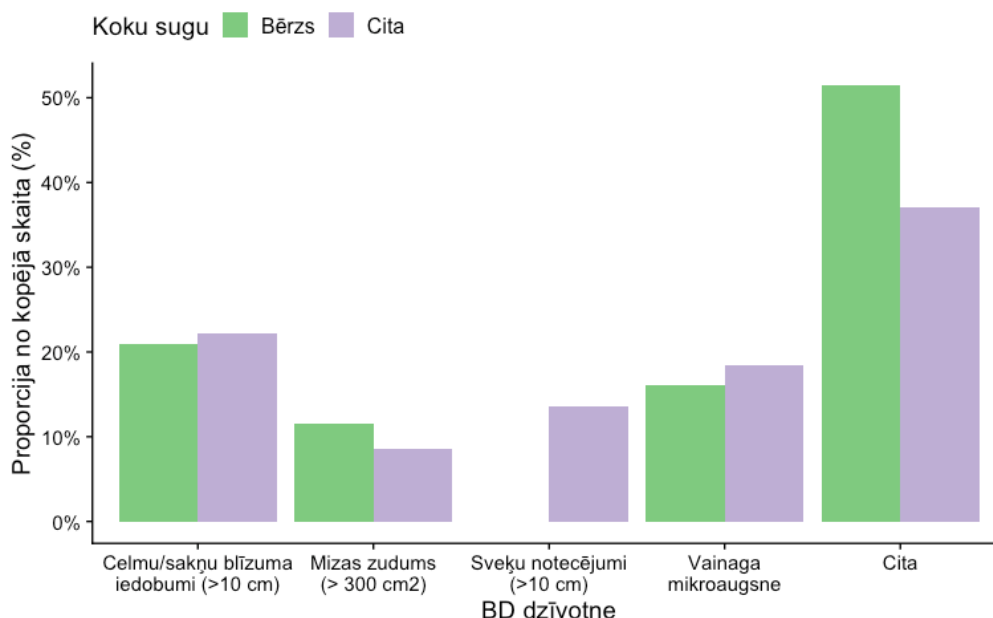
Datu analīze

Datu analīzē BD dzīvotņu tipu skaits reducēts, tiem izdalītas piecas kategorijas: Celmu/sakņu blīvuma iedobumi (>10 cm), Mizas zudums (> 300 cm²), Sveķu/sulas notecējumi (>10cm), Vainaga mikroaugšne, Cita. Pirmās četras kategorijas pārstāv visbiežāk konstatētos mikrodzīvotņu tipus, kategorijā “Cita” apvienoti visi pārējie mikrodzīvotņu tipi, kuri pārstāvēti mazāk. Koku sugai izdalītas divas kategorijas – bērzs un cita suga. Lai analizētu BD dzīvotņu sadalījuma atšķirības starp koku sugām, izmantots χ^2 tests (rēķinot simulētās p-vērtības ar Montekarlo metodi). Lai skatītu audzes vecuma ietekmi uz koku skaitu ar BD dzīvotnēm, izmantota Puasona regresija. Lai skatītu audzes vecuma ietekmi uz koku proporciju ar BD dzīvotnēm, izmantota Binārā loģistiskā regresija. Visas analīzes veiktas programmā R.

Rezultāti

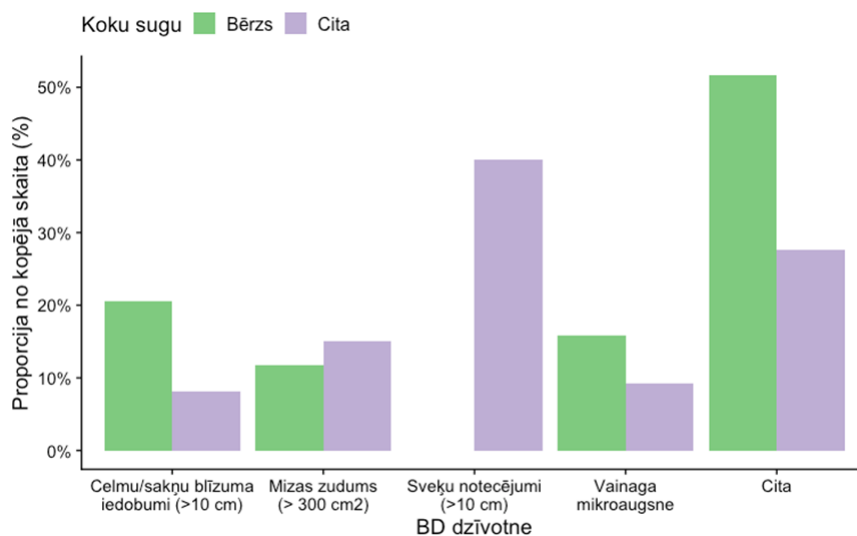
BD dzīvotņu sadalījums starp koku sugām

Pirmajā kokaudzes stāvā gan tikai bērziem, gan citām sugām, gan arī visām koku sugām kopumā lielāko proporciju BD dzīvotnēm veidoja kategorija “Citas”, attiecīgi (51.5%, 37.0% un 48.4%) (32. att.). No pārējām izdalītajām kategorijām visbiežāk konstatēti Celmu/sakņu blīvumu iedobumi, kas konstatēti vairāk nekā 21% gadījumu. Kopumā BD dzīvotņu sadalījums starp bērziem un pārējām koku sugām atšķīrās ($p = 0.0005$).



32. att. BD dzīvotņu kategoriju proporcionālais sadalījums bērziem un citām sugām kokaudzes pirmajā stāvā.

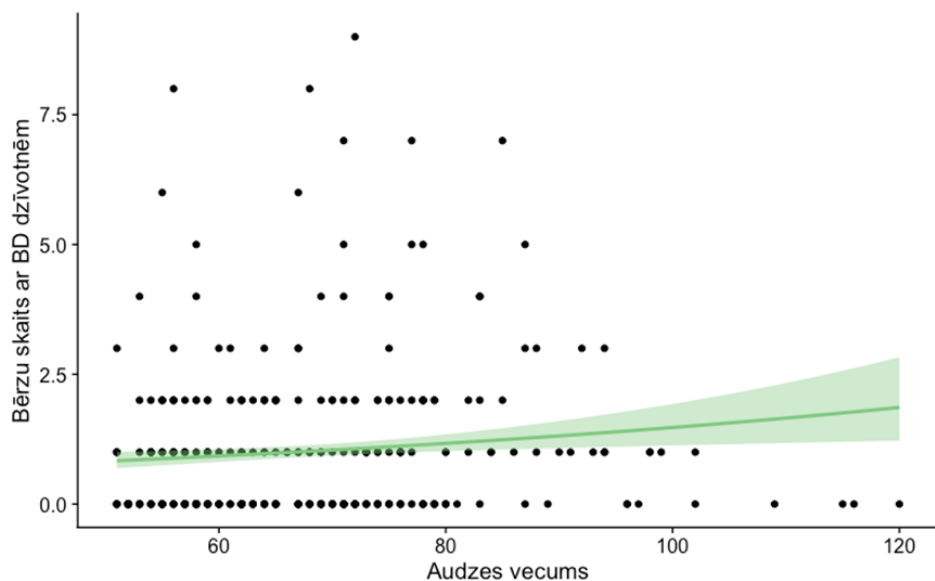
Tomēr, ja analīzei izmantoja gan pirmā, gan otrā stāva kokaudzes datus, rezultāti nedaudz atšķīrās (33. att.). Bērziem joprojām lielāko BD dzīvotņu proporciju veidoja kategorija “Citas” (51.7%), tomēr citām sugām lielāko proporciju veidoja “Sveķu notecējumi ” (40.1%). Tas varētu būt saistīts ar to, ka otrā stāva kokaudzi bieži vien veido egles, kas ir galvenā ar šo BD dzīvotni saistītā suga. Kopumā BD dzīvotņu sadalījums starp bērziem un pārējām koku sugām atšķīrās ($p = 0.0005$).



33. att. BD dzīvotņu kategoriju proporcionālais sadalījums bērziem un citām sugām apvienojot pirmo un otro kokaudzes stāvu.

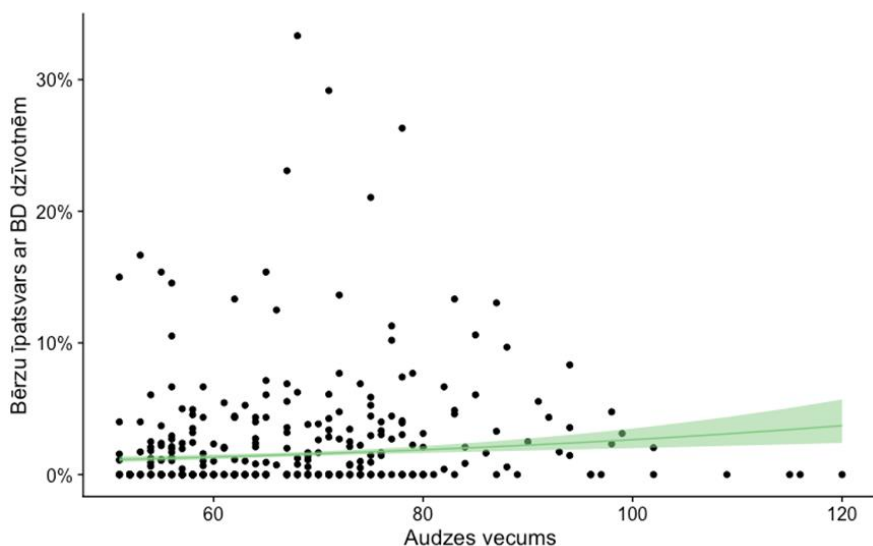
Audzes vecuma ietekme uz koku skaitu ar BD dzīvotnēm

Ja analīzei izmantoja tikai pirmā stāva kokaudzi un visas sugas kopā, tad audzes vecumam bija statistiski būtiska pozitīva ($p = 0.042$) ietekme uz koku skaitu, kuros konstatētas BD dzīvotnes. Tomēr, ja apskatīja gan pirmā, gan otrā stāva kokaudzi visām sugām kopā, tad audzes vecumam statistiski būtiskas ietekmes nebija ($p = 0.062$). Savukārt, analīzei izmantojot pirmā stāva bērzus, audzes vecumam bija statistiski būtiska ($p = 0.003$) pozitīva ietekme. Šāda sakarība novērota analīzei izmantojot gan kokaudzes pirmā, gan otrā stāva bērzus ($p = 0.0045$) (33. att.). Lai arī koku vecumam vērojama pozitīva ietekme uz bērzu skaitu ar BD dzīvotnēm, grafikā redzams, ka arī jaunāki koki (60–80 gadi) spēj nodrošināt BD dzīvotņu klātbūtni.



34. att. Bērzu skaita ar BD dzīvotnēm pirmajā un otrajā kokaudzes stāvā saistība ar audzes vecumu.

Tomēr atšķirīgas sakarības iegūtas analizējot koku īpatsvaru ar BD dzīvotnēm (35. att.). Analizējot pirmā stāva kokaudzes visas sugas kopā, audzes vecumam bija statistiski būtiska pozitīva ($p = 0.002$) ietekme uz koku proporciju, kuros ir BD dzīvotnes. Ja analīzei izmantoja gan pirmā, gan otrā stāva kokaudzi visām sugām kopā, tad audzes vecumam ir būtiska pozitīva ietekme ($p = 0.001$) uz koku proporciju, kuros ir BD dzīvotnes. Neatkarīgi no tā, vai analīzei izmantoja tikai pirmā stāva, vai gan pirmā gan otrā stāva bērzus, audzes vecumam bija būtiska pozitīva ietekme uz koku īpatsvaru ar BD dzīvotnēm ($p < 0.0001$).



35. att. Bērzu īpatsvara ar BD dzīvotnēm pirmajā un otrajā kokaudzes stāvā saistība ar audzes vecumu.

Secinājumi:

1. Audzes vecuma ietekme **uz koku skaitu** ar BD dzīvotnēm var atšķirties atkarībā no koku stāva un sugas.
2. Audzes vecumam konstatēta neliela, statistiski būtiska pozitīva **ietekme uz koku ar mikrodzīvotnēm proporciju**, neatkarīgi no stāva, vai sugas. Tomēr variācijas amplitūda starp individuālam audzēm šajā ziņā nozīmīgi pārsniedz vecuma ietekmei, liecinot par iespēju nodrošināt augstāku šī bioloģiskās daudzveidības rādītāja vērtību arī jaunākās (briestaudzes vecuma) audzēs.
3. Lai arī audzes vecumam **vērojama pozitīva ietekme uz BD dzīvotņu klātbūtni** bērziem, tieši jaunākajās audzēs (60–80 gadi) konstatēts lielāks skaits bērzu ar BD dzīvotnēm.

3.2 Attālās izpētes datu analīze

Visaptverošu informācijas iegūšanai par veco audžu stāvokli veikta attālās izpētes datu analīze. LVMI “Silava” darbā ar veco mežu datiem izmantoja mašīnmācīšanās algoritmus, veco mežu identifikācijai pielietojot un attīstot konvolūciju tīklu modeļus, pie kuriem darbs tika uzsāks 2022.gadā, Meža attīstības fonda (MAF) projekta Nr. 22-00-SOMF10-000045 ietvaros. Izstrādātie modeļi tika testēti un pilnveidoti, un tie šajā etapā uzrāda samērā augstu precizitāti.

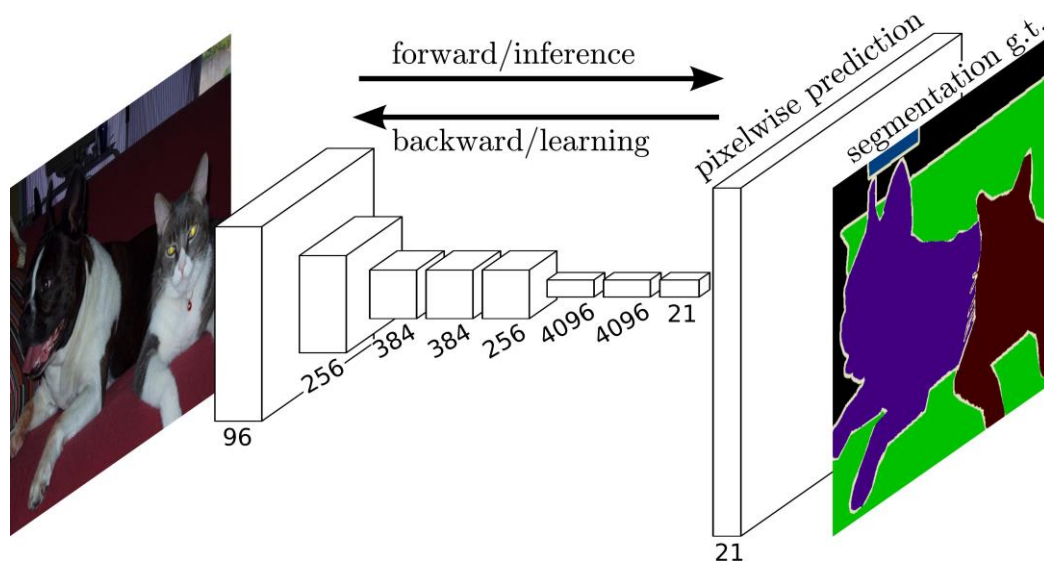
Šī darba uzdevuma mērķis ir kartēšanas procesā iegūt visaptverošu informāciju visā Latvijā, kas ietver (a) precīzu šo audžu daudzumu un (b) spēju noteikt laika dinamiku, atvieglojot nākotnes prognozes.

Šim nolūkam no 2023. gada Valsts meža dienesta (VMD) datubāzes atlasītas priežu un egļu mežaudzes, kuras bija vecākas par 160 gadiem, kā arī papildus veikta lapu koku atlase, atlasot audzes vecākas par 120 gadiem, tādējādi iegūstot informāciju par 24873. Papildus atlasītas visu audžu telpiskie dati ap vecajām audzēm, tie apvienoti vienā datubāzē ar vecajām audzēm, izveidojot treniņdatu vektordatu slāni ar informāciju par 324616 audzēm.

Visas audzes apvienotas 10 klasēs, piemēram, Vecas priežu audzes, Vecas egļu audzes, Priedes u.c. Iegūtais slānis pārveidots uz rastra datu formātu, piešķirot identisku 1 pikseļa izšķirtspēju, kā Lidar attēliem, proti 1×1 m, izveidojot maskas slāni.

Attālās izpētes pamatā ir attēlu segmentācijas process, kas sastāv no attēla sadalīšanas vairākos segmentos, lai radītu oriģinālā attēla atveidojumu. Attēlu segmentēšanas metodi var izmantot arī pikseļu klasificēšanā, kuras mērķis ir paredzēt etiķeti katram attēla pikselim. Attēlu segmentēšanas uzdevumam ir piedāvātas daudzas uz dziļo mācīšanos balstītas metodes,

piemēram, viena no pirmajām *Fully Convolution Networks* (Long et al., 2014), kas balstās uz esošo klasifikācijas tīkla pielāgošanu (36.att.).



36.att. Piemērs ar attēlu segmentāciju izmantojot konvolūciju neironu tīklu analīzi. (Long et al., 2014)

Lai modelis spētu atpazīt vecās audzes, ir nepieciešams izveidot attēlu datu kopu. Šim nolūkam no Latvijas ģeotelpiskās aģentūras (LĢIA) iegūti aerolāzerskenēšanas punktu kopums (LIDAR), kuri par visu Latvijas teritoriju tika ievākti laika posmā no 2013 līdz 2019 gadam. Kopējais punktu blīvums ne mazāks par 4 p/m^2 , zemes virsmu raksturojošo punktu vidējais blīvums ne mazāks par 1.5 p/m^2 . Digitālais virsmas modelis izveidots ar $1 \times 1 \text{ m}$ precizitāti.

Attēlu izdalīšanai izveidoti $256 \times 256 \text{ m}$ lieli kvadrātveida vektora slāņus, kuri pārklājās ar iepriekš atlasītajām audzēm. Šādā veidā kopumā izveidoti 53134 kvadrātveida vektora slāņi. Izveidotie kvadrāti izmantoti, lai no Lidar attēliem izgrieztu 256×256 pikseļus lielus attēlus, identiski veidoti maskas slāņi.

Secinājumi

Veco mežu identifikācijai pielietot konvolūciju tīklu modeļi uzrādīja labu precizitāti, augstāko precizitāti sasniedzot izmantojot UNet arhitektūru kombinācijā ar resNet50 ietvaru. Atsevišķi modeļi vislabāk prognozēja lapkoki klasi, tāpat atsevišķu modeļu spēja prognozēt veco mežu klase bija augsta, sasniedzot pat 81,7%. Lai vēl vairāk uzlabotu modeļa spēju identificēt vecas audzes Sentinel 2B attēlos, būtu nepieciešams palielināt pieejamo attēlu kopas. Daļēji, tas būtu risināms, izmantojot augstākas izšķirtspējas attēlus, kas ļautu attēlu veidošanā izmantot arī mazākas platības veco audžu nogabalus. Tāpat būtu nepieciešams veikt citu klašu validāciju, līdzīgi, kā veco audžu gadījumā ar Lidar datiem pārbaudot vainaga atvērumsu īpatsvaru.

4. Secinājumi

1. Mērķtiecīga mežsaimniecības realizācijai ir nozīmīga uz faktiem (zinātniski apstiprinātas informācijas) balstīta, pārdomāta ilgtermiņa rīcībpolitika.
2. Starptautiskā sadarbība, jo īpaši Latvijas sadarbība Baltijas un Ziemeļvalstu reģionā, sekmē veco mežu ekosistēmu izpēti Eiropas līmenī un vienlaicīgi sniedz ieguldījumu Latvijas atpazīstamībai Eiropas zinātnes un politiskās diskusijas telpā.
3. Apzinoties, ka dzīvo koku biomasa ir lielākā dinamiskā oglekļa krātuve, rekomendējams meža platībās, kurās ietekme uz klimata pārmaiņu mazināšanu ir galvenais mērķis, pielietot tādu mežsaimniecības modeli, lai veidotu iespējami ražīgas un pret dabiskajiem traucējumiem noturīgas audzes, tādējādi veicinot arī oglekļa uzkrājuma palielināšanās efektivitāti.
4. Vecu audžu vispusīgai raksturošanai būtisks ir bioloģiskās daudzveidības novērtējums. Viens no nozīmīgiem bioloģiskās daudzveidības indikatoriem ir mežaudzēs sastopamās dzīvotnes, kas analizētas šī projekta ietvaros. Balstoties uz empīriski iegūtiem datiem (āra bērza audzes), secināms, ka koku vecumam vērojama pozitīva ietekme uz bērzu skaitu ar bioloģiskās daudzveidības dzīvotnēm. Vienlaicīgi arī jaunāki koki (60–80 gadi) spēj nodrošināt bioloģiskās daudzveidības dzīvotņu klātbūtni.
5. Attālās izpētes metodes veco mežu identifikācijai pielietot konvolūciju tīklu modeļi uzrādīja labu precizitāti, augstāko precizitāti sasniedzot izmantojot UNet arhitektūru kombinācijā ar resNet50 ietvaru. Attālās izpētes metodes ir perspektīvs izpētes virziens, tostarp veco mežu identifikācijai.

Izmantotā literatūra

1. Barredo J. I., Brailescu C., Teller A., Sabatini F.M., Mauri A., Janouskova K. 2021. Mapping and assessment of primary and old-growth forests in Europe, EUR 30661 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg. DOI: 10.2760/797591, ISBN 978-92-76-34230-4, JRC124671.
2. Choi S.-S., Cha S.-H., Tappert C. C. 2010. A survey of binary similarity and distance measures. *J. Syst. Cyberne. Inform.*, 8, 43–48.
3. COM. 2020. EU Biodiversity Strategy for 2030-Bringing Nature Back into our Lives; Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions COM (2020) 380 Final: Brussels, Belgium.
4. Congalton R. G., Green K. 2019. *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices*; CRC Press: Boca Raton, FL, USA.
5. De Luca G., Silva J. M. N., Di Fazio S., Modica G. 2022. Integrated use of Sentinel-1 and Sentinel-2 data and open-source machine learning algorithms for land cover mapping in a Mediterranean region. *European Journal of Remote Sensing*, 55(1), 52–70.
6. ESA SNAP. 2023. URL: <http://step.esa.int/main/toolboxes/snap/>. Last access 11/01/2023.
7. ESA. 2020. Sentinel-2 Mission. URL: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2>.
8. ESRI. 2017: *ArcGIS Desktop*: Redlands, CA: Redlands, CA Environ. Syst. Res. Institute, Release 10.5.
9. Gundersen P., Thybring E. E., Nord-Larsen T. et al. 2021. Old-growth forest carbon sinks overestimated. *Nature*, 591, E21–E23. DOI: 10.1038/s41586-021-03266-z.
10. Illarionova S., Trekin A., Ignatiev V., Oseledets I. 2021. Tree species mapping on sentinel-2 satellite imagery with weakly supervised classification and object-wise sampling. *Forests*, 12(10).
11. Kattenborn T., Leitloff J., Schiefer F., Hinz S. 2021. Review on Convolutional Neural Networks (CNN) in vegetation remote sensing. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, 173, 24–49.
12. Ķēniņa L., Elferts D., Bāders E., Jansons Ā. 2018. Carbon pools in a hemiboreal over-mature Norway Spruce stands. *Forests*, 9, 435. DOI: 10.3390/f9070435.
13. Ķēniņa L., Jaunslaviete I., Liepa L., Zute D., Jansons Ā. 2019. Carbon pools in old-growth Scots pine stands in hemiboreal Latvia. *Forests*, 10, 911. DOI: 10.3390/f10100911.
14. Ķēniņa L., Zute D., Jaunslaviete I., Samariks V., Jansons Ā. 2022. Old-Growth Coniferous Stands on Fertile Drained Organic Soil: First Results of Tree Biomass and Deadwood Carbon Stocks in Hemiboreal Latvia. *Forests*, 13(2): 279. DOI: 10.3390/f13020279.
15. Key T., Warner T. A., McGraw J. B., Fajvan M. A. 2001. A comparison of multispectral and multitemporal information in high spatial resolution imagery for classification of individual tree species in a temperate hardwood forest. *Remote Sens. Environ.*, 75, 100–112.

16. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G. E. 2012. Imagenet classification with deep convolutional neural networks. Paper presented at International Conference on Neural Information Processing Systems, Doha, Qatar, p. 1097–1105.
17. Lamtom S. H., Savidge R. A. 2003. A reassessment of carbon content in wood: Variation within and between 41 North American species. *Biomass Bioenergy*, 25, 381–388.
18. Lecun Y., Bottou L., Bengio Y., Haffner P. 1998. Gradient-based learning applied to document recognition. *Proceedings of the IEEE*, 86(11), 2278–2324.
19. Larrieu L., Pailletc Y., Winterd S., Bütlere R., Krausf D., Krummg F., Lachatg T., Micheli A.K., Regneryj B., Vandekerkhove K. (2018) Tree related microhabitats in temperate and Mediterranean European forests: A hierarchical typology for inventory standardization. *Ecological Indicators*, Vol. 84, p. 194-207
20. Liepiņš J., Lazdiņš A., Liepiņš K. 2017. Equations for estimating above- and belowground biomass of Norway spruce, Scots pine, birch spp. and European aspen in Latvia. *Scand. J. Forest Res.* DOI: 10.1080/02827581.2017.1337923.
21. Lingua E., Garbarino M., Mondino E. B., Motta R. 2011. Natural disturbance dynamics in an old-growth forest: from tree to landscape. *Proc. Environ. Sci.*, 7, 365–370.
22. Maxwell A. E., Warner T. A., Guillén L. A. 2021. Accuracy Assessment in Convolutional Neural Network-Based Deep Learning Remote Sensing Studies – Part 1: Literature Review. *Remote Sensing*.
23. Merce O., Borlea G.F., Turcu D. O. 2014. Definitions and structural attributes of the ecosystems from natural forests-short review. *J. Hortic. For. Biotechnol.*, 18, 114–120.
24. Meyer P., Aljes M., Culmsee H., Feldmann E., Glatthorn J., Leuschner C., Schneider, H. 2021. Quantifying old-growthness of lowland European beech forests by a multivariate indicator for forest structure. *Ecological Indicators* 25, 107575.
25. O'Brien L., Schuck A., Fraccaroli C., Pötzelsberger E., Winkel G., Lindner M. 2021. Protecting old-growth forests in Europe - a review of scientific evidence to inform policy implementation. Final report. European Forest Institute. DOI: 10.36333/rs1.
26. Pukkala T. 2014. Does biofuel harvesting and continuous cover management increase carbon sequestration? *For. Policy Econ.*, 43, 41–50.
27. Puletti N., Chianucci F., Castaldi C. 2018. Use of Sentinel-2 for forest classification in Mediterranean environments. *Annals of Silvicultural Research*, 42(1), 32–38.
28. Safarov F., Temurbek K., Jamoljon D., Temur O., Chedjou J. C., Abdusalomov A. B., Cho Y.-I. 2022. Improved Agricultural Field Segmentation in Satellite Imagery Using TL-ResUNet Architecture. *Sensors*, 22, 9784.
29. Seedre M., Kopáček J., Janda P., Bace R., Svoboda M. 2015. Carbon pools in a montane old-growth Norway spruce ecosystem in Bohemian Forest: Effects of stand age and elevation. *For. Ecol. Manag.*, 346, 106–113.
30. Šēnhofa S., Jaunslaviete I., Šņepsts G., Jansons J., Liepa L., Jansons Ā. 2020. Deadwood Characteristics in Mature and Old-Growth Birch Stands and Their Implications for Carbon Storage. *Forests*, 11(5), 536. DOI: 10.3390/f11050536.
31. Sertel E., Ekim B., Ettehadi Osgouei P., Kabadayi M. E. 2022. Land Use and Land Cover Mapping Using Deep Learning Based Segmentation Approaches and VHR Worldview-3 Images. *Remote Sensing*, 14(18).

32. Shafaey M. A., Salem M. A. M., Ebied H. M., Al-Berry M. N., Tolba M. F. 2019. Deep Learning for Satellite Image Classification; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, Vol. 2019, p. 383–391.
33. Spracklen B., Spracklen D. V. 2021. Synergistic use of sentinel-1 and sentinel-2 to map natural forest and acacia plantation and stand ages in north-central Vietnam. *Remote Sensing*, 13(2), 1–19.
34. Spracklen B.D., Spracklen D. V. 2019. Identifying European old-growth forests using remote sensing: A study in the Ukrainian Carpathians. *Forests*, 10(2).
35. Tyrell L. et al. 1998. Information about old growth for selected forest type groups in the eastern United States. USDA General Technical Report NC-197. St. Paul, MN: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station. 507 pp. DOI: 10.2737/NC-GTR-197.
36. USDA Forest Service. 1989. Generic definition and description of old-growth forests. Report onfile at PNW Research. Station, Forestry Sciences Laboratory, Corvallis, Oregon.
37. Vandekerkhove K., De Keersmaecker L., Menke N., Meyer P., Verschelde P. 2009. When nature takes over from man: dead wood accumulation in previously managed oak and beech woodlands in North-West- and Central Europe. *Forest Ecology and Management*, 258, 425–435.
38. Vandekerkhove K., De Keersmaecker L., Walley R., Köhler F., Crevecoeur L., Govaere L., Thomaes A., Verheyen K. 2011. Reappearance of old-growth elements in lowland woodlands in northern Belgium: do the associated species follow? *Silva Fennica*, 45, 909–935.
39. Vandekerkhove K., Thomaes A., Jonsson B.G., 2013. Connectivity and fragmentation: Island biogeography and metapopulation applied to old-growth-elements. In: Kraus D., Krumm F. (Eds.) Integrative approaches as an opportunity for the conservation of forest biodiversity. In Focus: managing forest in Europe. European Forest Institute – Central European Office (EFI-CENT), Freiburg, p. 104–115.
40. Vandekerkhove K., Vanhellefont M., Vrška T., Meyer P., Tabaku V., Thomaes A., Leyman A., De Keersmaecker L., Verheyen K. 2018. Very large trees in a lowland old-growth beech (*Fagus sylvatica* L.) forest: Density, size, growth and spatial patterns in comparison to reference sites in Europe. *Forest Ecology and Management*, 417, 1–17.
41. Weng Q., Mao Z., Lin J., Liao X. 2018. Land-use scene classification based on a CNN using a constrained extreme learning machine. *International Journal of Remote Sensing*, 39, 6281–6299.
42. Yang C., Rottensteiner F., Heipke C. 2018. Classification of land cover and land use based on convolutional neural networks. *ISPRS Annals Photogr. Remote Sensing Spatial Inf. Sci.*, 4(3), 251–258.
43. Yao C., Luo X., Zhao Y., Zeng W., Chen X. 2017. A review on image classification of remote sensing using deep learning. In: Proc. 3rd IEEE Int. Conf. Comput. Commun., p. 1947–1955.