



Par priekšizpētes projekta

## **“Siltumnīcefekta gāzu emisiju un CO<sub>2</sub> piesaistes novērtējums vecās mežaudzēs”**

darba uzdevumu izpildi

Projekta vadītājs:



/Ā. Jansons/

Salaspils, 2015

## Kopsavilkums

Mežam ir nozīmīga loma oglekļa piesaistē un klimata izmaiņu mazināšanā. Pētījumu rezultāti par oglekļa piesaistes dinamiku vecās audzēs ir pretrunīgi; jaunākie no tiem liecina, ka boreālo mežu zonā vecās audzēs piesaistītā oglekļa apjoms samazinās. Latvijā (hemoboreālajos mežos) līdz šim līdzīgi pētījumi nav veikti, tādēļ pētījuma priekšizpētes fāzes mērķis bija iegūt datus pāraugušās audzēs un noteikt nepieciešamo parauglūkumu skaitu, lai oglekļa piesaistes modelēšanai šādās audzēs būtiskos (kokaudzi, zemsedzi un augsni raksturojošos) rādītājus varētu aprēķināt ar vēlamo precizitāti, kā arī sagatavot priekšlikumus turpmākai projekta realizācijai. Lai šo mērķi sasniegtu, ierīkoti parauglūkumi valdošo koku sugu (P, E, B, M, A) mežaudzēs tajos meža tipos, kur attiecīgā koku sugas visplašāk pārstāvēta (kopā 22 nogabali).

Konstatēts, ka taksācijas rādītāji nozīmīgi atšķiras starp parauglūkumiem vienas audzes ietvaros un vidēji I stāvam ir:  $D=38\text{cm}$ ,  $H=28\text{m}$ ,  $G=27\text{m}^2\text{ha}^{-1}$ ,  $M=351\text{m}^3$ . Sausokņu, stubeņu un kritalu kopējais apjoms vecajās audzēs nozīmīgi pārsniedz Meža statistiskās inventarizācijas I cikla parauglūkos visos mežos konstatēto, tomēr ar esošo parauglūkumu skaitu nav iespējams raksturot koku atmiršanas (un ieaugšanās) dinamiku. Veco koku pieaugumi sistemātiski atšķiras no esošo augšanas gaitas modeļu prognozētajiem. Konstatēts, ka oglekļa uzkrājums augsnē saimnieciskās izmantošanas vecumu pārsniegušās audzēs samazinās, taču atkārtoti pieaug, veidojoties otrajam stāvam. Tomēr objektu skaits nav pietiekošs, lai novērtētu, vai oglekļa uzkrājuma pieaugums augsnē vecās audzēs ir ciklisks vai nepārtraukts.

Izstrādātas rekomendācijas pētījuma turpinājuma, paredzot katrai valdošajai koku sugai (P, E, B, M, A) izvietot parauglūkus 30 dažāda vecuma audzēs, nosakot, ka paraugkopas jaunāko audžu vecums vismaz par 2 vecumklasēm pārsniedz attiecīgās koku sugas ciršanas vecumu. Tāpat paredzēts ievākt papildus datus par oglekļa uzkrājumu jaunaudzēs uz minerālaugsnēm tajās vecuma klasēs, par kurām nav informācija BioSoil projektā (10 audzēs katrai valdošajai koku sugai) un veikt nobiru dinamikas monitoringu divu gadu posmā 2 mežaudzēs katrai valdošajai koku sugai augsnes oglekļa piesaistes procesu raksturojoša modeļa (Yasso) kalibrācijai.

Pētījuma galvenie autori: A. Lazdiņš, J. Donis, G. Šņepsts, U. Neimane, J. Kalniņš, L. Robalte

## Saturs

Pētījuma mērķis un metodika.....	3
Kokaudžu un atmiruma raksturojums .....	6
Koku radiālais pieaugums .....	11
Oglekļa uzkrājums augsnē un zemsegā .....	16
Secinājumi un rekomendācijas.....	21

## Pētījuma mērķis un metodika

Līdzšinējo pētījumu rezultāti par oglekļa piesaisti vecās audzēs ir pretrunīgi un atšķiras dažādos klimatiskajos reģionos. Jaunāko pētījumu rezultāti boreālo mežu zonā liecina, ka vecās audzēs piesaistītā oglekļa apjoms samazinās (Taylor et al., 2014). Latvijā līdz šim trūkst informācijas par oglekļa piesaisti vecos mežos, tādēļ pētījuma kopējais mērķis ir novērtēt siltumnīcefekta gāzu emisiju un CO<sub>2</sub> piesaisti vecās, saimnieciskās darbības ilgstoši maz ietekmētās mežaudzēs, ievācot datus koku augšanas gaitas, kokaudzes attīstības dinamikas, kā arī zemsedzē un augsnē piesaistītā oglekļa apjoma raksturošanai.

Nemot vērā šādu audžu heterogenitāti, kas var būt izraisījusi augstu tās raksturojošo parametru variāciju, kā arī iepriekšēju analoģu pētījumu trūkumu, pētījuma priekšizpētes fāzes mērķis ir iegūt datus pāraugušās audzēs un noteikt nepieciešamo parauglaukumu skaitu, lai oglekļa piesaistes modelēšanai šādās audzēs būtiskos (kokaudzi, zemsedzi un augsni raksturojošos) rādītājus varētu aprēķināt ar vēlamo precizitāti, kā arī sagatavot priekšlikumus (darba uzdevumus un precizētu metodiku) projekta mērķa sasniegšanai.

Pētījuma priekšizpētes fāzes uzdevumi:

- 1) raksturot kokaudzi 5 valdošo koku sugu (P, E, B, M, A) pāraugušās audzēs (kopā 22 nogabali);
- 2) raksturot veco koku pieaugumu un atmirumu (radītāji un to izkriede), aprēķinot nepieciešamo parauglaukumu skaitu šo rādītāju noteikšanai ar zināmu precizitāti un izmantošanai, savietojot tās ar jau iepriekš izstrādātajiem modeļiem audzēm neapsaimniekotu audžu attīstības modelēšanai;
- 3) novērtēt nepieciešamos parauglaukumu skaitu noteiktas to aprēķinu ticamības nodrošināšanai, izstrādājot koku skaita palielināšanās (ieaugšanas) un sugu nomaiņas vienādojumu;
- 4) raksturot oglekļa piesaisti augsnē un zemsegā vecās audzēs, veicot aprēķinus par nepieciešamo parauglaukumu skaitu un veicamos novērojumus, lai varētu adaptēt Latvijas apstākļiem augsnes oglekļa uzkrājuma raksturošanai starptautiski izmantotu modeli Yasso. Sagatavot sākotnējos datus;
- 5) sagatavot priekšlikumus (darba uzdevumus un precizētu metodiku) projekta *Siltumnīcefekta gāzu emisiju un CO<sub>2</sub> piesaistes novērtējums vecās mežaudzēs* mērķu sasniegšanai.

Pētījuma priekšizpētes fāzes veikšanai no LVM teritorijā esošajām vecām saskaņā ar taksācijas apraksta datiem (šī projekta ietvaros ar to saprotot ciršanas vecumu par vairāk nekā 2 vecumklasēm

pārsniegušām) mežaudzēm, kurās, ciktāl tas zināms, nav veikta saimnieciskā darbība, atlasītas tādas, kuras atrodas iespējami tālu no ceļiem (t.sk. meža ceļiem) un apdzīvotām vietām (pieņemot, ka šādās platībās ir arī vismazākā nelikumīgu saimniecisku darbību, piemēram, sausu koku izvākšanas, varbūtība). Parauglaukumu ierīko no izvēlētās kopas pēc nejaušības atlasītās 5 valdošo koku sugu (P, E, B, M, A) mežaudzēs, kuru platības lielāka par 0.5 ha, tādos meža tipos, kur attiecīgā koku sugas visplašāk pārstāvēta (kopā 22 nogabali).

#### Lauka darbu metodika

- Nosaka meža tipu.
- Nogabalā nejauši izvieta 4 apļveida parauglaukumu, vismaz 30 m no audzes malas, izvairoties no netipiskām vietām (purvi, lauces vai vietām, kur acīm redzami mainās meža tips).
- Parauglaukumā ar rādiusu 12,62 m ( $500 \text{ m}^2$ ) nosaka sugu un uzmēra caurmēru visiem kokiem, kas sasnieguši vismaz 6.1 cm caurmēru. Daļā parauglaukuma ( $25 \text{ m}^2$  t.i. 1/4 no apļveida parauglaukuma ar rādiusu 5,64 ) uzmēra arī kokus, kas sasnieguši vismaz 2.1 cm caurmēru.
- Uzmēra gan dzīvus, gan arī sausstāvošos kokus, klasificējot tos, kā „sa” – sausoknis – nokaltis koks, kuram vēl ir vismaz 2. pakāpes sānzari; vai „st” – stumbe – bez sānzariem vai tikai ar 1. pakāpes sānzariem (tai skaitā celms, piezīmējot, ja var noteikts – vai koks nolūzis vai nozāgēts).
- Kokiem, kuru caurmērs  $>8\text{cm}$  un caurmērs  $>2 \cdot \text{attālums}$  no centra uzmēra augstumu (augstums netiek mērīts slīpiem kokiem, atzīmējot, ka slīpi; ja kokam lauza galotne – augstumu mērā, bet atzīmē, ka lauza galotne) un veic 2 pieauguma urbumus – 1,3 m augstumā un 0 m (sakņu kakla / celma) augstumā, urbjot no parauglaukuma centra puses;
- Veic tādu kritalu, kam parauglaukuma robežās maksimālais diametrs  $>6 \text{ cm}$ , uzskaiti: a) caurmērs abos galos tai daļai, kas ir iekšā parauglaukumā, kā arī garums; b) fiksē – zars vai stumbrs; c) ja izgāzies koks – stumbra caurmērs 1.3m attālumā no sakņu kakla; d) ja gabali, kas viedo vienu koku – uzmēra kā vienu koku; e) fiksē, ja parauglaukumā ir gan stumbe / sausoknis, gan tā nolūzusī daļa, ja iespējams noteikt. Visām kritālām fiksē sadalīšanās pakāpi (1. tab.).

## Kritalu sadalīšanās pakāpes

Kods	Apraksts
1	Svaigs, ar mizu, lapas, skuju saglabājušās
2	Cieta koksne, bez mizas (izņemot bērzs)
3	Koksne nedaudz mīksta, tajā var viegli iedurt nazi 1 cm dziļumā
4	Koksne mīksta, nazis viegli ieiet 5 cm dziļumā
5	Koksne ļoti mīksta, tā viegli drūp rokās

Augsnes raksturošanai subjektīvi pēc zemsedzes augiem izvēlēta audzes tipiskā vietā audzē rok vienu profildebri. Bedri orientē tā, lai tās atsegtā mala, lai tās atsegtā mala nebūtu tiešā saules gaismā un būtu iespējami vienmērīgi apgaismota. Veic atsegtās malas fotografēšanu un no katra augsnes horizonta ievāc paraugus augsnes tipa precizēšanai.

Detalizētām augsnes analīzēm pēc nejaušības principa izvēlas vienu no audzē ierīkotajiem parauglaukumiem, un ierīko 4 paraugu vākšanas punktus:  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$  leņķī no centra 1-3 m attālumā no parauglaukumā ārējās robežas, vismaz 2 m attālumā no celmiem, mikroreljefa pazeminājumiem vai paaugstinājumiem, netipiskiem mežaudzes elementiem un vismaz 2 m attālumā no lieliem augošiem kokiem. Katrā paraugu vākšanas punktā:

- ✓ kvadrātā ar platību  $1 \text{ m}^2$  savāc visus uz zemes brīvi redzamos zarus, kuru maksimālais diametrs  $<6 \text{ cm}$  (ja atliekas iziet ārpus  $1 \text{ m}^2$  rāmja, ārpusē esošās to daļas nolauž vai nozāģē un neievāc);
- ✓ tajā pašā kvadrātā ievāc zemsegas paraugu ķīmiskajām analīzēm 3 atkārtojumos pa  $100 \text{ cm}^2$ : ja zemsega ir plānāka par 5 cm, tad papildus sakasa vismaz 0.5 kg ārpus parauglaukuma robežām (paraugam nav svarīgi zināt tilpumu);
- ✓ izrok  $60 \times 120 \times 90 \text{ cm}$  bedri augsnes paraugu ievākšanai. Bedres garākā mala aptuveni paralēla parauglaukuma malai, paraugus ievāc no īsās malas, kura it tālāk no parauglaukuma centra;
- ✓ bedrē ievāc 2 paraugu veidus: noteikta tilpuma ( $100 \text{ cm}^3$ ) paraugus augsnes fizikālo īpašību noteikšanai un augsnes paraugus ķīmiskajām analīzēm; paraugus ņem no O horizonta, 0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm un 40-80 cm dziļumā;
- ✓ organiskās augsnēs nosaka kūdras slāņa dziļumu

### Kamerālo darbu metodika

Parauglaukumu taksācijas rādītāju vērtības aprēķina atbilstoši vispārpieņemtajai kārtībai (Skudra, Dreimanis 1993). Koku tilpumu aprēķināšanai izmanto I.Liepas izstrādātās stumbra tilpuma formulas (Liepa, 1996).

Augsnes paraugi analizēti Mežs vides laboratorijā saskaņā ar starptautiski vispārpieņemtu metodiku.

Nepieciešamo parauglaukumu skaitu kāda rādītāja raksturošanai ar noteiktu precizitāti aprēķina pieņemot, ka dati atbilst normālajam sadalījumam (Krebs, 1999)

$$n \cong \frac{(t_{\alpha})^2 s^2}{d^2}; \quad (1)$$

kur

$n$  = paraugkopas lielums, kāds nepieciešams,

$t_{\alpha}$  = Studenta  $t$ -vērtība  $\alpha$  varbūtībai  $n-1$  brīvības pakāpju skaitam aprēķinos pieņemts ( $t_{0,05}=2$ ;  $t_{0,01}=3$ ),

$s^2$  = mērījumu dispersija (mērītā vai pieņemtā).

$d$  = vēlamā (pieļaujamā) absolūtā kļūda

## **Kokaudžu un atmiruma raksturojums**

Visām 22 uzmērītajām audzēm un katram to parauglaukumam aprēķināti taksācijas rādītāji (D; H; G; M; N) (2. tab.). Konstatēts, ka izvēlētā metodika nenodrošina iespējas pietiekami precīzi raksturot koku vecumu katram meža elementam, par atsevišķu meža elementu pieņem vienas koku sugas vienā stāvā augošus kokus, jo ticams vecums ir zināms tikai vidēji  $40.9 \pm 5.7\%$  kokiem objektā.

Salīdzinot atmirumu pētījumu objektos ar Meža statistiskās inventarizācijas (MSI) I cikla parauglaukumos visos mežos konstatēto, redzams, ka sausokņu, stumbeņu un kritalu kopējais apjoms pētījuma objektos ir ievērojami lielāks: vidēji attiecīgi  $60.7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  un  $17.7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Līdzīga sakarība konstatēta arī salīdzinot iegūtos rezultātus atsevišķu valdošo koku sugu audzēs: priežu audzēs vidēji  $30.1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (pētījumā) un  $14.6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (MSI), egļu vidēji  $57.4$  (no 2 līdz 154)  $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$  un  $19.0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , bērzu vidēji  $71.8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  un  $17.2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , apšu vidēji  $91.9$  (no 4 līdz 183)  $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$  un  $25.6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Atšķirības starp pētījuma rezultātiem un MSI datiem liecina gan par audzes vecuma, gan cilvēku saimnieciskās darbības ietekmi uz atmirumu, taču pilotprojektā izvēlētais audžu skaits

nav pietiekams, lai atdalītu abas šīs ietekmes un aprēķinātu saikni starp audžu vecumu un atmiruma apjomu. Tāpat esošais parauglaukumu skaits nav pietiekams, lai precīzi raksturotu vidējo atmirumu, jo šim rādītājam konstatējam ļoti augsta izkliede.

2. tabula

### Audzū taksācijas rādītāji un atmirums

Objekts	PL	MT	I stāvs						II stāvs						Kopa				Atmirums m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>			
			Sastāvs	D cm	H m	G, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	M, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	N <sub>1</sub> ha <sup>-1</sup>	Sastāvs	D, cm	H, m	G, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	M, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	N <sub>1</sub> ha <sup>-1</sup>	G, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	M, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	N <sub>1</sub> ha <sup>-1</sup>	Sa	St	K	Kopā	
1	1	Dm	9p1e	53	29	20	249	100	5ba5e	27	17	5	38	120	26	298	500	10	0	31	41	
	2	Dm	10p	48	27	40	486	220	10e	18	16	6	50	240	47	542	600	9	0	13	22	
	3	Dm	9p1e	39	22	22	220	220	7e3p	15	14	4	27	200	26	249	480	5	0	24	29	
	4	Dm	10p	37	26	38	456	360	8e2p	18	13	3	19	120	43	484	740	2	11	10	23	
2	kopa		10p	42	26	30	347	225	8elp1ba	17	14	4	33	170	35	386	580	7	3	20	29	
	1	Dm	10p	37	32	41	598	380	8e2p	20	22	6	69	200	48	673	720	35	0	106	140	
	2	Dm	7p3e	40	30	35	443	280	10e	19	17	4	37	160	41	492	620	4	0	12	17	
	3	Dm	9p1e	47	25	8	94	60	10e	21	20	5	55	160	15	163	480	6	9	62	76	
3	4	Dm	9p1e	40	32	38	545	300	10e	20	18	4	37	140	43	591	680	4	0	47	51	
	kopa		9p1e	39	31	30	419	255	9elp	20	18	5	47	165	37	477	625	12	2	57	71	
	1	Db	9m1e	30	22	36	390	560	10e	15	14	4	31	280	41	427	1000	12	0	43	54	
	2	Db	9m1e	26	20	28	268	520	8e2m	16	15	5	35	320	34	309	980	15	4	36	55	
4	3	Db	5m4b1e	24	22	24	249	520	9e1m	16	15	7	55	440	32	311	1160	4	0	6	9	
	4	Db	8m2e	28	21	21	214	340	7e2m1b	17	14	3	24	160	25	240	540	0	20	25	45	
	kopa		8m1b1e	27	21	27	280	490	8e2m	16	14	5	35	300	33	319	925	8	6	27	41	
	1	Dm	5b3p2e	31	29	36	447	480	10e	21	19	11	107	340	48	558	920	4	0	11	15	
5	2	Dm	8p1e1b	33	28	42	527	480	10e	18	17	10	83	420	55	636	1300	9	0	7	16	
	kopa		5p3b2e	33	27	39	489	480	10e	19	18	10	95	380	52	599	1110	7	0	9	16	
	1	Dms	6b3e1p	32	27	29	309	420	10e	18	16	1	8	40	31	317	460	4	0	57	61	
	2	Dms	7b2p1e	33	26	19	223	220	7e3m	23	17	6	44	120	25	268	380	30	31	78	138	
6	kopa		6b2e2p	33	26	24	265	320	8e2m	22	16	3	25	80	28	291	420	17	15	67	99	
	1	Vrs	8m2b	29	26	37	460	520	10e	21	19	11	100	320	48	562	900	0	17	0	17	
	2	Vrs	10m	35	29	28	401	300	10e	21	19	6	61	180	35	462	480	0	12	0	12	
	3	Vrs	6m4e	31	25	16	186	220	9e1b	17	16	4	35	200	21	224	500	0	3	0	3	
7	4	Vrs	5m4b1e	22	24	20	226	440	10e	17	14	6	46	300	27	277	880	0	2	0	2	
	kopa		8m1b1e	29	27	25	318	370	10e	19	17	7	60	250	33	380	690	0	9	0	9	
	1	Dms	7b3p	34	25	13	143	140	10e	20	16	8	64	280	24	227	800	11	10	69	90	
	2	Dms	4p3e3b	24	20	15	141	300	10e	16	14	6	42	300	21	184	640	9	17	14	39	
8	kopa		5b3p2e	31	23	14	139	220	10e	18	15	7	51	290	23	200	720	10	13	41	65	
	1	Dms	9p1b	44	32	31	444	200	10e	20	19	1	6	20	32	450	220	14	0	0	14	
	2	Dms	10p	42	33	11	165	80	5m4e1b	13	16	2	13	180	13	178	260	1	0	11	12	
	3	Dms	8p2b	36	26	13	154	120				0	0	0	13	154	120	29	0	19	48	
9	4	Dms	10p	36	25	23	258	240	10b	6	12	0	0	20	23	258	260	0	4	0	4	
	kopa		9p1b	40	28	20	250	160	6e3m1b	11	16	1	5	55	20	255	215	11	1	8	20	
	1	Mr	9p1b	38	24	32	354	320	9elp	17	15	4	32	220	37	390	660	35	0	10	44	
	2	Mr	8p1e1b	36	24	37	392	500	6e3p1b	19	14	4	31	220	41	425	760	0	0	5	5	
10	3	Mr	10p	35	24	25	271	260	9elp	18	17	12	97	460	39	381	940	47	0	16	63	
	4	Mr	8p1e1b	32	25	27	309	320	6e3p1b	19	16	6	47	260	34	358	640	15	0	21	35	
	kopa		8p1e1b	35	24	30	331	340	8e2p	18	16	7	52	300	38	388	750	24	0	13	37	
	1	Mr	10p	32	25	25	276	300	10e	18	18	7	65	300	33	350	800	6	4	18	28	
11	2	Mr	9p1e	32	24	23	254	280	9elp	17	15	3	26	160	26	280	440	11	0	5	16	
	3	Mr	6e3p1b	27	22	12	123	180	10e	14	15	2	19	140	16	152	580	0	0	2	2	
	4	Mr	7p2e1b	31	22	21	218	360	10e	15	16	2	18	120	24	237	480	0	0	5	5	
	kopa		8p2e	32	24	20	217	280	10e	16	16	4	31	180	25	253	575	4	1	7	12	
12	1	Mr	8p2b	32	24	23	257	320	9e1b	16	15	9	74	460	35	352	1300	0	0	11	11	
	2	Mr	8p1e1b	35	25	29	325	360	10e	14	16	6	56	400	36	389	1020	0	0	0	0	
	3	Mr	9p1e	40	26	28	324	240	10e	19	16	10	78	340	38	403	620	14	0	8	22	
	4	Mr	8p1e1b	39	25	25	285	240	10e	19	16	7	54	240	33	344	600	0	0	14	14	
13	kopa		8p1e1b	36	25	26	297	290	10e	17	16	8	65	360	36	371	885	3	0	8	12	
	1	Vr	10e	44	30	21	284	140	10e	20	20	1	6	20	22	291	220	34	0	28	62	
	2	Vr	9e1b	40	31	28	391	220	6e4b	16	19	2	18	100	30	409	320	0	0	43	43	
	3	Vr	10e	47	33	24	350	140	10b	21	19	1	6	20	25	358	240	9	0	38	47	
14	kopa		10e	43	32	25	354	173	6e4b	17	19	1	10	47	26	366	267	14	0	36	51	
	1	Vrs	6e4m	30	25	22	243	380	6e2b1m1k	15	17	8	68	520	32	322	1200	3	0	37	40	
	2	Vrs	6m4e	30	24	34	407	460	9e1m	15	14	3	24	180	38	435	780	0	0	29	29	
	3	Vrs	9e1m	30	26	29	348	440	9e1m	17	17	3	23	120	35	386	980	0	0	37	37	
15	4	Vrs	7e3a	28	25	25	295	420	9e1b	15	15	7	52	360	34	358	1100	1	0	20	22	
	kopa		6e3m1a	30	26	27	323	425	8e1b1m	15	15	5	40	295	34	374	1015	1	0	31	32	
	1	Dm	10e	33	30	30	423	360	9e1l	16	16	5	40	220	35	466	640	35	69	50	154	
	2	Dm	8e2k	29	26	18	217	300	4e3os3k	14	16	5	38	300	23	258	660	0	1	46	48	
16	3	Dm	8e1b1m	32	28	30	381	360	10e	16	17	2	19	100	32	401	500	32	3	125	160	
	4	Dm	9e1m	34	26	27	330	300	10e	15	12	1	8	80	29	340	440	0	72	76	148	
	kopa		9e1m	32	28	26	337	330	7e1os11k	16	16	3	27	175	30	365	560	17	36	74	127	
	1	Vr	8a2e	61	34	25	379	160	10e	20	23	3	37	100	29	419	320	13	33	100	146	
17	2	Vr	9a1e	60	36	20	324	100	10e	23	21	12	120	280	33	451	520	52	0	126	179	
	3	Vr	5a5e	65	34	26	398	140	10e	14	15	1	5	40	29	417	480	6	80	53	139	
	4	Vr	7a3e	58	32	22	318	120	10e	21	21	3	29	80	25	348	220	0	0	149	149	
	kopa		7a3e	60	34	23	354	130	10e	22	20	5	47	125	29	407	385	18	28	107	153	
18	1	Vr	3b3m2a2e	34	27	28	379	280	9e1b	18	17	6	51	240	36	447	860	1	37	31	69	
	2	Vr	5a5b	41	32	25	334	300	9e1b	18	18											

Objekts	PL	MT	I stāvs						II stāvs						Kopā			Atmērums m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>			
			Sastāvs	D cm	H m	G, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	M, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	N, ha <sup>-1</sup>	Sastāvs	D cm	H, m	G, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	M, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	N, ha <sup>-1</sup>	G, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	M, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	N, ha <sup>-1</sup>	Sa	St	K	Kopā
21	2	Vr	5a4b1e	50	35	27	375	280	10e	20	19	3	23	80	29	398	360	0	0	54	54
	3	Vr	9a1b	50	34	41	667	220	9e1b	20	19	4	42	140	46	712	440	0	7	69	76
	4	Vr	10a	45	33	35	545	220	10e	17	19	5	51	240	41	601	620	0	0	73	73
	kopa		9a1b	52	34	36	569	210	10e	18	16	4	33	155	41	606	460	0	8	89	97
	1	Vrs	6m4e	41	26	22	279	180	6e2m1os1oz	29	17	4	32	140	28	315	460	26	18	132	176
	2	Vrs	10m	40	30	29	408	240	8e2m	15	13	4	28	240	34	443	720	0	0	39	39
	3	Vrs	10m	46	28	20	271	120	8e2m	26	18	5	40	120	26	318	360	90	32	74	195
	4	Vrs	9m1b	33	25	19	235	220	9e1k	15	15	3	21	160	22	257	400	0	47	46	93
	kopa		9m1e	39	28	23	297	190	8e2m	19	15	4	30	165	27	333	485	29	24	73	126
	1	Dm	6m3b1e	36	27	29	362	320	10m	15	14	1	5	40	30	368	360	0	38	34	71
22	2	Dm	10b	36	31	16	223	160	7e2m1b	32	21	7	60	160	23	286	380	0	19	45	65
	3	Dm	6b4m	33	28	18	233	200	10e	27	21	2	22	40	20	256	240	28	16	21	65
	4	Dm	6b2e2p	43	30	32	430	200	6e3m1b	26	22	7	77	160	41	519	580	0	0	12	12
	kopa		6b2m1e1p	36	30	24	311	220	7e2m1b	28	21	4	41	100	29	356	390	7	18	28	53

Analizējot nepieciešamo parauglaukumu skaitu objekta raksturošanai izmanto tikai tos objektus, kuros ir uzmērīti četri parauglaukumi.

Ar četriem parauglaukumiem pietiek, lai pie 95% ticamības ar 10% precizitāti raksturotu valdošās koku sugas (nedalot to pa vecuma grupām), I stāva caurmēru un augstumu. Lai pie 95% ticamības ar 10% precizitāti raksturotu audzes šķērslaukuma krājas un koku skaita taksācijas rādītājus būtu nepieciešams ierīkot 13-25 parauglaukumus, bet pie 90% ticamības ar 20% precizitāti šos taksācijas rādītājus var raksturot ar četriem līdz septiņiem parauglaukumiem audzē.

Lielā parauglaukumu skaita nepieciešamība skaidrojama ar to, ka vecās audzes nav homogēnas, līdz ar to starp parauglaukumiem aprēķinātais variācijas koeficients atkarībā no taksācijas vienības ir robežās no 1.9% līdz 54.0%. Vislielākā nenoteiktība ir audzes I stāva šķērslaukuma, krājas un koku skaita rādītājiem, bet vismazākā – valdošās koku sugas I stāva vidējam augstumam.

Pāraugušās audzes nav homogēnas, jo:

- audzē gan pirmajā, gan otrajā stāvā ir dažādas paaudzes koki un to izvietojums ir grupveida; Piemēram, vienā no objektiem 1. un 2. parauglaukumā konstatēta tikai priedes vecākas par 200 gadiem, 3. parauglaukumā konstatētas priedes vecumā no 120-200 gadi, bet 4. parauglaukumā ir 170-190 vecas priedes. Analizējot valdošās koku sugas I stāva vecumus, secināts, ka tikai trīs objektos ir viena vecuma (vecuma grupas) koki. Pārējos objektos valdošās koku sugas I stāva kokus var iedalīt divās līdz piecās vecuma grupās (paaudzēs), pie tam skuju kokiem konstatētas trīs līdz piecas vecuma grupas, bet lapu kokiem divas vai trīs vecuma grupas (3. tab.).
- I un II stāva sugu sastāvs ir grupveida; Atsevišķos objektos I stāva valdošās koku sugas sastāva koeficients starp parauglaukumiem atšķiras vairāk nekā par 3 vienībām vai pat atšķiras valdošā koku suga. Bet II stāvā valdošās sugas mainība vai tās īpatsvara vairāk par 3 vienībām mainība starp parauglaukumiem ir praktiski visos objektos.
- audzē I un II stāva biežība ir grupveida; Atsevišķos objektos abos stāvos šķērslaukuma, krājas un koku skaits starp parauglaukumiem atšķiras pat divas reizes.



- atmirušās koksnes apjoms un izvietojums ir grupveida.

Lielākajā daļā no objektiem (19 no 22) atmirušās koksnes apjoms starp parauglaukumiem atšķiras vairāk nekā par 50%.

3. tabula

Valdošās koku sugas I stāva koku vecuma grupas

Objekts Nr.	Sastāvs no taksācijas	Sastāvs no PL	Vecuma grupu skaits	Vecumi*	Piezīmes
1	8p1961P1E116	10p	3	130;180;220	
2	10P186	9p1e	1	95	Nav pāraugusi audze
3	8M1B1231M91	8m1b1e	2	70;120	
4	7B2P1E121	5p3b2e	1	110	Nav pāraugusi audze
5	9B1M121	6b2e2p	2	90;120	
6	8M1B1E101	8m1b1e	1	100	
7	6B4P121	5b3p2e	2	80;120	
8	8p181 1B1M131	9p1b	3	140;180;220	
9	10P221	8p1e1b	4	80;110;130;210	
10	10P181	8p2e	3	150;180;220	
11	10P191	8p1e1b	4	100;130;180;210	
12	9E1P159	10e	3	80;120;160	
13	10E172	6e3m1a	5	80;110;160;190;270	
14	10E162	9e1m	4	100;140;180;220	
15	7A3E113	7a3e	2	50;90	
16	7A2B1131E143	6a2b1m1e			Apses trupējušas tādēļ vecumi nav zināmi
17	6E193 3A1B133	6e2m1a1b	4	90;130;190;220	
18	7M2B1E103	5m3e2b1k	2	40;80	
19	8A1B1E101	9a1e	2	70;100	
20	8A1B1E113	9a1b	3	60;90;120	
21	7M2A1B108	9m1e	3	60;90;120	
22	7B2M1P122	6b2m1e1p	4	90;120	

\* 30-40 gadus lielas vecuma grupas vidējā vērtība

Pie ticamības 95% ar 10% precizitāti atmirušās koksnes apjoma raksturošanai būtu nepieciešams ierīkot 140 parauglaukumus, bet pie 90% ticamības ar 20% precizitāti šos taksācijas rādītājus var raksturot ar 24 parauglaukumiem audzē (4. tab.). Tas nozīmē, ka ierīkojot parauglaukumus praktiski nav iespējama atsevišķa objekta statistiski ticama atmirušās koksnes apjoma raksturošana.

Iegūtie rezultāti liecina, ka audzes (nogabala) statistiski precīzai un ticamai raksturošanai ir nepieciešams tik liels parauglaukumu skaits, ka atsevišķos nogabalos to konfigurācijas un/vai platības dēļ to nebūtu iespējams tajos izvietot pat teorētiski. Bez tam šāda parauglaukumu skaita ierīkošana būtu ļoti darbietilpīga. Tādēļ katrā nogabalā ieteicams ierīkot ne vairāk kā četrus subjektīvi izraudzītus parauglaukumus pietiekami homogēnas atsevišķas audzes (nogabala) daļas raksturošanai, izmantojot pietiekami lielu nogabalu skaitu, un taksācijas rādītāju aprēķinu veikt visiem noteikta vecuma un valdošās sugas nogabalos ierīkoties parauglaukumiem, uzskatot tos par vienotu kopu.

4. tabula

Nepieciešamais parauglukumumu skaits objektā atkarībā no taksācijas rādītājiem

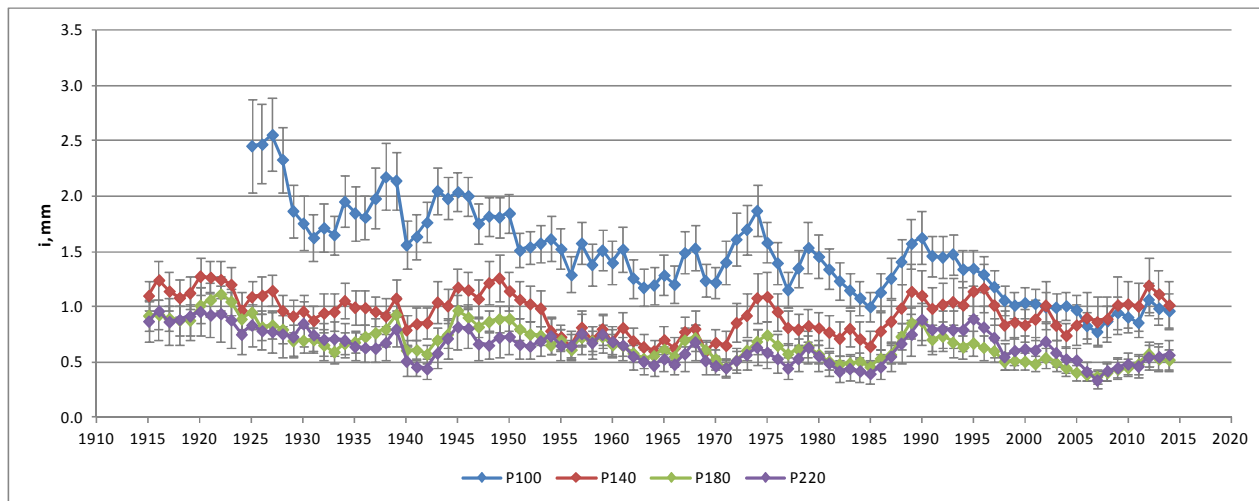
Rādītāji	D s10	H s10	G 1st	M 1st	N 1st	G kopa	M kopa	N kopa	Atmirums
<b>Skuju koki</b>									
s%	10	8	27	31	31	22	27	23	63
min	5	3	9	11	8	6	7	17	26
max	17	13	50	54	54	46	53	38	99
stdev	4	4	14	16	16	15	17	7	26
E%	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Ticamība 67%	2	1	8	10	10	5	8	6	40
<b>Ticamība 95%</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>31</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>20</b>	<b>29</b>	<b>22</b>	<b>158</b>
Ticamība 99%	10	6	68	85	87	45	65	50	354
Ticamība 90%	3	2	21	26	26	14	20	15	106
<b>Lapu koki</b>									
s%	14	5	23	26	29	21	25	28	56
min	5	2	10	10	20	8	7	14	11
max	19	10	36	42	40	35	42	36	84
stdev	5	3	9	10	7	9	11	8	19
E%	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Ticamība 67%	2	1	6	7	9	5	7	8	31
<b>Ticamība 95%</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>22</b>	<b>28</b>	<b>34</b>	<b>19</b>	<b>25</b>	<b>32</b>	<b>124</b>
Ticamība 99%	17	3	48	63	75	41	56	72	278
Ticamība 90%	5	1	15	19	23	13	17	22	83
<b>Kopā</b>									
s%	12	6	25	28	30	22	26	26	59
min	5	2	9	10	8	6	7	14	11
max	19	13	50	54	54	46	53	38	99
stdev	5	3	12	13	12	12	14	8	23
E%	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Ticamība 67%	2	1	7	9	9	5	7	7	35
<b>Ticamība 95%</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>26</b>	<b>33</b>	<b>36</b>	<b>19</b>	<b>27</b>	<b>27</b>	<b>140</b>
Ticamība 99%	13	4	58	74	81	43	60	60	315
Ticamība 90%	4	2	18	22	25	13	18	18	94
<b>Kopā</b>									
s%	12	6	25	28	30	22	26	26	59
min	5	2	9	10	8	6	7	14	11
max	19	13	50	54	54	46	53	38	99
stdev	5	3	12	13	12	12	14	8	23
E%	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Ticamība 67%	1	1	2	3	3	2	2	2	9
<b>Ticamība 95%</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>35</b>
Ticamība 99%	4	1	15	19	21	11	15	15	79
Ticamība 90%	1	1	5	6	7	4	5	5	24

s% - aritmētiski vidējais variācijas koeficients; E% - vēlamā precizitāte

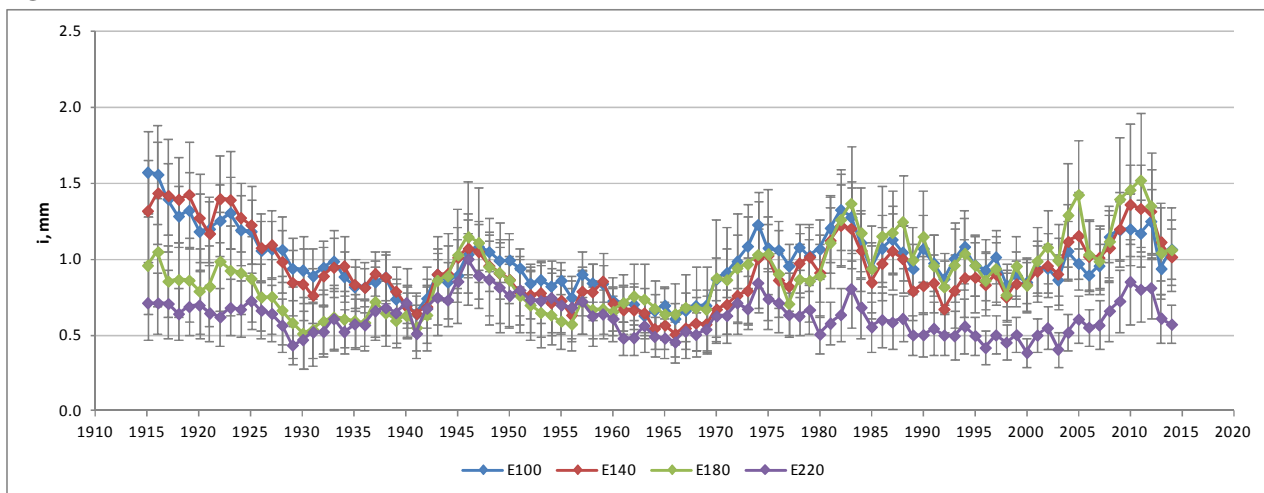
## Koku radiālais pieaugums

Izmantojot iegūtos pieaugumu urbumus novērtēts koku radiālais pieaugums dažādā vecumā (1. att., 5. tab.). Salīdzinot to koku sugu, kurām bija lielākais urbumu skaidu skaits no veciem kokiem (priedes, egles un melnalkšņu) pēdējo 10 gadu radiālo pieaugums ar augšanas gaitas modeļu (Donis, 2014) prognozētajām vērtībām, konstatēts, ka veco koku pieaugumi ir sistemātiski lielāki, lai gan caurmēru starpības nav lielākas par 5% (6. tab.). Visām analizētajām sugām starpībai starp uzmērīto un aproksimēto diametru konstatētas vājas lineāras korelācijas (kas vairāk līdzinās nekoralatīvai punktu kopai) ar uzmērīto koku diametru un koku vecumu (2. att.).

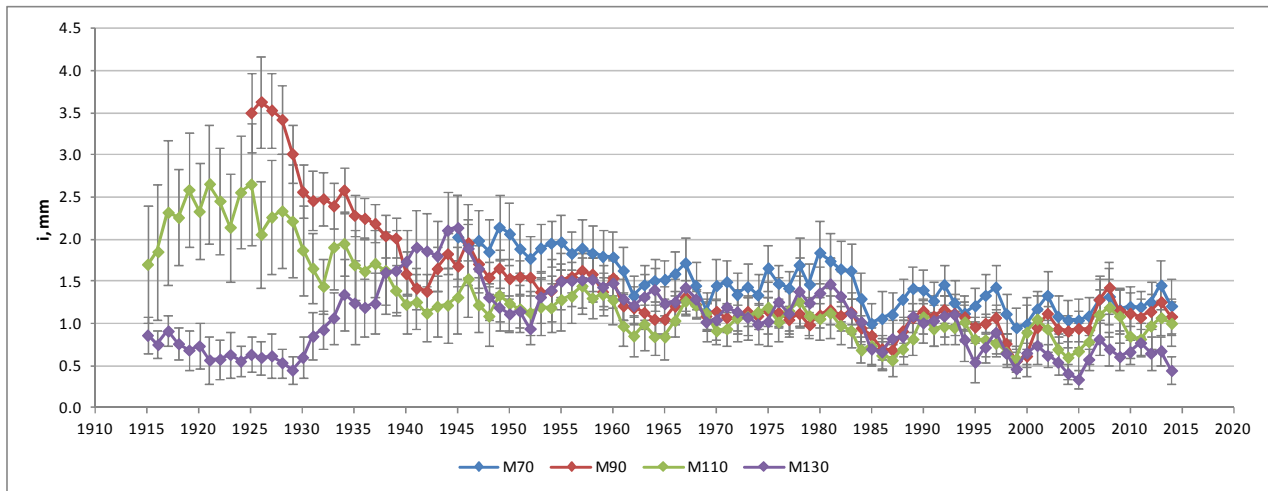
### PRIEDE



### EGLE



## MELNALKSNIS



1.attēls. Aritmētiski vidējais gadskārtu platums atkarībā no koka vecuma grupas

5. tabula

Pēdējo 10 gadu radiālais pieaugums bez mizas (mm)

Suga	Rādītājs	Koka vecuma grupa				
Skuju koki		41-80	81-120	121-160	161-200	201-240
Egle	Average	12.9	10.7	12.6	12.5	6.8
	Confidence	3.6	1.9	2.5	3.1	1.8
	Min 95%	9.3	8.9	10.1	9.4	5.0
	Max 95%	16.5	12.6	15.1	15.6	8.7
	StdDev	9.4	7.4	7.2	7.2	4.4
	Count	26	61	31	21	22
Priede	Average	11.2	9.2	9.9	4.4	4.7
	Confidence	5.5	1.3	2.1	0.7	0.8
	Min 95%	5.6	7.9	7.8	3.7	3.8
	Max 95%	16.7	10.5	12.0	5.0	5.5
	StdDev	6.3	5.5	7.0	2.4	2.5
	Count	5	73	41	49	32
Lapu koki		31-60	61-80	81-100	101-120	121-140
Apse	Average	35.8	14.4	17.2	14.6	
	Confidence	11.3	6.4	4.1	7.2	
	Min 95%	24.5	8.0	13.1	7.4	
	Max 95%	47.2	20.9	21.3	21.8	
	StdDev	14.2	8.7	8.9	9.0	
	Count	6	7	18	6	
Bērzs	Average			2.2	4.7	4.5
	Confidence			1.7	1.1	1.5
	Min 95%			0.4	3.6	3.0
	Max 95%			3.9	5.7	6.1
	StdDev			1.2	2.5	1.3
	Count			2	21	3
Melnalksnis	Average	9.3	12.0	11.3	9.3	6.5
	Confidence	4.9	2.3	2.0	2.4	1.4
	Min 95%	4.4	9.7	9.2	6.9	5.1
	Max 95%	14.2	14.4	13.3	11.7	7.9
	StdDev	7.5	6.4	8.0	5.6	2.7
	Count	9	29	59	21	15

6. tabula

Starpība starp uzmērīto pēdējo 10 gadu koku caurmēra pieaugumu pāraugušās audzēs un augšanas gaitas modeļu (Donis, 2014) prognozētajām vērtībām

Skuju koki										
Suga	Priede					Egle				
Vecuma grupa	81-120	121-160	161-200	201-240	Kopā	81-120	121-160	161-200	201-240	Kopā
Aritm.vid. (cm)	-0.3	-0.5	0.0	-0.2	-0.3	-0.5	-0.9	-1.1	-1.2	-0.7
95% Ticamība (cm)	0.2	0.6	0.2	0.3	0.2	0.3	0.7	0.7	0.5	0.3
Min (cm)	-2.8	-3.8	-1.2	-0.8	-3.8	-3.2	-3.8	-3.7	-2.0	-3.8
Max (cm)	1.2	1.1	0.6	0.3	1.2	0.9	0.3	0.3	-0.6	0.9
Standartnovirze (cm)	0.9	1.3	0.4	0.5	0.9	1.0	1.3	1.4	0.6	1.2
Skaits	64	21	17	10	112	47	12	16	5	80
Aritm.vid. (%)	-0.7	-1.7	0.0	-0.6	-0.8	-2.5	-3.2	-4.2	-4.3	-3.0
95% Ticamība (%)	0.7	2.1	0.6	0.7	0.6	1.8	2.9	2.8	1.7	1.3
Min (%)	-9.6	-18.0	-3.6	-2.0	-18.0	-19.2	-16.0	-16.0	-6.7	-19.2
Max (%)	5.8	2.6	1.7	0.6	5.8	7.5	1.4	1.4	-2.3	7.5
Standartnovirze (%)	3.0	4.9	1.3	1.1	3.2	6.2	5.2	5.8	1.9	5.7
Skaits	64	21	17	10	112	47	12	16	5	80
Lapu koki										
Suga	Bērzs			Melnalksnis				Apse		
Vecuma grupa	61-80	81-100	Kopā	61-80	81-100	101-120	Kopā	61-80	81-100	Kopā
Aritm.vid. (cm)	0.2	-0.3	0.2	-0.2	-0.3	-0.2	-0.2	1.1	-0.1	0.4
95% Ticamība (cm)	0.7	0.5	0.3	0.6	0.3	0.5	0.3	0.7	0.5	0.3
Min (cm)	-0.9	-1.2	-1.2	-2.3	-2.9	-1.8	-2.9	-1.1	-1.2	-1.2
Max (cm)	1.2	0.4	1.2	1.7	1.7	0.8	1.7	2.8	1.3	2.8
Standartnovirze (cm)	0.5	0.6	0.6	1.3	1.1	0.8	1.1	1.5	0.7	1.2
Skaits	14	5	21	18	43	11	72	7	9	16
Aritm.vid. (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.7	-0.4	-0.5	0.0	0.0	0.0
95% Ticamība (%)	0.7	0.5	0.3	2.2	1.1	1.5	0.9	2.8	1.7	1.3
Min (%)	0.0	0.0	0.0	-9.0	-11.2	-5.0	-11.2	0.0	0.0	0.0
Max (%)	0.0	0.0	0.0	6.9	5.3	2.6	6.9	0.1	0.0	0.1
Standartnovirze (%)	0.0	0.0	0.0	4.7	3.6	2.5	3.8	0.0	0.0	0.0
Skaits	14	5	21	18	43	11	72	7	9	16

Pie 95% ticamības ar 10% precizitāti, nedalot kokus pa vecuma grupām, lai raksturotu radiālo pieaugumu valdošajai koku sugai objektā būtu nepieciešams iegūt 135 urbumu skaidas (7.tab.).

7. tabula

Nepieciešamais koku skaits radiālā pieauguma raksturošanai (ticamība 95%, E%=10%)

s%	57.9	57.9	57.9	57.9	57.9
min	26.7				
max	84.4				
stdev	14.3				
E%	5	10	15	20	25
Ticamība 67%	135	34	15	9	6
<b>Ticamība 95%</b>	<b>537</b>	<b>135</b>	<b>60</b>	<b>34</b>	<b>22</b>
Ticamība 99%	1209	303	135	76	49
Ticamība 90%	362	91	41	23	15

s% - aritmētiski vidējais variācijas koeficients; E% - vēlamā precizitāte

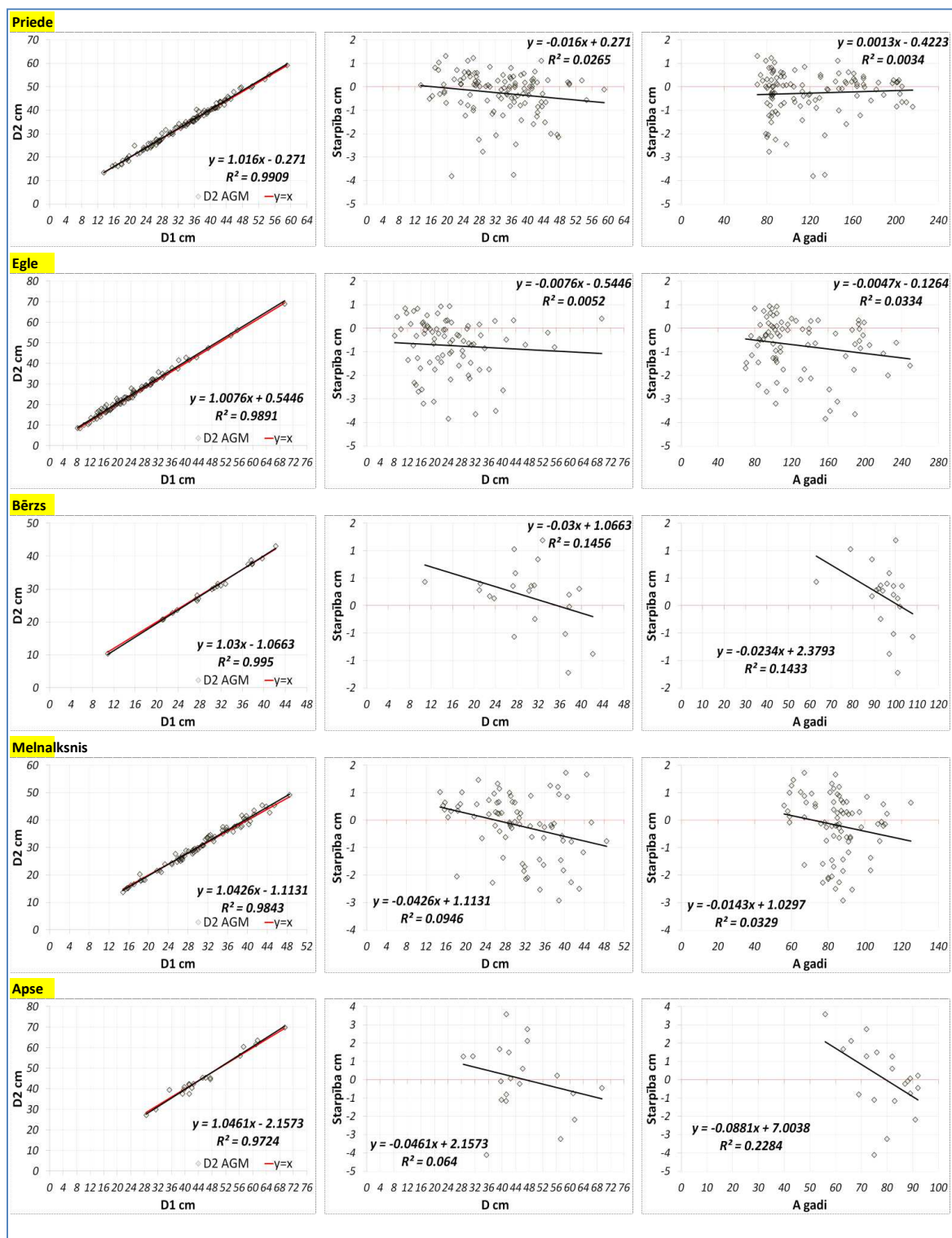
Vecot iegūto datu analīzi nebija iespējamam koku ieaugšanās raksturošana ievērojamās datu izkliedes un pārāk mazā ievāktā paraugu no jaunākiem kokiem skaita dēļ. Ieaugšanās raksturošanai nepieciešams:

- precizēt metodiku, palielinot no jaunajiem kokiem ievācamo pieauguma urbumu (vai ripu) skaitu parauglaukumā;

- b) izveidot atsevišķus parauglaukumus (viens katrā nogabalā), kur noteikts vecums un koordinātes visiem kokiem, nodrošinot iespēju veikt telpisko analīzi un raksturot paaugas veidošanās un augšanas sakarības;
- c) pārmērīt atsevišķus esošos, citos projektos pirms 5-10 gadiem audzēs ierīkotos parauglaukumus, raksturojot koku skaita un vecumstruktūras izmaiņas

Priekšizpētes fāzē iegūtā datu kopa nebija pietiekama, lai analizētu radiālā pieauguma izmaiņas atkarībā no koka vecuma un meža tipa un pa atsevišķiem objektiem. Tomēr konstatētas atsevišķas tendences:

- priedēm – atsevišķu koku radiālais pieaugums vecuma grupās no 80-160 gadiem ir būtiski lielāks nekā vecuma grupās virs 160 gadiem (t.i. iespējams konstatēt, ka par 160 gadiem vecāku koku pieaugums ir statistiski būtiski mazāks nekā jaunākiem, bet no iegūtās kopas nav iespējams konstatēt, ka vecums, no kura sākas būtiska pieauguma samazināšanās, ir tieši 160 gadi);
- eglēm – radiālais pieaugums kokiem vecuma grupā virs 200 gadiem ir būtiski mazāks nekā jaunākās vecuma grupas kokiem;
- melnalkšņiem – radiālais pieaugums kokiem vecuma grupā virs 120 gadiem ir būtiski mazāks, nekā kokiem vecuma grupās līdz 100 gadiem, bet kokiem vecuma grupā 101-120 gadi radiālais pieaugums no pārējām grupām būtiski neatšķiras;
- bērziem un apsēm – koka vecums trupes dēļ ir grūti nosakāms vai nav nosakāms vispār (ja trupes ietekmē koksnes struktūra ir pilnībā sagrauta);
- visām koku sugām jaunākās vecuma grupās radiālā pieauguma izkliede ir lielāka nekā vecākās vecuma grupās (1. att.).



2. attēls. Koku caurmēra pieaugums pāraugušās audzēs salīdzinājumā ar augšanas gaitas modeļu (Donis, 2014) prognozētajām vērtībām

## Oglekļa uzkrājums augsnē un zemsegā

Oglekļa uzkrājuma aprēķinu minerālaugsnēs pieaugušās un pāraugušu audžu griezumā atspoguļoti 8. tabulā. Augsnes oglekļa aprēķinā ietverts 0-80 cm biezs augsnes slānis. Kritalu aprēķinā, saskaņā ar augsnes paraugu ievākšanas metodiku, ietvertas par 6,1 cm resgalī tievākas un par 2 mm resnākas kritalas. Melnalksnim un priedei pētījumā pārstāvētas pieaugušās un pāraugušās audzes; abos gadījumos oglekļa uzkrājums pāraugušās audzēs ir lielāks, nekā pieaugušās audzēs (lielā mērā, pateicoties oglekļa uzkrājuma pieaugumam augsnē un nedzīvajā zemsegā).

Salīdzinoši vislielākais oglekļa uzkrājums konstatēts pāraugušās melnalkšņa audzēs uz minerālaugsnēm. Lielāko daļu oglekļa uzkrājuma (60 %) melnalkšņa audzēs veido augsne. Būtiski lielāks dzīvās biomasas oglekļa uzkrājums ir apses un bērza audzēs (69 % un 71 %). Priedes un egles audzēs dzīvās biomasas oglekļa uzkrājums ir aptuveni puse no kopējā oglekļa uzkrājuma. Kopumā vismazākais augsnes oglekļa uzkrājums ir bērza audzēs. Oglekļa uzkrājums zemsegā ir 1-4 % no kopējā oglekļa uzkrājuma; vislielākais tas ir priedes audzēs.

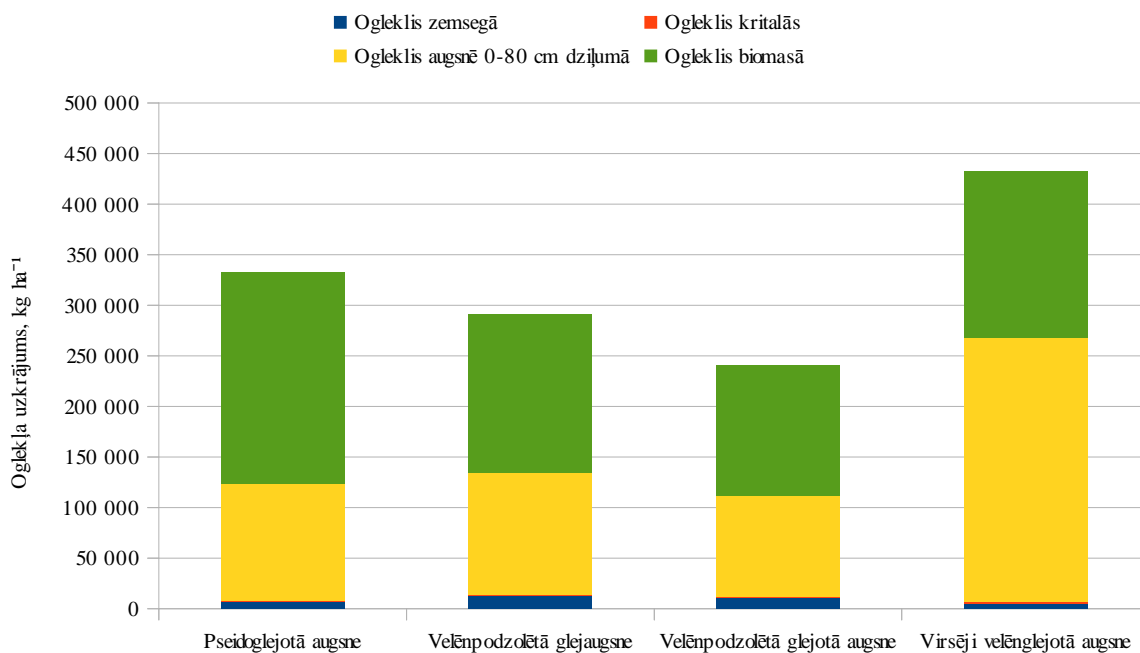
8. tabula

Oglekļa uzkrājums pieaugušās un pāraugušās audzēs atbilstoši pētījuma rezultātiem

Valdošā suga	Vecuma grupa	Oglekļa uzkrājums zemsegā, kg ha <sup>-1</sup>	Oglekļa uzkrājums kritalās, kg ha <sup>-1</sup>	Ogleklis augsnē 0- 80 cm dziļumā, kg ha <sup>-1</sup>	C biomasā kopā, kg ha <sup>-1</sup>	Kopējais oglekļa uzkrājums, kg ha <sup>-1</sup>
A	Pāraugusi	9 633	580	139 816	271 325	421 354
B	Pāraugusi	9 173	373	230 008	152 429	391 983
E	Pāraugusi	7 120	731	130 167	136 164	274 182
M	Pāraugusi	14 204	1 489	262 111	160 746	438 550
	Pieaugusi	3 718	1 027	138 964	197 851	341 560
P	Pāraugusi	30 900	665	242 576	132 382	406 523
	Pieaugusi	7 494	765	66 822	177 187	252 268

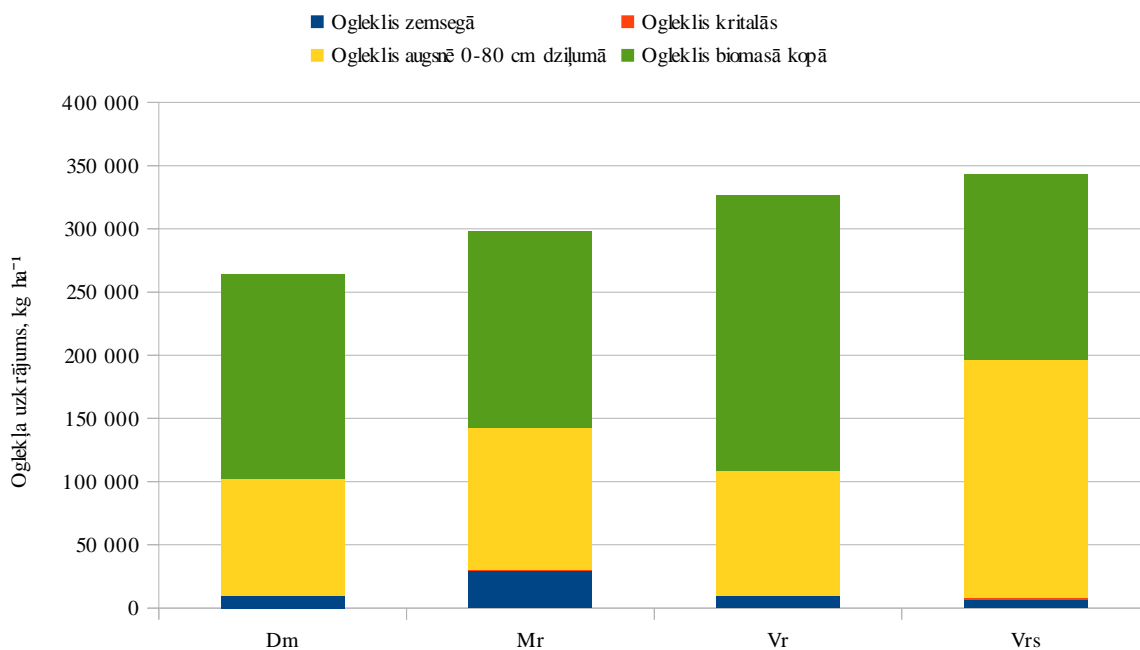
Vislielākais oglekļa uzkrājums augšņu tipu griezumā pāraugušās mežaudzēs uz minerālaugsnēm konstatēts virsēji velēnglejotā augsnē (melnalkšņa audze), vismazākais – velēnpodzolētā glejotā augsnē (priedes un egles audzes, 3.att.).





3. attēls. Oglekļa uzkrājuma salīdzinājums dažādos augšņu tipos.

Lielākais oglekļa uzkrājums meža tipu griezumā pāraugušās audzēs uz minerālaugsnēm konstatēts slapjajā vērī (melnalkšņa un egles audzes), mazākais oglekļa uzkrājums konstatēts damaksnī. Īpatnēji, ka mētrājā konstatēts lielāks oglekļa uzkrājums, nekā damaksnī, bez tam mētrājā priežu audzēs konstatēts vairākas reizes lielāks oglekļa uzkrājums zemsegā (4. att.).

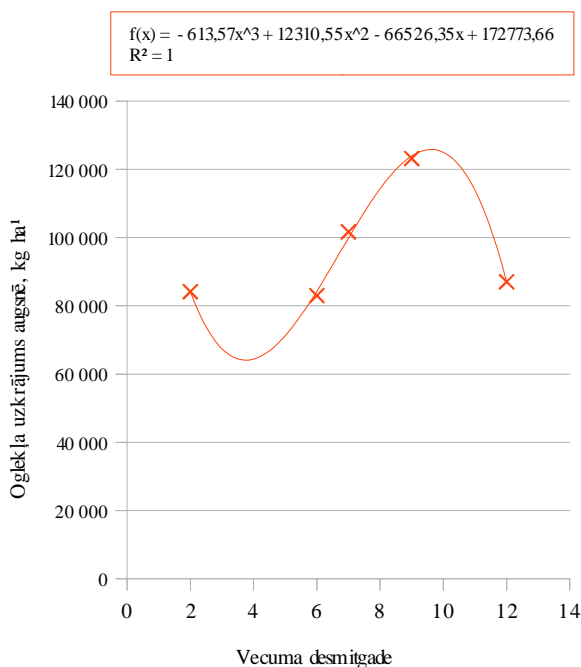


4. attēls. Oglekļa uzkrājuma salīdzinājums dažādos meža tipos.

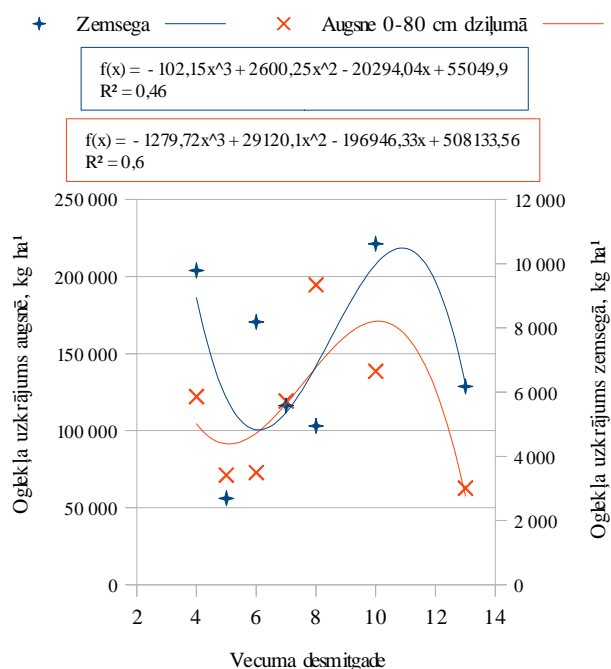
Oglekļa uzkrājuma augsnē un zemsegā salīdzinājums veikts, apvienojot BioSoil projekta ietvaros ierīkotajos 95 meža augšņu monitoringa objektos 2012. gadā iegūtos oglekļa uzkrājuma datus ar šajā pētījumā iegūtajiem datiem valdošās sugas un vecuma desmitgades griezumā. Oglekļa uzkrājuma salīdzināšanai atlasītas mežaudzes uz vidēji auglīgām un auglīgām minerālaugsnēm (Dm, Vr, Vrs, Dms, As un Ap). Organiskā oglekļa uzkrājums augsnē rēķināts 0-80 cm biežam augsnes slānim.

Oglekļa uzkrājuma izmaiņas augsnē un zemsegā bērza audzēs un augsnē apsēs audzēs var raksturot ar trešās pakāpes polinomu vienādojumiem (5. att.), kas veido S-veida līkni, palielinot oglekļa uzkrājumu augsnē līdz aptuveni 100 gadu vecumam un tad to samazinot līdz sākotnējam līmenim. Iespējams, ka arī jaunākajās audzēs notiek augsnes oglekļa uzkrājuma samazināšanās, taču ne šajā pētījumā, ne arī BioSoil parauglaukumu tīklā nav pārstāvētas bērza un apsēs jaunaudzes, tāpēc pētījums nesniedz atbildi par oglekļa uzkrājuma izmaiņām jaunaudžu vecumā.

Oglekļa uzkrājuma zemsegā un augsnē izmaiņas atsevišķos audžu vecuma posmos var raksturot arī ar lineāru sakarību (piemēram, apšu audzēs 40-100 gadu vecumā), taču tā nesniedz priekšstatu šo parametru izmaiņām visā audzes dzīves ciklā. Raksturojot oglekļa uzkrājuma izmaiņas visā audzes dzīves ciklā ar lineārām sakarībām, iegūtās determinācijas koeficienta vērtības ir ļoti zemas, kas liecina par nepieciešamību nozīmīgi palielināt pētījumā ietverto audžu skaitu.



(a)



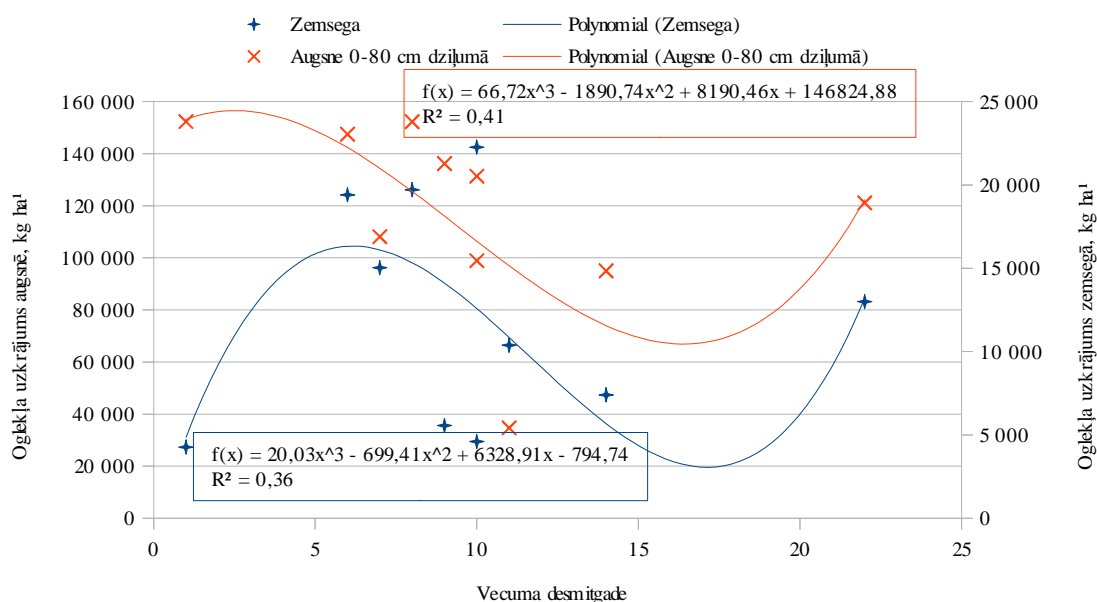
(b)

5. attēls. Oglekļa uzkrājuma izmaiņas augsnē apsēs (a) un augsnē un zemsegā bērza (b) audzēs.

Tāpat turpmākos pētījumos nepieciešams parauglaukumus izvietot arī jaunaudzēs, kur trūkst informācijas par oglekļa apjomu zemsegā un augsnē. Iegūto rezultātu pārbaudei jānovērtē arī kritalu ienese (gada laikā uz augsnes virskārtas nonākušo lapotnes un koksnes fragmentu apjoms un dimensijas). Šie dati izmantojami arī dinamiskos oglekļa uzkrājuma aprēķinu modeļos.

Egles audzēs nav konstatēta būtiska lineāra oglekļa uzkrājuma izmaiņu augsnē un zemsegā un mežaudžu vecuma sakarība. Pielietojot trešās pakāpes polinomu regresijas vienādojumu, konstatēts būtisks augsnes oglekļa uzkrājuma samazinājums līdz 150 gadus vecās audzēs un oglekļa uzkrājuma pieaugums augsnē vecākās (220 un 270 gadi) audzēs. Abās vecākajās audzēs 1. un 2. stāvā ir būtisks melnalkšņa piejaukums, kas var ietekmēt sekmēt oglekļa uzkrājuma palielināšanos, pateicoties slāpekļa saistīšanai ar nitrificējošo baktēriju starpniecību. Egles audzēs iegūtie rezultāti norāda uz nepieciešamību veikt mērķtiecīgus izmēģinājumus par baltalkšņa un melnalkšņa ietekmi uz oglekļa piesaisti augsnē skujkoku audzēs, audzējot alksni un skujkoku kopā vai arī pēc galvenās cirtes skujkoku audzē ierīkojot alkšņu kultūru, ko vēlāk aizstāj ar skujkoku.

Priedes audzēs oglekļa uzkrājuma izmaiņas augsnē un zemsegā var raksturot ar 3. kārtas polinomu (9. att.). BioSoil un veco priežu audžu apsekojumos iegūtie dati norāda uz S-veida oglekļa uzkrājuma līknes veidošanos – oglekļa saturs samazinās no aptuveni 50 līdz 150 gadu vecumam un līdz 220 gadu vecumam nedaudz pieaug vai saglabājas nemainīgs. Taču priežu audzēs uzskatām redzama datu nepietiekamība, dažiem datu punktiem pāraugušās audzēs būtiski ietekmējot iegūto sakarību. Oglekļa uzkrājums augsnē un zemsegā ir būtiski lielāks skujkoku tīraudzē, kur zem priedes veidojas blīvs egles 2. stāvs.



9. attēls. Oglekļa uzkrājums augsnē 0-80 cm dziļumā un zemsegā priedes audzēs uz vidēji auglīgām un auglīgām minerālaugsnēm.

Pētījumā konstatēts, ka visām koku sugām, izņemot egli, oglekļa uzkrājumu augsnē vecās mežaudzēs iespējams raksturot ar S-veida regresijas līkni, oglekļa uzkrājumam samazinoties saimnieciskās izmantošanas vecumu pārsniegušās audzēs un atkārtoti pieaugot pēc blīva egles otrā stāva izveidošanās. Egles audzēs oglekļa uzkrājums augsnē pieaug mežaudzēs ar būtisku melnalkšņa īpatsvaru, kas var būt saistīts ar atmosfēras slāpekļa saistīšanu un ar to saistīto augšanas apstākļu uzlabošanos.

Kopumā var secināt, ka augšņu tipu izplatība BioSoil projektā un šajā pētījumā vecajās mežaudzēs ierīkotajos parauglaukumos būtiski atšķiras. Īstenojot pilna apjoma izpēti par oglekļa uzkrājuma izmaiņām augsnē, zemsegā un pārējās oglekļa krātuvēs, papildus audžu atlase jāveic saimnieciskajos mežos, piemeklējot dažāda vecuma jaunaudzes, briestaudzes un saimnieciskās izmantošanas vecumu sasniegušās audzes, kas aug uz tādām pat augsnēm, kā jau apsekotās vecās audzes. Pētījumā nav iekļaujamas organiskās augsnes, kurās notiekošos procesus nevar raksturot ar minerālaugsnēs notiekošajiem procesiem.

## Secinājumi un rekomendācijas

### Kokaudzēs raksturojums 5 valdošo koku sugu (P, E, B, M, A) pāraugušās audzēs

Telpiskā struktūra vecās audzēs nav homogēna – konstatētas nozīmīgas taksācijas rādītāju atšķirības starp parauglaukumiem vienas audzes ietvaros. Audzēs gan pirmajā, gan otrajā stāvā ir dažādas paaudzes koki un to izvietojums ir grupveida, tāpat grupveida izvietota arī atmirusī koksne. Ar četriem parauglaukumiem pietiek, lai pie 95% ticamības ar 10% precizitāti raksturotu valdošās koku sugas I stāva caurmēru un augstumu. Lai pie 95% ticamības ar 10% precizitāti raksturotu audzes šķērslaukuma krājas un koku skaita taksācijas rādītājus būtu nepieciešams ierīkot 13-25 parauglaukumus, bet pie 90% ticamības ar 20% precizitāti šos taksācijas rādītājus var raksturot ar četriem līdz septiņiem parauglaukumiem audzē.

Nemot vērā nepieciešamību raksturot veco audžu ar noteiktiem meža inventarizācijas datiem faktisko stāvokli, t.sk. oglekļa piesaisti, pētījuma turpinājumam rekomendējams:

- Katrai koku sugai izvietot parauglaukumus 30 dažāda vecuma audzēs, nosakot, ka paraugkopas jaunāko audžu vecums vismaz par 2 vecumklasēm pārsniedz attiecīgās koku sugas ciršanas vecumu.
- Pirms ierīkot parauglaukumus, pārliecināties vai taksācijas aprakstā norādītais vecums atbilst situācijai dabā (vai nogabalā ir ciršanas vecumu vairāk nekā par 2 vecuma klasēm pārsnieguši koki), urbjot 3 dominējošus (I vai II Krafta klases) kokus.
- Objektā (audzē) viena meža tipa ietvaros ierīkot 6-8 parauglaukumus, no kuriem 4 (6, ja nogabala platība pārsniedz 2 ha) izvietoti sistemātiski nogabala raksturošanai un 2 izvietoti subjektīvi izvēlētās vietās: līdzīgs sastāvs ( $Ks10 \pm 2$  vienības), līdzīgas dimensijas, līdzīga biezība, līdzīgs atmirušās koksnes apjoms u.tml. un raksturo noteiktu audzes daļu.
- Koku augstumus mērīt katra meža elementa (par meža elementu uzskatot vienas sugas, vienā stāvā esošus un pie vienas paaudzes ( $\pm 30$  gadi no abstraktas vidējās vērtības) piederošus kokus) 3-5 kokiem parauglaukumā (kur iespējams) tā, lai objektā būtu uzmērīti vismaz 12 koki.
- Veicot aprēķinus papildus izmantot arī to Meža statistiskās inventarizācijas parauglaukumu datus, kas ierīkoti vecās audzēs

### Pieauguma un atmiruma raksturojums neapsaimniekotu audžu attīstības modelēšanai.

Vērtējot atmirumu konstatēts, ka sausokņu, stubeņu un kritalu kopējais apjoms priekšizpētes fāzē ierīkotajos objektos (vecajās audzēs) nozīmīgi pārsniedz Meža statistiskās inventarizācijas (MSI) I

cikla parauglaukumos visos mežos konstatēto: vidēji attiecīgi  $60.7 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$  un  $17.7 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ . Tomēr iegūto šī rādītāja vērtību amplitūda ir ļoti plaša (no 2 līdz  $208 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ ), tādēļ atmirušās koksnes apjoma statistiski ticamai raksturošanai atsevišķā objektā būtu nepieciešams liels parauglaukumu skaits (pie ticamības 95% ar 10% precizitāti: 140 parauglaukumi) un tā praktiski nav īstenojama. Atmirušās koksnes apjomu ietekmē gan audzes vecums, gan cilvēku saimnieciskās darbība un pilotprojektā pieejamā parauglaukumu bāze nebija pietiekama, lai abas šīs ietekmes nodalītu.

Tāpat priekšizpētes fāzē iegūtā datu kopa nebija pietiekama, lai analizētu radiālā pieauguma izmaiņas atkarībā no koka vecuma un meža tipa un pa atsevišķiem objektiem. Salīdzinot to koku sugu, kurām bija lielākais urbumu skaidu skaits no veciem kokiem (priedes, egles un melnalkšņu) pēdējo 10 gadu radiālo pieaugums ar augšanas gaitas modeļu (Donis, 2014) prognozētajām vērtībām, konstatēts, ka veco koku pieaugumi ir sistemātiski mazāki, lai gan diametru starpības nav lielākas par 5%. Tas liecina, ka, papildinot augšanas gaitas modeļus ar datiem no veciem kokiem, iespējams uzlabot to ilgtermiņa prognožu precizitāti. Līdzīgi kā atmiruma, arī radiālā pieauguma raksturošanai katrā objektā būtu nepieciešamas ļoti apjomīga paraugkopa (pie 95% ticamības ar 10% precizitāti: 135 pieaugumu urbumi), tādēļ rekomendējams analīzi veikt par parauglaukumiem atbilstoši valdošajai koku sugai, vērtējot parauglaukumus kā daļu no vienotas paraugkopas. Zinot informāciju par audžu faktisko vecumstruktūru un veco koku pieaugumu, iespējams iegūt informāciju arī par pieaugumu audzē piesaistītā oglekļa apjoma aprēķināšanai.

Pētījuma turpinājumam rekomendējams:

- katrai koku sugai izvietot parauglaukumus 30 audzēs
- katrā objektā (audzē) radiālā pieauguma raksturošanai iegūt 20-30 urbumu skaidas katram meža elementam;
- izmantojot informāciju no jaunākiem kokiem, kas ievākta šajā un citos pētījumos, iespējami precīzi noteikt vecumu tiem kokiem (g.k. bērziem un apsēm), kuriem precīzu vecumu tieši nav iespējams noteikt trupes bojājumu dēļ;
- atmirušās koksnes apjoma raksturošanai izstrādāt modeļus katras valdošās koku sugas audzēm, kombinējot projektā iegūtos un MSI datus

Koku skaita palielināšanās (ieaugšanas) un sugu nomaiņas vienādojuma izrādei nepieciešamā parauglaukumu skaita raksturojums.

Veicot iegūto datu analīzi nebija iespējamam koku ieaugšanās raksturošana ievērojamās datu izkliedes un pārāk mazā ievākto paraugu no jaunākiem kokiem skaita dēļ.

Pētījuma turpinājumam rekomendējams:

- katrā objektā visos parauglaukumos vecumstruktūras raksturošanai iegūt 2-3 urbumu skaidas katram meža elementam, noteikt izvietojumu visiem kokiem ar caurmēru lielāku par 6,1 cm un parauglaukuma sektorā: ar caurmēru lielāku par 2,1cm un atsevišķi uzskaitīt mazākos kokus, nodrošinot iespēju veikt telpisko analīzi un raksturot paaugas veidošanās un augšanas sakarības
- pārmērīt atsevišķus citos projektos pirms 5-10 gadiem priežu audzēs ierīkotos parauglaukumus, raksturojot koku skaita un vecumstruktūras izmaiņas
- iegūtos datus par izeaugšanos (vecumstruktūru) izmantot kā papildus informāciju, raksturojot koku skaita samazināšanās procesu (atmiršanu)

Oglekļa piesaistes augsnē un zemsegā vecās audzēs raksturojums un rekomendācijas turpmākam pētījumam, lai varētu adaptēt Latvijas apstākļiem augsnes oglekļa uzkrājuma raksturošanai starptautiski izmantotu modeli Yasso.

Oglekļa uzkrājums zemsegā ir 1-4 % no kopējā oglekļa uzkrājuma; vislielākais tas ir priedes audzēs mētrājā. Vislielākais augsnes oglekļa uzkrājums konstatēts pāraugušās melnalkšņa audzēs uz minerālaugsnēm; vismazākais – bērza audzēs.

Visām koku sugām, izņemot egli, kurai pētījumā pārstāvēts tikai briestaudžu, pieaugušu un pāraugušu audžu segments, oglekļa uzkrājumu augsnē vecās mežaudzēs iespējams raksturot ar S-veida regresijas līkni, tomēr parauglaukumu skaits nav pietiekams, lai varētu vērtēt šādas līknes izvēles pamatotību. Oglekļa uzkrājums samazinās saimnieciskās izmantošanas vecumu pārsniegušās audzēs un atkārtoti pieaug, veidojoties otrajam stāvam. Pētījumā ietvertu objektu skaits nav pietiekoši liels, lai novērtētu, vai oglekļa uzkrājuma pieaugums augsnē vecās audzēs ir ciklisks vai nepārtraukts un precīzi raksturotu (kā arī prognozētu) tā dinamiku laikā.

Pētījuma turpinājumam rekomendējams:

- katrā no izvēlētajiem pētījuma objektiem vienā parauglaukumā ievākt un analizēt augsnes paraugus saskaņā ar priekšizpētes fāzē aprobēto metodiku;
- ievākt papildus datus par oglekļa uzkrājumu jaunaudzēs uz minerālaugsnēm tajās vecuma klasēs, par kurām nav informācija BioSoil projektā: 10 audzēs katrai valdošajai koku sugai;
- zemsegā piesaistītā oglekļa apjoma novērtēšanai analizēt MSI datus par zemsegas biezumu;
- Yasso modeļa kalibrācijai katrai valdošajai sugai izvēlēties 2 mežaudzes (2 un 4-6 vecumklases vecākas par cirtmetu), katrā audzē trijos parauglaukumos izvietot kopumā pa 10 nobiru uztvērējiem,

kuri tiek iztukšoti reizi mēnesī (vecot nobiru apjoma, sastāva un piesaistītā oglekļa noteikšanu laboratorijā) vismaz 2 gadus (pēc šī perioda vērtējot iegūtos rezultātus un turpmāku datu ievākšanas lietderību);

- precīzākai oglekļa izmaiņu augsnē raksturošanai atkarībā audžu vecuma, sadalīt paraugkopu saskaņā ar starptautiski pieņemto augšņu klasifikāciju, kā arī būtiskajām īpašībām (N, granulometriskais sastāvs, mitruma režīms);