

AS „LATVIJAS VALSTS MEŽI” pasūtītā pētījuma **Augšanas gaitas modeļu pilnveidošana**

2. etapa starpatskaite

Līguma Nr.: 5-5.9_00uy_101_15_284

Izpildes laiks: 01.02.2016. - 20.12.2016.

Izpildītājs: Latvijas Valsts mežzinātnes institūts „Silava”

Projekta vadītājs: J. Donis

Pārējie galvenie izpildītāji: G. Šņepsts, R. Šēnhofs, L. Zdors, A. Treimane

Mērķis un uzdevumi

Darba mērķis: Precizēt iepriekš izstrādātos augšanas gaitas modeļus (Donis et al., 2011-2015), kas balstīti uz Meža statistiskās inventarizācijas datiem.

Atbilstoši metodikai 2.etapā paredzēti sekojoši **darba uzdevumi:**

- 1. Augšanas gaitas modeļu pilnveidošanai nepieciešamo 2015. gada meža statistiskās inventarizācijas datu sagatavošana.
- 2. Augšanas gaitas vienādojumu koeficientu aprēķini balstot uz 3. MSI cikla 2 gadu datiem (meža elementi), t.sk. arī kopšanas ciršu efekta atspoguļojošo modeļu pilnveidošana.
- 3. Pieauguma, atmiruma un krājas diferences prognožu modeļu pilnveidošana un statistisko rādītāju izvērtēšana, aprēķinus balstot uz 3. MSI cikla 2 gadu datiem
- 4. Izmantojot 3. MSI cikla 2 gadu datus un Zviedrijas, Somijas augšanas gaitas modeļus aprēķināt augšanas gaitas un tās salīdzināt ar 2.punktā minētajiem rezultātiem
- 5. Dažādvecuma audžu augšanas gaitas modeļu izstrādei nepieciešamo iepriekš ierīkoto parauglaukumu pārmērīšana (10 objekti)
- 6. Mākslīgās atjaunošanas ietekmes (selekcijas efekta) noteikšana - izstrādāt selekcijas efekta modeli parastai priede
- 7. Kopšanas ciršu eksperimentālo parauglaukumu ierīkošana un sākotnējā uzmērīšana (pēc kopšanas) priedes (pieļaujams arī egles un bērza) I-II bonitātes un III-IV bonitātes audzēs, kopā 72 objekti, 4 reģionos – DK, ZK, AV, VD mežsaimniecībās, 3 vecuma grupās 20 – 30, 30 – 50, 50 – 70 gados, katrā parauglaukumā ierīkojot 3-4 kopšanas intensitātes, “kopšanu no augšas” un kontroli

1. Augšanas gaitas modeļu pilnveidošanai nepieciešamo 2015. gada meža statistiskās inventarizācijas datu sagatavošana

Meža statistiskās inventarizācijas (MSI) parauglaukumu datu bāzē dati par **829** atkārtoti 2015. gadā pārmērītajiem parauglaukumiem.

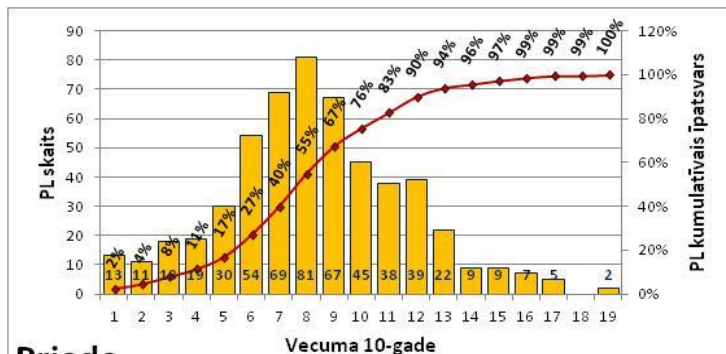
Galvenie sākotnējie atlasē kritēriji ir:

- 1) visos ciklos parauglaukums nav sadalīts sektoros;
- 2) visos ciklos zemju kategorija ir mežs (kods 10), iznīkusi audze (11), degums (12), vējgāzes (13), izcirtums (14) vai mežs lauksaimniecības zemē (62).

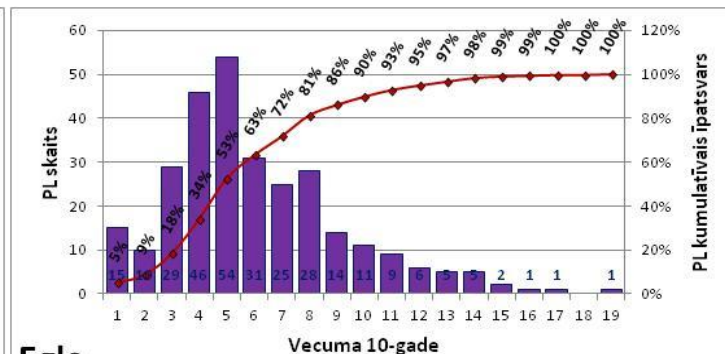
Katrā parauglaukumā aprēķināti visu trīs ciklu mežaudzes, katra atsevišķa mežaudzes stāva un katra atsevišķa mežaudzes elementa galvenie taksācijas rādītāji (vecums, vidējais kvadrātiskais caurmērs un tam atbilstošais augstums, šķērslaukums, krāja un koku skaits) kā arī izcirtās un atmirušās koksnes apjoms (krāja).

Cikls	Gads	Suga	Meža tips																				Kopā				
			Sl	Mr	Ln	Dm	Vr	Gr	Gs	Mrs	Dms	Vrs	Grs	Pv	Nd	Db	Lk	Av	Am	As	Ap	Kv		Km	Ks	Kp	
1	2004	P	14	33	28	75	2			16	17			28	18				13	21		2	16	20		303	
		E			1	18	46	4		3	12	7		2	1				1	30	5			13	3	146	
		B		2	1	18	38	11	1	5	4	12	2	1	7	14				28	7			6	34	5	196
		M					5	1					1	1	9	2				2	5			3	10	39	
		A				5	24	3				4			1					6	6			1		50	
		Ba				3	26	9				1				3				1	5			1	1	50	
		Citi					4	6								1					3					14	
	Izcirt.				1	6	1	1			2	1				1				1	1			1		16	
	Kopā		14	35	31	125	146	35	1	24	35	25	3	29	29	2	0	14	89	32	2	22	73	19		814	
	2005	P	3	33	34	37	2			19	14			25	12				12	20		7	11	24		253	
		E		1		24	34	2		2	11	3		2	2		1		30	4			13	2		131	
		B				30	40	2		4	9	16	1	4	9	20	1		29	13		3	26	15		222	
		M					1	2			1	3	1			9	1		2	7			2	6		35	
		A				5	23	3			2	3								6	6					48	
Ba					5	24	6				3	2			3				9	4					56		
Citi					1	6	5				1				1				1	3					18		
Izcirt.				12	20	22			2	1		2	3	3	1	6	3		1	3	4	5	1	1	66		
Kopā		3	34	34	114	150	22	0	25	40	29	4	31	26	38	1	15	103	40	7	18	70	24	1	829		
2	2014	P	14	32	27	65	2	1		16	15			27	18				13	16		2	16	20		284	
		E			2	19	42	3		2	13	6		2	2				28	6			13	2		140	
		B		2	2	30	35	10	1	5	5	14	2	2	7	14				27	7		5	33	6	207	
		M				3	1						1	1	10	2				5	5			3	9	40	
		A				5	32	7				3			1					1	8	7		2	1	67	
		Ba				2	24	10			1	2				2				1	4			1	1	48	
		Citi					4	3								1				1	2					11	
	Izcirt.		1		4	4			1	1										3	1		1	1		17	
	Kopā		14	35	31	125	146	35	1	24	35	25	3	29	29	2	0	14	89	32	2	22	73	19		814	
	2015	P	3	33	33	35	2			19	13			27	12				12	20		7	16	23		255	
		E		1		28	36	2		2	12	5		3	1		2		36	5			18	2		153	
		B				33	46	2		3	10	14	1	4	9	19	1		29	12		2	23	15		223	
		M				1	2				1	4	1	2	13	1				3	8			2	7	45	
		A				9	34	3			2	4			1					7	8					68	
Ba					4	21	6				1	2			3				7	5					49		
Citi					2	9	7			1					1				2						22		
Izcirt.				1	3	1			1	1	1							1				4	1		14		
Kopā		3	34	34	114	150	22	0	25	40	29	4	31	26	38	1	15	103	40	7	18	70	24	1	829		

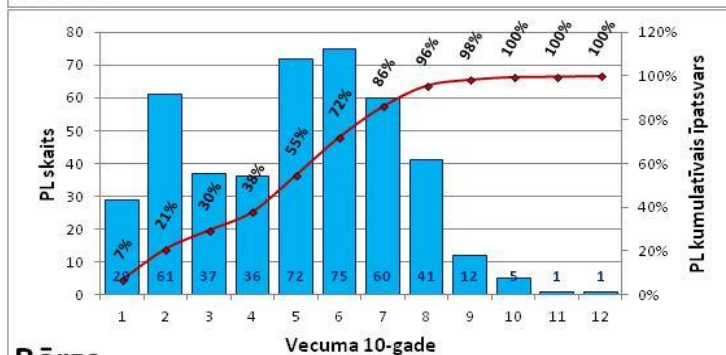
1. Augšanas gaitas modeļu pilnveidošanai nepieciešamo 2015. gada meža statistiskās inventarizācijas datu sagatavošana



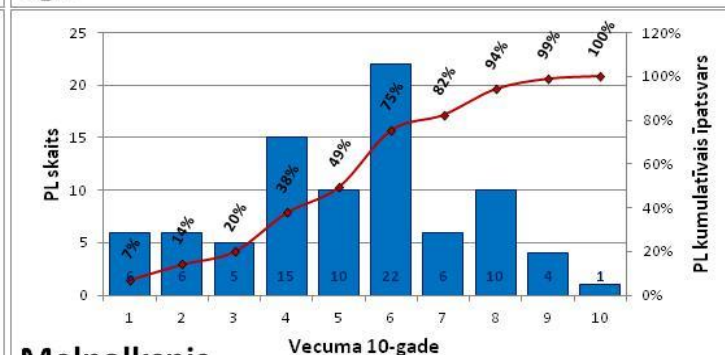
Priede



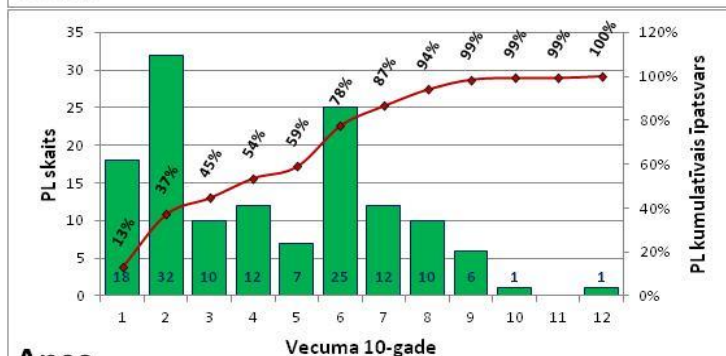
Egļe



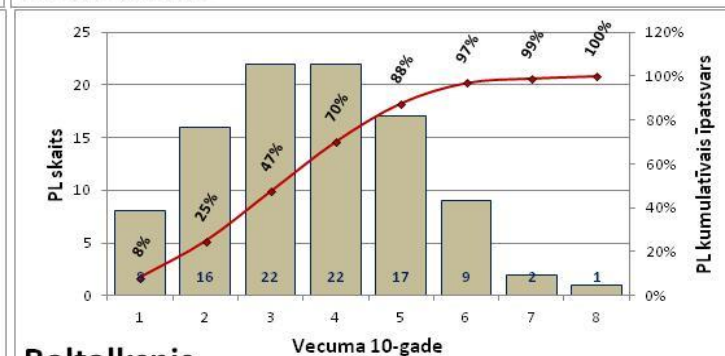
Bērzs



Melnalksnis



Apse



Baltalksnis



SILAVA

2. Atsevišķu meža elementu augšanas gaitas prognožu modeļu pilnveidošana

Meža elementu vidējā **augstuma** augšanas gaitas modelis

Dati par **1797** meža elementiem no 1031 MSI 2014.

- 2015. gadā atkārtoti uzņēmētajiem parauglaukumiem:

P1st (442 meža elementi),

E1st (336),

B1st (435),

A1st (85),

M1st (102),

Ba1st (83),

E2st (314).

Pārbaudīti vienādojumi (Donis et al., 2015),
vispārinātās algebriskās diferences pieeja (GADA -
generalized algebraic difference approach)

Aprēķināti koeficienti uz jaunās datu bāzes datiem

$$H_2 = 1.3 + \frac{A_2^{b_1}}{b_2 + 100b_3X_0 + X_0A_2^{b_1}} \quad (2.1)$$

$$X_0 = \frac{\frac{A_1^{b_1}}{H_1 - 1.3} - b_2}{100b_3 + A_1^{b_1}} \quad (2.1.1)$$

kur A_1 – krūšaugstuma vecums pirmajā uzņēmēšanas reizē, gadi;
 A_2 – krūšaugstuma vecums otrajā uzņēmēšanas reizē, gadi;
 H_1 - augstums pirmajā uzņēmēšanas reizē, metri;
 H_2 - augstums otrajā uzņēmēšanas reizē, metri;
 $b_1; b_2; b_3$ – empīriskie koeficienti.

Četros variantos:

- ✓ augstuma augšanas gaitas prognoze starp pirmo un otro ciklu (5 gadu periods);
- ✓ augstuma augšanas gaitas prognoze starp otro un trešo ciklu (5 gadu periods);
- ✓ augstuma augšanas gaitas prognoze starp pirmo un trešo ciklu (10 gadu periods);
- ✓ augstuma augšanas gaitas prognoze starp pirmo, otro un trešo ciklu (5 un 10 gadu periods).

Jāatzīmē, ka kombinētajā 5 un 10 gadu cikla variantā netika ņemta vērā auto korelācija



2. Atsevišķu meža elementu augšanas gaitas prognožu modeļu pilnveidošana

Meža elementu vidējā *augstuma* augšanas gaitas modelis (rezultāti)

Iepriekš izstrādātā meža elementa vidējā augstuma augšanas gaitas modeļa (2.1. formula) prognozētā ikgadējā augstuma pieauguma statistiskie rādītāji (2015.g. koef.)

Cikli	Suga	Aritm. vid.	MRES	MRES %	AMRES	RMSE	RMSE %	R ²	N
1.cikl.vs 2. cikl. (5g)	P	0.27	0.04	16.11	0.10	0.12	46.31	0.296	291
	E	0.37	0.05	12.34	0.11	0.13	36.08	0.410	224
	B	0.39	0.05	13.63	0.15	0.19	48.41	0.346	289
	M	0.37	0.02	4.17	0.13	0.17	46.91	0.172	72
	A	0.53	0.10	18.96	0.19	0.24	44.69	0.436	59
	Ba	0.50	0.09	17.05	0.17	0.22	44.23	0.232	62
2.cikl.vs 3. cikl. (5g)	E 2st	0.27	0.05	17.62	0.12	0.16	59.52	0.008	154
	P	0.25	0.04	16.70	0.09	0.12	46.15	0.318	311
	E	0.34	0.03	8.13	0.10	0.13	38.43	0.417	250
	B	0.36	0.03	7.16	0.13	0.17	46.42	0.453	301
	M	0.35	0.02	5.81	0.11	0.15	42.82	0.404	80
	A	0.53	0.07	13.00	0.19	0.25	47.26	0.298	64
1.cikl.vs 3. cikl. (10g)	Ba	0.41	0.06	14.61	0.13	0.16	39.65	0.361	56
	E 2st	0.22	0.01	4.12	0.11	0.14	66.12	0.022	222
	P	0.27	0.05	18.89	0.08	0.11	40.34	0.435	338
	E	0.36	0.04	10.85	0.09	0.12	32.95	0.488	239
	B	0.37	0.05	12.58	0.11	0.14	38.42	0.523	303
	M	0.36	0.03	7.66	0.09	0.12	34.78	0.378	73
kopā (5 un 10 g)	A	0.50	0.09	18.03	0.13	0.17	34.07	0.597	59
	Ba	0.41	0.04	10.62	0.11	0.14	34.53	0.451	54
	E 2st	0.25	0.05	18.82	0.10	0.13	52.82	0.054	160
	P	0.26	0.05	17.31	0.09	0.11	43.98	0.350	940
	E	0.36	0.04	10.43	0.10	0.13	35.64	0.438	713
	B	0.37	0.04	11.16	0.13	0.17	44.57	0.432	893
kopā (5 un 10 g)	M	0.36	0.02	5.87	0.11	0.15	41.18	0.300	225
	A	0.52	0.09	16.53	0.17	0.22	41.90	0.396	182
	Ba	0.44	0.06	14.43	0.14	0.18	39.78	0.330	172
	E 2st	0.24	0.03	12.91	0.11	0.14	59.66	0.024	536

MRES - vidējā novirze, m; MRES% - procentuālā vidēja novirze; AMRES - vidēja absolūtā novirze, m; RMSE – standartnovirze, m; RMSE% - variācijas koeficients; R² - determinācijas indekss; N - elementu skaits.

2. Atsevišķu meža elementu augšanas gaitas prognožu modeļu pilnveidošana

Meža elementu vidējā *augstuma* augšanas gaitas modelis (rezultāti)

2.4. tabula

Meža elementa vidējā augstuma augšanas gaitas modeļa (2.1. formula) statistiskie rādītāji ar **2016. gadā**

aproximētajām koeficientu vērtībām

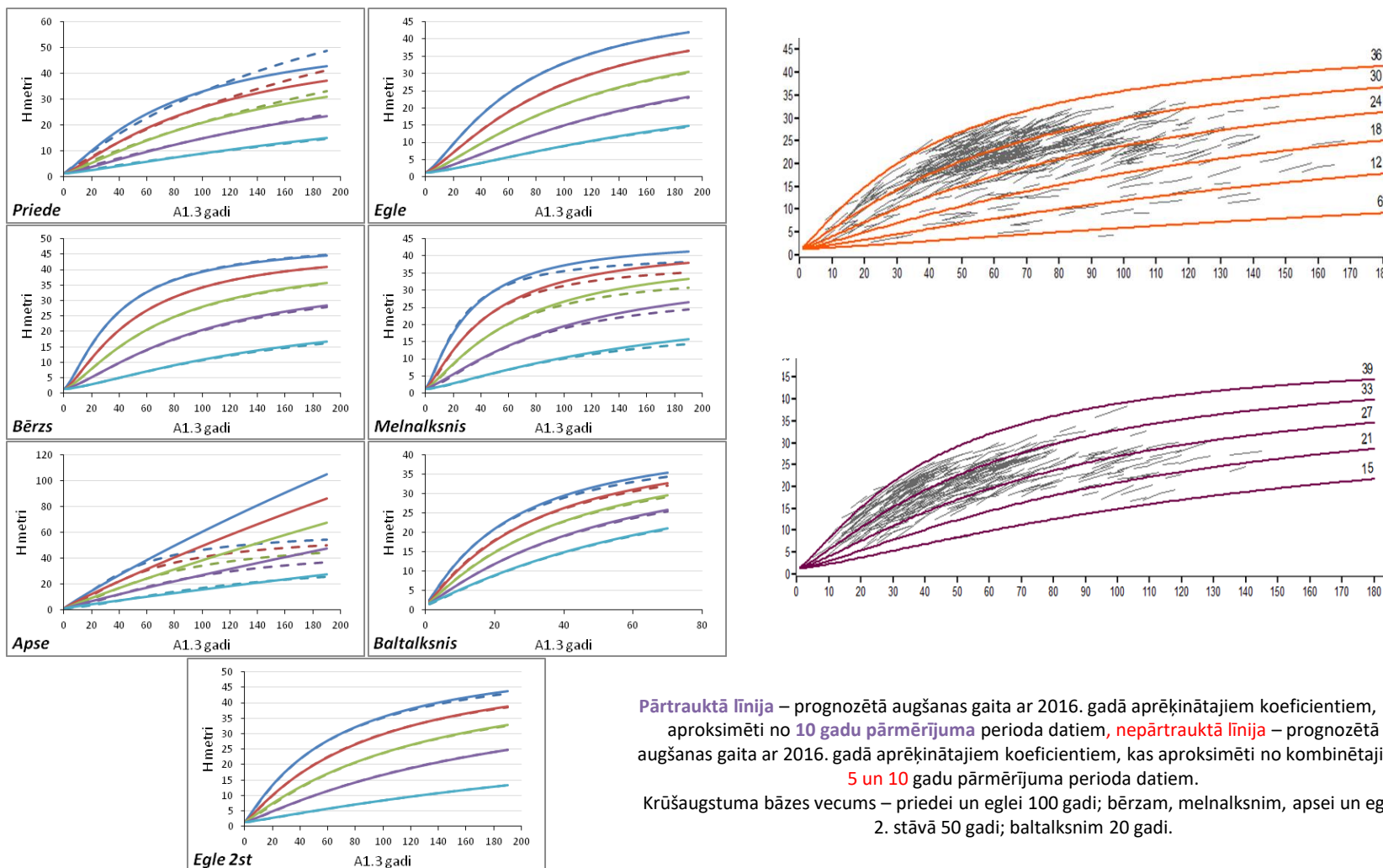
Rādītājs	Suga	Koeficienti	Vid	MRES	MRES %	AMRES	RMSE	RMSE %	R2	N
H (m)	Priede	10 gadi	21.71	0.07	0.34	0.56	0.74	3.42	0.984	940
		5-10 gadi	21.71	0.02	0.08	0.58	0.77	3.55	0.983	940
	Egle	10 gadi	21.18	0.09	0.42	0.64	0.85	4.00	0.976	713
		5-10 gadi	21.18	0.09	0.42	0.64	0.85	4.01	0.975	713
	Bērzs	10 gadi	21.06	0.03	0.13	0.81	1.06	5.04	0.960	893
		5-10 gadi	21.06	0.02	0.09	0.81	1.06	5.05	0.959	893
	Melnalksnis	10 gadi	19.78	0.04	0.20	0.70	0.93	4.70	0.953	225
		5-10 gadi	19.78	0.04	0.20	0.70	0.93	4.71	0.951	225
	Apse	10 gadi	25.89	-0.01	-0.05	1.14	1.46	5.65	0.961	182
		5-10 gadi	25.89	0.02	0.09	0.98	1.24	4.80	0.961	182
	Baltalksnis	10 gadi	16.56	0.17	1.01	0.78	1.02	6.14	0.938	172
		5-10 gadi	16.56	0.21	1.28	0.79	1.02	6.15	0.938	172
	Egle 2.st.	10 gadi	13.30	0.12	0.94	0.70	0.92	6.93	0.952	536
		5-10 gadi	13.30	0.09	0.65	0.70	0.92	6.95	0.951	536
zhvp (m gadā)	Priede	10 gadi	0.26	0.01	3.74	0.08	0.11	41.53	0.339	940
		5-10 gadi	0.26	0.00	0.61	0.09	0.11	42.82	0.285	940
	Egle	10 gadi	0.36	0.01	3.68	0.10	0.12	34.96	0.426	713
		5-10 gadi	0.36	0.01	3.61	0.10	0.12	35.02	0.427	713
	Bērzs	10 gadi	0.37	0.00	0.83	0.13	0.16	43.62	0.424	893
		5-10 gadi	0.37	0.00	0.45	0.13	0.16	43.71	0.424	893
	Melnalksnis	10 gadi	0.36	0.00	1.20	0.11	0.15	40.92	0.315	225
		5-10 gadi	0.36	0.00	1.14	0.11	0.15	41.41	0.333	225
	Apse	10 gadi	0.52	0.00	0.03	0.18	0.23	44.43	0.190	182
		5-10 gadi	0.52	0.00	0.43	0.16	0.21	39.65	0.388	182
	Baltalksnis	10 gadi	0.44	0.03	6.85	0.13	0.16	36.69	0.280	172
		5-10 gadi	0.44	0.04	8.35	0.13	0.16	36.80	0.286	172
	Egle 2.st.	10 gadi	0.24	0.02	6.56	0.11	0.14	58.61	0.027	536
		5-10 gadi	0.24	0.01	4.14	0.11	0.14	58.90	0.027	536



SILAVA

2. Atsevišķu meža elementu augšanas gaitas prognožu modeļu pilnveidošana

Meža elementu vidējā **augstuma** augšanas gaitas modelis (rezultāti)



2.8. attēls. Aproximētā vidējā augstuma augšanas gaita (2.1. vienādojums) ar 2016. gadā aptuvenajiem koeficientu vērtībām atkarībā no augstuma krūšaugstuma bāzes vecumā



SILAVA

2. Atsevišķu meža elementu augšanas gaitas prognožu modeļu pilnveidošana

Meža elementu vidējā *caurmēra* augšanas gaitas modelis

Dati par **2029** meža elementiem no 1031 MSI 2014. - 2015. gadā atkārtoti uzņēmītajiem parauglaukumiem:

P1st (470 meža elementi),

E1st (360),

B1st (494),

A1st (95),

M1st (127),

Ba1st (101),

E2st (382);

Pārbaudīti iepriekš izstrādātie vienādojumi (Donis et al., 2015),

(GADA),

Aprēķināti koeficienti uz jaunās datu bāzes datiem

$$D_2 = \frac{A_2^{b_1}}{b_2 \frac{N_1}{N_{max}} + 100b_3 X_0 + X_0 A_2^{b_1}} \quad (2.2)$$

$$X_0 = \frac{\frac{A_1^{b_1}}{D_1} - b_2 \frac{N_1}{N_{max}}}{100b_3 + A_1^{b_1}} \quad (2.2.1)$$

$$N_{max} = \frac{(k_{10}n_{max10} + k_{11}n_{max11} + k_{12}n_{max12} + k_{13}n_{max13} + k_{14}n_{max14})}{10} \quad (2.2.2)$$

$$n_{max} = c_1 D_1^{c_2} H_1^{c_3} \quad (2.2.3)$$

kur A_1 – krūšaugstuma vecums pirmajā uzņēmīšanas reizē, gadi;
 A_2 – krūšaugstuma vecums otrajā uzņēmīšanas reizē, gadi;
 D_1 - caurmērs pirmajā uzņēmīšanas reizē, cm;
 D_2 - caurmērs otrajā uzņēmīšanas reizē, cm;
 H_1 – meža elementa augstums pirmajā uzņēmīšanas reizē, m;
 N_1 – mežaudzes 1. stāva koku skaits pirmajā uzņēmīšanas reizē, ha⁻¹;
 N_{max} – mežaudzes 1. stāva maksimālais koku skaits pirmajā uzņēmīšanas reizē; ha⁻¹;
 n_{max} – maksimālais atsevišķa meža elementa koku skaits, ha⁻¹;
 k_{10-14} – atsevišķa meža elementa sastāva koeficients;
 $b_1; b_2; b_3; c_1; c_2; c_3$ – empīriskie koeficienti.

Četros variantos:

- ✓ caurmēra augšanas gaitas prognoze starp pirmo un otro ciklu (5 gadu periods);
- ✓ caurmēra augšanas gaitas prognoze starp otro un trešo ciklu (5 gadu periods);
- ✓ caurmēra augšanas gaitas prognoze starp pirmo un trešo ciklu (10 gadu periods);
- ✓ caurmēra augšanas gaitas prognoze starp pirmo, otro un trešo ciklu (5 un 10 gadu periods).

2. Atsevišķu meža elementu augšanas gaitas prognožu modeļu pilnveidošana

Meža elementu vidējā *caurmēra* augšanas gaitas modelis (rezultāti)

2.8. tabula

Meža elementa vidējā caurmēra augšanas gaitas modeļa (2.2. formula) statistiskie rādītāji ar 2016. gadā aproksimētajām koeficientu vērtībām

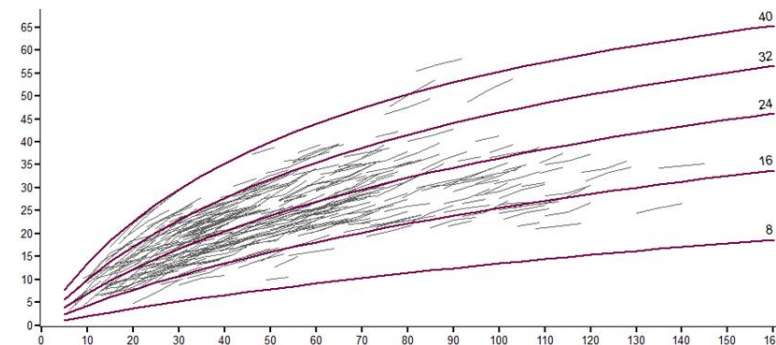
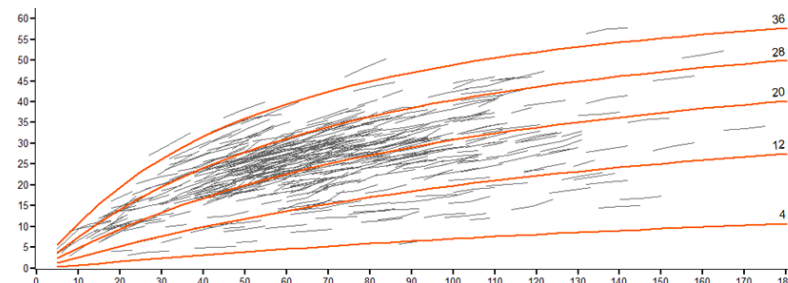
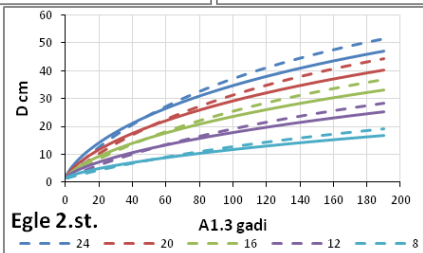
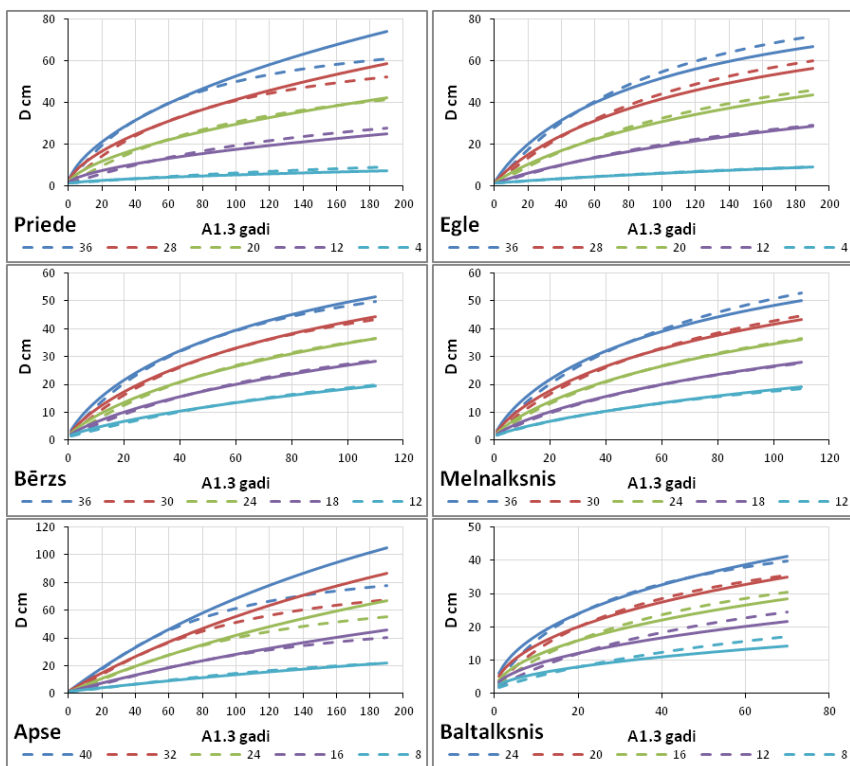
Rādītājs	Suga	Koeficienti	Vid	MRES	MRES %	AMRES	RMSE	RMSE %	R2	N
D (cm)	Priede	10 gadi	26.41	0.10	0.37	0.53	0.76	2.87	0.992	1178
		5-10 gadi	26.41	0.10	0.38	0.53	0.76	2.87	0.992	1178
	Egle	10 gadi	24.60	0.12	0.49	0.74	1.05	4.29	0.983	835
		5-10 gadi	24.60	0.13	0.53	0.74	1.05	4.28	0.983	835
	Bērzs	10 gadi	20.45	-0.01	-0.07	0.71	0.97	4.75	0.984	1131
		5-10 gadi	20.45	-0.01	-0.05	0.71	0.97	4.75	0.984	1131
	Melnalksnis	10 gadi	19.97	-0.02	-0.11	0.57	0.80	4.01	0.984	305
		5-10 gadi	19.97	0.01	0.04	0.57	0.80	4.00	0.984	305
	Apse	10 gadi	29.24	0.08	0.27	0.87	1.13	3.88	0.992	203
		5-10 gadi	29.24	0.10	0.34	0.87	1.13	3.88	0.992	203
	Baltalksnis	10 gadi	14.77	0.17	1.15	0.70	1.04	7.01	0.966	207
		5-10 gadi	14.77	0.10	0.66	0.70	1.03	6.98	0.966	207
	Egle 2.st.	10 gadi	13.73	0.13	0.94	0.58	0.82	6.01	0.973	857
		5-10 gadi	13.73	0.14	1.04	0.58	0.82	6.00	0.973	857
zdvp (cm gadā)	Priede	10 gadi	0.25	0.02	6.07	0.08	0.12	46.90	0.236	1178
		5-10 gadi	0.25	0.02	6.21	0.08	0.12	46.86	0.238	1178
	Egle	10 gadi	0.36	0.02	5.18	0.12	0.16	44.54	0.327	835
		5-10 gadi	0.36	0.02	5.67	0.12	0.16	44.49	0.330	835
	Bērzs	10 gadi	0.28	0.00	-1.02	0.11	0.15	51.45	0.299	1131
		5-10 gadi	0.28	0.00	-0.81	0.11	0.15	51.42	0.301	1131
	Melnalksnis	10 gadi	0.30	0.00	-1.54	0.09	0.12	40.90	0.389	305
		5-10 gadi	0.30	0.00	0.02	0.09	0.12	40.80	0.390	305
	Apse	10 gadi	0.55	0.01	2.02	0.14	0.19	34.52	0.274	203
		5-10 gadi	0.55	0.01	2.54	0.14	0.19	34.50	0.275	203
	Baltalksnis	10 gadi	0.28	0.03	10.48	0.11	0.16	55.87	0.044	207
		5-10 gadi	0.28	0.02	6.61	0.11	0.15	55.32	0.048	207
	Egle 2.st.	10 gadi	0.22	0.02	8.39	0.09	0.12	56.03	0.119	857
		5-10 gadi	0.22	0.02	9.43	0.09	0.12	55.95	0.120	857

MRES - vidējā novirze, m; MRES% - procentuālā vidējā novirze; AMRES - vidējā absolūtā novirze, m; RMSE – standartnovirze, m; RMSE% - variācijas koeficients; R2 - determinācijas indekss; N - elementu vai koku skaits.



2. Atsevišķu meža elementu augšanas gaitas prognožu modeļu pilnveidošana

Meža elementu vidējā **caurmēra** augšanas gaitas modelis (rezultāti)



bāzes vecumā un pie relatīvās audzes biežības 0.55
Nepārtrauktā līnija – prognozētā augšanas gaita ar 2016. gadā aprēķinātajiem koeficientiem, **pārtrauktā līnija** – prognozētā augšanas gaita ar 2015. gadā aprēķinātajiem koeficientiem.
 Krūšaugstuma bāzes vecums – priedei, eglei, bērzam, melnalksnim, apsei un eglei 2. stāvā 50 gadi; baltalksnim 20 gadi.

2. Atsevišķu meža elementu augšanas gaitas prognožu modeļu pilnveidošana



SILAVA

Meža elementu **šķērslaukuma** izmaiņu modelis

Dati par 2576 meža elementiem no MSI 2014. - 2015. gadā atkārtoti uzmērītajiem parauglaukumiem:

P1st ((1060 meža elementi),

E1st (401),

B1st (659),

A1st (106),

M1st (143),

Ba1st (207),

Pārbaudīti iepriekš izstrādātie vienādojumi (Donis et al., 2015),

Aprēķināti koeficienti jauniem vienādojumiem

$$g_{max} = \frac{b_1}{1 + \left(\frac{d}{b_2}\right)^{b_3}} \quad (2.3)$$

kur g_{max} – maksimālais mežaudzes šķērslaukums, $m^2 ha^{-1}$;
 d – mežaudzes vidējais kvadrātiskais krūšaugstuma caurmērs, cm ;
 b_1 ; b_2 ; b_3 – empīriskie koeficienti, kas atkarīgi no koku sugas (2.7. tabula).

$$g_2 = g_1 + \left(b_1 \ln(g_1) + b_2 \ln(t_1) + b_3 z_h + b_4 \frac{N_1}{N_{max}} \right) (t_2 - t_1) \quad (2.4)$$

$$g_2 = g_1 + g_1 \left(b_0 + b_1 \frac{t_1}{100} + b_2 t_1^{-2} \right) (t_2 - t_1) \quad (2.5)$$

kur g_2 – meža elementa šķērslaukums perioda beigās, $m^2 ha^{-1}$;
 g_1 – meža elementa šķērslaukums perioda sākumā, $m^2 ha^{-1}$;

t_1 – meža elementa krūšaugstuma vecums perioda sākumā, gadi;

t_2 – meža elementa krūšaugstuma vecums perioda beigās, gadi;

z_h – prognozētais piecu gadu vidējais periodiskais augstuma pieaugums, m (H2-H1), pēc 2.1.

formulas;

N_{max} – maksimālais mežaudzes I stāva koku skaits, ha^{-1} (2.2.2. formula);

N_1 – mežaudzes 1. stāva koku skaits pirmajā uzmērīšanas reizē, ha^{-1} ;

b_0 ; b_1 ; b_2 ; b_3 ; b_4 ; b_5 – empīriskie koeficienti, kas atkarīgi no koku sugas (2.8. tabula).

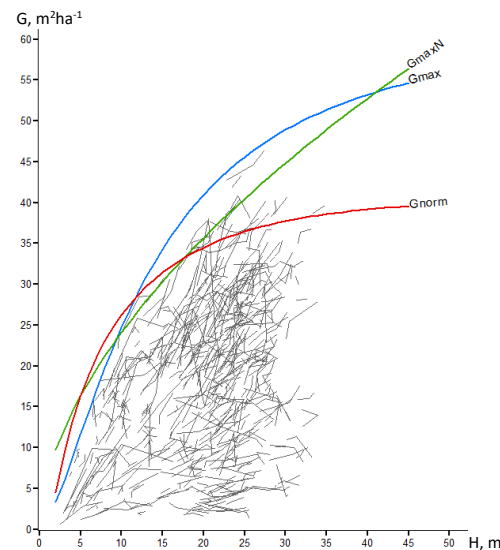
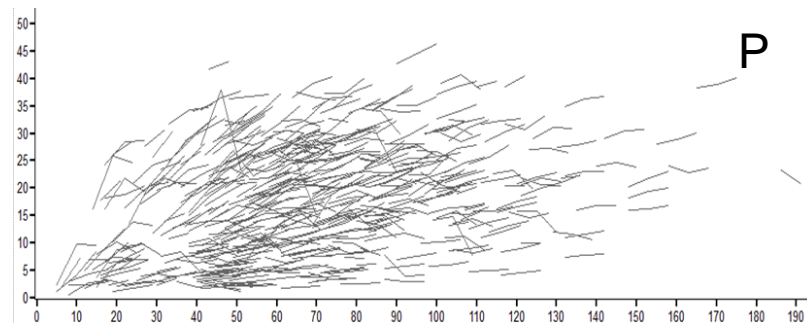
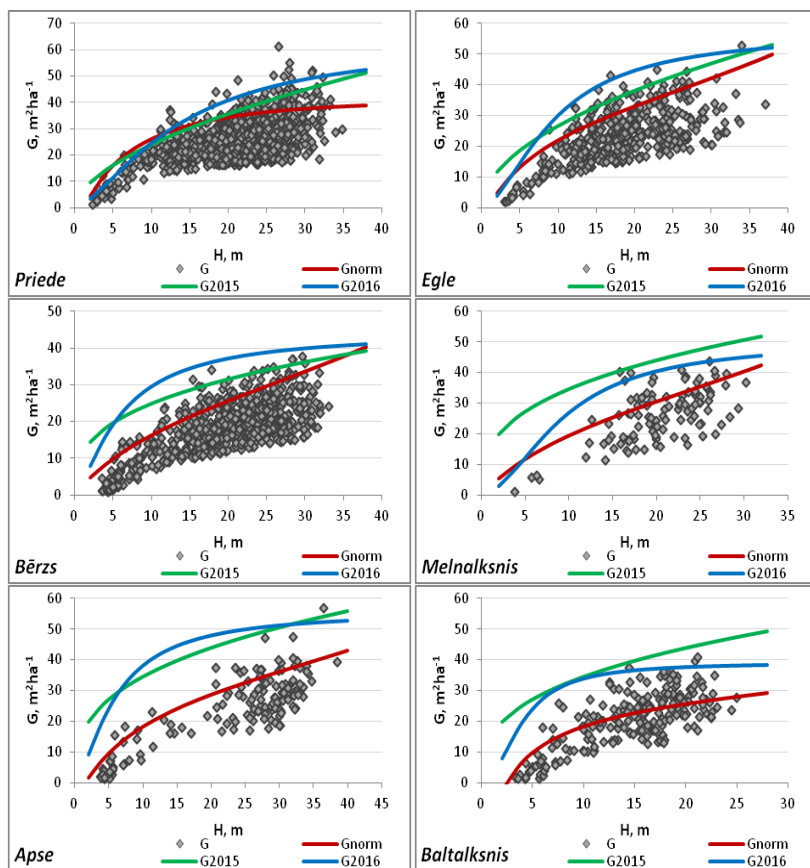
Četras variāntos:

- ✓ augšanas gaitas prognoze starp pirmo un otro ciklu (5 gadu periods);
 - ✓ augšanas gaitas prognoze starp otro un trešo ciklu (5 gadu periods);
 - ✓ augšanas gaitas prognoze starp pirmo un trešo ciklu (10 gadu periods);
 - ✓ augšanas gaitas prognoze starp pirmo, otro un trešo ciklu (5 un 10 gadu periods).
- Jāatzīmē, ka kombinētajā 5 un 10 gadu cikla variantā netika ņemta vērā auto korelācija



2. Atsevišķu meža elementu augšanas gaitas prognožu modeļu pilnveidošana

Meža elementu *maksimālā šķērslaukuma* modelis (rezultāti)



2.25. attēls. MSI parauglaukumos uzņēmātais, maksimālais (G_{2016}), maksimālā koku skaita (G_{2015}) un normālais (G_{norm}) meža audzes šķērslaukums atkarībā no vidējā augstuma

Meža audzes maksimālais šķērslaukums (2.3. formula) un maksimālā koku skaita šķērslaukums (Donis, et al., 2015) aprēķināts pie H/D attiecības 1,0.

G_{norm} - MK noteiktās audzes normālais šķērslaukums
 G_{maxN} - maksimālā koku skaita šķērslaukums pie H/D attiecības 1,0
 G_{max} - maksimālais šķērslaukums pie H/D attiecības 1,0

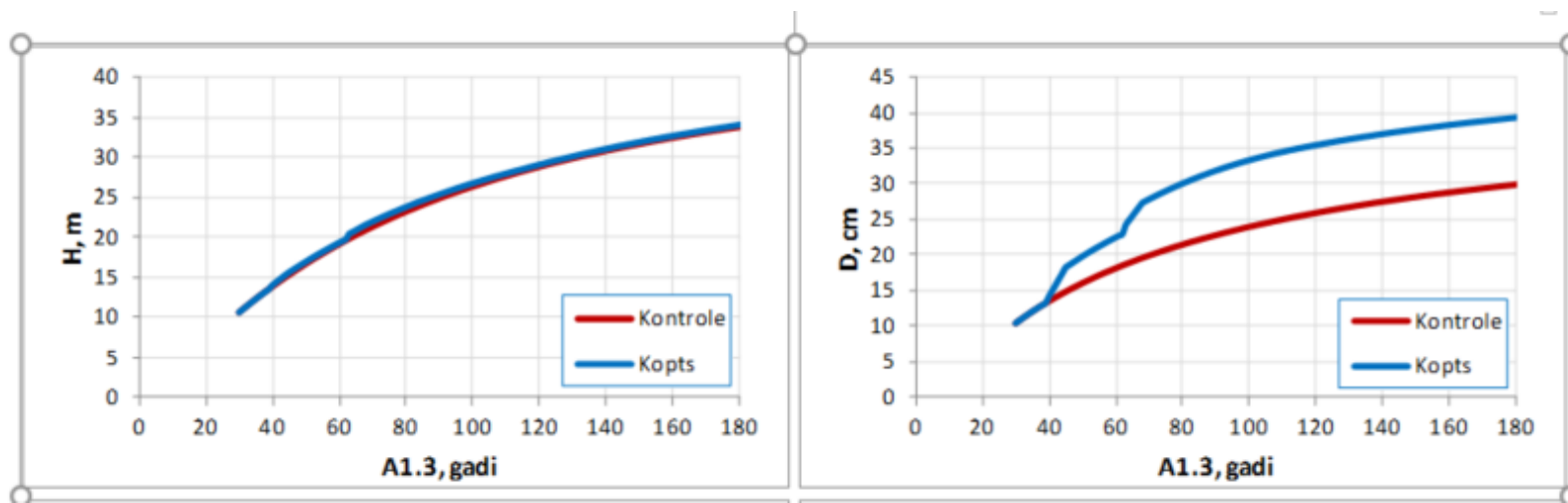
2. Atsevišķu meža elementu augšanas gaitas prognožu modeļu pilnveidošana

Kopšanas ciršu ietekmes vērtējums uz pieaugumu izmaiņām

$$D_2 = D_1 + (D_2 - D_1)[b_1 \ln(A_1) + b_2] \quad (2.6)$$

kur D_2 – meža elementa vidējais krūšaugstuma caurmērs pēc kopšanas cirtes, cm;
 D_1 – prognozētais meža elementa vidējais krūšaugstuma caurmērs, ja netiktu veikta kopšanas cirte (2.2. vienādojums), cm;
 A_1 – meža elementa krūšaugstuma vecums pirms kopšanas cirtes, gadi;
 b_1 un b_2 – empīriskie koeficienti. Priede $b_1=-0.2744$ $b_2=2.5481$; Egle $b_1=-0.3640$ $b_2=2.4277$

Pašreiz aprēķināts tikai priedei un eglei un uz atsevišķu koku vērtību pamata
Nepieciešama lielāka paraugkopa





3. Pieauguma, atmiruma un krājas diferences prognožu modeļu pilnveidošana

Faktiskās audzes tekošā pieauguma modelis

- I stāva valdošā koku suga pirmajā uzmērīšanas reizē ir priede (268 parauglaukumi), egļe (98), bērzs (170), apse (28), melnalksnis (28), un baltalksnis (49);
- I stāva valdošās koku sugas krūšaugstuma vecums 1. uzmērīšanas reizē ir vismaz 5 gadi;
- I stāva valdošās koku sugas sastāva koeficients pirmajā uzmērīšanas reizē ir 7;
- I stāva valdošās koku sugas koku skaits 1. ciklā ir vismaz 100 koki uz hektāra;
- 10 gadu laikā parauglaukumā nav konstatēta koku ciršana.

$$Z_M = a_1 A^{a_2} a_3^B G^{a_4} \quad (3.1)$$

kur Z_M - faktiskās audzes tekošais vidēji periodiskais krājas pieaugums, $m^3 ha^{-1} gadā$;

A – kokaudzes I stāva valdošās koku sugas krūšaugstuma vecums, gadi;
 B – audzes bonitāte (atbilstoši Orlova bonitāšu skalai $la=0, l=1...IV=4; V=5$);
 G – kokaudzes (meža elementa) šķērslaukums, $m^2 ha^{-1}$.

Analīzē katram parauglaukumam faktiskās audzes tekošo vidēji periodisko pieaugumu aprēķina sekojoši (Liepa, 1996):

$$Z_m = \frac{M_A - m_{A-n}}{n} \quad (3.2)$$

kur M_A - audzes krāja vecumā A (augošo koku krāja);
 m_{A-n} – intervāla n beigās audzē augošo koku krāja $A-n$ gadu vecumā;
 $n=5$

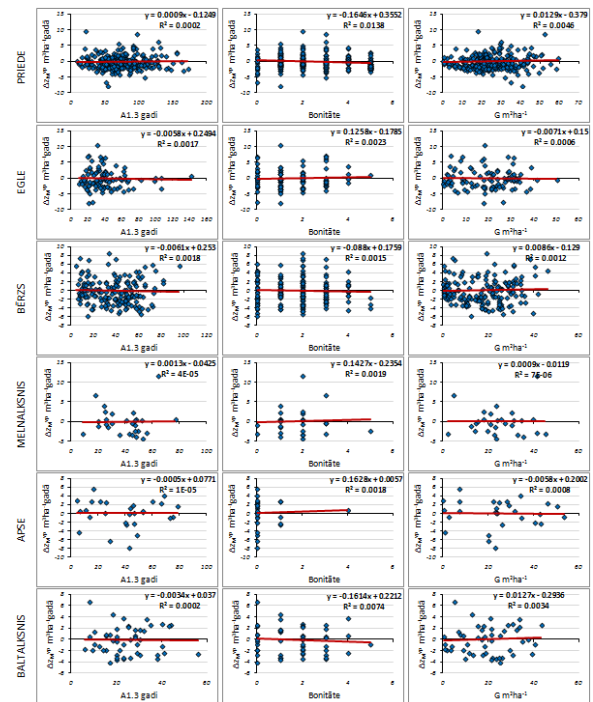
3. Pieauguma, atmiruma un krājas diferences prognožu modeļu pilnveidošana

Faktiskās audzes tekošā pieauguma modelis (Rezultāti)

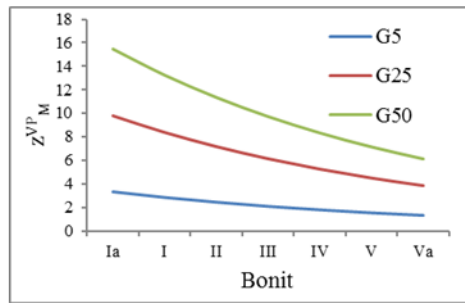
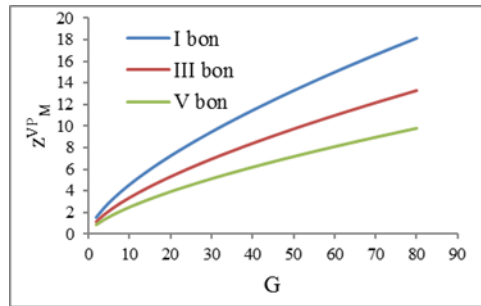
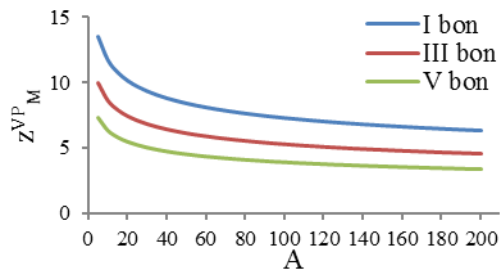
Faktiskās audzes tekošā vidēji periodiskā pieauguma modeļa (3.1. formula) statistiskie rādītāji

Veids	Suga	Aritm. vid.	MRES	MRES %	AMRES	RMSE	RMSE %	R ²	N
Kopā	P	6.34	-0.06	-0.89	1.64	2.18	34.37	0.660	268
	E	8.50	0.01	0.17	2.40	3.23	38.04	0.424	98
	B	6.36	0.02	0.32	2.28	2.88	45.34	0.430	170
	M	9.66	0.01	0.10	2.35	3.64	37.68	0.459	28
	A	12.39	0.06	0.47	2.37	3.33	26.85	0.721	28
	Ba	7.48	-0.05	-0.61	2.05	2.55	34.14	0.564	49
1. stāvs	P	5.53	-0.05	-0.86	1.52	2.01	36.41	0.627	268
	E	7.78	0.02	0.20	2.39	3.19	41.04	0.429	98
	B	5.19	0.00	-0.09	1.91	2.48	47.80	0.403	170
	M	9.12	0.02	0.22	2.35	3.72	40.83	0.467	28
	A	10.79	0.01	0.11	1.97	2.90	26.89	0.735	28
	Ba	6.90	-0.05	-0.74	1.94	2.48	35.99	0.530	49

MRES - vidējā novirze, m; MRES% - procentuālā vidējā novirze; AMRES - vidējā absolūtā novirze, m; RMSE – standartnovirze, m; RMSE% - variācijas koeficients; R² - determinācijas indekss; N - elementu vai koku skaits.



3.1. attēls. Faktiskās audzes kopējā ilggadējā krājas pieauguma starpības (ΔZ_m m³ha⁻¹gadā) starp uzņēmītajām un apzīmētajām (3.1. vienādojums) vērtībām atkarībā no audzes krāšņaugstuma vecuma (A1.3 gadi), bonitātes un audzes šķērslaukuma (G m²ha)





SILAVA

3. Pieauguma, atmiruma un krājas diferences prognožu modeļu pilnveidošana

Atmiruma modelis

- I stāva valdošā koku suga pirmajā uzmērīšanas reizē ir priede (268 parauglaukumi), egle (98), bērzs (170), apse (28), melnalksnis (28), un baltalksnis (49);
- I stāva valdošās koku sugas krūšaugstuma vecums 1. uzmērīšanas reizē ir vismaz 5 gadi;
- I stāva valdošās koku sugas sastāva koeficients pirmajā uzmērīšanas reizē ir 7;
- I stāva valdošās koku sugas koku skaits 1. ciklā ir vismaz 100 koki uz hektāra;
- 10 gadu laikā parauglaukumā nav konstatēta koku ciršana.

$$Z_M(-) = aA^b c \left(\frac{A}{100}\right) G^d \quad (3.3)$$

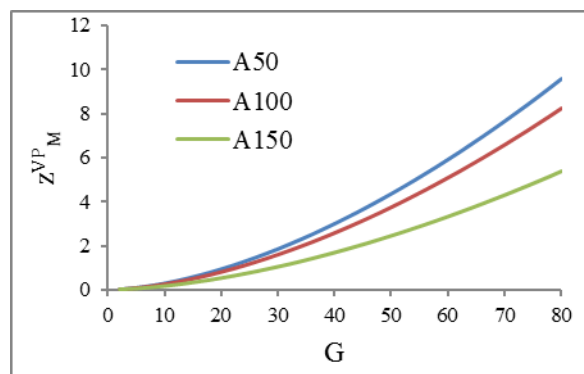
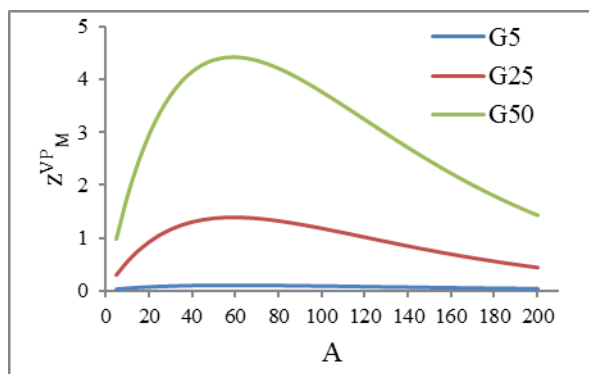
$$Z_M(-) = \frac{AG}{a+bA+cG} \quad (3.4)$$

kur $Z_M(-)$ - audzes dabiskais tekošais vidēji periodiskais krājas atmirums, $m^3 ha^{-1} gadā$;

A - kokaudzes I stāva valdošās koku sugas krūšaugstuma vecums, gadi;

G - kokaudzes šķērslaukums, $m^2 ha^{-1}$;

a, b, c, d - koeficienti.





3. Pieauguma, atmiruma un krājas diferences prognožu modeļu pilnveidošana

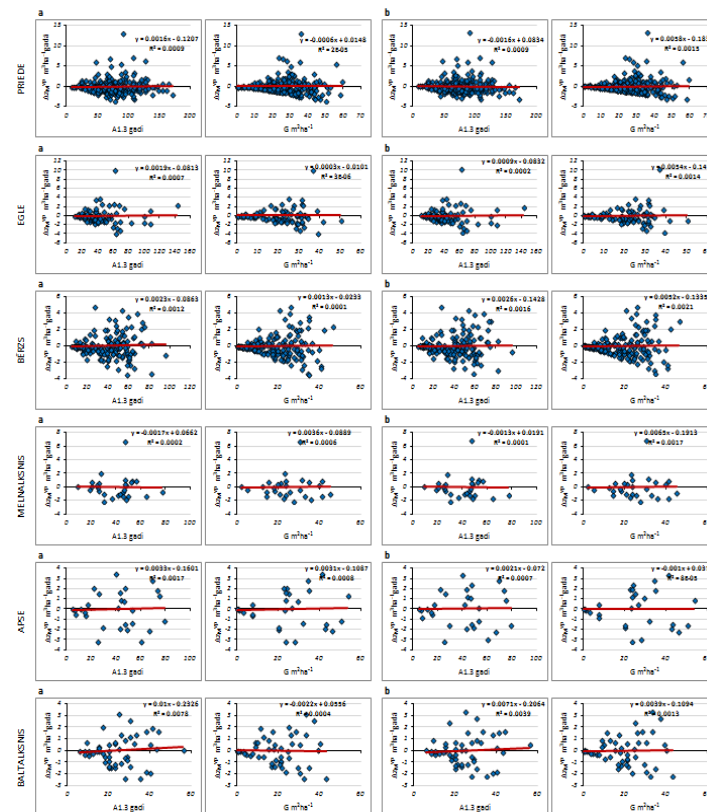
Atmiruma modelis (Rezultāti)

3.5. tabula

Audzes tekošā vidēji periodiskā atmiruma modeļu (3.3. un 3.4. formulas) statistiskie rādītāji

	Veids	Suga	Aritm. vid.	MRES	MRES %	AMRES	RMSE	RMSE %	R ²	N
3.3. vienādojums	Kopā	P	1.40	0.00	-0.02	1.04	1.70	121.71	0.252	268
		E	1.54	-0.01	-0.33	0.96	1.66	107.86	0.420	98
		B	1.53	0.00	-0.03	0.88	1.32	86.30	0.488	170
		M	2.14	0.00	0.02	1.08	1.79	83.83	0.322	28
		A	3.19	-0.03	-0.97	1.39	1.90	59.49	0.571	28
		Ba	2.53	0.01	0.51	0.94	1.29	50.78	0.734	49
	1. stāvs	P	1.19	-0.01	-0.63	1.04	1.68	141.42	0.181	268
		E	1.22	0.02	1.31	0.90	1.59	130.01	0.398	98
		B	1.09	0.03	2.93	0.71	1.14	104.78	0.456	170
		M	1.77	-0.01	-0.28	1.03	1.80	101.98	0.278	28
3.4. vienādojums	Kopā	P	1.40	-0.04	-2.77	1.08	1.72	122.91	0.238	268
		E	1.54	-0.04	-2.90	0.98	1.67	108.33	0.416	98
		B	1.53	-0.04	-2.82	0.90	1.32	86.63	0.486	170
		M	2.14	-0.03	-1.49	1.08	1.81	84.72	0.308	28
		A	3.19	0.01	0.39	1.43	1.90	59.64	0.569	28
		Ba	2.53	-0.03	-1.33	0.94	1.28	50.66	0.736	49
	1. stāvs	P	1.19	-0.03	-2.56	1.06	1.70	142.81	0.166	268
		E	1.22	-0.04	-3.41	0.93	1.60	131.06	0.389	98
		B	1.09	0.01	1.16	0.72	1.15	105.11	0.452	170
		M	1.77	-0.02	-1.02	1.03	1.82	102.91	0.264	28
	A	2.56	0.00	-0.01	1.24	1.80	70.26	0.549	28	
	Ba	2.22	-0.01	-0.42	0.88	1.22	54.98	0.739	49	

MRES - vidējā novirze, m; MRES% - procentuālā vidējā novirze; AMRES - vidējā absolūtā novirze, m; RMSE – standartnovirze, m; R² - determinācijas indekss; N – elementu skaits.



3.3. attēls. Audzes kopējā ikgadējā krājas atmiruma starpības ($\Delta Zm^3 ha^{-1} gadā$) starp uzņēmītajām un aptuveniētajām vērtībām atkarībā no audzes krūšaugstuma vecuma (A1.3 gadi), bonitātes un audzes šķērslaukuma ($G m^2 ha^{-1}$)

a – 3.3. vienādojums; b – 3.4. vienādojums



3. Pieauguma, atmiruma un krājas diferences prognožu modeļu pilnveidošana

Krājas diferences modelis

- I stāva valdošā koku suga pirmajā uzmērīšanas reizē ir priede (268 parauglaukumi), egle (98), bērzs (170), apse (28), melnalksnis (28), un baltalksnis (49);
- I stāva valdošās koku sugas krūšaugstuma vecums 1. uzmērīšanas reizē ir vismaz 5 gadi;
- I stāva valdošās koku sugas sastāva koeficients pirmajā uzmērīšanas reizē ir 7;
- I stāva valdošās koku sugas koku skaits 1. ciklā ir vismaz 100 koki uz hektāra;
- 10 gadu laikā parauglaukumā nav konstatēta masveida koku atmiršana (atmirušās krājas īpatsvars <50% no kopējās krājas);
- 10 gadu laikā parauglaukumā nav konstatēta koku ciršana.

Krājas diference aprēķināma atbilstoši 3.5. formulai.

$$Z_{dab} = Z_M - Z_{Matm} - Z_{Mizc} \quad (3.5)$$

kur Z_{dab} – kokaudzes krājas diference;
 Z_M – faktiskās audzes krājas pieaugums;
 Z_{Matm} – kokaudzes krājas dabiskais atmirums;
 Z_{Mizc} – izcirstās kokaudzes krāja.



4. Atsevišķu koku augšanas gaitas prognožu modeļu izstrāde balstot uz Somijā un Zviedrijā lietotajiem modeļiem

Zviedrija

Mežaudzes taksācijas rādītāju modelēšana iespējama gan atsevišķu koku līmenī, gan audzes līmenī.

Mežaudzes taksācijas rādītāju modelēšana

- I. Tiek modelētas mežaudzes vidējā augstums (audzēs līdz 7m) vai virsaugstuma (audzēs virs 7m) izmaiņas.
- II. Tiek modelētas mežaudzes vidējā caurmēra un šķērslaukuma izmaiņas, kā arī atmirums.
- III. Tiek aprēķināta mežaudzes krāja kā sekundārs parametrs.

$$H=f(A; SI)$$

$$H_{dom2}=f(A_1; H_{dom1})$$

$$D_2=f(D_1; A_1; BAL; G_1; G_{egle}; G_{cit}; G_v; Gotland; T_{sum}; att_{krasts}; LAT; H_{vij}; SI; rich; ort; fer; kopš_{0-10}; kopš_{11-25}; apk_{mežs}; apk_{nemežs}; G_{apk})$$

$$G_2=f(A_1; G_{SK}; G_1; G_{priede}; veget; G_{berzs}; T_{sum}; G_{izc}; N_{izc}; kudir; mitr; slapj; SI; att_{gravis}; fer; apk_{mežs}; apk_{nemežs}; kopš_{0-10}; kopš_{11-25}; G_{apk})$$

vai

$$G_2=f(A_1; G_1; G_{priede}; G_{egle}; G_{berzs}; N_{izc}; SI_{priede}; SI_{egle}; N_1)$$

$$G_{atm}=f(A_1; G_1; G_{egle}; G_{berzs}; SI_{priede}; SI_{egle}) \text{ vai } G_{atm}=f(A_1; D_1; G_1; G_{LK}; N_1; plat; mitr; att_{kails}; kopš_{cirt}; H_{vij}; kudir)$$

$$N_2=f(D_2; G_2)$$

$$M_2=f(D_2; H_2; N_2)$$

Modeļos iekļauti virkne parametru, kas Latvijā netiek tradicionāli izmantoti, piem., ģeogrāfiskais platums, attālums līdz jūras krastam, augstums virs jūras līmeņa u.c..



4. Atsevišķu koku augšanas gaitas prognožu modeļu izstrāde balstot uz Somijā un Zviedrijā lietotajiem modeļiem

Zviedrija

Atsevišķu koku taksācijas rādītāju modelēšana

- I. Atkarībā no audzes taksācijas rādītājiem, izmantojot Veibula (Weibull) vienādojumu, tiek ģenerēti atsevišķi koki un to augstumi.
- II. Ģenerētajiem kokiem aprēķina caurmēru.
- III. Prognozē atsevišķu koku caurmēra pieaugumu, un pēc tam tiem atbilstošos augstumus.
- IV. Prognozē atsevišķu koku atmiršanu.
- V. No nomodelētajām atsevišķu koku taksācijas rādītāju vērtībām aprēķina mežaudzes taksācijas rādītājus.

$$H=f(d; A; SI_{priede}; G; d_{max}; LAT; H_{vij}; G_{priede}; G_{egle}; att_{krasts}; nog_{rob}; piej_{klim})$$

$$d_2=f(d_1; D_1; A_1; BAL; G_1; G_{egle}; G_{citi}; G_v; Gotland; T_{sum}; att_{krasts}; LAT; H_{vij}; SI; rich; ort; fer; kopš_{0-10}; kopš_{11-25}; apk_{mežs}; apk_{nemežs}; G_{apk})$$

$$g_{atm}=f(A_1; D_1; G_1; G_{LK}; N_1; plat; mitr; att_{kailc}; kopš_{cirt}; H_{vij}; kudr; d_1; BAL; LAT; kailc20m)$$

Modeļos iekļauti virkne parametru, kas Latvijā netiek tradicionāli izmantoti, piem., ģeogrāfiskais platums, attālums līdz jūras krastam, augstums virs jūras līmeņa u.c.

Zviedrijas atsevišķu koku augšanas gaitas modeļi ir potenciāli labāki par iepriekš Latvijā izstrādātajiem augšanas gaitas modeļiem (Donis, 2011-2015), taču nepieciešama to adaptācija Latvijas mežsaimniecībā izmantotajai informācijai.



SILAVA

4. Atsevišķu koku augšanas gaitas prognožu modeļu izstrāde balstot uz Somijā un Zviedrijā lietotajiem modeļiem

Somija

Modeļi paredzēti taksācijas rādītāju izmaiņu prognozēšanai atsevišķu koku līmenī.

Atsevišķi modeļi mežaudzēm minerālās augsnes un kūdras augsnes

Atsevišķu koku taksācijas rādītāju modelēšana

- I. Aprēķina mežaudzes un atsevišķu koku relatīvo biežību (RDFL), koku vainaga īpatsvaru (cr) un virsaugstuma bonitāti (SI).
- II. Aprēķina dominējošo koku augstuma pieaugumu.
- III. Aprēķina atsevišķu koku augstuma un caurmēra pieaugumu.
- IV. Aprēķina atsevišķu koku atmirumu.
Konkurences izraisītais atmirums / Vecuma izraisītais atmirums / Mežaudzes maksimālais koku skaits
- V. Balstoties uz prognozētajām atsevišķu koku vērtībām, aprēķina audzes taksācijas rādītājus.

$$H_{dom} = f(A; T_{sum}; H_{vij}; LAKE; SEA; MT_{grupa}; STONY; PALU; HUMUS; RDF; d; D_{dom}; PLANT)$$

$$\text{Mineral } h_2 = f(H_{dom1}; H_{dom2}; d_1; D_{dom1}; cr; cr_{dom}; RDFL; PLANT)$$

$$\text{Peat } h_2 = f(d; D_{median}; G; G_{berzs}; LAT; H_{vij}; kopš_{0-5}; MT_{grupa})$$

$$\text{Mineral } d_2 = f(SI_{suga}; MT_{grupa}; H_{dom}; d_1; cr; RDFL; RDFL_{priede}; RDFL_{egle}; RDFL_{berzs}; RDFL_{citi}; T_{sum}; kopš_{0-5}; kopš_{0-10}; PLANT; gat_augzne)$$

$$\text{Peat } d_2 = f(g_1; BAL; T_{sum}; d_1; Y_j; DR_{0-5}; DR_{11-25}; DR_{25}; PDR; kopš_{0-5}; FUSC; G_1; G_{berzs})$$

$$atm = f(d; G; Bal; RDFL; a; A_{max}; D_c; SI)$$

Somijas atsevišķu koku augšanas gaitas modeļi ir potenciāli labāki par iepriekš Latvijā izstrādātajiem augšanas gaitas modeļiem (Donis, 2011-2015), taču nepieciešama to adaptācija Latvijas mežsaimniecībā izmantotajai informācijai.



4. Atsevišķu koku augšanas gaitas prognožu modeļu izstrāde balstot uz Somijā un Zviedrijā lietotajiem modeļiem

Somijas un Zviedrijas modeļi

UZ MSI atkārtoti 2014.-2015. gadā pārmērīto parauglaukumu datu bāzes pārbaudīti Somijas atsevišķa koka augšanas gaitas prognožu modeļi (Hynynen et al., 2002)

Individuāla koku augšanas gaitas modeļi

Virkne specifisku rādītāju, kas saistīti ar Somijas/Zviedrijas meža tipoloģiju un mežsaimniecībā lietotiem definējumiem

cr	vainaga īpatsvars (zaļā vainaga garums attiecībā pret koka garumu);
d _c	koka celma augstuma caurmērs, cm;
D _M	mežaudzes mediānais caurmērs, cm;
DR _{0-5,11-25,25-}	fiktīvais mainīgais, kas raksturo cik sen veikta nosusināšana
ga _i	atsevišķa koka minimālā augšanas telpa;
HUMUS	fiktīvais mainīgais, kas raksturo vai augsnes virskārtā ir biezs rohumusa slānis ;
H _{vjl}	augstums virs jūras līmeņa, m;
LAKE	20 km rādiusā ezeru proporcionālais segums;
LAT	ziemeļu platums, km;
RDF _p	sugas relatīvās biežības faktors;
SC _x	fiktīvais mainīgais, kas raksturo kādai meža tipa auglības grupai pieder mežaudze;
SEA	20 km rādiusā jūras proporcionālais segums;
SP	fiktīvais mainīgais, kas raksturo vai pēdējo 10 gadu laikā mežaudzē ir sagatavota augsne;
T _{sum}	aktīvās veģetācijas (to >5oC) temperatūru summa
THIN	fiktīvais mainīgais, kas raksturo cik sen veikta kopšana
.....	

5. Dažādvecuma audžu augšanas gaitas modeļu izstrādei nepieciešamo iepriekš ierīkoto parauglaukumu pārmēršana

Iepriekšējās kokaudzes (mātes audzes) struktūras novērtēšana

Iepriekšējās kokaudzes struktūra atkārtoti novērtēta **10 objektos** kopā **55** parauglaukumos (500 m²; R=12,62 m). Katram kokam atkārtoti fiksēta suga, kā arī pašreizējā stāvokļa klase (dzīvs, sausoknis, stumbeņis, kritala, celms).

(Dabiskās) atjaunošanās uzskaitē

Katrā parauglaukumā uzskaitē veikta trīs 25 m² (R=2,82m) lielos apļveida uzskaites laukumus. Kopumā atjaunošanās uzskaitē veikta **165** atjaunošanās uzskaites laukumos. Uzskaitīti kociņi, kas sasnieguši 5 cm augstumu (skuju koki visi, lapu koki – augstākais 0.25 m²).

2016. gadā uzmērīto objektu raksturojums

Objekts	PL skaits	UL skaits	Meža tips	Cirtes gads	Pirmās uzmērīšanas gads	Otrās uzmērīšanas gads	Trešās uzmērīšanas gads	Priedes paaudžu skaits
Garkalne240	4	12	Mr	2002	2006	2012	2016	vismaz 3
Garkalne239-2	4	12	Mr	2002	2006	2012	2016	vismaz 3
Garkalne170-5	4	12	Mr	2002	2006	2012	2016	vismaz 3
714-278-19	9	27	Mr	2000	2012	2016		vismaz 2
714-226-17	9	27	Dm	2006	2012	2016		vismaz 2
408-195-3	9	27	Mr	2002	2012	2016		vismaz 2
710-188-4	4	12	Am	2011	2016*			vismaz 2
710-153-28	4	12	Mr	2011	2016*			vismaz 2
710-153-21	4	12	Am	2011	2016*			vismaz 2
710-153-19	4	12	Ln	2011	2006*			vismaz 2
Kopā	55	165						

* - objektu paredzēts pārmērīt 2020. gadā.

Mātesaudzes struktūra un priedes dabiskā atjaunošanās 5 gadus pēc cirtes

*+/- – robežklūda ar 95% ticamību

Objekts	Mātes audze					Priedes dabiskā atjaunošanās			
	D, cm	H, m	G, m ² ha ⁻¹	N, ha ⁻¹	M, m ³ ha ⁻¹	N, gab.	+/-*	H, m	+/-
710_153_19	36.9	25.4	16.6	155	190	6200	2810	0.19	0.04
710_153_21	34.6	23.3	14.1	150	149	2767	1228	0.15	0.02
710_153_28	37.1	24.6	8.6	80	96	1867	953	0.15	0.04
710_188_4	31.9	20.8	18.8	235	178	1233	1609	0.10	0.00

Desmit līdz četrpadsmit gadu laikā paaugas koki vidēji sasnieguši tikai 0.9 līdz 1.3m augstumu

Ņemot vērā to, ka **pētījuma sākuma posmā** ir neliels datu apjoms, tad iegūtie **rezultāti** lielākoties ir tikai indikatīvi (uz ko norāda arī statistiskie rādītāji (robežklūda ar 95% ticamību)), un **nav izmantojami vispārīgumu veikšanai**, aprēķinus plānojam veikt pēc 2017.g. sezonas mērījumiem.

6. Mākslīgās atjaunošanas ietekmes (selekcijas efekta) noteikšana (Selekcijas efekta modelis parastai priedei)

**„Ģenētisko faktoru nozīme adaptēties spējīgu un pēc koksnes īpašībām kvalitatīvu mežaudžu izveidē”(ESF)
ietvaros (projekta vadītājs Dr. silv. Ā. Jansons)**

Provenienču un pluskoku kontrolēto krustojumu pēcnācēju salīdzinājumam kopumā izmantotas stumbra analīzes no **113 kokiem**. No katra varianta tālākajā analīzē iekļauts konkrētajā atkārtotajā augstākais uzmērītais koks, pieņemot tā augstumu par H_{dom} , kopumā atlasot 43 kokus - 15 kokus no kontrolēto krustojumu izmēģinājuma un 28 kokus no provenienču izmēģinājuma. 1975 .g. stādījums

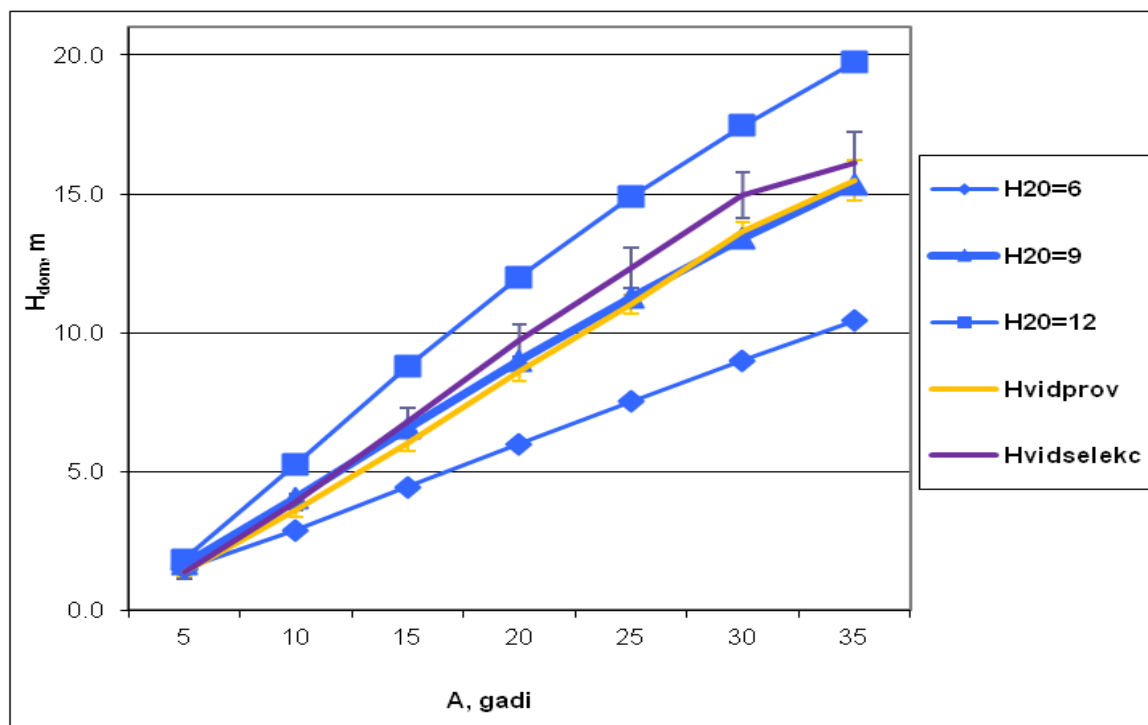
1. Salīdzināti pārbaudes izmēģinājuma vidējo dominējošo augstumu ar priežu augšanas gaitas virsaugstuma vērtībām pa virsaugstuma bonitātēm 20 gadu vecumā ($H_{20}= 6m$; $H_{20}=9m$; $H_{20}= 12m$);
2. Salīdzināti pārbaudes izmēģinājuma vidējo selekcionēto (pluskoku kontrolēto krustojumu pēcnācēju) dominējošo koku augstumu un provenienču pēcnācēju dominējošo koku augstumu.
3. Aprēķināta virsaugstuma bonitātes 20 gadu vecumā sākot no krūšaugstuma vecuma 15 gadi.

Salīdzināšanai dati no 1975.g. stādījumiem Zvirgzdē, sēklu plantāciju pēcnācēji un mežaudžu pēcnācēji.
Uzmērījumi veikti 2009. gadā.

dati no 1982.g. stādījumiem Zvirgzdē un Kalsnavā, sēklu plantāciju pēcnācēji un mežaudžu (provenienču) pēcnācēji.

Uzmērījumi veikti abos objektos 2002. gadā, bet Zvirgzdē arī 2009.gadā.

6. Mākslīgās atjaunošanas ietekmes (selekcijas efekta) noteikšana (Selekcijas efekta modelis parastai priedei) **Rezultāti**



Priežu kontrolēto krustojumu pārbaudes izmēģinājuma lānā vidējā dominējošā augstuma (H_{vid}) ar 95% ticamības intervālu, kā priežu provenienču vidējā dominējošā augstuma (H_{vid}) ar 95% ticamības intervālu salīdzinājums ar priežu augšanas gaitas vērtībām ($H_{20}=6m$; $H_{20}=9m$; $H_{20}=12m$) (J.Donis et al., 2015)

6. Mākslīgās atjaunošanas ietekmes (selekcijas efekta) noteikšana (Selekcijas efekta modelis parastai priedei) **Rezultāti**

Stumbra analīžu dati

Priežu kontrolēto krustojumu pārbaudes un priežu provenienču izmēģinājuma dominējošā augstumu vidējās vērtības dažādos vecumos.

	Vecums, gadi					
	5	10	15	20	25	30
Augstums						
H ₂₀₌₉	1.6	4.0	6.6	9.0	11.3	13.4
H _{vid} kop	1.4	3.7	6.3	9.0	11.5	14.1
H _{vid} prov	1.4	3.6	6.0	8.6	11.0	13.6
H _{vid} selekc	1.4	3.9	6.8	9.7	12.3	15.0
Sel-prov	0.0	0.3	0.8	1.1	1.3	1.3
Sel/prov	0.99	1.09	1.13	1.13	1.12	1.10

Objektu pārmērījumu dati

Zvirgzde 1975

Selekcionēto (plantāciju pēcnācēju) koku **augstums** 35 gadu vecumā ir par 6% lielāks nekā mežaudžu koku augstums attiecīgi 16,51 un 15,56m. Atšķirības ir statistiski būtiskas - **F 8.63; p=0.004**. Savukārt selekcionēto koku vidējais caurmērs ir par 18% lielāks nekā mežaudžu koku caurmērs, 17,6 un 14,9 cm. Arī šī atšķirība ir statistiski būtiska – F=11.51; p<0.001.

Kalsnavas objektā 2002. gadā 20 gadu vecā eksperimentā ir statistiski būtiska **augstumu** atšķirība starp selekcionētiem un mežaudzes pēcnācējiem 10% - attiecīgi 8,5m un 7,7 m (**F=5,73; p=0.017**), savukārt atšķirība starp vidējiem caurmēriem ir 12%, – 9,7 un 8,7 cm (F=1,89; p=0,17), kas gan nav būtiska. Līdzīga situācija 2002.g. arī Zvirgzdes objektā H atšķiras par 11% un attiecīgi ir 8,1 un 7,3m (F=4,88; P=0,027), bet caurmērs par 10% attiecīgi 9,2 un 8,3cm, bet tas nav statistiski būtisks (F=1,73; P=0,188). Arī 2009.gadā 27 gadu vecumā situācija ir līdzīga H atšķirība ir 7,6%, attiecīgi 13,6 un 12,6m (F=6,12, P=0.014), savukārt caurmērs atšķirās par 5% attiecīgi – 12,1 un 11,6cm, kas gan nav statistiski būtiski (F=0.457, P=0.499).

Augstuma pieaugums statistiski būtiski lielāks visos pārbaudītajos gadījumos
caurmēra pieaugums ne vienmēr būtiski lielāks

6. Mākslīgās atjaunošanas ietekmes (selekcijas efekta) noteikšana (Selekcijas efekta modelis parastai priedei) **Rezultāti**

Selekcijas efekta iekļaušana augšanas gaitas modelī

Matemātiski selekcijas efektu var iekļaut augšanas gaitā arī kā aditīvu efektu (pārveidots pēc Pienaar, Rheney, 1995).

$$H, D = H, D(f(T)) + Z_s(a(T) \exp(-b(T))) \quad (6.1)$$

H, D – augstums vai caurmērs

f(T) – funkcija, kas apraksta H vai D izmaiņas atkarībā no A,

Z_s - fiktīvais mainīgais: 1, ja selekcionēts materiāls, citādi 0.

a un b parametri, kas jāaprēķina, a - un b – norāda ietekmes lielumu un ilgumu.

Tā kā Meža selekcijas programmas ietvaros 2017.g. plānots pārmērīt priežu selekcijas izmēģinājumu stādījumus, precīzākas vērtības varēs iegūt 2017.g.



7. Kopšanas ciršu eksperimentālo parauglaukumu ierīkošana un sākotnējā uzmērīšana (pēc kopšanas)

Kopšanas ciršu eksperimentālo parauglaukumu ierīkošana un sākotnējā uzmērīšana (pēc kopšanas) priedes (pieļaujams arī egles un bērza) Ia-II bonitātes un III-IV bonitātes audzēs, kopā 72 objekti, 4 reģionos – DK, ZK, AV, VD mežsaimniecībās, 3 vecuma grupās 20 – 30, 30 – 50, 50 – 70 gadus, katrā parauglaukumā ierīkojot 3-4 kopšanas intensitātes, "kopšanu no augšas" un kontroli.

Objektu izvēle

No kopšanas ciršu nogabaliem sākotnēji atlasīti 998 nogabali pēc kritērijiem:
platība vismaz 1,2 ha;
valdošās sugas sastāva koeficients 8

Ortofoto attēlā izvērtēts vienmērīgums, konfigurācija 301 apsekots dabā Apsekojot dabā, vērtēts augšanas apstākļu viendabīgums, audzes sastāvs, biežība, reljefs, vēja bojājumi. Rezultātā no 301 nogabala kā derīgi atlasīti 81 nogabals.

7. Kopšanas ciršu eksperimentālo parauglaukumu ierīkošana un sākotnējā uzmērīšana (pēc kopšanas)

A-Vidzeme	21-30	31-50	51-70	kopā
P1		4	8	12
P2			4	4
E	3	20	4	27
B	1	4	3	8

V-Daugava	21-30	31-50	51-70	kopā
P1	3	6	10	19
P2				0
E	4	36	3	43
B	1	1	1	3

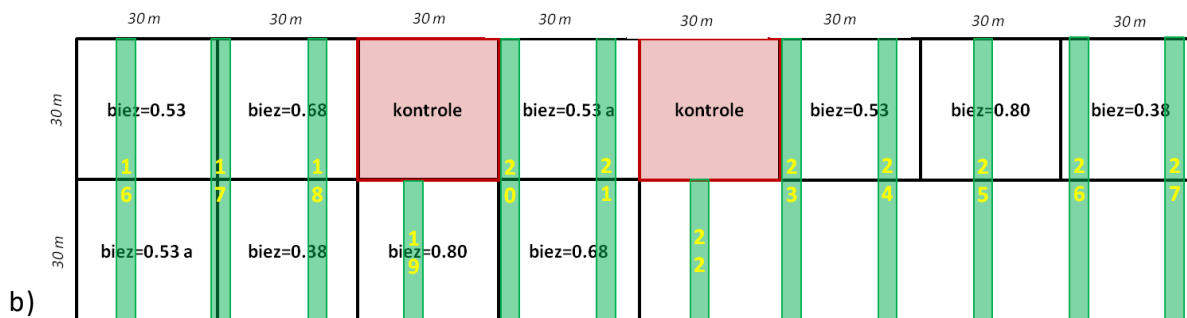
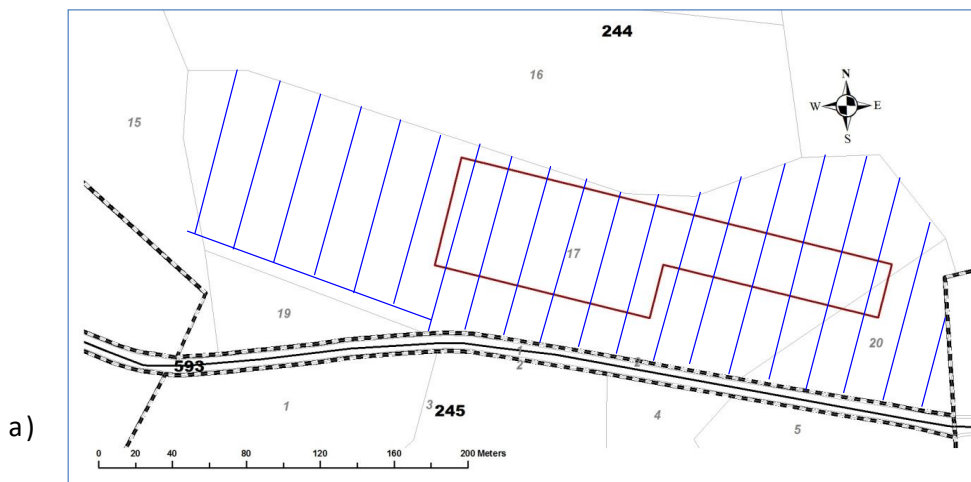
D-Kurzeme	21-30	31-50	51-70	kopā
P1	1	4	16	21
P2		2	4	6
E	16	21	1	38
B		1	2	3

Z-Kurzeme	21-30	31-50	51-70	kopā
P1	1	9	48	58
P2		7	32	39
E		13		13
B		4	3	7

7.1. attēls. Pēc ortofoto kartēm atlasītie nogabali sadalījumā pa reģioniem un vecuma grupām, skaits.

P1 - priede Ia, I, II bonitāte; P2 - priede III, IV bonitāte.

7. Kopšanas ciršu eksperimentālo parauglaukumu ierīkošana un sākotnējā uzmērīšana (pēc kopšanas)



10 vai 12 30x30m lielus parauglaukumus, kur pēc kopšanas cirtes paliekošo koku biezība paredzēta 0,38, 0,53, 0,68, 0,80, 0,53a (kopšana no augšas) un kontrolē, kurā netiek veikta kopšana



7. Kopšanas ciršu eksperimentālo parauglaukumu ierīkošana un sākotnējā uzmērīšana (pēc kopšanas)

A-Vidzeme	21-30	31-50	51-70	kopā
P1		1	3	4
P2			2	2
E		3		3
B			1	1
				10

V-Daugava	21-30	31-50	51-70	kopā
P1	1	3	3	7
P2				0
E	1	3	1	5
B				0
				12

D-Kurzeme	21-30	31-50	51-70	kopā
P1	1	1	3	5
P2		1	2	3
E	3	1		4
B				0
				12

Z-Kurzeme	21-30	31-50	51-70	kopā
P1		1	3	4
P2		1	3	4
E		3		3
B			1	1
				12

Kopā	21-30	31-50	51-70	kopā
P1	2	6	12	20
P2	0	2	7	9
E	4	10	1	15
B	0	0	2	2
				46

Ierīkotie objekti sadalījumā pa reģioniem un vecuma grupām.

P1 - priede Ia, I, II bonitāte; P2 - priede III, IV bonitāte.



Secinājumi un rekomendācijas

1. Precizēti caurmēra un augstuma augšanas gaitas vienādojumu, kā arī šķērslaukuma izmaiņu vienādojumu koeficienti, balstot uz MSI 3 ciklu (pirmo divu gadu) mērījumu datiem. Atbilstoši tiek rekomendēts izmantot jaunākos vienādojumu koeficientus, izņemot apses augstuma augšanas gaitai pagaidām izmantot iepriekšējo pētījumu vienādojumu koeficientus. Vienādojumi ir deterministiski un netiek ņemts vērā atmirums dabisko traucējumu rezultātā, tādēļ šķērslaukuma pieaugumam nepieciešams ieviest korekcijas koeficientu.
2. Precizētas pieauguma, atmiruma un krājas diferences aprēķinu formulu koeficientu vērtības. Atbilstoši tiek rekomendēts izmantot jaunākos vienādojumu koeficientus.
3. Pārbaudīti Somijā izstrādātie individuālu koku augšanas gaitas modeļi. Secināts, ka tā kā virkne faktoru vērtības tiek ekstrapolētas, piem., aktīvo temperatūru summa, ģeogrāfiskais platums un garums, ar oriģinālajiem koeficientiem, aprēķinātie pieaugumi nav adekvāti. Līdzīgi arī Zviedrijā izstrādātajiem augšanas gaitas modeļos ir virkne parametru, kuriem nepieciešama adekvāta pielīdzināšana Latvijas apstākļiem. Rekomendēts, balstoties uz MSI datiem aprēķināt atbilstošo parametru koeficientu vērtības. (Pašreiz lēmums ir veidot pašiem savus individuālu koku augšanas gaitas modeļus).

Secinājumi un rekomendācijas

4. Dažādvecuma priežu audžu, kas radušās izlases ciršu rezultātā, paaugas koku atjaunošanās un augšanas gaitas desmit līdz četrpadsmit gadu laikā ir ievērojami apgrūtināta, jo koki vidēji sasnieguši tikai 0.9 līdz 1.3m augstumu. Pētījumu rezultāti ir norādoši, precīzāki secinājumi un rekomendācijas būs pieejamas plānoto pētījumu turpmākajos etapos.

5. Selekcijas rezultātā iespējams panākt 6% līdz 13% lielāku koku augstumu salīdzinājumā ar kontroles audžu (provenienču) rādītājiem. Salīdzinot augstumus 15 g. vecumā un augstumu 30 g. vecumā, konstatējams, ka sākotnēji straujāk augušie varianti saglabā augšanas gaitas atbilstību izstrādātajai virsaugstuma bonitāšu skalai, savukārt sākotnēji lēnāk augušie koki augšanas tempu palielina. Nepieciešama vienādojumu koeficientu precizēšana, balstot uz jaunākiem mērījumiem, kurus plānots veikt LVMI Silava meža selekcijas virziena projektos 2017.gadā.

6. Ierīkoti 46 kopšanas ciršu izmēģinājumi, kas dod informāciju par koku sadalījumu caurmēra pakāpes kopšanas ciršu vecuma audzēs. Bet augšanas gaitas rezultāti būs novērtējami tikai turpmāko pētījumu gaitā.

Paldies par uzmanību!

Pētījums veikts a/s "Latvijas valsts meži" un LVM I Silava
2011. gada 11. oktobra memoranda
"Par sadarbību zinātniskajā izpētē" ietvaros