

Pazemes spiedes ūdeņu ietekme uz pārpuvoto un meliorēto mežu ražību Latvijā

The Impact of Underground Pressure Water on the Productivity of Bogged and Drained Forests in Latvia

Pēteris Zālītis, Aigars Indriksons

Latvijas Valsts Mežzinātnes institūts "Silava", e-pasts: zalitis@silava.lv; indrikso@silava.lv
Latvian State Forestry Research Institute "Silava", e-mail: zalitis@silava.lv; indrikso@silava.lv

Abstract. The forest stand productivity in the bogged and drained forests with deep (0.3–4.5 m) peat layer does not depend on the thickness of peat layer; the nutrients necessary for forest growth are supplied by confined aquifer water discharge. The intensity of discharge and amount of nutrients inflowing depend mostly on the difference between piezometric surfaces of groundwater in the confined aquifer and in the unconfined aquifer. The supplementary inflow of biogenous elements by confined aquifer water reflects in drained forest productivity: the height increment of pine trees in area with increased pressure corresponds to site index I; in area with low pressure – to site index II.

Key words: waterlogged forests, groundwater, nutrients, forest productivity.

Ievads

Minerālās barības vielas uzskatāmas par vienu no pieciem neaizvietojamiem elementiem, kas reglamentē meža ekosistēmu saglabāšanos un ražību. Pārpuvoto mežu ražība lielā mērā ir atkarīga no minerālo barības vielu "importa", jo koku saknes nesniedzas dziļāk par 40 cm kūdras augšējā slānī, bet kūdras slāņa biezums nereti sasniedz piecus metrus. Ar atmosfēras nokrišņiem un putekļiem minerālās vielas kūdras augsnē nonāk visai nelielā daudzumā, un augstajos purvos barības vielu daudzums kūdrā samazinās eksponenciāli līdz ar atstatumu no minerālās grunts. 50 cm atstatumā no minerālās grunts barības vielu kūdrā pietiek, lai izaudzētu I-II bonitātes priežu audzes, bet 200 cm atstatumā potenciālās iespējas ļauj izveidot tikai IV-V bonitātes priežu audzes. Tas ir spēkā neatkarīgi no tā, cik intensīvi nosusināta šī teritorija. Gan bijušajā PSRS, gan citos Eiropas reģionos populārs ir uzskats, ka platībās ar biezu kūdras slāni augstražīgu mežu izveidot nav iespējams. Ilglaicīgu pētījumu rezultātā Latvijā mēs noraidām šādu vērtējumu.

Izmantojot datus, kas ievākti 182 parauglaukumos mežos ar kūdras augsnēm, analizētas sakarības starp priežu un egļu mežu ražību saistībā ar kūdras slāņa biezumu. Izlases ietvaros kūdras slāņa biezums svārstās robežās no 0.3 līdz 4.2 m, un kokaudzes ražību raksturojošās bonitātes no I^a (aprēķinos pielīdzināta nulles bonitātei) līdz III.5. Izlasē nav iekļauti parauglaukumi augstajos purvos.

Priežu mežos sakarību raksturo regresijas vienādojums:

$$B=2.13-0.22K, \quad (1)$$

kur B – kokaudzes tekošā bonitāte;
 K – kūdras slāņa biezums, m.

Egļu mežos šī sakarība izpaužas kā:

$$B=0.68-0.08K. \quad (2)$$

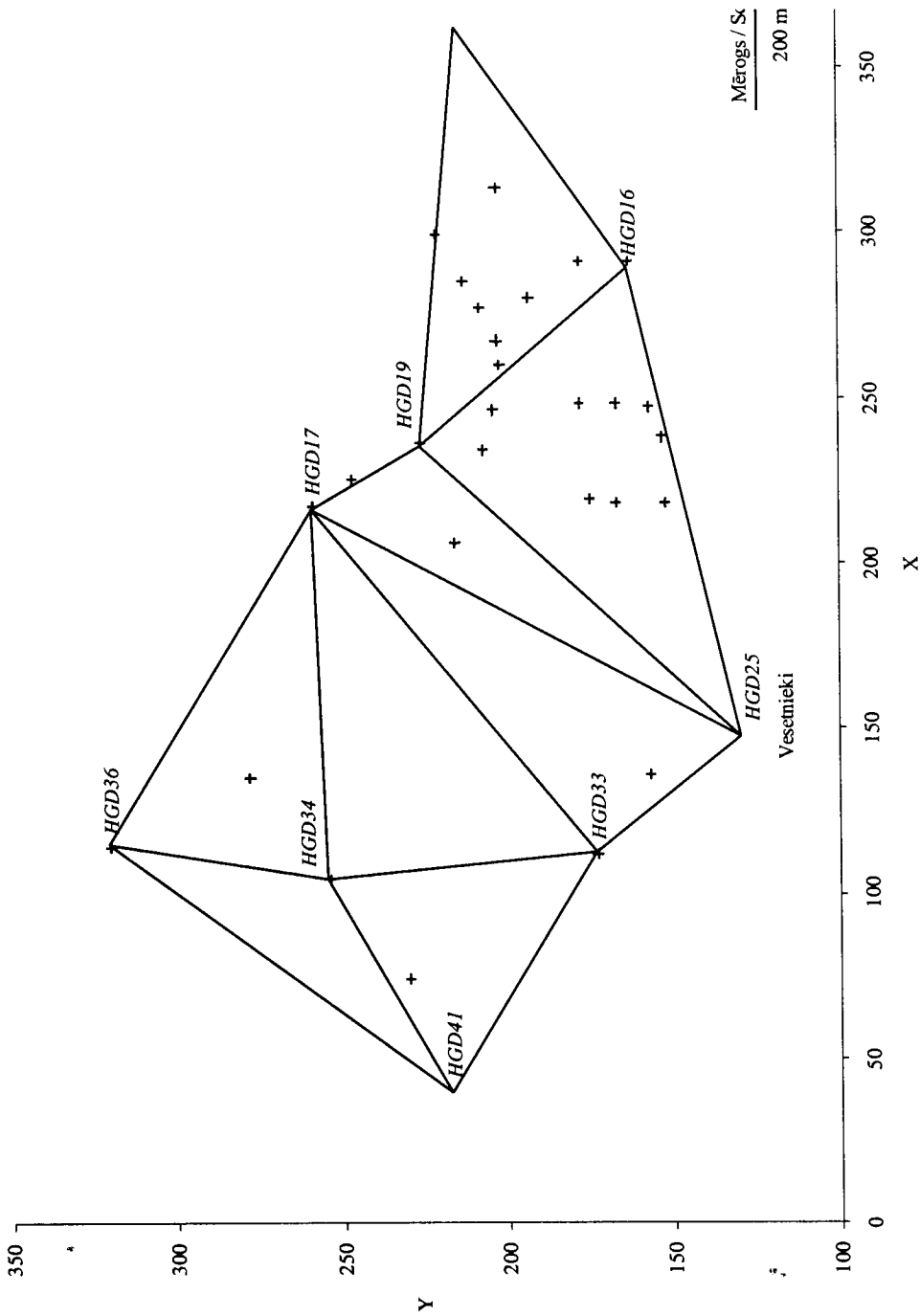
Kaut arī minētajos vienādojumos iezīmējas norāde – jo biežāks kūdras slānis, jo augstāka meža ražība – šī sakarība uzskatāma kā statistiski nejauša $r_{\text{fakt}} = -0.06$ pie $r_{0,05} = 0.21$. Analīzes rezultāti tomēr apliecina unikālu un citviet neraksturīgu likumsakarību – audzes ražība nav atkarīga no kūdras slāņa biezuma.

Šādas savdabības skaidrojamas saistībā ar mūsu meža pārpuvošanās cēloņiem: 86% no mežiem uz kūdras slāņa biežāka par 30 cm lokalizējas vietās, kur spiediena pazemes ūdens horizonta pjezometriskais ūdens līmenis sasniedz vai pārsniedz pašreizējo augsnes virsmu (Залитис, 1983). Tātad straujāk pārpuvojas un biežāks kūdras slānis izveidojas vietās, kur notiek intensīvāka minerālvielām bagāto pazemes spiedes ūdeņu atslodze. Tas nodrošina meža augšanai nepieciešamās minerālās barības vielas neatkarīgi no kūdras slāņa biezuma.

Objekti un metodika

Pētījumi par pazemes ūdeņu atslodzes režīmu nosusinātos mežos uzsākti Vesetnieku stacionārā 1972. gadā, ierīkojot 33 dziļurbuma (5–31 m dziļas) novērošanas akas, no kurām 17 iesniedzas augšdevona dolomītos. Pjezometrisko līmeņu novērojumi joprojām turpinās kā dziļurbumos, tā arī 150 seklažās (2 m dziļas) akās, mērījumus veicot ik pēc 10 dienām ar 1 cm precizitāti.

Vesetnieku stacionārs atrodas Vidzemes augstienes dienvidu nogāzē uz Madonas un Aizkraukles rajonu robežas abos Vesetas upes krastos. Pārmitrie un pārpuvotie meži nosusināti 1960. gadā, ierīkojot vaļēju grāvju tīklu, kā arī segto drenāžu. Kopš 1963. gada



1. att. Dzīļurbuma aku, kā arī seklo aku (+) izvietojuma un trijstūra plakšu shēma ar x un y koordinātēm
 Vesetnieku stacionārā Vesetas upes kreisajā krastā.
 Fig. 1. Location scheme of artesian and soil groundwater wells (+) and triangle planes with x and y coordinates in
 Vesetnieki Station by the left side of river Veseta.

Izveidojam vienādojumu sistēmu un izskaitļojam koeficientus a , b un h :

$$\begin{cases} 148a + 129b + 9296h = 1 \\ 236a + 226b + 9601h = 1 \\ 228a + 163b + 9107h = 1 \end{cases}$$

Iegūstam: $a = 0.00014$, $b = -0.00034$, $h = 0.00011$.

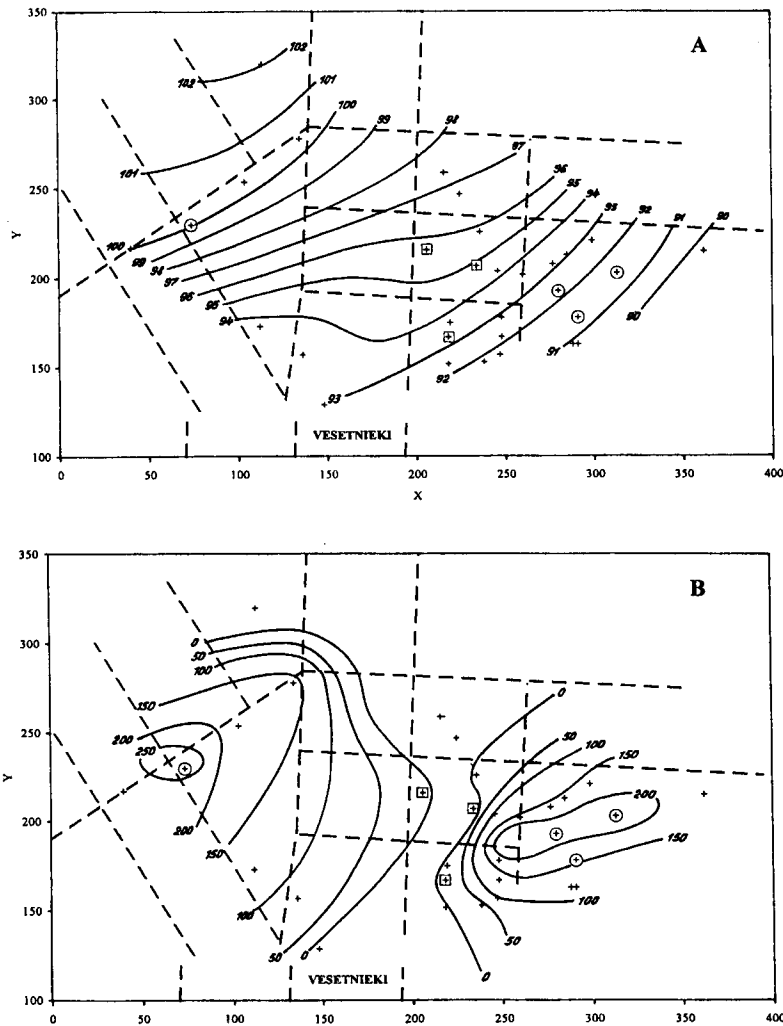
Ievietojam plaknes vienādojumā akas H12 koordinātās x , y un iegūstam vienādojumu:

$0.00014 \times 218 - 0.00034 \times 158 + 0.00011h = 1$, no kurienes $h = 9302$ cm un $\Delta h = h - H = 9302 - 9248 = 54$ (cm).

Tātad 2001. gada 14. jūlijā akas H12 atrašanās vietā spiediena pazemes ūdens horizonta piezometriskais ūdens līmenis ir par 54 cm augstāks nekā augsnes gruntsūdens līmenis.

Vesetnieku stacionāra teritorijā spiediena pazemes ūdens horizonta piezometrisko ūdens līmeņu starpība kūdreņos un tiem pieguļošajos sausieņu pauguros sasniedz 12 m: $h_{\max} = 102.01$ m un $h_{\min} = 89.53$ m.

Aprēķinot h un izmērot H , Vesetnieku stacionāra kūdreņos iezīmējas samērā liels Δh vidējo skaitlisko vērtību atšķirības (2. att. B): no -97 cm (attēlā nav parādīts) līdz +265 cm. Mēs izvīrziņām mērķi noskaidrot,



2. att. Pazemes ūdeņu iespējamās pieplūdes shēma Vēsetnieku stacionārā Vesetas upes kreisajā krastā:

A – spiediena pazemes ūdens horizonta piezometriskie ūdens līmeņi, m v.j.l.;

B – spiediena pazemes ūdens horizonta piezometriskā ūdens līmeņa h un augsnes gruntsūdens līmeņa H starpība $\Delta h = h - H$, cm;

⊕ ⊞ – akas, kur mērīta biogēno elementu koncentrācija;

— — — — meža kvartālstīgas.

Fig. 2. Scheme of the possible confined aquifer water discharge in Vesetnieku Station by the left side of river Veseta: A – piezometric level of confined aquifer water, m a. s.l.;

B – difference $\Delta h = h - H$ between piezometric surfaces of groundwater in the confined aquifer h and in the unconfined aquifer H , cm;

⊕ ⊞ – wells used for measurement of biogenous elements concentration;

— — — — forest crossridges.

Datums/Date	H 72 aka/well		H 103 aka/well		H 130 aka/well		H 201 aka/well		H 13 aka/well		HG 30 aka/well		HG 31 aka/well	
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
28.04.1997.	35.1	12.2	35.1	9.1	70.1	30.4	90.2	18.2	25.1	9.1	25.1	3.0	19.3	3.0
11.05.1997.	35.1	6.1	25.0	3.0	70.1	18.2	70.1	6.1	20.0	3.0	15.0	3.0	3.6	3.6
25.05.1997.	35.1	12.2	25.0	12.2	80.2	18.2	95.2	30.4	20.0	9.1	17.5	3.0	10.0	3.0
10.06.1997.	30.1	9.1	30.1	4.6	70.1	16.7	90.2	24.3	20.0	6.1	15.0	1.5	10.0	1.5
25.06.1997.	75.1	33.2	50.1	12.1	105.2	54.4	125.3	27.2	45.1	3.0	25.0	6.0	5.0	1.2
27.07.1997.	50.1	0.1	40.1	6.1	90.2	6.1	85.2	12.2	30.1	3.0	15.0	3.0	12.5	3.0
10.08.1997.	65.1	18.2	40.0	18.2	75.1	9.1	70.1	21.3	15.0	6.1	20.0	6.1	10.0	3.0
23.08.1997.	40.1	18.2	40.5	22.8	75.1	48.6	90.2	27.4	35.0	6.1	22.5	22.8	20.0	6.1
11.07.1998.	40.1	9.1	35.1	6.1	60.1	15.2	20.0	9.1	20.0	6.1	15.0	3.0	15.0	3.0
27.07.1998.	30.1	12.2	40.1	3.0	40.1	33.4	30.1	9.1	25.1	6.1	20.0	1.5	20.0	0.1
09.08.1998.	40.1	15.2	10.0	9.1	65.1	15.2	35.1	10.6	20.0	6.1	10.0	4.6	10.0	6.1
26.08.1998.	35.1	18.2	25.1	9.1	70.2	15.2	30.1	15.2	15.0	7.6	15.0	3.0	5.0	9.1
30.09.1998.	40.1	15.2	40.1	15.2	65.1	21.3	40.1	12.2	35.1	27.4	15.0	0.1	10.0	1.5
14.10.1998.	45.1	15.2	25.1	9.1	65.1	12.2	45.1	18.2	20.0	6.1	17.5	0.1	7.5	7.6
25.10.1998.	32.6	16.7	30.1	6.1	60.1	15.2	5.0	1.5	25.1	6.1	17.5	3.0	15.0	3.0
15.11.1998.	35.1	13.7	25.1	15.2	60.1	15.2	55.1	15.2	20.0	9.1	20.0	4.6	7.5	6.1
02.12.1998.	40.1	16.7	35.1	15.2	57.6	13.7	57.6	16.7	22.6	9.1	20.0	6.1	7.5	10.6
19.12.1998.	45.1	15.2	42.6	13.7	60.1	10.6	30.1	31.9	20.0	10.6	17.5	7.6	12.5	7.6
25.01.1999.	20.0	12.2	30.1	9.1	60.1	16.7	52.6	21.3	20.0	10.6	12.5	10.6	12.5	4.6
16.02.1999.	25.1	18.2	30.1	9.1	60.1	6.1	60.1	18.2	20.0	12.2	22.6	6.1	10.0	3.0
24.03.1999.	45.1	9.1	40.1	4.6	30.1	24.3	65.1	15.2	25.1	12.2	17.5	6.1	12.5	4.6
22.04.1999.	15.0	7.6	25.1	12.2	60.1	21.3	70.2	12.2	17.5	4.6	15.0	6.1	15.0	4.6
10.05.1999.	30.1	4.6	30.1	6.1	55.1	18.2	60.1	19.8	15.0	9.1	15.0	6.1	10.0	7.6
07.06.1999.	30.1	9.1	35.1	9.1	60.1	10.6	30.1	9.1	20.0	7.6	30.1	1.5	12.5	3.0
21.06.1999.	35.1	9.1	35.1	9.1	55.1	18.2	55.1	15.2	20.0	3.0	20.0	3.0	10.0	3.0
13.07.1999.	30.1	19.8	30.1	21.3	65.1	19.8	45.1	12.2	30.1	6.1	15.0	6.1	12.5	6.1
11.08.1999.	40.1	15.2	40.1	12.2	60.1	18.2	60.1	15.2	20.0	9.1	15.0	6.1	5.0	9.1
10.09.1999.	40.1	30.4	40.1	18.2	60.1	42.6	50.1	36.5	30.1	3.0	20.0	12.2	15.0	12.2
28.09.1999.	35.1	24.3	35.1	21.3	60.1	30.4	50.1	36.5	20.0	18.2	20.0	3.0	12.5	3.0
12.11.1999.	24.1	12.2	20.0	9.7	60.1	24.3	56.1	17.0	22.1	6.1	14.0	4.9	10.0	2.4
19.12.1999.	30.1	18.2	35.1	18.2	80.2	27.4	50.1	18.2	17.5	10.6	12.5	12.2	10.0	6.1
20.01.2000.	30.1	18.2	32.1	17.0	36.1	9.7	52.1	19.5	16.0	9.7	8.0	2.4	10.0	4.9
11.03.2000.	27.9	12.7	41.8	5.7	69.8	14.1	46.5	14.1	20.9	8.4	13.9	8.4	13.9	8.4
08.04.2000.	28.9	13.1	38.5	5.8	36.1	26.2	45.7	13.1	19.2	8.7	14.4	7.3	12.0	4.4
13.05.2000.	38.5	0.1	38.5	11.7	33.7	33.5	60.1	10.9	26.5	7.3	16.9	10.2	14.4	5.8
10.06.2000.	38.5	14.6	33.7	11.7	62.6	16.0	52.9	13.1	24.0	7.3	16.9	2.9	14.4	5.8
30.06.2000.	45.7	13.1	38.5	10.2	67.4	16.0	57.7	8.7	33.7	4.4	19.2	2.9	12.0	2.9
29.07.2000.	36.1	8.8	43.3	5.8	72.2	19.0	40.9	13.1	26.5	5.8	21.7	2.9	12.0	5.8
23.08.2000.	40.9	5.8	36.1	8.8	67.4	17.5	48.1	14.6	26.5	7.3	19.2	4.4	14.4	2.9
15.09.2000.	40.9	10.2	31.3	11.7	65.0	17.5	52.9	14.6	26.5	5.8	19.2	4.4	9.6	8.8
16.11.2000.	28.9	13.1	38.5	11.7	101.0	26.3	40.9	11.7	21.6	7.2	14.4	2.9	12.0	7.3
22.12.2000.	40.2	11.5	35.5	10.0	82.8	23.0	56.8	14.3	23.7	11.5	21.3	2.9	9.5	5.7
14.01.2001.	50.1	14.0	30.1	4.2	74.2	12.6	58.1	15.4	20.0	7.0	16.0	5.6	6.0	1.4
10.02.2001.	40.2	1.4	40.2	10.0	73.3	21.5	52.0	2.9	21.3	7.2	18.9	0.0	7.1	7.2
25.02.2001.	40.2	5.7	40.2	8.6	75.7	14.3	56.8	5.7	23.7	4.3	11.8	7.2	14.2	2.9
18.03.2001.	42.6	4.3	40.2	7.2	78.1	15.8	54.4	15.8	21.3	8.6	18.9	4.3	14.2	5.7
01.04.2001.	37.8	4.3	37.8	7.2	71.0	17.2	66.2	11.5	23.7	7.2	16.6	4.3	11.8	8.6
14.07.2001.	44.9	10.0	33.1	11.5	63.9	14.3	44.9	10.0	23.7	7.2	16.6	4.3	11.8	4.3
Vidējā vērtība/Mean	37.5	12.7	34.4	10.6	65.3	20.0	55.4	15.9	23.1	7.9	17.4	5.1	11.4	5.0
Reprez. kļūda/ Std. error of mean	1.4	1.0	1.0	0.7	2.1	1.4	3.0	1.1	0.8	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4
Standartnovirze/ Standard deviation	9.9	6.6	7.0	4.8	14.6	9.7	20.4	7.5	5.7	4.0	4.0	3.8	3.6	2.6
Skaitis/Number of cases	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
Maksimālā vērtība/ Maximum	75.1	33.2	50.1	22.8	105.2	54.4	125.3	36.5	45.1	27.4	30.1	22.8	20.0	12.2
Minimālā vērtība/ Minimum	15.0	0.1	10.0	3.0	30.1	6.1	5.0	1.5	15.0	3.0	8.0	0.0	3.6	0.1

vai vietās ar atšķirīgām Δh vērtībām atšķirīgas ir arī augsnes gruntsūdeņos izšķīdušo kalcija un magnija jonu koncentrācijas, kas raksturīgas dolomītos lokalizētiem pazemes ūdeņiem.

Pārbaudei izvēlējamies 7 mērpunktus (1. tabula), no tiem 3 mērpunktos iegūtie dati veido vienu neliela spiediena kopu, kur Δh vidējās vērtības atrodas robežās no -97 cm līdz +27 cm (2. attēlā apzīmēti ⊕); otru pastiprināta spiediena kopu veido 4 mērpunktos iegūtie dati pie Δh vidējām vērtībām robežās no +162 cm līdz +205 cm (2. attēlā apzīmēti ⊕).

Devona dolomīta plaisās lokalizētos pazemes spiediena ūdeņos kalcija jonu koncentrācija sešu 18-31 m dziļo novērošanas aku ierīkošanas laikā (1972. g.) bija vidēji 51.7 mg l⁻¹, bet magnija jonu koncentrācija – 12.8 mg l⁻¹.

Līdz divi metri dziļajās augsnes gruntsūdens līmeņa novērošanas akās pēdējo piecu gadu laikā jonu vidējā koncentrācija pazemes ūdeņu neliela spiediena zonā, ja $\Delta h = -20$ cm, bijusi: Ca²⁺ – 17.4 mg l⁻¹; Mg²⁺ – 6.1 mg l⁻¹; pastiprināta spiediena zonā, ja $\Delta h = +213$ cm; Ca²⁺ – 45.0 mg l⁻¹; Mg²⁺ – 15.0 mg l⁻¹.

Pastiprināta spiediena zonā Ca²⁺ un Mg²⁺ jonu vidējā koncentrācija kūdras slānī ierīkoto aku ūdeņos

aprakstītā pētījuma laikā signifikanti neatšķiras (t kritērijs) no 1972. gadā izmērītām jonu koncentrācijām dolomītu plaisās lokalizētajā ūdenī: attiecībā uz Ca²⁺ $t_{\text{fakt}} = 1.11 < t_{0,05} = 1.96$; attiecībā uz Mg²⁺ $t_{\text{fakt}} = 1.03 < t_{0,05} = 1.96$. Neliela spiediena zonā kūdras slāņa gruntsūdeņos kalcija un magnija jonu vidējā koncentrācija ir signifikanti mazāka nekā pazemes ūdeņu pastiprināta spiediena zonā: attiecībā uz Ca²⁺ $t_{\text{fakt}} = 20.7 > t_{0,05} = 1.96$; attiecībā uz Mg²⁺ $t_{\text{fakt}} = 13.1 > t_{0,05} = 1.96$ (Indriksons, Zālītis, 2000).

Biogēno elementu papildus pieplūde ar pazemes spiedes ūdeņiem atspoguļojas arī meža ražībā: pastiprināta spiediena zonā augošo 8 priežu kokaudžu augstuma pieaugums pēdējo 25 gadu laikā atbilst pirmajai bonitātei; neliela spiediena zonā 7 audžu augstuma pieaugums – otrai bonitātei. Tas apstiprina iepriekš minēto (Zālītis, 1996) likumsakarību, ka kūdreņu meža tipi un ar tiem saistītā meža ražība atspoguļo pazemes spiedes ūdeņu atslodzes intensitāti: šaurlapju kūdreņos (1. bonitāte) pazemes spiedes ūdeņi pieplūst aptuveni divreiz intensīvāk nekā par mežu bonitāti nabadzīgākos mētru kūdreņos.

Kūdras biežā slāņa veidošanās ilgst vairākus gadu tūkstošus, un kūdras botāniskais sastāvs, kā arī slānī

2. tabula/Table 2

Ūdens līmeņu starpības ($\Delta h = h - H$, cm) statistiskie rādītāji atsevišķos mērpunktos mežos ar biezu kūdras slāni
Statistical indices of water level difference ($\Delta h = h - H$, cm) in separate measuring places in the forests with deep peat layer

Mērpunkti/ Measuring places	HG 31 aka/well	HG 30 aka/well	H 13 aka/well	H 130 aka/well	H 103 aka/well	H 72 aka/well	H 201 aka/well
Vidējā vērtība/Mean	- 97	12	27	162	193	231	265
Reprezentācijas kļūda/ Std. error of mean	3.0	1.7	1.1	1.6	2.0	2.4	1.8
Standartnovirze/ Standard deviation	19.7	10.7	7.2	10.3	13.1	15.4	11.7
Maksimālā vērtība/ Maximum	- 63	44	41	177	211	252	284
Minimālā vērtība/ Minimum	- 169	- 11	7	137	151	178	243
Korelācijas koeficients ar Ca ²⁺ koncentrāciju/ Correlation coefficient with Ca ²⁺ concentration	0.09	- 0.14	- 0.22	- 0.25	0.08	0.15	- 0.11
Korelācijas koeficients ar Mg ²⁺ koncentrāciju/ Correlation coefficient with Mg ²⁺ concentration	0.16	0.21	0.14	0.01	0.21	0.01	- 0.18

akumulētās barības vielas saistās ar pazemes ūdeņu nepārtrauktu pieplūdi kūdras substrātam. Biogēno elementu pieplūdes intensitāte ar pazemes ūdeņiem ikvienā vietā savukārt izpaužas kā trīs argumentu funkcija: 1) biogēno elementu koncentrācija pieplūstošos pazemes ūdeņos; 2) pieplūstošo ūdeņu spiediens; 3) sprostslāņa biežums un ūdens filtrācijas koeficients. Varam pieņemt, ka vienā izvēlētajā vietā pirmais un trešais arguments uzskatāmi kā laikā nemainīgi lielumi. Tādējādi biogēno elementu koncentrācija augsnes gruntsūdeņos mainās līdz ar spiediena pazemes ūdens horizonta pjezometriskā ūdens līmeņa un augsnes gruntsūdens līmeņa starpības Δh izmaiņām.

Mežā ar biezu kūdras slāni (biežums > 50 cm) kalcija un magnija jonu koncentrācija saistībā ar Δh izmaiņām laikā analizēta septiņos mērpunktos, ikvienā no tiem 5 gadu laikā ievācot un analizējot 48 gruntsūdens paraugus. Vienlaicīgi izmērīts arī augsnes gruntsūdens līmeņa augstums un spiediena pazemes ūdens horizonta pjezometriskais ūdens līmenis dziļurbuma akās poligona daudzstūra virsotnēs, pēc kuriem no plaknes vienādojuma aprēķināts spiediena pazemes ūdens horizonta pjezometriskā ūdens līmeņa augstums iepriekš minētos septiņos mērpunktos. Sakārtojot mērpunktus Δh vidējo aritmētisko rādītāju pieaugošā secībā (2. tabula) un novērtējot divu blakus esošo rādītāju starpību ar t kritēriju, varam secināt, ka visas starpības ir signifikantas ($t_{\text{fakt}} > t_{0,05} = 1.96$). Tas apliecina, ka Δh teritoriālās atšķirības ir daudz lielākas nekā Δh rādītāju izkliede 5 gadu laikā vienā mērpunktā.

Aprēķinot sakarību starp Ca^{2+} un Mg^{2+} jonu koncentrāciju augsnes gruntsūdenī un Δh 7 mērpunktos, strikti iezīmējas mērpunktu savdabības, ko nosaka: 1) samērā nelielās Δh vērtību svārstības ikvienā mērpunktā, 2) necīgā korelācija starp Δh un Ca^{2+} , kā arī Mg^{2+} jonu koncentrāciju vienā mērpunktā: $r = 0.01 \dots 0.25$, ja $r_{0,05} = 0.31$ (2. tabula). Tas norāda, ka jonu koncentrācijas izmaiņas vienā vietā vērtējamas kā nejaušas, ko, iespējams, ietekmē arī jonu koncentrācijas svārstības dolomīta plaisās lokalizētajos ūdeņos, kas šajā darbā nav detalizēti analizētas.

Apvienojot vienā izlasē visus 293 mērījumus mežā ar biezu kūdras slāni ar Δh svārstībām robežās no -169 cm līdz +284 cm, iezīmējas signifikanta sakarība starp Δh un jonu koncentrāciju (3. attēls). Korelācijas koeficients starp Δh (cm) un Ca^{2+} jonu koncentrāciju (mg l^{-1}) $r = +0.66$; starp Δh (cm) un Mg^{2+} jonu koncentrāciju (mg l^{-1}) $r = +0.52$, ja $r_{0,05} = 0.11$. Sakarību starp Δh un jonu koncentrāciju raksturo regresijas vienādojumi:

$$\begin{aligned} \text{Ca}^{2+} &= 0.1121 \Delta h + 21.9; \\ \text{Mg}^{2+} &= 0.0343 \Delta h + 7.5. \end{aligned} \quad (5)$$

Citā izlasē apvienojot 242 mērījumu rezultātus par Ca^{2+} un Mg^{2+} jonu koncentrāciju āreņu (kūdras slāņa biežums nepārsniedz 20 cm) augsnes gruntsūdeņos,

iegūti šādi vidējie rādītāji: $\text{Ca}^{2+} - 26.8 \text{ mg l}^{-1}$ ar reprezentācijas kļūdu 2.1 mg l^{-1} un $\text{Mg}^{2+} - 9.8 \text{ mg l}^{-1}$ ar reprezentācijas kļūdu 0.6 mg l^{-1} . Ievietojot šos skaitļus iepriekš aprakstītajos regresijas vienādojumos, iegūstam šādas Δh vērtības: attiecībā uz kalcija jonu koncentrāciju $\Delta h = 44 \text{ cm}$ un magnija jonu koncentrāciju $\Delta h = 67 \text{ cm}$. No šiem rezultātiem varam secināt: mežos ar biezu kūdras slāni spiediena pazemes ūdens horizonta pjezometriskā ūdens līmeņa un augsnes gruntsūdens līmeņa starpība $\Delta h \approx 0.5 \text{ m}$ spēj nodrošināt tādu pašu kalcija un magnija jonu koncentrāciju augsnes gruntsūdeņos, kāda tā ir hidromorfās minerālaugsnēs. Ja $\Delta h > 0.5 \text{ m}$, tad kūdras augsnes ir labāk apgādātas ar kalciju un magniju nekā hidromorfās minerālaugsnēs, kur Δh ir ar negatīvu zīmi un mežaudze barības vielas iegūst tieši no augsnes minerālajiem horizontiem.

Ar to arī izskaidrojami fakti, ka Vesetnieku stacionārā sausienēm pieguļošajos kūdreņos ar samērā plānu kūdras slāni (0.5-1.0 m), kur biogēnie elementi pieplūst no blakus esošām minerālgrūnīm, kokaudžu ražība nereti ir zemāka par kokaudžu ražību tālu prom no sausieņu nogāzēm vietās ar biezu kūdras slāni (2-5 m), kur minerālvielu pieplūdi nodrošina pazemes ūdeņu pastiprināta atslodze.

Secinājumi

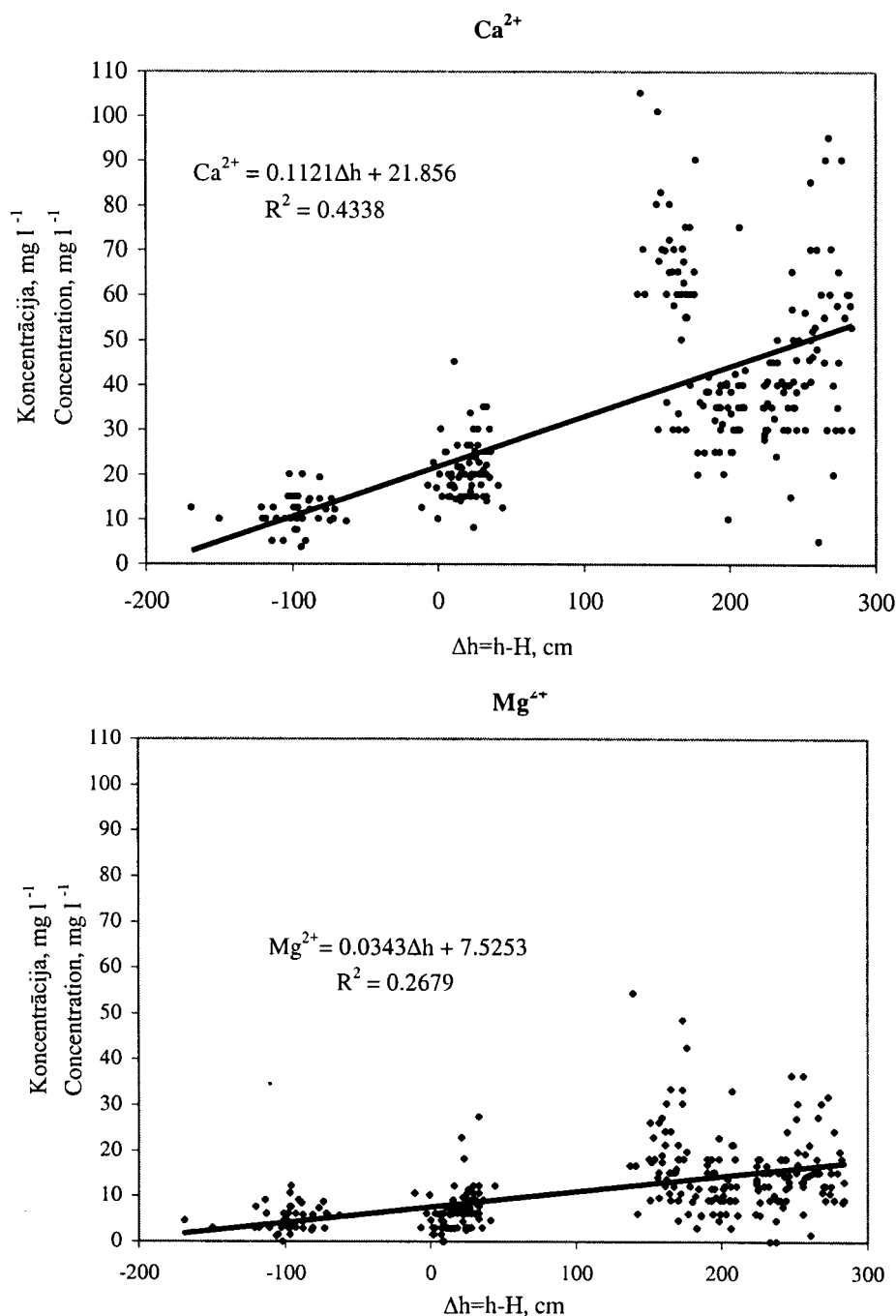
1. Pārmitrajos un meliorētajos mežos ar biezu (0.3-4.5 m) kūdras slāni kokaudzes ražība nav atkarīga no kūdras slāņa biežuma; mežam nepieciešamās minerālās barības vielas pieplūst, atslodējoties pazemes spiedes ūdeņiem.

2. Pazemes spiedes ūdeņu atslodzes intensitāte un ar to saistīto minerālo barības vielu pieplūdes daudzums atkarīgs galvenokārt no spiediena pazemes ūdens horizonta pjezometriskā ūdens līmeņa un augsnes gruntsūdeņu līmeņa starpības Δh . Līmeņu starpības aprēķinos lietderīgi izmantot t.s. plaknes vienādojumu, lai izskaitļotu spiediena pazemes ūdens horizonta pjezometriskā ūdens līmeņa augstumu ikvienā izvēlētajā vietā, kur tiek mērīts augsnes gruntsūdens līmenis.

3. Kūdreņos, kur Δh nosacīti neliels, tā vērtības piecu gadu laikā svārstījās robežās no -170 cm līdz +40 cm, mērvietās, kur Δh nosacīti liels – robežās no +130 cm līdz +280 cm.

4. Starp Ca^{2+} un Mg^{2+} jonu koncentrācijām un Δh 48 mērījumiem vienā izvēlētajā vietā iezīmējas necīga korelācija ($r = 0.1 \dots 0.25$ pie $r_{0,05} = 0.31$). Tas norāda – ja jonu koncentrācijas izmaiņas vienā vietā vērtējamas kā nejaušas fiksēto vērtību robežās, jonu koncentrācijas teritoriālās atšķirības ir daudz lielākas un jonu koncentrācijas rādītāji signifikanti korelē ar Δh ($r = 0.52 \dots 0.66$ pie $r_{0,05} = 0.11$).

5. Biogēno elementu papildus pieplūde ar pazemes spiedes ūdeņiem atspoguļojas meža ražībā: pastiprināta spiediena zonā augošo priežu augstuma pieaugums



3. att. Kalcija (Ca²⁺) un magnija (Mg²⁺) jonu koncentrācija augsnes gruntsūdenī kā $\Delta h = h - H$ funkcija mežos ar biezu kūdras slāni.

Fig. 3. The concentration of calcium (Ca²⁺) and magnesium (Mg²⁺) ions in soil groundwater as a function of $\Delta h = h - H$ in forests with deep peat layer.

atbilst pirmajai bonitātei; neliela spiediena zonā – otrai bonitātei.

Literatūra

1. Indriksons, A., Zālītis, P. (2000) The impact of hydrotechnical drainage on the cycle of some biogenous elements in forest. *Baltic Forestry*, Vol. 6,

No. 1, pp. 18-24.

2. Zālītis, P. (1996) Forest hydrological parameters as a function of stand structure and meteorological conditions. *Baltic Forestry*, Vol. 2, No. 2, pp. 2-8.

3. Залитис, П. П. (1983) *Основы рационального лесоосушения в Латвийской ССР*. Рига, 231 с.