

LATVIJAS UNIVERISTĀTE
BIOLOĢIJAS FAKULTĀTE
BOTĀNIKAS UN EKOĢIJAS KATEDRA



PURVOS AUGOŠĀS PARASTĀS PRIEDES *PINUS SYLVESTRIS* L. RADIĀLĀ PIEAUGUMA SAISTĪBA AR KLIMATISKAJIEM FAKTORIEM LATVIJĀ

Promocijas darbs

Autors:

Iluta Dauškane

Darba vadītājs:

Dr. biol., prof. Guntis Brūmelis

**Darba zinātniskais
konsultants:**

Dr. biol., doc. Didzis Elferts

Recenzenti:

Rīga, 2010

SATURS

KOPSAVILKUMS	4
SUMMARY	6
IEVADS	8
1. LITERATŪRAS APSKATS	10
1.1. Koku gadskārtu indikatīvā nozīme	10
1.1.1. Dendroklimatoloģija	12
1.2. Purva ekoloģija	15
1.3. Parastā priede	19
1.3.1. Purvos augošās parastās priedes raksturojums	20
1.3.2. Klimatisko faktoru ietekme uz parastās priedes augšanas gaitu purvos	25
2. MATERIĀLS UN METODES	28
2.1. Paraugu ņemšanas vietas	28
2.1.1. Klāņu purvs	28
2.1.2. Lielais Ķemeru tīrelis	29
2.1.3. Cenas tīrelis	30
2.1.4. Niedrāju-Pilkas purvs	31
2.1.5. Gulbju-Platpirovas purvs	32
2.1.6. Engures ezera dabas parka kaļķainais zāļu purvs	33
2.2. Koksnes paraugu iegūšanas un apstrādes metodes	34
2.3. Gadskārtu apstrādes metodes	35
2.3.1. Gadskārtu mērīšana un šķērsdatēšana	35
2.3.2. Hronoloģiju veidošana un statistiskā salīdzināšana	35
2.4. Dendroklimatoloģisko datu analīze	37
2.4.1. Klimatisko un hidroloģisko datu analīze	37
2.4.2. Koku ekstremālās augšanas periodu analīze	39
2.4.3. Zīmīgo gadu aprēķināšana	40
2.4.4. Hronoloģiju, zīmīgo gadu un klimatisko faktoru saistības analīze	41
3. REZULTĀTI	43
3.1. Klimatisko faktoru analīze	43
3.2. Gadskārtu mērīšana un šķērsdatēšana	43
3.3. Gadskārtu hronoloģijas un to savstarpējā salīdzināšana	44
3.2. Koku ekstremālās augšanas periodu analīze	48

3.5. Zīmīgie gadi un to saistība ar klimatiskajiem faktoriem	51
3.6. Saistība starp klimatiskajiem faktoriem un gadskārtu hronoloģijām	57
3.6.1. Hronoloģiju un vidējās gaisa temperatūras korelācijas	57
3.6.2. Hronoloģiju un maksimālās gaisa temperatūras korelācijas	59
3.6.3. Korelācija starp hronoloģijām un minimālo gaisa temperatūru	61
3.6.4. Hronoloģiju un nokrišņu summu korelācijas	63
3.6.5. Atbildes funkcijas un daudzfaktoru regresijas analīze	65
3.6.6. Hronoloģiju un klimatisko faktoru saistību izmaiņas	68
3.7. Parastās priedes radiālā pieauguma saistība ar purva gruntsūdens līmeni	
Lielajā Ķemeru tīrelī	72
4. DISKUSIJA	75
4.1. Koksnes paraugu iegūšana un gadskārtu analīze	75
4.2. Radiālā pieauguma izmaiņas	77
4.3. Zīmīgie gadi un to saistība ar klimatiskajiem faktoriem	79
4.4. Hronoloģiju saistība ar klimatiskajiem faktoriem	82
4.5. Atbildes funkcijas analīze	85
4.6. Datu ieguves un apstrādes metožu izvērtējums	85
5. SECINĀJUMI	88
6. AIZSTĀVĒŠANAI IZVIRZĪTĀS TĒZES	89
7. PATEICĪBAS	90
8. LITERATŪRAS SARAKSTS	91
PIELIKUMI	108

KOPSAVILKUMS

Koku gadskārtas ir nozīmīgs indikators, kas atspoguļo antropogēnos un ekoloģiskos procesus pagātnē. Purvos atrodamie fosilie koki, piemēram, parastā priede *Pinus sylvestris* L., ir vieni no plašāk izmantotiem materiāliem garu hronoloģiju veidošanai un saistīšanai ar klimata mainību. Lai objektīvi varētu rekonstruēt klimatu un tā mainību, izmantojot šīs hronoloģijas, svarīgi ir saprast galvenos klimatiskos faktoros, kas ietekmē purvos augošās parastās priedes radiālo pieaugumu mūsdienās. Līdz šim Eiropā ir veikti daudzi pētījumi par klimata ietekmi uz parastās priedes radiālo pieaugumu uz sausajām minerālaugsnēm, taču maz ir zināms par tā ietekmi uz parastās priedes radiālo pieaugumu purvos.

Veiktā pētījuma mērķis bija noskaidrot purvos augošās parastās priedes radiālā pieauguma saistību ar klimatiskajiem faktoriem Latvijā.

Parastās priedes paraugus ievāca sešos purvos Latvijā. Katrā teritorijā, izmantojot Preslera svārpstu, no vecākajām priedēm ievāca koksnes paraugus. Koksnes paraugiem izmērītas gadskārtas un veikta to šķērsdatēšana. No šķērsdatētajām gadskārtu rindām izveidota katrai teritorijai atbilstošā atlikuma hronoloģija. Lai noskaidrotu klimatisko faktoru (mēnešu un apkopoto periodu vidējā, maksimālā un minimālā temperatūra un nokrišņu summa) un hronoloģiju saistību, veikta korelācijas un regresijas analīze. Slīdošā korelācijas analīze 30 gadu intervālā veikta, lai noteiktu klimatisko faktoru un hronoloģiju saistību mainību. Katrai teritorijai, izmantojot nestandartizētās gadskārtu rindas, noteikti koku ekstremālās augšanas periodi, kā arī zīmīgie gadi un to saistība ar klimatiskajiem faktoriem. Pētījumā papildus noteikta arī Lielā Ķemeru tīreļa hronoloģijas saistība ar purva gruntsūdens līmeni.

Parastā priede, kas aug purvos, ir mazāk jutīga uz klimata ietekmi un pētījumā noteikts, ka tas izskaidro 6,5% līdz 32,1% no gadskārtu platuma variēšanas. Parastās priedes radiālo augšanu purvos būtiski ietekmē gaisa temperatūra miera perioda beigās. Īpaši nozīmīga ir februāra gaisa temperatūra, kas pozitīvi korelē ar priedes radiālo pieaugumu. Nokrišņu ietekme uz parastās priedes radiālo pieaugumu purvos galvenokārt ir lokāla, taču dažās teritorijās parastās priedes radiālo pieaugumu būtiski ietekmē jūlija nokrišņu daudzums (pozitīva korelācija) un iepriekšējā gada maija nokrišņu daudzums (negatīva korelācija).

Mainoties klimatiskajiem apstākļiem 20. gs. otrajā pusē, mainās arī saistība starp priežu radiālo pieaugumu purvos un klimatu. Parastās priedes radiālo pieaugumu pozitīvi ietekmēja augsta februāra gaisa temperatūra 20. gs. pirmajā pusē un pēc 1980-tiem gadiem

tās ietekme kļuva nebūtiska. Savukārt 20. gs. otrajā pusē paaugstinoties gaisa temperatūrai, jo īpaši minimālajai temperatūrai, novērojama būtiski negatīva korelācija ar janvāra gaisa temperatūru.

Purva gruntsūdens līmenis ir galvenais faktors, kas ietekmē parastās priedes radiālo pieaugumu purvos un to apliecina Lielā Ķemeru tīreļa aprēķinu rezultāti. Īpaša nozīme ir purva gruntsūdens līmenim iepriekšējos gados, piemēram, iepriekšējā gada aprīļa gruntsūdens līmenis izskaidro līdz pat 28,4% no gadskārtu platuma variēšanas.

Promocijas darbs izstrādāts Latvijas Universitātes Bioloģijas fakultātes Botānikas un ekoloģijas katedrā Dr. biol., prof. Gunta Brūmeļa un Dr. biol., doc. Didža Elferta vadībā no 2004. līdz 2010. gadam.

SUMMARY

Tree-rings are one of the most important indicators for reconstructing past anthropogenic and ecological processes as well as climate variability. Subfossil material as a Scots pine *Pinus sylvestris* L. from mires is one of the most useful to build long tree-ring chronologies and compare them with climate. For correct reconstructing past climate variability it is necessary to understand the main climatic factor what influence the growth of Scots pine on mires at nowadays. The climatic signal for the past centuries recorded on tree rings is well known for regions in Europe for pines growing in dry conditions, but little knowledge has accrued regarding peatland pines.

The aim of the study was to determine the effect of climatic factors on the radial growth of Scots pine on the mires in Latvia.

Scots pine trees were sampled from six mires in Latvia. In study sites, tree-ring samples from the oldest trees were taken using Presler borer. Tree-ring series were measured and checked measurement quality (cross-dated). From cross-dated tree-ring series a residual chronologies were developed for each study site. Relationship between climatic factors (monthly and period mean, maximal, minimal air temperature and precipitation sum) and chronologies was examined using correlation and regression analysis. For the study of correlation variation between climate and tree growth moving correlation analysis was performed at moving 30-year intervals. Chronology from Lielais Ķemeri Mire was compared with mire water table data. For each study site release/suppression analysis and pointer-years were calculated and compared to climatic factors.

Scots pine growing on mires is less climate sensitive. It explains from 6,5% till 32,1% of the variation of pines tree-ring width. Temperature at dormant season especially at February is the main climatic factor influencing the growth of Scots pine on mires – raised temperature is associated with wider tree-rings. Precipitation influence mainly is local but in some study sites the precipitation at July (positive correlation) and May of preceding year (negative correlation) are the main influence on the radial growth of Scots pine.

Climate-growth correlations at the study sites are varying substantially over time. It can be explained by changes in climatic factors. The positive correlation was between annual growth and temperature of February in the early 20th century, while in the late 20th

century when temperature especially minimal temperature raised, significant negative correlation exists with temperature of January.

The water table is the main factor influencing the radial growth of Scots pine in Lielais Ķemeri Mire. Especially important is the water table of preceding years. The water table at April of preceding year explain 28,4% of the variation of pines tree-ring width.

This study was conducted in University of Latvia, Faculty of Biology, Department of Botany and Ecology, under supervision of Dr. biol., prof. Guntis Brūmelis and Dr. biol., doc. Didzis Elferts from 2004 to 2010.

IEVADS

Zeme ir dinamiska, vienmēr mainīga sistēma, kurā parasti pārmaiņas notiek ļoti lēni. Tās klimatu raksturo dabiska mainība, kad nosacīti klimata optimuma periodi mijas ar vēsākiem periodiem, piemēram, Ziemeļeiropā klimata optimumu ap 1000. gadu nomainīja “mazais ledus laikmets” laikā no 1400. līdz 1750. gadam. Protams, ir vērojami arī izņēmumi, piemēram, spēcīgi vulkāna izvirdumi, kas veicina daudz ātrāku procesu norisi klimata mainībā. Klimatu pēdējo 100 gadu laikā raksturo ievērojami straujas pārmaiņas, salīdzinot ar izmaiņu raksturu pēdējo tūkstošu gadu laikā (Kļaviņš, Briede 2008). Ja salīdzina 19. gadsimta un 20. gadsimta beigu vidējo gaisa temperatūru pasaules mērogā, tad tās pieaugums ir no 0,3°C līdz 0,6°C (Jones, Briffa 1992, Parker et al. 1994) un 21. gadsimta sākumā – līdz pat 0,76°C (IPCC 2007). Arī Latvijā kopš 20. gadsimta vidus līdz mūsdienām gada vidējā gaisa temperatūra ir paaugstinājusies par 0,8°C līdz 1,4°C (Kļaviņš u.c. 2008). Klimata pārmaiņu raksturs saistāms arī ar izmaiņām nokrišņu daudzumā. Kopš 20. gadsimta sākuma nokrišņu daudzums pasaulē ir pieaudzis aptuveni par 2%, kaut arī tā sadalījums uz Zemes nav vienmērīgs. Gada nokrišņu daudzums Ziemeļeiropā 20. gadsimta laikā ir palielinājies par 10-14%, kamēr vairākos Dienvideiropas rajonos tas ir samazinājies par aptuveni 20%. Pēdējos 50 gados nokrišņu daudzuma palielināšanās tendence ir raksturīga arī lielākajā daļā Latvijas teritorijas, jo īpaši rietumu daļā (Briede, Lizuma 2007). Nokrišņu daudzums ir palielinājies par 0,7% un galvenokārt ziemas mēnešos (Kļaviņš u.c. 2008). Jebkuras izmaiņas klimata sistēmā neatkarīgi no tā, vai tās nosaka dabiski vai antropogēni procesi, var ietekmēt citus sistēmas elementus, piemēram, hidroloģisko ciklu vai atmosfēras sastāvu un cirkulāciju (Kļaviņš, Briede 2008).

Lai noskaidrotu klimatiskos apstākļus un to mainību pagātnē, kā arī mainības cēloņus (dabisks vai antropogēns process), tiek veikta klimata rekonstruēšana, pētot ģeoloģiskos nogulumus, ledāju dinamiku, koraļļu augšanas ātrumu, kā arī koku gadskārtas (Kļaviņš, Briede 2008). Pagātnē notiekošo procesu rekonstruēšanā ir nepieciešamas garas hronoloģiju rindas, un tieši fosilie koki, kas atrodami ūdenstilpnēs ar zemu skābekļa daudzumu vai purvos, tiek plaši izmantoti ekoloģiskajos (Gunnarsson 1999; Leuschner et al. 2007) un paleoklimatoloģiskos pētījumos (Eronen et al. 1999; Briffa 2000). Klimata izmaiņas būtiski ietekmē purva hidroloģiju un kūdras sadalīšanās ātrumu (Aaby 1976; Barber 1982), kas savukārt atspoguļojas koku augšanas dinamikā, to morfoloģijā un anatomijā (Leuschner et al. 2007). Tas nozīmē, ka fosilie koki ir izmantojami šādos

pētījumos ne tikai tādēļ, ka ir labi saglabājušies, bet tie ir arī labi indikatori, kas atspoguļo purvā notikušos procesus pagātnē.

Parastā priede *Pinus sylvestris* L. ir biežāk sastopamā koku suga purvos gan kā dzīvais, gan kā fosilais materiāls. Tieši fosilais materiāls tiek plaši izmantots klimata rekonstruēšanā. Taču, lai varētu objektīvi interpretēt iegūtos rezultātus un rekonstruēt klimatu pagātnē, modelēt nākotnes scenārijus, kā arī spriest par klimata ietekmi uz bioloģisko daudzveidību un purva ekosistēmu kopumā, svarīgi ir izprast tā ietekmi uz koku augšanu purvos mūsdienās – pēdējo 100 līdz 150 gadu laikā. Kaut arī parastā priede ir viena no plašāk pētītām koku sugām dendroklimatoloģijā, jāatzīst, ka galvenokārt pētītas ir uz sausajām mirerālaugsnēm augošās priedes. Noteikts, ka februāra un marta gaisa temperatūras ir nozīmīgākais klimatiskais faktors, kas ietekmē šo koku radiālo pieaugumu (Elferts 2008). Salīdzinoši maz pētījumu ir par klimata ietekmi uz parastās priedes augšanas gaitu purvos mūsdienās, iegūtajos rezultātos galvenokārt uzsverot purva gruntsūdens līmeņa būtisko nozīmi. Informācijas trūkums ir nenoliedzams un līdz ar to šajā dendroklimatoloģijas jomā ir nepieciešami plašāki pētījumi.

Izstrādājot promocijas darbu, veiktā pētījuma **mērķis** bija noskaidrot purvos augošās parastās priedes radiālā pieauguma saistību ar klimatiskajiem faktoriem Latvijā.

Mērķa sasniegšanai izvirzīti sekojoši **uzdevumi**:

1. izveidot gadskārtu hronoloģijas;
2. aprēķināt periodus, kad kokiem novērojama ekstrēmā augšana;
3. aprēķināt zīmīgos gadus un noskaidrot to saistību ar klimatiskajiem faktoriem;
4. noskaidrot tos klimatiskos faktoros, kas uzrāda statistiski būtisku saistību ar hronoloģiju vērtību variēšanu;
5. aprēķināt saistības stabilitāti laikā starp gadskārtu hronoloģijām un klimatiskajiem faktoriem;
6. aprēķināt, cik lielu daļu no gadskārtu platumu variēšanas izskaidro klimatiskie faktori;
7. noskaidrot saistību starp purva gruntsūdens līmeni un parastās priedes radiālo pieaugumu Lielajā Ķemeru tīrelī.

Iesākot pētniecisko darbu, izvirzītas sekojošas **hipotēzes**:

1. februāra gaisa temperatūra ir būtisks klimatiskais faktors, kas ietekmē parastās priedes radiālo pieaugumu purvos;
2. priedes radiālo pieaugumu purvos būtiskāk ietekmē nokrišņu daudzums augšanas periodā nevis miera periodā;

3. mainoties klimatiskajiem apstākļiem 20. gs. otrajā pusē, mainās arī saistība starp klimatu un priežu radiālo pieaugumu;
4. purva gruntsūdens līmenis būtiski ietekmē priežu radiālo pieaugumu.

1. LITERATŪRAS APSKATS

1.1. Koku gadskārtu indikatīvā nozīme

Lai iegūtu informāciju par vides faktoru raksturu un mainību ilgā laika posmā, nepieciešams izmantot netiešus indikatorus jeb „dabiskos arhīvus”. Šie netiešie indikatori ir jūras un sauszemes nogulumi, ģeomorfoloģiskās īpatnības, kā arī gadskārtējie slāņi, kurus veido tādi dzīvie organismi kā koraļļi un koki (Walker 2005; Bradley 1999 pēc Vaganov et al. 2006). Koki kā bioindikatori ir vieni no labākajiem pētīšanas objektiem. Tie ir ilgdzīvotāji un līdz ar to, katra to šūna un audu struktūra sevī glabā nozīmīgu un apjomīgu informāciju par augšanu ietekmējošiem faktoriem un to mainību ilgā laika periodā. Parasti tā ir pat sezonāla informācija (Krebs 2001).

Koka augšanu un attīstību vienmēr limitē kāds faktors vai to kopums. Limitējošie faktori iedalāmi divās grupās: ārējie (ūdens, temperatūra, gaisma, skābeklis, augsnē esošās minerālvielas u.c.) un iekšējie (augšanu regulējošie hormoni, enzīmi u.c.). Iekšējie limitējošie faktori vairāk vai mazāk ir atkarīgi no ārējiem limitējošiem faktoriem (Kaennel, Schweingruber 1995). Bioloģiskie procesi, piemēram, augšana, nevar notikt straujāk par to, ko pieļauj kāds no limitējošiem faktoriem. Koku augšanas gaitu šis faktors var ietekmēt ilgāku laika periodu (vairākas sezonas) – ilglaicīga limitācija, vai arī īsu laika periodu (vienu sezonu), mainoties no sezonas uz sezonu – īslaicīga limitācija (Fritts 2001). Ja augšanas apstākļi ir labvēlīgi, tad dažādi faktori var būt limitējoši katram kokam audzē individuāli. Tas izskaidro atšķirības koku augšanā un gadskārtu platumu variēšanā vienas audzes ietvaros. Gadskārtu platumi vienas audzes ietvaros variē līdzīgi tikai tad, ja koku augšanu ilglaicīgi ietekmējis viens vai vairāki faktori, kas skāruši pēc iespējas plašāku teritoriju – vairāki koki ir pakļauti vienādiem apstākļiem (Fritts 2001).

Katra kokaugu suga, atkarībā no tās iedzimtības faktora, kas nosaka tās fenotipu, spēj augt un attīstīties noteiktos vides apstākļos – tai piemīt noteikta ekoloģiskā amplitūda (Špalte 1981; Fritts 2001). To sauc par sugu tolerances likumu, ko jau 1911.gadā izskaidroja amerikāņu zinātnieks Viktors Ernests Šelfords (Allaby 2000; Krebs 2008). Mazāk piemērotos augšanas apstākļos koka augšanas gaita ir palēnināta. Tas skaidrojams ar to, ka krasa limitējošo faktoru ietekme, jo īpaši augšanas sezonas laikā, izraisa svārstības

auga vielmaiņā un līdz ar to arī kambija aktivitātē (Mauriņa 1987). Kambija aktivitāti galvenokārt ietekmē zema gaisa temperatūra, liels sausums vai liels nokrišņu daudzums, kaitēkļi, noēnojums un valdošie vēji (Карпавичюс 1981; Fritts 2001). Ja kambija aktivitāte ir samazināta, koks veido šauru gadskārtu, kā arī bieži vien gadskārtas pilnīga izveidošanās tiek pārtraukta, veidojot t.s. ķīļveida gadskārtu. Ja kambijs ir neaktīvs, tad augšana vispār var nesākties, konkrētajā gadā neveidojot gadskārtu (iztrūkstošā gadskārta) (Балодис, Кузнецова 1980; Kaennel, Schweingruber 1995). Visbiežāk gadskārtas kokiem iztrūkst stumbra lejasdaļā (Zunde 2003). Iztrūkstošo gadskārtu veidošanās iespējamība palielinās līdz ar koka vecumu (Карпавичюс 1981).

Vienā augšanas sezonā var veidoties arī vairāk kā viena gadskārta (viltus jeb neīstā gadskārta). Viltus gadskārtas, piemēram, skuju koku koksne ir skaidri saskatāmas kā traheīdu šūnapvalka sabiezējumi, kas ir saistīti ar koksnes blīvuma palielināšanos. Savstarpēji viltus gadskārtas un īstās gadskārtas morfoloģiski neatšķiras, taču tās var atšķirt pēc anatomiskajām īpašībām. Viltus gadskārtas parasti ir daudz šaurākas un novērojama pakāpeniska pāreja starp dažāda blīvuma traheīdu kārtām (Kaennel, Schweingruber 1995; Zunde 2003). Kokam kļūstot vecākam, viltus gadskārtu veidošanās samazinās un tās veidojas tikai koka jaunākajās daļās – zaros vai stumbra augšdaļā (Карпавичюс 1981; Fritts 2001).

Zinātne, kas cieši saistīta ar kokaugu gadskārtas platumu variēšanas pētījumiem, ir **dendrohronoloģija** (no grieķu valodas: *déndron* – koks, *chrónos* – laiks, *lógos* – zinātne). Ja dendrohronoloģiju aplūko šaurā nozīmē, tad tā ir zinātnes apakšnozare, kurā veic koksnes datēšanu, veidojot dendrohronoloģiskās skalas (Špalte 1985; Kaennel, Schweingruber 1995; Zunde 2003; Walker 2005). Gadskārtu platumu datēšanas metode balstās uz faktu, ka vienā teritorijā augoši koki uzrāda līdzīgu atbildes reakciju uz apkārtējo vides faktoru izmaiņām (Schweingruber 1996; Fritts 2001).

Ja dendrohronoloģiju aplūko plašā nozīmē, tad pēc gadskārtu platumu variēšanas ir iespējams izprast daudzus procesus, kas notikuši gan paša koka augšanā un attīstībā, gan arī vēsturiskos notikumos – analizēt laika un telpas iezīmes fizikālajos un kulturālajos procesos (Špalte 1985; Kaennel, Schweingruber 1995; Walker 2005). Dendrohronoloģijas zinātnē ietilpst vairākas apakšnozares, kurās gadskārtu hronoloģijas izmantojamas:

1. cilvēces vēstures izpētē (**dendroarheoloģija**);
2. ekoloģiskos pētījumos, piemēram, lai noteiktu mežaudzes attīstības dinamiku vai arī gaisa piesārņojuma ietekmi uz meža produktivitāti (**dendroekoloģija**);

3. lai noteiktu kaitēkļu uzbrukumus, to cikliskumu un ietekmi uz konkrētās teritorijas audzi (*dendroentomoloģija*);
4. klimata izpētē (*dendroklimatoloģija*);
5. hidroloģijas izpētē, kurā izmanto gadskārtas, lai izpētītu un rekonstruētu hidroloģiskos procesus (gruntsūdens līmenis, upes un strauta straumes ātrums, ūdens līmeņus ūdenstilpnēs) pagātnē un mūsdienās, kā arī lai noteiktu nokrišņu daudzuma izmaiņas (*dendrohidroloģija*);
6. lai pēc ugunsgrēka atstātajām rētām koka stumbrā, datētu un pētītu pagātnē un mūsdienās notiekošos ugunsgrēkus – to biežumu, intensitāti, kā arī ietekmi uz koku augšanu, veģetāciju un mežaudzes telpisko struktūru un attīstības dinamiku kopumā (*dendropirohronoloģija*);
7. ledāju kustības izpētē (*dendroglacioloģija*);
8. Zemes garozas kustības izpētē (*dendroģeomorfoloģija*).

Visos šajos pētījumos izmantotas gan dzīva koka, gan jau miruša koka (kritala, balķis kādas ēkas sienā, koka skulptūra, fosilie koki) gadskārtu hronoloģijas (Schweingruber 1996; Leuschner et al. 2007; Esper et al. 2008).

Par dendrohronoloģisko un dendroklimatoloģisko pētījumu aizsācēju tiek uzskatīts Endrjū Elikots Duglass, kurš pētījumus dendrohronoloģijā sāka 1894.gadā un 19.-20.gs. mijā Arizonas Universitātē (ASV) nodibināja “Koku gadskārtu pētīšanas laboratoriju” (Fritts 2001). Šī zinātnieka nozīmīgākais ieguldījums ir šķērsdatēšanas ieviešana dendrohronoloģijā. Taču jāatzīst, ka pirmie dendrohronoloģiskie un dendroekoloģiskie pētījumi Teodora un Roberta Hartingu vadībā bija veikti Vācijā jau 19.gs. vidū (Schweingruber 1996; Grissino-Mayer 2003). To skaitā 1855. gadā M.R. Presslers radīja svārpstu koksnes paraugu ņemšanai, kas līdz pat mūsdienām tik pat kā nav mainījis savu sākotnējo dizainu (Grissino-Mayer 2003).

1.1.1. Dendroklimatoloģija

Dendroklimatoloģijas galvenais uzdevums ir noteikt tagadnes un rekonstruēt pagātnes klimata mainību un ietekmi (Pensa et al. 2005), kā arī izstrādāt modeļus, kas prognozē turpmāko klimata mainības tendenci un tā ietekmi uz koka augšanas gaitu (Kaennel, Schweingruber 1995). Šie pētījumi pamatojas ar to, ka klimatiskie faktori var ietekmēt koksnes struktūras raksturlielumus, piemēram, visu gadskārtas platumu kopumā, atsevišķi agrīnās un vēlnās koksnes platumu vai koksnes blīvumu (Schweingruber 1996; Fritts 2001; Vaganov et al. 2006), traheīdu izmērus un šūnu skaitu katrā gadskārtā

(Panyushkina et al. 2003). Izotopi ir vēl viens koksnes struktūras elementu raksturojošais parametrs, pēc kura iespējams rekonstruēt klimatu un tā mainību. Šādos pētījumos izmanto stabilos izotopus: oglekļa izotopus ($\delta^{12}\text{C}$, $\delta^{13}\text{C}$); ūdeņraža izotopus ($\delta^1\text{H}$ jeb protijs; $\delta^2\text{H}$ jeb deiterijs); skābekļa izotopus ($\delta^{16}\text{O}$, $\delta^{18}\text{O}$). Oglekļa izotopi augā nonāk ar CO_2 , ūdeņraža izotopi – ar ūdeni un skābekļa izotopi – ar CO_2 , O_2 un ūdeni. Piemēram, fotosintēzes laikā ūdens molekula tiek sašķelta un ūdeņraža un skābekļa izotopi tiek asimilēti koksnē. To frakcionēšanās notiek transpirācijas vai bioķīmiskajos procesos (Libby, Pandorfi 1974; Schweingruber 1996). Ūdeņraža ($\delta^2\text{H}$) un skābekļa ($\delta^{18}\text{O}$) izotopus izmanto, lai rekonstruētu temperatūru, nokrišņu daudzumu un relatīvo mitrumu, bet oglekļa ($\delta^{13}\text{C}$) izotopus – lai rekonstruētu temperatūru, nokrišņu daudzumu, relatīvo mitrumu, augsnes mitrumu un sausuma periodus (Schweingruber 1996; Saurer 2003; Leavitt et al. 2010). Projekta “ISONET” ietvaros 16 Eiropas izotopu pētīšanas laboratorijās dažādām koku sugām, kas aug transektē no Somijas līdz Marokai analizēti $\delta^{13}\text{C}$ un $\delta^{18}\text{O}$. Pētījumos noteikts, ka $\delta^{13}\text{C}$ un $\delta^{18}\text{O}$ cieši korelē ar vasaras klimatiskajiem apstākļiem: pozitīva korelācija ir ar maksimālajām gaisa temperatūrām mēnešos no jūnija līdz augustam un negatīva korelācija ir ar nokrišņu daudzumu (Leavitt et al. 2010).

Dendrochronoloģiskās skalas iespējams veidot, izmantojot jebkuru no koksnes struktūras elementiem, taču visbiežāk dendroklimatoloģiskos pētījumos izmanto tieši gadskārtu hronoloģiju, kas ir vienas teritorijas vairāku koku vidējie standartizētie gadskārtu platumi (Kaennel, Schweingruber 1995). Gadskārtu hronoloģija atspoguļo gan bioloģisko faktoru (ģenētiskā informācija, novecošana) (Vitas 2006), gan vides faktoru (klimats, augsnes īpašības un hidroloģiskais stāvoklis teritorijā, konkurence, kaitēkļu ietekme, audzes biezums, vējš, ugunsgrēks utt.) komplekso mijiedarbību (Schweingruber 1996; Fritts 2001; Esper, Gärtner 2001; Wilford et al. 2005; Vaganov et al. 2006). Tāpēc veicot dendroklimatoloģiskos pētījumus, ļoti būtiski ir samazināt ietekmējošo faktoru skaitu. Tas iespējams, rūpīgi izvēloties paraugu ievākšanas teritorijas (Schweingruber 1996; Fritts 2001; Esper, Gärtner 2001). Tā kā klimatiskajiem datiem raksturīga reģionālā mainība, tad arī tiem jāatbilst paraugu ņemšanas vietai (Schweingruber 1996; Fritts 2001; Nöjd, Hari 2001). Lielākoties datu analīzē izmanto mežā augošus kokus, taču klimatiskie dati tiek iegūti no meteoroloģiskajām stacijām, kas atrodas atklātās ainavās un neatspoguļo audzes mikroklimatu (Schweingruber 1996). Visbiežāk izmantotie klimatiskie faktori ir gaisa temperatūra (Naurzbaev et al. 2004) un nokrišņu daudzums, jo citi faktori parasti tiek novēroti īsu laika periodu (Fritts 2001). Tieši meteoroloģisko novērojumu īsais periods,

kļūdas, nepilnīgs klimatisko datu pārklājums vai to pilnīgs trūkums būtiski ierobežo dendroklimatoloģiskos pētījumus, radot kļūdas datu analīzē un rezultātu interpretācijā (Špalte 1985; Linderholm 2001; Linderholm et al. 2002).

Koka reakcijas uz klimatu ir atkarīgas no augšanas apstākļiem, teritorijas ģeogrāfiskā stāvokļa, kā arī teritorijas vēstures. Koki, kas aug uz sava izplatības areāla robežas, ir daudz jutīgāki pret klimatisko faktoru ietekmi (Fritts 2001) un tie ir izmantojami, lai rekonstruētu klimata mainību, piemēram, gaisa temperatūru izmaiņas (Pensa et al. 2005; Esper et al. 2008). Ziemeļu platuma grādos, kā arī kalnu reģionos augošiem kokiem limitējošie faktori ir īsais veģetācijas periods un zema gaisa temperatūra augšanas periodā, taču dienvidu apgabalos un kalnu reģionu ielejās – nokrišņu izmaiņas (Špalte 1981; Lindholm et al. 1997; Lindholm et al. 2000). Par atšķirīgajām reakcijām reģionālā mērogā liecina Somijā un Zviedrijā iegūtie rezultāti. Noteikts, ka Somijas ziemeļos klimatiskie faktori izskaidro līdz pat 44,6% no parastās priedes gadskārtu platuma variēšanas, bet valsts dienvidos – 34,4%, taču Somijas austrumu un centrālajā daļā tikai 17,4% un 11,6% (Lindholm et al. 2000). Zviedrijā iegūtie rezultāti arī apliecina, ka valsts ziemeļos klimats izskaidro lielāku daļu (50%) no parastās priedes gadskārtu platumu variēšanas, salīdzinot ar dienvidiem (31%) (Linderholm et al. 2002). Pat vienas sugas koki augot krasi atšķirīgos augšanas apstākļos var sniegt informāciju par atšķirīgu klimatisko faktoru ietekmi (Špalte 1981).

Koka reakcija uz klimatu var mainīties vienas sezonas ietvaros (Fritts 2001). Tas nozīmē, ka katra mēneša klimatisko faktoru ietekme uz radiālo pieaugumu var būt pretēja (Карпавичюс 1984; Wilmking, Myers-Smith 2008). Piemēram, koks ātrāk atsāk augšanu, ja pavasaris ir silts, jo parasti zema pavasara gaisa temperatūra ir limitējošais faktors, kas pārtrauc miera periodu. Savukārt ļoti augsta vasaras mēnešu gaisa temperatūra būtiski ietekmē ne tikai enzīmu un hormonu sintēzi un aktivitāti, bet arī ūdens daudzuma samazināšanos audos. Līdz ar to karstu vasaras temperatūru ietekme ir pretēja – negatīvi ietekmē koka radiālo pieaugumu (Fritts 2001).

Katram kokam ir individuāla reakcija uz bioloģisko un vides faktoru mijiedarbību (Esper, Gärtner 2001) un to būtiski nosaka koka vecums (Schweingruber 1996; Fritts 2001). Optimālos apstākļos daudzām koku sugām pirmajā dzīves gadā veidojas šaura gadskārta. Savukārt, nākamajos gados gadskārtas ir daudz platākas (Lange u.c. 1976, Raven et al. 1999), jo kokam strauji pieaug vainaga asimilējošā daļa, kā arī tas dzīves pirmajos gados netērē spēkus, lai veidotu ģeneratīvos orgānus. Kokam novecojot, gadskārtu pieaugums vairs nav tik liels, jo kambija darbība vairs nav tik aktīva

(Schweingruber 1996). Šaurākas gadskārtas veidojas arī sēklām bagātos gados (Lange u.c. 1976, Raven et al. 1999). Līdz ar to dažādās auga attīstības stadijās, tas atšķirīgi reaģēs uz klimata ietekmi. Piemēram, kāds konkrēts klimatiskais faktors var būtiski ietekmēt koka augšanu, kad tas ir juvenīlajā stadijā, savukārt, šī ietekme ir nebūtiska kokam kļūstot vecākam vai otrādi (Carrer, Urbinati 2004; Linderholm, Linderholm 2004; Esper et al. 2008). Pētījumi par dažādu koku sugu reakciju uz klimatu, atkarībā no koku vecuma, līdz šim ir veikti gan Francijā (Gray 1982), Itālijā (Carrer, Urbinati 2004), Ziemeļamerikā (Ettl, Peterson 1995; Szeicz, McDoanald 1994; Wilmking, Myers-Smith 2008), Zviedrijā (Linderholm, Linderholm 2004), Ķīnā (Yu et al. 2008), gan citās valstīs (Esper et al. 2008). Iegūtie rezultāti liecina, ka dažām koku sugām, piemēram, Eiropas lapeglei *Larix decidua*, atkarībā no tās vecuma būtiski mainās atbildes reakcijas uz klimata ietekmi. Tas nozīmē, ka šīm koku sugām veidojot gadskārtu hronoloģiju, vajag iekļaut tikai viena vecuma klasei piederošus kokus. Jo īpaši svarīgi to ir ņemt vērā, veicot klimata mainības rekonstruēšanu un nākotnes scenāriju modelēšanu (Esper et al. 2008). Savukārt, citām koku sugām, piemēram, parastai priedei, kļūstot vecākai nav novērojamas būtiskas izmaiņas reakcijā uz klimatu un veidojot gadskārtu hronoloģiju, ir iekļaujami visu vecumu koki (Linderholm, Linderholm 2004).

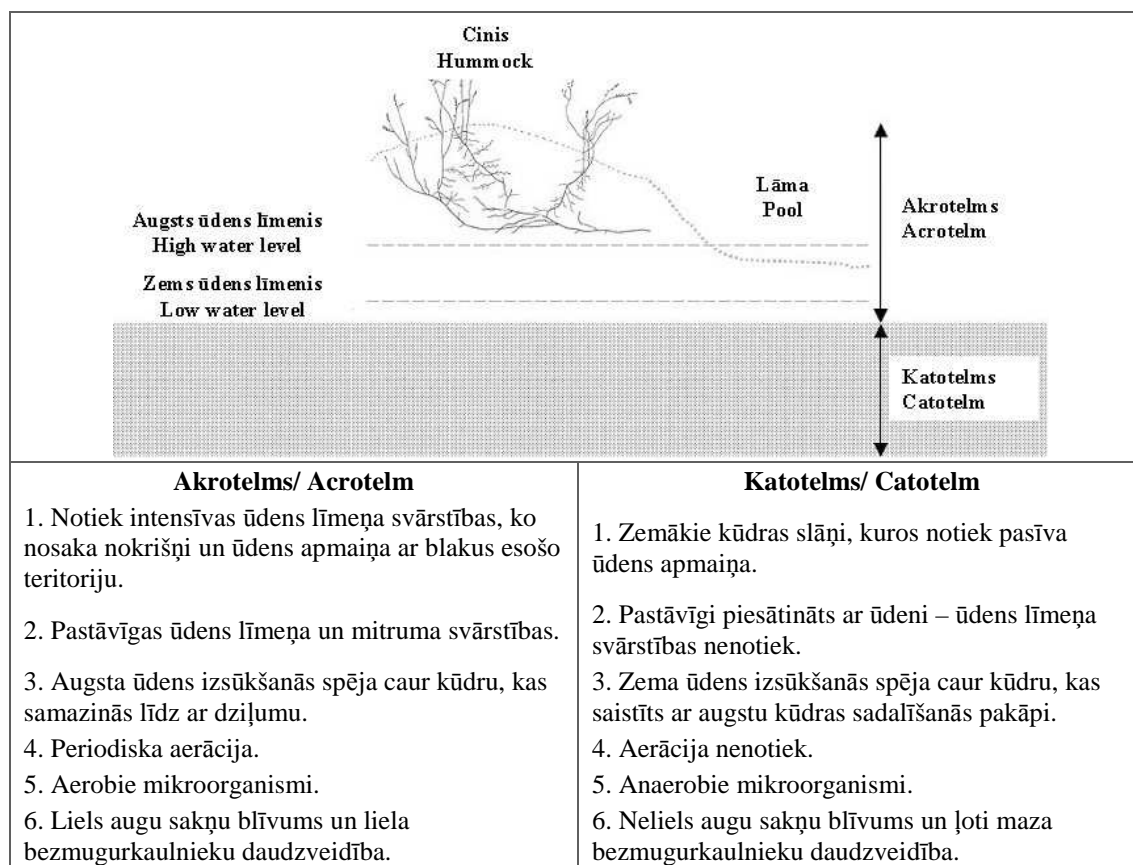
Viennozīmīgi skaidrs ir tas, ka, lai iegūtu ticamus rezultātus, tad katrā teritorijā ir jāizvēlas atbilstošs analizējamo koku skaits – vismaz desmit koki katrā paraugu ņemšanas vietā (Schweingruber et al. 1992; Esper, Gärtner 2001).

1.2. Purva ekoloģija

Purvs ir zemes virsmas apgabals, kam raksturīgs pastāvīgs vai periodisks mitrums, specifiska augu un dzīvnieku valsts un tajā notiek aktīva kūdras uzkrāšanās (Paavilainen, Päivänen 1995; Bragg, Lindsay 2003). Kūdras ķīmiskās īpašības nosaka kūdras veidojošo augu sabiedrības un to sadalīšanās pakāpe (Paavilainen, Päivänen 1995). Purvi ir sarežģītas, dinamiskas sistēmas, kas aug gan horizontāli, gan vertikāli, būtiski ietekmējot ainavu dinamiku (Kalniņa 2008a). Apstākļus purvā ietekmē klimats, reljefs un ūdens neaurlaidīgie ieži tā pamatnē (Rydin, Jeglum 2006; Pakalne 2008).

Pēc veģetācijas, augu barošanās režīma īpatnībām, kūdras veidojošo augu sastāva un minerālvielu daudzuma, izšķir zemos jeb zāļu (eitrofos), pārejas (mezotrofos) un augstos jeb sūnu (oligotrofos) purvus (Rydin, Jeglum 2006; Pakalne 2008). Purvam izšķir divus slāņus: katotelm un akrotelm. Katotelms ir purva neaktīvais slānis, bet akrotelms ir purva augšējais slānis, kur notiek aktīva kūdras veidošanās (1.1. attēls). Akrotelma

biezums variē atkarībā no purva mikroreljefa. Piemēram, augstajā purvā uz ciņa tā biežums ir 20-50 cm vai vairāk, taču lāmā – no 5 līdz 20 cm.



1.1. attēls. Purva akrotelma un katotelma slāņi un to pazīmes (Rydin, Jeglum 2006).

Figure 1.1. The acrotelm and catotelm peat layers and the key features of them (Rydin, Jeglum 2006).

Augu sakņu normālai darbībai raksturīga intensīva augšana un elpošana. Abi šie procesi savukārt ir atkarīgi no aerācijas, temperatūras, barības vielām, vides reakcijas un citiem faktoriem (Mauriņa 1987). Parasti vislielākā skābekļa koncentrācija ir akrotelma slānī un tāpēc visiem purvā augošajiem augiem ir sekla (Zahner 1968; Kozłowski 1997) un izteikti horizontāla sakņu sistēma (Rydin, Jeglum 2006). Tās maksimālais dziļums sasniedz 20 līdz 30 cm. Skābekļa daudzumu akrotelmā nosaka nepārtrauktas purva gruntsūdens līmeņa svārstības (Mannerkoski 1991). Purva augi ir labi piemērojušies šādiem vides apstākļiem. Savukārt purvam neraksturīgajiem augiem šādos vides apstākļos novērojami traucējumi sakņu elpošanā (Рождков, Козак 1989; Kozłowski 1997) – novērojama hipoksija vai anoksija, t.i., skābekļa nepietiekamība vai trūkums (Mauriņa 1987). Pirmā reakcija uz skābekļa trūkumu ir mitohondriju uzbriešana sakņu šūnās. Mitohondriji zaudē matriksu un reducējas kristas. Anoksija izraisa novirzes fitohormonu normālajās attiecībās par labu inhibitoriem. Lapās un skujās tiek bojāta hloroplastu struktūra un līdz ar to rodas

traucējumi fotosintēzes procesā (Kramer 1969). Pārlietu liels mitrums augsnē strauji samazina citokinīnu sintēzi saknēs un virszemes daļu apgādi ar tiem. Līdz ar to pārstāj augt dzinumi (Zahner 1968) un sākas strauja augu novecošanās. Galvenais iemesls augu bojāejai hipoksijas vai anoksijas gadījumā ir traucējumi enerģētiskajā vielmaiņā (Mauriņa 1987).

Skābekļa klātbūtne augsnē ietekmē ūdens uzņemšanu ar saknēm. Zema skābekļa koncentrācija kavē ūdens uzņemšanu (Shoulders 1975). Tas notiek fizioloģisku iemeslu dēļ, jo augam ir traucēta elpošana. To sauc par fizioloģisko sausumu (Mauriņa 1987). Fizioloģiskais sausums ir novērojams arī sausuma periodā, kad auga apgāde ar ūdeni pasliktinās – ūdens nenonāk līdz sakņu zonai. Tas ir skaidrojams ar niecīgu ūdens kapilāro pacelšanos kūdrā (Ефремов, Пименов 2004). Ūdens trūkums augā izraisa traucējumus vienā no augšanas fāzēm – stiepšanās fāzē, jo augšanas konusus un stiepšanās zonās ir ūdens deficīts (Zahner 1968; Mauriņa 1987).

Gaisa temperatūra ietekmē temperatūras svārstības akrotelmā. Piemēram, sfagni un arī kūdra ļoti slikti vada siltumu. Pavasarī oligotrofie purvi visai lēni sasilst un jau augusta vidū to virskārta 5 cm dziļumā atdziest, līdz ar to veģetācijas periods nav garš (Ефремов, Пименов 2004). Vasaras mēnešos ciņu virspusē raksturīgas krasas diennakts temperatūras svārstības. Piemēram, jūnijā no rīta ciņi var sakarst līdz +20°C, pēcpusdienā līdz pat +32,5°C, bet naktī tie atdziest līdz +7°C (Белоцерковская, Романов 1967). Parasti veģetācijas perioda vidū, kad novēro visai augstu gaisa temperatūru un visai maz nokrišņu, tad plāna virsējā sfagnu sūnu kārtā izkalst un atmirst. Kā izolators tā pasargā dziļākos slāņus un tajos saistīto ūdeni no sasilšanas. Virskārtas pāržūšana un izkalšana ir galvenais cēlonis tam, ka purva augi cieš no vēlīnām pavasara un agrīnām rudens salnām (Šķiņķis 1992). Kūdras sasalšana ir cieši saistīta ar ūdens sasalšanu, kā arī ar ziemas sākuma klimatiskajiem faktoriem, piemēram, datumu, kad veidojas pirmais sals un uzkrīt pirmais sniegs. Būtisks ir arī sniega biežums visu ziemas mēnešu laikā (Paavilainen, Päivänen 1995). Temperatūra ietekmē ūdens uzņemšanu augos, kā arī tas ir svarīgs fermentu regulācijas faktors. Zema temperatūra kavē ūdens uzņemšanu, jo:

1. palēnina ūdens difūzijas ātrumu;
2. šūnās palēninās vielmaiņu, kas būtiski ietekmē ūdens plūsmu cauri šūnām (Whitehead, Jarvis 1981);
3. kavē elpošanu un sakņu augšanu, sakņu augšana pilnībā pārtraucas, piemēram, pavasarī (Zahner 1968);

4. palielina protoplazmas stīgrību jeb viskozitāti vai pat izraisa tās sarecēšanu, kas traucē ūdens plūsmi (Kramer 1969; Mauriņa 1987).

Purva augsnē notiekošie oksidēšanās procesi pārmērīga mitruma un skābekļa trūkuma apstākļos iegūst anaerobu raksturu, kuru rezultātā uzkrājas reducētie organiskie un neorganiskie savienojumi, kā arī toksiski šo procesu starpprodukti. Anaerobos apstākļos rūgšanas procesu rezultātā rodas skābes, kas palielina augsnē ūdeņraža jonu koncentrāciju un mikroorganismi producē metānu, etānu, propilēnu, taukskābes, aldehīdus, ketonus un citus savienojumus. Piemēram, augs saknēs uzkrājas etilēns, kas rada traucējumus fotosintēzē (Рожков, Козак 1989; Kozłowski 1997). Augi anaerobos apstākļos turpinot izdalīt CO₂, izraisa spirta uzkrāšanos audos (Mauriņa 1987).

Purvu augsnes ir nabadzīgas ar mikroelementiem. Jo īpaši izpaužas vara trūkums (Mauriņa 1987). Novērojama arī neorganisko, piemēram, dzelzs savienojumu reducēšana. Kokiem palielinās dzelzs un mangāna savienojumu uzņemšana un tas būtiski palēnina koka augšanu (Kozłowski 1997). Palielināti viegli šķīstošo un kustīgo dzelzs savienojumu daudzumi traucē citu makroelementu (fosfora) un mikroelementu (silīcija, bora) uzņemšanu (Riņķis, Ramane 1989).

Barības vielu sastāvs un daudzums purvā ir atkarīgs ne tikai no tā, kas nonāk nokrišņu veidā, bet arī no tā, kas ieskalojas no blakus esošām minerālaugšņu teritorijām, arī no minerālaugsnes, kas atrodas zem kūdras (Paavilainen, Päävänen 1995). Purva virskārtas kūdra un zemākos slāņos esošā kūdra dažreiz ar nobirām veido barības vielu krājumus, ko var izmantot koki un citi augi. Barības elementi izskalojas no kūdras mineralizācijas ceļā. Purva ūdens mineralizācija notiek periodā, kad novēro zemu ūdens līmeni, augstu vasaras gaisa temperatūru un augstu iztvaikošanas intensitāti. Šajā laikā noris intensīva organisko vielu sadalīšanās un lietus nodrošina šo vielu ieskalošanos purva ūdenī (Карпавичюс 1984). Salīdzinājumā ar citām ekosistēmām, purvos mineralizācija noris ļoti lēni un zāļu purvos tā ir ātrāka nekā sūnu purvos (Rydin, Jeglum 2006). Fosfors, slāpekļis un kālijs ir limitējošie elementi purvos augošajiem kokiem. Piemēram, kālija trūkums izraisa elpošanas traucējumus, kā arī traucējumus slāpekļa un fosfora izmantošanā. Fosfora trūkums ietekmē reproduktīvo orgānu attīstību, samazina sēkļu daudzumu un ilgstošs tā trūkums kavē augšanu (Mauriņa 1987; Rydin, Jeglum 2006). Parasti kokiem ir pieejams tikai 1% no kopīgā slāpekļa daudzuma un mazāk kā 10% no kopīgā fosfora daudzuma, kas ir kūdrā (Rydin, Jeglum 2006).

Organiskos slāpekļa un fosfora savienojumus priedes var uzņemt ar mikorizas starpniecību (Kozłowski 1984). Piemēram, ektomikorizālās sēnes veic amonifikāciju jeb

slāpekli saturošo organisko vielu sadalīšanu par amoniju, kas ir pieejams augiem (Sarjala, Potila 2005; Rydin, Jeglum 2006). Mikorizālie procesi iespējami tikai purva virsējā slānī, kur vairāk skābekļa un augstais gruntsūdens līmenis nomāc šos procesus (Wilde 1954; Filer 1975; Kozłowski 1984; Kozłowski 1985). Arī ciānbaktērijas tieši izmanto molekulāro gaisa slāpekli N_2 un pārvērš to augam pieejamā formā kā amoniju vai nitrātu. Simbiotiskās cianoaktērijas spēj dzīvot ķērpju, sūnu, piemēram, sfagnu starpšūnu telpā, kā arī uz sīkkrūmu lapām (Rydin, Jeglum 2006).

1.3. Parastā priede

Parastā priede ir priežu dzimtas (*Pinaceae* Lindley) priežu ģints (*Pinus* L.) mūžzaļš koks. Salīdzinājumā ar citām priežu sugām, parastā priede ir ar visplašāko izplatības areālu un ir viena no dominējošām kokaugu sugām Eiropas un Āzijas boreālajā zonā (Ohlson 1995, Richardson, Rundel 2000) (1.2. attēls). Tā ir stresa toleranta suga (Willis et al. 2000) ar plašu ekoloģisko valenci (eiribionts) – spēj sekmīgi aizņemt mazauglīgus biotopus gan uz sausajām augsnēm (sausas, nabadzīgas piejūras un iekšzemes kāpas), gan slapjām, gan kūdrainām purva augsnēm, kas citiem kokiem nav pieejami (Cinovskis 1997; Priedītis 1999; Neimane u.c. 2008). Tā ir gaismas prasīga suga (Битвинскас 1978), kas pacieš plašas mitruma apstākļu variācijas un ir visai izturīga pret aukstumu (Priedītis 1999).



1.2. attēls. Parastās priedes izplatības areāls Eirāzijā (Critchfield, Little 1966).

Figure 1.2. Distribution area of Scots pine in Eurasia (Critchfield, Little 1966).

Parastā priede ir visnenākā un visbiežāk sastopamā mūsdienu meža koku suga Latvijas teritorijā (Priedītis 1999). Tā ir sastopama visā Latvijas teritorijā un aizņem 40%

no mežu kopplatības (Neimane u.c. 2008). Optimālos apstākļos (viegli mālainā smilts augsnē) parastā priede var sasniegt 42-46 metru augstumu ar stumbra apkārtmēru līdz pat četri metri. Šajās audzēs augošu priežu stumbri ir taisni un slaidi, koka vainagi ir samērā šauri, ar smailām galotnēm un diezgan tieviem zariem (Cinovskis 1997; Neimane u.c. 2008). Tās attīsta spēcīgu, līdz pat astoņus metrus garu sakņu sistēmu, veidojot garu mietsakni un sānsakņu tīklu (Rundel, Yoder 2000). Skujas ir lineāras, zilganzaļas, no trīs līdz septiņi centimetri garas un uz īsvasām ir pa divām kopā. Tās pie koka turas divus līdz astoņus gadus (Richardson, Rundel 2000). Parastā priede ir vienmājas koks, strobili ir viendzimuma. Tās appute un čiekuru ražošana sākas 15 gadu vecumā (Cinovskis 1997; Neimane u.c. 2009). Parastās priedes ģeneratīvās attīstības cikls turpinās trīs veģetācijas sezonas un ilgst 28-30 mēnešus (Laura 1975 pēc Neimane u.c. 2009). Pirmās veģetācijas sezonas jūnija un jūlija beigās veidojas vīrišķo un sievišķo strobilu aizmetņi (Laura 1973 pēc Neimane u.c. 2009). Otrā veģetācijas sezonā vīrišķajos strobilos veidojas ziedputekšņi un sievišķajos – sēklaizmetņi. Appute noris maija un jūnija mēnešos. Trešā veģetācijas sezona ir čiekuru nobriešanas gads (Laura 1975 pēc Neimane u.c. 2009).

Labvēlīgos apstākļos augošās priedes stumbra šķērsriezuma palielinājumā ir labi saskatāmas:

1. agrīnās jeb pavasara koksnes traheīdas, kas ir gaišas, regulāras formas un plānu šūnapvalku – galvenā ir vielu vadīšanas funkcija;
2. vēlīnās jeb rudens koksnes traheīdas, kas ir tumšas, saplacinātas formas un biezu šūnapvalku – galvenā ir mehāniskā funkcija;
3. pāreja no vēlīnās koksnes uz nākamā gada agrīno koksni (Zahner 1968; БИТВИНСКАС 1978; Schweingruber 1990; Zunde 2003; Schweingruber et al. 2006).

1.3.1. Purvos augošās parastās priedes raksturojums

Teritorijas ekohidroloģija (kūdras tips, ūdens līmenis un barības vielu pieejamība), veģetācijas mijiedarbība un klimats ir galvenie regulējošie faktori, kas ietekmē sēklu dīgtspēju, jauno īpatņu izdzīvošanu un augšanu (Ohlson, Zackrisson 1992; McDonald, Yin 1999), kā arī koku sugu sastāvu un audzes attīstību purvos (Ågren et al. 1983; Groot, Horton 1994; Westman, Laiho 2003). Purvā esošie vides apstākļi nosaka parastās priedes specifisko morfoloģisko un anatomisko izskatu, kā arī fizioloģiskos procesus tajā (Смоляк 1963; Kozłowski 1984; Teskey, Hinckley 1986). Salīdzinājumā ar parasto priedi, kas aug uz sausajām minerālaugsnēm, purvos augošā priede parasti ir zema, vainaga forma ir lietussarga veida vai apaļa. Tai ir sekla sakņu sistēma un veidojas daudz īsākas skujas

(Смоляк 1963; Kozlowski 1984; Kozlowski 1997; Richardson, Rundel 2000). Jau 1920. gadā publicēts pētījums par to, ka purvos augošai parastai priedei ir raksturīgas palielinātas jeb hipertrofētas lenticeles, kam ir raksturīgas lielas starpšūnu telpas, lai nodrošinātu intensīvāku gāzu maiņu. Parasti hipertrofētas lenticeles raksturīgas mitrajos augošiem augiem, kā arī augiem, kas pakļauti plūdu radītai ietekmei (Zahner 1968; Kozlowski 1984; Tiner 1999).

Ņemot vērā iepriekš uzskaitītās morfoloģiskās īpatnības, 20.gs. vidū starp zinātniekiem pastāvēja daudz diskusiju par to, vai purvos augošā parastā priede ir uzskatāma kā atsevišķa ekoloģiskā forma (Смоляк 1963). Lai to noskaidrotu, bija veikti vairāki pētījumi, kuros salīdzināta priedes augšanas gaita dabiskajos purvos un pēc to meliorācijas. Pētījumos noteikts, ka atkarībā no koka vecuma, purva tipa un tā nosusināšanas intensitātes desmit līdz 40 gadu pēc meliorācijas parastās priedes radiālais pieaugums sāk līdzināties tām, kas aug uz sausajām minerālaugsnēm (Купчинов 1963; Пятецкий 1963; Hökkä et al. 1997). Koki, kas ir vecāki par 25 gadiem, parasti iet bojā, nespējot pielāgoties jaunajiem vides apstākļiem (Купчинов 1963; Смоляк 1963). Mainība spilgtāk izteikta jaunajiem īpatņiem, kas purva nosusināšanas laikā vēl nav sasnieguši 25 gadu vecumu (Смоляк 1963). Novērots, ka ar laiku jauno priežu mirstība pieaug (Jutras et al. 2003; Sarkkola et al. 2004; Sarkkola et al. 2005), bet tā ir saistīta ar savstarpējo konkurences palielināšanos (Hökkä et al. 1997; Sarkkola et al. 2004; Sarkkola et al. 2005). Organismu var uzskatīt par citu ekoloģisko formu, ja vērojamas izmaiņas ģenētikā. Gan genotips, gan ekoloģiskie apstākļi, kas atrodas nepārtrauktā mijiedarbībā, nosaka parastās priedes kvantitatīvo un kvalitatīvo pazīmju mainību (Neimane u.c. 2008). Veiktajos pētījumos (Муратова, Седельникова 2004) noteikts, ka parastai priedei, kas aug purvā, novērotas plaša spektra hromosomālās anomālijas, kā arī traucējumi dažādās mitozes fāzēs. Hromosomu skaita izmaiņas varētu liecināt arī par mutācijām gēnos, kas, piemēram, atbild par elpošanas procesiem. Šādas ģenētiskās izmaiņas parasti novēro tām priežu populācijām, kas aug savas izplatības areāla dienvidu un ziemeļu robežās, kā arī ļoti nelabvēlīgos vides apstākļos. Heterozigotitātes palielināšanās ir ļoti nozīmīga izmaiņa pētīto populāciju ģenētikā, jo tā paplašina parastās priedes ekoloģisko valenci (Naugžemys et al. 2006). Tas liek uzskatīt, ka purvos augošās priedes uzskatāmas par atsevišķu ekoloģisko formu, taču juvenīlajā vecumā esot, tās spēj labāk piemēroties izmaiņām ekosistēmā.

Būtisks faktors, kas izolē purvos augošo priežu populāciju no tām, kas aug uz sausajām minerālaugsnēm, ir fenoloģiskā izolācija, kas ir saistīta ar putekšņu attīstības un

apputes laiku. Apputes laiks purvā augošajām priedēm ir daudz vēlāks (Kozłowski 1997; Ohlson 1999). Kopumā, starp purvos augošo priežu īpatņiem ir raksturīga visai augsta variācija mikrosporoģenēzes etapu norisē, kā arī raksturīga sievišķo sporofilu sastatu ātrāka attīstība, attiecībā pret vīrišķajiem. Putekšņi nobriest un izlido no trīs līdz 11 dienas vēlāk par sausās minerālaugsnes augošo priežu putekšņiem. Tas ir atkarīgs no augsnas temperatūras un tās diennakts svārstību amplitūdas. Būtiskas izmaiņas starp purvos un sausās minerālaugsnes augošo priežu putekšņu lielumiem nepastāv, savukārt lielāka dzīvotspēja ir purvos augošo priežu putekšņiem (Седельникова и др. 2004).

Salīdzinājumā ar sēklām, ko producē uz sausajām minerālaugsnēm augošās priedes, purvos augošās parastās priedes sēklas izmēros ir mazākas, ar zemāku dīgtspēju un tās ir vairāk piemērotas dīgšanai purvos. Priedes, kas attīstās no šīm sēklām, aug ātrāk un tām ir lielāks sakņu īpatsvars, taču jaunajiem kokiem novērojama visai augsta mirstība (Ohlson 1999). Tas izskaidrojams ar to, ka pirmajos dzīves gados, jo īpaši viena gada vecumā, parastā priede ir visjutīgākā pret augstu ūdens līmeni augsnē (Kozłowski 1997; Linderholm, Leine 2004). Koku reakcija ir atkarīga ne tikai no sugas un vecuma, bet arī no sezonas un no plūdu ietekmes ilguma (Kozłowski 1984; Kozłowski 1985). Tā, piemēram, pētījumos par parastās priedes augšanu uz applūstošām terasēm upes malā, noteikts, ka koki līdz 15 gadu vecumam ir jutīgi pret jebkurām ūdens līmeņa svārstībām, taču koki, kuru vecums sasniedz 50 līdz 150 gadus, reaģē tikai uz maksimālo ūdens līmeni pavasarī un vasarā (Polacek et al. 2006).

Tieši purva mikroreljefa īpatnības nosaka parastās priedes grupveida telpisko izvietojumu (Ohlson, Zackrisson 1992; Brūmelis et al. 2009). Augšanas periodā augstais ūdens līmenis kavē sēklu dīgšanu (Kozłowski 1984; Kozłowski 1997), tādēļ daudz lielākas izredzes priedes sēklai uzdīgt ir tad, ja tā nokļūš uz akrotelma biezākās daļas – ciņa (Rydin, Jeglum 2006). Zemajā jeb zāļu purvā parastā priede spēj augt uz ciņiem, ko veido spilves *Eriophorum sp.*, piemēram, makstainā spilve *E. vaginatum* L., vai grīšļi *Carex sp.* (Ågren, Zackrisson 1990). Augstajā jeb sūnu purvā parastā priede galvenokārt spēj dīgt un augt uz sfagnu *Sphagnum sp.*, jo īpaši lēni augošu sfagnu (iesarkanais sfagns *Sph. rubellum* Wils. un brūnais sfagns *Sph. fuscum* (Schimp.) Klinggr.) veidotajiem ciņiem (Rydin, Jeglum 2006). Jāatzīst, ka arī uz tiem jaunās priedes augšanas apstākļi ir visai nelabvēlīgi. Jau dzīves pirmajā gadā augam izpaužas purvā augošās priedes anatomiskās un morfoloģiskās īpatnības, piemēram, pie sakņu kakla veidojas enkurveida izliekums, kas nodrošina efektīvāku nostiprināšanos. Jaunajām priedēm novēro strauju radiālo un jo īpaši, sakņu biomasas pieaugumu (Ohlson 1995). Tas skaidrojams ar konkurenci, kas pastāv starp jauno

koku un sfagniem (Купчинов 1963; Gunnarsson, Rydin 1998). Tiklīdz parastās priedes diametrs sasniedz aptuveni 20 mm, tad tā būtiski aizkavē sfagnu augšanu un kūdras uzkrāšanos. Šī savstarpējā parastās priedes un sfagnu mijiedarbība ir noteicošā purva sukcesijā, jo tiek pārveidots mikroreljefa hidroloģiskais stāvoklis, barības vielu aprīte un apgaismojums (Ohlson et al. 2001).

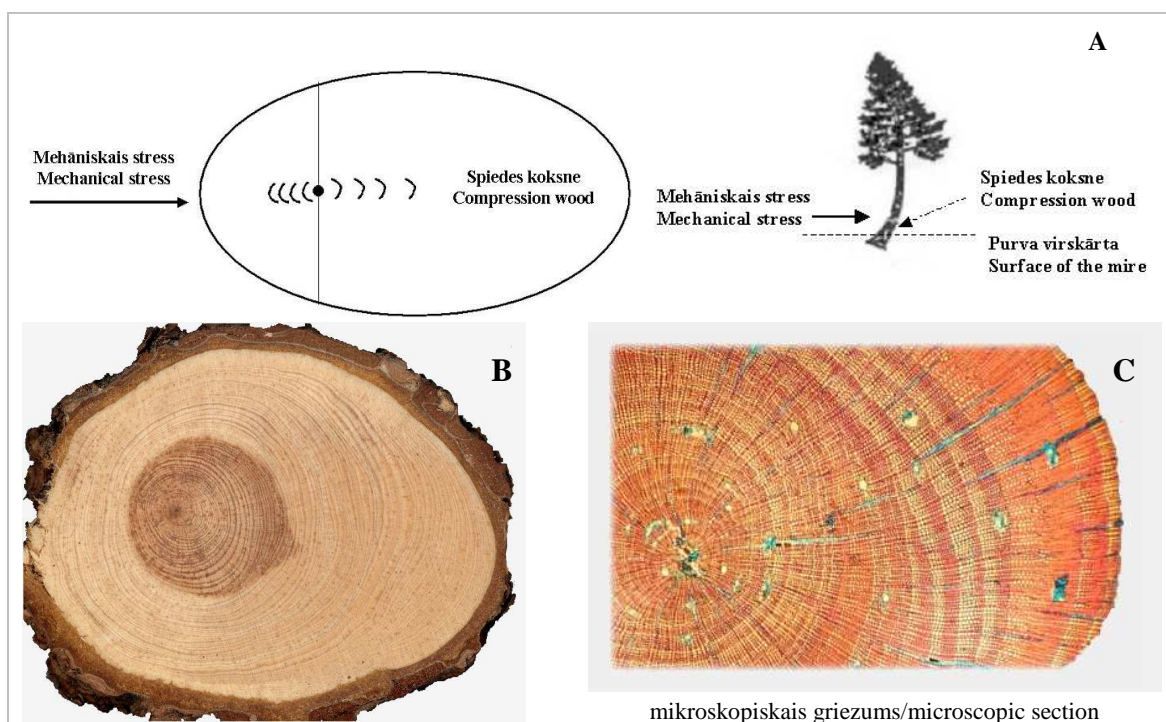
Jau 1917. gadā veiktajos pētījumos E. Melins uzsvēra mikorizas īpašo lomu parastās priedes spējā izdzīvot tik nelabvēlīgā vidē kā purvs (citēts pēc Ohlson 1995). Ektomikorizālās sēnes palielina priedes seklās sakņu sistēmas garumu, sazarojumu un uzsūkšanas virsmu un pasargā tās no patogēnajām sēnēm (Read 2000). Zems kūdras pH jau pats par sevi nelabvēlīgi ietekmē sakņu augšanu, bet tas arī veicina metāla jonu šķīšanu. Ektomikorizālās sēnes nodrošina šo metālu akumulāciju savā biomasā, līdz ar to nodrošinot, ka tie nenokļūst priedes audos (Read 2000).

Pēkšņa ūdens līmeņa celšanās dažiem parastās priedes indivīdiem izraisa mirstību. Kokaudzē veidojas lielāki vainaga atvērumi, līdz ar to izmainot audzes telpisko struktūru. Tas savukārt ietekmē dzīvo koku gadskārtu platumu variāciju (Sarkkola et al. 2004; Sarkkola et al. 2005). Tas norāda, ka dabiskos purvos konkurence starp kokiem ir nevis pēc gaismas un ūdens, bet gan pēc barības vielām un skābekļa, kas atrodas purva virsējā slānī un līdz ar to konkurence noris sakņu līmenī (Ohlson 1995).

Augsnes fizikālās īpašības, valdošie vēji, barības vielu pieejamība, kā arī augšņu temperatūra un gruntsūdens līmenis ir vieni no svarīgākajiem vides faktoriem, kas ietekmē koka sakņu struktūru un funkcionēšanu, kā arī auga balstīšanas efektivitāti (Nicoll, Ray 1996). Zema kūdras temperatūra un zems skābekļa daudzums negatīvi ietekmē parastās priedes sakņu veidošanos (Finér, Laine 1998), to struktūru, kā arī normālu ūdens un minerālvielu uzsūkšanu (Brække 1992). Purvos augošai priedei 86 % fizioloģiski aktīvo sakņu atrodas purva virskārtā – dziļumā līdz 10 cm. Savukārt no 10 līdz 20 cm dziļumā atrodas 12% fizioloģiski aktīvo sakņu un 20 līdz 30 cm dziļumā no purva virskārtas tikai 2% no kopīgā sakņu daudzuma (Залитис 1968; Карпавичюс 1984). Parastā priede purvos reti veido adventīvās saknes. Jaunās saknes parasti aug uz augšu lēzeni vai arī izteikti vertikāli, lai nonāktu daudz labvēlīgākā purva slānī, kur tās nenosmacē ūdens un vairāk ir pieejamas barības vielas – izpaužas negatīvais ģeotropisms.

Mietsakne purva priedēm nav raksturīga vai arī tā funkcionē līdz brīdim, kad koks sasniedz desmit līdz 15 gadu vecumu, bet pēc tam atmirst (Whitehead, Jarvis 1981; Kozłowski 1985; Brække 1992; Rydin, Jeglum 2006). Stabilitāte kokiem, kuriem ir sekla sakņu sistēma, galvenokārt ir atkarīga no augšņu nekustīguma (Nicoll, Ray 1996). Tā kā

purvos novēro gan vertikālās plūsmas (ūdens līmeņa maiņa, daudzkārtējas kūdras pacelšanās/nolaišanās) (Zoltai, Pettapiece 1974), gan horizontālās plūsmas (notece, kūdras slīdēšana) (Merc 1967), tad grunts, kurā stiprinās saknes ir uzskatāma par nestabilu. Lai spētu noturēties šādā nestabilā gruntī, kā arī pretoties valdošo vēju ietekmei (Kozłowski 1984), tad purvos augošajām priedēm veidojas tā saucamās dēļu saknes un bieži vien visai sakņu sistēmai raksturīga asimetrija (Mickovski, Ennos 2002). Ilga vai mazāk ilgstoša vienpusēja noslogojuma rezultātā (mehāniskais stress), koka stumbrā novēro radiāli ekscentrisku augšanu un pastiprinātu kambija reakciju, kas izpaužas kā reakcijas koksnes (spiedes koksnes) veidošanās (Ланэлайд 1979; Schweingruber 1996; Gärtner 2007; Schweingruber 2007) (1.3. attēls).



1.3. attēls. Mehāniskā stresa ietekme (A) (pārveidots pēc Fritts 2001): ekscentritāte (B) un spiedes koksne (C) parastās priedes stumbrā.

Figure 1.3. Influence of mechanical stress (A) (modified from Fritts 2001): eccentricity (B) and compression wood (C) in the stem of Scots pine.

Salīdzinājumā ar labvēlīgos apstākļos augošu priežu traheīdām, spiedes koksnes traheīdas ir vairāk lignificētas, īsākas un apaļākas, kā arī ar lielāku starpšūnu telpu (Schweingruber 1996; Burgert et al. 2004; Schweingruber 2007). Šīs anatomiskās īpašības nosaka purvos augošām priedēm neraksturīgi platu gadskārtu veidošanos (Bridge et al. 1990, Pilcher et al. 1995, Linderholm et al. 2002; Vitas, Erlickytė 2007). Tas būtiski apgrūrina šķērsdatēšanu (Fritts 2001; Linderholm et al. 2002).

Tieši tiem kokiem, kuru stumbrā veidojas spiedes koksne, visai bieži novērojamas iztrūkstošās gadskārtas (Ланэлайд 1979; Карпавичюс 1981; Fritts 2001). Līdz šim veiktajos pētījumos novērots, ka priedes vienā stumbra pusē var iztrūkst viena vai divas gadskārtas, bet ir fiksēti gadījumi, kad iztrūkst līdz pat desmit gadskārtām (Карпавичюс 1981).

Publicētajos pētījumos ir sastopama pretrunīga informācija par viltus jeb neīsto gadskārtu veidošanās iespējamību Eiropā augošajiem skujukokiem. Noteikts, ka Eiropas vēsajā un mērenajā klimatā augošiem skujukokiem, kā arī tiem, kas aug nelabvēlīgos augšanas apstākļos viltus gadskārtas parasti neveidojas (Schweingruber 1980 pēc Zunde 2003). Publicēti ir arī citi pētījumi, kas savukārt apliecina viltus gadskārtu veidošanos purvos augošām priedēm (Ланэлайд 1979; Карпавичюс 1981; Fritts 2001).

Gan iztrūkstošās, gan viltus gadskārtas nosakāmas ar šķērsdatēšanas palīdzību (Балодис, Кузнецова 1980; Kaennel, Schweingruber 1995). Šķērsdatēšana ir izmērīto gadskārtu rindu kvalitātes pārbaude, kad vairākas gadskārtu rindas tiek savstarpēji salīdzinātas pēc gadskārtu platuma variēšanas, sinhronitātes, atpazīstot ikkatru sakritību. Līdz ar to nosaka precīzu katras gadskārtas veidošanās gadu. Analizējamo gadskārtu rindu var šķērsdatēt arī ar jau iepriekš noteiktu referenci vai citiem parametriem (Kaennel, Schweingruber 1995; Fritts 2001).

1.3.2. Klimatisko faktoru ietekme uz parastās priedes augšanas gaitu purvos

Līdz šim veiktajos pētījumos noteikts, ka Latvijas teritorijā klimata ietekme uz parastās priedes augšanas gaitu sausajās minerālaugsnēs ir būtiska, taču nav galvenais ietekmējošais faktors (Zunde et al. 2008). Tas skaidrojams ar to, ka klimats ir būtisks limitējošais faktors tiem kokiem, kas aug uz savas sugas izplatības areāla robežas (Fritts 2001), bet Latvijas teritorija nav parastās priedes izplatības areāla robeža (1.2. attēls). Taču salīdzinot priežu augšanas gaitu purvā un uz sausajām minerālaugsnēm, purva priedēm novēro lielākas gadskārtu pieaugumu svārstības – tās ir jutīgākas (Битвинскас 1969; Карпавичюс, Раманаускас 1978), kas liecina arī par lielāku klimatisko faktoru ietekmi (Карпавичюс 1981; Zālītis, Vambe 1991; Fritts 2001).

Zviedrijā bija veikts pētījums, kurā izpētīta gaisa temperatūras un nokrišņu daudzuma ietekme uz parastās priedes radiālo augšanu purvos ziemeļu-dienvidu gradientā. Pētījumu rezultāti apliecina, ka priedes augšanu visā valsts teritorijā pozitīvi ietekmē vidējā gaisa temperatūra augšanas periodā, viena vai vairāku mēnešu gaisa temperatūra pavasarī (izņemot aprīli, kad koku augšanu būtiski var ietekmēt salnas) un vasarā, kā arī siltas

ziemās, jo īpaši gaisa temperatūra novembrī un decembrī (Linderholm 2001; Linderholm et al. 2002). Lietuvā iegūtie rezultāti ir pretēji, uzsverot siltās pavasara un ziemas gaisa temperatūras negatīvo ietekmi (Карпавичюс 1984).

Vairākos publicētos pētījumos minēts, ka nokrišņu daudzumam savukārt ir negatīva ietekme uz priedes augšanu purvos (Карпавичюс 1984; Zālītis, Bambe 1991; Stravinskiene, Juknys 1998). Taču šī reakcija var būt atšķirīga, jo, piemēram, parastā priede, kas aug Zviedrijas centrālās un ziemeļu daļas purvos negatīvi reaģē uz vasaras mēnešu nokrišņu summu, savukārt valsts dienvidu daļā šī reakcija ir vairāk pozitīva, jo īpaši vasaras sākumā – maija un jūnija mēnešos (Linderholm 2001; Linderholm et al. 2002). To varētu skaidrot ar to, ka koka reakcija uz klimatu ir atkarīga no dažādiem faktoriem, piemēram, no limitējošo faktoru aktivitātes, teritorijas vēstures un, jo īpaši, no augšanas apstākļiem, kas savstarpēji var atšķirties gan pēc augsnes īpašībām, gan pēc reģionālā novietojuma (Fritts 2001).

Iespējams, ka dažādu valstu atšķirīgie rezultāti par klimata ietekmi uz parastās priedes augšanas gaitu purvos, skaidrojami ar datu interpretāciju. Klimatisko faktoru ietekme ir kompleksa un veicot datu analīzi, nav ieteicams izvērtēt klimatiskos faktoros pa vienam, bet gan kompleksi (Скудра 1982; Liepa u.c. 1987; Helle, Schleser 2004). Tas nozīmē, ka koks dažādi reaģē uz vienu un to pašu nokrišņu daudzumu, jo to ietekmē arī gaisa temperatūra, saulaino dienu skaits un citi faktori (Ланэлайд 1979). Purvā augošās priedes ir labi nevis globālā, bet gan lokālā klimata indikatori (Глебов, Литвиненко 1976; Ланэлайд 1979; Ваганов, Качаев 1992; Linderholm, Leine 2004).

Neskatoties uz to, ka purva priedēm ir augsta jutība – tām novēro lielākas gadskārtu pieaugumu svārstības, tomēr klimatisko faktoru tiešā ietekme uz parastās priedes augšanu purvos ir visai vāja (Ланэлайд 1979; Jātnieks 1987; Dang, Lieffers 1989; Wilmking, Myers-Smith 2008) vai arī šī saistība reti kad uzrādās (Ваганов, Качаев 1992). Nedrīkst viennozīmīgi apgalvot, ka klimats neietekmē priedes augšanas gaitu purvos, jo bieži vien koka reakcija uz klimatiskajiem faktoriem izpaužas tikai pēc gada, diviem vai vēl ilgāka laika posma (Карпавичюс, Раманаускас 1978; Ваганов, Качаев 1992). Daudz būtiskāka ir netiešā temperatūras un nokrišņu ietekme, kas nosaka ūdens līmeņa svārstības purvā (Глебов, Литвиненко 1976; Ваганов, Качаев 1992; Linderholm 2001; Linderholm et al. 2002; Żurek et.al. 2002.). Tieši ūdens līmenis un tā svārstības ir vissvarīgākais faktors, kas limitē parastās priedes augšanas gaitu purvos (Boggie 1972; Ланэлайд 1979; Mannerskoski 1991; Zālītis, Bambe 1991; Vitas, Erlickytė 2007; Wilmking, Myers-Smith 2008). E. Špalte (1981) uzsvēra, ka mērenā klimata joslā, kurā atrodas arī Latvija,

gadskārtu platuma svārstības lielā mērā ir atkarīgas no gruntsūdens režīma un par to liecina radiālā pieauguma lielās atšķirības priedēm, kas aug uz sausajām minerālaugsnēm un purvos.

Dzīvo organismu reakcija uz ekoloģisko faktoru ietekmi ir atšķirīga dažādos laika posmos (Liepa u.c. 1987). Augstais ūdens līmenis purvā visnelabvēlīgāk ietekmē kokus to augšanas periodā, bet miera periodā šī ietekme ir mazāk būtiska (Kozłowski 1984; Kozłowski 1997), jo svarīgāka ir gaisa temperatūra (Карпавичюс 1984). Zāļu purvos neskatoties uz to, ka maijā ir visai augsts gruntsūdens līmenis (vidēji no seši līdz 32 cm), ko nosaka kūstošais sniegs, tā ietekme ir visai niecīga, salīdzinājumā ar citiem augšanas perioda mēnešiem. Vismazākais koku radiālais pieaugums novērojams tad, ja augšanas periodā no jūnija līdz septembrim (visnegatīvākā ietekme ir jūnijā un jūlijā) koku saknes ilgstoši pakļautas augsta gruntsūdens līmeņa ietekmei (Залитис 1967; Залитис 1968).

Augsta gaisa temperatūra vēlā pavasarī un vasaras sausuma periodā pazemina gruntsūdens līmeni tā, ka sekļajām priežu saknēm tas vairs nav sasniedzams, novērojama dabiskā meliorācija (Špalte 1981), līdz ar to koka apgāde ar ūdeni un tajā izšķīdušajām barības vielām pasliktinās – izpaužas fizioloģiskais sausums (Zālītis, Bambe 1991; Ефремов, Пименов 2004). Tas kokā rada stresu, kas līdzīgi kā pārmitrajos gados, veicina gadskārtu platumu samazināšanos. Priedei purvos daudz bīstamāks ir ilgstošs sausums, piemēram, trīs mēnešus ilgs sausums daudz būtiskāk ietekmē augšanu salīdzinājumā ar vienu mēnesi ilgu sausumu (Vitas, Erlickytė 2007). Šajā laika posmā nokrišņiem ir pozitīva ietekme uz koku augšanu, jo noris intensīva organisko vielu sadalīšanās un lietus nodrošina šo vielu ieskalošanos purva ūdenī (Špalte 1981). Pozitīvā ietekme atspoguļojas vēlīnās koksnes pieaugumā, jo tai ir visaugstākais jutības koeficients (Карпавичюс, Раманаускас 1978; Карпавичюс 1981). Agrīnās koksnes veidošanās gaitu galvenokārt ietekmē iepriekšējā gada klimatiskie apstākļi, jo koks pavasarī izmanto iepriekšējā gadā uzkrātās barības vielas (Залитис 1967; Лебедева 1967; Залитис 1968).

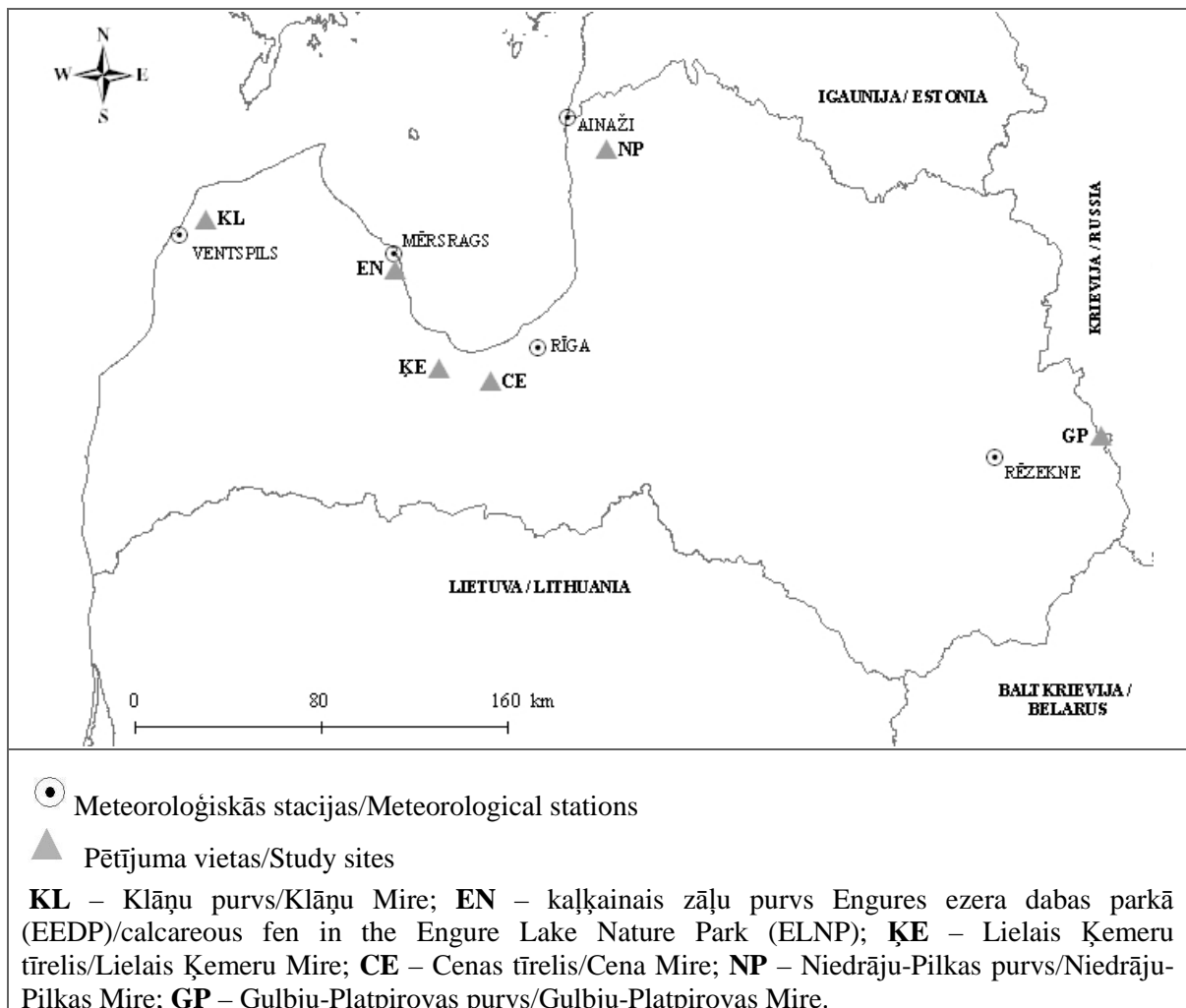
Atbilstoši klimatisko faktoru svārstībām veidojas gadskārtu platuma svārstību cikls (Špalte 1981). Purvos augošām priedēm gadskārtu platuma svārstību cikla garums vidēji ir 20-23 gadi (Špalte 1981; Битвинскас 1978), savukārt Zviedrijas dienvidos ir noteikts 19 gadu cikls (Linderholm 2001), bet Sibīrijas rietumos – 30 līdz 32 gadu cikls (Ваганов, Качаев 1992).

2. MATERIĀLS UN METODEDES

2.1. Paraugu ņemšanas vietas

Parastās priedes paraugi veiktajam pētījumam ievākti sešās aizsargājamās dabas teritorijās – piecos augstā tipa jeb sūnu purvos (Klāņu purvs, Cenas tīrelis, Lielais Ķemeru tīrelis, Nidrāju-Pilkas purvs un Gulbju-Platpirovas purvs) un kaļķainajā zāļu purvā Engures ezera dabas parkā (EEDP) (2.1. attēls, 1. pielikums).

Koksnes paraugi iegūti laika periodā no 2005. gada līdz 2006. gadam.



2.1. attēls. Pētāmo teritoriju un meteoroloģisko staciju atrašanās vietas.

Figure 2.1. Location of the study sites and meteorological stations.

2.1.1. Klāņu purvs

Klāņu purvs atrodas Ventspils novada Popes un Tārgales pagastos. Tas ir Piejūras zemienē, aptuveni 4 km attālumā no Baltijas jūras krasta. Kopš 1977. gada tā ir Latvijas īpaši aizsargājama dabas teritorija – dabas liegums. Klāņu purvs ietilpst Eiropas

aizsargājamo teritoriju tīklā *Natura 2000*. Kopš 2003. gada teritorija paplašināta no 959 ha uz 1615 ha (Baroniņa 2008).

Klāņu purvs veidojies, aizaugot Klāņezeram, kas izveidojies pirms vairāk nekā 10000 gadiem – Baltijas ledus ezera paliksnis. Noguluma pētījumi pierāda, ka purvs sācis veidoties aptuveni pirms 5500 gadiem, kad pazeminājās gruntsūdens līmenis un ezeram aizaugot, sākusi uzkrāties zāļu jeb zemā tipa kūdra. Kūdras maksimālais dziļums ir 4 m (Kalniņa 2008b).

Pirms dabas lieguma izveides nosusināti 35% teritorijas mežu un purva meliorācija ietekmējusi nedaudz vairāk kā 100 ha augsto purvu. Pašreiz teritorijā saglabājušies divi sūnu jeb augstie purvi: Klāņu purvs un Pūņas purvs. Dzīru purvs meliorācijas rezultātā pārveidojies par kūdreni un tikai vēl divi nogabali atbilst augstā purva statusam. Ūdens līmeņa pazemināšanos ezerā un apkārtējo mežu nosusināšanos sekmēja 20. gs. pirmajā pusē izraktais Klāņu-Bušnieku kanāls (Baroniņa 2008).

Koksnes paraugi ņemti priežu purvājā, pašā Klāņu purva malā (2. pielikums).

2.1.2. Lielais Ķemeru tīrelis

Lielais Ķemeru tīrelis atrodas Ķemeru nacionālajā parkā (ĶNP), kas ir valsts nozīmes īpaši aizsargājama dabas teritorija. Purvs atrodas dabas lieguma zonā, bet tā vidusdaļa – dabas rezervāta zonā. Kā purva liegums tiek aizsargāts kopš 1987. gada un kopš 1997. gada ir iekļauts ĶNP. Lielais Ķemeru tīrelis ir iekļauts Eiropas aizsargājamo teritoriju tīklā *Natura 2000*, kā arī putniem starptautiski nozīmīgo vietu (PNV) sarakstā (Anonymous 2002).

Lielais Ķemeru tīrelis ir viens no lielākajiem augstajiem purviem Latvijā (platība 6192 ha) ar dabisku ciņu-lāmu struktūru. Šis purvs ir veidojies pārpurvojoties sauszemei. Kūdras uzkrāšanās sākusies aptuveni pirms 8500 gadiem (Pakalne, Kalniņa 2005). Tas ir viens no galvenajiem purviem, kas piedalās sērūdens veidošanā. Pēc morfoloģijas, tas ir nogāžu purvs (slīpums vidēji 8-11 cm uz katriem 100 m). Purva centrālā daļa atrodas 17,5 m augstumā virs jūras līmeņa (Зелча и др. 1990).

Salīdzinot ar citiem Latvijas purviem, Lielais Ķemeru tīrelis ir salīdzinoši mazāk antropogēni ietekmēts. Tā ZA daļā vēl 80-jos gados veikta kūdras izstrāde, kā arī kokmateriālu ieguvei meliorēts purvam piegulošais mežs (lai veicinātu koksnes ražību) (Anonymous 2002). Purva hidroloģiskā režīma uzlabošanai 2006. gadā veikta grāvju aizdambēšana.

Veiktajam pētījumam koksnes paraugi ievākti augstajā purvā, aptuveni 250 m no purva malas un aptuveni 150 m no Lielā Ķemeru tīreļa takas (3. pielikums). Vietas izvēle pamatojama ar to, ka līdz 1996. gadam šajā vietā funkcionēja hidroloģiskais monitoringa punkts – vairākas hidroloģiskās akas. Paraugi iegūti 20 m rādiusā no šīs akas. Kūdras biezums paraugu ievākšanas vietā sasniedz 4,5 m. Zem kūdras ir smilts minerālgrunts. Analizējamo koku augstums aptuveni 2,5-3 m un vidējais stumbra diametrs 15 cm.

2.1.3. Cenas tīrelis

Kopš 1999. gada Cenas tīrelis ir Latvijas īpaši aizsargājama dabas teritorija – dabas liegums. Cenas tīrelis ir iekļauts putniem starptautiski nozīmīgo vietu sarakstā, kā arī Eiropas aizsargājamo teritoriju tīklā *Natura 2000* (Pakalne 2008).

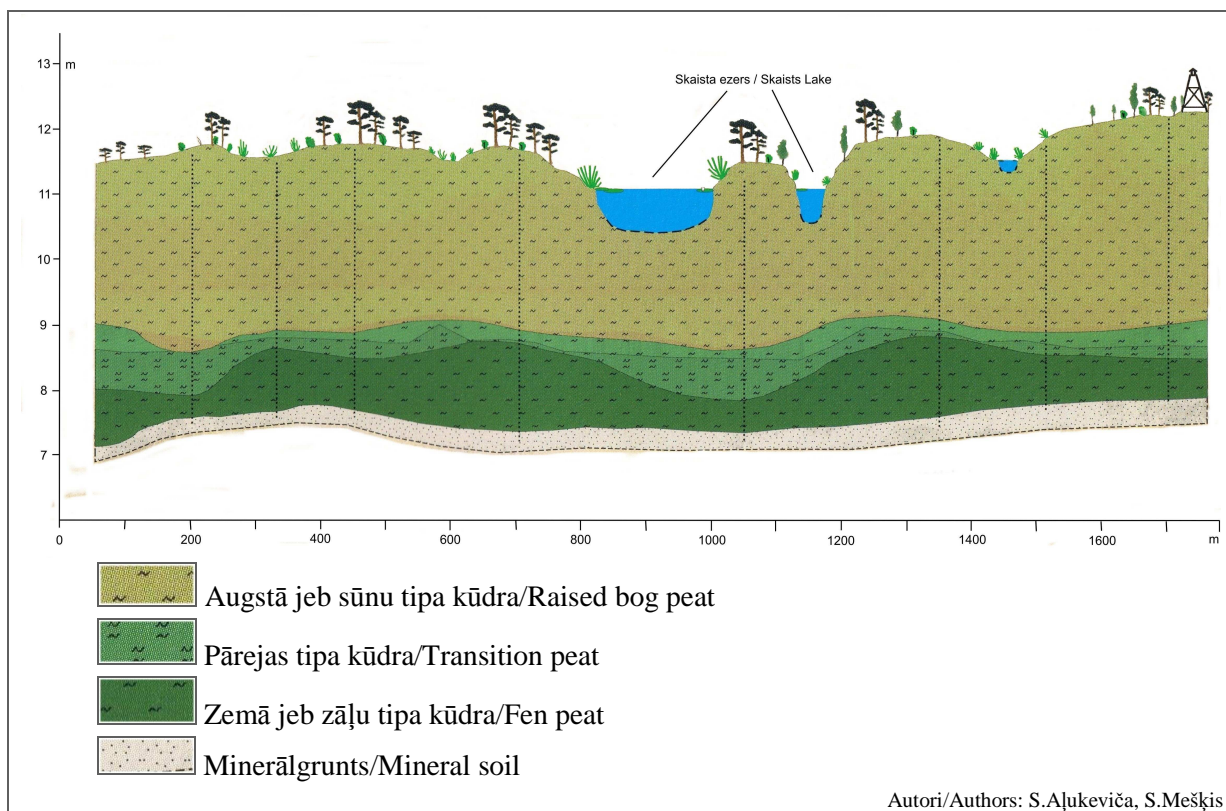


2.2. attēls. Ar parasto priedi apaugusi Skaista ezera sala Cenas tīrelī.

Figure 2.2. Skaists Lake island covered with Scots pine in Cena Mire.

Cenas tīrelis atrodas Babītes un Mārupes novados. Tas ir Tīreļa līdzenumā, Viduslatvijas zemienes ZR daļā. Cenas tīrelis aizņem teritoriju, kas veidojusies Baltijas ledus ezera nevienmērīgas akumulācijas ieplakā. Tajā pirms vairāk kā 10000 gadiem bija plašs pazeminājums tikai 6,8 līdz 7,2 m vjl. ar nelielu paaugstinājumu tā malā (9-9,5 m vjl.). Kūdras datējumi liecina, ka purvs sācis veidoties aptuveni pirms 5000-6000 gadiem un maksimālais kūdras dziļums ir 5,75 m. Mūsdienās Cenas tīreļa platība ir 2133 ha, kaut gan 20. gs. pirmajā pusē tas bija viens no lielākajiem augstajiem purviem Latvijā. Liela

daļa no šī purva ir degradēta, jo meliorācija negatīvi ietekmējusi aptuveni 140 ha teritorijas, kas aizaug ar mežu. Šobrīd tiešā dabas lieguma tuvumā turpinās kūdras ieguve (Kalniņa 2008c).



2.3. attēls. Cenas tīreļa ģeoloģiskais griezumā dabas takas maršrutā (Baroniņa 2006).

Figure 2.3. Geological cross-section along the nature trail of Cena Mire (Baroniņa 2006).

Veiktajam pētījumam koksnes paraugi ņemti uz Skaista ezera (18,5 ha platībā) divām salām (4. pielikums). Parastā priede ir kokaudzē dominējošā suga – priežu purvājs (2.2. attēls). Kūdras biezums paraugu ievākšanas vietā sasniedz 4,9-5 m. Zem kūdras ir smilts minerālgrunts (2.3. attēls). Analizējamo koku augstums aptuveni 4 m un vidējais stumbra diametrs 17 cm.

2.1.4. Niedrāju-Pilkas purvs

Niedrāju-Pilkas purvs atrodas Ziemeļvidzemes biosfēras rezervātā, Limbažu novada Pāles pagastā. Tas ir augstais purvs ar lāmu-ezeriņu kompleksu ZA daļā. Tā kopējā platība ir 767 ha. Kopš 1987. gada purvs un tam pieguļošie meži ar 1057 ha lielu kopējo platību ir Latvijas īpaši aizsargājama dabas teritorija – dabas liegums, kas ir iekļauts Eiropas aizsargājamo teritoriju tīklā *Natura 2000*.

Purva ūdeņus D daļā uzņem Svētupe, Z daļā Korģe. Purva aptuvenais vecums ir 7000 gadi. Kūdras slāņa vidējais biezums ir 2,3 m un maksimālais biezums ir 6 m. Koksnes paraugu ņemšanas vietās (5. pielikums) kūdras biezums sasniedz 2,80 m un vietām līdz 4,80 m. Šī teritorija ir pielīdzināma priežu niedrājam, jo raksturīgs diezgan liels parastās priedes blīvums, analizējamo koku augstums sasniedz 6,5-8 m un vidējais stumbra diametrs ir 28 cm (2.4. attēls).



2.4. attēls. Paraugu ņemšanas vietas Niedrāju-Pilkas purvā.

Figure 2.4. Sampling sites in Niedrāju-Pilkas Mire.

2.1.5. Gulbju-Platpirovas purvs

Gulbju-Platpirovas purvs atrodas Ciblas novada Līdumnieku pagastā. Kopš 1977.gada Gulbju-Platpirovas purvs ir dabas liegums, kas iekļauts Eiropas aizsargājamo teritoriju tīklā *Natura 2000*, kā arī putniem starptautiski nozīmīgo vietu sarakstā. Teritorija ietver divus izcilus austrumu tipa augstos purvus un distrofo Ļebedinecu ezeru. Dabas lieguma platība ir 1612 ha. Šai teritorijai ir ierosinātas teritoriju robežu izmaiņas.

Veiktajam pētījumam koksnes paraugi ņemti priežu purvājā, kas ir medņu rieta vieta (2.5. attēls, 6. pielikums). Analizējamo koku augstums aptuveni 8 m un vidējais stumbra diametrs 21 cm.



2.5. attēls. Paraugu ņemšanas vieta Gulbju-Platpirovas purvā.

Figure 2.5. Sampling site in Gulbju-Platpirovas Mire.

2.1.6. Engures ezera dabas parka kaļķainais zāļu purvs

Dabas parks “Engures ezers” (EEDP) atrodas Piejūras zemienē, Engures novada Engures, Rojas novada Mērsraga, Talsu novada Ķūlciena pagastos. Parka teritorijā ietilpst Engures ezers un zemes ap to, meži starp piekrasti un ezeru, kā arī Rīgas jūras līča piekraste no Mērsraga līdz Engurei. Dabas parks dibināts 1998. gadā, bet kā aizsargājama dabas teritorija tā jau ir kopš 1957. gada, kad tika noteikts īpašs režīms putnu aizsardzībai. Engures ezers ir iekļauts Eiropas putniem nozīmīgo vietu sarakstā un dabas parks ir viena no trim dabas teritorijām Latvijā, kuras iekļautas Ramsāres konvencijas sarakstos (Vīksne 1997).

Lai paplašinātu lauksaimniecībā izmantojamās teritorijas, tad 1842. gadā ezera ziemeļu galā tika izrakts kanāls, kas to savienoja ar jūru Mērsraga tuvumā. Rezultātā ūdens līmenis pazeminājās par 1,5-2 m. Ūdens līmeņa pazemināšanās rezultātā, sevišķi ezera rietumu krastā, izveidojās plašas pļavas, agrāk pārpurvotie piekrastes meži kļuva ievērojami sausāki, bet daļu no kādreizējām mitrajām pļavām varēja izmantot kā aramzemi (Anonīms 1999). Ezera austrumu krastā sāka veidoties mežaudzes ar parasto priedi kā dominējošo kokaudzes sugu, kā arī parādījās plaši smilšu lauki, kas vēju nesti veidoja jaunas kāpas. Zemākās vietās, kā arī jauno kāpu ieplakās attīstījās bagātie zāļu purvi – kaļķaini zāļu purvi (Pakalne, Kalnina 2005).



2.6. attēls. Paraugu ņemšanas vietas EEDP kaļķainā zāļu purva malā.

Figure 2.6. Sampling sites at the edges of calciferous fen in ELNP.

Veiktajam pētījumam koksnes paraugi ņemti četrās vietās kaļķainā zāļu purva malā (2.6. attēls, 7. pielikums). No hidroloģiskā skatu punkta tā ir starpkāpu ieplaka ar kaļķainā zāļu purva veģetāciju, kas veidojusies visdrīzāk pēc ezera ūdens līmeņa pazemināšanas (Groningenas Universitātes profesora Aba Grootjana mutisks komentārs). Analizējamo koku augstums 3-8 m un vidējais stumbra diametrs 17 cm.

2.2. Koksnes paraugu iegūšanas un apstrādes metodes

Koksnes paraugi iegūti, veicot urbumus ar Preslera svārpstu. Lai gadskārtu platumu dati būtu pēc iespējas objektīvāki, tad no viena koka pretējām pusēm iegūti divi paraugi. Kā paraugkoki izvēlēti tie, kas vizuāli izskatījās vecāki – noapaļota galotne un bieza, raupja kreve.

Koksnes paraugi izurbti pēc iespējas tuvāk augsnes virskārtai, kaut arī tradicionāli ir pieņemts urbumu veikt krūšu augstumā jeb 1,3 m augstumā no zemes (Chhin, Wang 2005). Laboratorijā urbumi ielīmēti dēlīšos un noslīpēti ar smilšpapīru, lai būtu iespējams izšķirt visas gadskārtas (Orvis, Grissino-Mayer 2002). Lielākie nelīdzenumi noslīpēti ar raupjāko smilšpapīru. Tā kā priedes koksne nav pārāk cieta, tad jāizvairās no pārāk raupja smilšpapīra lietojuma, kas var atstāt švīkas. Slīpēšana sākota ar raupjumu 100 un pabeigta ar raupjumu 400.

2.3. Gadskārtu apstrādes metodes

2.3.1. Gadskārtu mērīšana un šķērsdatēšana

Gadskārtu platumi mērīti, izmantojot gadskārtu mērīšanas galdu LINTAB 5, kas ietver arī mikroskopu Leica MS5 un datorprogrammu TSAP-Win Scientific (Rinn 2003). Pētījumā iekļautās gadskārtu rindas šķērsdatētas, kombinējot vizuālās, grafiskās un statistiskās šķērsdatēšanas metodes. Statistiskai šķērsdatēšanai izmantota datorprogramma COFECHA (Holmes 1983). Tā veic segmentētu laika rindas analīzi un aprēķina korelācijas koeficientus, nosakot gadskārtu rindas ar statistiski būtiskām sakritībām, kā arī norāda uz iespējamām kļūdām, kas ieviestas, veicot mērīšanu. Statistiskajā šķērsdatēšanā noteiktās nepareizā datējuma vietas bija pārbaudītas vizuāli un grafiski, novērtējot viltus gadskārtas esamību vai gadskārtas iztrūkumu. Ja tika atrasta viltus gadskārta vai mērījuma laikā izlaista gadskārta, tad gadskārtu rindas pārmērītas. Bieži vien nepareizu datējumu uzrādīja spiedes koksne, kas būtiski apgrūtināja gadskārtu rindu šķērsdatēšanu. Šādos gadījumos statistiskajā šķērsdatēšanā sniegtā informācija bija ignorēta un paraugs netika pārmērīts. Ja vienam kokam izdevās šķērsdatēt abas divas gadskārtu rindas, tad tās tika parēķinātas kā vidējais aritmētiskais lielums. Šādi aprēķini novērsa kāda konkrēta koka pastiprinātu ietekmi uz rezultātiem, salīdzinot ar kokiem, kuriem izdevās šķērsdatēt tikai vienu no gadskārtu rindām. Tas arī samazināja lokālu un neklīmatisko faktoru, piemēram, reakcijas koksnes ietekmi.

2.3.2. Hronoloģiju veidošana un statistiskā salīdzināšana

Gadskārtu hronoloģija ir noteiktas teritorijas koku vidējie standartizētie gadskārtu platumu rādītāji jeb indeksi (Fritts 2001). Veidojot hronoloģijas, no šķērsdatēto gadskārtu rindām noņemtas tās ilgtermiņa variācijas, kas atspoguļo koka augšanas vietas īpatnības un vecuma trendu, kas ir saistīts ar izmaiņām koka augšanā, tam novecojot. Tas paveikts, veicot vienu no dendrohronoloģijas pamatprocedūrām – standartizāciju (Cook, Kairiukstis 1990; Esper, Gärtner 2001; Fritts 2001). Veicot standartizēšanu, gadskārtu platumi pārvērsti bezdimensijas indeksos un katrai teritorijai izveidota viena indeksu rinda.

Katras teritorijas šķērsdatētās gadskārtu rindas izmantotas hronoloģiju veidošanai. Sasveļojušies paraugi, kā arī tie, kuriem bija vairākas iztrūkstošās gadskārtas, hronoloģijas veidošanā nebija iekļauti. Standartizācijai un hronoloģijas veidošanai izmantota programma ARSTAN (Auto Regressive Standardization) (Cook, Holmes 1986). Šajā programmā veikta dubultā detrendēšana, kur sākotnēji tiek noņemts vecuma trends, piemērojot lineāro regresijas līkni vai negatīvo eksponenciālo līkni un tad tiek izfiltrēti

dati, kas nesatur klimatisko signālu. Gadskārtu platumi dalīti ar piemēroto (lineāro regresijas vai negatīvo eksponenciālo) likni, iegūstot bezdimensiju indeksus, no kuriem veidota hronoloģija.

Programmā ARSTAN izveidotas trīs hronoloģijas: standarhronoloģiju, atlikumu (*residual*) hronoloģiju un ARSTAN hronoloģija. Turpmākā datu analīzē izmantota atlikumu hronoloģija, kas iegūta pēc dubultās detrendēšanas un autoregresijas modelēšanas, noņemot autokorelāciju (Cook, Holmes 1986). Atlikumu hronoloģija satur stipru klimatisko signālu un tādēļ to visbiežāk izmanto dendroklimatoloģiskos pētījumos (Cook, Holmes 1986; Linderholm et al. 2002; Polacek et al. 2006).

Programmā ARSTAN ir pieejami arī hronoloģiju raksturojošie parametri:

1. koku skaits, kas veido hronoloģiju;
2. gadskārtu skaits;
3. koku vidējais gadskārtu platums (mm/gadā);
4. hronoloģijas garums un laika periods;
5. hronoloģijas vidējā vērtība;
6. hronoloģijas vidējā jutība, kas parāda koka gadskārtu platumu relatīvo mainību no viena gada uz nākamo un raksturo koka reakciju uz vides mainību (Fritts 2001). Koku jutība ir atkarīga no ģeogrāfiskā rajona, no koku sugas, vecuma, kā arī no biotopa un mežaudzes attīstības (Карпавичюс 1981).

Hronoloģiju savstarpējās sinhronitātes noteikšanai aprēķināja vienu no biežāk izmantotajiem rādītājiem – zīmju kritēriju jeb *Gleichläufigkeit* (*Glk*) testu. Tā ir vienkāršākā metode divu vienāda apjoma paraugkopu salīdzināšanai. Aprēķinot zīmju kritēriju, katram pārim noskaidroja tā zīmi (“+” vai “-”) un balstoties uz šo zīmju sakritībām, noteiktas ikgadējās sakritības, piemēram, starp hronoloģijām (Liepa 1974; Kaennel, Schweingruber 1995). Aprēķinot *Glk* vērtību, katram gadam noteiktas izmaiņas attiecībā pret iepriekšējo gadu (Schweingruber 1983; Esper et al. 2008).

Ja x – radiālais pieaugums a -tam kokam i -tā gadā, tad:

$$\Delta_{a,i} = (x_{a,i} - x_{a,i-1}).$$

Turpmākā analīzē $\Delta_{a,i}$ aizvietots ar $G_{a,i}$ un tā vērtības var būt:

$$G_{a,i} = \begin{cases} 0,5, & \text{ja } \Delta_{a,i} > 0 \\ 0, & \text{ja } \Delta_{a,i} = 0 \\ -0,5, & \text{ja } \Delta_{a,i} < 0, \end{cases}$$

$$Glk_{a,b} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} |G_{a,i} + G_{b,i}| \cdot 100,$$

kur n – salīdzināmā perioda garums, a – pirmās paraugkopas rādītāji, b – otrās paraugkopas rādītāji.

Glk vērtība noteikta procentos. Piemēram, ja tā ir tuvu 100%, tad tas norāda, ka abas hronoloģijas ir identiskas (Eckstein, Bauch 1969).

2.4. Dendroklimatoloģisko datu analīze

2.4.1. Klimatisko un hidroloģisko datu analīze

Klimatiskie dati iegūti no Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centra. Meteoroloģiskās stacijas izvēlētas pēc sekojošiem kritērijiem: a) pēc iespējas tuvāk teritorijām, kur ievākti dati; b) pēc iespējas garāka klimatisko datu rinda (2.1. attēls, 1. pielikums). Tieši otrais kritērijs bija visgrūtāk izpildāms un īsās klimatisko datu rindas ir viena no būtiskākajām problēmām dendroklimatoloģijā (Linderholm et al. 2002). Rīgas un Mērsraga klimatisko datu rindās bija atsevišķi iztrūkumi, tādēļ izmantotas papildinātās klimatisko datu rindas. Iztrūkstošo datu vietā izmantoti citu meteoroloģisko staciju dati, kas iegūti, veidojot regresijas līknes, kas balstījās uz esošajiem datiem un to saistību ar citām stacijām (Elferts 2008).

Aprēķinos izmantoti attiecīgo meteoroloģisko staciju gaisa temperatūras (mēneša vidējā, mēneša maksimālā, mēneša minimālā) un nokrišņu (mēneša summa) dati. Analizējamo datu rindu garums starp meteoroloģiskajām stacijām atšķirās. Visgarākā datu rinda pieejama Rīgai (kopš 1851. gada) un Mērsragam (kopš 1896. gada). Rēzeknes klimatisko datu rinda bija visīsākā (kopš 1948. gada) un nebija pieejama informācija par maksimālo un minimālo gaisa temperatūru (2.1. tabula).

Aprēķinos izmantoti arī gaisa temperatūras un nokrišņu summas apkopotie periodi:

- miera periods – no iepriekšējā gada oktobra līdz analizējamā gada aprīlim;
- augšanas periods – no analizējamā gada maija līdz septembrim;
- gads – no iepriekšējā gada oktobra līdz analizējamā gada septembrim;
- iepriekšējais gads.

Lielajā Ķemeru tīrelī laika periodā no 1949. gada līdz 1996. gadam (iztrūkst 1973. gada dati) bija veikts meteoroloģiskais un hidroloģiskais monitorings. Kūdras temperatūra bija viens no klimatiskajiem faktoriem, kas noteikts monitoringa punktos. Šis vides faktors izmantots, lai noteiktu augšanas perioda sākumu priedēm Lielajā Ķemeru tīrelī. Zinātniskajos rakstos publicēta informācija, ka transpirācija un fotosintēze parastai priedei

būtiski samazinās, ja augsnes temperatūra ir +3°C (Whitehead, Jarvis 1981), kā arī pie +5°C vēl ir kavēta sakņu augšana (Vapaavuori et al. 1992; Domisch et al. 2001). Balstoties uz šo informāciju, par augšanas perioda sākumu uzskatīts tas mēnesis, kurā kūdras temperatūra 20 cm dziļumā pārsniedza +5°C. Pēc monitoringa datiem noteikts, ka aktīvā augšana parastai priedei varētu sākties aprīļa vidū vai maijā. Līdz ar to, maiju uzskatīja kā augšanas perioda sākuma mēnesi. Noteiktais mēnesis izmantots arī citām teritorijām, lai būtu viens analizējamais laika periods.

2.1. tabula

Aprēķinos izmantotie meteoroloģisko staciju klimatiskie faktori un to datu rindu garums (Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs).

Table 2.1.

Climatic factors and the length of meteorological records for the station used (Latvian Environment, Geology and Meteorology Centre).

Meteoroloģiskā stacija Meteorological station	Temperatūra (°C) Temperature (°C)					Nokrišņi (mm) Precipitation (mm)			
	Gada Annual	Jūlijs July	Decembris December	Mēneša vidējā (laika periods) Mean monthly (time span)	Mēneša maks. un min. (laika periods) Maximum and minimum monthly (time span)	Gada Annual	Jūlijs July	Decembris December	Mēneša summa (laika periods) Total monthly (time span)
Ventspils	6,6	16,8	-0,1	1923-2005	1924-2005	647	63	62	1923-2005
Rīga	6,2	18,0	-2,6	1851-2006	1924-2000	614	78	44	1851-2006
Mērsrags	6,1	16,9	-1,23	1896-2005	1928-2005	589	72	41	1896-2005
Ainaži	5,8	17,2	-1,8	1927-2006	1927-2006	595	65	45	1927-2006
Rēzekne	5,2	16,9	-4,1	1948-2005		586	72	41	1948-2000

Monitoringā iegūtos klimatiskos datus aprēķinos neizmantoja, jo tie bija nepilnīgi. Savukārt purva gruntsūdens līmeņa dati jeb dziļuma mērījumi no purva virskārtas līdz gruntsūdenim izmantoti, lai noskaidrotu parastās priedes radiālā pieauguma saistību ar purva hidroloģiju. Pozitīvās vērtības norādīja ūdens līmeni virs purva virskārtas, bet negatīvās vērtības – dziļumu līdz gruntsūdenim no purva virskārtas. Aprēķinos izmantoti

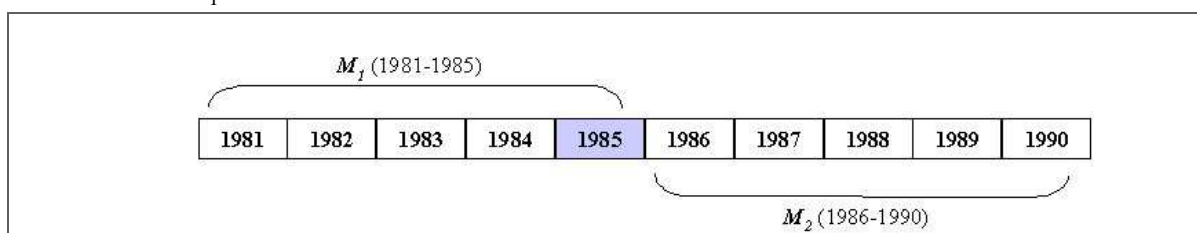
mēneša, gada, iepriekšējā gada, augšanas perioda un miera perioda vidējie, maksimālie un minimālie gruntsūdens līmeņa rādītāji.

2.4.2. Koku ekstremālās augšanas periodu analīze

Koka ekstremālās augšanas periodu aprēķināšana ir pamatmetode, lai noskaidrotu gan lokālu, gan reģionālu traucējumu vēsturi (Black, Abrams 2004). Metode balstīta uz nestandardizēto, vidējo gadskārtu platumu salīdzināšanu piecu vai 10 gadu periodos. Dendroekoloģiskos pētījumos parasti izmanto 10 gadu periodus (Black, Abrams 2004; Baker, Bunyavejchewin 2006), taču dendroklimatoloģiskiem pētījumiem ieteicams izmantot piecu gadu periodus.

Procentuālās izmaiņas augšanā %GC noteiktas pēc formulas (Nowacki, Abrams 1994), kurā aprēķinātas izmaiņas starp vidējo gadskārtu platumu pieciem nākošajiem gadiem M_2 un vidējo gadskārtu platumu pieciem iepriekšējiem gadiem, ieskaitot analizējamo gadu M_1 (2.7. attēls):

$$\%GC = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \cdot 100.$$



2.7. attēls. Grafiskais izskaidrojums formulai, pēc kuras aprēķina procentuālās izmaiņas augšanā (Black, Abrams 2004).

Figure 2.7. Graphic explanation for percent-growth change formula (Black, Abrams 2004).

Procentuālās izmaiņas augšanā aprēķinātas katram gadam un turpmāk atlasīti tie gadi, kad gan pozitīvās, gan negatīvās vērtības ir lielākas par 50%. Turpmākā analīzē no šīm vērtībām atlasītas ekstrēmās vērtības, kas atspoguļo vislielākās izmaiņas. Katram gadam noteikts to koku skaits, kas uzrāda šo izmaiņu. Pozitīvās un negatīvās vērtības saskaitītas atsevišķi. Atlasīto ekstrēmo vērtību skaitu summu piecu gadu periodā attiecina pret attiecīgā gada esošo kopīgo koku skaitu. Iegūtā vērtība izteikta procentos, tā norādot koku skaitu, kas uzrāda krasu radiālās augšanas palielināšanos vai samazināšanos. Lai iegūtie rezultāti būtu pēc iespējas objektīvāki, tad rezultātos izvērtēti tie gadi, kad vismaz 20% koku uzrādīja krasas izmaiņas augšanā. Datu analīze sāka ar to gadu, kurā koku skaits bija vismaz septiņi.

2.4.3. Zīmīgo gadu aprēķināšana

Zīmīgais gads ir noteikts gads, kas izpaužas vairākiem kokiem vienlaicīgi ne tikai audzes ietvaros, bet daudz plašākā mērogā, piemēram, reģionālā (Schweingruber 1990) un ar to tas arī atšķiras no notikuma gada (*event year*), kas izpaužas tikai dažiem kokiem audzē (Schweingruber 1996). Salīdzinot ar citām blakus esošām gadskārtām, zīmīgā gada gadskārta ievērojami atšķiras, jo parasti tā ir ļoti šaura vai plata, mēdz būt iztrūkstoša vai arī to veido reakcijas koksne utt. (Schweingruber 1996). Zīmīgais gads ir nozīmīgs rādītājs, kas atspoguļo informāciju par sugas ekoloģiskajām prasībām, mežaudzē notiekošiem ekoloģiskajiem procesiem un klimata ietekmi (Desplanque et al. 1999).

2.2. tabula
Zīmīgo gadu analīzē izmantotās intensitātes klases.

Table 2.2.

Intensity classes used in pointer year analysis.

Relatīvās izmaiņas (Δ_i)/ Relative change (Δ_i)	Intensitātes klase/ Intensity class
>-80%	-5
-60% – -80%	-4
-40% – -60%	-3
-20% – -40%	-2
0% – -20%	-1
0% – 20%	1
20% – 40%	2
40% – 60%	3
60% – 80%	4
>80%	5

Zīmīgo gadu analīzē izmantota modificēta *Skeleton plot* metode (Neuwirth et al. 2004). Aprēķini veikti katrai nestandartizētai gadskārto rindai atsevišķi, kad konkrētā gada gadskārtas platuma vērtība x_i salīdzināta ar vidējo gadskārto platumu iepriekšējos piecos gados \bar{x}_{i-5} , iegūstot relatīvās izmaiņas Δ_i , kas izteiktas procentos:

$$\Delta_i = \frac{x_i - \bar{x}_{i-5}}{\bar{x}_{i-5}}.$$

Iegūtās relatīvās izmaiņas aizstātas ar intensitātes klasēm (2.2. tabula).

Zīmīgo gadu intensitātes vērtības I katrai teritorijai aprēķinātas pēc formulas:

$$I = \frac{100}{k \cdot n} \sum_{j=1}^k h_j \cdot i_j,$$

kur k – intensitātes klašu skaits (šajā gadījumā piecas klases);

n – kopējais koku skaits;

h_j – koku skaits konkrētajā intensitātes klasē;

i_j – intensitātes klases vērtība.

Maksimālā zīmīgo gadu intensitātes vērtība ($I = 100\%$) uzrādās, ja visi analizējamie koki attiecīgajā gadā uzrāda ekstrēmu (šajā gadījumā $i_j=5$) pozitīvo vai negatīvo augšanu (Neuwirth et al. 2004). Pozitīvie zīmīgie gadi rezultātos atzīmēti ar “+” zīmi, savukārt negatīvie atzīmēti ar “-” zīmi. Par zemu zīmīgo gadu intensitātes vērtību uzskatīja to, kuras vērtība ir sākot no 0 līdz 40% un no 0 līdz -40%, vidēja vērtība, ja tā ir no 41% līdz 60% un no -40% līdz -60% un augsta, ja tā ir lielāka par 60% un mazāka par -60%. Ņemot vērā to, ka purvā augošās priedes ir visai jutīgas pret dažādu faktoru ietekmi, piemēram, vēja ietekmi, kas ir viens no reakcijas koksnes veidošanās iemesliem, tad par nozīmīgiem uzskatīti tie gadi, kuros bija vidēja vai augsta intensitātes vērtība (virs 40% vai zem -40%). Rezultātu analīzē attiecīgās teritorijas zīmīgais gads ar zemu intensitātes vērtību (sākot no 20% un no -20%) ņemts vērā tikai tad, ja šis gads bija nozīmīgs vairāk kā trīs teritorijām un uzrādīja vienādu augšanas reakciju.

2.4.4. Hronoloģiju, zīmīgo gadu un klimatisko faktoru saistības analīze

Lai noskaidrotu, kuri klimatiskie faktori ietekmē parastās priedes radiālo augšanu purvos, veikta korelācijas analīze, nosakot statistiski būtiskās saistības starp hronoloģiju vērtību variēšanu, zīmīgajiem gadiem un klimatiskajiem faktoriem. Korelācija aprēķināta izmantojot datorprogrammu R (R Development Core Team 2008) un dendroklimatisko analīžu programmu DENDROCLIM 2002 (Biondi 1997; Biondi, Waikul 2004).

Izmantojot datorprogrammu DENDROCLIM 2002, veikta arī atbildes funkcijas analīze (*response function*), nosakot statistiski būtiskus klimatiskos faktorus, kas ietekmē hronoloģiju vērtību variēšanu. Veicot šo analīzi, tiek ņemta vērā klimatisko faktoru savstarpējā korelācija (Fritts 2001), izslēdzot tos faktorus, kuru ietekme ir mazāk būtiska jeb uzrāda kovariabilitāti (Briffa, Cook 1990).

Dažādās koka attīstības stadijās limitējošie faktori un to ietekmes stiprums var mainīties. Tas nozīmē, ka dažādos attīstības posmos koks atšķirīgi reaģēs, piemēram, uz klimatu – kāds konkrēts klimatiskais faktors var būtiski ietekmēt koka augšanu tā juvenīlajā stadijā un šī ietekme var kļūt nebūtiska, kokam kļūstot vecākam (Fritts 2001). Tāpēc izmantojot programmu DENDROCLIM 2002, noteiktas klimata un hronoloģiju korelāciju izmaiņas laika gaitā. Turpmākai datu analīzei izmantots konstants 30 gadu

slīdošais intervāls – katrs nākamais 30 gadu intervāls pakāpeniski nobīdīts par vienu gadu uz priekšu. Analīzē iekļauti pirmie 30 gadi, kad bija pieejami gan klimatiskie, gan hronoloģijas dati un analizēti līdz brīdim, kad iekļauti pēdējie 30 gadi (Bondi, Waikul 2004; Elferts 2008). Šāds intervāla garums ir plaši izmantojams dendroklimatoloģijā.

Daudzfaktoru jeb multiplā regresijas analīze veikta katrai hronoloģijai atsevišķi, izmantojot datorprogrammu SPSS (Morgan et al. 2004). Regresijas vienādojumā iekļauti tie faktori jeb regresori, kas noteikti atbildes funkcijas analīzē. Katrai hronoloģijai ar metodi *Forward* izvēlēts tikai tas modelis, kurā iekļauto regresoru ietekme ir statistiski būtiska.

3. REZULTĀTI

3.1. Klimatisko faktoru analīze

Sākotnēji pārbaudīts vai zīmīgo gadu, hronoloģiju un klimata analīzē var izmantot Rīgas meteoroloģiskās stacijas datus, jo tai ir visgarākā klimatisko datu rinda. Veicot korelācijas analīzi, pārbaudīts, vai pārējo teritoriju klimata-koku augšanas attiecības var izskaidrot, izmantojot tikai Rīgas meteoroloģiskās stacijas klimatiskos datus. Korelācijas analīzē izmantota mēnešu, augšanas perioda, miera perioda un gada vidējā gaisa temperatūra un nokrišņu summa. Rezultāti uzrādīja, ka starp Rīgas meteoroloģiskās stacijas un Ventspils, Mērsraga, Ainažu un Rēzeknes vidējo gaisa temperatūru saistība ir augsta (8. pielikums). Augstākās korelācijas koeficienta vērtības ir miera perioda mēnešos, jo īpaši februāra mēnesī. Zemākās korelācijas koeficienta vērtības ir augšanas perioda mēnešos, jo īpaši jūnijā. Augstākā korelācija ir starp Rīgas un Rēzeknes meteoroloģisko staciju gaisa temperatūru datiem (0,94) un zemākā – starp Rīgas un Ventspils gaisa temperatūrām (0,91).

Nokrišņu summu saistības ir daudz zemākas. Pretēji kā ar gaisa temperatūrām, nokrišņiem augstākās korelācijas koeficienta vērtības ir augšanas perioda mēnešos un zemākās miera perioda mēnešos. Augstākā korelācija ir starp Rīgas un Mērsraga meteoroloģisko staciju nokrišņu summu datiem (0,68) un zemākā – starp Rīgas un Ventspils nokrišņu summu (0,49).

Kaut arī korelācija starp meteoroloģisko staciju gaisa temperatūrām ir līdzīga, tomēr novērtējot saistību starp Rīgas un citu meteoroloģisko staciju gaisa temperatūru un koku augšanu kopīgajos periodos, noteiktas atšķirīgas reakcijas. Pamatojoties uz iegūtajiem rezultātiem, turpmākā datu analīzē tomēr izmantoti attiecīgās teritorijas tuvumā esošās meteoroloģiskās stacijas klimatiskie dati.

3.2. Gadskārtu mērīšana un šķērsdatēšana

Tikai daļu no ievāktajiem paraugiem varēja veiksmīgi šķērsdatēt un izmantot tālākā datu analīzē. Ļoti bieži apgrūtināta bija ne tikai divu koku gadskārtu paraugu šķērsdatēšana, bet arī viena koka abu rādīšu mērījumu kvalitātes pārbaude. Līdz ar to, hronoloģiju veidošanā galvenokārt iekļauti dati tikai no viena rādīša gadskārtu rindas. Ķīļveida gadskārtas, spiedes koksne, viltus un iztrūkstošās gadskārtas bija galvenie iemesli, kas apgrūtināja šķērsdatēšanu. Īpaši daudz iztrūkstošo gadskārtu bija Cenas tīrelī ievāktajiem paraugiem. Tos gan grafiski, gan statistiski šķērsdatējot, iegūts rezultāts, ka

iztrūkst līdz pat deviņām gadskārtām, kaut arī paraugi bija pietiekami labi – skaidri redzamām un diezgan platām gadskārtām. Visvienkāršāk mērīt un šķērsdatēt bija Niedrāju-Pilkas purvā, Klāņu purvā un Gulbju-Platpirovas purvā ievāktu paraugu gadskārtas (3.1. tabula).

3.1. tabula
Analizēto koku un atlikuma hronoloģiju raksturojums.

Table 3.1.
Characteristics of analysed trees and residual chronologies.

Pētāmā teritorija Study site	Vidējais gadskārtu skaits Mean tree-rings number	Vidējais gadskārtas platums (mm/gadā) Mean ring width (mm/year)	Ievāktu koku skaits Number of sampled trees	Hronoloģija Chronology				
				Koku skaits Number of trees	Laika periods Time span	Vidējā vērtība Mean value	Vidējā jutība Mean sensitivity	Standartnovirze Standard deviation
Klāņu	184	1,19	15	11	1801-2005	0,997	0,167	0,160
Lielais Ķemeru	101	0,51	40	21	1831-2006	0,987	0,234	0,232
Cenas	147	0,55	80	19	1803-2005	0,983	0,195	0,186
Niedrāju-Pilkas	180	0,69	30	20	1772-2006	0,989	0,180	0,159
Gulbju-Platpirovas	119	0,77	30	22	1851-2006	0,988	0,270	0,282
EEDP ELNP	78	1,48	60	26	1909-2005	1,001	0,201	0,184

EEDP kaļķainajā zāļu purvā augošām priedēm vidējais gadskārtu platums bija vislielākais (1,48 mm/gadā), taču ļoti daudzi paraugi nebija izmantoti hronoloģijas veidošanā. Tas izskaidrojams ar to, ka daudzi no tiem bija sasveķojušies un neliela daļa bija ar pārāk īsu datu rindu – īsāku par 30 gadiem. Tā kā Lielajā Ķemeru tīrelī, Cenas tīrelī un EEDP ievāktu paraugu skaits bija visai liels (3.1. tabula), tad hronoloģiju veidošanai izvēlēti un izmantoti paši kvalitatīvākie koksnes urbumi – mazāk sasveķojušies un nebija salauzti.

3.3. Gadskārtu hronoloģijas un to savstarpējā salīdzināšana

Veiktajā pētījumā izveidotas sešas parastās priedes gadskārtu hronoloģijas – piecas augstā tipa purvos un viena kaļķainajā zāļu purvā (3.1., 3.2. attēls). Visgarākā hronoloģija izveidota Niedrāju-Pilkas purvam un tās garums ir 232 gadi. Visīsākā hronoloģija ir kaļķainajam zāļu purvam EEDP – 96 gadi. Visu hronoloģiju kopējais laika periods ir no 1909. gada līdz 2005. gadam. Vismazākais koku skaits, kas iekļauts hronoloģijas

veidošanā ir Klāņu purvam – 11 koki. Hronoloģiju vidējās jutības vērtības variē no 0,167 līdz 0,270. Visaugstākā vidējā jutība un standartnovirze ir Lielā Ķemeru tīreļa un Gulbju-Platpirovas purva hronoloģijām (3.1. tabula).

Statistiski būtiska korelācija ir tikai starp Lielā Ķemeru tīreļa, Niedrāju-Pilkas purva, Gulbju-Platpirovas purva un kaļķainā zāļu purva EEDP hronoloģijām. Korelācijas koeficientu vērtības ir diezgan zemas – no 0,16 līdz 0,26. Savukārt izvērtējot hronoloģiju ilgtermiņa mainību (pēc desmit gadu vidējās slīdošās vērtības), redzams, ka tomēr hronoloģijas svārstības ir līdzīgas (3.1., 3.2. attēls) un starp visām teritorijām kopumā korelācijas koeficientu vērtības ir visai augstas – līdz pat 0,56 (3.2. tabula).

3.2. tabula

Statistiski būtiskās korelācijas (Pīrsona korelācijas koeficients pie $\alpha=0,05$) starp standartizētajām gadskārtu platumu hronoloģijām.

Table 3.2.

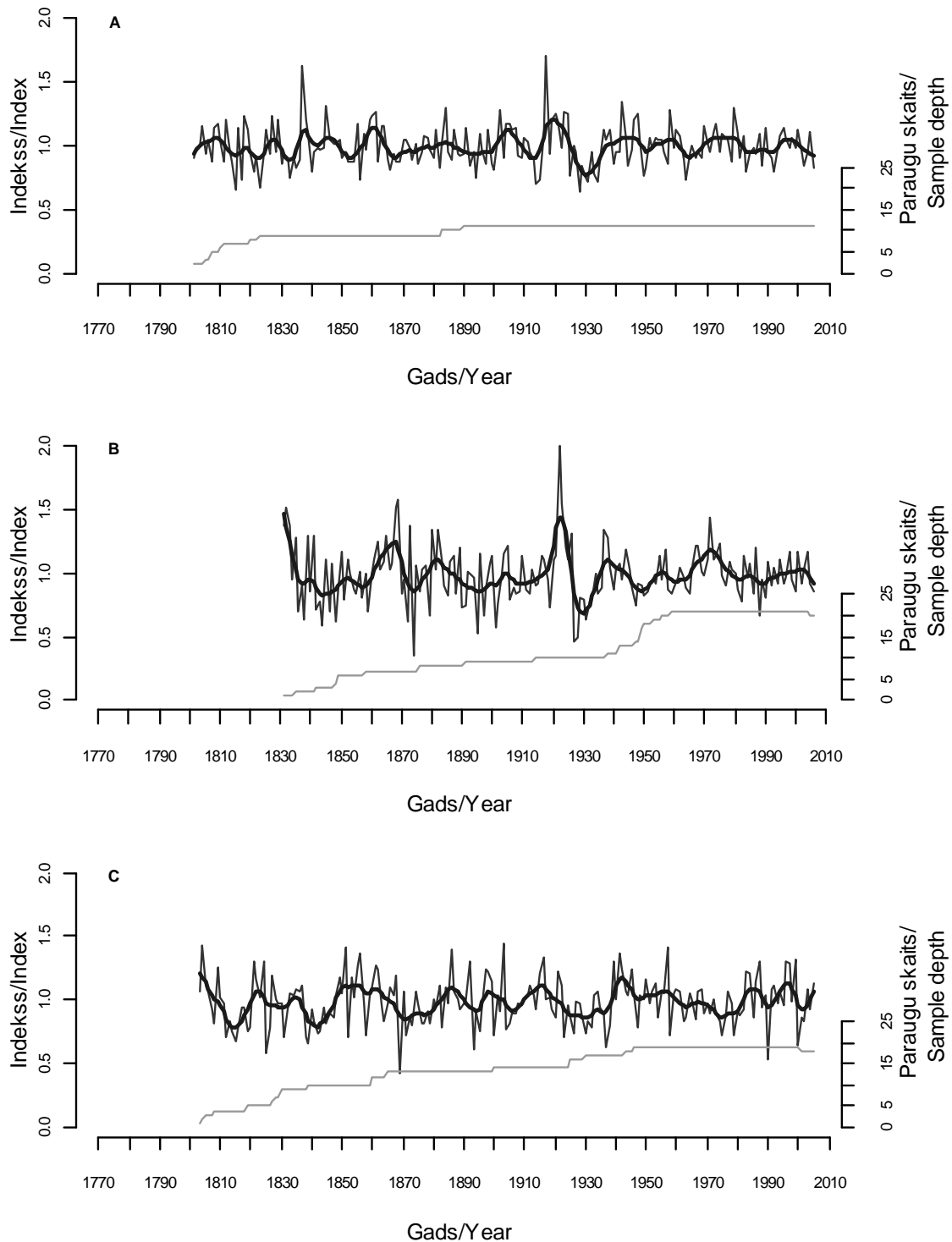
Case of statistically significant correlations (Pearson correlation coefficient at $\alpha=0,05$) between standardised tree-ring width chronologies.

Pētāmā teritorija Study site	Lielais Ķemeru		Cenas		Niedrāju-Pilkas		Gulbju-Platpirovas		EEDP ELNP	
	AF/ HF	ZF/ LF	AF/ HF	ZF/ LF	AF/ HF	ZF/ LF	AF/ HF	ZF/ LF	AF/ HF	ZF/ LF
Klāņu		0,34		0,17		0,41		0,34		0,31
Lielais Ķemeru					0,20	0,56	0,16	0,25	0,22	0,32
Cenas						0,21		0,22		0,27
Niedrāju-Pilkas							0,26	0,35	0,22	0,40
Gulbju-Platpirovas									0,21	0,29

Piezīme: AF – augstā frekvence uzrāda ikgadējo mainību, ZF – zemā frekvence uzrāda mainību ilgtermiņa (desmit gadu vidējā slīdošā vērtība).

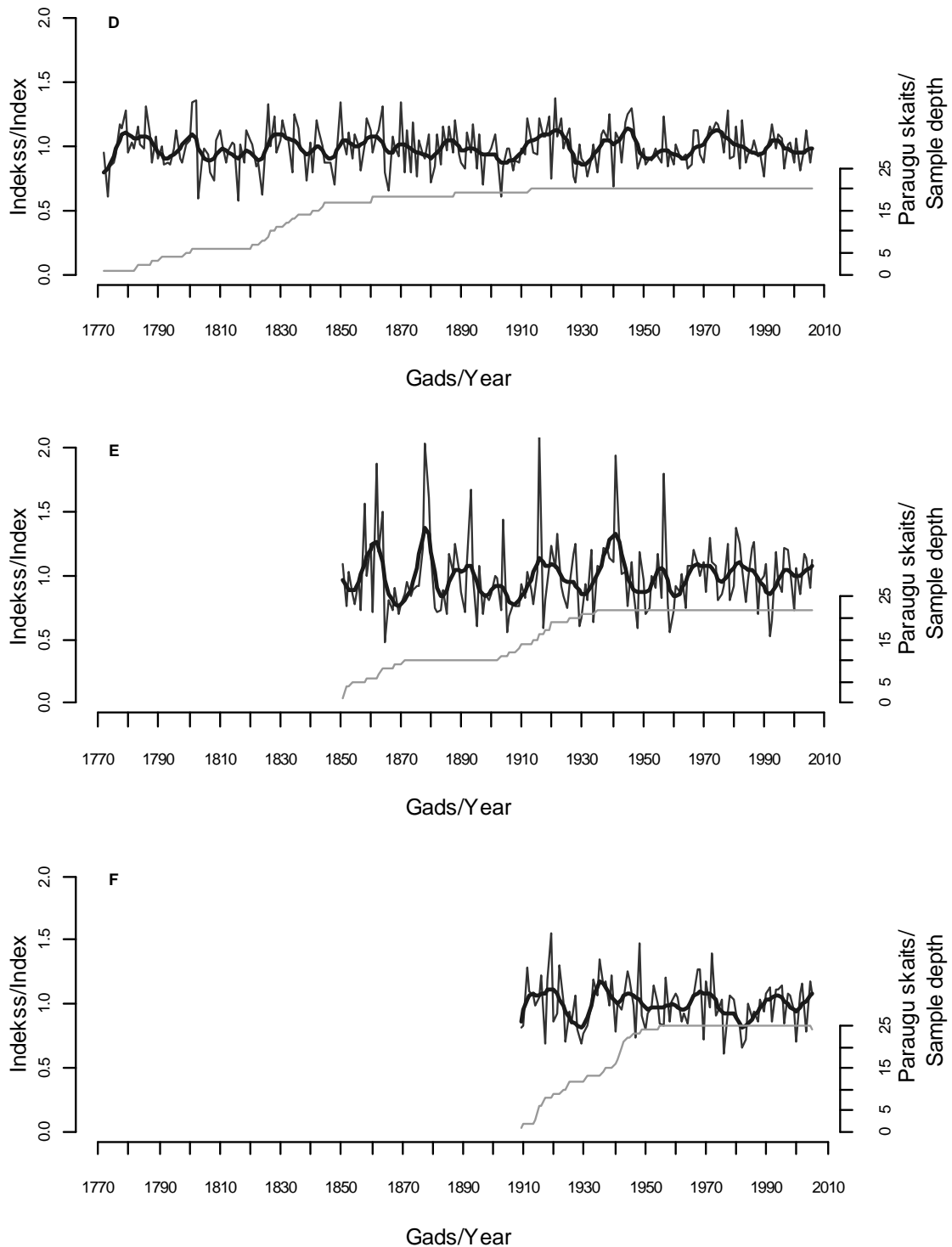
Note: HF – high-frequency represented every-year variation, LF – low-frequency represented long term trend (10-year running average).

Salīdzinot hronoloģiju savstarpējo sinhronitāti noteikts, ka to vidējā sakritība ir 53%. *Glk* vērtības starp hronoloģijām nav augstas – no 41% līdz 65%. Vismazāk līdzīga variēšana ir starp Klāņu purva un pārējo teritoriju hronoloģijām. Kaļķainā zāļu purvā augošo priežu gadskārtu hronoloģija ir visai sinhrona ar pārējo teritoriju hronoloģijām (3.3. tabula). To vidējā vērtība ir 55%. Ja salīdzina hronoloģiju sinhronitāti pirms 1909. gada un pēc 1909.gada, tad gadskārtu platumu variēšana starp hronoloģijām labāk sakrīt pēc 1909. gada. Tas ir vērojams gan pēc hronoloģiju līknēm, gan pēc *Glk* vērtībām (54%, jo pirms 1909. gada *Glk* vērtība ir 49%).



3.1. attēls. Standartizētas parastās priedes gadskārtu hronoloģijas: A) Klāņu purvs, B) Lielais Ķemeru tīrelis, C) Cenas tīrelis. Ilgtermiņa mainību atspoguļo desmit gadu vidējā slīdošā vērtība (biezā līnija). Katras diagrammas apakšā atspoguļots hronoloģijā iekļauto koku skaits.

Figure 3.1. Standardised Scots pine tree-ring width chronologies: A) Klāņu Mire, B) Lielais Ķemeru Mire, C) Cena Mire. Low-frequency variability is represented by 10-year running average (thick line). Samples in each chronology are indicated in the lower part of each diagram.



3.2. attēls. Standartizētas parastās priedes gadskārtu hronoloģijas: D) Niedrāju-Pilkas purvs, E) Gulbju-Platpirovas purvs, F) kaļķainais zāļu purvs EEDP. Ilgtermiņa mainību atspoguļo desmit gadu vidējā slīdošā vērtība (biezā līnija). Katras diagrammas apakšā atspoguļots hronoloģijā iekļauto koku skaits.

Figure 3.2. Standardised Scots pine tree-ring width chronologies: D) Niedrāju-Pilkas Mire, E) Gulbju-Platpirovas Mire, F) calciferous fen in ELNP. Low-frequency variability is represented by 10-year running average (thick line). Samples in each chronology are indicated in the lower part of each diagram.

3.3. tabula
Glk vērtības (%) starp standartizētajām gadskārtu platumu hronoloģijām.

Table 3.3.
Glk values (%) between standardised tree-ring width chronologies.

Pētāmā teritorija Study site	Lielais Çemeru	Cenas	Niedrāju- Pilkas	Gulbju- Platpirovas	EEDP ELNP
Klāņu	49	45	48	48	41
Lielais Çemeru		47	55	58	61
Cenas			54	60	55
Niedrāju- Pilkas				59	51
Gulbju- Platpirovas					65

Kaut arī statistiski aprēķinātās sinhronitātes vērtības nav pārāk augstas, vizuāli novērtējot hronoloģiju līknes, vērojams, ka tās uzrāda relatīvi līdzīgu variēšanu, jo īpaši tas redzams pēc līknes, kas uzrāda izmaiņas ilgtermiņā. Tās vidējā *Glk* vērtība ir 58%. Visu teritoriju hronoloģijās redzams, ka parastai priedei radiālais pieaugums izteikti palielinājies laikā no 1900-to gadu sākuma līdz 1920-to gadu sākumam, 1930-tos gadus, kā arī no 1960-to gadu visus līdz 1970-to gadu vidum. Radiālais pieaugums izteikti samazinājās 1860-tos gadus un 1920-tos gadus, kā arī laikā no 1950-to gadu sākuma līdz 1960-to gadu vidum un 1980-tos gadus (3.1., 3.2. attēls).

3.2. Koku ekstremālās augšanas periodu analīze

No nestandardizētajiem gadskārtu platumiem aprēķināti laika periodi, kad parastai priedei novērojamas būtiskas izmaiņas augšanā – būtiska gadskārtu platuma palielināšanās vai samazināšanās. Rezultātos redzams, ka koku radiālās augšanas izmaiņas katrai teritorijai ir bijušas diezgan atšķirīgas, tomēr vērojamas arī kopīgas sakarības (3.3. attēls). Galvenā no kopīgām sakarībām ir tā, ka nozīmīgas izmaiņas augšanā noris vairākus gadus pēc kārtas. Tas norāda, ka purvos augošām priedēm ir raksturīga ilglaicīga reakcija uz kāda limitējošā faktora ietekmi – augsta autokorelācija.

Nozīmīgākie laika periodi, kad vairāk kā divās teritorijās priedes uzrāda būtisku radiālo pieaugumu:

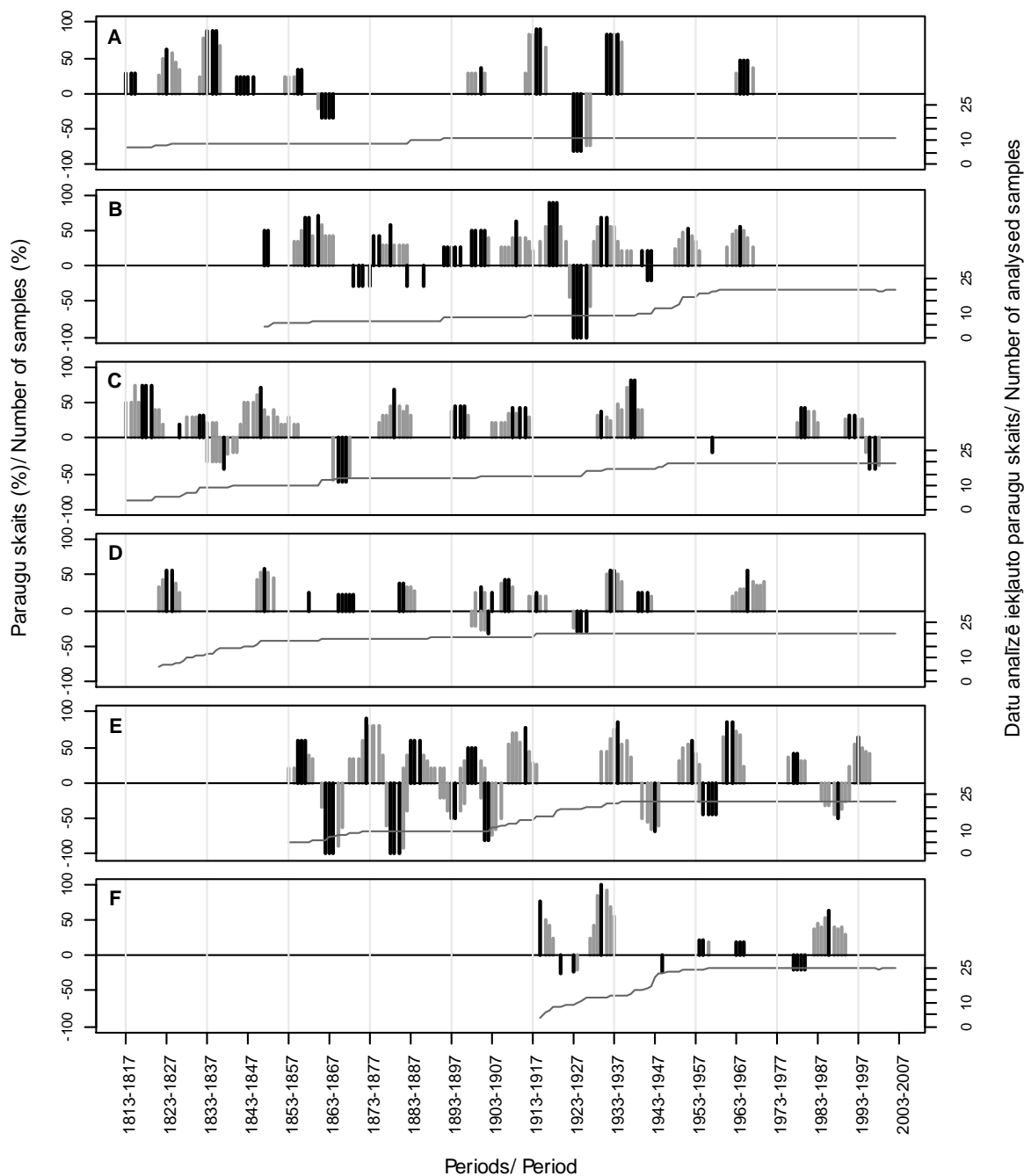
- no 1846. gada līdz 1852. gadam Lielajā Çemeru tīrelī, Cenas tīrelī un Niedrāju-Pilkas purvā (attiecīgi 50%, 70% un 59% koku uzrāda būtisku radiālo pieaugumu),

- no 1855. gada līdz 1862. gadam Klāņu purvā (33% koku), Lielajā Ķemeru tīrelī (67% koku), Niedrāju-Pilkas purvā (24% koku) un Gulbju-Platpirovas purvā (60% koku),
- no 1894. gada līdz 1905. gadam visās augstā purva teritorijās – Klāņu purvā (36% koku), Lielajā Ķemeru tīrelī (50% koku), Cenas tīrelī (46% koku), Niedrāju-Pilkas purvā (32% koku) un Gulbju-Platpirovas purvā (50% koku),
- no 1930. gada līdz 1938. gadam visās teritorijās – Klāņu purvā (82% koku), Lielajā Ķemeru tīrelī (67% koku), Cenas tīrelī (30% koku), Niedrāju-Pilkas purvā (55% koku), Gulbju-Platpirovas purvā (86% koku) un kaļķainajā zāļu purvā EEDP (100% koku).

Vairākās teritorijās radiālā pieauguma samazināšanās priedēm bija 19. gadsimta otrā pusē un laikā no 1920. gada līdz 1930. gadam (3.3. attēls):

- no 1861. gada līdz 1870-to gadu beigām Cenas tīrelī (62% koku), Klāņu purvā (33% koku) un Gulbju-Platpirovas purvā (100% koku).
- no 1920. gada līdz 1930. gadam Lielajā Ķemeru tīrelī (100% koku), Klāņu purvā (82% koku), Niedrāju-Pilkas purvā (30% koku) un kaļķainajā zāļu purvā EEDP (20% koku).
- no 1900. gadam līdz 1909. gadam Gulbju-Platpirovas purvā (maksimālo kritumu sasniedzot laikā no 1901. gada līdz 1906. gadam (80% koku)) un Niedrāju-Pilkas purvā (32% koku).

Radiālās augšanas kritumu Gulbju-Platpirovas purvā un Lielajā Ķemeru tīrelī parastā priede uzrāda laikā no 1941. gada līdz 1947. gadam, maksimālo kritumu Gulbju-Platpirovas purvā sasniedzot no 1943. gada līdz 1947. gadam (68% koku), bet Lielajā Ķemeru tīrelī – no 1941. gada līdz 1946. gadam (20% koku). Gulbju-Platpirovas purvā un Cenas tīrelī priedes radiālās augšanas samazināšanās novērojama arī 1950-to gadu beigās (3.3. attēls).



3.3. attēls. Parastās priedes ekstremālā augšana piecu gadu periodos: A) Klāņu purvs, B) Lielais Ķemeru tīrelis, C) Cenas tīrelis, D) Niedrāju-Pilkas purvs, E) Gulbju-Platpirovas purvs, F) kaļķainais zāļu purvs EEDP. Melnā krāsā atzīmēti ekstremālās augšanas periodi, kas kopīgi vismaz trīs teritorijām.

Figure.3.3. Release/suppression of Scots pine in a 5-year running period: A) Klāņu Mire, B) Lielais Ķemeru Mire, C) Cena Mire, D) Niedrāju-Pilkas Mire, E) Gulbju-Platpirovas Mire, F) calciferous fen in ELNP. With black colour is marked release/suppression periods what are common at least for three study sites.

3.5. Zīmīgie gadi un to saistība ar klimatiskajiem faktoriem

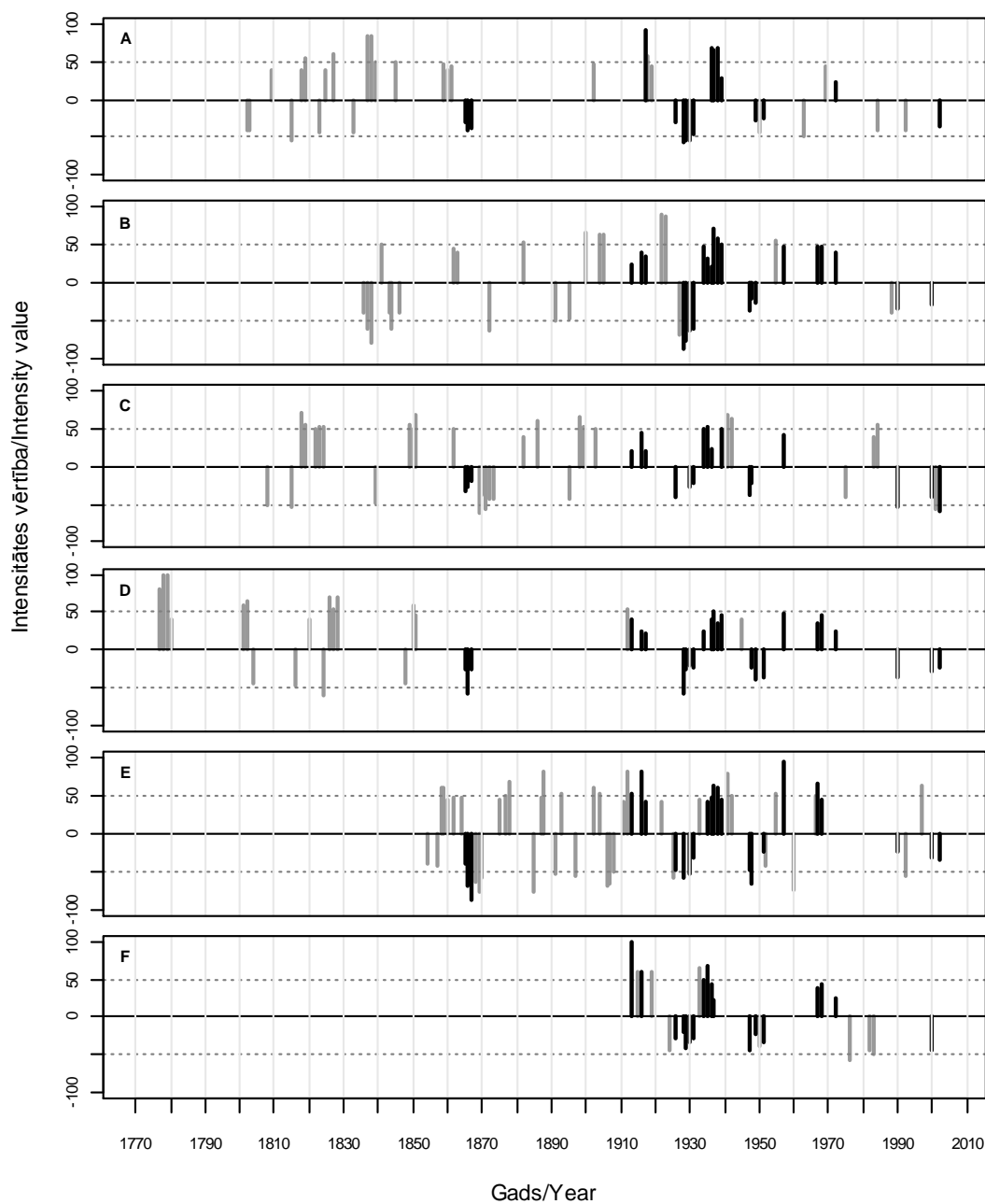
Zīmīgo gadu skaits katrā teritorijā ir dažāds (3.4. tabula). Visvairāk zīmīgo gadu, kuru intensitātes vērtība ir vidēja vai augsta ir Gulbju-Platpirovas purvā augošām priedēm, t.i., 74 gadi. Savukārt Niedrāju-Pilkas purvam ir visgarākā gadskārtu rinda ar salīdzinoši mazāku zīmīgo gadu skaitu, t.i. 30 gadi. Kaļķainajā zāļu purvā EEDP gadskārtu rinda nav gara, tikai kopš 1909. gada un līdz ar to zīmīgo gadu skaits ar vidēju un augstu intensitātes vērtību salīdzinoši nav liels – 18 gadi. Klāņu purvā un Lielajā Ķemeru tīrelī ir 37 zīmīgie gadi un Cenas tīrelī – 40 gadi.

3.4. tabula
Zīmīgo gadu skaits pētāmajās teritorijās.

Table 3.4.
Number of pointer-years at study sites.

Pētāmā teritorija Study site	Zīmīgo gadu skaits (1771-2006) Number of pointer-years (1771-2006)		Gadu skaits, kas ir zīmīgi vairāk kā trīs teritorijās Number of pointer-years what is significant more than for three sites	
	Pozitīvie gadi Positive years	Negatīvie gadi Negative years	Pozitīvie gadi Positive years	Negatīvie gadi Negative years
Klāņu	20	17	6	11
Lielais Ķemeru	22	17	13	9
Cenas	26	14	8	11
Niedrāju-Pilkas	23	8	12	13
Gulbju-Platpirovas	40	34	11	13
EEDP ELNP	11	7	9	9
Kopā Total	142	97	13	15

Pētījumā galvenais bija noskaidrot kopīgās tendences, tādēļ pēc iegūtajiem rezultātiem noteikts, ka kopumā no 236 gadiem 28 gadi ir zīmīgi vismaz četrās teritorijās. Šajos gados (iekļautas arī vērtības, kas >20% un <-20%) parastā priede vairākās teritorijās uzrādīja vienādu augšanas reakciju – gadskārtu platuma palielināšanos vai samazināšanos (3.4. tabula). Visvairāk ar citām teritorijām kopīgo zīmīgo gadu ir Niedrāju-Pilkas purvā (25 zīmīgie gadi) un Gulbju-Platpirovas purvā (24 zīmīgie gadi) augošajām priedēm. Vismazāk kopīgo gadu ir Klāņu purvā (17 zīmīgie gadi) un kaļķainajā zāļu purvā EEDP (18 zīmīgie gadi).



3.4. attēls. Zīmīgo gadu intensitātes vērtības (virs 20% un zem -20% (ja zīmīgais gads ir raksturīgs vairāk kā trīs teritorijām), virs 40% un zem -40%) pētāmajās teritorijās: A) Klāņu purvs, B) Lielais Ķemeru tīrelis, C) Cenas tīrelis, D) Niedrāju-Pilkas purvs, E) Gulbju-Platpirovas purvs, F) kaļķainais zāļu purvs EEDP. Melnā krāsā atzīmētas zīmīgo gadu intensitātes vērtības, kas būtiskas vairāk kā trīs teritorijām.

Figure 3.4. Pointer-year intensity values (upper 20% and lower -20% (if pointer-year is common for more than three sites), upper 40% and lower -40%) at study sites: A) Klāņu Mire, B) Lielais Ķemeru Mire, C) Cena Mire, D) Niedrāju-Pilkas Mire, E) Gulbju-Platpirovas Mire, F) calciferous fen in ELNP. Pointer-year intensity values marked with black colour are significant more than for the three study sites.

Svarīgākie gadi, kuros parastā priede uzrāda nozīmīgu radiālo pieaugumu vairāk kā trīs teritorijās ir 1913., 1916., 1917., 1934.-1939., 1957., 1967., 1968., 1972. gads. Savukārt gadi, kuros novēro nozīmīgu parastās priedes radiālā pieauguma samazināšanos ir 1865.-1867., 1926., 1928.-1931., 1947.-1949., 1951., 1990., 2000., 2002. gads (3.4. attēls). Vissvarīgākie gadi, kas zīmīgi visās teritorijās ir 1930., 1931. un 1936. gads.

Kaļķainajā zāļu purvā EEDP augošām priedēm raksturīgi daži zīmīgie gadi, kuru intensitātes vērtības nav augstas un to vērtības zīme ir pretēja augstā purva teritoriju zīmīgo gadu intensitātes vērtībām. Kopumā tie ir seši zīmīgie gadi, no kuriem pozitīvas vērtības ir 1919. gadā un no 1988. līdz 1991. gadam, savukārt negatīvas vērtības ir 1917. gadā (3.4. attēls). Šajā teritorijā augošām priedēm būtiski bija vēl citi zīmīgie gadi, kuri augstā purva teritorijās nav būtiski. Kopumā tie ir divi zīmīgie gadi: pozitīvs – 1991. gads, negatīvs – 1956. gads.

Rezultātos, kas raksturo klimata ietekmi uz koku augšanu zīmīgajos gados, redzams, ka katrā teritorijā priedēm galvenokārt ir individuāla reakcija uz klimatu, jo īpaši gaisa temperatūru (3.5. tabula). Zīmīgie gadi būtiski korelē ar gaisa temperatūru un nokrišņu daudzumu vasaras mēnešos. Klāņu purva, Niedrāju-Pilkas purva un kaļķainā zāļu purva EEDP zīmīgajiem gadiem statistiski būtiski pozitīva korelācija ir ar augstu jūlija gaisa temperatūru. Augstai aprīļa gaisa temperatūrai ir negatīva korelācija ar Cenas tīreļa zīmīgajiem gadiem. Atšķirībā no pārējām teritorijām, Gulbju-Platpirovas purva zīmīgie gadi būtiski korelē ar iepriekšējā gada vidējo gaisa temperatūru – korelācija ir negatīva.

Augstajos purvos zīmīgo gadu intensitātes vērtības uzrāda negatīvu korelāciju ar lielu nokrišņu daudzumu augšanas periodā. Pretēja reakcija vērojama kaļķainajā zāļu purvā EEDP, kur zīmīgo gadu intensitātes vērtībām ir pozitīva korelācija ar lielu nokrišņu daudzumu jūlijā. Statistiski būtiska, pozitīva korelācija ir starp Lielā Ķemeru tīreļa, Cenas tīreļa un kaļķainā zāļu purva zīmīgo gadu intensitātes vērtībām un nokrišņu daudzumu februārī (3.5. tabula).

Analizējot klimata ietekmi uz koku augšanu zīmīgajos gados, kas ir būtiski vairāk kā trīs teritorijās, novērojamas daudz vairāk kopīgas reakcijas, jo īpaši gaisa temperatūru (3.6. tabula). Šo zīmīgo gadu intensitātes vērtībām ir būtiski pozitīva korelācija ar vidējo, maksimālo un minimālo gaisa temperatūru augšanas periodā (no jūnija līdz septembrim). Tikai Gulbju-Platpirovas purvā parastās priedes zīmīgo gadu intensitātes vērtībām ir būtiski negatīva korelācija ar aprīļa gaisa temperatūru un iepriekšējā gada vidējo gaisa temperatūru.

Nokrišņu ietekme nav tik vienozīmīga, jo katrā teritorijā zīmīgo gadu intensitātes vērtību korelācijas ar nokrišņu daudzumu ir atšķirīgas (3.6. tabula). Būtiski negatīva korelācija ir starp zīmīgo gadu intensitātes vērtībām un lielu nokrišņu daudzumu maijā (Klāņu purvā), jūlijā (Niedrāju-Pilkas purvā) un augšanas periodā (Lielajā Ķemeru tīrelī). Februāra nokrišņu summai ir pozitīva ar kaļķainajā zāļu purva EEDP zīmīgo gadu intensitātes vērtībām un aprīļa nokrišņu summai – ar Cenas tīreļa zīmīgajiem gadiem. Gulbju-Platpirovas purvā augošo priežu zīmīgo gadu intensitātes vērtībām nav statistiski būtisku korelāciju ne ar viena mēneša vai perioda nokrišņu summu.

3.5. tabula

Statistiski būtiskas korelācijas (Spīrmena korelācijas koeficients pie $\alpha=0,05$) starp būtiskām zīmīgo gadu intensitātes vērtībām (virs 40% vai zem -40%) un atbilstošo meteoroloģisko staciju klimatiskajiem faktoriem.

Table 3.5.

Case of statistically significant correlations (Spearman correlation coefficient at $\alpha=0,05$) between significant pointer-year intensity values (greater than 40% or less than -40%) and climatic factors at corresponding meteorological stations.

Pētāmā teritorija Study site	Vidējā gaisa temperatūra (°C) Mean air temperature (°C)						Maksimālā gaisa temperatūra (°C) Maximal air temperature (°C)					Minimālā gaisa temperatūra (°C) Minimal air temperature (°C)			Nokrišņu summa (mm) Precipitation sum (mm)				
	Marts March	Jūnijs June	Jūlijs July	Augusts August	IG PY	AP GP	Jūnijs June	Jūlijs July	Augusts August	Septembris September	Decembris December	Marts March	Jūlijs July	Augusts August	Februāris February	Maijs May	Jūnijs June	Jūlijs July	AP GP
Klāņu		0,50	0,60	0,53		0,51	0,74												-0,55
Lielais Ķemeru								0,54	0,61				0,46	0,38					-0,43
Cenas	-0,43							0,56			-0,51	-0,51		0,36					
Niedrāju-Pilkas			0,50										0,46					-0,45	
Gulbju-Platpirovas					-0,81														
EEDP ELNP													0,49	0,51				0,44	

Piezīme: IG – iepriekšējais gads, AP – augšanas periods (no maija līdz septembrim).

Note: PY – previous year, GP – growth period (from May till September).

3.6. tabula

Statistiski būtiskas korelācijas (Spīrmena korelācijas koeficients pie $\alpha=0,05$) starp būtiskajām zīmīgo gadu (sagrīt vismaz četrām teritorijām) intensitātes vērtībām un atbilstošo meteoroloģisko staciju klimatiskajiem faktoriem.

Table 3.6.

Case of statistically significant correlations (Spearman correlation coefficient at $\alpha=0,05$) between significant pointer-year (common at least for the four sites) intensity values and climatic factors at corresponding meteorological stations.

Pētāmā teritorija Study site	Vidējā gaisa temperatūra (°C) Mean air temperature (°C)							Maksimālā gaisa temperatūra (°C) Maximal air temperature (°C)				Minimālā gaisa temperatūra (°C) Minimal air temperature (°C)			Nokrišņu summa (mm) Precipitation sum (mm)				
	Aprīlis April	Jūnijs June	Jūlijs July	Augusts August	Septembris September	IG PY	AP GP	Jūnijs June	Jūlijs July	Augusts August	Septembris September	Februāris February	Jūlijs July	Augusts August	Februāris February	Aprīlis April	Maijs May	Jūlijs July	AP GP
Klāņu		0,58	0,62	0,60			0,69	0,66	0,58	0,58		0,58					-0,66		
Lielais Ķemeru			0,52	0,64	0,48		0,55	0,53	0,52	0,54	0,59	0,47		0,59					-0,46
Cenas															0,50				
Niedrāju-Pilkas		0,51	0,52					0,53					0,47					-0,53	
Gulbju-Platpirovas	-0,73						-0,94												
EEDP ELNP										0,54				0,62					

Piezīme: IG – iepriekšējais gads, AP – augšanas periods (no maija līdz septembrim).

Note: PY – previous year, GP – growth period (from May till September).

3.6. Saistība starp klimatiskajiem faktoriem un gadskārtu hronoloģijām

3.6.1. Hronoloģiju un vidējās gaisa temperatūras korelācijas

Analizējot korelāciju starp hronoloģijām un atbilstošās meteoroloģiskās stacijas vidējo gaisa temperatūru, noteikts, ka tikai Klāņu purva, Gulbju-Platpirovas purva, Niedrāju-Pilkas purva un kaļķainā zāļu purva EEDP hronoloģijas uzrāda statistiski būtisku korelāciju ar mēneša vai apkopotā perioda vidējo gaisa temperatūru. Katrai hronoloģijai ir atšķirīgas reakcijas uz mēnešu vai apkopoto periodu vidējo gaisa temperatūru un korelācijas koeficienti arī nav augsti. Augstākā būtiska korelācijas koeficienta vērtība ($r=0,38$) ir starp vidējo gaisa temperatūru iepriekšējā gada septembrī un Gulbju-Platpirovas purva hronoloģiju (3.7. tabula).

Niedrāju-Pilkas purva hronoloģijai statistiski būtiska korelācija ir ar iepriekšējā gada marta mēneša vidējo gaisa temperatūru. Gulbju-Platpirovas purva hronoloģijai ir statistiski būtiska korelācija tikai ar iepriekšējā gada un iepriekšējā gada septembra vidējo gaisa temperatūru. Šīs korelācijas ir negatīvas, norādot, ka augsta vidējā gaisa temperatūra negatīvi ietekmē parastās priedes radiālo pieaugumu. Klāņu purva hronoloģijai ir statistiski būtiska negatīva korelācija ar vidējo gaisa temperatūru janvārī, maijā un oktobrī. Savukārt kaļķainā zāļu purva EEDP hronoloģijai ir visvairāk statistiski būtisku korelāciju. Parastās priedes radiālo pieaugumu šajā teritorijā pozitīvi ietekmē vidējā gaisa temperatūra no februāra līdz aprīlim, jūlijā, kā arī nozīmīgas ir augstas augšanas gada, miera un augšanas periodu vidējās gaisa temperatūras (3.7. tabula).

3.7. tabula
 Statistiski būtiskas korelācijas (Pīrsona korelācijas koeficients pie $\alpha=0,05$) starp
 hronoloģijām un atbilstošo meteoroloģisko staciju vidējo gaisa temperatūru.

Table 3.7.
 Cases of statistically significant correlations (Pearson correlation coefficient at $\alpha=0,05$)
 between chronologies and mean air temperature at corresponding meteorological stations.

Klimatiskie faktori Climatic factors	Pētāmā teritorija Study site					
	Klāņu	Lielais Ķemeru	Cenas	Niedrāju-Pilkas	Gulbju-Platpirovas	EEDP ELNP
Janvāris January	-0,30					
Februāris February						0,23
Marts March						0,28
Aprīlis April						0,18
Maijs May	-0,25					
Jūlijs July						0,21
Oktobris October	-0,29					
Gada Annual						0,25
MP DP						0,22
AP GP						0,19
IG PY					-0,32	
IG marts PY March				0,25		
IG septembris PY September					-0,38	

Piezīme: MP – miera periods (no iepriekšējā gada oktobra līdz pētāmā gada maijam), AP – augšanas periods (no maija līdz septembrim), IG – iepriekšējais gads.

Note: DP – dormant period (from previous year October till May of observation year), GP – growth period (from May till September), PY – previous year.

3.6.2. Hronoloģiju un maksimālās gaisa temperatūras korelācijas

Maksimālās gaisa temperatūras ietekme uz parastās priedes radiālo augšanu purvā ir visai nozīmīga, jo visas analizē iekļautās hronoloģijas uzrāda statistiski būtisku korelāciju vismaz ar kāda mēneša vai apkopotā perioda maksimālo gaisa temperatūru (3.8. tabula). Lielā Ķemeru tīreļa un kaļķainā zāļu purva EEDP hronoloģijām ir visvairāk statistiski būtisku korelāciju. Augstākā būtiska korelācijas koeficienta vērtība ($r=0,33$) ir starp maksimālo gaisa temperatūru augšanas periodā un Lielā Ķemeru tīreļa hronoloģiju.

Niedrāju-Pilkas purva hronoloģijai ir statistiski būtiskā korelācija tikai ar maksimālo gaisa temperatūru janvārī un novembrī. Klāņu purva hronoloģijai statistiski būtiska korelācija ir ar janvāra, oktobra un iepriekšējā gada maksimālo gaisa temperatūru – tās ietekme ir negatīva. Savukārt augsta maksimālā gaisa temperatūra aprīlī, jūlijā un augustā pozitīvi korelē ar parastās priedes radiālo pieaugumu Cenas tīrelī (3.8. tabula).

Kā redzams 3.8. tabulā, parastās priedes reakcija uz mēneša maksimālo gaisa temperatūru vai apkopotajos periodos katrā teritorijā galvenokārt ir individuālas, tomēr starp dažām teritorijām novērojamas arī kopīgas iezīmes: 1) Cenas tīreļa un kaļķainā zāļu purva EEDP hronoloģijām ir pozitīva korelācija ar aprīļa maksimālo gaisa temperatūru; 2) Lielā Ķemeru tīreļa un Cenas tīreļa hronoloģijām – ar augusta maksimālo gaisa temperatūru; 3) Klāņu purva un kaļķainā zāļu purva EEDP hronoloģijām ir negatīva korelācija ar iepriekšējā gada maksimālo gaisa temperatūru. Augsta maksimālā gaisa temperatūra iepriekšējā gada augšanas periodā pozitīvi korelē ar parastās priedes radiālo pieaugumu Lielajā Ķemeru tīrelī

Atšķirībā no augstajiem purviem kaļķainajā zāļu purvā EEDP nozīmīga ir maksimālā gaisa temperatūra februāra un marta mēnešos (korelācija ir pozitīva), kā arī iepriekšējā gada septembra maksimālā gaisa temperatūra (korelācija ir negatīva) (3.8. tabula).

3.8. tabula

Statistiski būtiskas korelācijas (Pīrsona korelācijas koeficients pie $\alpha=0,05$) starp hronoloģijām un atbilstošo meteoroloģisko staciju maksimālo gaisa temperatūru.

Table 3.8.

Cases of statistically significant correlations (Pearson correlation coefficient at $\alpha=0,05$) between chronologies and maximal air temperature at corresponding meteorological stations.

Klimatiskie faktori Climatic factors	Pētāmā teritorija Study site				
	Klāņu	Lielais Ķemeru	Cenas	Niedrāju-Pilkas	EEDP ELNP
Janvāris January	-0,24			0,19	
Februāris February					0,24
Marts March					0,24
Aprīlis April			0,28		
Maijs May		0,26			
Jūlijs July			0,31		
Augusts August		0,22	0,23		
Septembris September		0,24			
Oktobris October	-0,19				
Novembris November				-0,20	
Gada Annual		0,29			
AP GP		0,33			
IG PY	-0,22				-0,21
IG septembris PY September					-0,23
IG AP PY GP		0,21			

Piezīme: AP – augšanas periods (no maija līdz septembrim), IG – iepriekšējais gads.

Note: GP – growth period (from May till September), PY – previous year.

3.6.3. Korelācija starp hronoloģijām un minimālo gaisa temperatūru

Lai noteiktu minimālās gaisa temperatūras ietekmi uz parastās priedes radiālo pieaugumu, veikta korelācija ar visām hronoloģijām, izņemot Gulbju-Platpirovas purva hronoloģiju (nebija pieejami minimālās gaisa temperatūras dati). Lielā Ķemeru tīreļa hronoloģijai ir visvairāk statistiski būtisku korelāciju (3.9. tabula). Cenas tīreļa hronoloģijai nav statistiski būtiskas korelācijas ne ar viena mēneša vai apkopotā perioda minimālo gaisa temperatūru. Klāņu purva hronoloģijai statistiski būtiska korelācija ir tikai ar iepriekšējā gada minimālo gaisa temperatūru septembrī un tā ir negatīva. Augstākā būtiskā korelācijas koeficienta vērtība ($r=0,40$) ir starp minimālo gaisa temperatūru jūlija mēnesī un kaļķainā zāļu purva EEDP hronoloģiju.

Trīs no piecām hronoloģijām uzrāda statistiski būtisku, pozitīvu korelāciju ar minimālo gaisa temperatūru februārī. Augsta minimālā gaisa temperatūra februārī ir būtiska priedēm Lielajā Ķemeru tīrelī, Niedrāju-Pilkas purvā un kaļķainajā zāļu purvā EEDP. Gada un augšanas perioda minimālā gaisa temperatūra ir nozīmīga priedēm, kas aug Lielajā Ķemeru tīrelī un kaļķainajā zāļu purvā EEDP. Savukārt minimālā gaisa temperatūra decembrī ir būtiska priedēm, kas aug Lielajā Ķemeru tīrelī un Niedrāju-Pilkas purvā. Miera perioda minimālā gaisa temperatūra nozīmīga Niedrāju-Pilkas purvā un kaļķainajā zāļu purvā EEDP augošām priedēm (3.9. tabula).

Lielā Ķemeru tīreļa hronoloģija statistiski būtiski korelē arī ar minimālo gaisa temperatūru jūnijā, iepriekšējā gadā, iepriekšēja gada maija un jūnija mēnešos, kā arī iepriekšējā gada augšanas periodā kopumā (3.9. tabula). Savukārt kaļķainā zāļu purva EEDP hronoloģijai ir statistiski būtiska korelācija ar minimālo gaisa temperatūru marta, jūlija un augusta mēnešos. Korelācijas abos gadījumos ir pozitīvas.

3.9. tabula

Statistiski būtiskas korelācijas (Pīrsona korelācijas koeficients pie $\alpha=0,05$) starp hronoloģijām un atbilstošo meteoroloģisko staciju minimālo gaisa temperatūru.

Table 3.9.

Cases of statistically significant correlations (Pearson correlation coefficient at $\alpha=0,05$) between chronologies and minimal air temperature at corresponding meteorological stations.

Klimatiskie faktori Climatic factors	Pētāmā teritorija Study site				
	Klāņu	Lielais Ķemeru	Cenas	Niedrāju-Pilkas	EEDP ELNP
Februāris February		0,23		0,23	0,26
Marts March					0,28
Jūnijs June		0,29			
Jūlijs July					0,40
Augusts August					0,24
Decembris December		0,23		0,21	
Gada Annual		0,23			0,32
MP DP				0,21	0,26
AP GP		0,32			0,33
IG PY		0,19			
IG maijs PY May		0,33			
IG jūnijs PY June		0,22			
IG AP PY GP		0,20			

Piezīme: MP – miera periods (no iepriekšējā gada oktobra līdz pētāmā gada maijam), AP – augšanas periods (no maija līdz septembrim), IG – iepriekšējais gads.

Note: DP – dormant period (from previous year October till May of observation year), GP – growth period (from May till September), PY – previous year.

3.6.4. Hronoloģiju un nokrišņu summu korelācijas

Nokrišņu ietekme uz parastās priedes radiālo augšanu purvā ir nozīmīga, jo visas analizē iekļautās hronoloģijas uzrāda statistiski būtisku korelāciju vismaz ar kāda mēneša vai apkopotā perioda nokrišņu summu (3.10. tabula). Salīdzinājumā ar citu teritoriju hronoloģijām, visvairāk statistiski būtisku saistību ar nokrišņu daudzumu ir Gulbju-Platpirovas purva hronoloģijai – septiņiem faktoriem. Arī augstākā būtiskā korelācijas koeficienta vērtība ($r=0,45$) ir starp šo hronoloģiju un gada nokrišņu daudzumu.

Četras no sešām hronoloģijām uzrāda statistiski būtisku korelāciju ar iepriekšējā gada maija mēneša nokrišņu summu – liels nokrišņu daudzums negatīvi korelē ar parastās priedes radiālo pieaugumu (3.10. tabula). Dažām hronoloģijām ir novērojamas kopīgas reakcijas, piemēram: 1) liels nokrišņu daudzums jūlijā ir būtisks priedēm Lielajā Ķemeru tīrelī un Gulbju-Platpirovas purvā; 2) liela gada nokrišņu summa korelē ar parastās priedes radiālo pieaugumu Gulbju-Platpirovas purvā un kaļķainajā zāļu purvā EEDP. Tomēr parastās priedes reakcija uz nokrišņu daudzumu katrā teritorijā ir individuāla, piemēram, liels nokrišņu daudzums janvārī negatīvi korelē ar parastās priedes radiālo pieaugumu Klāņu purvā un jūlija mēnesī – Lielajā Ķemeru tīrelī. Gulbju-Platpirovas purva hronoloģijai ir statistiski būtiska saistība arī ar maija, jūnija un oktobra nokrišņu summu – tā ir pozitīva.

Kaļķainā zāļu purva hronoloģijai ir statistiski būtiska korelācija ar visa gada nokrišņu summu, nokrišņu summu augšanas periodā, iepriekšējā gada maija un jūnija mēnešos un iepriekšējā gadā kopumā (3.10. tabula).

3.10. tabula
 Statistiski būtiskas korelācijas (Pīrsona korelācijas koeficients pie $\alpha=0,05$) starp hronoloģijām un atbilstošo meteoroloģisko staciju nokrišņu summu.

Table 3.10.
 Cases of statistically significant correlations (Pearson correlation coefficient at $\alpha=0,05$) between chronologies and precipitation sum at corresponding meteorological stations.

Klimatiskie faktori Climatic factors	Pētāmā teritorija Study site					
	Klāņu	Lielais Ķemeru	Cenas	Niedrāju-Pilkas	Gulbju-Platpirovas	EEDP ELNP
Janvāris January	-0,24					
Marts March			-0,17	0,23		
Maijs May					0,32	
Jūnijs June					0,34	
Jūlijs July		-0,15				
Oktobris October					0,26	
Gada Annual					0,45	
AP GP					0,41	
IG PY						-0,30
IG maijs PY May	-0,27	-0,14			-0,28	-0,24
IG jūnijs PY June						-0,25
IG jūlijs PY July		0,18			0,29	

Piezīme: AP – augšanas periods (no maija līdz septembrim), IG – iepriekšējais gads.

Note: GP – growth period (from May till September), PY – previous year.

3.6.5. Atbildes funkcijas un daudzfaktoru regresijas analīze

Salīdzinot ar rezultātiem, kas iegūti veicot vienkārši korelācijas analīzi, atbildes funkcijas analīzē būtisko faktoru skaits ir daudz mazāks. Kopumā no 44 klimatiskajiem faktoriem (iepriekšējā un analizējamā gada mēnešu un apkopoto periodu vidējā, maksimālā, minimālā temperatūra un nokrišņu summa), kas bija iekļauti atbildes funkcijas analīzē, 23 faktoriem ir statistiski būtisku saistība ar kādu no hronoloģijām (3.11. tabula). Korelācijas koeficienti ir zemi. Augstākā būtiskā korelācijas koeficienta vērtība ($r=0,32$) ir starp Gulbju-Platpirovas purva hronoloģiju un iepriekšējā gada vidējo gaisa temperatūru. Savukārt zemākā būtiskā korelācijas koeficienta vērtība ($r=0,11$) ir starp kaļķainā zāļu purva EEDP hronoloģiju un gada nokrišņu summu. Kaļķainā zāļu purva EEDP hronoloģijai ir lielākais skaits statistiski būtisku korelāciju ar klimatiskajiem faktoriem – astoņiem faktoriem. Lielā Ķemeru tīreļa un Cenas tīreļa hronoloģijām ir mazākais skaits – tikai ar diviem klimatiskajiem faktoriem. Kaļķainā zāļu purva hronoloģijai atbildes funkcijas analīzē uzrādās statistiski būtiskas saistības ar trīs klimatiskajiem faktoriem, kas nebija būtiski vienkāršajā korelācijas analīzē – maksimālo gaisa temperatūru aprīlī ($r=0,23$), gada nokrišņu summu ($r=0,11$) un nokrišņu summu augšanas periodā ($r=0,21$).

Kopumā novērtējot iegūtos rezultātus, nav iespējams izdalīt kādu konkrētu faktoru, kas būtu nozīmīgākais visām teritorijām, jo saistības ar klimatu starp hronoloģijām galvenokārt ir dažādas. Tomēr starp hronoloģijām vērojamas arī dažas kopīgas saistības ar klimatu, piemēram, Cenas tīreļa un kaļķainā zāļu purva hronoloģijām ir statistiski būtiska korelācija ar maksimālo gaisa temperatūru aprīlī. Visvairāk kopīgu reakciju hronoloģijām ir ar nokrišņu daudzumu. Liela gada un augšanas perioda nokrišņu summa pozitīvi ietekmē parastās priedes radiālo pieaugumu Gulbju-Platpirovas purvā un kaļķainajā zāļu purvā EEDP. Liels nokrišņu daudzums iepriekšējā gada maija mēnesī negatīvi ietekmē radiālo pieaugumu priedēm Klāņu purvā un kaļķainajā zāļu purvā EEDP. Savukārt pozitīva korelācija ir starp Lielā Ķemeru tīreļa un Gulbju-Platpirovas purva hronoloģijām un lielu nokrišņu daudzumu iepriekšējā gada jūlijā (3.11. tabula).

Veicot daudzfaktoru regresijas analīzi, noteikts, ka ne visi atbildes funkcijas faktori ir statistiski būtiski regresori, kas izskaidro hronoloģiju vērtību variēšanu. Piemēram, no sešiem būtiskajiem faktoriem, Klāņu purva hronoloģijas vērtību variēšanu izskaidro tikai trīs no tiem – vidējā gaisa temperatūra janvārī, minimālā gaisa temperatūra septembrī un nokrišņu summa iepriekšējā gada maijā (3.11. tabula).

3.11. tabula

Atbildes funkcijas statistiski būtiskas korelācijas starp hronoloģijām un atbilstošo meteoroloģisko staciju klimatiskiem faktoriem. Regresijas analīzē iekļautie klimatiskie faktori un to izskaidrotā hronoloģiju vērtību variācijas daļa (%).

Table 3.11.

Response function statistically significant correlations of between chronologies and climatic factors at corresponding meteorological stations. Climatic factors used for the regression analysis and part of chronology values variation (%) explained by these factors.

Klimatiskie faktori Climatic factors		Pētāmā teritorija Study site					
		Klāņu	Lielais Ķemeru	Cenas	Niedrāju- Pilkas	Gulbju- Platpirovas	EEDP ELNP
Vidējā gaisa temperatūra Mean air temperature	Janvāris January	-0,22*					
	Februāris February						0,12
	Maijs May	-0,23					
	Oktobris October	-0,25					
	IG PY					-0,32*	
	IG marts PY March				0,24*		
	IG septembris PY September					-0,27	
Maksimālā gaisa temperatūra Maximal air temperature	Aprīlis April			0,24*			0,23
	Jūlijs July			0,22*			
	Novembris November				-0,18		
Minimālā gaisa temperatūra Minimal air temperature	Jūlijs July						0,25*
	Gada Annual						0,14
	MP DP				0,15		
	IG maijs PY May		0,23*				
	IG septembris PY September	-0,26*					

3.11. tabulas turpinājums.
Table 3.11. continuation.

Klimatiskie faktori Climatic factors		Pētāmā teritorija Study site					
		Klāņu	Lielais Ķemeru	Cenas	Niedrāju- Pilkas	Gulbju- Platpirovas	EEDP ELNP
Nokrišņu summa Precipitation sum	Janvāris January	-0,20					
	Marts March				0,18		
	Jūnijs June					0,27	
	Gada Annual					0,22*	0,11
	AP GP					0,22	0,21*
	IG PY						-0,31*
	IG maijs PY May	-0,23*					-0,20
	IG jūlijs PY July		0,20			0,22	
Iskaidrotā variēšanas daļa (%) Explained variation (%)		22,5	10,1	17,4	6,5	32,1	25,0

Piezīme: MP – miera periods (no iepriekšējā gada oktobra līdz pētāmā gada maijam), AP – augšanas periods (no maija līdz septembrim), IG – iepriekšējais gads, * – regresijas analizē iekļautie klimatiskie faktori.

Note: DP – dormant period (from previous year October till May of observation year), GP – growth period (from May till September), PY – previous year, * – climatic factors used for the regression analysis.

Arī kaļķainā zāļu purva EEDP hronoloģijas vērtību variēšanas izskaidrošanai, regresijas modelī ir iekļauti trīs faktori, kuru ietekme ir būtiska. Savukārt Lielā Ķemeru tīreļa un Niedrāju-Pilkas purva hronoloģijas vērtību variēšanu statistiski būtiski ietekmē tikai viens faktors, iespējams, tāpēc arī izskaidrotā variēšanas daļa šīm abām hronoloģijām ir mazākā – attiecīgi 10,1% un 6,5% (3.11. tabula).

3.6.6. Hronoloģiju un klimatisko faktoru saistību izmaiņas

Izmantojot programmu DENDROCLIM 2002, aprēķināta hronoloģiju un gaisa temperatūras un nokrišņu daudzuma saistību izmaiņa laikā. Saistība bija mainīga visu analizējamo laika periodu. Parastās priedes reakcija uz klimatu dažos laika periodos ir bijusi lokāla, savukārt ir bijuši laika periodi, kad ietekme ir bijusi daudz plašākā mērogā, t. i., kad divām vai vairāk hronoloģijām uzrādās būtiska saistība ar kādu no faktoriem (9. līdz 24. pielikums). Jāatzīst, ka gan gaisa temperatūra, gan nokrišņu daudzums kā būtiski faktori daudzos mēnešos bija ļoti īsus periodus, iespējams, vairāk norādot uz nejaušību.

3.6.6.1. Hronoloģiju un gaisa temperatūras saistību izmaiņas

Izvērtējot janvāra gaisa temperatūras mainību, redzams, ka līdz 1950-tiem gadiem tā ir būtiska tikai Niedrāju-Pilkas purvā (laikā no 1928. līdz 1988. gadam), taču pārējās teritorijās tās ietekme ir nebūtiska (12. pielikums). Savukārt sākot ar 1950-tiem gadiem tā pamazām palielinās un līdz ar to būtiski, negatīvi ietekmējot parastās priedes radiālo pieaugumu Klāņu purvā, Lielajā Ķemeru tīrelī, Gulbju-Platpirovas purvā un kaļķainajā zāļu purvā EEDP. Ietekmes ilgums katrā teritorijā ir atšķirīgs, piemēram, Klāņu purvā būtiska ir maksimālā un vidējā gaisa temperatūra laikā no 1964. līdz 2005. gadam, Lielajā Ķemeru tīrelī būtiska ir minimālā un vidējā gaisa temperatūra laikā no 1961. līdz 1996. gadam, Gulbju-Platpirovas purvā būtiska ir vidējā gaisa temperatūra laikā no 1958. līdz 1997. gadam un kaļķainajā zāļu purvā EEDP būtiska ir minimālā gaisa temperatūra laikā no 1957. līdz 1993. gadam.

Atšķirībā no janvāra gaisa temperatūras, februāra un marta gaisa temperatūras ietekme ir būtiska laikā, kad tā bija zemāka, t. i., līdz 1950-tiem gadiem (13., 14. pielikums). Tai paaugstinoties, korelācija starp hronoloģijām un šo mēnešu temperatūrām samazinājās vai vispār vairs nebija būtiska. Lielā Ķemeru tīreļa hronoloģijai ir būtiski pozitīva korelācija ar februāra vidējo un minimālo gaisa temperatūru laikā no 1924. gada līdz 1987. gadam un marta vidējo gaisa temperatūru laikā no 1946. līdz 1981. gadam. Niedrāju-Pilkas purva un kaļķainā zāļu purva hronoloģijām ir būtiska korelācija ar februāra un marta maksimālo, minimālo un vidējo gaisa temperatūru. Niedrāju-Pilkas purvā īsāku vai garāku laika posmu šie faktori ir būtiski no 1940-tiem līdz 1990-tiem gadiem. Savukārt kaļķainajā zāļu purvā februāra gaisa temperatūras ietekme bija laikā no 1911. gada līdz 1970-tiem gadiem. Marta vidējās gaisa temperatūras ietekme bija laikā no 1920-tiem gadiem līdz 1990-to gadu vidum un marta maksimālās un minimālās gaisa temperatūra bija būtiska laikā no 1920-to gadu beigām līdz 1970-to gadu beigām. Visas aprakstītās

korelācijas ir pozitīvas, izņemot Klāņu purva hronoloģijai ir negatīva korelācija ar februāra maksimālo gaisa temperatūru laikā no 1920-tiem gadiem līdz 1960-tiem gadiem.

Aprīļa gaisa temperatūrai ir būtiska korelācija ar Lielā Ķemeru tīreļa, Cenas tīreļa un Niedrāju-Pilkas purva hronoloģijām (15. pielikums). Aprīļa minimālās gaisa temperatūras saistība ar Lielā Ķemeru tīreļa hronoloģiju ir mainīga – laikā no 1931. līdz 1966. gadam korelācija ir negatīva, savukārt no 1987. līdz 1994. gadam korelācija ir pozitīva. Cenas tīrelī parastās priedes radiālo pieaugumu būtiski ietekmē aprīļa maksimālā temperatūra no 1941. līdz 1999. gadam un aprīļa vidējā temperatūra no 1956. līdz 1989. gadam. Niedrāju-Pilkas purvā parastās priedes radiālo pieaugumu būtiski ietekmē aprīļa minimālā gaisa temperatūra laikā no 1945. līdz 1989. gadam.

Klāņu purva, Lielā Ķemeru tīreļa, Niedrāju-Pilkas purva un kaļķainā zāļu purva EEDP hronoloģijām ir būtiska korelācija ar jūlija gaisa temperatūru (18. pielikums). Kaļķainā zāļu purvā EEDP augošām priedēm jūlija vidējā gaisa temperatūra pozitīvi korelē ar radiālo pieaugumu 20. gs. sākumā līdz 1950-to gadu beigām, taču pārējām teritorijām korelācija bija ilgāku laiku, piemēram, Klāņu purvam no 1945. līdz 1979. gadam, Lielajam Ķemeru tīrelim no 1948. līdz 1980. gadam, Niedrāju-Pilkas purvam no 1933. līdz 1975. gadam. Sakot ar 1920-to gadu beigām, jūlija minimālā gaisa temperatūra nedaudz pazeminājās un kļuva būtiska priedēm Lielajā Ķemeru tīrelī, Niedrāju-Pilkas purvā un kaļķainajā zāļu purvā EEDP. Lielajā Ķemeru tīrelī šis klimatiskais faktors bija būtisks no 1937. līdz 1987. gadam, Niedrāju-Pilkas purvā no 1933. līdz 1975. gadam, bet kaļķainajā zāļu EEDP sākot no 1929. gada.

Sākot ar 1920-to gadu beigām līdz 1980-to gadu sākumam novērojama augusta temperatūras, jo īpaši minimālās temperatūras, pazemināšanās. Tas būtiski ietekmēja parastās priedes radiālo pieaugumu Lielā Ķemeru tīrelī, Cenas tīrelī, Niedrāju-Pilkas purvā un kaļķainajā zāļu purvā EEDP (19. pielikums). Augsta augusta maksimālā, minimālā un vidējā gaisa temperatūra būtiski pozitīvi korelē ar Lielā Ķemeru tīreļa hronoloģiju laikā no 1924. līdz 1993. gadam. Šajā pašā laika posmā tikai līdz 1970-to gadu sākumam augsta vidējā un minimālā gaisa temperatūra pozitīvi korelē ar parastās priedes radiālo pieaugumu arī Niedrāju-Pilkas purvā. Savukārt laikā no 1930-tiem gadiem līdz 1960-to gadu beigām augsta augusta minimālā gaisa temperatūra korelē ar Cenas tīreļa un kaļķainā zāļu purva EEDP hronoloģijām.

Visu analizējamo laika periodu iepriekšējā gada oktobra vidējās gaisa temperatūras negatīvā korelācija ar parastās priedes radiālo pieaugumu Klāņu purvā bija relatīvi stabila (9. pielikums). Savukārt Cenas tīreļa hronoloģijai ir būtiski negatīva korelācija ar oktobra

minimālo gaisa temperatūru no 1927. līdz 1985. gadam, bet Niedrāju-Pilkas hronoloģijai būtiski negatīva korelācija ar oktobra maksimālo gaisa temperatūru sākot no 1971. gada.

Iepriekšējā gada novembra gaisa temperatūras ietekme ir vairāk lokālā, taču laikā no 1928. līdz 1971. gadam novembra maksimālā gaisa temperatūra pozitīvi korelē ar Klāņu purva un Niedrāju-Pilkas purva hronoloģijām (10. pielikums).

Iepriekšējā gada decembra, augšanas gada maija, jūnija un septembra gaisa temperatūras korelācija ar hronoloģijām ir lokāli būtiska (11., 16., 17., 20. pielikums) un neviena no hronoloģijām neuzrādīja būtiskas korelācijas ar maksimālo gaisa temperatūru maija un jūnija mēnešos (16., 17. pielikums).

Noteikts, ka korelācija starp hronoloģijām un gaisa temperatūru apkopotajos periodos bija būtiska tikai noteiktos laika periodos. No apkopotajiem periodiem gada gaisa temperatūra ir būtiska priedēm Lielajā Ķemeru tīrelī, Niedrāju-Pilkas purvā un kaļķainajā zāļu purvā EEDP. Lielajā Ķemeru tīrelī augošām priedēm ir būtiska korelācija ar maksimālo un vidējo gaisa temperatūru. Niedrāju-Pilkas purvā augošām priedēm ar maksimālo, minimālo un vidējo gaisa temperatūru laikā no 1940-to gadu sākuma līdz 1990-to gadu sākumam. Savukārt kaļķainā zāļu purva EEDP hronoloģijai ir būtiska korelācija ar gada vidējo gaisa temperatūru laikā no 1912. līdz 1982. gadam un minimālo gaisa temperatūru no 1930. līdz 1972. gada sākumam (21. pielikums). Iepriekšējā gada gaisa temperatūrai ir negatīva korelācija ar Cenas tīreļa, Gulbju-Platpirovas purva un kaļķainā zāļu purva hronoloģijām laikā no 1940-to gadu vidus līdz 1980-tiem gadiem (22. pielikums). Izteikti lokāla ietekme uz parastās priedes radiālo pieaugumu ir gaisa temperatūrai miera periodā un augšanas periodā (23., 24. pielikums).

3.6.6.2. Hronoloģiju un nokrišņu summas saistību izmaiņas

Analizējot nokrišņu ietekmi un tās izmaiņas laikā, iegūtajos rezultātos redzams, ka šī klimatiskā faktora ietekme uz parastās priedes radiālo pieaugumu purvos bija mazāk stabila un vairāk lokāla. Rezultātos, kas atspoguļo janvāra nokrišņu summas ietekmes būtiskumu analizējamajos periodos, redzams, ka nav kopīgu, būtisku periodu starp teritorijām. Vienīgi pēc Klāņu purva, Lielā Ķemeru tīreļa un Cenas tīreļa hronoloģiju saistības ar šo klimatisko faktoru, vērojamas tendences, kas norāda, ka liels nokrišņu daudzums janvārī negatīvi korelē ar parastās priedes radiālo pieaugumu tad, ja ir augsta janvāra vidējā gaisa temperatūra un otrādi (12. pielikums). Savukārt nokrišņu daudzums februārī bija būtisks tikai kaļķainajā zāļu purvā EEDP augošajām priedēm laika periodā no 1910. gada līdz 1957. gadam (13. pielikums).

Marta nokrišņu summas ietekmes būtiskums uz parastās priedes radiālo pieaugumu Lielajā Ķemeru tīrelī bija mainīgs. Laikā no 1880. līdz 1921. gadam korelācija bija negatīva, taču līdz 1960-to gadu sākumam – pozitīva (14. pielikums). Savukārt liels nokrišņu daudzums martā pozitīvi korelēja ar Niedrāju-Pilkas purvā augošās priedes hronoloģiju laikā no 1940. līdz 1989. gadam.

Aprīļa nokrišņu summas ietekme bija lokāli būtiska dažādos laika periodos. Korelācija ar Klāņu purva hronoloģiju un Cenas tīreļa hronoloģiju ir pozitīva periodos, kad novērojama gan gaisa temperatūras, gan nokrišņu summas paaugstināšanās. Savukārt Lielajā Ķemeru tīrelī korelācija ir negatīva laikā no 1922. līdz 1964. gadam (15. pielikums).

Liels nokrišņu daudzums maijā negatīvi korelē ar priežu augšanu Cenas tīrelī un kaļķainajā zāļu purvā EEDP 20. gs. sākumā. Savukārt sākot no 1950-tiem gadiem, kad vērojamas gaisa temperatūras paaugstināšanās, garāku vai īsāku periodu nokrišņu daudzums maijā ir būtisks Lielajā Ķemeru tīrelī, Niedrāju-Pilkas purvā un Gulbju-Platpirovas purvā augošām priedēm (16. pielikums).

Jūnija nokrišņu summa negatīvi korelē ar Klāņu purva hronoloģiju un daudz garāku laika periodu ar Lielā Ķemeru tīreļa hronoloģiju (17. pielikums). Lielā Ķemeru tīreļa hronoloģijai ir negatīva korelācija arī ar jūlija nokrišņu summu laikā no 1880-to gadu sākuma līdz 1920-tiem gadiem (18. pielikums). Savukārt šis klimatiskais faktors 20. gs. otrā pusē, kad novēroja gaisa temperatūras pazemināšanos, pozitīvi ietekmēja parastās priedes radiālo pieaugumu Klāņu purvā un kaļķainajā zāļu purvā EEDP.

Augusta nokrišņu summas ietekme 19. gs. otrā pusē Lielajā Ķemeru tīrelī bija negatīva. Tāpat arī Cenas tīrelī šī klimatiskā faktora ietekme sākot no 1900-to gadu sākuma līdz 1950-tiem gadiem bija negatīva. Savukārt kaļķainā zāļu purva EEDP hronoloģijai ir pozitīva korelācija ar augusta nokrišņu daudzumu laikā no 1932. līdz 2002. gadam (19. pielikums).

Iepriekšējā gada decembrī un augšanas gada septembrī nokrišņu summas ietekme dažādos laika periodos un teritorijās bija dažāda – nav kopīgu ietekmes periodu (11., 20. pielikums). Vienīgi laikā no 1880. līdz 1900-to gadu sākumam Lielajā Ķemeru tīrelī un Cenas tīrelī septembra nokrišņu summas ietekme bija būtiska, bet ar dažādu ietekmi (20. pielikums). Vēlākā laika posmā līdz 1950-tiem gadiem šī faktora korelācija ar parastās priedes radiālo pieaugumu Lielajā Ķemeru tīrelī mainījās uz negatīvu. Sākot no 1950. gada arī Klāņu purvā augsta septembra nokrišņu summa negatīvi korelēja ar radiālo pieaugumu. Savukārt kaļķainā zāļu purva hronoloģijai pozitīva korelācija ir ar šo klimatisko faktoru

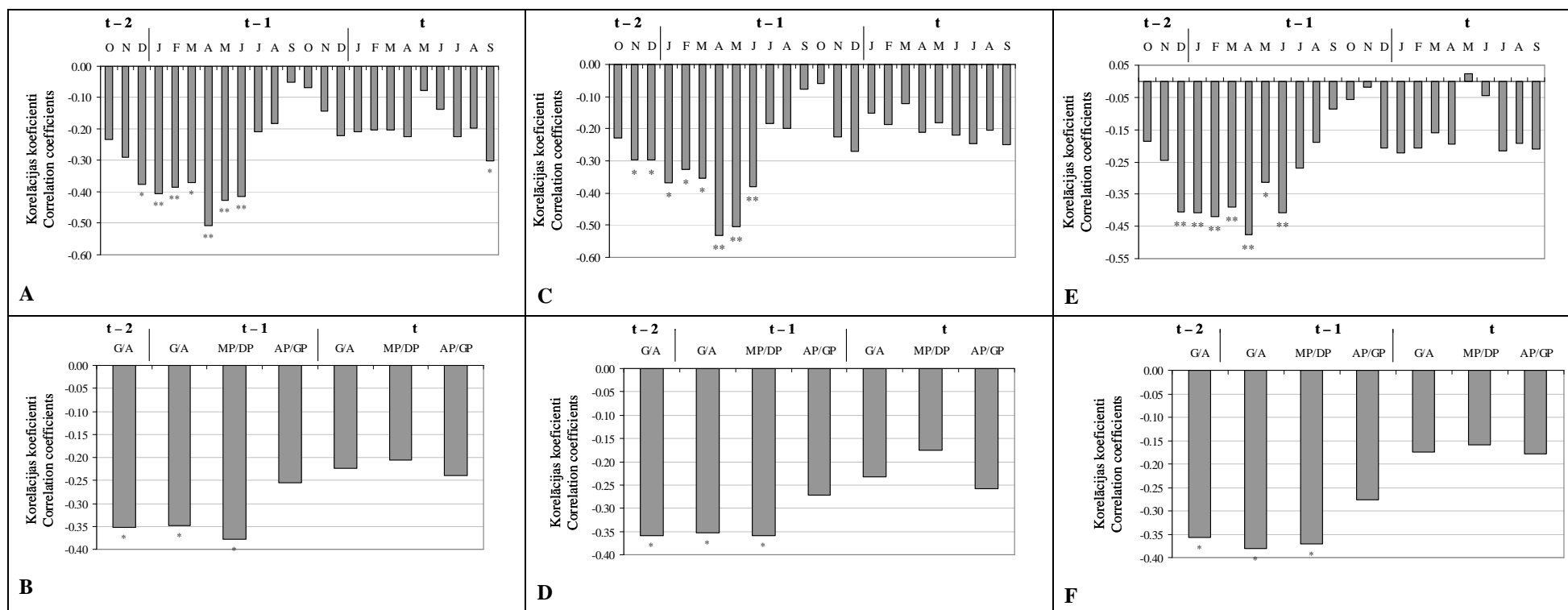
laikā no 1929. līdz 1976. gadam. Iepriekšējā gada decembra nokrišņu summa Lielajā Ķemeru tīrelī un Cenas tīrelī bija būtiska īsu laika periodu, taču šī faktora ietekme bija būtiska daudz garāku laiku Niedrāju-Pilkas purvā (11. pielikums). Tā ietekme 1930-to gadu sākumā bija negatīva, taču 1950-tos gados tās ietekme kļuva pozitīva.

Gada nokrišņu summa ir būtisks klimatiskais faktors sākot no 1930-to gadu sākuma līdz 1990-tiem gadiem (21. pielikums). Šajā laika periodā korelācija ar hronoloģijām ir pozitīva, izņemot ar Klāņu purva hronoloģiju, kur laikā no 1965. līdz 2004. gadam korelācija ir negatīva. Liels nokrišņu daudzums iepriekšējā gadā nelabvēlīgi ietekmēja parastās priedes radiālo pieaugumu 20. gs. pirmajā pusē Lielajā Ķemeru tīrelī, kaļķainajā zāļu purvā EEDP un īsus periodus Cenas tīrelī (22. pielikums). Iepriekšējā gada nokrišņu summai bija pozitīva korelācija ar Cenas tīreļa hronoloģiju laikā no 1863. līdz 1921. gadam. Šajā laikā novērojama nokrišņu daudzuma palielināšanās. Nokrišņu summa augšanas periodā bija būtiska īsāku vai garāku laika periodu Lielajā Ķemeru tīrelī, Cenas tīrelī, Gulbju-Platpirovas purvā, kaļķainajā zāļu purvā EEDP (24. pielikums). Iepriekšējā gada oktobra, iepriekšējā gada novembra un miera perioda nokrišņu summa bija būtiska īsus laika periodus un tās ietekme bija galvenokārt lokāla (9., 10., 23. pielikums).

3.7. Parastās priedes radiālā pieauguma saistība ar purva gruntsūdens līmeni Lielajā Ķemeru tīrelī

Korelācija starp purva gruntsūdens līmeņa datiem un Lielā Ķemeru tīreļa hronoloģiju uzrāda, ka augsts gruntsūdens līmenis negatīvi ietekmē parastās priedes radiālo pieaugumu (3.5. attēls). Vidējais gruntsūdens līmenis septembrī ir vienīgais faktors, kas būtiski ietekmē parastās priedes radiālo pieaugumu augšanas gadā, savukārt īpaši nozīmīgs ir purva hidroloģiskais režīms iepriekšējos gados. Tieši iepriekšējo gadu vidējais, maksimālais un minimālais gruntsūdens līmenis no decembra līdz jūnijam ir visnozīmīgākais. Pēc iegūtajiem rezultātiem redzams, ka hronoloģijai visciešākā saistība ir ar maksimālo gruntsūdens līmeni iepriekšējā gada aprīlī ($r=-0,53$). Šis faktors būtiski izskaidro 28,4% no gadskārtu platuma variācijas. Visaugstākā korelācijas koeficienta vērtība ($r=-0,38$) ir ar minimālo gruntsūdens līmeni visā iepriekšējā gadā un iepriekšējā gada vidējo gruntsūdens līmeni miera periodā.

Novērtējot gruntsūdens līmeņa un parastās priedes radiālā pieauguma izmaiņas analizējamā laika periodā (no 1949. līdz 1990. gadam), redzams, ka no 1952. līdz 1973. gadam radiālais pieaugums priedei palielinājās, savukārt purva hidroloģiskajos procesos novērojama pretēja reakcija – gruntsūdens līmenis samazinājās (25. līdz 27. pielikums).



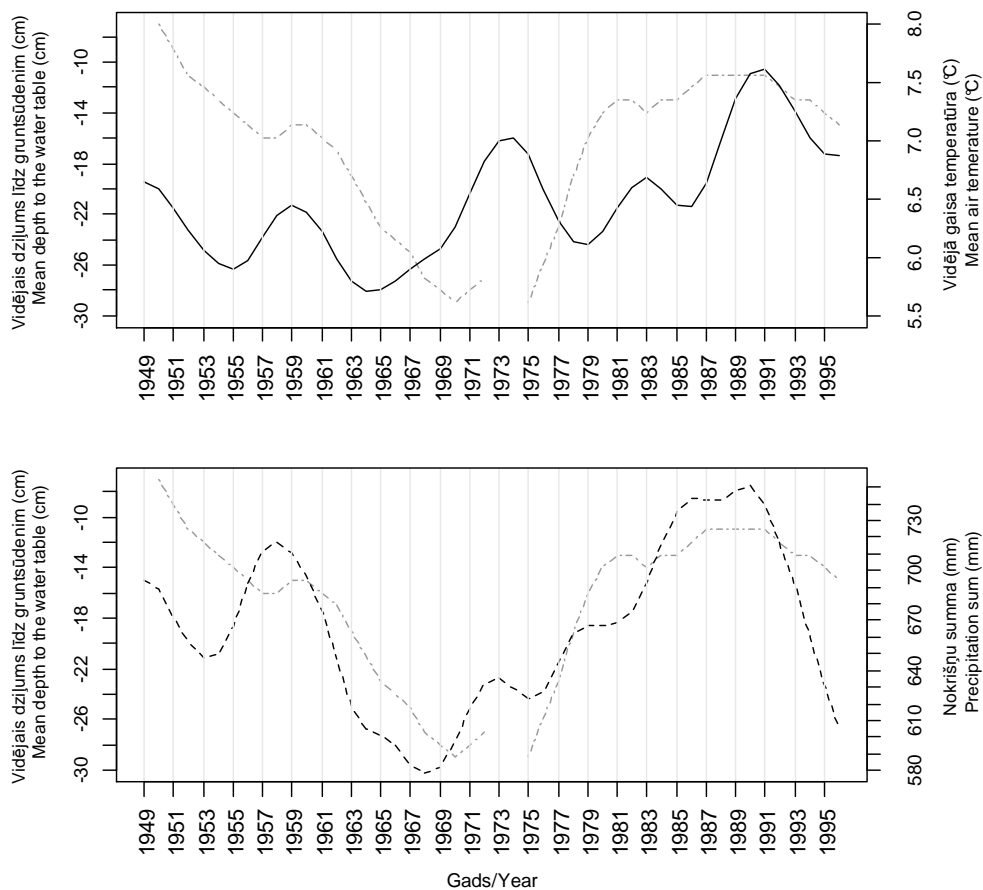
3.5. attēls. Gruntsūdens līmeņa ietekme uz parastās priedes radiālo pieaugumu Lielajā Ķemeru tīrelī augšanas gadā (t) un divos iepriekšējos gados ($t - 1$, $t - 2$). Korelācija ar: A) ikmēneša vidējo ūdens līmeni, B) vidējo ūdens līmeni apkopotajos periodos, C) ikmēneša maksimālo ūdens līmeni, D) maksimālo ūdens līmeni apkopotajos periodos, E) ikmēneša minimālo ūdens līmeni, F) minimālo ūdens līmeni apkopotajos periodos.

Piezīme: * – statistiski būtiska korelācija pie $\alpha=0,05$, ** – statistiski būtiska korelācija pie $\alpha=0,01$. G – gads, MP – miera periods, AP – augšanas periods.

Figure 3.5. The water table influence on radial growth of Scots pine on Lielais Ķemeru Mire at growth year (t) and up to two previous years ($t - 1$, $t - 2$). Correlation between chronology and: A) monthly mean water table, B) period mean water table, C) monthly maximal water table, D) period maximal water table, E) monthly minimal water table, F) period minimal water table.

Note: * – correlation statistically significant at $\alpha=0,05$, ** – correlation statistically significant at $\alpha=0,01$. A – annual, DP – dormant period, GP – growth period.

Savukārt pēc 1973. gada, ūdens līmenim kļūstot augstākam, arī parastās priedes reakcija izmainās – vērojama radiālā pieauguma samazināšanās. Laikā no 1961. gada līdz 1972. gadam purva gruntsūdens līmeņa samazināšanās bija ļoti strauja. Analizējot šo izmaiņu saistību ar Rīgas meteoroloģiskās stacijas gada vidējās gaisa temperatūras un gada nokrišņu summu izmaiņām ilgtermiņā, noteikts, ka abu faktoru ietekme bija būtiska, tomēr lielāka ietekme ir bijusi gada nokrišņu summai, jo korelācijas koeficienta vērtība ir augstāka ($r=0,75$), nekā gada vidējai gaisa temperatūrai ($r=0,36$). Iegūtais rezultāts ir labi redzams arī 3.6. attēlā – samazinoties gada nokrišņu summai, samazinās arī purva gruntsūdens līmenis, turklāt brīžiem atbildes reakcijā novērojama viena vai pat divu gadu nobīde.



3.6. attēls. Gada vidējās gaisa temperatūras (nepārtrauktā līnija), gada nokrišņu summas (melnā, pārtrauktā līnija) un gada vidējā gruntsūdens līmeņa (pelēkā, pārtrauktā līnija) ilgtermiņa izmaiņas Lielajā Ķemeru tūrelī laikā no 1949. līdz 1996. gadam. Ilgtermiņa izmaiņas atspoguļotas ar desmit gadu vidējā slīdošā vērtībām.

Figure 3.6. Long term changes in the mean annual air temperature (solid line), annual precipitation sum (dash line) and the mean annual depth of water table (grey dash line) from 1949 to 1996 in Lielais Ķemeru Mire. Low-frequency is represented by 10-year running average.

4. DISKUSIJA

4.1. Koksnes paraugu iegūšana un gadskārtu analīze

Veicot dendrohronoloģiskos pētījumus purvā, jāņem vērā daudzi faktori, kas ir mazāk būtiski sauso vietu biotopos. Šie faktori, piemēram, gruntsūdens līmenis vai kūdras temperatūra, nosaka purvā augošo koku fizioloģiju, anatomiju un morfoloģiju. Pareizas, pētījumā pielietojamās paraugu ievākšanas un datu analīzes metodes, nozīmīgi ietekmē iegūto rezultātu ticamību. Tradicionāli dendrohronoloģiskajos pētījumos un mežsaimniecībā pieņemts koksnes urbumu iegūt krūšu augstumā jeb 1,3 m no augšnes virskārtas. Savukārt pētnieciskā darba izstrādei, parastās priedes koksnes paraugi iegūti pēc iespējas tuvāk purva virskārtai. Šāda paraugu iegūšanas metode pamatojama ar diviem iemesliem: 1) koka "iegrimšanu" dziļāk kūdrā, ko ietekmē ne tikai sfagnu augšana, bet arī paša koka svara pieaugums, ko veicina diametra un vainaga palielināšanās; 2) salīdzinoši mazs parastās priedes augstums, kas priedēm uz sausajām minerālaugsņēm ir krietni lielāks. Šādi iegūts koksnes paraugs nodrošināja arī maksimāli garāku analizējamo datu rindu.

Līdzīgi iepriekš veikto pētījumu rezultātiem (Карпавичюс 1981; Bridge et al. 1990; Pilcher et al. 1995; Linderholm 2001; Linderholm et al. 2002), arī šajā pētījumā bija lielas problēmas ar parastās priedes gadskārtu mērīšanu un šķērsdatēšanu. Koku radiālais pieaugums purvos ir neliels un līdz ar to gadskārtas ir ļoti šauras, kā arī mēdz būt ķīļveida, viltus un iztrūkstošās gadskārtas, tādēļ svarīgs priekšnoteikums veiksmīgai un nekļūdīgai gadskārtu izmērīšanai ir rūpīgi sagatavots jeb labi noslīpēts koksnes paraugs. Kā aprakstīts rezultātos, tad daudz vieglāk mērīt un šķērsdatēt bija parastās priedes gadskārtas no Klāņu purva, Niedrāju-Pilkas purva un Gulbju-Platpirovas purva. Tas tādēļ, ka augšanas apstākļi šajās teritorijās ir daudz labvēlīgāki nekā pārējās teritorijās. Tā piemēram, Klāņu purvā un Gulbju-Platpirovas purvā analizējamās priedes aug priežu purvājā, savukārt Niedrāju-Pilkas purvā priedes aug uz paaugstinātas reljefa formas, kas labi redzama arī mežaudžu plānā un ortofoto attēlā (5. pielikuma B, C attēls). Kūdras slāņa biezums uz šī ģeoloģiskā veidojuma ir neliels – tikai 2,8 m (zem tā ir morēna), savukārt kūdras biezums tā malās ir līdz 4,8 m. Šo trīs teritoriju koksnes paraugos bija ļoti maz pastiprinātas kambija reakcijas, kas izpaužas kā spiedes koksne. Tas nozīmē, ka pēdējos gados uz kokiem nav iedarbojies vai arī vāji iedarbojies kāds ilgstošs mehāniskais stress. Šajās teritorijās koki aug diezgan cieši viens pie otra un to saknes ir ciešā kontaktā cita ar citu, kas savukārt nodrošina labāku koku balstīšanu jeb lielāku stabilitāti (Coutts 1983). Taču tajā pašā laikā tas veicina

konkurenci pēc barības vielām (Ågren et al. 1983; Sarkkola et al. 2004; Sarkkola et al. 2005).

Jau iepriekš veiktos pētījumos noteikts, ka salīdzinot ar augstajiem purviem, zāļu purvos parastās priedes radiālais pieaugums parasti ir lielāks (Ohlson 1995). Tas ir vērojams arī šī pētījuma rezultātos. Taču zāļu purvā EEDP ievākto parastās priedes koksnes paraugu mērīšanu un šķērsdatēšanu apgrūtināja palielināts sveķu aiļu blīvums koksnē, kas ir kāda stresa faktora indikators (Gärtner 2007; Schweingruber 2007). Visbiežāk palielināts sveķu aiļu blīvums indicē paaugstinātā ūdens līmeņa negatīvo ietekmi, piemēram, augsts ūdens līmenis palielina sveķu aiļu blīvumu pavasara koksnē (Rigling et al. 2003).

Iztrūkstošo gadskārtu fenomenu, kas raksturīgs dažām Cenas tīrelī augošām priedēm, ir diezgan grūti izskaidrot. Iepriekš veikto pētījumu rezultātos noteikts, ka iztrūkstošās gadskārtas raksturīgas kokiem, kas auguši ļoti nelabvēlīgos augšanas apstākļos, kur ir bijis liels sausums vai mitrums, zema temperatūra, apēnojums vai defoliācija. Parasti tas vairāk raksturīgs lēni augošiem vai traumētiem kokiem (Карпавичюс 1981; Schweingruber 1996). Piemēram, Lietuvā veiktajā pētījumā noteikts, ka svarīgākie faktori ir zema gaisa temperatūra augšanas gadā, liels nokrišņu daudzums gan augšanas, gan iepriekšējā gadā, kā arī valdošie vēji. Piemēram, vēja ietekmē stumbrā veidojas reakcijas jeb spiedes koksne, kas visciešāk ir saistīta ar kambija aktivitātes samazināšanos visā stumbra diametrā vai kādā tās daļā (Карпавичюс 1981). Savukārt citā, diezgan pasen publicētā literatūras avotā minēts, ka to var ietekmēt arī traucējumi ģenētiskā līmenī (Stokes, Smily 1968). Cenas tīrelī iztrūkstošās gadskārtas bija novērojamas dažām priedēm, kas aug tuvāk Skaista ezera salu malām. Tie ir slīpi augoši, norādot uz valdošo vēju un, jo īpaši, ezera ūdens līmeņa izmaiņām. Līdz ar to var spriest, ka šo faktoru ietekme ir ļoti nozīmīga, nosakot koka kambija aktivitāti. Salīdzinot ar salas vidienē augošām priedēm, malā augošo koku saknes ir visvairāk pakļautas ezera ūdens līmeņa negatīvajai ietekmei. Līdz ar to ir pārsteidzoši, ka šīs priedes vēl joprojām ir dzīvas un to vecums svārstās no 50 līdz pat 100 gadiem. Pēc gadskārtu platuma var spriest, ka salīdzinot ar pirmajiem dzīves gadiem, pēdējos aptuveni desmit līdz 15 gados to radiālais pieaugums samazinās. Tas pats novērojams kokiem, kas aug ezera krastā. To varētu saistīt ar koka novecošanos (Schweingruber 1996), bet iespējams arī ar cilvēka ietekmi – purva meliorāciju. Cenas tīreļa nosusināšana uzsākta 1933. gadā, izveidojot atklāto meliorācijas tīklu, un nosusināšana turpināta līdz pat 1970-tiem gadiem. Rūpnieciskā kūdras ieguve uzsākta 1940. gadā, kas vēl joprojām turpinās (Baroniņa 2006). Skaista ezera DR un R daļā ierīkotās grāvju sistēmas vecums īsti nav

zinām, bet visdrīzāk tā ierīkota aptuveni pirms 30 vai 40 gadiem (J. Nusbauma mutisks komentārs). Šī grāvju sistēma savāca visus sateces ūdeņus, kas kādreiz ieplūda ezerā un varētu būt, ka ezera ūdens līmeni ļoti ietekmēja grāvis, kas savienots ar ezeru tā R daļā. Lielākās izmaiņas notiek nosusināšanas grāvju ietekmes zonā, jo atkarībā no mitruma satura kūdrā, tās sadalīšanās pakāpes un kūdras slāņa dziļuma, purva virsa nosēžas 0,5 līdz 1,2 m no sākotnējā līmeņa, izveidojas reljefa kritums uz grāvja pusi, pa kuru ātrāk noplūst virszemes ūdens un gruntsūdens līmenis virzienā uz grāvi samazinās. Augstajā purvā nosusināšanas ietekmes platums uz abām grāvja pusēm atkarībā no grāvja dziļuma ir desmit līdz 15 m. Purva nosusināšanas ietekme vislielākā ir divu līdz trīs mēnešus un stabilizācija iestājas apmēram viena gada laikā – beidzas purva virsas sēšanās, noteces ūdeņiem palielinās pH, jo pamatā notek nokrišņu ūdeņi, kurus purvs nespēj piesaistīt. Teritorijas nosusināšana būtiski ietekmēja purva ainavu Skaista ezera apkārtnē, nosakot labākus apstākļus mežaudzes attīstībai. Ar laiku grāvji aizaug un šī procesa ātrumu nosaka to ierīkošanas laiks, apsaimniekošana, dziļums, reljefa un grāvja kritums, noteces lielums. Grāvju sistēma pie Skaista ezera nebija apsaimniekota un par to liecina ar sūnām un spilvēm aizaugušie grāvji, kuru dziļums ir tikai 0,5 m. Tajā pašā sistēmā raktie grāvji purva malā ir dziļāki – vidēji 1 m (Laine et al. 1995; Nusbaums 2008). Grāvjiem aizsērējot un aizaugot, ūdens notece samazinās, samazinot arī to radīto ietekmi. Iespējams, ka tas nodrošināja ūdens līmeņa celšanos ezerā, ietekmējot uz ezera salām un ezera krastā augošo koku radiālo pieaugumu. Ezera ūdens līmeņa izmaiņu ietekmei par apstiprinājumu varētu būt sasveķojusies koksne, kas liecina par paaugstinātā ūdens līmeņa negatīvo ietekmi. Izvērtējot būtiskos priedes radiālā pieauguma maksimumus un minimumus, atskaitot Gulbju-Platpirovas purvu, tikai šajā teritorijā parastā priede uzrāda gadskārtu platumu palielināšanos laikā no 1970-to gadu vidus līdz 1980-to gadu vidum un gadskārtas atkal kļūst šaurākas sākot no 1995. gada (3.1. attēls).

4.2. Radiālā pieauguma izmaiņas

Koku radiālā pieauguma vai krituma aprēķini ir nozīmīgi, lai noskaidrotu traucējumu ietekmi un tā būtiskumu. Parastās priedes atlikuma hronoloģijas korelācijas un sinhronitātes rezultāti uzrāda, ka parastās priedes ikgadējā radiālā pieauguma mainība starp teritorijām ir atšķirīga – tā ir lokāla. Tas pats rezultāts bija iegūts, salīdzinot Zviedrijas purvos augošo priežu hronoloģijas (Linderholm et al. 2002), kā arī Krievijas purvos augošās priedes uzrāda vāju gadskārtu platumu variēšanas sinhronitāti (Варахов, Качаев 1992). Taču izvērtējot mainību ilgtermiņā, vērojamas sakritības koku augšanā.

Neapšaubāmi tas liecina par kāda kopīga faktora ietekmi, kas ietekmē ne tikai lokālā, bet arī reģionālā vai pat globālā mērogā. Šis limitējošais faktors ir klimats un to apliecina gadskārtu platumu variēšanas sakritības, kas redzamas ne tikai Latvijas purvā, bet arī citu valstu purvos augošajām priedēm. Piemēram, parastās priedes radiālā pieauguma samazināšanās gan Latvijā (Cenas tīrelī un Gulbju-Platpirovas purvā), gan Zviedrijā bija 1880-tos gados un 1960-tos gados. Savukārt būtisks parastās priedes radiālais pieaugums bija laikā no 1850-tiem līdz 1860-tiem gadiem, 1910. līdz 1925. gadam, 1930-tos gados, 1960-to gadu vidū un 1970-tos gados (Ågren et al. 1983; Linderholm 2001; Linderholm et al. 2002; Linderholm, Leine 2004). Īpaši nozīmīgs laiks bija 1920-to gadu sākums, jo īpaši Zviedrijas Z daļā, jo šajā laikā zāļu purvos bija vērojama strauja parastās priedes mežaudžu atjaunošanās (Ågren et al. 1983). To ietekmēja būtiska vasaras gaisa temperatūras paaugstināšanās. Ja salīdzina abās valstīs iegūtos rezultātus, vērojama arī pretēja gadskārtu platumu variēšana, piemēram, laika posmā no 1900. līdz 1910. gadam Zviedrijas purvos augošām priedēm veidojās šauras gadskārtas (Linderholm et al. 2002), savukārt pētāmajās teritorijās Latvijā, izņemot Niedrāju-Pilkas un Gulbju-Platpirovas purvus, parastai priedei ir novērojams lielāks radiālais pieaugums.

Kaut arī uz sausajām minerālaugsņēm un purvos augšanas apstākļi ir ļoti atšķirīgi, tomēr bieži vien parastās priedes gadskārtu platumu variēšana ir līdzīga, liecinot par ļoti būtisku klimata ietekmi globālā mērogā. Pēc izveidotām hronoloģijām redzams, ka Latvijas purvos priedēm pasliktināta augšana bija 1815., 1837., 1860-to gadu beigās un laika periodā no 1880-tiem līdz 1890-tiem gadiem un 1920-to gadu vidū. Šajos gados radiālā pieauguma samazināšanās novērojama arī priedēm, kas aug uz sausajām minerālaugsņēm Latvijas R daļā (Elferts 2008), Norvēģijā (Kirchhefer 2000; Kirchhefer 2001) un Lietuvas piekrastē (Vitas 2004). Plašāka mēroga sakritības vērojamas arī 1930-tos gados. Šajā periodā bija izteikti siltas vasaras (Briffa, Jones 1993), kas veicināja radiālo pieaugumu priedēm, kas aug gan uz sausajām minerālaugsņēm Somijā un Norvēģijā (Kirchhefer 2000; Kirchhefer 2001; Nöjd, Hari 2001), gan arī šī pētījuma teritorijās. Tādi paši rezultāti iegūti arī H. Linderholma (2001) veiktajā pētījumā, apliecinot, ka noteiktos laika posmos uz sausajām minerālaugsņēm un purvos augošo priežu gadskārtu platuma variēšana mēdz sakrist.

Izvērtējot iegūtos rezultātus par parastās priedes radiālā pieauguma strauju palielināšanos laikā no 1952. līdz 1973. gadam Lielajā Ķemeru tīrelī, skaidri redzams, ka tā ir saistīta ar purva gruntsūdens pazemināšanos, ko galvenokārt ietekmēja nokrišņu daudzuma samazināšanās. Savstarpēji salīdzinot iegūtās hronoloģijas skaidri redzams, ka

radiālā pieauguma palielināšanās nav bijusi lokāla, jo arī pārējo teritoriju hronoloģijas laikā no 1950-to gadu beigām vai 1960-to gadu sākuma līdz 1970-to gadu vidum uzrāda to pašu. Tas ir skaidri redzams ne tikai hronoloģijās, bet arī aprēķinos, kur no nestandartizētajiem gadskārtu platumiem bija noteikti nozīmīgākie parastās priedes radiālās augšanas pieaugumi vai kritumi. Tas nozīmē, ka nokrišņu daudzuma samazināšanās un līdz ar to gruntsūdens līmeņa samazināšanās šajā periodā bija raksturīga visā Latvijā.

4.3. Zīmīgie gadi un to saistība ar klimatiskajiem faktoriem

Rezultāti, kas atspoguļo būtiskas maksimālās un minimālās radiālā pieauguma izmaiņas, satur informāciju arī par zīmīgajiem gadiem. Bieži vien pieauguma maksimuma vai minimuma gadi ir arī zīmīgie gadi. Zīmīgie gadi ir gan lokālu, gan reģionālu ekoloģisko faktoru ietekmes rādītājs (Schweingruber 1990).

Veicot zīmīgo gadu aprēķinu, atrasti gadi, kas ir tieši saistīti ar klimata ietekmi. Zīmīgo gadu intensitātes vērtībām ir būtiska korelācija ar nokrišņu summu februārī un augšanas periodā. Liels nokrišņu daudzums februārī pozitīvi ietekmē koku radiālo pieaugumu (3.6. tabula). Februāris ir gada aukstākais mēnesis ar vismazāko nokrišņu daudzumu. Bieza sniega sega šajā mēnesī ir nozīmīga, jo pasargā priežu seklo sakņu sistēmu no sala ietekmes. Ļoti zema augsnes temperatūra ietekmē ūdens kustību augsnē, ierobežojot vai pat aizkavējot ūdens uzsūkšanu caur saknēm (Tranquillini 1982). Tas savukārt izraisa ūdens trūkumu skujās – ksilēmā samazinās ūdens potenciāls. Pastāvīga dehidrēšanās ziemā un agrā pavasarī īpaši nelabvēlīgi ietekmē skujkoku skujas, kaut gan ziemeļu platuma grādos tas ir mazāk raksturīgi, jo ziemas mēnešos atvārsnītes galvenokārt ir aizvērušās (Havranek, Tranquillini 1995). Neskatoties uz to, ir svarīgi, lai purvos plāns kūdras slānis ziemas laikā sasaltu. Tas nodrošina jonu “izspiešanu” no sasalušā kūdras slāņa, līdz ar to notiek purva ūdens mineralizācija (Карпавичюс 1984). Taču pārāk liels nokrišņu daudzums sniega vai lietus veidā kavē kūdras sasalšanu un ūdens mineralizēšanos. Kavēta kūdras sasalšana ietekmē arī purva gruntsūdens līmeni un līdz ar to arī priedes radiālo pieaugumu. Piemēram, augstam gruntsūdens līmenim decembrī ir negatīva korelācija ar Lielā Ķemeru tīreļa hronoloģiju (3.5. attēls). Miera perioda nokrišņi ietekmē purva gruntsūdens līmeni arī augšanas periodā, kas būtiski ietekmē koka kambija aktivitāti un līdz ar to arī veģetatīvo un reproduktīvo augšanu un attīstību (Kozłowski 1997). Augsnē ūdens aizpilda nekapilārās jeb gaisa poras, samazinot skābekļa koncentrāciju un tas savukārt kokiem kavē sakņu elpošanu un ūdens uzņemšanu, izraisot fizioloģisko sausumu (Карпавичюс 1984; Mauriņa 1987; Kozłowski 1997). Augšanas

periodā tas ir īpaši nelabvēlīgi (Kozłowski 1997), jo ietekmē radiālo pieaugumu un līdz ar to arī barības vielu uzkrāšanu nākamajam gadam.

Kopumā izvērtējot hronoloģiju korelācijas ar nokrišņu daudzumu, jāsecina, ka šī klimatiskā faktora ietekme galvenokārt ir lokāla. Tāds pats rezultāts iegūts analizējot zīmīgos gadus priedēm, kas aug uz sausajām minerālaugsnēm Latvijas R daļā (Elferts 2007). Tas skaidrojams ar nevienmērīgo nokrišņu sadalījumu Latvijas teritorijā, jo lielāks nokrišņu daudzums parasti izkrīt Vidzemes zemienē un Latgales augstienē, kā arī ieplakās, kas atrodas augstieņu aizvēja nogāzēs (Kļaviņš u.c. 2008).

Zīmīgajiem gadiem stabilāka saistība ar vidējo un maksimālo gaisa temperatūru ir jūnijā, jūlijā un augustā, kā arī ar minimālo gaisa temperatūru februārī. Savukārt priedēm, kas aug uz sausajām minerālaugsnēm ir svarīga ziemas, pavasara un gada vidējā gaisa temperatūra (Elferts 2007). Vienīgais vienojošais aspekts ir parastās priedes pozitīvā reakcija uz augstu gaisa temperatūru februārī. Oktobra gaisa temperatūra būtiski ietekmē zīmīgo gadskārtu veidošanos – ja gaisa temperatūra oktobra mēnesī ir bijusi augsta, tad tas pozitīvi ietekmē koka radiālo pieaugumu nākamajā gadā. Tādi paši rezultāti iegūti arī Lietuvā (Карпавичюс 1984). Tas skaidrojams ar to, ka šajā mēnesī notiek aktīva barības vielu uzkrāšana (Карпавичюс 1984) un cietes sašķelšana taukos. Uz sausajām minerālaugsnēm vai nosusinātajos purvos augošām priedēm šis process norisinās novembra mēnesī, taču neietekmētos purvos, tas noris par vienu mēnesi ātrāk (Лебедева 1967).

Izskaidrojot augšanas perioda gaisa temperatūru svarīgi ir zināt, ka Latvijas teritorijā maksimālais nokrišņu daudzums izkrīt jūlijā un augustā, kā arī salīdzinoši daudz nokrišņu ir arī jūnija mēnesī, būtiski ietekmējot hidroloģisko režīmu purvos. Nokrišņu ietekme uz šo procesu ir tieša. Tas ir labi redzams Lielā Ķemeru tīreļa purva gruntsūdens analīzes rezultātos. Savukārt augsta gaisa temperatūra šajos mēnešos ir viens no svarīgākajiem faktoriem, kas netieši, nosakot evapotranspirācijas intensitāti, ietekmē purva hidroloģisko režīmu (Linderholm et al. 2002). Evapotranspirācijas intensitāte ir atkarīga vēl no daudziem citiem faktoriem – kūdras sadalīšanās pakāpes un mitruma, kūdras siltumietilpības un siltumvadītspējas, gruntsūdens līmeņa, veģetācijas un tās struktūras, gaisa mitruma un gaisa masu kustības (Иванов 1957; Hember et al. 2005; Rydin, Jeglum 2006). Evapotranspirācijas process purvā noris ne vien no purva virsējās plaknes, bet arī dziļākā kūdras slāņā, kur ūdens pārvēršas gāzes stāvoklī un tādā veidā nonāk atmosfērā (Иванов 1957). Tāpēc evapotranspirācija ir viens no atslēgas faktoriem, kas regulē purva

hidroloģiskos procesus. Pazeminoties ūdens līmenim, samazinās stresa faktors un līdz ar to koki vairāk reaģē uz gaisa temperatūras un nokrišņu ietekmi.

Priedēm, kas aug purvā raksturīgi zīmīgie gadi vairākus gadus pēc kārtas. Šie zīmīgo gadu intervāli un to garums ir atkarīgs no kāda ekoloģiskā faktora ietekmes, kurai raksturīga augsta autokorelācija. Purvos noteicošais ekoloģiskais faktors ir tā hidroloģiskie procesi, kas nosaka koku jutību un reakciju uz temperatūras un nokrišņu summas ietekmi. Iepriekš veikto pētījumu rezultāti, kā arī Lielā Ķemeru tīreļa gruntsūdens līmeņa analīzes rezultāti uzrāda, ka pastāv novirze laikā starp klimatu un ūdens līmeņa izmaiņām. Pakāpeniskas klimata izmaiņas neietekmē tūlītēju gruntsūdens līmeņa izmaiņu (Kilian et al. 1995). Zema gaisa temperatūra un liels nokrišņu daudzums veicina ūdens uzkrāšanos purvā un sausākam laikam iestājoties, šie krājumi evapotranspirācijas rezultātā tiek tērēti pamazām (Merc 1967; Linderholm et al. 2002). Tāpēc arī Lielajā Ķemeru tīrelī laikā no 1949. līdz 1996. gadam ļoti svarīgs ir iepriekšējo gadu gruntsūdens līmenis.

Daži pētāmajās teritorijās noteiktie zīmīgie gadi ir raksturīgi tikai purvos augošām priedēm, taču ļoti daudzi no tiem sakrīt ar zīmīgajiem gadiem, ko uzrāda uz sausajām minerālaugsnēm augošās priedes Latvijā un arī citās valstīs (28. pielikums). Piemēram, 1928. gadā radiālais pieaugums bija ļoti mazs gan Latvijas, gan Zviedrijas purvos augošajām priedēm (Linderholm, Leine 2004), arī priedēm, kas auga Latvijas un Lietuvas sausajos meža biotopos. Šo gadu raksturo ļoti slapja vasara. Arī 1929. gadā parastās priedes augšana bija būtiski pasliktināta. Šajā gadā Latvijas teritorijā bija ļoti auksta ziema ar ilgstošu salu ziemas otrajā pusē. Pēc aukstās ziemas sekoja pavasaris ar aptuveni divu nedēļu garu karstuma periodu (pāri 20°C). Augsne vēl nebija atkususi, bet lielais karstums izsauca pastiprinātu iztvaikošanu no kokiem. Tā kā lapu koki vēl nebija salapojuši, tad visvairāk cieta skuju koki. Sniega ūdeņi šajā gadā vēl ilgi turējās, kavējot koku augšanas perioda iestāšanos (Blankenburgs 1931).

Kaļķainajā zāļu purvā EEDP augošās priedes uz klimata ietekmi reaģē līdzīgi priedēm, kas aug uz sausajām minerālaugsnēm, bet brīžiem šī saistība nav tik līdzīga. Tas skaidrojams ar to, ka kaļķainais zāļu purvs EEDP vistīcamāk ir veidojies pēc Engures ezera ūdens līmeņa samazināšanas un tā drīzāk uzskatāma, kā starpkāpu ieplaka, kurā vēl uzkrājusies kūdra.

Zīmīgo gadu sakritības starp purvu un sausajām minerālaugsnēm ir tādēļ, ka parastā priede ir eiribionts jeb suga ar plašu ekoloģisko valenci un turklāt iedzimtība ir tā, kas galvenokārt nosaka reakciju uz klimatu un augšanas apstākļiem ir mazāka nozīme (Schweingruber 1996).

4.4. Hronoloģiju saistība ar klimatiskajiem faktoriem

Tāpat kā Lietuvā veiktos pētījumos (Карпавичюс 1984), tā arī šajā pētījumā noteikts, ka purvos augošām priedēm ir lielāka jutība, salīdzinājumā ar priedēm, kas aug uz sausajām minerālaugsnēm, tomēr tām ir vājāka un grūtāk izskaidrojama saistība ar klimatu. Novērtējot korelāciju starp purva priežu hronoloģijām un gaisa temperatūru, redzams, ka daudz būtiskāka ir minimālā gaisa temperatūra. Vienīgi kaļķainā zāļu purva EEDP priedēm diezgan svarīga ir vidējā gaisa temperatūra – ar vidējo gaisa temperatūru uzrāda visvairāk būtisku korelāciju. Tāpat kā uz sausajām minerālaugsnēm Latvijā (Zunde et al. 2008), Polijā (Cedro 2001), Igaunijā (Pärn 2003) un Spānijā (Bogino et al. 2009), tā arī purvos augošām priedēm svarīga ir gada, februāra, marta un iepriekšējā gada decembra vidējā, maksimālā un minimālā gaisa temperatūra un aprīļa vidējā gaisa temperatūra.

Iepriekšējā gada decembra gaisa temperatūra ir nozīmīga parastai priedei, kas aug gan Latvijas, gan Zviedrijas (Linderholm 2001; Linderholm et al. 2002) un Lietuvas (Rutiles Pukienes mutisks komentārs) purvos.

Augsta februāra gaisa temperatūra, jo īpaši minimālā gaisa temperatūra ir būtiska priedēm, kas aug purvos, gan arī tām, kas aug uz sausajām minerālaugsnēm. Šī faktora būtiskums skaidrojams kontekstā ar iepriekšējā diskusijas nodaļā skaidroto februāra nokrišņu daudzuma nozīmi, jo īpaši tad, kad nokrišņu daudzums šajā mēnesī ir neliels. Iespējams, ka februāra gaisa temperatūras nozīme skaidrojama arī saistībā ar saulaino dienu skaita un garuma palielināšanos. Februārī saulaino dienu skaits palielinās, t.i., saulainas ir vidēji 14-15 dienas, kā arī dienas garums pieaug par divām stundām un vidējais spīdēšanas ilgums ir 4-4,5 stundas. Tas savukārt nodrošina fotosintēzes aktivizēšanos skujās, līdz ar to sakņu elpošana un ūdens uzsūkšana caur saknēm arī ir ļoti svarīga, kaut gan jāatzīst, ka visi šie procesi noris ar zemu aktivitāti. Tā kā februārī ir viszemākā gaisa temperatūra Latvijā, tad iespējams, ka koku radiālo pieaugumu ietekmē galvenokārt ekstrēmās gaisa temperatūras vērtības, kas apstiprinās arī zīmīgo gadu aprēķinos (28. pielikums). Iespējams, ka šie gaisa temperatūras ekstrēmi priedes stumbrā rada bojājumus šūnu līmenī, kas savukārt rada kokam stresu un samazinātu radiālo pieaugumu nākošajā augšanas periodā.

Savukārt miera perioda beigās augsta gaisa temperatūra martā un aprīlī saistīta ar ātrāku sniega nokušanu un augsnes sasilšanu. Palielinoties evapotranspirācijas intensitātei, tiek ietekmēta šīs teritorijas hidroloģija. Niedrāja meža augšanas apstākļu tipā, piemēram, kaļķainais zāļu purvs EEDP atbilst šai klasifikācijai, gruntsūdens līmeņa svārstības ir lielākas nekā purvā (Indriksons 2008). Šajā teritorijā gruntsūdens līmeņa svārstības var

ietekmēt Engures ezera baseina hidroģeoloģiskais raksturs. Hidroloģiskie procesi šajā teritorijā nav īsti salīdzināmi ar tiem, kas ir zemajos purvos, jo nav kūdras slāņa, kas nodrošina lielu ūdens akumulāciju. Augšanas perioda mēnešos, jo īpaši jūlijā un augustā, augsta gaisa temperatūra pozitīvi ietekmē radiālo pieaugumu. Jūlijā un augustā šajā teritorijā ir viszemākais gruntsūdens līmenis (personīgs novērojums), jo īpaši gados ar mazu nokrišņu daudzumu. Liels nokrišņu daudzums iepriekšējā gadā negatīvi ietekmē priedes gadskārtu platumu.

Tāpat kā H. Linderholma publicētajos rezultātos (Linderholm 2001; Linderholm et al. 2002), tā arī šī pētījuma rezultātos iegūts, ka koku reakcija uz nokrišņu summu ir vājāka, salīdzinājumā ar gaisa temperatūru un būtiskāka ir iepriekšējā gada nokrišņu summa. Svarīgs faktors ir nokrišņu daudzums iepriekšējā gada maijā (negatīva korelācija) un jūlijā (pozitīva korelācija). Kaut arī maija mēnesī augstajos purvos notiek strauja gruntsūdens līmeņa pazemināšanās (Indriksons 2008), tomēr tas vēl nav sasniedzis savu minimumu un liels nokrišņu daudzums to paaugstina vēl vairāk. Augsts ūdens līmenis samazina skābekļa koncentrāciju augsnē, jo ūdens aizpilda nekapilārās jeb gaisa poras un tas savukārt kokiem kavē sakņu elpošanu un ūdens uzņemšanu, izraisot fizioloģisko sausumu (Карпавичюс 1984; Mauriņa 1987; Kozłowski 1997). Augšanas perioda sākumā tas jo īpaši ir nelabvēlīgi (Kozłowski 1997), ietekmējot radiālo pieaugumu un līdz ar to arī barības vielu uzkrāšanu nākamajam gadam. Sausos gados gruntsūdens līmenis pazeminās – notiek dabiskā meliorācija. Tā aktivizē organisko vielu noārdīšanos, kas uzlabo koku apgādi ar barības vielām (Špalte 1982; Карпавичюс 1984). Neliels nokrišņu daudzums nodrošina šo vielu nokļūšanu ūdenī. Kopumā tie ir ļoti labvēlīgi apstākļi purvos augošajiem kokiem, bet ilgstoša sausuma periodos gruntsūdens līmenis pazeminās tiklīdz, ka koka saknes to vairs nerasniedz. Koka apgāde ar ūdeni un tajā izšķīdušajām barības vielām pasliktinās, izraisot radiālā pieauguma samazināšanos. Tā piemēram, augstajos purvos negatīva ietekme uz radiālo pieaugumu ir maksimālai gaisa temperatūrai iepriekšējā gadā. Ja iepriekšējā gadā bija augsta maksimālā gaisa temperatūra un, jo īpaši, ja tā ir augsta arī augšanas gadā, tad tas varētu izraisīt iepriekš aprakstīto procesu.

Gadskārtu platumu ir dažāds, jo gadu gaitā mainās koku augšanas apstākļi. Līdz ar klimatiskajiem faktoriem mainās arī augsnes īpašības. Jebkura faktora ietekme ir nepastāvīga. Ir tādi periodi, kuros tā ir nebūtiska. Pēc tam seko periodi, kad tās nozīme strauji palielinās, pēc tam atkal kļūstot nebūtiska (Liepa 1983). Laikā pēc 1950-tiem gadiem klimata ietekme uz koku augšanu ir mainījusies un būtiskāka nozīme ir gaisa temperatūrai, savukārt nokrišņu daudzumam ir lokāla iedarbība. Klimatisko faktoru

mainība redzama arī šī pētījuma iegūtajos rezultātos. Janvāra gaisa temperatūra un nokrišņu summa pēc 1950-tiem gadiem ir paaugstinājusies, negatīvi ietekmējot parastās priedes augšanu gandrīz visās teritorijās. Lietuvā veikto pētījumu rezultāti apliecina, ka purva priedēm daudz labvēlīgāka ir zema janvāra gaisa temperatūra un neliels nokrišņu daudzums. Jo zemāka gaisa temperatūra un mazāks nokrišņu daudzums miera periodā, jo labāks parastās priedes pieaugums. Janvāra gaisa temperatūras un nokrišņu daudzuma ietekme visdrīzāk izskaidrojama gan ar kūdras sasalšanas nepieciešamību, gan ar aizsargmehānismu, kas priedēm ir izstrādājies evolūcijas procesā. Miera periodā, kad koki ir pakļauti zemu temperatūru ietekmei, tas nodrošina, ka katrā atkusnī nesākas koku augšana un atkusnim beidzoties koki neapsalst (Gailis 2005). Šis aizsargmehānisms nosaka, ka miera fāzes beigšanās var notikt tikai pēc noteiktas negatīvo temperatūru summas vērtības pārsniegšanas. Pēc miera fāzes, iestājoties labvēlīgiem laika apstākļiem, koks ir gatavs uzsākt augšanu (Leinonen 1996).

Februāra gaisa temperatūra, jo īpaši vidējā un minimālā, ir svarīgs faktors līdz 1950-to gadu beigām. Pēc 1950-tiem gadiem novērojama februāra gaisa temperatūras paaugstināšanās un sākot ar 1980-tiem gadiem šis klimatiskais faktors kļūst nebūtisks.

Marta nokrišņu nozīme ir vairāk lokāla, taču temperatūrai paaugstinoties, tās ietekme kļūst būtiska Niedrāju-Pilkas purvā un kaļķainajā zāļu purvā EEDP. Uz sausajām minerālaugsnēm augošām priedēm saistība ar marta gaisa temperatūru bija būtiska arī ap to pašu laiku. Niedrāju-Pilkas purvā kūdras biezums nav liels un kaļķainajā zāļu purvā EEDP tā nav vispār – šo abu teritoriju augšanas apstākļi vairāk vai mazāk līdzinās sausajiem meža biotopiem, tāpēc arī līdzīgas reakcijas.

Jūlija un augusta gaisa temperatūras un nokrišņu izmaiņas bija vērojamas 20. gs. otrā pusē – novērojama strauja samazināšanās. Šajā laikā hronoloģijām ir būtiski pozitīvas korelācijas ar šo mēnešu gaisa temperatūru. Kā jau bija minēts iepriekš, tad tieši vasaras maksimuma laikā (jūlijs, augusts) samazinās purva gruntsūdens līmenis, ko nosaka, gan nokrišņu daudzums, gan gaisa temperatūra, gan evapotranspirācija. Gruntsūdens līmeņa samazināšanās, nodrošina aktivizētu organisko vielu noārdīšanos un līdz ar to purva gruntsūdens bagātināšanos ar barības vielām. Kopumā mēnešos no marta līdz jūnijam, kā arī no septembra līdz decembrim klimata ietekme analizējamā laika periodā bija lokālas nozīmes.

4.5. Atbildes funkcijas analīze

Atbildes funkcijas analīze, salīdzinot ar vienkāršu korelācijas analīzi, uzrāda daudz mazāku būtisko klimatisko faktoru skaitu, turklāt tie ir būtiski ne visām hronoloģijām. Tas norāda uz klimatisko faktoru savstarpējo korelāciju (Briffa, Cook 1990), kā arī klimata lokālo ietekmi. Atbildes funkcijas analīze atspoguļo tikai aptuvenos ietekmējošos faktorus, neizskaidrojot komplekso augšanas apstākļu ietekmi (Schweingruber 1996).

Parastai priedei purvos ir augšanai nelabvēlīgi apstākļi un iespējams, ka tas, kaut vai nedaudz, ir pielīdzināms augšanai uz izplatības areāla galējās robežas. Purvā augušās parastās priedes jutības koeficients ir augstāks, salīdzinājumā ar priedēm, kas aug uz sausajām minerālaugsnēm (Карпавичюс 1981). Tas apstiprinājās arī šajā pētījumā iegūtajos rezultātos – hronoloģijas vidējais jutības koeficients ir 0,208, kas ir nedaudz augstāks par sauso mežu biotopu priežu hronoloģijas vidējo jutību (Elferts 2008). Taču gaisa temperatūra un nokrišņu summa izskaidro visai maz no purva priežu hronoloģiju vērtību variēšanas. Samērā zemā izskaidrotā vērtību variēšanas daļa, iespējams skaidrojama ar klimata mainību, bet visdrīzāk tas saistīts ar nepārtrauktām gruntsūdens līmeņa svārstībām. Maksimālais gruntsūdens līmenis iepriekšējā gada aprīlī izskaidro līdz pat 28,4% no Lielā Ķemeru tīreļa hronoloģijas vērtību variēšanas. Kā iepriekšējās nodaļās apskatīts, tad augstam gruntsūdens līmenim augšanas perioda sākumā ir īpaši negatīva ietekme uz parastās priedes radiālo pieaugumu. Miera perioda beigās, augšanas perioda sākumā Lietuvas purvos nokrišņiem nav būtiskas ietekmes uz priedes radiālo pieaugumu, izņemot nokrišņu summu aprīļa mēnesī, kad liels nokrišņu daudzums veicina gruntsūdens līmeņa celšanos un līdz ar to negatīvi ietekmējot koka augšanu (Карпавичюс 1984). Maksimālais gruntsūdens līmenis būtiski ietekmē parastās priedes augšanu arī upes sanesu zonā (Polacek et al. 2006).

4.6. Datu ieguves un apstrādes metožu izvērtējums

Lai samazinātu kļūdu iespējamību, ko rada gadskārtu anomālijas, ieteicams labāk ievākt un mērīt gadskārtas no stumbra diska, nevis koksnes urbumiem. Jau iepriekš publicēto pētījumu autori iesaka šādu datu ievākšanas metodi (Карпавичюс 1981). Ja tomēr gadskārtas tiek mērītas no koksnes urbuma, tad no viena koka obligāti jāņem vismaz divi urbumi un ļoti ieteicams katrā parauglaukumā (teritorijā) urbumus ievākt vairāk nekā no 20 kokiem. Lielāks koku skaits nodrošina iespēju izvēlēties labākos koksnes paraugus, ko iekļaut hronoloģijas veidošanā, kā arī lielāks paraugu skaits nodrošina ticamu rezultātu iegūvi. Veicot šķērsdatēšanu ļoti svarīga ir gan vizuāla un gan grafiskā gadskārtu platumu

mainības novērtēšana, jo šķērsdatēšanas statistiskos rezultātus var ietekmēt, piemēram, spiedes koksnes klātbūtne.

Koksnes paraugiem ir jābūt rūpīgi sagatavotiem, jo no tā ir atkarīga mērīšanas kvalitāte. Sākotnēji gadskārtu mērīšanai bija izmatota datorprogramma LignoVision (RinTech 2002). Šī datorprogramma automātiski nosaka gadskārtu robežas, balstoties uz ieskanētajos attēlos redzamām straujām krāsu izmaiņām starp rudens un pavasara koksni. Diemžēl veicot mērījumus, bija noteikts, ka datorprogramma LignoVision nav īsti piemērota purvā augošās parastās priedes gadskārtu mērījumiem, jo:

- ieskanētajos attēlos bija ļoti grūti saskatāmas šaurākās gadskārtas,
- automātiska gadskārtu robežu noteikšana ieviesa daudzas neprecizitātes, jo īpaši koksnes parauga vietās, kur gadskārtas bija kaut vai nedaudz sasveķojušās vai šauras. Līdz ar to, gadskārtu robežas bija jāatliek mehāniski, tam atvēlot daudz laika, vai arī visšaurākām gadskārtām mehāniska robežu atlikšana bija ļoti neprecīza.

Izvērtējot pētnieciskajā darbā iegūtos rezultātus, skaidrs, ka teritorijas ģeomorfoloģija, hidroloģiskais režīms (gruntsūdens līmenis, notece utt.), kūdras slāņa biezums, temperatūra u.c. faktori būtiski ietekmē kokaudzes struktūru un sukcesiju (Sarkkola et al. 2004; Sarkkola et al. 2005), koka sakņu struktūru, koku telpisko izkārtojumu un blīvumu audzē (Brække 1992) un stumbra anatomiskās īpatnības. Purvos augošās priedes analizējamās teritorijās uzrāda galvenokārt lokālas atbildes reakcijas uz klimata ietekmi – ļoti maz kopīgu faktoru. To ietekmē ļoti daudzi faktori – reljefs, purva ģeoloģija un morfoloģija, hidroloģiskais režīms, kūdras biezums, arī gaisa temperatūras un nokrišņu sadalījums un mainība Latvijas teritorijā. Gan Igaunijā (Ланэлайд 1979), gan Lietuvā (Карпавичюс 1984) veiktos pētījumos noteikts, ka priedes reakciju uz klimatu ir atkarīga no augšanas vietas purvā – purva mikrobiotopa un to vai koks aug purva centrā vai purva perifērijā. Pētāmās teritorijas savstarpēji bija diezgan atšķirīgas gan pēc ģeoloģijas un morfoloģijas, gan pēc kūdras biezuma, gan antropogēnās slodzes, kā arī koksnes paraugi bija iegūti no kokiem, kas auga dažādos purva mikrobiotopos, piemēram, Klāņu purva paraugi ievākti pašā purva malā, Cenas tīreli – uz purva salām. Veicot pētījumus par klimata ietekmi uz koku augšanu purvos, ļoti svarīgi ir veikt modelēšanu, ņemot vērā visus iepriekš uzskaitītos faktorus, turklāt izvēloties pēc iespējas līdzīgākas teritorijas. Dažas neizskaidrotās klimata ietekmes, iespējams, ir saistītas arī ar vairāku lokālu faktoru vienlaicīgu ietekmi, kā arī jāņem vērā iespējamās nejaušības, kas radušās hronoloģiju un klimatisko datu analīzes rezultātā. Tas ir tādēļ, ka purvā esošais klimats var

atšķirties no tā, kas piefiksēts ārpus tā robežām – meteoroloģiskajā stacijā. Ļoti svarīgi ir arī hidroloģiskā režīma dati.

Salīdzinājumā ar korelācijas analīzi starp hronoloģiju vērtību variēšanu un klimatu (gaisa temperatūra un nokrišņu summa), zīmīgo gadu analīze vislabāk atspoguļo šo saistību. Ekstrēmi klimatiskie faktori, īpaši augšanas periodā, daudz straujāk ietekmē purva gruntsūdens līmeņa izmaiņas un līdz ar to arī ietekmē priedes augšanu. Lai noteiktu ar klimata ietekmi saistītos zīmīgos gadus, tad zīmīgo gadu intensitātes vērtību izvēle jāveic ļoti rūpīgi, jo parastā priede purvos ir jutīga uz apkārtējās vides ietekmi un līdz ar to zīmīgais gads var nebūt saistīts ar klimatu.

5. SECINĀJUMI

1. Mainoties klimatiskajiem apstākļiem 20. gs. otrajā pusē, mainās arī saistība starp priežu radiālo pieaugumu purvos un klimatu. Janvāra gaisa temperatūras ietekme kļūst būtiski negatīva, savukārt februāra gaisa temperatūras ietekme kļūst nebūtiska.
2. Purvos klimatiskie faktori izskaidro 6,5% līdz 32,1% no parastās priedes gadskārtu platuma variācijas, norādot, ka klimats nav galvenais ietekmējošais faktors.
3. Parastās priedes radiālo augšanu purvos būtiski ietekmē gaisa temperatūra miera perioda beigās. Īpaši nozīmīga ir februāra vidējā un minimālā gaisa temperatūra, kas pozitīvi korelē ar priedes radiālo pieaugumu. Augšanas periodā būtiska ir arī augusta gaisa temperatūra, jo īpaši minimālā gaisa temperatūra.
4. Nokrišņu ietekme uz parastās priedes radiālo pieaugumu purvos galvenokārt ir lokāla, taču dažās teritorijās parastās priedes radiālo pieaugumu būtiski ietekmē jūlija nokrišņu daudzums (pozitīva korelācija) un iepriekšējā gada maija nokrišņu daudzums (negatīva korelācija).
5. Lielajā Ķemeru tīrelī galvenais parastās priedes radiālās augšanas ietekmējošais faktors ir gruntsūdens līmenis un tā svārstības. Īpaši būtisks ir gruntsūdens līmenis iepriekšējos gados, kas negatīvi korelē ar parastās priedes radiālo pieaugumu.
6. Iepriekšējā gada aprīļa gruntsūdens līmenis izskaidro līdz pat 28,4% no gadskārtu platuma variācijas.

6. AIZSTĀVĒŠANAI IZVIRZĪTĀS TĒZES

1. Purva gruntsūdens līmeņa svārstības ir galvenais un tiešais faktors, kas ietekmē parastās priedes radiālo pieaugumu.
2. Klimata ietekme uz parastās priedes radiālo pieaugumu purvos galvenokārt ir netieša – ietekmējot purva gruntsūdens līmeni.
3. Lokāli ekoloģiskie faktori apgrūtina reģionālu hronoloģiju veidošanu no purvā augošo priežu gadskārtu rindām.
4. Purvos augošo priežu hronoloģijas galvenokārt izmantojamas klimata ekstrēmu rekonstruēšanai..

7. PATEICĪBAS

Vislielāko pateicību par palīdzību datu ievākšanā, ieteikumiem, diskusijām, jaunu programmu apguvi un galvenais pacietību, izsaku promocijas darba vadītājam Dr. biol., profesoram Guntim Brūmelim un zinātniskajam konsultantam Dr. biol., docentam Didzim Elfertam.

Liels paldies par vērtīgām diskusijām un ieteikumiem asociētajam profesoram Valdim Ģ. Balodim, par ieteikto literatūru, vērtīgiem padomiem un diskusijām Dr. Mārim Zundem, Andai Bakutei, kā arī Šveices Federālā meža, sniega un ainavas izpētes institūta (WSL) dendrozinātnes laboratorijas zinātniekiem un tehniskajiem darbiniekiem, jo īpaši Dr. Holger Gärtneram, Dr., profesoram Fritsam H. Švaingruberam, Dr. Deividam Frankam, Dr. Ulfam Brüntgen un Anne Verstege. Lielu paldies izsaku Dr. Mārai Pakalnei, Dr. Laimdotai Kalniņai, Dr. Aigaram Indriksonam un Jurim Nusbaumam.

Vissirsnīgāko paldies par morālo atbalstu, kā arī stilistiski un gramatiski uzlabotu darba saturu izsaku maniem vecākiem un vecvecākiem, vīram Mārim Dauškanam, Annai Žeiviniecei, Zanei Striķei, Agitai Treimanei, kā arī Geidu ģimenei. Sirsnīgs paldies arī Laumai un Līgai Strazdiņām, Kristapam Vilkam, visiem "BaltDendro 2010" sanāksmes dalībniekiem un Botānikas un ekoloģijas katedras kolēģiem – Guntim Taboram, Kārlim Kalviškim, Brigitai Laimei, Didzim Tjarvem, Alfonam Piterānam, Annai Mežakai.

Pētījums veikts ar Eiropas Sociālā fonda (projekta „Atbalsts doktora studijām Latvijas Universitātē”, līguma Nr. 2009/0138/1DP/1.1.2.1.2/09/IPIA/VIAA/004 un projekta “Doktorantu un jauno zinātnieku pētniecības darba atbalsts Latvijas Universitātē”, līguma Nr. 2004/0001/VPD1/ESF/PIAA/04/NP/3.2.3.1./0001/0063), LZP projekta Nr. 15546/05.1406 “Sugu daudzveidības izmaiņas uz klimatisko svārstību un antropogēno faktoru fona” (2006.-2009. gads) un Swiss Baltic Net finansiālu atbalstu.

8. LITERATŪRAS SARAKSTS

- Aaby B. 1976.** Cyclic climatic variations in climate over the past 5500 years reflected in raised bogs. *Nature*, 263: 281-284.
- Ågren J., Isaksson L., Zackrisson O. 1983.** Natural age and size of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* on mire in the inland part of Northern Sweden. *Holarctic Ecology*, 6: 228-237.
- Ågren J., Zackrisson O. 1990.** Age and size structure of *Pinus sylvestris* population on mires in central and northern Sweden. *Journal of Ecology*, 79: 1049-1062.
- Allaby M. 2000.** Basics of Environmental Science. 2nd ed. London, New York: Routledge, 344 pp.
- Anonīms 1999.** Engures ezera dabas paka apsaimniekošanas plāns. Latvijas Dabas fonds, 81 lpp.
- Anonymous 2002.** Management plan of Kemer National Park 2002-2010. Kemer: Carl Bro International, 185 pp.
- Baker P.J., Bunyavejchewin S. 2006.** Suppression, release and canopy recruitment in five species from a seasonal tropical forest in western Thailand. *Journal of Tropical Ecology*, 22: 521-529.
- Barber K.E. 1982.** Peat-bog stratigraphy as a proxy climate record. In: Harding A.F. (ed.), *Climatic change in later prehistory*. Edinburgh University Press, 103-113.
- Baroniņa V. 2006.** Cenas tīrelis. Rīga: Jelgavas tipogrāfija, 23 lpp.
- Baroniņa V. 2008.** Dabas lieguma "Klāņu purvs" augi un biotopi. Grām.: Pakalne M. (red.), *Purvu aizsardzība un apsaimniekošana īpaši aizsargājamās dabas teritorijās Latvijā*. Rīga: Jelgavas tipogrāfija, 84-92.
- Biondi F. 1997.** Evolutionary and moving response functions in dendroclimatology. *Dendrochronologia*, 15: 139-150.
- Biondi F., Waikul K. 2004.** DENDROCLIM 2002: A C++ program for statistical calibration of climate signals in tree-ring chronologies. *Computers and Geosciences*, 30: 303-311.
- Black B.A., Abrams M.D. 2004.** Development and application of boundary-line release criteria. *Dendrochronologia*, 22: 31-42.

- Blankenburgs V. 1931.** Mežu nosusināšanas gaita Latvijā. Meža dzīve, 71: 2691-2694.
- Boggie R. 1972.** Effect on water-table height on root development of *Pinus contorta* on deep peat Scotland. Oikos, 23: 304-312.
- Bogino M., Fernández Nieto M.J., Bravo F. 2009.** Climate effect on radial growth of *Pinus sylvestris* at its southern and western distribution limits. Silva Fennica, 43: 609–623.
- Bragg O., Lindsay R. 2003.** Strategy and Action Plan for Mire and Peatland Conservation in Central Europe. The Central European Peatland Project (CEPP), Publ. No. 18, Wetlands International. Wageningen, 93pp.
- Brække F.H. 1992.** Root biomass changes after drainage and fertilization of a low-shrub pine bog. Plant and Soil, 143: 33-43.
- Bridge M.C., Haggart B.A., Lowe J.J. 1990.** The history and paleoclimatic significance of subfossil remains of *Pinus sylvestris* in blanket peat from Scotland. Journal of Ecology, 78: 77-99.
- Briede A., Lizuma L. 2007.** Long-term variability of precipitation in the territory of Latvia. In: Kļaviņš M. (ed.), Climate change in Latvia. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds, 35-44.
- Briffa K.R. 2000.** Annual climate variability in the Holocene. Interpreting the message of ancient trees. Quaternary Science Reviews, 19: 87-105.
- Briffa K.R., Cook E. 1990.** Methods of response function analysis. In: Cook E., Kairiukstis L. (ed.). Methods of dendrochronology: applications in the environmental science. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 240-247.
- Briffa K.R., Jones P.D. 1993.** Global surface air temperature variations during the twentieth century: Part 2, implications for large-scale high-frequency palaeoclimatic studies. The Holocene, 3: 77-88.
- Brūmelis G., Strazds M., Eglava Ž. 2009.** Stand structure and spatial pattern of regeneration of *Pinus sylvestris* in a natural treed mire in Latvia. Silva Fennica, 43: 767-781.

- Burgert I., Frühmann K., Keckes J., Fratzl P., Stanzl-Tschegg S. 2004.** Structure-function relationships of four compression wood types: micromechanical properties at the tissue and fibre level. *Trees*, 18: 480-485.
- Carrer M., Urbinati C. 2004.** Age-dependent tree-ring growth responses to climate in *Larix decidua* and *Pinus cembra*. *Ecology*, 85: 730–740.
- Cedro A. 2001.** Dependence of radial growth of *Pinus sylvestris* L. from western Pomerania on the rainfall and temperature conditions. *Geochronometria*, 20: 69-74.
- Chhin S., Wang G.G. 2005.** The effect of sampling height on dendroclimatic analysis. *Dendrochronologia*, 23: 47-55.
- Cinovskis R. 1997.** Priedes. *Latvijas daba*. Rīga: Preses nams, 4: 173-174.
- Cook E.R., Holmes R.L. 1986.** Users manual for program Arstan. In: Holmes R.L., Adams R.K., Fritts H.C. (ed.). *Tree-ring chronologies of western North America: California, eastern Oregon and northern Great Basin*. Tucson, Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona. *Chronology Series*, 6: 50-65.
- Cook E.R., Kairiukstis L.A. 1990.** *Methods of Dendrochronology: applications in the environmental science*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 394 pp.
- Coutts M.P. 1983.** Root architecture and tree stability. *Plant and Soil*, 71: 171-188.
- Critchfield W.B., Little E.L. 1966.** *Geographic distribution of the pines of the world*. USDA Forest Service Miscellaneous Publication, 991pp.
- Dang Q.L., Lieffers V.J. 1989.** Climate and annual ring growth of black spruce in some Alberta peatlands. *Canadian Journal of Botany*, 67: 1885-1889.
- Desplanque C., Rolland C., Schweingruber F.H. 1999.** Influence of species and abiotic factors on extreme tree ring modulation: *Picea abies* and *Abies alba* in Tarantaise and Maurienne (French Alps). *Trees*, 13: 218-227.
- Domisch T., Finér L., Lehto T. 2001.** Effects of soil temperature on biomass and carbohydrate allocation in Scots pine (*Pinus sylvestris*) seedlings at the beginning of the growing season. *Tree Physiology*, 21: 465–472.
- Eckstein D., Bauch J. 1969.** Beitrag zur Rationalisierung eines dendrochronologischen Verfahrens und zur Analyse seiner Aussagesicherheit. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 88: 230-250.

- Elferts D. 2007.** Scots pine pointer-years in northwestern Latvia and their relationship with climatic factors. *Acta Universitatis Latviensis*, 723: 163-170.
- Elferts D. 2008.** Klimatisko faktoru ietekme uz parastās priedes *Pinus sylvestris* L. radiālo augšanu Latvijas rietumu daļas sausieņu mežos. Promocijas darbs. Rīga, Latvijas Universitāte, 106 lpp.
- Eronen M., Hyvärinen H., Zetterberg P. 1999.** Holocene humidity changes in northern Finnish Lapland inferred from lake sediments and submerged Scots pines dated by tree rings. *The Holocene*, 9: 569-580.
- Esper J., Gärtner H. 2001.** Interpretation of tree-ring chronologies. *Erdkunde*, 55: 277-288.
- Esper J., Niederer R., Bebi P., Frank D. 2008.** Climate signal age effects – evidence from young and old trees in the Swiss Engadin. *Forest Ecology and Management*, 255: 3783-3789.
- Ettl G.J., Peterson D.L. 1995.** Extreme climate and variation in tree growth: individualistic response in subalpine fir (*Abies lasiocarpa*). *Global Change Biology*, 1: 231-241.
- Filer T.H. 1975.** Micorrhizae and soil microflora in a green tree reservoir. *Forest Science*, 24: 36-39.
- Finér L., Laine J. 1998.** Root dynamics at drained peatland sites of different fertility in southern Finland. *Plant and Soil*, 201: 27-36.
- Fritts H.C. 2001.** Tree rings and climate. Caldwell, New Jersey: Blackburn Press, 567 pp.
- Gailis A. 2005.** Meža reprodiktīvā materiāla pārvietošanas ietekme uz mežaudžu produktivitāti un kvalitāti. Zemkopības ministrijas Meža attīstības fonda pasūtītā pētījuma pārskats. Rīga, 42 lpp.
- Gärtner H. 2007.** Glacial Landforms, Tree Rings: Dendrogeomorphology. In: Elias S.A (ed.), *Encyclopedia of Quaternary Sciences*, Vol. 2, Elsevier, 979-988.
- Gray B.M. 1982.** Comment on transfer functions. In: Hughes M.K., Kelly P.M., Pilcher J.R., LaMarche V.C. (ed.), *Climate from Tree Rings*. Cambridge: Cambridge University Press, 56-58.

- Grissino-Mayer H.D. 2003.** A manual and tutorial for the proper use of an increment borer. *Tree-ring research*, 59: 63-79.
- Groot A., Horton B.J. 1994.** Age and size structure of natural and second-growth peatland *Picea mariana* stands. *Canadian Journal of Forest Research*, 24: 225-233.
- Gunnarson B.E. 1999.** A 200-year tree-ring chronology of pine from a raised bog in Sweden: implications for climate change? *Geographical analysis*, 81: 230-235.
- Gunnarsson U., Rydin H. 1998.** Demography and recruitment of Scots pine on raised bogs in eastern Sweden and relationships to microhabitat differentiation. *Wetlands*, 18: 133-141.
- Havranek W.M., Tranquillini W. 1995.** Physiological processes during winter dormancy and their ecological significance. In: Smith W.K., Hinckley T.M. (ed.), *Ecophysiology of Coniferous Forests*. San Diego: Academic Press, 95–124.
- Helle G., Schleser G.H. 2004.** Interpreting climate proxies from tree-rings. In: Fischer H., Floeser G., Kumke T., Lohmann G., Miller H., Negendank J.F.W., von Storch H. (ed.), *The HIHZ project: Towards a synthesis of Holocene proxy data and climate models*. Berlin: Springer Verlag, 129-148.
- Hember R.A., Lafleur P.M., Cogley J.G. 2005.** Synoptic controls on summer evapotranspiration from a bog peatland in southern Canada. *International Journal of Climatology*, 25: 793-809.
- Holmes R.L. 1983.** Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-Ring Bulletin*, 43: 69–78.
- Hökkä H., Alenius V., Penttilä T. 1997.** Individual-tree basal area growth models for Scots pine, pubescent birch and Norway spruce on drained peatlands in Finland. *Silva Fennica*, 31: 161-178.
- Indriksons A. 2008.** Gruntsūdens līmeņa monitorings LIFE projekta “Purvi” vietās. Grām.: Pakalne M. (red.) *Purvu aizsardzība un apsaimniekošana īpaši aizsargājamās dabas teritorijās Latvijā*. Rīga: Jelgavas tipogrāfija, 142-151.
- IPCC 2007.** *Climate change 2007: The Physical Science Basis*. In: Solomon S., Qin D., Manning M. (ed.), *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.

- Jātnieks J. 1987.** Parastās priedes ekoloģiskais profils Krustkalnu rezervātā. *Mežsaimniecība un mežrūpniecība*, 2: 51-52.
- Jones P.D., Briffa K.R. 1992.** Global surface air temperature variations during the twentieth century: Part 1, spatial, temporal and seasonal details. *The Holocene*, 2:165-79.
- Jutras S., Hökkä H., Alenius V., Salminen H. 2003.** Modelling mortality of individual trees in drained peatland sites in Finland. *Silva Fennica*, 37: 235-251.
- Kaennel M., Schweingruber F.H. 1995.** Multilingual Glossary of Dendrochronology. Terms and Definitions in English, German, French, Spanish, Italian, Portuguese and Russian. Berne, Stuttgart, Vienna, 467 pp.
- Kalniņa L. 2008a.** Purvu veidošanās un attīstība Latvijā. Grām.: Pakalne M. (red.) Purvu aizsardzība un apsaimniekošana īpaši aizsargājamās dabas teritorijās Latvijā. Rīga: Jelgavas tipogrāfija, 20-25.
- Kalniņa L. 2008b.** Klāņezera un Klāņu purva veidošanās un attīstība. Grām.: Pakalne M. (red.) Purvu aizsardzība un apsaimniekošana īpaši aizsargājamās dabas teritorijās Latvijā. Rīga: Jelgavas tipogrāfija, 80-84.
- Kalniņa L. 2008c.** Cenas tīreļa veidošanās un attīstība. Grām.: Pakalne M. (red.) Purvu aizsardzība un apsaimniekošana īpaši aizsargājamās dabas teritorijās Latvijā. Rīga: Jelgavas tipogrāfija, 30-32.
- Kilian M.R., Van der Plicht J., Van Geel B. 1995.** Dating raised bogs. New aspects of AMS ¹⁴C wiggle matching, a reservoir effect and climatic change. *Quaternary Science Reviews*, 14: 959-966.
- Kirchhefer A.J. 2000.** The influence of slope aspect on tree-ring growth of *Pinus sylvestris* L. in northern Norway and its implications for climate reconstruction. *Dendrochronologia*, 18: 27–40.
- Kirchhefer A.J. 2001.** Reconstruction of summer temperature from tree rings of Scots pine, *Pinus sylvestris* L., in coastal northern Norway. *The Holocene*, 11: 41-52.
- Kļaviņš M., Briede A. 2008.** Klimata mainības raksturs. Grām.: Kļaviņš M., Andrušaitis A. (red.) Klimata mainība un globālā sasilšana. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds, 23-48.

- Kļaviņš M., Briede A., Lizuma L., Rodinovs V. 2008.** Latvijas klimats un tā mainības raksturs. Grām.,: Kļaviņš M., Andrušaitis A. (red.) Klimata mainība un globālā sasilšana. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds, 75-110.
- Kozłowski T.T 1984.** Responses of woody plants to flooding. In: Kozłowski T.T. (ed.), Plant Growth. Orlando: Academic Press, 129-163.
- Kozłowski T.T. 1985.** Soil aeration, flooding and tree growth. Journal of Arboriculture, 11: 85-96.
- Kozłowski T.T. 1997.** Responses of woody plants to flooding and salinity. Tree Physiology Monographs, 1:1–29.
- Kramer P.J. 1969.** Plant and soil water relationships: a modern synthesis. New York: McGraw-Hill, 482 pp.
- Krebs, Ch.J. 2001.** Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance, 5th edition. San Francisco, CA, USA: Benjamin Cummings, 695 pp.
- Krebs Ch.J. 2008.** The ecological world view. 1st.ed. California: University of California Press, 592 pp.
- Laine J., Vasander H., Laiho R 1995.** Long-term effect of water level drawdown on the vegetation of drained pine mires in southern Finland. Journal of Applied Ecology, 32: 785-802.
- Lange V., Mauriņš A., Zvirgzds A. 1976.** Dendroloģija. Rīga: Zvaigzne, 304 lpp.
- Leavitt S.W., Treydte K., Yu L. 2010.** Environment in time and space: Opportunities from tree-ring isotope networks. In: West J.B., Bowen G.J., Dawson T.E., Tu K.P. (ed.), Isoscapes – Understanding movement, pattern, and process on earth through isotope mapping. Netherlands: Springer, 113-135.
- Leinonen I. 1996.** Dependence of dormancy release on temperature in different origin of *Pinus sylvestris* and *Betula pendula* seedlings. Scandinavian Journal of Forest Research, 11: 122-128.
- Leuschner H.H., Bauerochse A., Metzler A. 2007.** Environmental change, bog history and human impact around 2900 B.C. in NW Germany – preliminary results from a dendroecological study of a sub-fossil pine woodland at Campemoor, Dümmer Basin. Vegetation History and Archaeobotany, 16: 183-195.

- Libby L.M., Pandorfi L.J. 1974.** Temperature dependence of isotope ratios in the tree rings. *Proceeding of the National Academy of Sciences*, 71: 2482-2486.
- Liepa I. 1974.** *Biometrija*. Rīga: Zvaigzne, 84-85.
- Liepa I. 1983.** Koku gadskārtu viļņainais raksts. *Dabas un vēstures kalendārs*. Rīga, 102-105.
- Liepa I., Pospelova G., Kļaviņa E. 1987.** Ekosistēmas temporālā heterogenitāte. *Mežsaimniecība un mežrūpniecība*, 2: 14-15.
- Linderholm H.W. 2001.** Climatic influence on Scots pine growth on dry and wet soils in the central Scandinavian Mountains, interpreted from tree-ring widths. *Silva Fennica*, 35: 415-424.
- Linderholm H.W., Leine M. 2004.** An assessment of twentieth century tree-cover changes on a southern Swedish peatland combining dendrochronology and areal photograph analysis. *Wetlands*, 24: 357-363.
- Linderholm H.W., Linderholm K. 2004.** Age-dependent climate sensitivity of *Pinus sylvestris* L. in the central Scandinavian Mountains. *Boreal Environment Research*, 9: 307-317.
- Linderholm H.W., Moberg A., Grudd H. 2002.** Peatland pine as a climate indicator? A regional comparison of the climatic influence on Scots pine growth in Sweden. *Canadian Journal of Forest Research*, 32: 1400-1410.
- Lindholm M., Meriläinen J., Timonen M., Vanninen P., Eronen M. 1997.** Effects of climate on the growth of Scots pine in the Saimaa lake district, southern-eastern Finland, in the southern part of boreal forest belt. *Dendrochronologia*, 15: 151-168.
- Lindholm M., Lehtonen H., Kolström T., Meriläinen J., Eronen M., Timonen M. 2000.** Climatic signals extracted from ring-width chronologies of Scots pines from the northern, middle and southern parts of the boreal forest belt in Finland. *Silva Fennica*, 34: 317-330.
- Mannerkoski H. 1991.** Relation between tree roots and soil aeration on drained peatlands. In: Jeglum J.K., Overend R.P. (ed.), *Peat and peatlands – diversification and innovation*. Canadian Society for Peat and Peatlands, 1: 109-114.
- Mauriņa H. 1987.** *Augu fizioloģija*. Rīga: Zvaigzne, 358 lpp.

- McDonald S.E., Yin F. 1999.** Factors influencing size inequality in peatland black spruce and tamarack: evidence from post-drainage release growth. *Journal of Ecology*, 87: 404-412.
- Mickovski S.B., Ennos A.R. 2002.** A morphological and mechanical study of the root systems of suppressed crown Scots pine *Pinus sylvestris*. *Trees*, 16: 274-280.
- Morgan G.A., Leech N.L., Gloeckner G.W., Barrett K.C. 2004.** SPSS for introductory statistics – use and interpretation. Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, 221 pp.
- Naugžemys D., Žvingila D., Aučina A., Rančelis V. 2006.** Comparison of DNA polymorphism in seedlings of *Pinus sylvestris* L. from different populations by RAPD markers. *Biologija*, 1: 30-35.
- Naurzbaev M.M., Hughes M.K., Vaganov E.A. 2004.** Tree-ring growth curves as sources of climatic information. *Quality Research*, 62: 126-133.
- Neimane U., Baumanis I., Strauts A. 2008.** Dažādu priedes ekotipu pēcnācēju ražības un kvalitātes salīdzinājums. *Mežzinātne*, 17: 38-47.
- Neimane U., Baumanis I., Veinberga I., Šķipars V., Ruņģis D. 2009.** Parastās priedes populāciju fenoloģisko atšķirību ģenētiskie aspekti. *Mežzinātne*, 19: 49-63.
- Neuwirth B., Esper J., Schweingruber F.H., Winiger M. 2004.** Site ecological differences to the climatic forcing of spruce pointer years from the Lötschental, Switzerland. *Dendrochronologia*, 21: 69-78.
- Nicoll B.C., Ray D. 1996.** Adaptive growth of tree root systems in response to wind action and site conditions. *Tree Physiology*, 16: 891-898.
- Nowacki G.J., Abrams M.D. 1994.** Forest composition, structure, and disturbance history of the Alan Seeger Natural Area, Huntingdon County, Pennsylvania. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 121: 277-91.
- Nöjd P., Hari P. 2001.** The effect of temperature on the radial growth of Scots pine in northernmost Fennoscandia. *Forest Ecology and Management*, 142: 65-77.
- Nusbaums J. 2008.** Nosusināšanas ietekmes novērsšana augstajos purvos. Grām.: Pakalne M. (red.) Purvu aizsardzība un apsaimniekošana īpaši aizsargājamās dabas teritorijās Latvijā. Rīga: Jelgavas tipogrāfija, 118-131.

- Ohlson M. 1995.** Growth and nutrient characteristics in bog and fen populations of Scots pine (*Pinus sylvestris*). *Plant and Soil*, 172: 235-245.
- Ohlson M. 1999.** Differentiation in adaptive traits between neighbouring bog and mineral soil populations of Scots pine *Pinus sylvestris*. *Ecography*, 22: 178-182.
- Ohlson M., Zackrisson O. 1992.** Tree habitat establishment and microhabitat relationships in north Swedish peatlands. *Canadian Journal of Forest Research*, 22: 1869-1877.
- Ohlson M., Økland R. H., Nordbakken J.-F., Dahlberg B. 2001.** Fatal interactions between Scots pine and Sphagnum mosses in bog ecosystem. *Oikos*, 94: 425-432.
- Orvis K.H., Grissino-Mayer H.D. 2002.** Standardizing the reporting of abrasive papers used to surface tree-ring samples. *Tree-Ring Research*, 58: 47–50.
- Paavilainen E., Päivänen J. 1995.** Peatland forestry: ecology and principles. *Ecological Studies* 111. Berlin: Springer, 248 pp.
- Pakalne M. 2008.** Purva biotopi un to aizsardzība. Grām.: Pakalne M. (red.) Purvu aizsardzība un apsaimniekošana īpaši aizsargājamās dabas teritorijās Latvijā. Rīga: Jelgavas tipogrāfija, 8-19.
- Pakalne M., Kalnina L. 2005.** Mire ecosystems in Latvia. In: Steiner M. (ed.), *More-von Sibirian bis Feuerland/Mire – from Sibiria to Tierra del Fuego*, 147-174.
- Panyushkina I.P., Hughes M.K., Vaganov E.A., Munro M.A.R. 2003.** Summer temperature in northern Siberia since 1642 reconstructed from tracheid dimensions and cell numbers of *Larix cajanderi*. *Canadian Journal of Forest Research*, 33: 1905-1914.
- Parker D.E., Jones P.D., Bevan A., Folland C. K. 1994.** Interdecadal changes of surface temperature since the 19th century. *Journal of Geophysical Research*, 99:14373-14399.
- Pärn H. 2003.** Radial growth response of Scots pine to climate under dust pollution in Northeast Estonia. *Water, Air, and Soil Pollution*, 144: 343-361.
- Pensa M., Salminen H., Jalkanen R. 2005.** A 250-year-long height-increment chronology for *Pinus sylvestris* at the northern coniferous timberline: A novel tool for reconstructing past summer temperatures? *Dendrochronologia*, 22: 75-81.

- Pilcher J.R., Baillie M.G.L., Brown D.M., McCormac F.G., MacSweeney P.B., McLawrence A.S. 1995.** Dendrochronology of subfossil pine in the north of Ireland. *Journal of Ecology*, 83: 665-671.
- Polacek D., Kofler W., Oberhuber W. 2006.** Radial growth of *Pinus sylvestris* growing on alluvial terraces is sensitive to water-level fluctuations. *New Phytologist*, 169: 299-308.
- Priedītis N. 1999.** Latvijas mežs: daba un daudzveidība. Rīga: Pasaules Dabas Fonds, 209.lpp.
- R Development Core Team 2008.** R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Raven P. H., Evert R. F., Eichhorn S. E. 1999.** Biology of plants/6th edition. USA: W. H. Freeman and Company/Worth Publishers, 944 pp.
- Read D.J. 2000.** The mycorrhizal status of *Pinus*. In: Richardson D.M. (ed.), *Ecology and Biogeography of Pinus*. Cambridge: Cambridge University press, 324-340.
- Richardson D.M., Rundel P.W. 2000.** Ecology and biogeography of *Pinus*: an introduction. In: Richardson D.M. (ed.), *Ecology and Biogeography of Pinus*. Cambridge: Cambridge University press, 3-46.
- Rigling A., Brühlhart H., Bräker O.U., Forster T., Schweingruber F. 2003.** Effects of irrigation on diameter growth and vertical resin duct production in *Pinus sylvestris* L. on dry sites in the central Alps, Switzerland. *Forest Ecology and Management*, 175: 285-296.
- Rinn F. 2003.** TSAP-Win – time series analysis and presentation for dendrochronology and related applications: version 0.53 for Microsoft Windows; user reference. Heidelberg: Rinn Tech, 100 pp.
- RinTech 2002.** LignoVision Scientifics – Quick reference. Heidelberg, Germany, 10 pp.
- Riņķis G., Ramane H. 1989.** Kā barojas augi? Rīga: Avots, 151 lpp.
- Rundel P.W., Yoder B.J. 2000.** Ecophysiology of *Pinus*. In: Richardson D.M. (ed.), *Ecology and Biogeography of Pinus*. Cambridge: Cambridge University press, 296-323.

- Rydin H., Jeglum J. 2006.** The biology of peatlands. Oxford: Oxford University Press, 343 pp.
- Sarjala T., Potila H. 2005.** Effect of ectomycorrhizal fungi on nitrogen mineralisation and the growth of Scots pine seedlings in natural peat. *Plant and Soil*, 269: 171-180.
- Sarkkola S., Hökkä H., Penttilä T. 2004.** Natural development of stand structure in peatland Scots pine following drainage: results based on long-term monitoring of permanent sample plots. *Silva Fennica*, 38: 405-412.
- Sarkkola S., Hökkä H., Laiho R., Päivänen J., Penttilä T. 2005.** Stand structure dynamics on drained peatlands dominated by Scots pine. *Forest Ecology and Management*, 206: 135-152.
- Saurer M. 2003.** The influence of climate on the oxygen isotopes in tree rings. *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 39: 105-112.
- Schweingruber F.H. 1983.** Der Jahrring. Standort, Methodik, Zeit und Klima in der Dendrochronologie. Bern: Verlag Paul Haupt, 234 p.
- Schweingruber F.H. 1990.** Microscopic wood anatomy. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. Berne, Stuttgart, Vienna, Haupt, 226 pp.
- Schweingruber F.H. 1996.** Tree rings and environmental dendroecology. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. Berne, Stuttgart, Vienna, Haupt, 609 pp.
- Schweingruber F.H. 2007.** Wood structure and environment. Berlin: Springer-Verlag, 279 pp.
- Schweingruber F.H., Kairiukstis L., Shiyatov S. 1992.** Sample selection. In: Cook E.R., Kairiukstis L. (ed.), *Methods of dendrochronology: applications in the environmental sciences*. Dordrecht, 23-35.
- Schweingruber F. H., Börner A., Schulze E.-D. 2006.** Atlas of woody plant stems – evolution, structure, and environmental modifications. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 229 pp.
- Shoulders E. 1975.** Temperature, root aeration, and light influence slash pine nutrient uptake rates. *Forest Science*, 21: 401-410.

- Stokes M.A., Smiley T.L. 1968.** An introduction to tree-ring dating. Chicago, London: The University of Chicago Press, 73 pp.
- Stravinskiene V., Juknys R. 1998.** The climatic signal in radial growth variations of *Pinus sylvestris* L. trees growing in raised bog habitat. In: Proceeding of the International Conference „Dendrochronology and Environmental Trends“, Kaunas, Lithuania.
- Szeicz J.M., McDonald G.M. 1994.** Age dependent tree-ring growth responses of subarctic white spruce to climate. Canadian Journal of Forest Research, 23: 120-132.
- Šķiņķis C. 1992.** Hidromeliorācijas ietekme uz dabu. Rīga: Zvaigzne, 299 lpp.
- Šķalte E. 1982.** Kāds diriģents nosaka šīs gadskārtas? Dabas un vēstures kalendārs. Rīga, 101-104.
- Šķalte E. 1985.** Pastāvīgo summu metode un tās izmantošana mežkopības un dendrochronoloģijas pētījumos. Jaunākais mežsaimniecībā, 27: 34-40.
- Teskey R.O., Hinckley T.M. 1986.** Moisture: effects of water stress on trees. In: Hennessey T.C., Dougherty P.M., Johnson J.D. (ed.), Stress physiology and forest productivity. Dordrecht: Martinus Nijhoff Publishers, 9-33.
- Tiner R.W. 1999.** Wetland indicators: a guide to wetland identification, delineation, classification, and mapping. Lewis Publishers, Boca Raton, 65-66.
- Tranquillini W. 1982.** Frost-drought and its ecological significance. In: Lange O.L., Nobel P.S., Osmond C.B., Ziegler H. (ed.), Physiological Plant Ecology II. Water Relations and Carbon Assimilation. Encycl. Plant Physiol. New Series. Berlin: Springer-Verlag, 379–400.
- Vaganov E.A., Hughes M., Shashkin A.V. 2006.** Growth dynamics of conifer tree rings. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 351 pp.
- Vapaavuori E.M., Rikala R., Ryyppö A. 1992.** Effects of root temperature on growth and photosynthesis in conifer seedlings during shoot elongation. Tree Physiology, 10: 217–230.
- Vitas A. 2004.** Dendrochronological research of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the Baltic costal zone of Lithuania. Baltic Forestry, 10: 65-71.

- Vitas A. 2006.** Sensitivity of Scots pine trees to winter colds and summer drought: dendroclimatological investigation. *Baltic Forestry*, 12: 220-226.
- Vitas A., Erlickytė R. 2007.** Influence of drought to the radial growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in different site conditions. *Baltic Forestry*, 13: 10-16.
- Viksne J. 1997.** Engure – putnu ezers. Rīga, 111 lpp.
- Walker M. 2005.** Quaternary dating methods. John Wiley and Sons, 121-133.
- Westman C.J., Laiho R. 2003.** Nutrient dynamic of peatland forests after water-level drawdown. *Biogeochemistry*, 63: 269-298.
- Wilde S.A. 1954.** Micorrhyzal fungi: their distribution and effect on tree growth. *Soil Science*, 78: 23-31.
- Whitehead D., Jarvis P.G. 1981.** Coniferous forests and plantations. In: Kozłowski T.T. (ed.), *Water Deficits and Plant Growth. VI. Woody plant Communities*. New York: Academic Press, 50-128.
- Wilford, D.J., P. Cherubini, and M.E. Sakals. 2005.** *Dendroecology: a guide for using trees to date geomorphic and hydrologic events*. B.C. Min. For., Res. Br., Victoria, B.C. Land Manage. Handb. No. 58.
- Willis K.J., Bennett K.D., Birks H.J.B. 2000.** The late Quaternary dynamics of pines in Europe. In: Richardson D.M. (ed.), *Ecology and Biogeography of Pinus*. Cambridge: Cambridge University press, 107-121.
- Wilmking M., Myers-Smith I. 2008.** Changing climate sensitivity of black spruce (*Picea mariana*) in a peatland-forest landscape in Interior Alaska. *Dendrochronologia*, 25: 165–175.
- Yu G., Liu Y., Wang X., Ma K. 2008.** Age-dependent tree-ring growth responses to climate in Qilian juniper (*Sabina przewalskii* Kom.). *Trees-Structure and Function*, 22: 197-204.
- Zahner R. 1968.** Water deficits and growth of trees. In: Kozłowski T.T. (ed.), *Plant Water Consumption and Response. Vol.II. Water deficits and plant growth*. New York, London: Academic Press, 191-244.
- Zālītis P., Bambi B. 1991.** Priežu augšanas gaitas dendrohronoloģiskā analīze Teiču rezervāta meža un purva saskares zonā. Rīgā: Teiču rezervāts, 1: 48-63.

- Zoltai S.C., Pettapiece W.W. 1974.** Tree distribution on perennially frozen earth hummocks. *Arctic and Alpine Research*, 6: 403-411.
- Zunde M. 2003.** Kultūrvēsturisko un dabas objektu dendrohronoloģiskā datēšana un tās perspektīvas Latvijā. Promocijas darbs. Rīga, Latvijas Universitāte, 224 lpp.
- Zunde M., Briede A., Elferts D. 2008.** The influence of climatic factors on the annual radial growth of Scots pine (*Pinus sylvestris*) in Western Latvia. *Proceedings of the Latvian Academy of Science. Section B*, 62: 120-128.
- Żurek S., Michczyńska D.J., Pazdur A. 2002.** Time record of palaeohydrologic changes in the development of mires during the Late Glacial and Holocene, North Podlasie Lowland and Holy Cross Mts.. *Geochronometria*, 21: 109-118.
- Балодис В. А., Кузнецова Т.А. 1980.** Метод выявления выподающих годовичных колец древесины. Моделирование и прогнозирование в экологии. Межвузовский сборник научных трудов. Рига: ЛГУ, 156-163.
- Битвинскас Т.Т. 1969.** Применение дендроклиматологического метода для определения эффективности лесохозяйственных мероприятий. Труды Литовского научно-исследовательского института лесного хозяйства, т. XI. Каунас, 21-22.
- Битвинскас Т. 1978.** Динамика и ритмика прироста лесов Литовской ССР в зависимости от условий местопроизрастания и климатических факторов. Условия среды и радиальный прирост деревьев. Каунас: Институт ботаники Литовской ССР, 10-18.
- Белоцерковская О.А., Романов В.В. 1967.** Микроклиматические особенности градово-мочажинного комплекса верхового болота. Природа болот и методы их исследований. Наука. Ленинград, 196-200.
- Ваганов Е.А., Качаев А.В. 1992.** Дендроклиматический анализ роста сосны в лесоболотных фитоценозах Томской области. *Лесоведение*, 6: 3-10.
- Глебов Ф.З., Литвиненко В.И. 1976.** Динамика ширины годовичных колец в связи с метеорологическими показателями в различных типах болотных лесов. *Лесоведение* 4: 56-62.
- Ефремов С.П., Пименов А.В. 2004.** Посевные качества семян болотных и суходольных экотипов *Pinus sylvestris* L.. Хвойные бореальной зоны 2: 56-60.

- Залитис П.П. 1967.** Взаимосвязь между интенсивностью осушения почвы и динамикой сезонного прироста сосны в осоково-тростниковом типе. Лес и среда, 104-118.
- Залитис П.П. 1968.** Динамика среднесуточного прироста сосны и ели в осушенном осоково-тростниковом типе лесорастительных условий. Вопросы гидролесомелиорации, 127-167.
- Зелча Л.Э., Зелчс В.С., Маркотс А.Я. 1990.** О происхождении микроельфа верховых болот Латвии. Эксодинамические процессы и методы их исследования. Acta Universitatis Latviensis, 547: 63-79.
- Иванав К. Е. 1957.** Основы гидрологии болот лесной зоны и расчеты водного режима болотных массивов. (ред.) Г. А. Алексеев. Главное управление гидрометеорологической службы при Совете Министров СССР, Государственный гидрологический институт. Ленинград, Гидрометеорологическое издательство, 369-394.
- Карпавичюс И. 1981.** Чувствительность (изменчивость) отдельных деревьев сосны в нормальных и болотных условиях среды. Пространственные изменения климата и годовые кольца деревьев. Каунас: Институт ботаники Литовской ССР, 62-68.
- Карпавичюс И. 1984.** Групповая изменчивость радиального прироста сосны в болотных условиях местопроизрастания. Временные и пространственные изменения климата и годовые кольца деревьев. Каунас, Институт ботаники Литовской ССР, 1: 74-80.
- Карпавичюс И., Раманаускас В. 1978.** Селекционная оценка сосны обыкновенной индивидуальная изменчивость радиального прироста деревьев (в условиях нормального увлажнения и на болотах). Достоверность дендрохронологических исследований, пути определения оптимальных связей и выбор дендрохронологического материала. Условия среды и радиальный прирост деревьев. Каунас: Институт ботаники Литовской ССР, 81-86.
- Купчинов Н.Н. 1963.** Изменения прироста в сосняках на мелиорированных торфяно-болотных почвах в Белорусской ССР. Доклады совещания по геоботаническому исследованию болот северо-запада СССР. Труды по ботанике 7. Тарту, 316-327.

- Ланэлайд А. И. 1979.** Болотные формы сосны обыкновенной как индикаторы динамики верховых болот. Автореферат диссертации. Тартуский государственный университет.
- Лебедева Н. В. 1967.** Динамика накопления запасного крахмала в побегах сосны на сушеном и неосушенном болоте. Природа болот и методы их исследований. Ленинград: Наука, 74-78.
- Метс Л.Я. 1967.** Колебания верхних слоев сфагнового болота в зависимости от осатков. Природа болот и методы их исследований. Ленинград: Наука, 213-217.
- Муратова Е.М., Седельникова Т.С. 2004.** Геномные и хромосомные мутации у сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в экстремальных условиях произрастания. Хвойные бореальной зоны 2: 128-140.
- Пятецкий Г.Е. 1963.** О росте и формировании древостоев на осушенных низинных болотах южной Карелии. Доклады совещания по геоботаническому исследованию болот северо-запада СССР. Труды по ботанике 7. Тарту, 306-315.
- Рожков А.А., Козак В.Т. 1989.** Устойчивость лесов. Агропромиздат. Москва, 33-38.
- Скудра П.Я. 1982.** Влияние климатических факторов на формирование прироста по запасу хвойных древостоев. Труды ЛСХА (Латвийской сельскохозяйственной академии). Елгава, 58-65.
- Седельникова Т.С., Пименов А.В., Ефремов С.П. 2004.** Морфология пыльцы сосны обыкновенной на болотах и суходолах. Лесоведение 6: 58-75.
- Смоляк Л.П. 1963.** Влияние уровня грунтовых вод на жизнедеятельность сосны на верхнем болоте. Доклады совещания по геоботаническому исследованию болот северо-запада СССР. Труды по ботанике 7. Тарту, 328-336.

PIELIKUMI

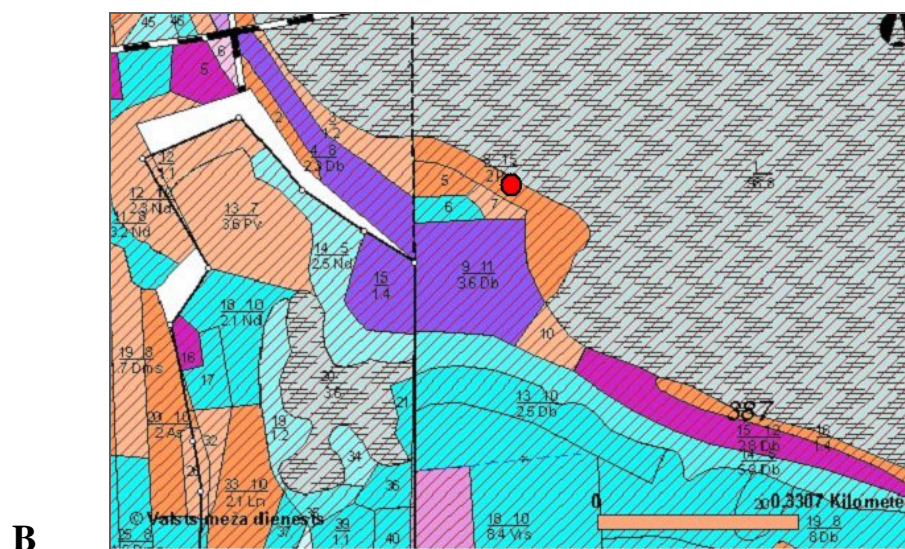
1. pielikums. Koksnes paraugu ņemšanas vietu un atbilstošo meteoroloģisko staciju koordinātes (Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs).

Annex 1. Coordinates of the study sites and closest meteorological stations (Latvian Environment, Geology and Meteorology Centre).

Pētāmā teritorija Study site	Platums (Z) Latitude (N)	Garums (A) Longitude (E)	Meteoroloģiskā stacija Meteorological station	Platums (Z) Latitude (N)	Garums (A) Longitude (E)	Augstums (vjl.) Elevation (m a.s.l.)
Klāņu	57°27'34"	21°45'12"	Ventspils	57°19'	21°32'	1,69
Lielais Ķemeru	56°54'32"	23°27'25"	Rīga	56°23'	24°06'	6,0
Cenas	56°50'59" 56°51'05"	23°49'05" 23°48'45"	Rīga	56°23'	24°06'	6,0
Niedrāju-Pilkas	57°44'34" 57°44'36"	24°38'43" 24°38'37"	Ainaži	57°52'	24°21'	6,1
Gulbju-Platpirovas	56°34'37"	28°05'20"	Rēzekne	56°32'	27°16'	157,11
EEDP/ ELNP	57°16'32" 57°16'27" 57°16'24" 57°16'25"	23°08'10" 23°08'19" 23°08'16" 23°08'03"	Mērsrags	57°19'	23°06'	4,4

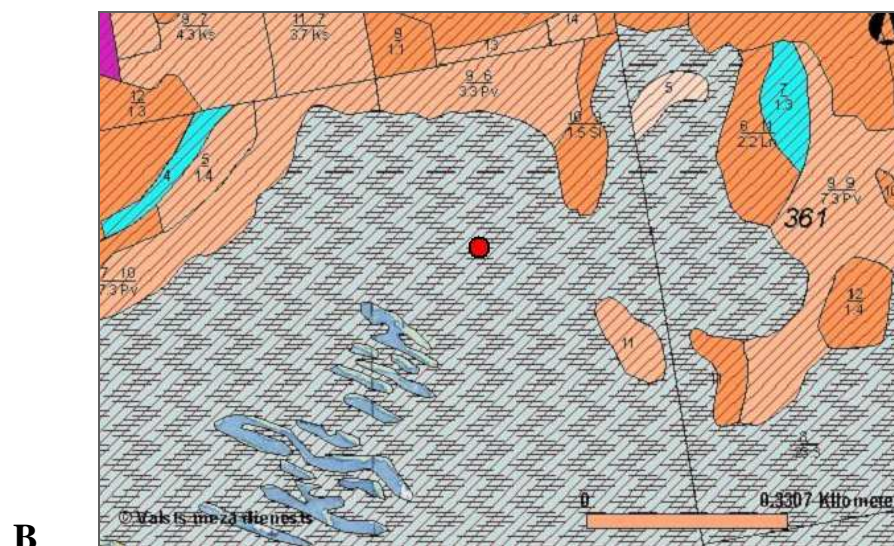
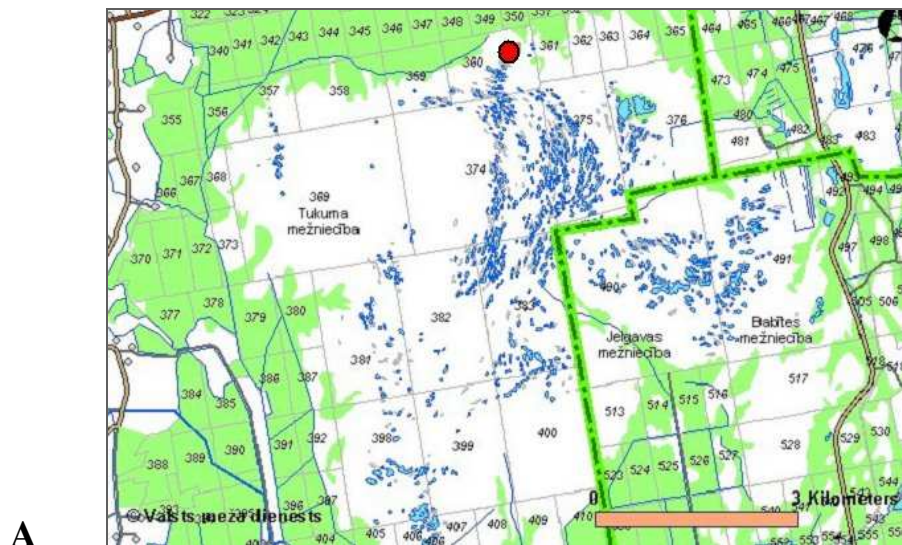
2. pielikums. Paraugu ņemšanas vieta Klāņu purvā (sarkanais punkts): A) topogrāfiskā karte, B) mežaudžu plāns, C) ortofoto attēls (Valsts meža dienests).

Annex 2. Sampling site in Klāņu Mire (red dot): A) topographic map, B) forest inventory map, C) orthofoto image (State Forest Service).



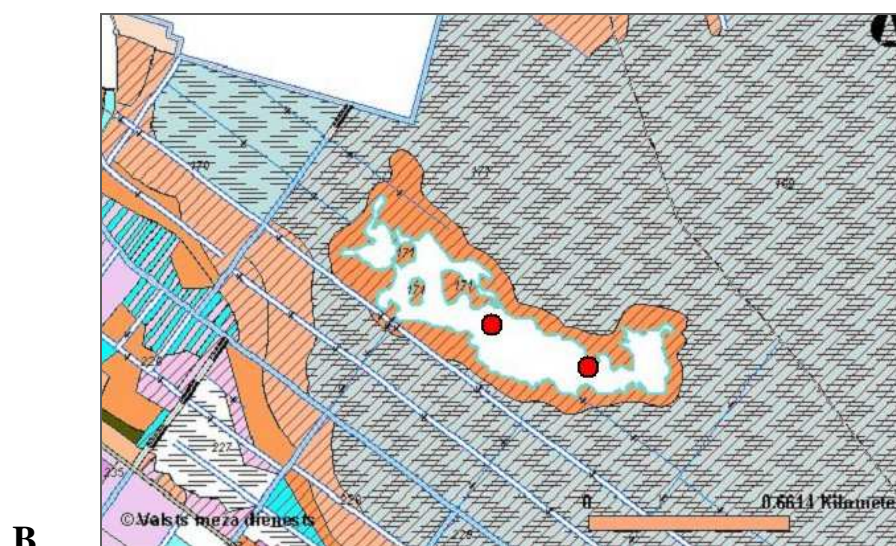
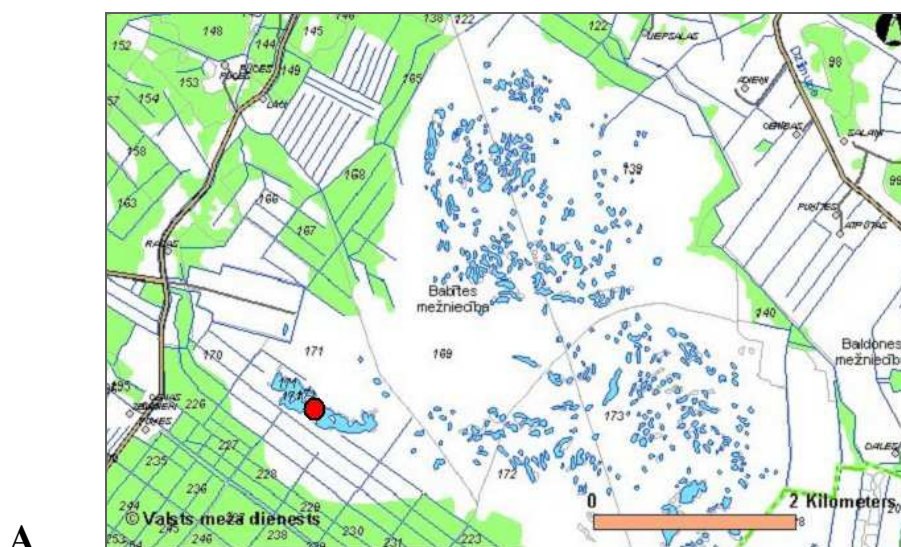
3. pielikums. Paraugu ņemšanas vieta Lielajā Ķemeru tīrelī (sarkanais punkts): A) topogrāfiskā karte, B) mežaudžu plāns, C) ortofoto attēls (Valsts meža dienests).

Annex 3. Sampling site in Lielais Ķemeru Mire (red dot): A) topographic map, B) forest inventory map, C) orthofoto image (State Forest Service).



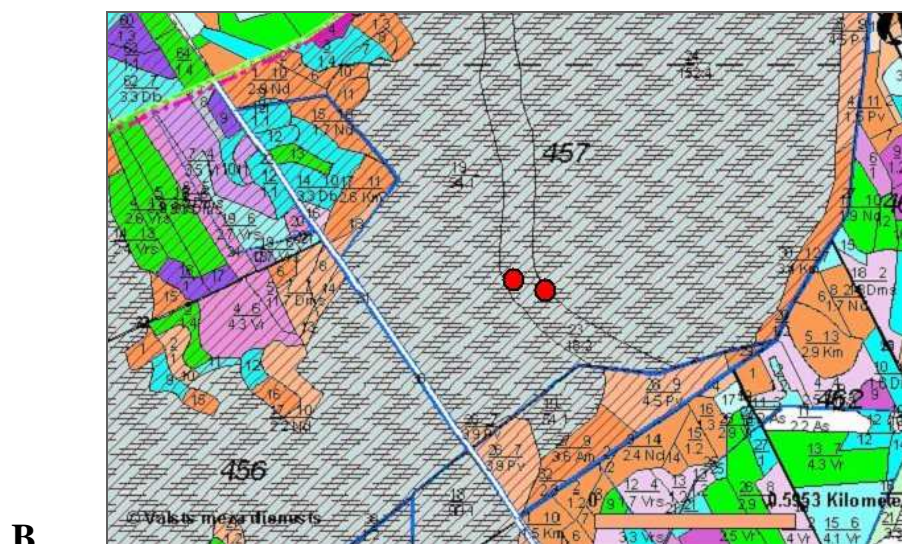
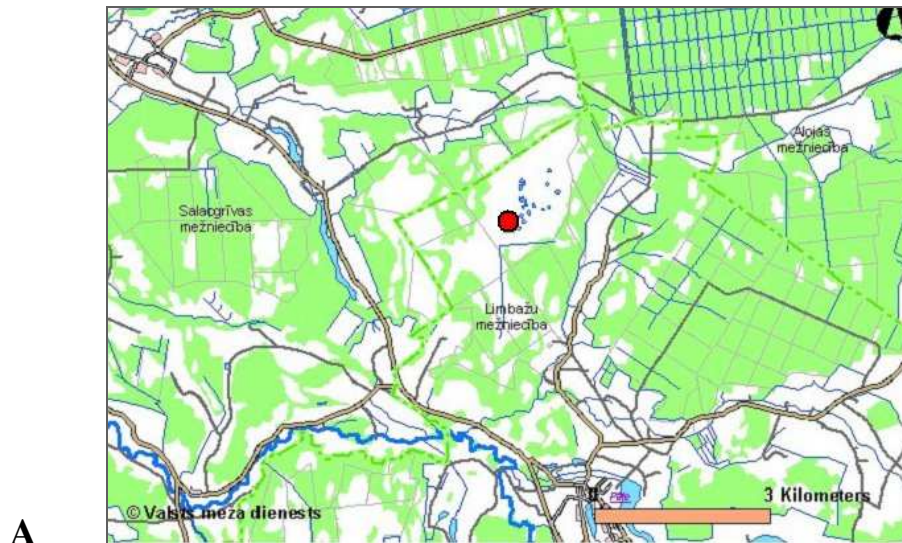
4. pielikums. Paraugu ņemšanas vietas Cenā tūrēlī (sarkanais punkts): A) topogrāfiskā karte, B) mežaudžu plāns, C) ortofoto attēls (Valsts meža dienests).

Annex 4. Sampling sites in Cena Mire (red dot): A) topographic map, B) forest inventory map, C) orthofoto image (State Forest Service).



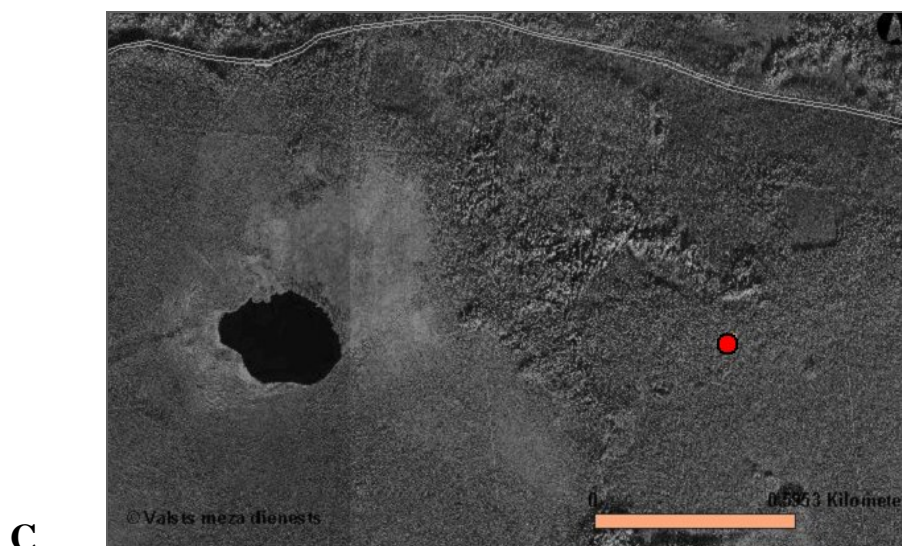
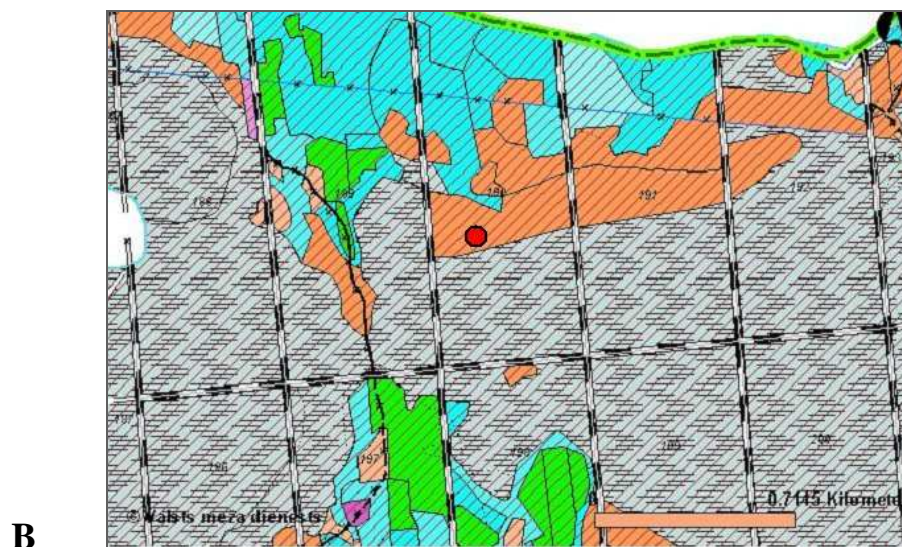
5. pielikums. Paraugu ņemšanas vietas Niedrāju-Pilkas purvā (sarkanais punkts): A) topogrāfiskā karte, B) mežaudžu plāns, C) ortofoto attēls (Valsts meža dienests).

Annex 5. Sampling sites in Niedrāju-Pilkas Mire (red dot): A) topographic map, B) forest inventory map, C) orthofoto image (State Forest Service).



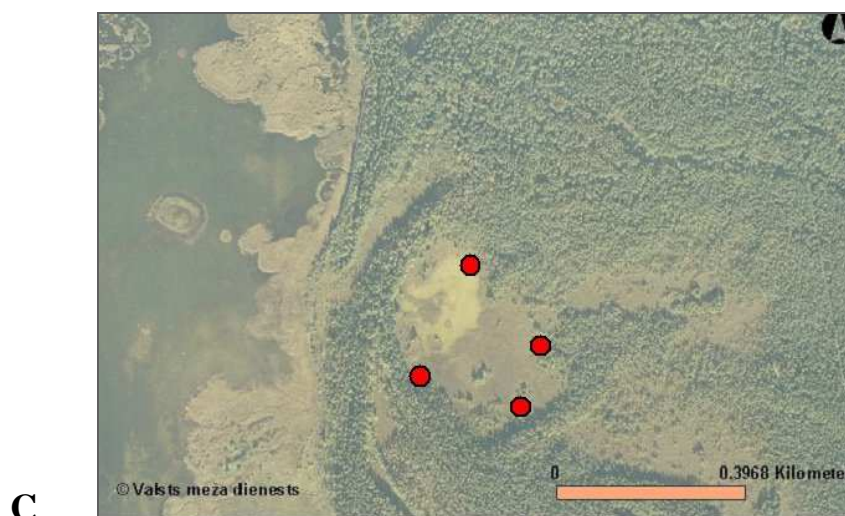
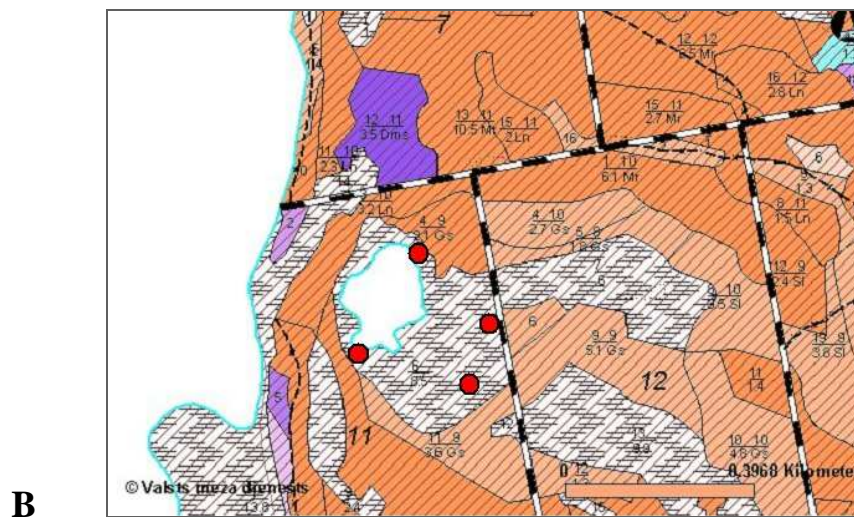
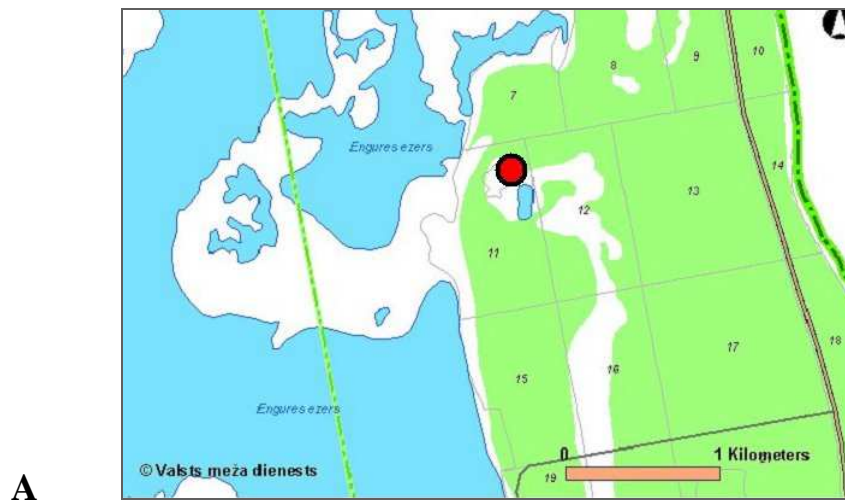
6. pielikums. Paraugu ņemšanas vieta Gulbju-Platpirovas purvā (sarkanais punkts): A) topogrāfiskā karte, B) mežaudžu plāns, C) ortofoto attēls (Valsts meža dienests).

Annex 6. Sampling site in Gulbju-Platpirovas Mire (red dot): A) topographic map, B) forest inventory map, C) orthofoto image (State Forest Service).



7. pielikums. Paraugu ņemšanas vietas EEDP kaļķainā zāļu purva malā (sarkanais punkts): A) topogrāfiskā karte, B) mežaudžu plāns, C) ortofoto attēls (Valsts meža dienests).

Annex 7. Sampling sites at the edges of calciferous fen in ELNP (red dot): A) topographic map, B) forest inventory map, C) orthofoto image (State Forest Service).



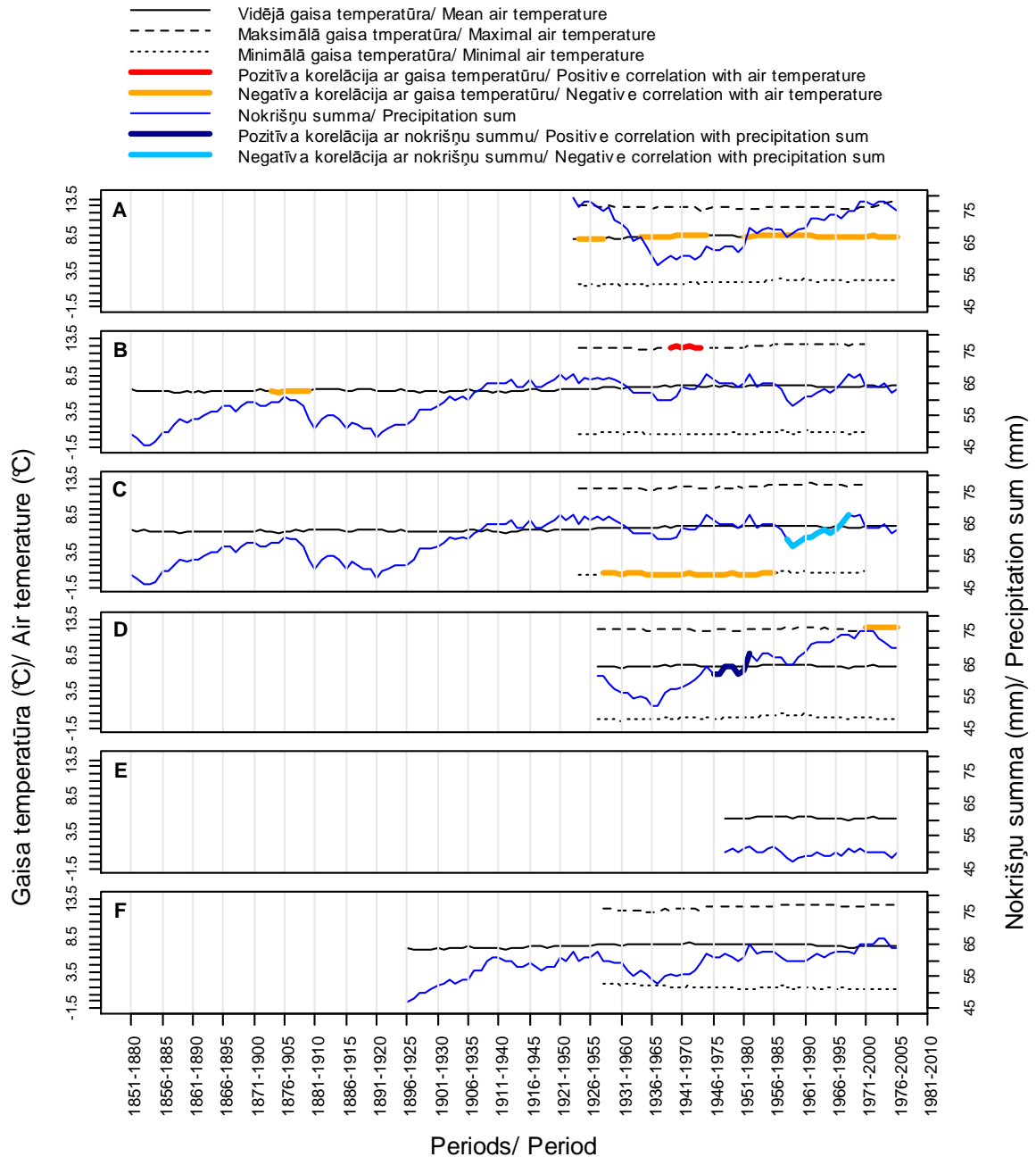
8. pielikums. Statistiski būtiskās korelācijas (Pīrsona korelācijas koeficients pie $\alpha=0,05$) starp Rīgas meteoroloģiskās stacijas un Ventspils, Mērsraga, Ainažu un Rēzeknes meteoroloģiskās staciju vidējām gaisa temperatūrām un nokrišņu summu.

Annex 8. Cases of statistically significant correlations (Pearson correlation coefficient at $\alpha=0,05$) between mean air temperature and precipitation sum of Rīga meteorological station and Ventspils, Mērsrags, Ainaži and Rēzekne meteorological stations.

	Ventspils	Mērsrags	Ainaži	Rēzekne
Vidējā gaisa temperatūra/ Mean air temperature				
Oktobris/ October	0,97	0,97	0,97	0,94
Novembris/ November	0,96	0,98	0,99	0,98
Decembris/ December	0,97	0,96	0,97	0,98
Janvāris/ January	0,98	0,98	0,99	0,99
Februāris/ February	0,99	0,99	0,99	0,99
Marts/ March	0,98	0,96	0,98	0,98
Aprīlis/ April	0,95	0,90	0,95	0,95
Maijs/ May	0,92	0,81	0,93	0,93
Jūnijs/ June	0,84	0,88	0,90	0,88
Jūlijs/ July	0,90	0,90	0,88	0,90
Augusts/ August	0,91	0,91	0,90	0,90
Septembris/ September	0,92	0,95	0,93	0,95
Gada/ Annual	0,73	0,93	0,88	0,92
Miera periods/ Dormant period	0,97	0,98	0,98	0,99
Augšanas periods/ Growing period	0,80	0,82	0,82	0,86
Nokrišņu daudzums/ Precipitation sum				
Oktobris/ October	0,64	0,78	0,66	0,73
Novembris/ November	0,55	0,73	0,64	0,62
Decembris/ December	0,61	0,76	0,66	0,63
Janvāris/ January	0,63	0,67	0,55	0,62
Februāris/ February	0,56	0,68	0,52	0,59
Marts/ March	0,58	0,71	0,60	0,64
Aprīlis/ April	0,58	0,78	0,72	0,59
Maijs/ May	0,56	0,73	0,58	0,48
Jūnijs/ June	0,37	0,61	0,46	0,30
Jūlijs/ July	0,37	0,61	0,56	0,69
Augusts/ August	0,48	0,76	0,73	0,51
Septembris/ September	0,52	0,65	0,57	0,55
Gada/ Annual	0,33	0,61	0,58	0,53
Miera periods/ Dormant period	0,35	0,55	0,51	0,35
Augšanas periods/ Growing period	0,43	0,69	0,67	0,58

9. pielikums. Iepriekšējā gada oktobra gaisa temperatūra un nokrišņu summa 30 gadu periodos. Iekrāsotajos periodos starp atlikumu hronoloģijām un atbilstošo meteoroloģisko staciju klimatiskajiem datiem pastāv statistiski būtiska korelācija.

Annex 9. The air temperature and precipitation sum in October of previous year at 30-year periods. Coloured periods represent statistically significant correlation between residual chronologies and climatic factors in corresponding meteorological station.

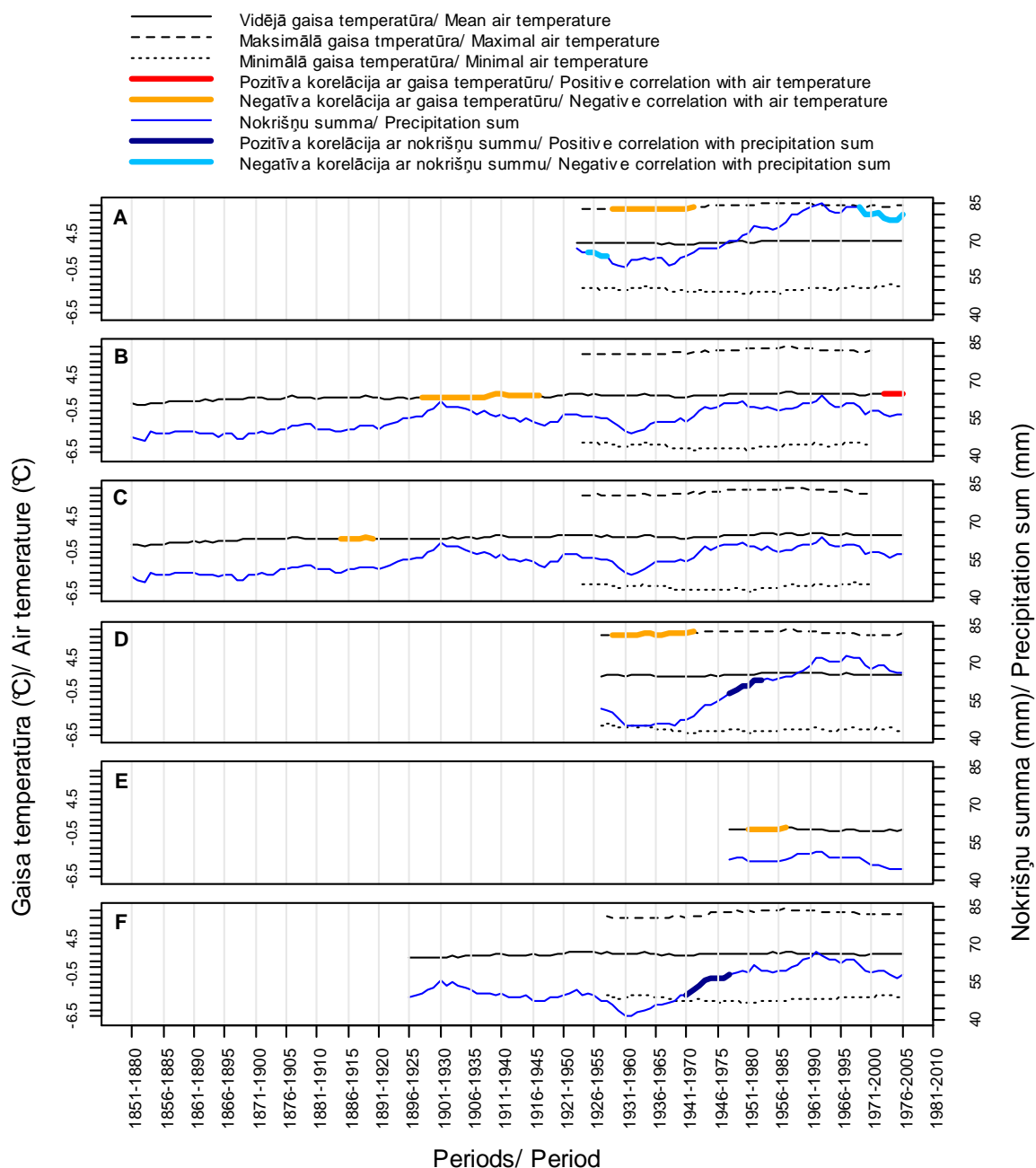


Piezīme: A) Klāņu purvs, B) Lielais Ķemeru tīrelis, C) Cenas tīrelis, D) Niedrāju-Pilkas purvs, E) Gulbju-Platpirovas purvs, F) kaļķainais zāļu purvs EEDP.

Note: A) Klāņu Mire, B) Lielais Ķemeru Mire, C) Cena Mire, D) Niedrāju-Pilkas Mire, E) Gulbju-Platpirovas Mire, F) calciferous fen in ELNP.

10. pielikums. Iepriekšējā gada novembra gaisa temperatūra un nokrišņu summa 30 gadu periodos. Iekrāsotajos periodos starp atlikumu hronoloģijām un atbilstošo meteoroloģisko staciju klimatiskajiem datiem pastāv statistiski būtiska korelācija.

Annex 10. The air temperature and precipitation sum in November of previous year at 30-year periods. Coloured periods represent statistically significant correlation between residual chronologies and climatic factors in corresponding meteorological station.

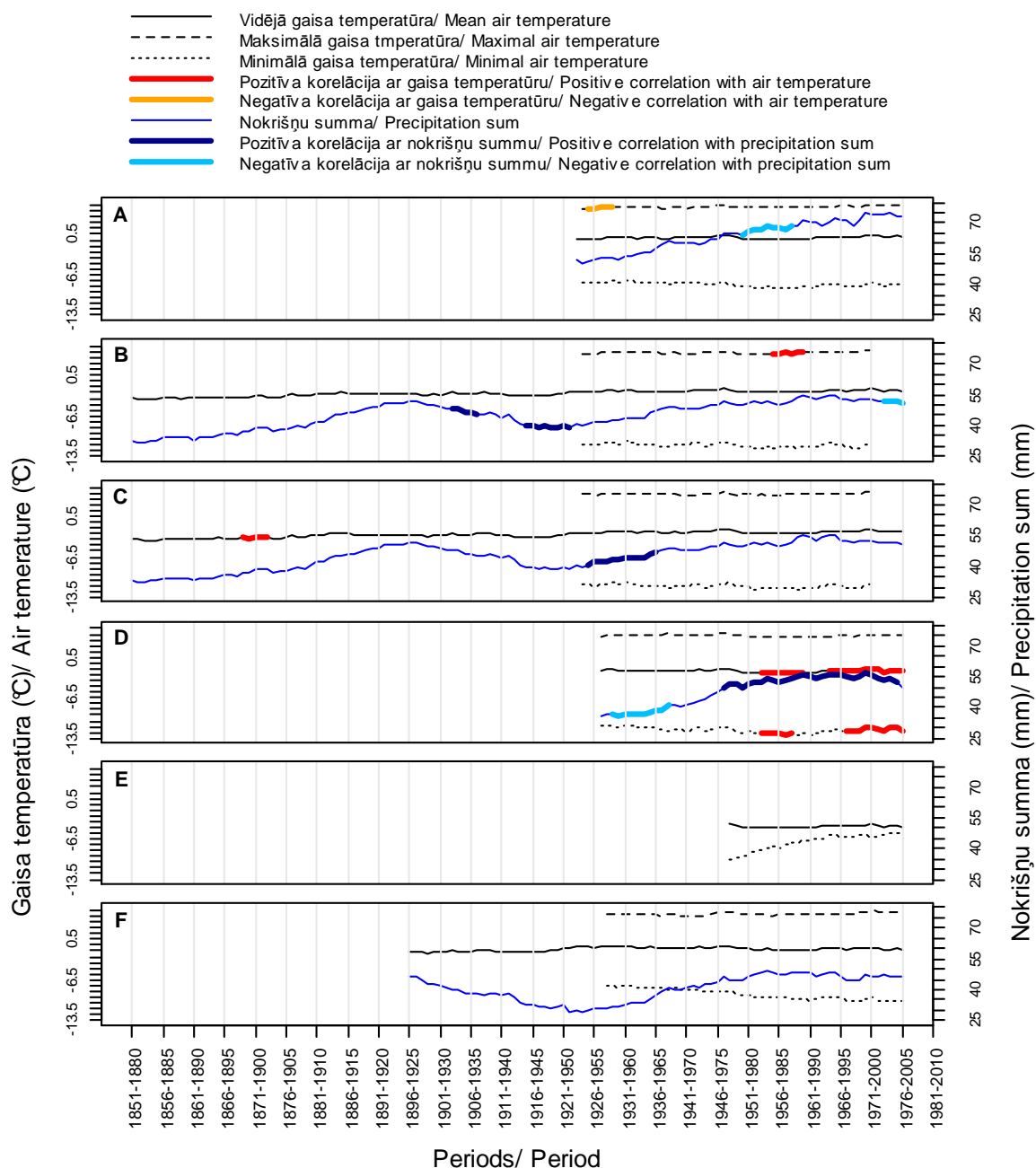


Piezīme: A) Klāņu purvs, B) Lielais Ķemeru tīrelis, C) Cenas tīrelis, D) Niedrāju-Pilkas purvs, E) Gulbju-Platpirovas purvs, F) kaļķainais zāļu purvs EEDP.

Note: A) Klāņu Mire, B) Lielais Ķemeru Mire, C) Cena Mire, D) Niedrāju-Pilkas Mire, E) Gulbju-Platpirovas Mire, F) calciferous fen in ELNP.

11. pielikums. Iepriekšējā gada decembra gaisa temperatūra un nokrišņu summa 30 gadu periodos. Iekrāsotajos periodos starp atlikumu hronoloģijām un atbilstošo meteoroloģisko staciju klimatiskajiem datiem pastāv statistiski būtiska korelācija.

Annex 11. The air temperature and precipitation sum in December of previous year at 30-year periods. Coloured periods represent statistically significant correlation between residual chronologies and climatic factors in corresponding meteorological station.

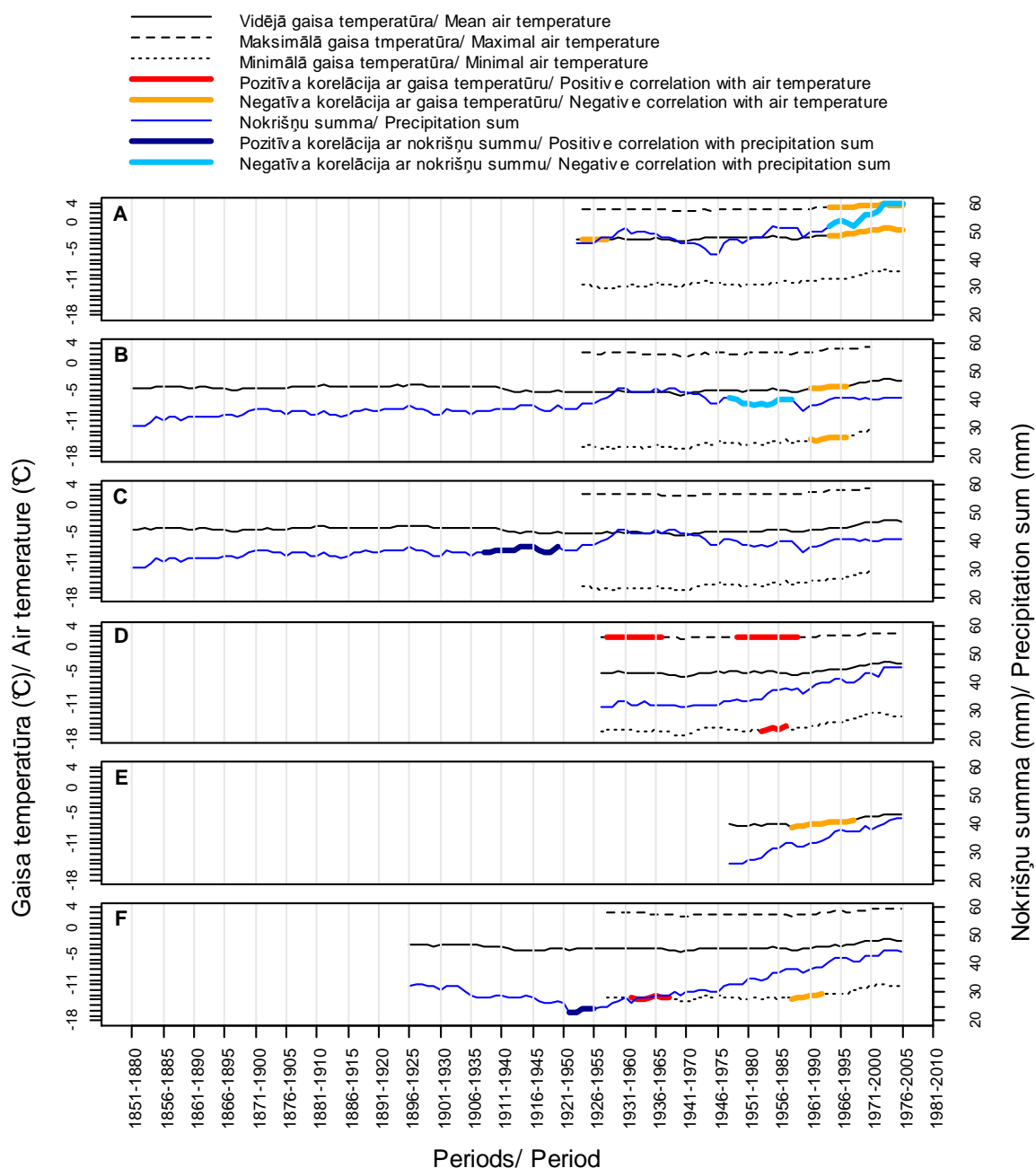


Piezīme: A) Klāņu purvs, B) Lielais Ķemeru tīrelis, C) Cenas tīrelis, D) Niedrāju-Pilkas purvs, E) Gulbju-Platpirovas purvs, F) kaļķainais zāļu purvs EEDP.

Note: A) Klāņu Mire, B) Lielais Ķemeru Mire, C) Cena Mire, D) Niedrāju-Pilkas Mire, E) Gulbju-Platpirovas Mire, F) calciferous fen in ELNP.

12. pielikums. Janvāra gaisa temperatūra un nokrišņu summa 30 gadu periodos. Iekrāsotajos periodos starp atlikumu hronoloģijām un atbilstošo meteoroloģisko staciju klimatiskajiem datiem pastāv statistiski būtiska korelācija.

Annex 12. The air temperature and precipitation sum in January at 30-year periods. Coloured periods represent statistically significant correlation between residual chronologies and climatic factors in corresponding meteorological station.

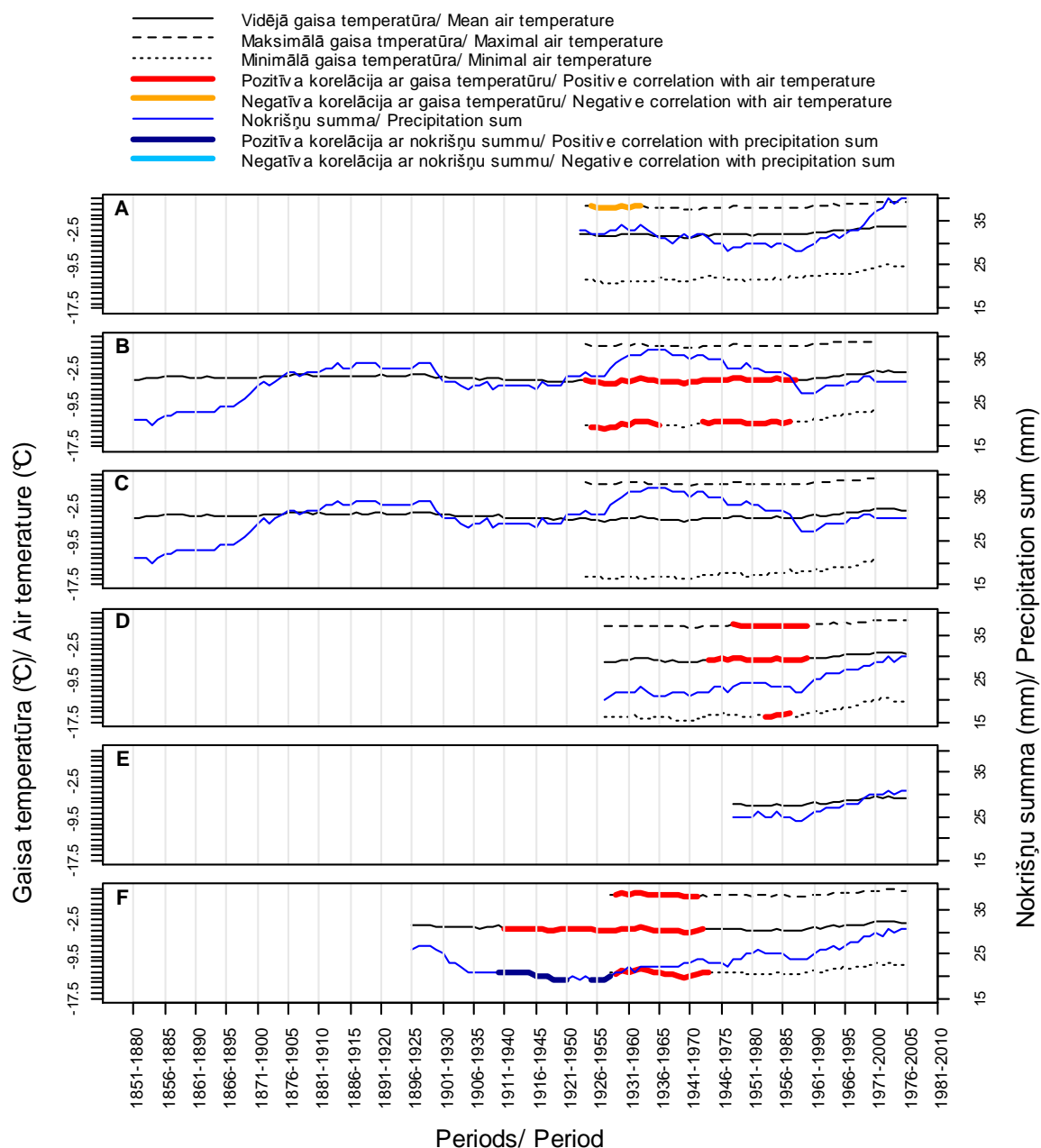


Piezīme: A) Klāņu purvs, B) Lielais Ķemeru tīrelis, C) Cenas tīrelis, D) Niedrāju-Pilkas purvs, E) Gulbju-Platpirovas purvs, F) kaļķainais zāļu purvs EEDP.

Note: A) Klāņu Mire, B) Lielais Ķemeru Mire, C) Cena Mire, D) Niedrāju-Pilkas Mire, E) Gulbju-Platpirovas Mire, F) calciferous fen in ELNP.

13. pielikums. Februāra gaisa temperatūra un nokrišņu summa 30 gadu periodos. Iekrāsotajos periodos starp atlikumu hronoloģijām un atbilstošo meteoroloģisko staciju klimatiskajiem datiem pastāv statistiski būtiska korelācija.

Annex 13. The air temperature and precipitation sum in February at 30-year periods. Coloured periods represent statistically significant correlation between residual chronologies and climatic factors in corresponding meteorological station.

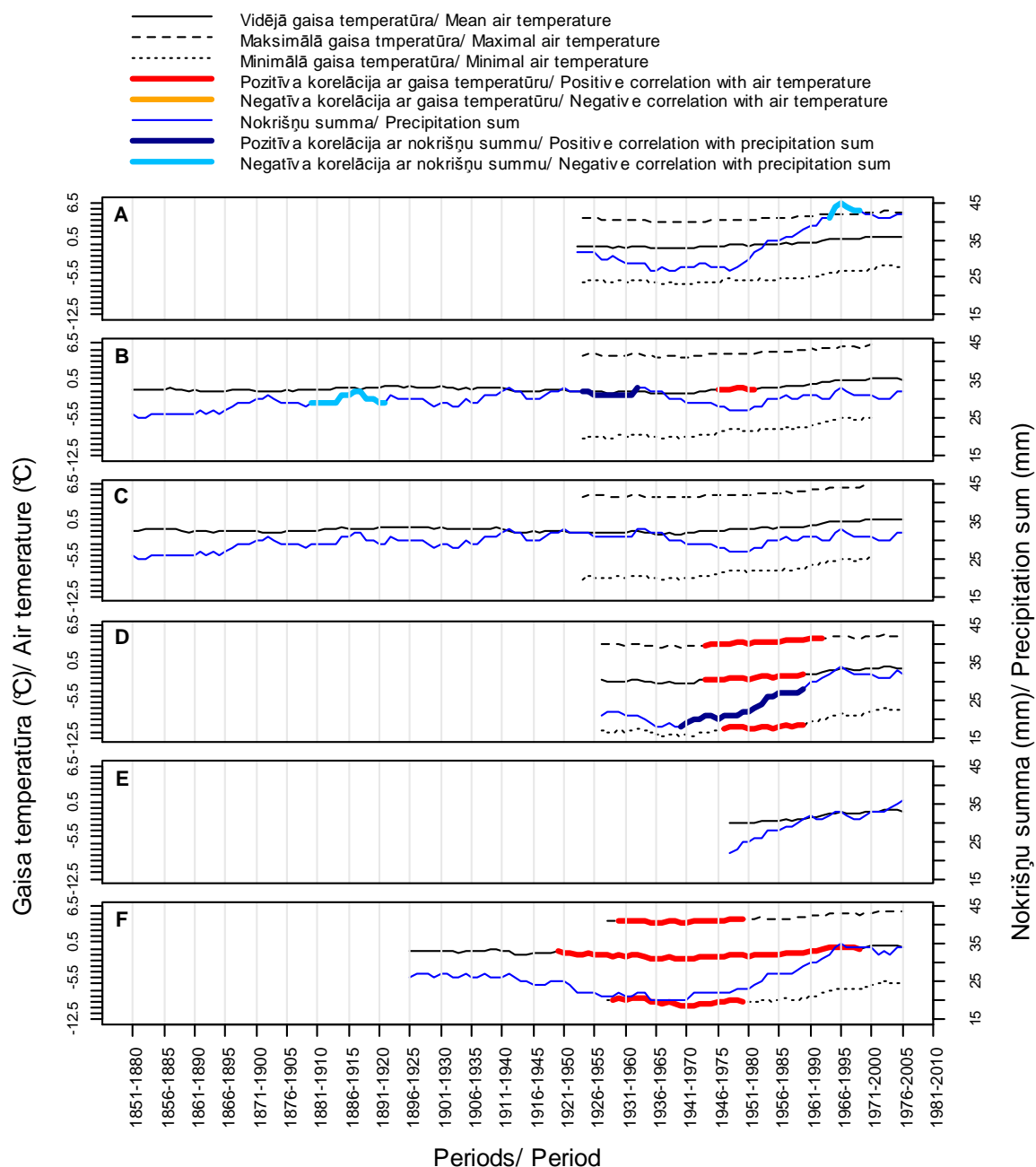


Piezīme: A) Klāņu purvs, B) Lielais Ķemeru tīrelis, C) Cenas tīrelis, D) Niedrāju-Pilkas purvs, E) Gulbju-Platpirovas purvs, F) kaļķainais zāļu purvs EEDP.

Note: A) Klāņu Mire, B) Lielais Ķemeru Mire, C) Cena Mire, D) Niedrāju-Pilkas Mire, E) Gulbju-Platpirovas Mire, F) calciferous fen in ELNP.

14. pielikums. Marta gaisa temperatūra un nokrišņu summa 30 gadu periodos. Iekrāsotajos periodos starp atlikumu hronoloģijām un atbilstošo meteoroloģisko staciju klimatiskajiem datiem pastāv statistiski būtiska korelācija.

Annex 14. The air temperature and precipitation sum in Match at 30-year periods. Coloured periods represent statistically significant correlation between residual chronologies and climatic factors in corresponding meteorological station.

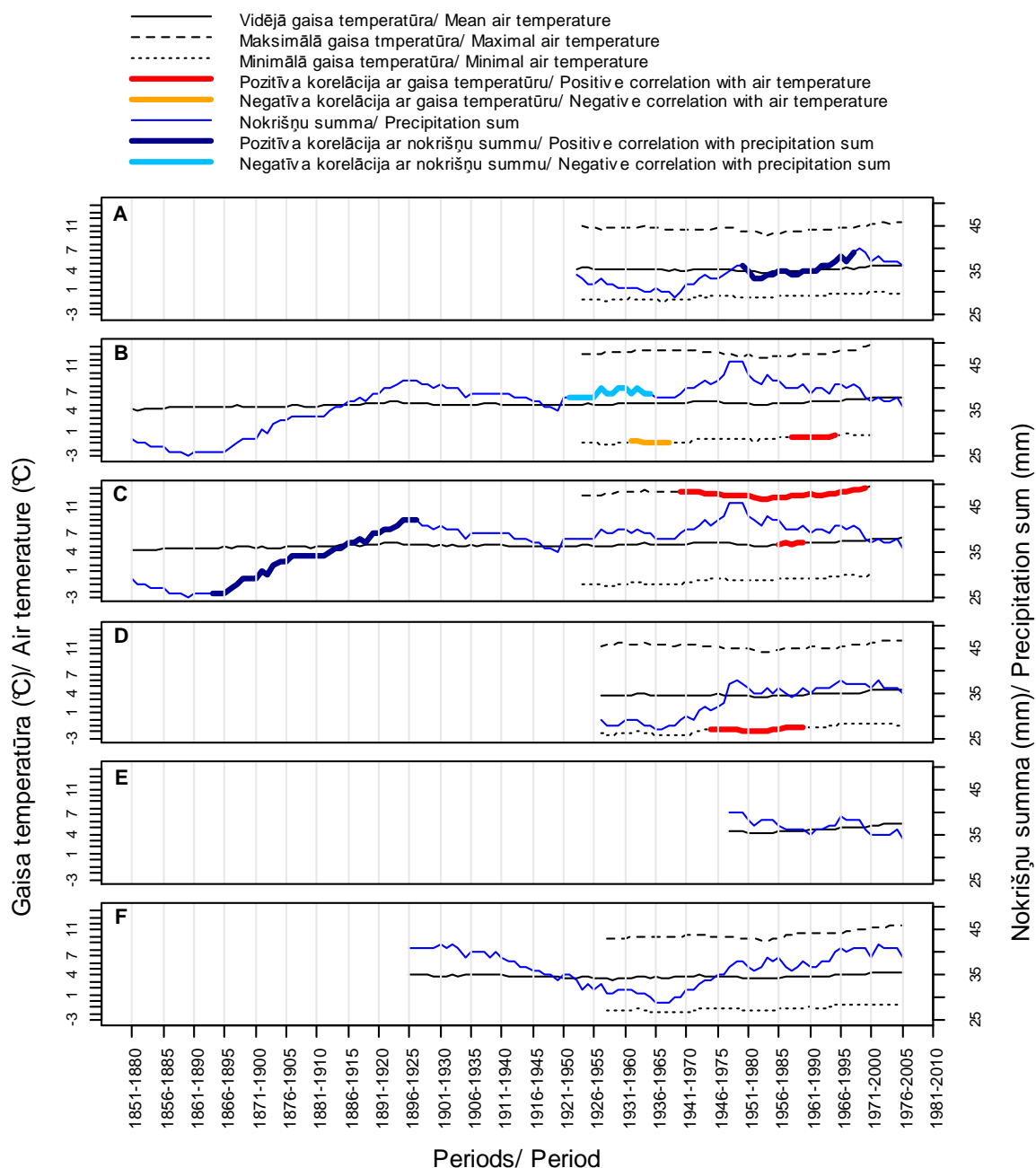


Piezīme: A) Klāņu purvs, B) Lielais Ķemeru tīrelis, C) Cenas tīrelis, D) Niedrāju-Pilkas purvs, E) Gulbju-Platpirovas purvs, F) kaļķainais zāļu purvs EEDP.

Note: A) Klāņu Mire, B) Lielais Ķemeru Mire, C) Cena Mire, D) Niedrāju-Pilkas Mire, E) Gulbju-Platpirovas Mire, F) calciferous fen in ELNP.

15. pielikums. Aprīļa gaisa temperatūra un nokrišņu summa 30 gadu periodos. Iekrāsotajos periodos starp atlikumu hronoloģijām un atbilstošo meteoroloģisko staciju klimatiskajiem datiem pastāv statistiski būtiska korelācija.

Annex 15. The air temperature and precipitation sum in April at 30-year periods. Coloured periods represent statistically significant correlation between residual chronologies and climatic factors in corresponding meteorological station.

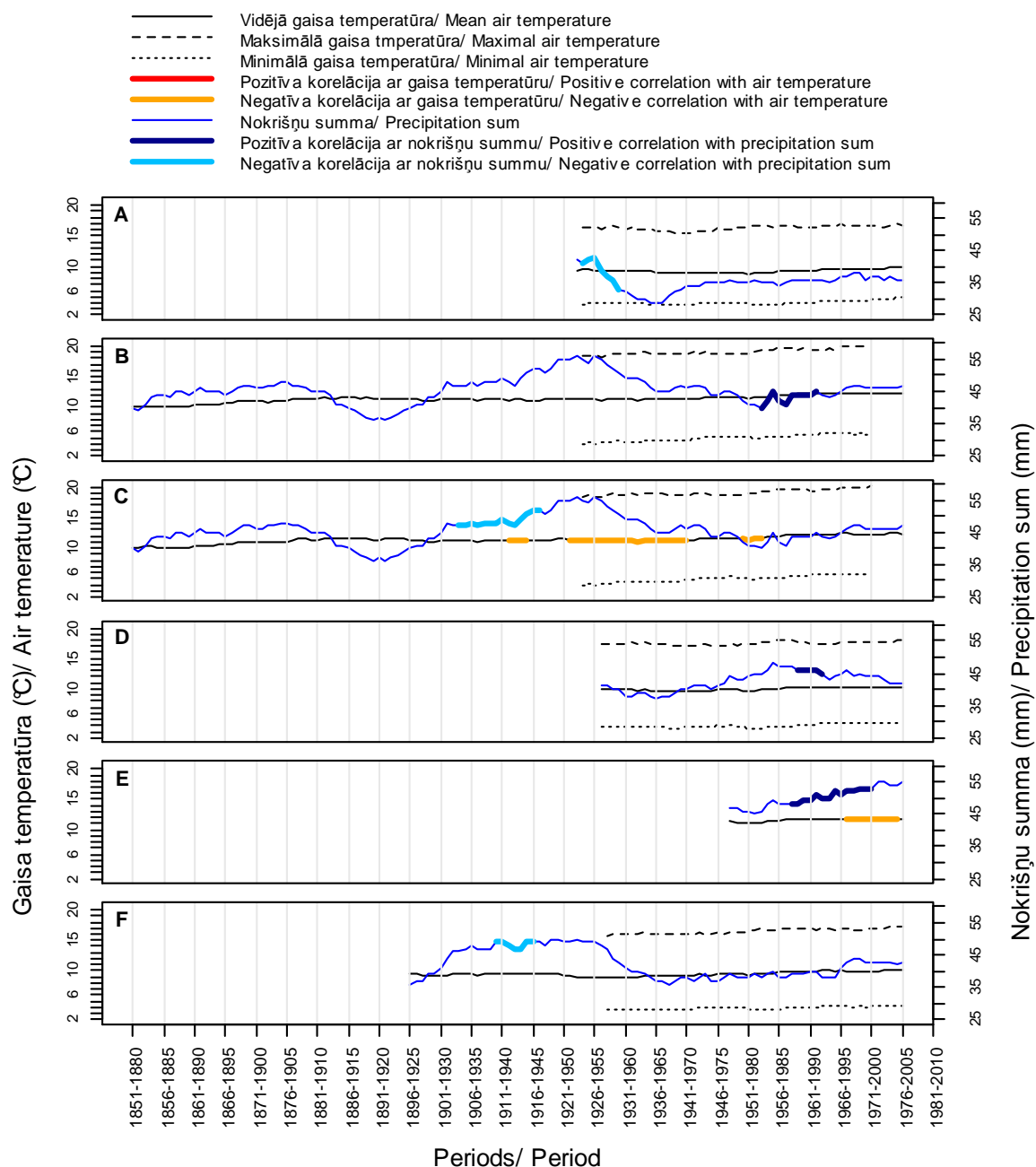


Piezīme: A) Klāņu purvs, B) Lielais Ķemeru tīrelis, C) Cenas tīrelis, D) Niedrāju-Pilkas purvs, E) Gulbju-Platpirovas purvs, F) kaļķainais zāļu purvs EEDP.

Note: A) Klāņu Mire, B) Lielais Ķemeru Mire, C) Cena Mire, D) Niedrāju-Pilkas Mire, E) Gulbju-Platpirovas Mire, F) calciferous fen in ELNP.

16. pielikums. Maija gaisa temperatūra un nokrišņu summa 30 gadu periodos. Iekrāsotajos periodos starp atlikumu hronoloģijām un atbilstošo meteoroloģisko staciju klimatiskajiem datiem pastāv statistiski būtiska korelācija.

Annex 16. The air temperature and precipitation sum in May at 30-year periods. Coloured periods represent statistically significant correlation between residual chronologies and climatic factors in corresponding meteorological station.

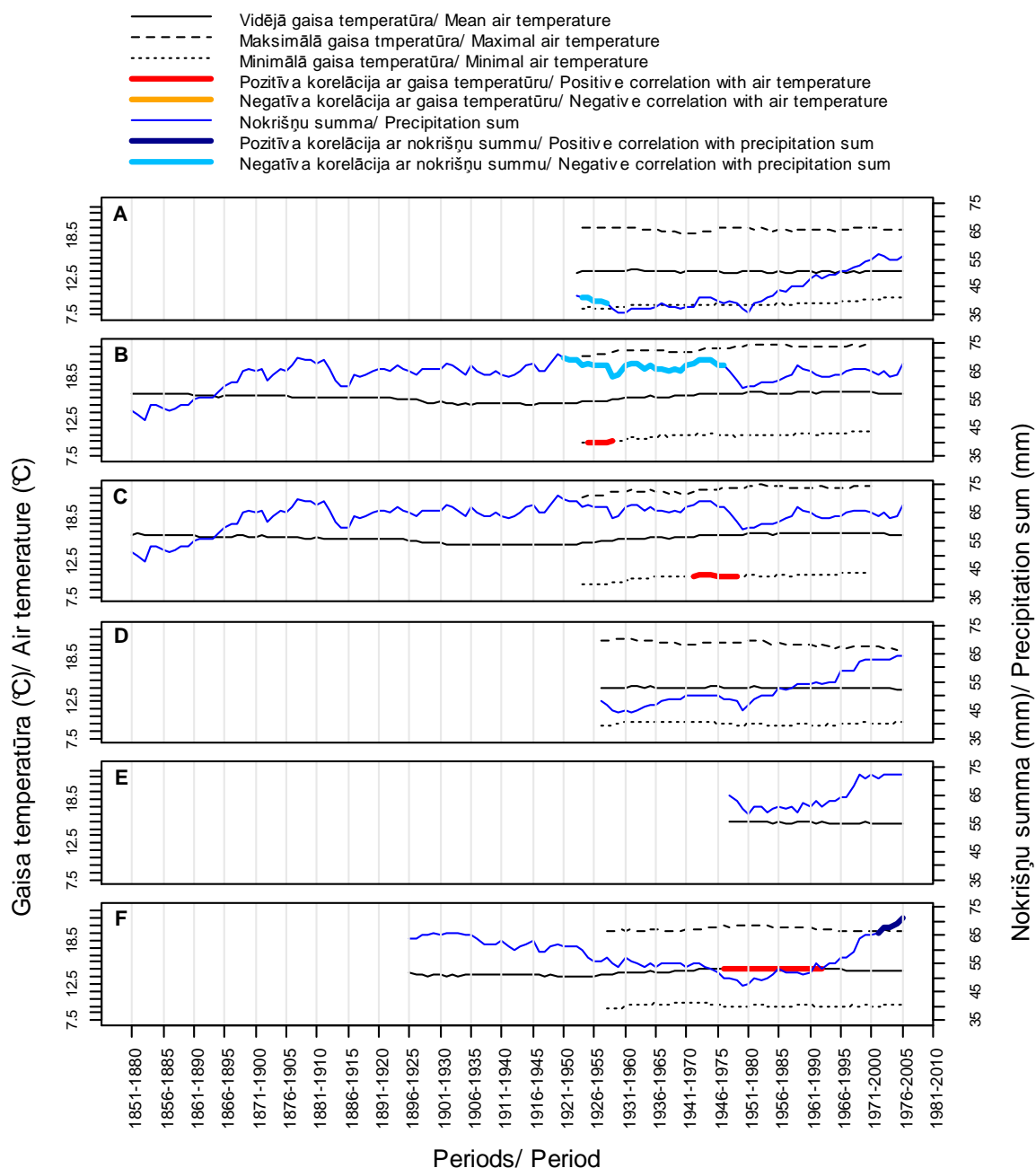


Piezīme: A) Klāņu purvs, B) Lielais Ķemeru tīrelis, C) Cenas tīrelis, D) Niedrāju-Pilkas purvs, E) Gulbju-Platpirovas purvs, F) kaļķainais zāļu purvs EEDP.

Note: A) Klāņu Mire, B) Lielais Ķemeru Mire, C) Cena Mire, D) Niedrāju-Pilkas Mire, E) Gulbju-Platpirovas Mire, F) calciferous fen in ELNP.

17. pielikums. Jūnija gaisa temperatūra un nokrišņu summa 30 gadu periodos. Iekrāsotajos periodos starp atlikumu hronoloģijām un atbilstošo meteoroloģisko staciju klimatiskajiem datiem pastāv statistiski būtiska korelācija.

Annex 17. The air temperature and precipitation sum in June at 30-year periods. Coloured periods represent statistically significant correlation between residual chronologies and climatic factors in corresponding meteorological station.

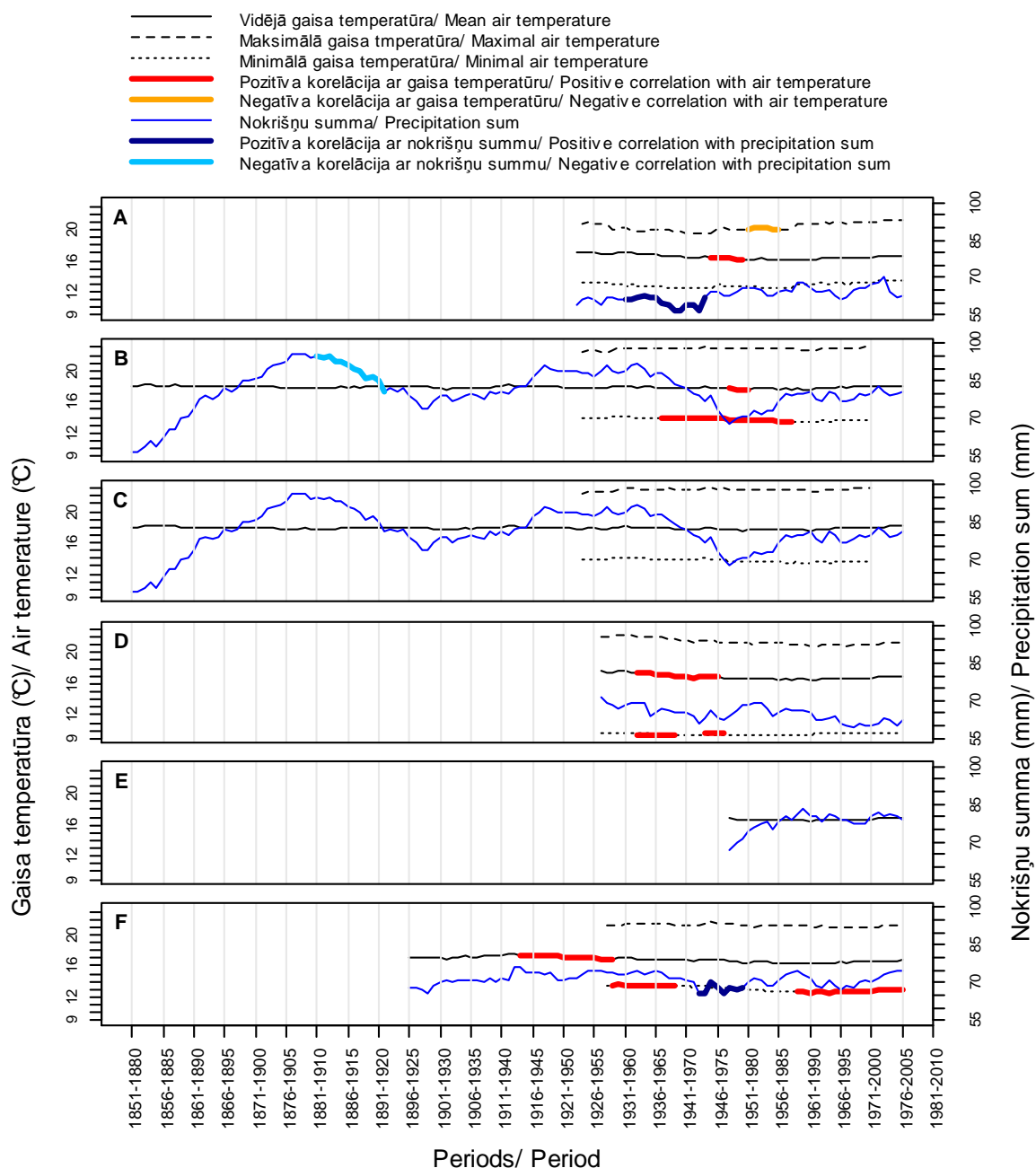


Piezīme: A) Klāņu purvs, B) Lielais Ķemeru tīrelis, C) Cenas tīrelis, D) Niedrāju-Pilkas purvs, E) Gulbju-Platpirovas purvs, F) kaļķainais zāļu purvs EEDP.

Note: A) Klāņu Mire, B) Lielais Ķemeru Mire, C) Cena Mire, D) Niedrāju-Pilkas Mire, E) Gulbju-Platpirovas Mire, F) calciferous fen in ELNP.

18. pielikums. Jūlija gaisa temperatūra un nokrišņu summa 30 gadu periodos. Iekrāsotajos periodos starp atlikumu hronoloģijām un atbilstošo meteoroloģisko staciju klimatiskajiem datiem pastāv statistiski būtiska korelācija.

Annex 18. The air temperature and precipitation sum in July at 30-year periods. Coloured periods represent statistically significant correlation between residual chronologies and climatic factors in corresponding meteorological station.

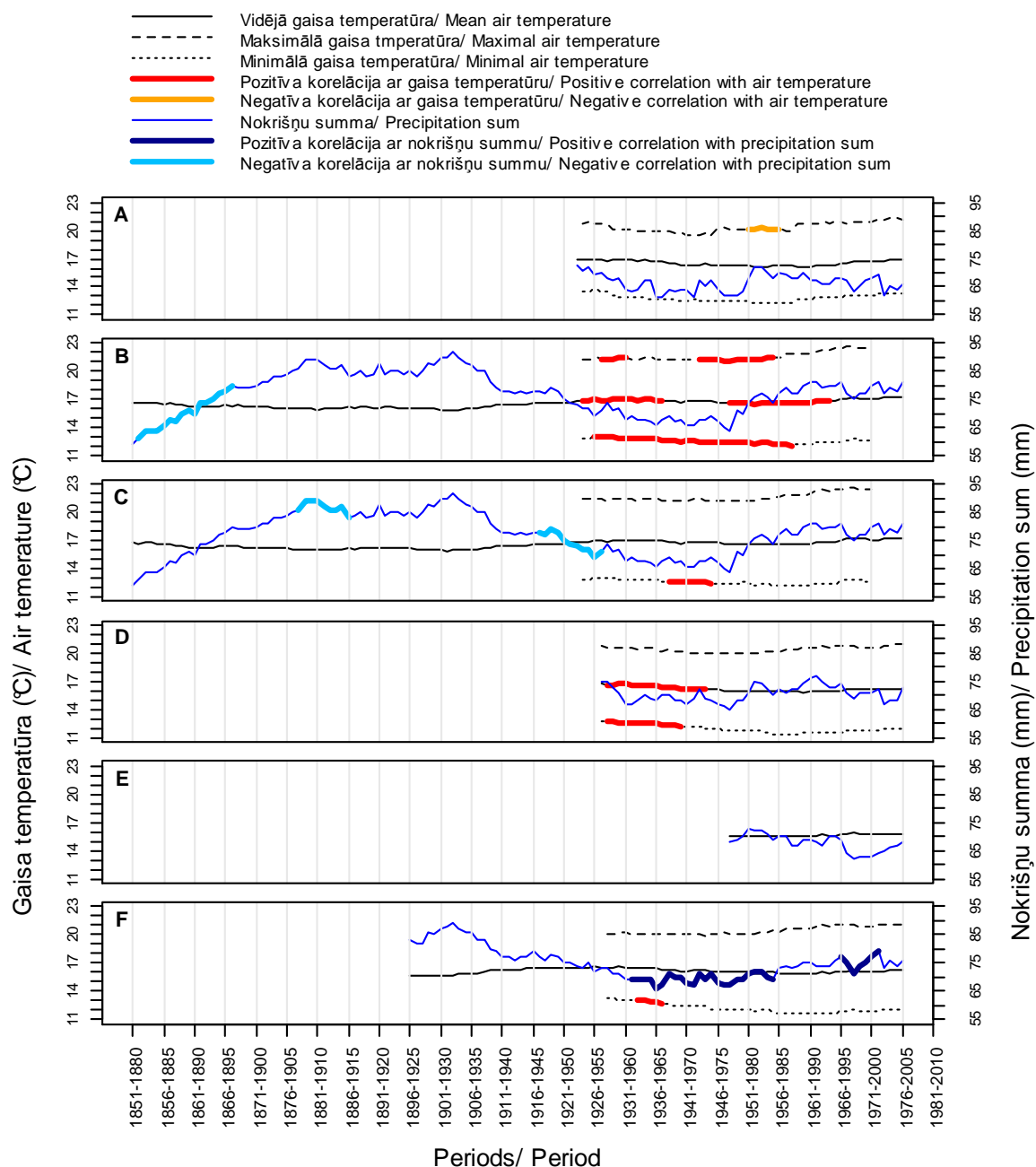


Piezīme: A) Klāņu purvs, B) Lielais Ķemeru tīrelis, C) Cenas tīrelis, D) Niedrāju-Pilkas purvs, E) Gulbju-Platpirovas purvs, F) kaļķainais zāļu purvs EEDP.

Note: A) Klāņu Mire, B) Lielais Ķemeru Mire, C) Cena Mire, D) Niedrāju-Pilkas Mire, E) Gulbju-Platpirovas Mire, F) calciferous fen in ELNP.

19. pielikums. Augusta vidējā gaisa temperatūra un nokrišņu summa 30 gadu periodos. Iekrāsotajos periodos starp atlikumu hronoloģijām un atbilstošo meteoroloģisko staciju klimatiskajiem datiem pastāv statistiski būtiska korelācija.

Annex 19. The air temperature and precipitation sum in August at 30-year periods. Coloured periods represent statistically significant correlation between residual chronologies and climatic factors in corresponding meteorological station.

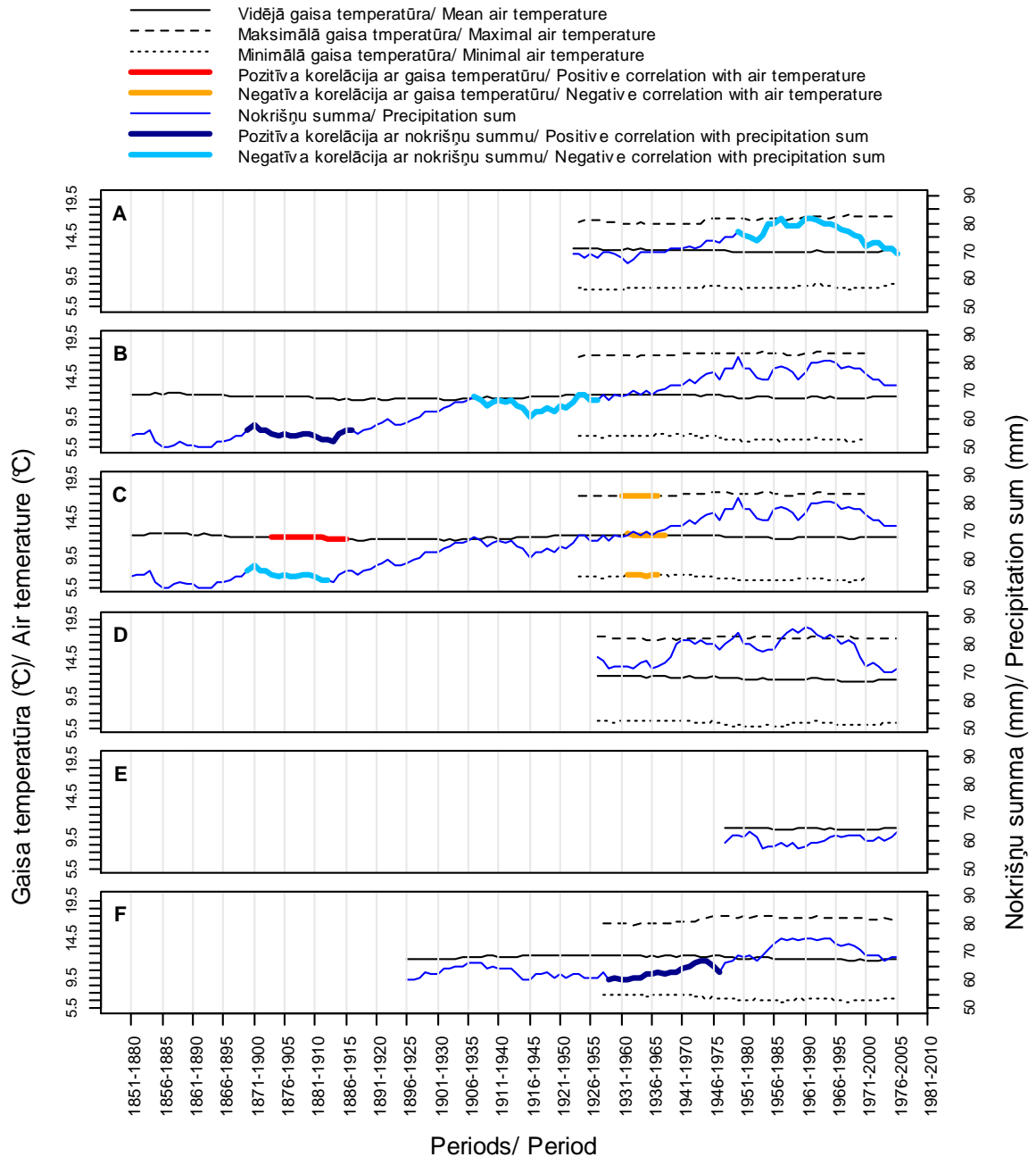


Piezīme: A) Klāņu purvs, B) Lielais Ķemeru tīrelis, C) Cenas tīrelis, D) Niedrāju-Pilkas purvs, E) Gulbju-Platpirovas purvs, F) kaļķainais zāļu purvs EEDP.

Note: A) Klāņu Mire, B) Lielais Ķemeru Mire, C) Cena Mire, D) Niedrāju-Pilkas Mire, E) Gulbju-Platpirovas Mire, F) calciferous fen in EEDP.

20. pielikums. Septembra vidējā gaisa temperatūra un nokrišņu summa 30 gadu periodos. Iekrāsotajos periodos starp atlikumu hronoloģijām un atbilstošo meteoroloģisko staciju klimatiskajiem datiem pastāv statistiski būtiska korelācija.

Annex 20. The air temperature and precipitation sum in September at 30-year periods. Coloured periods represent statistically significant correlation between residual chronologies and climatic factors in corresponding meteorological station.

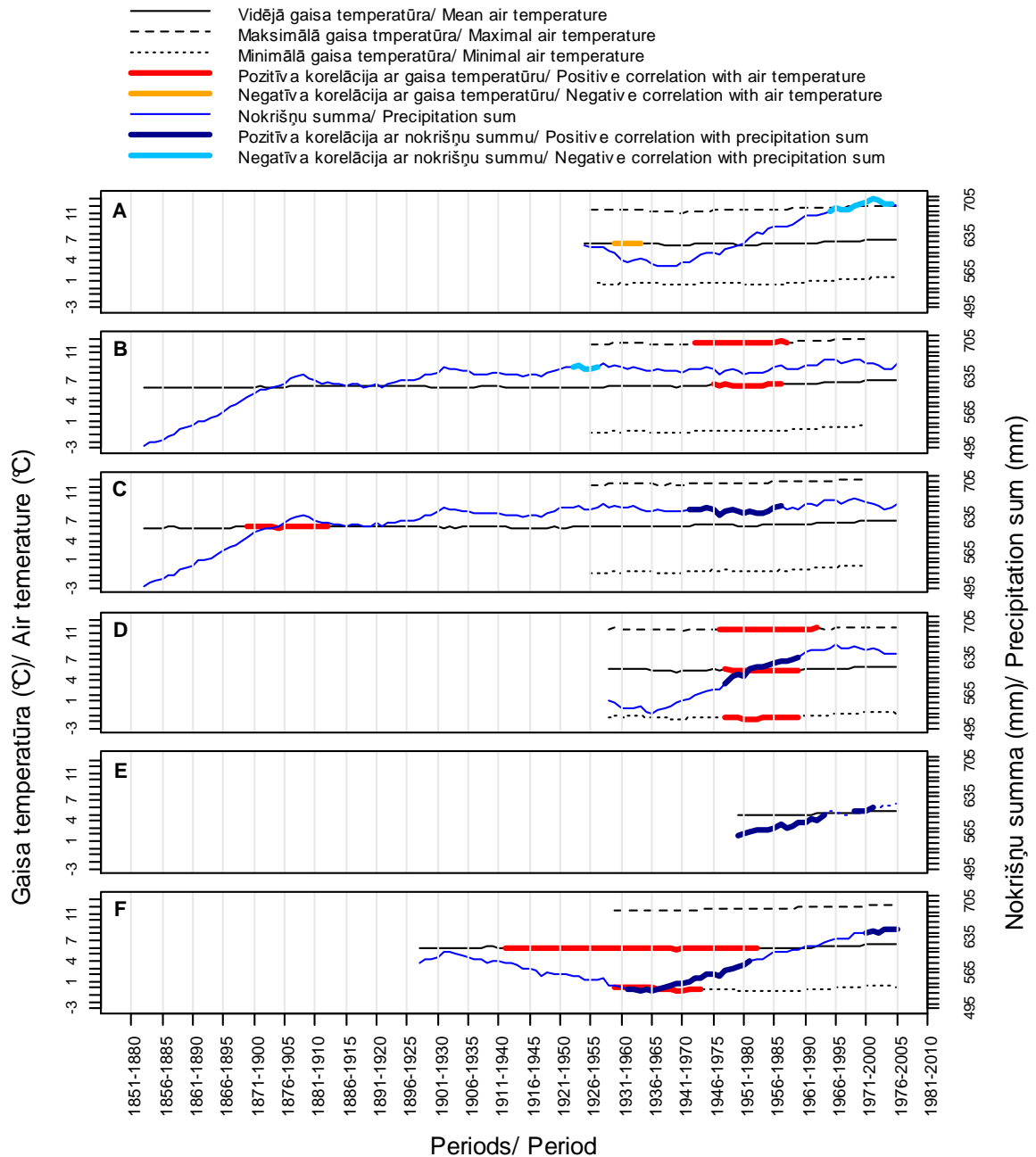


Piezīme: A) Klāņu purvs, B) Lielais Ķemeru tīrelis, C) Cenas tīrelis, D) Niedrāju-Pilkas purvs, E) Gulbju-Platpirovas purvs, F) kaļķainais zāļu purvs EEDP.

Note: A) Klāņu Mire, B) Lielais Ķemeru Mire, C) Cena Mire, D) Niedrāju-Pilkas Mire, E) Gulbju-Platpirovas Mire, F) calciferous fen in ELNP.

21. pielikums. Gada gaisa temperatūra un nokrišņu summa 30 gadu periodos. Iekrāsotajos periodos starp atlikumu hronoloģijām un atbilstošo meteoroloģisko staciju klimatiskajiem datiem pastāv statistiski būtiska korelācija.

Annex 21. The air temperature and precipitation sum in year at 30-year periods. Coloured periods represent statistically significant correlation between residual chronologies and climatic factors in corresponding meteorological station.

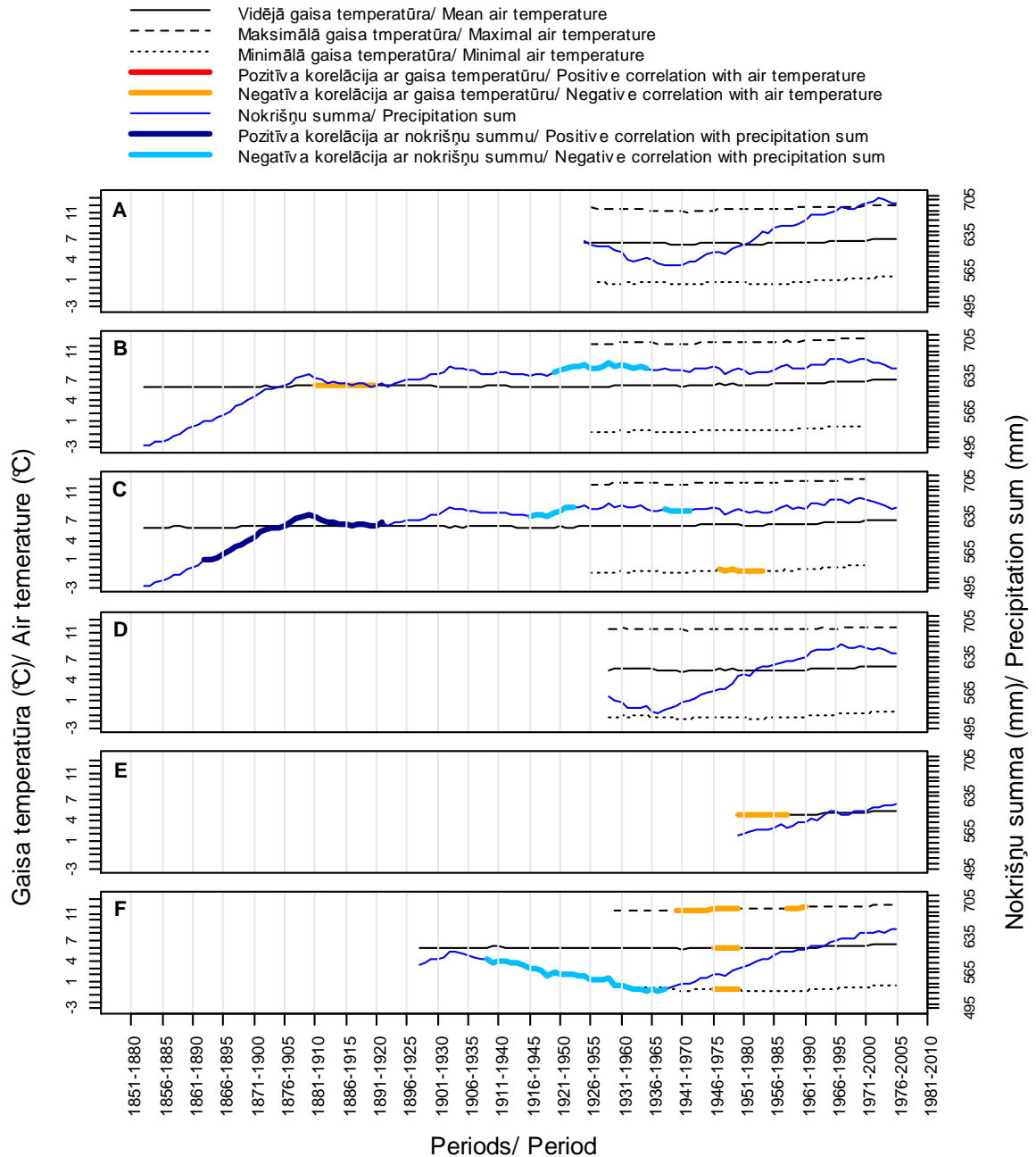


Piezīme: A) Klāņu purvs, B) Lielais Ķemeru tīrelis, C) Cenas tīrelis, D) Niedrāju-Pilkas purvs, E) Gulbju-Platpirovas purvs, F) kaļķainais zāļu purvs EEDP.

Note: A) Klāņu Mire, B) Lielais Ķemeru Mire, C) Cena Mire, D) Niedrāju-Pilkas Mire, E) Gulbju-Platpirovas Mire, F) calciferous fen in ELNP.

22. pielikums. Iepriekšējā gada gaisa temperatūra un nokrišņu summa 30 gadu periodos. Iekrāsotajos periodos starp atlikumu hronoloģijām un atbilstošo meteoroloģisko staciju klimatiskajiem datiem pastāv statistiski būtiska korelācija.

Annex 22. The air temperature and precipitation sum in previous year at 30-year periods. Coloured periods represent statistically significant correlation between residual chronologies and climatic factors in corresponding meteorological station.

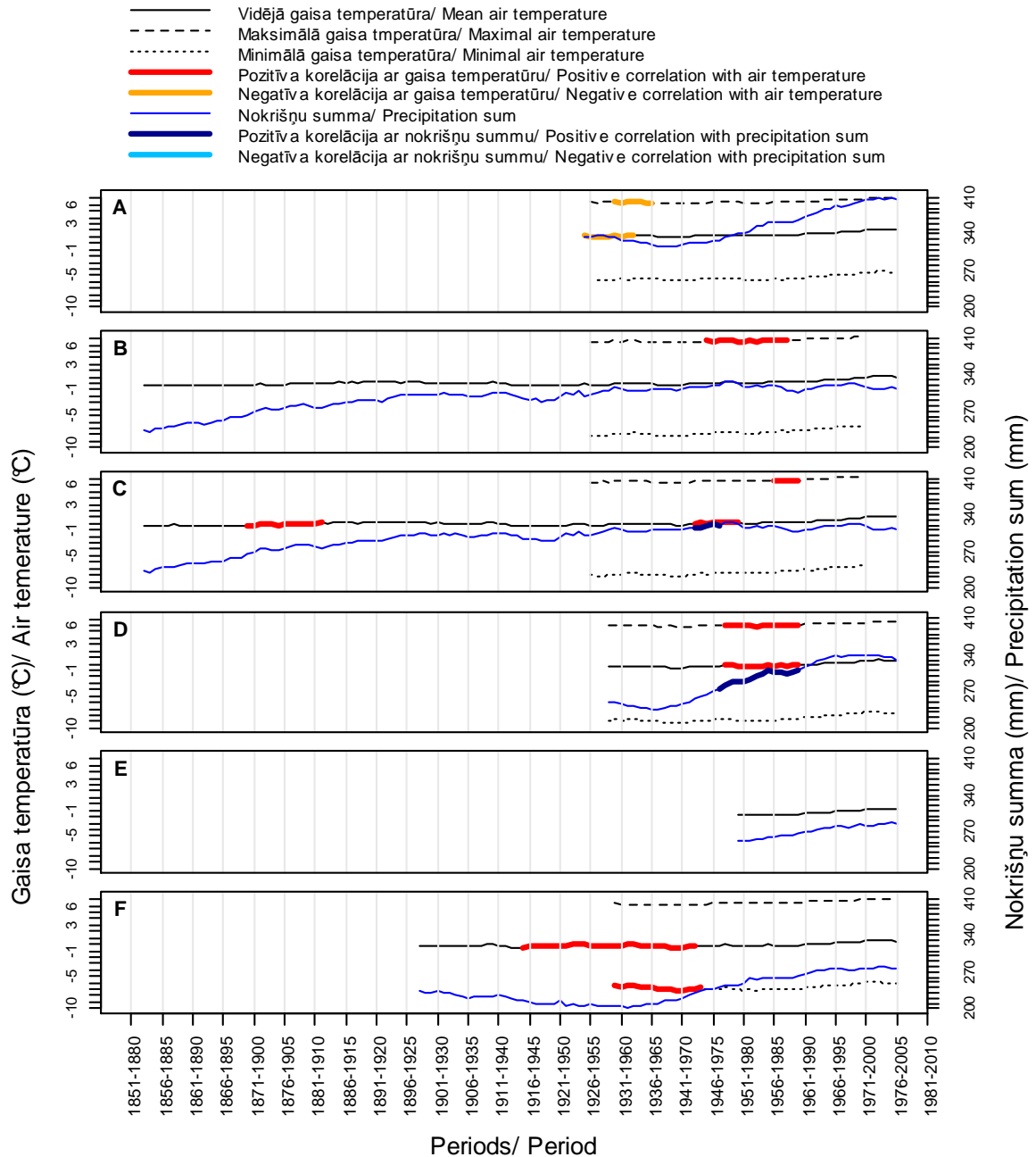


Piezīme: A) Klāņu purvs, B) Lielais Ķemeru tīrelis, C) Cenas tīrelis, D) Niedrāju-Pilkas purvs, E) Gulbju-Platpirovas purvs, F) kaļķainais zāļu purvs EEDP.

Note: A) Klāņu Mire, B) Lielais Ķemeru Mire, C) Cena Mire, D) Niedrāju-Pilkas Mire, E) Gulbju-Platpirovas Mire, F) calciferous fen in ELNP.

23. pielikums. Miera perioda gaisa temperatūra un nokrišņu summa 30 gadu periodos. Iekrāsotajos periodos starp atlikumu hronoloģijām un atbilstošo meteoroloģisko staciju klimatiskajiem datiem pastāv statistiski būtiska korelācija.

Annex 23. The air temperature and precipitation sum in dormant period at 30-year periods. Coloured periods represent statistically significant correlation between residual chronologies and climatic factors in corresponding meteorological station.

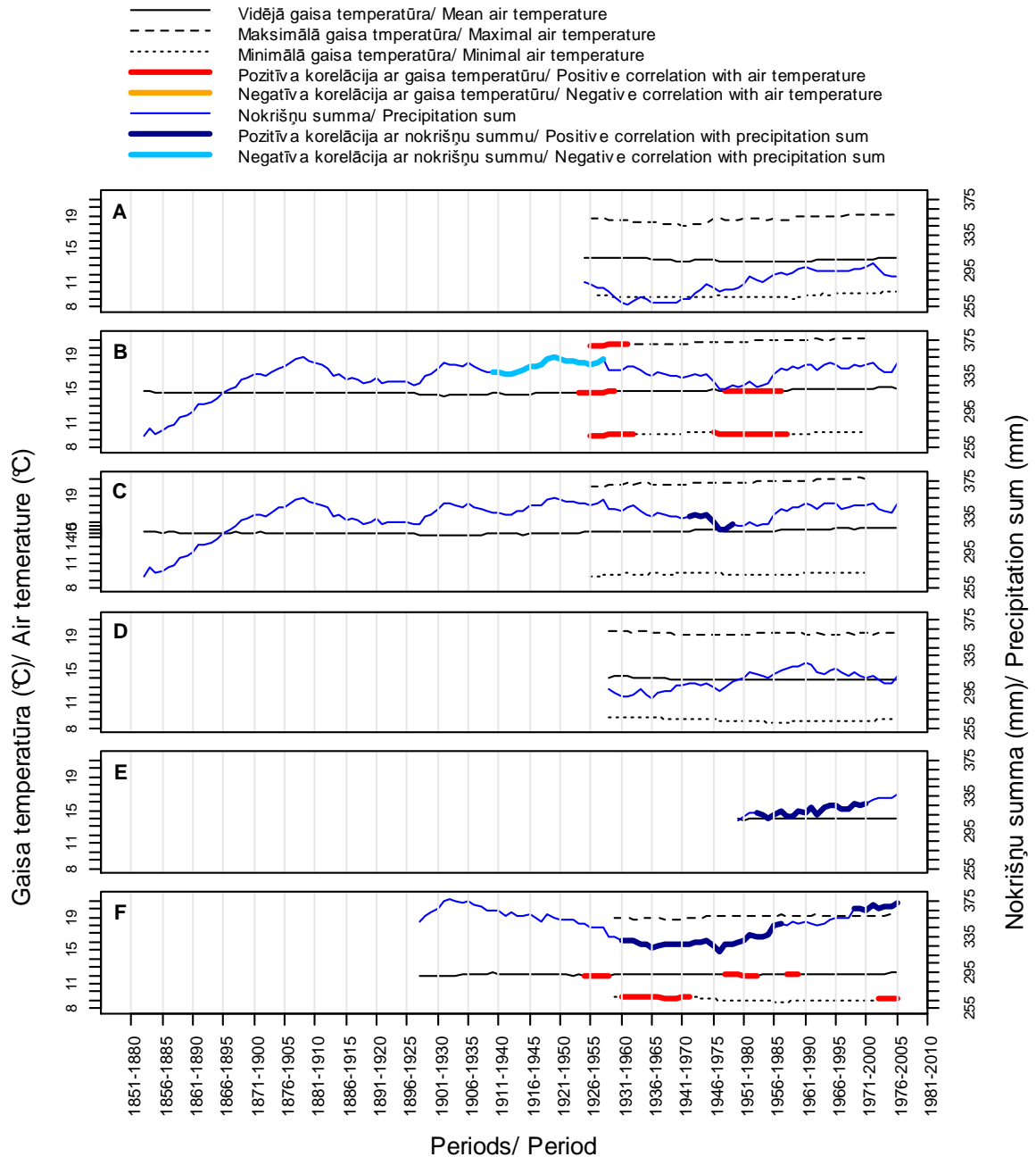


Piezīme: A) Klāņu purvs, B) Lielais Ķemeru tīrelis, C) Cenas tīrelis, D) Niedrāju-Pilkas purvs, E) Gulbju-Platpirovas purvs, F) kaļķainais zāļu purvs EEDP.

Note: A) Klāņu Mire, B) Lielais Ķemeru Mire, C) Cena Mire, D) Niedrāju-Pilkas Mire, E) Gulbju-Platpirovas Mire, F) calciferous fen in ELNP.

24. pielikums. Augšanas perioda gaisa temperatūra un nokrišņu summa 30 gadu periodos. Iekrāsotajos periodos starp atlikumu hronoloģijām un atbilstošo meteoroloģisko staciju klimatiskajiem datiem pastāv statistiski būtiska korelācija.

Annex 24. The air temperature and precipitation sum in growth period at 30-year periods. Coloured periods represent statistically significant correlation between residual chronologies and climatic factors in corresponding meteorological station.

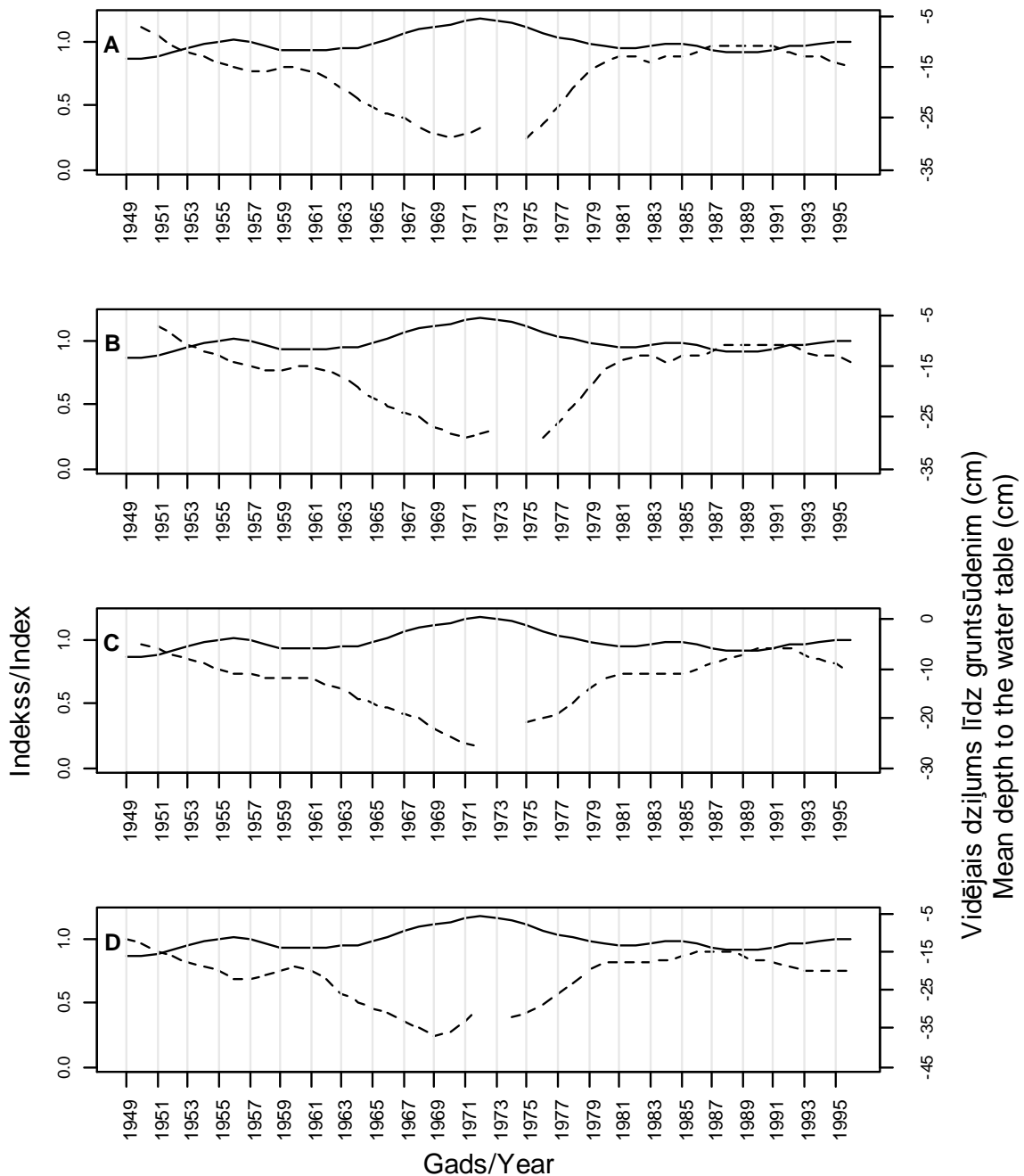


Piezīme: A) Klāņu purvs, B) Lielais Ķemeru tīrelis, C) Cenas tīrelis, D) Niedrāju-Pilkas purvs, E) Gulbju-Platpirovas purvs, F) kaļķainais zāļu purvs EEDP.

Note: A) Klāņu Mire, B) Lielais Ķemeru Mire, C) Cena Mire, D) Niedrāju-Pilkas Mire, E) Gulbju-Platpirovas Mire, F) calciferous fen in ELNP.

25. pielikums. Parastās priedes radiālā pieauguma (nepārtrauktā līnija) un vidējā gruntsūdens līmeņa (pārtrauktā līnija) pretējās izmaiņas Lielajā Ķemeru tīrelī laikā no 1949. līdz 1996. gadam. Ilgtermiņa izmaiņas atspoguļotas ar desmit gadu vidējā slīdošā vērtībām.

Annex 25. Opposing Scots pine radial growth (solid line) and the annual depth of water table (dash line) trends from 1949 to 1996 in Lielais Ķemeru Mire. Low-frequency is represented by 10-year running average.

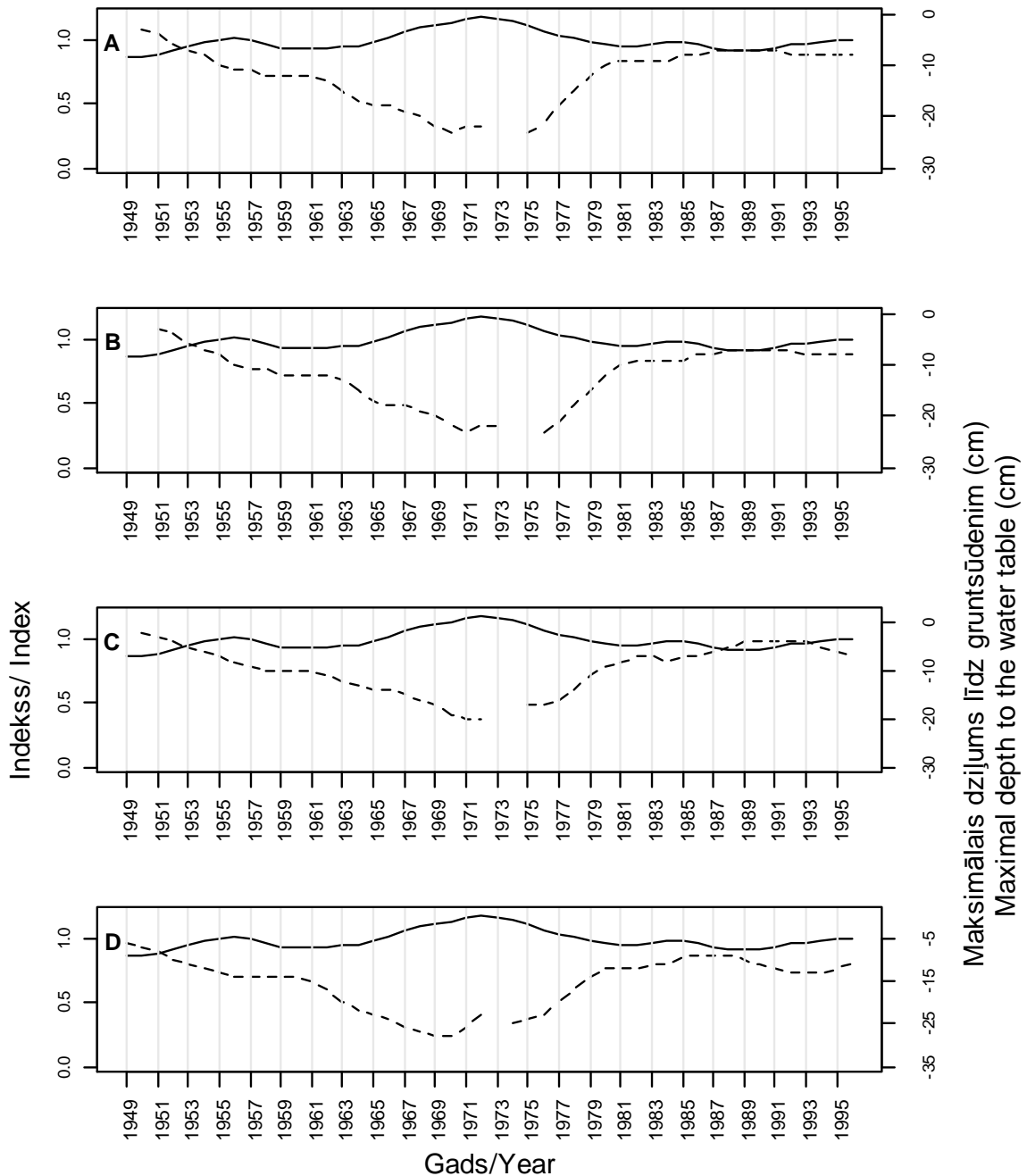


Piezīme: A) gads, B) iepriekšējais gads, C) miera periods (no iepriekšējā gada oktobra līdz pētāmā gada maijam), D) augšanas periods (no maija līdz septembrim).

Note: A) annual, B) previous year, C) dormant period (from previous year October till May of observation year), D) growth period (from May till September).

26. pielikums. Parastās priedes radiālā pieauguma (nepārtrauktā līnija) un maksimālā gruntsūdens līmeņa (pārtrauktā līnija) pretējās izmaiņas Lielajā Ķemeru tīrelī laikā no 1949. līdz 1996. gadam. Ilgtermiņa izmaiņas atspoguļotas ar desmit gadu vidējā slīdošā vērtībām.

Annex 26. Opposing Scots pine radial growth (solid line) and the maximal depth of water table (dash line) trends from 1949 to 1996 in Lielais Ķemeru Mire. Low-frequency is represented by 10-year running average.

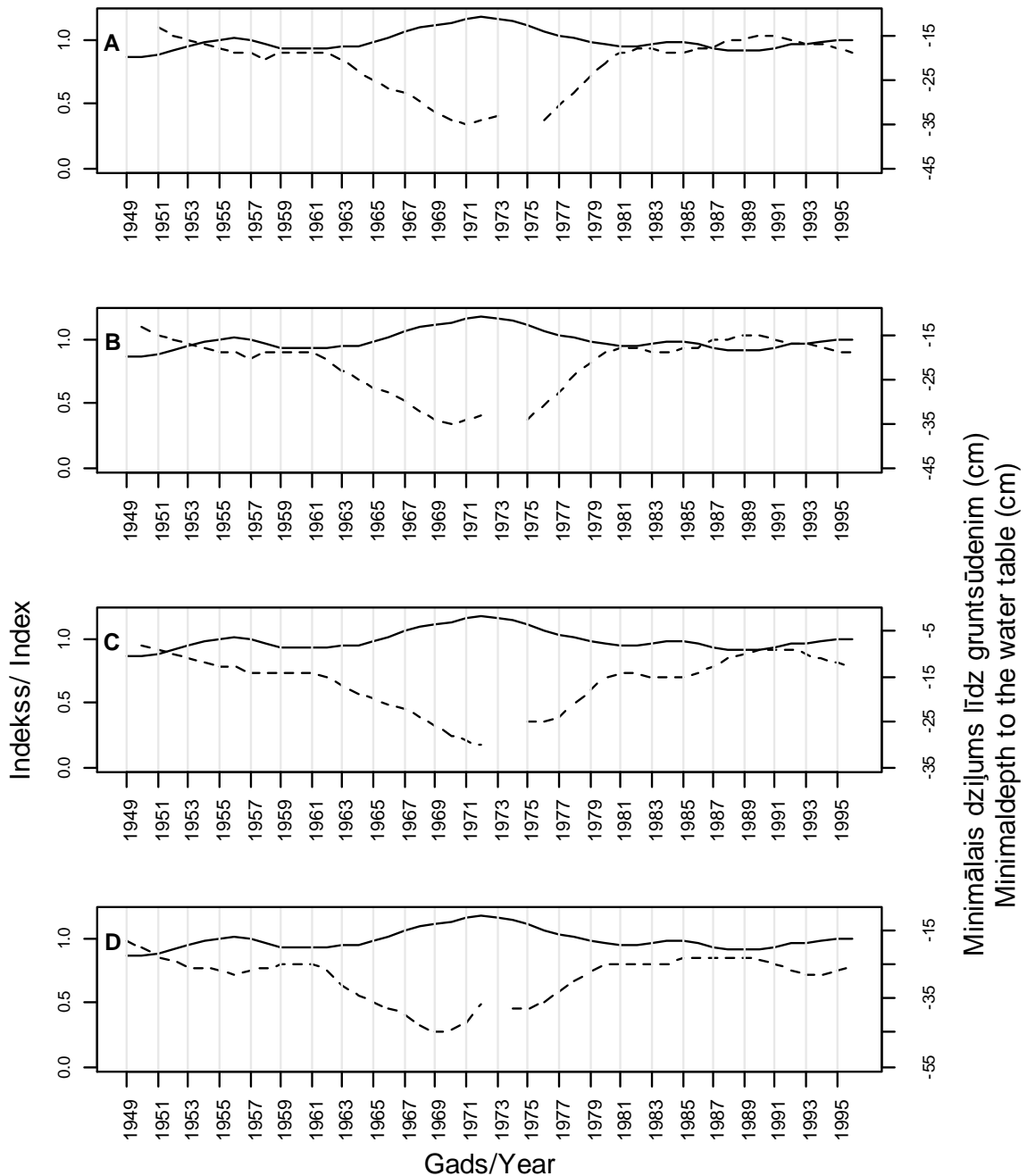


Piezīme: A) gads, B) iepriekšējais gads, C) miera periods (no iepriekšējā gada oktobra līdz pētāmā gada maijam), D) augšanas periods (no maija līdz septembrim)

Note: A) annual, B) previous year, C) dormant period (from previous year October till May of observation year), D) growth period (from May till September).

27. pielikums. Parastās priedes radiālā pieauguma (nepārtrauktā līnija) un minimālā gruntsūdens līmeņa (pārtrauktā līnija) tendējas izmaiņas Lielajā Ķemeru tīrelī laikā no 1949. līdz 1996. gadam. Ilgtermiņa izmaiņas atspoguļotas ar desmit gadu vidējā slīdošā vērtībām.

Annex 27. Opposing Scots pine radial growth (solid line) and the minimal depth of water table (dash line) trends from 1949 to 1996 in Lielais Ķemeru Mire. Low-frequency is represented by 10-year running average.



Piezīme: A) gads, B) iepriekšējais gads, C) miera periods (no iepriekšējā gada oktobra līdz pētāmā gada maijam), D) augšanas periods (no maija līdz septembrim)

Note: A) annual, B) previous year, C) dormant period (from previous year October till May of observation year), D) growth period (from May till September).

28. pielikums. Klimatisko faktoru raksturojums un parastās priedes negatīvie/pozitīvie zīmīgie gadi pētāmajās teritorijās un uz sausām minerālaugsnēm Latvijā un Lietuvā (Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs, Vitas 2004, Zunde et al. 2008).

Annex 28. Climatic characteristics and Scots pine negative/positive pointer-years at study sites and dry soil sites in Latvia and Lithuania (Latvian Environment, Geology and Meteorology Centre, Vitas 2004, Zunde et al. 2008).

Zīmīgie gadi Pointer-years	Pētāmās teritorijas Study sites	Sausās minerālaugsnēs At dry soil sites		Zīmīgo gadu klimatisko faktoru raksturojums Climatic characteristics of pointer years
		Latvija Latvia	Lietuva Lithuania	
1859.	+			
1861.	+		+	Lietuvā silts februāris.
1862.	+			
1865.- 1867., 1869.	-			
1884.	+			
1891.	-		+	Lietuvā silts februāris un septembris.
1895.	-		-	
1897.	-		+	Lietuvā silts pavasaris un vasara.
1902.	+			
1903.	+	+		
1904.	+	-		
1909.	-			
1912.	+			
1913.	+		+	Lietuvā silts februāris un marts.
1915.	+			1914. gadā konstatēta visaugstākā jūlija gaisa temperatūra.
1916.	+	+		
1917.	+	-		
1919.	-			
1922.	+			
1924.- 1925.	-			
1926.	-	-		Vislielākā maija nokrišņu summa.
1927.	-			Viszemākā maija gaisa temperatūra.
1928.	-	-	+	Viszemākā jūnija un jūlija gaisa temperatūra. Vislielākā maija un jūnija nokrišņu summa.
1929.	-	-	-	Viszemākā februāra un aprīļa gaisa temperatūra.
1930.	-	+		Vislielākā augusta un novembra nokrišņu summa.
1931.	-	-		Vislielākā janvāra nokrišņu summa.
1933.	+			
1934.	+	+		Visaugstākā septembra gaisa temperatūra.
1935.	+	-		
1936.	+		-	Sausa vasara. Absolūti maksimālā augusta gaisa temperatūra.
1937.	+			
1938.	+	+	+	Silts februāris. Visaugstākā augusta gaisa temperatūra.
1939.	+			Absolūti maksimālā jūnija gaisa temperatūra. Visaugstākā augusta gaisa temperatūra.
1942.	+			Viszemākā marta gaisa temperatūra un vismazākā marta nokrišņu summa.

28. pielikuma turpinājums.

Annex 28 continuation.

Zīmīgie gadi Pointer-years	Pētāmās teritorijas Study sites	Sausās minerālaugsnēs At dry soil sites		Klimatisko faktoru raksturojums Climatic characteristics
		Latvija Latvia	Lietuva Lithuania	
1945.	+	+		Visaugstākā februāra un marta gaisa temperatūra. Liela jūlija nokrišņu summa.
1947.	-	-		
1948.	-			
1949.	-	-		Maza septembra nokrišņu summa, vislielākā decembra nokrišņu summa.
1950.	-			Liels septembra nokrišņu daudzums.
1951.	-	-		Vismazākā oktobra nokrišņu summa.
1955.	+	+		Viszemākā aprīļa gaisa temperatūra.
1957.	+	+		Vislielākā februāra nokrišņu summa.
1967.	+	+	+	Silts februāris un marts. Visaugstākā gaisa temperatūra oktobrī. 1966. gadā konstatēta absolūti maksimālā oktobra gaisa temperatūra.
1968.	+		-	Visaugstākā gaisa temperatūra martā. Sausa pavasaris un vasara.
1972.	+	+		Vislielākā janvāra nokrišņu summa.
1976.	-	-		Viszemākā oktobra gaisa temperatūra.
1977.	-	-	-	Vislielākā aprīļa nokrišņu summa. Absolūti minimālā jūnija gaisa temperatūra. Lietuvā – 1976. gadā sausa vasara.
1982.	-			Absolūti minimālā jūnija gaisa temperatūra.
1990.	-			Viszemākā februāra gaisa temperatūra. Visaugstākā marta gaisa temperatūra.
2000.	-			Visaugstākā aprīļa gaisa temperatūra. 1999. gadā konstatēta visaugstākā jūnija gaisa temperatūra un vislielākā decembra nokrišņu summa.
2002.	-		-	Visaugstākā augusta gaisa temperatūra un vislielākā augusta nokrišņu summa. 2001. gadā konstatēta viszemākā decembra gaisa temperatūra.