

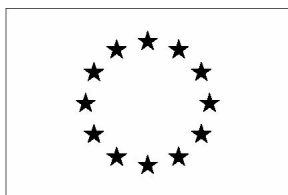
LATVIJAS UNIVERSITĀTE
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE
ĢEOGRĀFIJAS NODAĻA

**FENOLOĢISKĀS IZMAIŅAS UN TO
IETEKMĒJOŠIE KLIMATISKIE FAKTORI**

PROMOCIJAS DARBS

Autors: Gunta Kalvāne
Darba vadītāja:
Prof., Dr.geogr. Agrita Briede

RĪGA, 2011



LATVIJAS
UNIVERSITĀTE
ANNO 1919

Darbs izstrādāts Eiropas Sociālā fonda projekta „Atbalsts doktorantūras programmu īstenošanai un pēcdoktorantūras pētījumiem” (līguma Nr. 2004/0001/VPD1/ESF/PIAA/04/NP/3.2.3.1/0001/0063) un „Atbalsts doktora studijām Latvijas Universitātē” (līguma Nr. 2009/0138/1DP/1.1.2.1.2/09/IPIA/VIAA/004) ietvaros.

ANOTĀCIJA

Pētījuma mērķis ir izvērtēt fenoloģisko parametru (fitofenoloģiskie, agrometeoroloģiskie novērojumi) mainību un svārstības laikā un telpā Latvijā, kā arī raksturot ietekmējošos klimatiskos faktorus.

Pētījumā ir dots vispārīgs fenoloģijas vēsturisks raksturojums, raksturotas fenoloģiskās tendences pasaulē, analizētas fenoloģiskās izmaiņas laika un telpas skatījumā Latvijā, salīdzinot novērojumu datus ar citās Eiropas valstīs veiktajiem novērojumiem. Pielietojot fenoloģiskās indikācijas metodes, izdalītas un raksturotas fenoloģiskās sezonas Latvijā. Veikta fenoloģisko fāžu un ietekmējošo klimatisko faktoru (atmosfēras cirkulācijas veidi, gaisa un augsnes temperatūra, nokrišņi, sniega sega un ilgums u.c.) kopsakarību analīze. Darba izstrādes gaitā ieviests fotomonitorings un izvērtētas metodes pielietošanas iespējas Latvijas apstākļos.

Atslēgas vārdi: fenoloģiskās fāzes, fenoloģiskās izmaiņas, fenoloģisko sezonu indikatori, fotomonitorings, Latvija.

ANNOTATION

The aim of the dissertation is to analyse temporal and spatial changes in long – term phenological observations in Latvia and to describe the influencing climatic factors.

As part of the work, long term phenological observation data were compiled into an electronic data base. The history of phenology as well as phenological tendencies in world and temporal and spatial variability of phenological parameters in Latvia were analyzed and compared with data from other European countries, and the relationship between phenological data and influencing factors (air and soil temperature, snow cover, atmospheric circulation patterns) was done as well. A new method for the observation of bioclimatic parameters – photo-monitoring (automatic, autonomous cameras) – was introduced.

Key words: phenological phases, phenological changes, indicators of seasons, repeat digital images, Latvia.

SATURS

ANOTĀCIJA	3
ANNOTATION	4
SATURS	5
IEVADS	6
Pētījuma tēmas aktualitāte	6
Darba mērķis un darba uzdevumi	6
Darba novitāte	6
Darba pētījumu rezultātu aprobācija	7
Ieguldījums starptautiskajos projektos un grantos	10
1. LITERATŪRAS ANALĪZE	11
1.1. Fenoloģijas nozīme un attīstības vēsture	11
1.2. Fenoloģiskās sezonas	15
1.3. Fenoloģiskās tendences	19
1.4. Fenoloģisko fāžu ietekmējošie faktori	22
1.5. Digitālo attēlu izmantošana fenoloģijas pētījumos	26
2. MATERIĀLI UN METODES	29
2.1. Pētījuma dati	29
2.2. Datu apstrādes metodes	31
2.3. Datu analīzes metodes	31
3. REZULTĀTI	36
3.1. Fenoloģiskie trendi Eiropā transektā DR-ZA	36
3.2. Fenoloģisko sezonu salīdzinošs raksturojums Latvijā un Lietuvā	41
3.3. Fenoloģisko novērojumu datu analīze Latvijas piemērā	48
3.3.1. Fenoloģisko novērojumu ilglaicīgās izmaiņas Latvijas teritorijā ..	48
3.3.2. Agrometeoroloģisko novērojumu tendences (1957.-2003.gads) ..	55
3.3.3. Fenoloģisko fāžu raksturs references periodā (1971.-2000. gads) ..	65
3.3.4. Augšanas sezonas mainība	77
3.3.5. Fenoloģiskās sezonas, to izmaiņas Latvijā	87
4. Fenoloģisko fāžu ietekmējošo faktoru kopsakarību analīze	95
4.1.1. Atmosfēras cirkulācijas veidu ietekme	95
4.1.2. Klimatiskie faktori	100
5. Digitālo attēlu izmantošana fenoloģijas pētījumos: Latvijas piemērs	105
6. DISKUSIJA	112
6.1. Fenoloģiskās tendences	112
6.2. Reģionālās izmaiņas	113
6.3. Fenoloģiskās sezonas: indikatori un ilguma izmaiņas	114
6.4. Augšanas sezonas izmaiņas	116
6.5. Fenoloģiskās fāzes ietekmējošie faktori	116
6.6. Digitālo attēlu izmantošana fenoloģijā	118
SECINĀJUMI	120
LITERATŪRA	121
Publicētie avoti	121
Nepublicētie avoti	125
Interneta resursi	127
PATEICĪBAS	128
PIELIKUMS	129

IEVADS

Pētījuma tēmas aktualitāte

Fenoloģijas loma 21.gs. būtiski pieaug, ko ir noteikusi sabiedrības pastiprinātā interese par klimata mainību un ietekmi uz dzīvajiem organismiem. Pēc bioklimatologu atzinumiem fenoloģisko novērojumu analīze iespējams ir „vienkāršākais un lētākais veids kā pierādīt un pamatot klimata pārmaiņas” (Koch et al., 2006). Fenoloģijas nozīme tiek akcentēta Klimata pārmaiņu starpvaldību padomes (IPCC-Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC,2007)) pārskata trešajā un ceturtajā ziņojumā, uzsverot fenoloģijas lomu klimata mainības prognozēšanā un sabiedrības informēšanā (Van Vliet et al., 2003). Tēmas aktualitāte sabiedrībā un zinātnē ir viens no galvenajiem pētījuma virziena izvēles kritērijiem.

Pētījumi pasaulē liecina, ka fenoloģisko fāžu iestāšanās laiks 20.gs ir būtiski mainījies. Piemēram, Eiropas fenoloģiskajos dārzos veiktie pētījumi liecina, ka augšanas sezonas sākums (1959.-1996. gads) iestājas 6.3 dienas agrāk, bet rudens fāzes – 4.5 dienas vēlāk (Menzel, 2000; Menzel and Fabian, 1999). Pasaulē vidēji augšanas sezona pēdējās dekādēs ir pagarinājusies 10-20 dienas atkarībā no reģiona (Linderholm, 2006).

Pētījumā pirmo reizi ir analizēti Latvijas fenoloģisko novērojumu dati, aptverot visu sistemātisko novērojumu periodu (1927.-2009. gads), ļaujot veikt fenoloģisko tendenču analīzi un salīdzinājumu ar citur Eiropā veiktajiem pētījumiem.

Darba mērķis un darba uzdevumi

Darba mērķis: izvērtēt fenoloģisko fāžu mainību un to ietekmējošos klimatiskos faktorus Latvijā.

Darba uzdevumi:

1. apskatīt fenoloģijas vēsturiskos aspektus, raksturot fenoloģiskās tendences dažādos pasaules reģionos un Latvijā;
2. pilnveidot un izveidot fenoloģisko un agrometeoroloģisko novērojumu elektronisko datu bāzi atbilstoši pētījuma mērķim;
3. izpētīt fenoloģisko fāžu mainību un variācijas, ilgtermiņa izmaiņu tendences Latvijā Eiropas kontekstā;
4. izvērtēt fenoloģisko fāžu klimatiskos ietekmējošos faktorus un veikt to kompleksu analīzi;
5. pielietojot fenoloģiskās indikācijas metodi, raksturot fenoloģiskās sezonas Latvijā;
6. iniciēt fenoloģisko novērojumu veikšanu, izmantojot digitālos attēlus (fotomonitoringu).

Darba novitāte

Promocijas darbā pirmo reizi ir apkopoti un analizēti fenoloģiskie dati periodā no 1927. gada, kad Latvijā sākti sistemātiski fenoloģiskie novērojumi, līdz 2009. gadam, kā arī agrometeoroloģiskie dati periodā no 1957. līdz 2003. gadam. Dati analizēti arī references periodā (1971.-2000.gads), ļaujot salīdzināt rezultātus ar pētījumiem citos pasaules reģionos. Kopumā raksturotas 17 augu sugu fenoloģiskās

fāzes, kā arī kultūraugu fenoloģija 6 agrometeoroloģiskajās stacijās. Veikts datu salīdzinājums Eiropā, transektā DR – ZA (Slovēnija-Latvija un Ungārija-Latvija). Pētījumā veikts komplekss ietekmējošo klimatisko faktoru raksturojums.

Līdzīgi zinātniski bioklimatiskie pētījumi Latvijā ir veikti tikai 20. gs. 60-tajos gados, aptverot periodu no 1926.-1940. gadam (Zirnītis, 1956). Lokālā mērogā, Ukros, fenoloģiskos novērojumu ir veicis un analizējis A. Ģērmanis (Ģērmanis, 2003; 2001).

Fenoloģisko datu nozīme pieaug proporcionāli novērojumu ilgumam, diemžēl Latvijā fenologu skaits pēdējos gados ir samazinājies, tāpēc darba izstrādes gaitā tika iesākta fenoloģiskā tīkla modernizācija, ieviešot fotomonitoringu jeb automātisku digitālo fotografēšanu. 2009. gadā tika uzstādītas divas autonomas kameras (LU, Botāniskajā dārzā un LU ĢZZF lauka stacionāra Lodesmuiža) ar mērķi fiksēt sezonālās izmaiņas ainavā. Ieviestā fotomonitoringa metode ir inovatīva Baltijā.

Pētījums ir aprobēts starptautiski gan publikāciju veidā, gan piedaloties konferencēs, starptautiskā projekta COST 725 darba grupās un prezentējot iegūtos rezultātus. Apkopotie fenoloģisko novērojumu dati ir iekļauti Eiropas mēroga datu bāzē.

Darbā pirmo reizi Latvijā apkopoti un kompleksi analizēti fenoloģiskie novērojumi, izvērtēti un raksturoti tos ietekmējošie faktori, kā arī ieviesta un aprobēta fotomonitoringa jeb digitālo attēlu izmantošana fenoloģijā Latvijā.

Darba pētījumu rezultātu aprobācija

Promocijas darba rezultāti ir atspoguļoti sešās zinātniskās publikācijās (trīs no tām rakstu krājumos). Par pētījumu rezultātiem sniegti ziņojumi deviņās starptautiskās zinātniskās konferencēs, 3 projekta COST sanāksmēs un 14 ziņojumi Latvijas mēroga zinātniskās konferencēs.

Zinātniskās publikācijas par pētījumu rezultātiem:

1. Tīrums, M., Bitāne, M., **Kalvāne, G.** 2011. Pavasara bioklimatisko parametru mainība un to ietekmējošie faktori Snēpelē no 1947.-2007. gadam. *Latvijas Universitātes Raksti* (iesniegts publicēšanai);

2. **Kalvāne, G.**, Romanovskaja, D., Briede, A., Bakšiene, E. 2009. Influence of the climate change to the phenological changes in Latvia and Lithuania, *Climate Research*. Vol 39. pp. 209-219;

3. Romanovskaja D., **Kalvane, G.**, Briede, A., Baksiene, E. 2009. *Klimato šiltējimo ītaka fenologinių sezonų trukmės pokyčiams Lietuvoje ir Latvijoje* (Influence of the climate warming on the changes of the length of phenological seasons in Lithuania and Latvia), *Žemdirbyste-Agriculture*, t.96.Nr.4, pp.218-231;

4. Kalniņa, L., **Kalvāne, G.** 2009. Ziedputekšņu noteikšana atmosfērā. Red. V. Lozovskis, *Praktiskā alergoloģija*, LU Akadēmiskais apgāds, Rīga, 106.-119. lpp.;

5. **Grišule, G.** 2008. Fenoloģisko rādītāju mainības raksturs. Red. M. Kļaviņš, *Klimata mainība un globālā sasilšana*, Latvijas Universitāte, Rīga, 100.-105. lpp.;

6. **Grišule, G.**, Briede, A. 2007. Phenological time series in Latvia as Climate Change Indicators, in: *Climate Change in Latvia*, ed. Kļaviņš M., Latvijas Universitāte, Rīga, pp. 144-154.

Dalība starptautiskajās konferencēs un sanāksmēs

1. Conference *Climate change: agro- and forest systems sustainability*, Babsai, Lithuania, 21-22 June 2011. **Kalvāne, G.**, Bitāne, M., Briede, A. *Changes of the growing season in Latvia*. Abstracts of International Scientific Conference, AB „Mudu2”, Kaunas, 88p.

2. Conference Phenology 2010, Climate Change Impacts and Adaptations, Dublin, Ireland, 14-17 June 2010. Szabo, B., **Kalvane, G.**, Romanovskaja, D., Briede,

A. *The temporal and spatial phenological changes along a North-to-South geographical transect in Eastern Europe* /stenda referāts; tēzes izdotas konferences tēžu krājumā, pieejams:

<http://www.tcd.ie/Botany/phenology/assets/docs/Abstract%20booklet.pdf/>.

3. Conference Phenology 2010, Climate Change Impacts and Adaptations, Dublin, Ireland, 14-17 June 2010. **Kalvane, G.**, Bitāne, M. *Setting up a photomonitoring of phenophases in Lavia* /stenda referāts; tēzes izdotas konferences tēžu krājumā, pieejams:

<http://www.tcd.ie/Botany/phenology/assets/docs/Abstract%20booklet.pdf/>.

4. EGU (European Geosciences Union) General Assembly 2010. **Kalvāne, G.**, Briede, A., Lizuma, L., *Changes of growing season in Latvia* /stenda referāts; tēzes izdotas konferences tēžu krājumā elektroniskā formā, pieejams:

<http://adsabs.harvard.edu/abs/2010EGUGA..1210165K/>.

5. Nordic Geographers meeting: CHANGE –society, environment and science in transition, Turku, Finland, 2009, June. Tēzes: **Kalvāne, G.** *Phenological time-Series in Latvia: seasons and trends*. Nordic Geographers meeting: CHANGE –society, environment and science in transition, Turku University, Department of Geography, Publications B, pp.198;

6. Conference Scope and current limits of linking phenology and climatology, Geisenheim, Germany, 2009, March. **Kalvāne, G.**, Briede, A., Romanovskaja, D., Baksiene, E. *Phenological seasons in Latvia and Lithuania* /stenda referāts tēzes izdotas konferences tēžu krājumā/;

7. 7th EMS Annual Meeting 8th European Conference on Applications of Meteorology, San Lorenzo de El Escorial, Spain, 2007, September. **Grišule, G.**, Briede, A. *Character of phenological records regarding to climate variability in Latvia* /stenda referāts; tēzes izdotas konferences tēžu krājumā, pieejams: <http://meetings.copernicus.org/www.cosis.net/abstracts/EMS2007/00241/EMS2007-J-00241.pdf/>;

8. 6th International Meeting of the Pollen Monitoring Programme (PMP) 2007, June. Briede, A., **Grišule, G.** *Character of climate changes and variability in Latvia*, Kalniņa, L., Lukševičs, E. (eds.) 2007. Pollen monitoring programme, 6th International meeting 3rd-9th June 2007. Volume of abstracts, University of Latvia, pp. 10-11. /ziņojums/;

9. Information Systems in Sustainable Agriculture, Agroenvironment and Food Technology, Volos, Greece, 2006, September. Briede, A., **Grišule, G.** *Phenological features of the agricultural species in Latvia* /stenda referāts, tēžu krājums izdots elektroniskā versijā CD/;

10. 17th International Congress of Biometeorology, ICB2005, Garmich, Germany, 2005, September. **Grišule, G.** *Analysis of Long – term Phenological Time – series in the Territory of Latvia*, Annalen der Meteorologie 41, Volume 2, Deutschen Wetterdienst, z. 529-550.

11. Starptautiskā projekta COST (Establishing a European Phenological Data Platform for Climatological Applications) darba grupu sanāksmes:

11.1. COST725 MCM/Exploratory Workshop **Grišule, G.**, Briede, A. *The influence of climate change to the phenological phases in Latvia and Lithuania*, Bucharest 06.05.-07.05.2008;

11.2. COST725 MCM/Exploratory Workshop. Briede, A., **Grišule, G.** *Phenological features of the agricultural species in Latvia*. Volos, 21.09.-23.09.2006;

11.3. COST725 MCM/Exploratory Workshop **Grišule, G.**, Briede, A., *The overview of phenological data analysis in Latvia*. Dublin, 27.04.-28.04.2006.

Ziņojumi vietējās konferencēs

1. **Kalvāne, G.**, Jātnieks, J. 2011. Augšanas perioda reģionālās izmaiņas Latvijā. LU 69. zinātniskā konference. *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne, Referātu tēzes*, Rīga, 109.-110.lpp (pieejams: http://www.geo.lu.lv/gzzf/DDwENGINE/TINYMCE_RTE/uploaded/A5_kopa_tezes_2011_crop.pdf);
2. Tīrums, M., **Kalvāne, G.** 2011. Ziemeļu Atlantiskās cirkulācijas ietekme uz augu un putnu fenoloģisko fāžu iestāšanos pavasarī. LU 69. zinātniskā konference. *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne, Referātu tēzes*, Rīga, 242.-243.lpp (pieejams: http://www.geo.lu.lv/gzzf/DDwENGINE/TINYMCE_RTE/uploaded/A5_kopa_tezes_2011_crop.pdf);
3. Bitāne, M., Groza, E., **Kalvāne, G.** 2011. Digitālo fotogrāfiju izmantošana bioklimatiskajos pētījumos. LU 69. zinātniskā konference. *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne, Referātu tēzes*, Rīga, 54.-56. lpp (pieejams: http://www.geo.lu.lv/gzzf/DDwENGINE/TINYMCE_RTE/uploaded/A5_kopa_tezes_2011_crop.pdf);
4. Bitāne, M., **Kalvāne, G.** 2010. Bioklimatisko parametru reģionāls salīdzinājums, izmantojot fotomonitoringa metodi. LU 68. zinātniskā konference. *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne, Referātu tēzes*, LU Akadēmiskais apgāds, Rīga, 42.-43. lpp;
5. Osetrovs, D., **Kalvāne, G.** 2010. Dzimstības un mirstības sezonālā analīze Latvijā. LU 68. zinātniskā konference *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne, Referātu tēzes*, LU Akadēmiskais apgāds, Rīga, 172.-173. lpp;
6. Groza, E., **Kalvāne, G.** 2010. Digitālo attēlu izmantošana fenoloģijā. LU 68. zinātniskā konference *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne, Referātu tēzes*, LU Akadēmiskais apgāds, Rīga, 405.-406.lpp;
7. **Kalvāne, G.** 2009. Fenoloģisko novērojumu attīstība Latvijā: fotomonitorings un projekti skolēniem. LU 67. zinātniskā konference (*tēzes nav izdotas*);
8. **Kalvāne, G.**, Bīriņa, L. 2009. Fenoloģisko sezonu raksturojums Latvijā un Lietuvā, LU 67. zinātniskā konference (*tēzes nav izdotas*);
9. **Grišule, G.** 2008. NAO ietekme uz fenoloģisko fāžu iestāšanās laiku Latvijā (1971-2000. gads). LU 66. zinātniskā konference (*tēzes nav izdotas*);
10. **Grišule, G.** 2007. Fenoloģisko fāžu izmaiņas un ietekmējošie faktori. LU 65. zinātniskā konference, *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne, Referātu tēzes*, LU Akadēmiskais apgāds, Rīga, 36.-39. lpp;
11. **Grišule, G.** 2007. Parastās kļavas *Acer platanoides* un āra bērza *Betula pendula* augšanas perioda izmaiņas Latvijā pēdējos 30 gados. LU 65. zinātniskā konference, *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne, Referātu tēzes*, Rīga, LU Akadēmiskais apgāds, 39. -41. lpp;
12. **Grišule, G.** 2007. Sezonālitate cilvēka dzīvē. LU 65. zinātniskā konference, *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne, Referātu tēzes*, LU Akadēmiskais apgāds, Rīga, 41. - 43. lpp;
13. **Grišule, G.** 2006. Ilglaicīgo fenoloģisko novērojumu analīze Latvijā. LU 64. zinātniskā konference, *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne, Referātu tēzes*, LU Akadēmiskais apgāds, Rīga, 34. -36. lpp;
14. **Grišule, G.**, Māliņa Z. 2005 Fenoloģiskie novērojumi Latvijā 20. gs. LU 63. zinātniskā konference, *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne, Referātu tēzes*, LU Akadēmiskais apgāds, Rīga, 38. -39. lpp.

Ieguldījums starptautiskajos projektos un grantos

Darbs izstrādāts Eiropas Sociālā fonda projekta „Atbalsts doktorantūras programmu īstenošanai un pēcdoktorantūras pētījumiem” (līguma Nr. 2004/0001/VPD1/ESF/PIAA/04/NP/3.2.3.1/0001/0063) un „Atbalsts doktora studijām Latvijas Universitātē” (līguma Nr. 2009/0138/1DP/1.1.2.1.2/09/IPIA/VIAA/004) ietvaros.

LU zinātniskā projekta 2008/ZP-122: „Fenoloģisko novērojumu tīkla attīstība un modernizācija Latvijā” realizācijas laikā Latvijā tika ieviests fotomonitorings, kas ir jauna un inovatīva metode bioklimatoloģijas pētījumos, iegūtie rezultāti apskatīti rezultātu nodaļā.

Piedalīšanās starptautiskajā projektā COST 725 (*Establishing a European Phenological Data Platform for Climatological Applications*) no 2004. aprīļa līdz 2009. gada jūnijam deva iespēju apgūt datu apstrādes un datu ieguves vienotu metodiku, veicināja starptautisko sadarbību (publicēta viena publikācija, otra – izstrādes stadijā).

Daļa literatūras studiju veikta LLP/ERASMUS programmas ietvaros Trīres Universitātē, Vācijā (2007.gada septembris – 2008.gada februāris).

1. LITERATŪRAS ANALĪZE

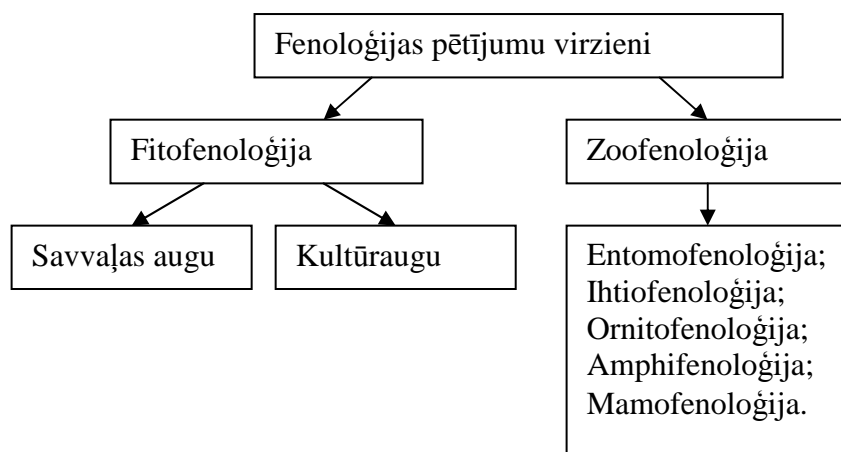
1.1. Fenoloģijas nozīme un attīstības vēsture

Termins “fenoloģija” cēlies no grieķu valodas *phainesthai* (citos avotos *phainomena*), kas nozīmē *sākties, parādīties* un *logos - mācība*. Vārds *fenoloģija* pirmo reizi zinātniskajā literatūrā minēts 1849. gadā, terminu ieteica beļģu zinātnieks Č.Morēns (Charles Morren), pēc 10 gadus ilgas sarakstes ar beļģu pētnieku A. Kuetelu (Adolphe Quetelet). Č.Morēns fenoloģiju definē kā veģetācijas periodiskumu (Demaree and Rutishauser, 2010).

Klasiskā fenoloģijas definīcija pēc H. Lietha (1974), balstās uz fenoloģijas pamatlicēja K. Linneja (Carl Linnaeus) atzinumu, ka “fenoloģija ir prasme plaši aprakstīt augu un dzīvnieku dzīves ciklus, aktivitātes un to sastopamību visu gadu”.

Starptautiskās Bioloģiskās programmas (IBP, *International Biological program*), Fenoloģijas komisija definējusi fenoloģiju kā “zinātņi, kura pēta dabas parādību periodiskumu, savstarpējo saistību un atkarību no abiotiskajiem un biotiskajiem faktoriem, fiksējot augu attīstības iestāšanos laiku un ilgumu (fenoloģiskās fāzes), gan autekoloģijas (indivīda), gan sinekoloģijas (augu, dzīvnieku sabiedrības) līmenī” (Lieth, 1974). Oksfordas vārdnīcā (The Concise Oxford English Dictionary, 2004) fenoloģija tiek definēta, kā dabas ciklu un sezonalitātes pētījumi, saistībā ar klimatu un dzīvnieku, augu dzīvi.

Mūsdienās fenoloģija no klasiskās mācības par augu un dzīvnieku dzīves ciklu, aktivitāšu un to sastopamību aprakstīšanas (Lieth, 1974), ir kļuvusi par interdisciplināru zinātņi (Schwartz, 2003), kura pēta dabas ciklus un sezonalitāti saistībā ar klimatu un dzīvnieku, augu dzīvi, kura ļauj labāk izprast vielas un enerģijas apriti, bioģeoķīmiskos ciklus, globālās klimata izmaiņas. Oksfordas vārdnīcā (The Concise Oxford English Dictionary, 2004) fenoloģija tiek pielīdzināta bioklimatoloģijai un tiek lietota kā sinonīms.



1.1.1. att. Fenoloģijas pētījumu virzieni (autores veidots pēc Шульц, 1981).

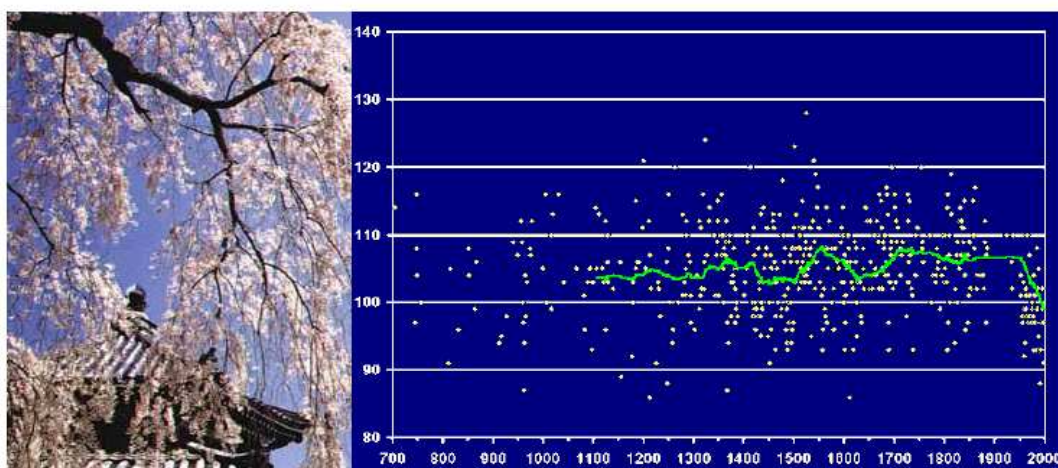
Izšķir divus galvenos fenoloģijas pētījuma virzienus: fitofenoloģija un zoofenoloģija (1. 1.1. att.). Fitofenoloģiju iedala savvaļas augu un kultūraugu

fenoloģijā. Savukārt zoofenoloģiju F.E. Šulcs (Шульц, 1981) iedala piecās galvenajās apakšnozārēs: entomofenoloģija (kukaiņu novērojumi), ihtiofenoloģija (zivis), ornitofenoloģija (putnu novērojumi), amphifenoloģija (abinieku), mamofenoloģija (zīdītāju fenoloģija). Atsevišķās valstīs fenologi fiksē arī tādas dabas parādības kā sniega un ledus segas kušana, pēdējā un pirmā salna, pirmais sniegs.

Fenoloģijas pirmsākumi meklējami pirmatnējā sabiedrībā, kur cilvēka dzīve bija neatraujami saistīta ar dabas ritmiem. Antīkajā pasaulē fenoloģisko novērojumu izdarīšana bija praktiska un nepieciešama (Post and Inouye, 2008; Schwartz and Beaubien, 2003). Gandrīz visu seno tautu gada un kalendāra iedalījums bija pieskaņots sezonas un lauksaimniecības darbu kalendāram. Senajiem maijiem un Ziemeļamerikas indiāņiem mēneši ir nosaukti atbilstoši lauku darbiem un fenoloģiskajām parādībām (Zirnītis, 1970). Austrālijas aborigēniem pastāvēja 5-10 sezonas, kuras tika definētas pēc norisēm florā un faunā (Keatley and Fletcher, 2003). Ķīnas teritorijā atrasti fenoloģiskie kalendāri un dienasgrāmatas, kurās fiksēti fenoloģiskie novērojumi no 11.gs. p.m.ē. (Chen, 2003). Arī latviešiem - senie mēnešu nosaukumi cieši saistīti ar fenoloģiju. Piemēram, aprīlis tika dēvēts par sulu mēnesi, maijs par lapu, jūlijs par liepu, savukārt augusts par rudzu mēnesi (Zirnītis, 1970).

Daudz fenoloģisko norāžu ir Bībelē, it īpaši Jaunajā Derībā, piemēram, : *Novēro vīģes koku, ja vīģes koka zarā ir četras lapas, tad zini, ka vasara ir tuvu* (Schwartz, 2003). Viens no pirmajiem autoriem, kas aprakstījis fenoloģijas nozīmi lauksaimnieku un mežstrādnieku dzīvē, bija slavenais senās Romas dzejnieks *Publius Vergilius Maro*, kas savā darbā *Georgics* (no grieķu valodas tulkojot: strādāt uz zemes, lauku sētā) apraksta un dod instrukcijas, kā strādāt lauku saimniecībā, apraksta augu un dzīvnieku paradumus (29 g.p. m.ēras). Kā viens no senākajiem zinātniskajiem darbiem minamas Hipokrāta tēzes *Gaiiss, Ūdeņi un Vietas* “De aere, aquis et locis”, kā arī Konfūcija (552. – 479. g. p. m. ē.) “Pavasara un rudens grāmatu”, “Izmaiņu grāmata” un viņa sekotāju “Četru gadalaiku traktāts” (5. – 3. gs. p. m. ē.) (Zirnītis, 1970).

Vissenākie pierakstītie sistemātiski novērojumu dati ir atrasti Japānā, kur imperatora pils arhīvos ir saglabājušās ziņas par ķiršu *Prunus subertilla* ziedēšanu sākot no 705. gada (1.1.2. att.) (Post and Inouye, 2008, pēc Arakawa 1955).



1.1.2. att. Ķiršu *Prunus subertilla* ziedēšanas sākuma trends, Kioto, Japānā no 705. gada (Koch et al., 2006).

Savukārt Eiropā rekonstruēti dati par *Pinot Noir* vīnogu nogatavošanos laiku Francijā kopš 1370. gada (Chuine and Pascal, 2004). Viens no vecākajiem zināmajiem fenoloģiskajiem novērojumu punktiem Eiropā, ir Norfolkā, Lielbritānijā, kur Maršamu

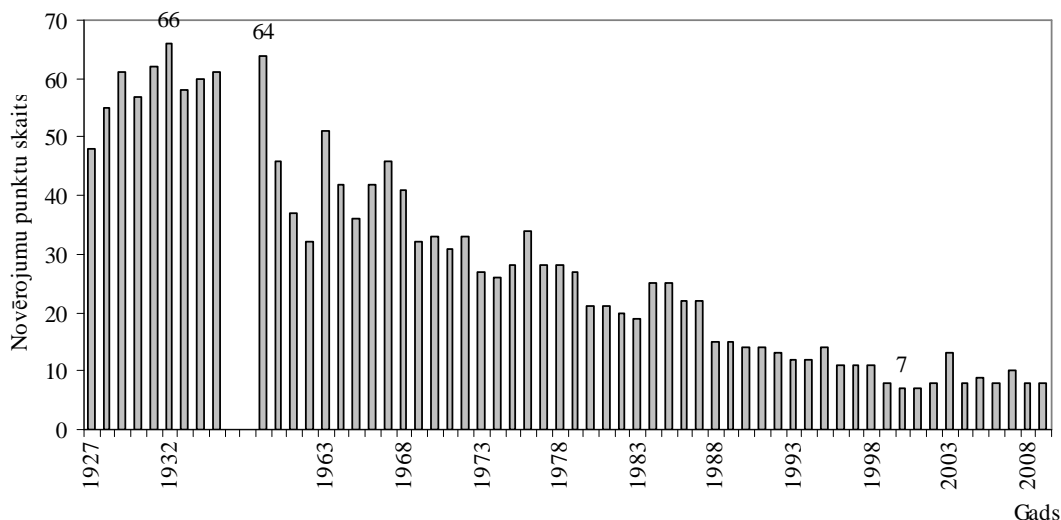
(Marshall) ģimene veica fenoloģiskos novērojumus no 1736.-1947. gada (Spark and Carey, 1995).

Zinātniskā fenoloģija radusies 18. gadsimtā. 1735. gadā Parīzē franču zinātnieks M. Reomīrs ziņoja par savu novērojumu (labības un vīnogu sezonālās attīstība gaita un tās atkarība no temperatūras) rezultātiem (Chuine et al., 2003). Citos avotos (Koch et al., 2006) par zinātniskās fenoloģijas pamatlicēju tiek uzskatīts zviedru zinātnieks K. Linnejs (Carl Linnaeus), kas 1751. gadā uzsāka fenoloģiskos novērojumus Upsalas Botāniskajā dārzā (Zviedrija) un ir uzskatāms par modernās fenoloģijas tēvu. Jau 1750. gadā Zviedrijā tika noorganizēts pirmais novērojumu tīkls 18 punktos, kurš ilgu laiku bija kā paraugs novērojumu tīklu organizēšanai citās valstīs (Lieth, 1974).

1.1.1. tabula. Svarīgākie fenoloģijas vēstures notikumi (sastādīta pēc Hopp, 1974 datiem).

Periods	Organizācija/Autors/ valsts (reģions)	Notikums/Aktivitātes
No 1750. gada	Linnejs (1751), Zviedrija	Fenoloģisko novērojumu tīkls ar 18 punktiem;
	Stelingflits, Lielbritānija, Norfolka	Tiek nopublicēts Floras kalendāru (<i>Floral Calendar</i>) (1755);
	Sprengli, Šveice	Veica vairāk nekā 4000 augu un dzīvnieku, kā arī sniega un salnas novērojumus (1759. – 1802.);
	Manheima, Vācija	Dibināts pirmais starptautiskais fenoloģiskais un meteoroloģiskais novērojumu tīkls (1780); darbojās līdz 1792.gadam;
	Haenke, Čehija	Tiek nopublicēts <i>Beobachtung der Blütezeiten in Prag</i> (1786);
No 1850. gada	Eiropa	No 1839. gada darbojas 80 novērojumu stacijas Beļģijā, Nīderlandē, Vācijā, Francijā, Lielbritānijā un Šveicē (dati pieejami no 1841. – 1872. gadam.);
	Austrija	No 1853. gada brīvprātīgie laikapstākļu novērotāji veic arī veģetācijas pētījumus;
	Hofmans, Centrāleiropa	Pirmā fenoloģiskā karte;
	Ihne (1883. – 1941.)	Tiek publicēti gada pārskati (vairāk nekā 100 staciju dati, 59 gadu ilgs periods);
	Ihne (1884)	Aprakstījis augu fenoloģijas vēsturi Eiropā 18. un 19. gs.;
	Ihne (1885)	Izveidots vienas sugas (<i>Syringa vulgaris</i>) fenoloģiskais tīkls, 500 novērojumu punkti;
No 1900. gada	Printzs, Norvēģija	1928. gadā organizēja privāto novērojumu tīklu, Oslo tuvumā;
	Vācija	1936. gadā izveidots lielākais fenoloģisko novērojumu tīkls ar ~10 000 novērotājiem (viens novērotājs uz ~ 50 km ²);
	Šnelle un Vokers, Eiropa	1957. gadā sāka veidot fenoloģisko dārzu tīklu (~70 fenoloģiskie dārzi 19 valstīs).

Pirmie fenoloģiskie novērojumi Latvijā uzsākti 19. gadsimta 30. gados: Puzē - 1822. gadā, 1824. gadā – Lestenē un Lubānā, bet sistemātiskus fenoloģiskos novērojumus Latvijā veic kopš 1926. gada, kad sāka strādāt Latvijas Universitātes Meteoroloģijas institūta asistenta E. Jansona organizētais brīvprātīgo korespondentu – fenologu tīkls (Zirnītis, 1970), kurš ar mainīgām sekmēm un, mainoties atbildīgajai institūcijai, darbojas līdz šodienai (1.1.3.att.).



1.1.3. att. Novērojumu tīkla skaitliskās izmaiņas Latvijā (autores sastādīts, izmantojot fenoloģisko novērojumu datu bāzi¹).

Novērojumu tīkls pēdējos gados ir pakāpeniski samazinājies. 2000. gadā bija vairs tikai 7 novērojumu punkti – Rucava, Nīca, Snēpele, Ukri, Tirza, Lazdona un Barkava. Fenologi fiksē aptuveni 350 dažādus fenoloģiskos novērojumus un fāzes. Fenoloģiskie novērojumi 2009. gadā fiksēti 8 novērojumu punktos: Ukros, Lazdonā, Salaspilī, Rankā, Nirzā, Snēpelē, Nīcā un Varakļānos.

Zinātniskie pētījumi Latvijā fenoloģijas jomā ir veikti samērā maz: 20. gs. 50.-60.tajos gados bioklimatu Latvijā pētījis A.Zirnītis (Zirnītis, 1956;1968), kā arī Vidzemes augstienes fenoloģiskās profilu – K.Ramans (Ramans,1958), 21.gs. sākumā fenoloģiskos pētījumus Ukros veicis un aprakstījis A.Ģermanis (Ģermanis, 2001; 2003).

Fenoloģiskie novērojumi sākotnēji tika izmantoti lauksaimniecības un mežsaimniecības vajadzībām, bet ņemot vērā novērojumu rindu garumu, kā arī to ekoloģisko vērtību (integrāli vides mainības bioloģiskie indikatori), novērojumi arvien biežāk tiek izmantoti globālo klimata tendenču novērtēšanai, prognozēšanai. Fenoloģijas nozīme tiek akcentēta arī IPCC (*Intergovernmental Panel of Climate Change*) jeb Klimata pārmaiņu starpvaldību padomes pārskatos par klimata pārmaiņām trešajā un ceturtajā ziņojumā (IPCC, 2007), uzsverot fenoloģijas lomu klimata mainības prognozēšanā un sabiedrības informēšanā (Van Vliet et al., 2003), kā arī Eiropas Vides aģentūra fenoloģiju ir akceptējusi to kā globālo klimata mainības indikatoru (EEA-JRC-WHO, 2008).

Klimata mainība ietekmē lielāko daļu augu un dzīvnieku sugu pasaulē (to fenoloģiskās izmaiņas, migrācijas paradumus, dzīves ritmus, uzvedību, izdzīvošanas iespējas) (Walther et al., 2002), bioloģisko daudzveidību, fenoloģija ir viens no uzskatāmākajiem veidiem, kā izskaidrot un izprast organisma un vides attiecības, to sakarību visos ekoloģiskajos līmeņos (individuā, populācijas) (Koch et al., 2006). Fenoloģisko novērojumu analīze ir labs klimata mainības indikators (Gordo and Sanz, 2005; Menzel, 2003a; Schwartz, 2003; D`Odorico et al., 2002; Menzel and Fabian, 1999).

¹ Attēls veidots, izmantojot autores fenoloģisko novērojumu datu bāzi, kas balstās uz *Dabas un vēstures* kalendārā publicētajiem datiem, kas atšķiras no Hidrometeoroloģiskā dienesta pārvaldes izdotā *Fenoloģiskā biļetena* datiem. Biļetenā laika posmā no 1972. līdz 1989. gadam ir ievietoti 44 – 62 novērojumu punktu rezultāti.

Fenoloģija no praktiskas un lokālā mēroga zinātņu nozares, 21.gs. kļuvusi par zinātņi, kuras nozīme arvien pieaug, jo tā palīdz izskaidrot komplekso ekoloģisko dinamiku (ietekmējošie faktori un ekoloģiskās sekas), kā arī tiek izmantota globālajos klimata mainības un bioģeoķīmisko ciklu (piemēram, CO₂ aprīte, barības vielu cikli un hidroloģiskos cikli) (Brugger et al., 2003) pētījumos.

1.2. Fenoloģiskās sezonas

Fenoloģiskā indikācija ir viena no biežāk pielietotajām metodēm fenoloģisko sezonu izdalīšanā. Par fenoloģiskās sezonas robežu tiek pieņemta konkrēta, raksturīga (*key*) jeb indikatīva, viegli fiksējama augu vai dzīvnieku attīstības fāze. Indikatīvo fāžu izdalīšana ļauj raksturot sezonalitāti gada griezumā un pilnībā raksturot ekosistēmas fenoloģiju (Ahas and Aasa, 2003). Sezonu sākums un to ilgums ir svarīgs fenoloģijas parametrs, kas kvalitatīvi raksturo ikgadējās variācijas.

Fenoloģisko sezonu indikatori un sezonu skaits, zinātniskajā literatūrā atšķiras, tā, piemēram, Igaunijā par indikatīvo fāzi agrajam pavasarim ir pieņemts bērza *Betula pendula* sulas cirkulācijas sākums, pavasara sākumu raksturo ābeles *Malus domestica* pilnziedēšana, vasaru – rudzu ziedēšanas sākums. Eiropas Z daļā par indikatīvajām sugām galvenokārt izmanto koku sugas, kuru fāzes ir vieglāk konstatēt un salīdzināt (Ahas and Aasa, 2003).

Vācijā fenologi izdala 10 fenoloģiskās sezonas, par *prespring* jeb priekšpavasara indikatoru uzskata lazdas *Corylus avellana* ziedēšanas sākumu. Par pavasara indikatoru līdzīgi kā Igaunijā tiek pieņemta ābeles *Malus domestica* ziedēšana, savukārt vasaras vidū iezīmē liepas *Tilia platyphyllos* ziedēšanas sākums, fenoloģiskā rudens sākumu – melnā plūškoka *Sambucus nigra* nogatavošanās, ziemas – ozola *Quercus robur* lapu krišana (Deutscher Wetterdienst (bez datējuma)).

Detālus pētījumus par fenoloģiskajām sezonām, to indikatoriem ir veicis F.E.Šulcs (Шульц, 1981) bijušās PSRS teritorijām, kā arī L.Kulienē un J.Tomkus (1990) Lietuvas teritorijā. Sezonu indikatoru salīdzinājums dots 1.2.2. tabulā, piemēram, par agrā pavasara indikatoru Lietuvā tiek pieņemta bērza *Betula pendula* sulu cirkulācija, vasaras sākumu iezīmē ziemas rudzu ziedēšanas sākums, savukārt F.E.Šulcs (Шульц, 1981) par fenoloģiskā pavasara sākumu definējis sniega kušanas sākumu, vasaras – mežrozītes un meža avenes *Rubus idaeus* ziedēšanas sākumu.

Latvijā zinātniski pētījumi par fenoloģisko sezonu indikatoriem ir veikti samērā maz un apakšsezonu nosaukumi un fenoloģiskie indikatori autoru darbos atšķiras (tab. 1.2.1).

Piemēram, Ē.Sproģe (1979) izdala 9 fenoloģiskās sezonas, savukārt Ā.Krauklis un A.Draveniece (2004) raksturojot sezonas ainavā (sezonas izdalītas pamatojoties uz vairākiem kritērijiem, kā gaisa masas dinamika, gaisa temperatūra utml.) Latvijā izdala 12 sezonas, neizdalot rudens beigas kā atsevišķu sezonu kā tas ir Ē.Sproģes darbā. A. Ģērmanis izdala 10 sezonas: 4 pavasarī, 2 vasarā, 3 rudenī un ziemu kā vienu sezonu (Ģērmanis, 2003). Par pavasara sākumu tiek pieņemts gan lazdas *Corylus avellana* ziedēšanas sākums (Krauklis un Draveniece, 2004), gan sniega kušanas sākums (Sproģe, 1979), kā arī mālļēpes *Tussilago farfara* ziedēšanas sākums (Ģērmanis, 2003). Savukārt par fenoloģiskās vasaras indikatoriem uzskata: ceriņu *Syringa vulgaris*, ābeļu *Malus domestica*, pīlādžu *Sorbus aucuparia* ziedēšanas beigas (Kalniņa, 1995) vai meža avenes *Rubus idaeus* ziedēšanu (Krauklis un Draveniece, 2004; Sproģe, 1979), K.Ramans (1958) par pavasara beigu indikatoru savā pētījumā ir pieņēmis pīlādža *Sorbus aucuparia* ziedēšanas sākumu, savukārt fenoloģiskā vasara pēc K.Ramana (1958) ir periods starp ziemas rudzu ziedēšanu un ābolu nogatavošanos.

1.2.1. tabula. Fenoloģisko sezonu indikatori Latvijā (autores veidota pēc Krauklis un Draveniece, 2004; Ģērmanis, 2003; Sproģe, 1979).

Sezona	Sproģe, 1979		Ģērmanis, 2003		Krauklis un Draveniece, 2004	
	Apakšsezonas nosaukums	Sezonas indikatori	Apakšsezonas nosaukums	Sezonas indikatori	Apakšsezonas nosaukums	Sezonai raksturīgie indikatori
Pavasaris	<i>Sniega kušanas periods</i>	sniega segas sairšana	<i>Pirmspavasaris</i>	sniegpulkstenītes ziedēšana	<i>Pirmspavasaris</i> (pre-spring)	lazdas un baltalkšņa ziedēšana
	<i>Pavasara atmoda</i>	alkšņu un lazdas ziedēšana sākums	<i>Pavasara sākums</i>	māllēpes ziedēšana	<i>Agrais pavasaris</i> (early spring)	bērza sulu cirkulācijas beigas, māllēpes ziedēšana
	<i>Pavasara plaukums</i>	bērza lapu plaukšana	<i>Pavasara vidus</i>	plāvu zaļošanas sākums, ceriņa lapu plaukšana	<i>Pilnpavasaris</i> (full spring)	bērza lapu plaukšanas sākums
	N	N	<i>Pavasara beigas</i>	ķiršu, meža zemeņu ziedēšana	N	N
	N	N	N	N	<i>Pirmsvasara</i> (pre-summer)	ziedēšanas sākums
Vasara	<i>Vasaras sākums</i>	mežrozītes ziedēšana, vīksnas sēklu izplatīšanās	<i>Vasaras sākums</i>	kartupeļu ziedēšana	<i>Agrā vasara</i> (early summer)	ziedēšanas maksimums
	<i>Vasaras vidus</i>	zemeņu un melleņu nogatavošanās	N	N	<i>Pilnvasara</i> (high summer)	liepas ziedēšanas sākums
	<i>Vasaras beigas</i>	viršu ziedēšana	N	N	<i>Vēlā vasara</i> (late summer)	augļu nogatavošanās, viršu ziedēšana
Rudens	<i>Rudens sākums</i>	bērza lapu dzeltēšanas sākums	<i>Rudens sākums</i>	pirmās dzeltenās lapas, pīlādžu nogatavošanās, kartupeļu novākšana	<i>Agrais rudens</i> (early autumn)	lapu dzeltēšanas sākums/pirmā salna
	<i>Zelta rudens</i>	kļavas lapu dzeltēšana/pirmās salnas	<i>Rudens vidus</i>	lapu dzeltēšana	<i>Pilnais rudens</i> (full autumn)	lapu dzeltēšana/pirmā salna
	<i>Rudens beigas</i>	pilnīgs lapkritis	<i>Rudens beigas</i>	lapu krišanas sākums	N	N
Ziema	N	N	<i>Ziema</i>	sniega sega	<i>Pirmsziema</i> (pre-winter)	*
	N	N	N	N	<i>Ziemas vidus</i> (midwinter)	*
	N	N	N	N	<i>Vēlā ziema</i> (late winter)	*

* sezonas izdalītas pēc citiem nevis fenoloģiskajiem indikatoriem; N – sezona netiek izdalīta.

1.2.2.tabula. Fenoloģisko sezonu indikatori (autores veidota pēc Kulienē, Tomkus, 1990 un Šulcs (Шульц, 1981))

pēc Kulienē, Tomkus (1990)					Pēc Šulcs (Шульц, 1981)				
Sezona	Apakšsezona	Indikatori	Suga	Fāze	Apakšsezona	Apakšsezonas posmi	Suga	Fāze	
Pavasaris	Agrais pavasaris	Visbiežāk izmantotie indikatori:	Bērzs	Sulu cirkulācija	Sniega kušana	Sākums	Sniega kušanas sākums	Sulu cirkulācija	
			Lazda	BBCH61			Kļava, Bērzs,		
			Parastā mālļēpe	BBCH61		beigas	Mālļēpe	BBCH61	
	Īstais pavasaris	Citi indikatori:	Baltalksnis, sniegpulkstenīte	BBCH61	Pavasara atmoda	sākums	Lazda, baltalksnis	BBCH61	
			Āra bērzs	BBCH11			beigas	Bērza	BBCH11
			Ieva	BBCH11		Pavasara plaukums	sākums	Bērzs	BBCH11
	Kārkli	BBCH61	beigas	Pilādzis	BBCH61				
	Vēlais pavasaris	Citi indikatori:	Liepa, ozols, pilādzis	BBCH11	Vasaras sākums	sākums	Mežrozīte, avene	BBCH61	
			Ieva	BBCH61			beigas	Timotiņš	BBCH61
			Kastaņa	BBCH61		Pilnvasara	sākums	Meža zemene, mellenes	BBCH85
	Ķirši, ozols ēršķogas	BBCH61	beigas	Rudzi	vaskgatavība				
	Vasara	Agrā vasara	Visbiežākie:	Ziemas rudzi	BBCH61	Vasaras beigas	sākums	Sila virsis	BBCH61
Mežrozīte				BBCH61	beigas			Āra bērzs	BBCH92
Vasaras vidus		Citi:	Jasmīni	BBCH61	Vasaras beigas	sākums	Āra bērzs, parastā liepa	BBCH92	
			Liepa	BBCH61			beigas	Apse	BBCH92
Vēlā vasara		Visbiežāk:	Mellenes	BBCH85	Zelta rudens	sākums	Bērzs	BBCH92	
			Ziemas rudzi	piengatavība			beigas	Bērzs	BBCH92
		Citi:	Brūklenes	BBCH85		Zelta rudens	sākums	Kļava, liepa, kastaņa	BBCH92
			Ābolu agrās šķirnes	BBCH85				beigas	Bērzs
Rudens	Zelta rudens	Citi:	Ziemas rudzi	Gatavība	Zelta rudens	sākums	Bērzs	BBCH92	
			Ābolu agrās šķirnes	BBCH85			beigas	Bērzs	BBCH92
Lapkritis	Visbiežāk:	Kļava	Pilna dzeltēšana	Zelta rudens	sākums	Bērzs	BBCH92		
		Kļava	Pilna dzeltēšana			Zelta rudens	sākums	Bērzs	BBCH92

Sk. tabulas turpinājumu nākamajā lapā.

1.2.2.tabula, turpinājums no iepriekšējās lapas

pēc Kuliēnē, Tomkus (1990)					Pēc Šulcs (Шульц, 1981)			
Sezona	Apakšsezona	Indikatori	Suga	Fāze	Apakšsezona	Apakšsezona posmi	Suga	Fāze
		Cīti:	Bērzs, liepa, Pīlādzis	Pilna dzeltēšana BBCH85		beigas	Kļava	BBCH93
	Pirmsziema pieziema	Visbiežāk:	Kļava Bērzs	Lapkritis beigas Pilnīgs lapkrtis	Dziļais rudens	Sākums beigas	Bērzs Mellene, ceriņi	Lapu krišanas beigas Lapu krišanas beigas
		Cīti:	Pirmais sniegs					
	Ziemas sākums		Diennakts vidējā gaisa temperatūra zem 0°C					
Ziema	Īstā ziema		Sniega sega					
	Piepavasaris		Sniega segas sairšana					

BBCH11 – plaukšanas sākums; BBCH61 – ziedēšanas sākums; BBCH85 – augļu nogatavošanās; BBCH92- lapu dzeltēšana; BBCH93 – lapu krišanas sākums.

Rudens sezonas indiktori ir lapu dzeltēšanas sākums, ko kā indikatoru min gan Ā.Krauklis un A.Draveniece (2004), gan Ē.Sproģe (1979), gan A.Ģērmanis, (2003), kuri ir detālāk pētījuši fenoloģisko sezonu jautājumu.

Zinātniskajos fenoloģiskajos pētījumos tiek izdalīta un raksturota arī augšanas sezona (*growing season*), kuru definējumi dažādās pasaules teritorijās atšķiras.

Augšanas sezona zinātniskajā literatūrā tiek definēta galvenokārt trīs veidos:

1. periods jeb dienu skaits starp pēdējo salnu pavasarī un pirmo salnu rudenī (izmanto galvenokārt Ziemeļamerikā) (Cameron, 2005);
2. klimatiskā/termiskā augšanas sezona, citos avotos veģetācijas periods (Latvijā: veģetācijas perioda sākumu definē, kā dienu, kad vidējā diennakts temperatūra ir lielāka +5°C vismaz 5 dienas pēc kārtas, savukārt beigas, kad vidējā diennakts temperatūra 5 dienas ir bijusi mazāka par +5°C);
3. fenoloģiskā augšanas sezona:
 - 3.1. periods starp lapu plaukšanu lapu kokiem un lapu dzeltēšanu (Karlsen et al., 2008; Linderholm, 2006);
 - 3.2. starp pumpurošanos un lapu krišanu (Min and Lin, 2006);
 - 3.3. starp lapu plaukšanu un lapu krišanu (Ahas and Aasa, 2003; Chmielewski and Rotzer, 2001).

Fenoloģijā augšanas sezonas sākums tiek definēts kā pirmā vizuāli redzamā auga attīstības fāze un augšanas sezonas definējums atšķiras no vispārējā botānikā pieņemtā, kur augu augšanas sākumu pēta augu šūnu līmenī (Vikmane, 2011, pers.kom.).

Latvijas piemērā analizēta augšanas sezona references periodā, definējot to kā periodu starp lapu plaukšanas (pumpurošanās fāze Latvijā netiek fiksēta) un lapu dzeltēšanas sākumu āra bērzam *Betula pendula*.

1.3. Fenoloģiskās tendences

20.gs fenoloģisko fāžu iestāšanās laiks, tostarp fenoloģiskās augšanas sezonas sākums, beigas un ilgums ir būtiski mainījies, ko apliecina pētījumi gan Eiropā (Khanduri et al.,2008; Aasa et al., 2004; Ahas et al., 2002; Menzel et al., 2001; Defila and Clot, 2001; Menzel, 2000; Roetzer et al., 2000) gan Ziemeļamerikā (Beaubien and Freeland, 2000; Schwartz and Reiter, 2000), gan Āzijā (Ho et al., 2006; Chen et al, 2005; Linderholm, 2006). (kopsavilkums dots 1.3.1. tabulā).

Lielākā daļa pētījumu liecina, ka pēdējās 4-5 desmitgadēs pavasara fāžu iestāšanās (lapu plaukšana, ziedēšana) vērojama 1.2 – 3.8 dienas/10 gadiem agrāk, savukārt rudens fāzes 0.3 – 2.6 dienas /10 gadiem vēlāk (Menzel, 2003a).

Pasaulē vidēji fenoloģiskais pavasaris iestājas 8 dienas agrāk, augšanas sezonai pagarinoties līdz pat 12 dienām (Linderholm, 2006 pēc Myneni et al.,1997).

L.Zhou un līdzautoru (2001) veiktie satelītattēlu pētījumi liecina, ka augšanas sezona Eirāzijā (40-70°Z pl) gan sezonas sākuma agrākas, gan sezonas beigu vēlākas iestāšanās ietekmē, Eirāzijā pagarinājusies par 18 ± 4 dienām.

Eiropas fenoloģiskajos dārzos (fenoloģiskajos dārzos tiek audzētas ģenētiski viendabīgas koku un krūmu sugas, kuru bioloģisko attīstību mazāk ietekmē lokālie apstākļi) veikto novērojumu apkopojumi (1959.-1996. gads) rāda, ka pavasara fāzes vidēji iestājas 6.3 dienas agrāk, bet rudens fāzes 4.5 dienas vēlāk (Menzel, 2000; Menzel and Fabian, 1999).

Balstoties uz starptautisko fenoloģisko dārzu datiem, F.M.Chmielewski un T.Rotzer (2001), aprēķināja lapu plaukšanas indeksa vērtību (vidējais lapu plaukšanas

datums purva (pūkainā) bērzam *Betula pubescens*, ķiršu *Prunus avium*, parastā pīlādža *Sorbus aucuparia* un Alpu vērenes (mīklenes) *Ribes alpinum*; pirmās redzamās lapas vismaz 3-4 vietās) periodā no 1969.-1998. gadam.

1.3.1.tabula. Augšanas sezonas sākuma, beigu un ilguma izmaiņas (autores sastādīta pēc 1.3. nodaļā izmantotajiem avotiem, kā arī pēc Linderholm, 2006)

* pēc fenoloģisko novērojumu datiem; ** pēc satelītdatiem. Negatīva vērtība norāda uz sezonas agrāku iestāšanos, savukārt pozitīva uz vēlāku un uz sezonas pagarinājumu.

Laika periods	Ģeogrāfiskā lokalizācija	Augšanas sezonas izmaiņas dienās		
		Sākums	Beigas	Garums
1980. – 2000.	Lielbritānija*	-5.5		
1991. –2000.		-4.5		
1951. – 1996.	Vācija*			+9.2
1961. – 2000.		-9.2		
1952. – 2000.	Spānija*	-16	+13	+29
1930. – 1998.	ZR Krievija*			-15...-20
1951. – 1996.	Eiropa*	-6.3	+4.5	+10.8
1951. - 1998	Austrumeiropa*	+7-+14		
1936. – 1996.	Kanāda*	-8		
1936. – 1998.	ASV, ZA*	-7		
1965. – 2000.		-2...-8		
1970. – 1999.	ASV, A*	-2.4		
1922. – 2004.	Koreja*	-13		
1982. – 1993.	Ķīna**			-17
1982. – 2000.	Eiropa**	-10.8		+19.2
1981. – 1999.	Eirāzija**	-7		+18
1981. – 1999.	Ziemeļamerika**	-8		+12
1982. – 1991.	45° - 75°**	-6		+4
1992. – 1999.		-2		+0.4
1981. – 1991.	Pasaulē**	-8		+12

Vidēji Eiropā analizētajā periodā (1969.-1998.) augšanas sezona iestājusies 23.aprīlī, ar lielām reģionālajām atšķirībām, piemēram, Portugālē augšanas sezona iestājas jau 25. martā, kamēr Somijas Z daļā 23. maijā. Periodā no 1989.līdz 1998. gadam 8 no 10 gadiem fiksētas agrākas vērtības nekā periodā vidēji. Visagrākās vērtības novērotas 1990. gadā (1.3.2.tab.), kad augšanas sezonas sākums vidēji Eiropā novērots 14 dienas agrāk, respektīvi jau 9. aprīlī (centrālajā Eiropā pat 27 dienas agrāk). Vēlākās vērtības fiksētas 1970. gadā (3.maijs), pie tam Ziemeļ- un centrālajā Eiropā sezona iestājusies pat 20 dienas vēlāk.

Augšanas sezonas sākuma vērtībām ir liela telpiskā amplitūda, fenoloģiskā augšanas sezona jeb *green-up* Eiropā virzās ar ātrumu 44 km/diennaktī no D uz Z, 200 km/diennaktī no R uz A un 32 m/diennaktī vertikālā mērogā.

1.3.2. tabula. Augšanas sezonas (1969.-1998.gads) parametru raksturojums pēc fenoloģisko dārzu datiem (autores veidota pēc Chmielewski un Rotzer, 2001).

	Iestāšanās laiks (vid.)	SD	Agrākais iestāšanās datums	Vēlākais iestāšanās datums	Izmaiņu trends (dienas/10gadiem)
Sākums	23.04.	5.8	09.04.	03.05.	-2.7 **
Beigas	28.10.	2.4	22.10.	01.11.	+0.9*
Ilgums	188 dienas	5.5	178 dienas	200 dienas	+3.5***

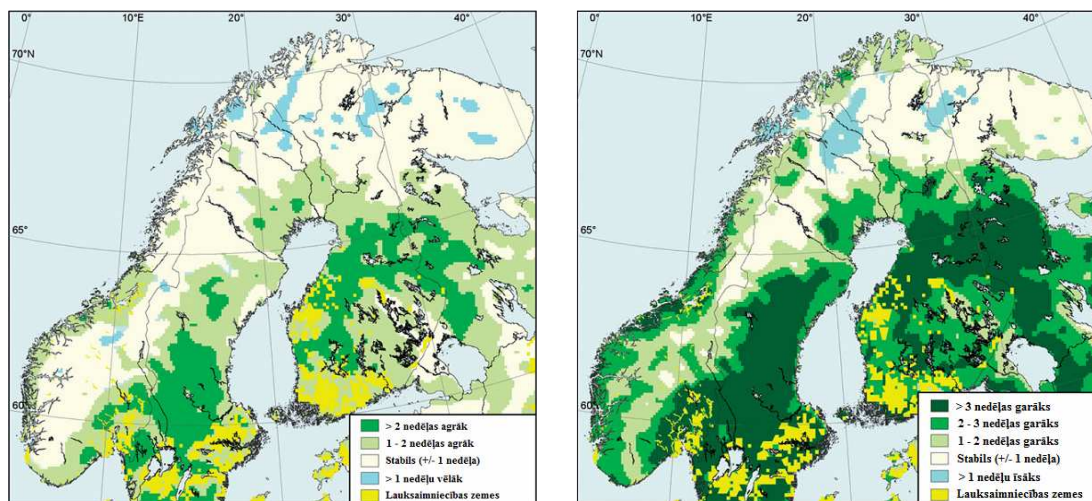
Ticamība *** p<0.01; ** p<0.05, * p< 0.1

Augšanas sezonas beigas tika definēts kā vidējais lapu krišanas (~ 50% koka lapu ir nokritušas) datums *Betula pubescens*, *Prunus avium*, *Sorbus aucuparia*, *Ribes alpinum*. Eiropā vidēji augšanas sezona beidzas 28. oktobrī, agrāk Z daļā, piemēram Somijā jau 9. oktobrī, Norvēģijā 26. oktobrī, kamēr piekrastes teritorijās tikai novembra sākumā. Vidējais augšanas sezonas ilgums ir 188 dienas, variē no 4.5 mēnešiem Z Skandināvijas kontinentālajās daļās līdz gandrīz 7 mēnešiem Vidusdonavas zemienē (Ungārijā). Garākā augšanas sezona novērota 1990. gadā, vidēji 200 dienas. Rudens fenoloģisko fāžu vērtības parasti neuzrāda tik lielas variācijas jeb izmaiņas kā pavasara fāzes. Augšanas sezonas beigu vērtību amplitūda jeb starpība starp agrāko un vēlāko iestāšanās laiku ir 10 dienas, kamēr sezonas sākums variē 24 dienu amplitūdā.

Kopumā augšanas sezonas ilgums vidēji pagarinājies par 10.5 dienām, t.i. +3.5 dienas/dekādē, reģionālās atšķirības: -3 līdz -6 dienas/uz 10 gadiem, vislielākās izmaiņas konstatētas centrālajā Eiropas daļā, mazāk Skandināvijas Z un DA Eiropā. Augšanas sezonas beigu trendi lielākoties ir pozitīvs, t.i., lapu krišana iestājas vēlāk (Chmielewski and Rotzer, 2001).

Vairāk nekā 30 līdzautoru publikācijā (Menzel et al., 2006), kas izstrādāta balstoties uz Eiropas fenoloģisko novērojumu datu bāzi (satur ierakstus vairāk nekā par 20 Eiropas valstu datiem), analizējot 125 000 novērojumu datu rindas, aprēķināts, ka 78% no visiem lapu plaukšanas, ziedēšanas trendiem ir negatīvi, t.i., periodā no 1971. – 2000. gadam iestājas agrāk (vidēji -2.5 dienas/uz desmit gadiem). Savukārt rudenī 48% datu rindu uzrādīja pozitīvu, t.i., iestājas vēlāk un 52% negatīvu tendenci: lapu krišana iestājas vēlāk, savukārt augļu nogatavošanās agrāk, galvenokārt tas attiecas uz lauksaimniecības kultūrām nevis uz savvaļas augiem.

Fenoskandijā lielākoties augšanas sezonu pētījumi tiek veikti izmantojot satelīt datus (att.1.3.1.).



1.3.1.att. Augšanas sezonas sākuma (A) un ilguma (B) izmaiņas periodā no 1982. līdz 2006. gadam, Ziemeļeiropā (Karlsen et al., 2009).

Zviedrijā (Smolandē, Skonē), Norvēģijas dienvidu daļā, kā arī Somijas dienvidrietumu piekrastēs fenoloģiskais pavasaris iestāties vairāk nekā 2 nedēļas agrāk, lielākajā daļā teritorijas līdz divām nedēļām agrāk, bet augstkalnu reģionos pavasara iestāšanās vai nu ir nemainīga vai arī vērojama vēlāk (1.3.1.A. att.). Lielākajā daļā teritorijas fenoloģiskais rudens vērojams 1-2 nedēļas vēlāk, Norvēģijas R un Somijas R piekrastēs, rudens iestājas līdz 2 nedēļām vēlāk. Daļā teritorijas izmaiņas netika fiksētas, savukārt atsevišķās Norvēģijas Z teritorijās rudens iestājas agrāk. Augšanas

sezonas ilgums lielākajā daļā teritorijas pagarinājies vairāk nekā 3 nedēļas (1.3.1. B attēls).

Pēc T.R.Karter (1998) pētījumiem, Somijas centrālajā daļā, Turku apkārtnē, augšanas sezona 20. gs. pagarinājusies par 10 dienām. Savukārt pārējā Skandināvijā augšanas sezonas sākums fiksēts 4-12 dienas agrāk (Carter, 1998).

Somijā *Betula pubescens* pumpurošanās laiks periodā no 1997. līdz 2006. gadam mainījies 0.7 dienas agrāk uz katru gadu D daļā un 1.4 dienām/gadā agrāk Z un vidus-, Somijā, līdz ar to samazinot reģionālās izmaiņas no 3 uz 2 nedēļām, t.i., pumpurošanās D un vidusSomijā iestājas vienā laikā. Rudens fāzēm izmaiņas netika konstatētas. Augšanas sezonas ilgums bērzam pagarinājies par 1.6 dienām vidusSomijā un 1.2 dienām Z Somijā (Pudas et al., 2008).

Savukārt Kolas pussalā veiktie pētījumi, atsevišķās vietās uzrāda citur Eiropā novērotajiem pretējas tendences: *Betula pubescens* pumpurošanās, kā arī lapu dzeltēšana iestājusies agrāk, augšanas sezona ir saīsinājusies (Shutova et al., 2006), ko publikācijas autori skaidro ar sniega segas izmaiņām (pozitīva NAO ietekmē kalnu rajonos Z pastiprināti veidojas sniega sega, kas var aizkavēt augu attīstības sākšanos pavasarī). Arī M.V.Kozlov un N.G. Berlina (2002) publikācijā minēts, ka Z Krievijā taigā augšanas sezona ir saīsinājusies, jo pavasaris ir vēlāk un rudens agrāk. Satelītdatu analīze (Hogda et al., 2001 pēc Linderholm 2006) periodā no 1981.-1998. apliecina iepriekšminēto: Kolas pussalā un Fenoskandijas Z boreālajā zonā, kā arī kalnu apgabalos, pavasara fāzes iestājušās vēlāk nekā vidēji, pie tam no piekrastes tālākajos rajonos pozitīvās jeb vēlās fāzes bija izteiktākas. Rudens iestājas vēlāk nekā vidēji visā novērotajā teritorijā.

No Baltijas valstīm detalizētāki fenoloģisko novērojumu pētījumi ir veikti Igaunijā un tie liecina, ka pēdējo 80 gadu laikā pavasaris iestājas par 8 dienām agrāk, sevišķi lielas izmaiņas fiksētas tieši pēdējos 40 gados. Ziedēšana sākusies par 4 – 14 dienām agrāk, t.i., 0.5 – 1.7 dienas uz desmitgadi: baltā vizbulīte *Anemone nemerosa* uzdziedējusi 2 nedēļas agrāk, parastā ieva *Padus racemosa* – 4 dienas; ābeles – 3 dienas, bet ceriņi *Syringa vulgaris* – 9 dienas agrāk (Ahas, 1999).

Fenoloģiskais pavasaris Lietuvā sākas 8 – 16 dienas agrāk, savukārt fenoloģiskās vasaras sākums laika periodā no 1961. – 2000. mainījies tikai 1 dienas intervālā (Romanovskaja, 2004). Piemēram, parastās lazdas *Coryllus avellana* ziedēšana laika periodā no 1978. līdz 2003. gadam Lietuvā ir mainījies 16 dienu intervālā, parastās kļavas *Acer platanoides* dzeltēšanas arī iestājas agrāk.

1.4. Fenoloģisko fāžu ietekmējošie faktori

Fenoloģisko parametru iestāšanās laikus un raksturu ietekmē daudzu faktoru kopums, sākot ar globāla mēroga (siltuma bilance, biogeoķīmiskie cikli) un beidzot ar lokāla (ekspozīcija, zemes seguma veids) mēroga faktoriem.

Gaisa temperatūras ietekme uz fenoloģiskajām fāzēm un tās izmaiņas ir zinātniskajā literatūrā visbiežāk analizētais klimatiskais faktors, bet fenoloģiskās fāzes ietekmē gaisa mitrums, nokrišņu daudzums, vējš (D`Odorico et al., 2002), sniega sega; no edafiskajiem faktoriem svarīga topogrāfija, nogāzes slīpums, ekspozīcija, svarīga augsnes temperatūra, mitrums; veģetācija (Bricchi et al., 1997 un Carmiello et al., 1994 pēc D`Odorico et al., 2002), zemes lietojuma veids (Emberlin et al., 1993 pēc D`Odorico et al., 2002) no biotiskajiem – kaitēkļi, slimības, konkurence. Daudzu augu sugu attīstību ietekmē gaisma un fotoperiods (Emberlin et al., 1997 pēc D`Odorico et al., 2002). Augu attīstību jo īpaši kultūraugus ietekmē lauksaimniecības paradumi, tehnoloģiju maiņas utml. Bioklimatiskajos pētījumos tiek raksturota antropogēnā

ietekme, fenoloģisko fāžu iestāšanās laikus var ietekmēt apbūves intensitāte, gaisa piesārņojums, urbanizācijas līmenis, satiksme, gaismas piesārņojums u.c. Piemēram, baltā sniegpulkstenīte *Galanthus nivalis* Minhenes (Vācija) centrā zied līdz pat 8 dienām agrāk nekā perifērijā, jo lielāks urbanizācijas līmenis, jo lielākas atšķirības starp pilsētas centru un perifēriju (Roetzer et al., 2000). Savukārt rudens fāzes pilsētas centrā novērotas 3 – 4 dienas vēlāk nekā lauku teritorijās (Rotzer and Chmielewski, 2001). Pie būtiskajiem ietekmējošajiem faktoriem minams arī mikroklimats.

Zinātniskajos pētījumos visvairāk pētītais, analizētais faktors ir **gaisa temperatūra**, piemēram, vairāk nekā 30 līdzautoru publikācijā (Menzel et al., 2006), kas izstrādāta balstoties uz Eiropas fenoloģisko novērojumu datu bāzi, minēts, ka gaisa temperatūras izmaiņas ir galvenais fenoloģiskās fāzes ietekmējošais faktors, paaugstinoties gaisa temperatūrai par 1°C, pavasara-vasaras fāzes iestājas 2.5 dienas agrāk, savukārt rudens fāzes 1 dienu vēlāk (Menzel et al., 2006). Pie tam agrās pavasara fāzes ir jūtīgākas pret temperatūras izmaiņām.

Igaunijā (Ahas, 1999) konstatētas ievērojamas gaisa temperatūras izmaiņas, galvenokārt ziemas un pavasara periodos, pēdējos gados vidējā diennakts gaisa temperatūra virs 0°C fiksēta 25 dienas agrāk, kas likumsakarīgi ietekmē fenoloģisko fāžu iestāšanos. Pētījuma rezultāti rāda, ka visciešākā korelācija ir starp sulu cirkulācijas iestāšanos un diennakts vidējās temperatūras pāreju uz pozitīvām vērtībām, t.i., temperatūra lielāka par 0°C, korelācijas koeficienta vērtība -0.9, savukārt korelācijas koeficienta vērtība starp bērza sulu cirkulāciju un temperatūru februārī ir attiecīgi -0.7, kas norāda uz ciešu saistību starp abiem lielumiem.

Somijā (Heikinheimo and Lappalainen, 1997) un Lielbritānijā (Sparks et al., 2000) veiktajos pētījumos konstatēts, ka paaugstinoties gaisa temperatūrai par 1°C, fenoloģiskās fāzes iestājas vidēji 2 – 4 dienas agrāk. Savukārt Eiropas fenoloģiskajos dārzos veikto fenoloģisko novērojumu datu analīze liecina, ka gaisa temperatūrai pieaugot par 1°C, augšanas sezona sākas līdz pat 6.7 dienām agrāk (Chmielewski and Rotzer, 2001). S.R.Karlsena un līdzautoru (2008) pētījumi rāda, ka paaugstinoties gaisa temperatūrai par 1°C, augšanas sezonas sākums Fenoskandijā vidēji iestājas 5-6 dienas agrāk; pie tam piekrastes teritorijās temperatūras ietekme ir lielāka, līdz pat 7-9 dienām. P.S. Karlsson un līdzautoru (2003) aprēķinājuši, ka temperatūras pieaugums par 1°C, paātrina bērza pumpurošanos par 3-8 dienām (Z Fenoskandijā), E.Šutovas un līdzautoru (2006) ZR Krievijā Kolas pussalā veiktajos pētījumos konstatēts, ka bērzi pumpurojas 4.6-5.5 dienas agrāk zemienēs un līdz pat 7.6 dienas agrāk augstienēs. Pieaugot maija temperatūrai par 1°C, bērza *Betula pubescens* pumpurošanās sākas 2.3 dienas agrāk Somijas dienvidu daļā, līdz pat 5.1 dienu agrāk Somijas boreālajā apgabalā (Pudas et al., 2008).

F. Čmelevski un T. Rotzers (Chmielewski and Rotzer, 2001) korelējot mēneša vidējās gaisa temperatūras ar augšanas sezonas sākumu Eiropas fenoloģiskajos dārzos, atraduši, ka februāra – aprīļa vidējā gaisa temperatūras un augšanas sezonas korelācijas koeficients ir -0.83, un pēc autoru domām, temperatūra ir izšķirošais faktors fāžu raksturā. Arī ekstremālajos gados, piemēram, vēlajā 1970. gadā, agrajos 1989. un 1990. gadā kopsakarības starp gaisa temperatūru un fenoloģisko fāžu iestāšanās laiku bijušas ciešas.

Kopš 1980. gada Eiropā fiksēta gaisa temperatūras paaugstināšanās, kas labi sasaucas ar **atmosfēras cirkulāciju raksturu** maiņu virs Eiropas (Scheifinger et al., 2002). Ziemeļatlantijas reģionā klimata izmaiņas ietekmē NAO (Ziemeļatlantijas oscilācija), kā arī Arktiskā oscilācija. Laika periodā no 1943. gadam līdz 1980. gadam dominējusi negatīvā NAO fāze (vidējie gada dati), kura noteica vēsus laikapstākļus Baltijas reģionā. Kopš 20. gs. 80. gadiem NAO indekss ir bijis pozitīvs, pie tam NAO

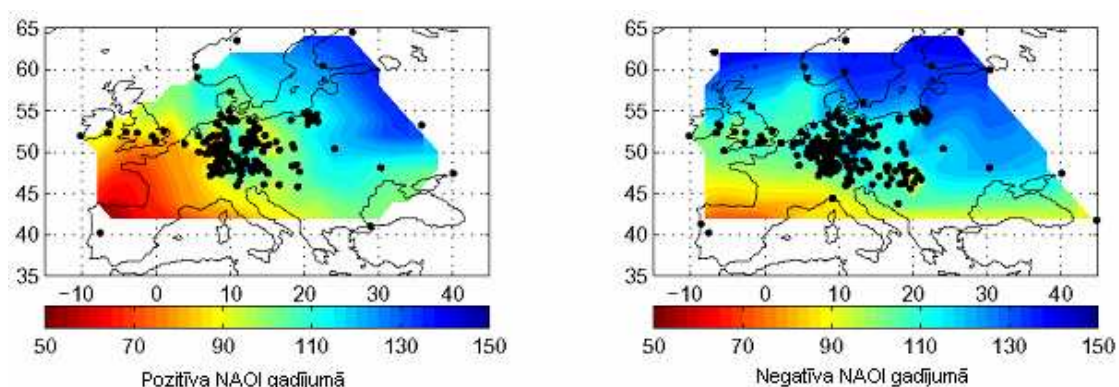
ietekme būtiski pastiprinājusies, 1987. gadā NAO indeksa vērtība bijusi +1.23, 1992. gadā +1.11 (Osborn, 2004).

Pēc F. Čmelevska un T. Rotzera (Chmielewski and Rotzer, 2001) pētījumiem Eiropas fenoloģiskajos dārzos augšanas sezona sākusies 8 dienas agrāk, kas labi sasaucas ar NAO pozitīvo fāžu pieaugumu kopš 20. gs. 80. gadiem. Korelācijas koeficients starp vidējo februāra – aprīļa NAO un augšanas sezonas sākumu Eiropā laika periodā no 1989. – 1998. gadam – 0.70, kas norāda uz sakarības ciešumu. Visciešākā korelācija starp NAO un augšanas sezonas sākumu noteikta Centrāleiropas un Ziemeļeiropas reģionos, korelācijas koeficienta vērtība -0.72 līdz -0.59.

R. Ahas u.c. (Ahas et al., 2004) analizētajos novērojumos (1948. – 1999. gads) Igaunijā konstatēts, ka korelācija starp NAO indeksu (janvārī – martā) un fāžu iestāšanos, kā arī ar gaisa temperatūru ir -0.9, vēlākos periodos korelācija samazinās – ābeļu *Malus domestica* ziedēšanas un NAO korelācija variē -0.6 robežās, savukārt rudens fāzes nekorelē ar NAO, kas saistīts ar citu gaisa masu dominantu Baltijas jūras reģionā.

E. Post un N.C.Stensa (Post and Stenseth, 1999) pētījumā no analizētajām 13 sugām vairāk nekā 138 dažādaās vietās, konstatēts, ka 71% fenoloģisko variāciju var izskaidrot ar NAO.

A. Menzela (Menzel, 2003b) analizējot fenoloģiskās anomālijas (fāze ekstrēmi agri vai ekstrēmi vēlu) Vācijā, konstatēja, ka korelācijas koeficients starp februāra un marta NAOI un pavasara fenoloģisko fāžu anomālijām ir starp 0.37 un 0.56, kas pierāda sakarības būtiskumu. Pie pozitīva NAO fenoloģiskais pavasaris Eiropas dienvidrietumos iestājas jau februāra vidū un virzās daudz straujāk nekā negatīva NAO gadījumā (1.4.1. att.).



1.4.1. att. Fenoloģiskā pavasara iestāšanās pozitīva un negatīva NAO gadījumā (pēc Menzel et al., 2005). uz vertikālās ass – ģeogrāfiskais platums; uz horizontālās ass – ģeogrāfiskais garums; krāsu skalā – diena no gada sākuma

Nokrišņi ir galvenais augsnes mitruma avots, kam ir būtiska nozīme augu attīstībā, līdz ar to arī fenoloģijā. Piemēram, Eiropā veiktie pētījumi (Norgard and Vanman, 2003) rāda, ka determinācijas koeficients starp Eiropas dižskābarža *Fagus sylvatica* augšanas sezonas ilgumu un nokrišņu daudzumu ir 0.42, kas norāda, ka sakarība ir cieša.

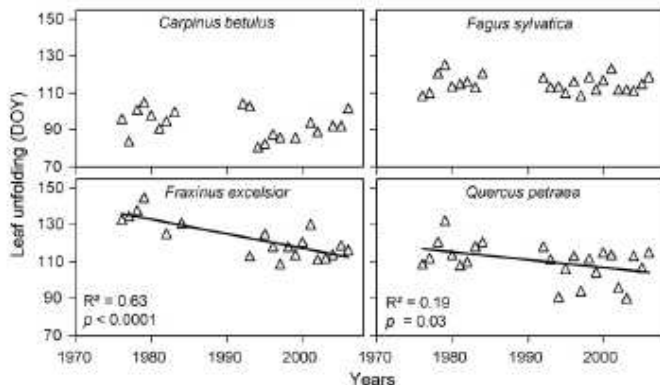
Sniega segi ir liela nozīme siltuma un mitruma apstākļu veidošanai atmosfērā un augsnē līdz ar to agro fenoloģisko fāžu attīstībā, jo sniega sega pasargā augus no nelabvēlīgajiem laikapstākļiem (Aasa, 2005). Sniega segas biezums nosaka augsnes temperatūras režīmu, aizsargājot to no straujas atdzišanas un dziļas sasalšanas. Tāpat no sniega segas ir tieši atkarīgs arī dažu agro pavasara fāžu iestāšanās laiks, piemēram,

sniegbaltā sniegpulkstenīte *Galanthus nivalis* uzzied ne vēlāk kā nedēļu pēc sniega segas kušanas sākuma (Ģērmanis, 2001).

Fenoloģisko fāžu iestāšanās laiks ir atkarīgs arī no **augsnes temperatūras, augšnes gaisa, mitruma un struktūras**. Augšnes temperatūra ietekmē augu augšanu un attīstību, tā ietekmē mikroorganismu aktivitāti, organisko vielu sadalīšanās intensitāti. Pētījumos arī pierādījis, jo augstāka ir augšnes temperatūra, jo agrāk iestājas fenoloģiskās fāzes (Aasa, 2005), A.Aasa (2005) uzsver, ka nereti korelācija starp augšnes temperatūru un fenoloģiskās fāzes iestāšanās laiku ir ciešāka nekā starp gaisa temperatūru un fāzes iestāšanos. Svarīga loma ir arī augšnes mitrumam. Pēc veiktajiem eksperimentālajiem dižskābaržu pētījumiem (Norgard and Vanman, 2003) konstatēts, ka Eiropas dižskābarža *Fagus sylvatica* aktivitātes periods pie zema augšnes mitruma ir 25 dienas īsāks nekā pie normāla augšnes mitruma. Pētījumos pierādījis, ka augi attīstās labāk, ja augšnes mitrums ir ~ 80% Eiropas dienvidos un ~ 60% Eiropas ziemeļos.

R. Ahas un līdzautori (2005), M. Džeksone (1966) uzsver, ka viens no būtiskākajiem ietekmējošajiem faktoriem ir **mikroklimats**. ASV, Indiānas štatā (Jackson, 1966) 16 mikroklimatiskajās stacijās 180 akru (0.4 ha) lielā teritorijā ar atšķirīgu nogāžu slīpumu, ekspozīciju, zemes seguma veidu veiktie pētījumi parādīja, ka ziedēšana iestājusies 7.2 dienu intervālā, maksimālā atšķirība starp stacijām bija 11 dienas. Ziemeļu nogāzēs fāzes iestājušās vidēji 2.6 – 6 dienas vēlāk nekā dienvidu nogāzēs. T. Rotzers un F. Čmelevskis konstatējuši, ka atšķirīga ekspozīcija, nogāzes slīpums var ietekmēt fenoloģisko fāžu iestāšanos līdz pat 14 dienu intervālam (Rotzer and Chmielewski, 2001). K.Ramana (1958) pētījums liecina, ka pavasara fenoloģiskās fāzes Vidzemes augstienē iestājas 7-8 dienas vēlāk nekā tās perifērijā, savukārt rudens fāzes pārpurvotās starppauguru iepakās iestājas līdz pat 3 nedēļām agrāk.

F.W.Badecks (2004) uzsver, ka fenoloģisko fāžu iestāšanās laiku izmaiņu lielumu ietekmē vietas ģeogrāfiskais stāvoklis, respektīvi, pastāv izmaiņas pa reģioniem, kā arī katra augu/koku suga uz vides apstākļu maiņām reaģē dažādi, fenoloģisko izmaiņu lielums jāvērtē arī pēc fenoloģiskās fāzes (agrā pavasara fāzes mainījušās vairāk nekā rudens fenoloģisko fāžu iestāšanās laiks).



1.4.2. att. Lapu plaukšanas sākuma trendi 4 koku sugām, Francijā Fontainebleau mežos (1976-2006 gads) pēc Viatasee et al, 2009. Uz X ass gads uz Y-ass diena no gada sākuma.

Periodā no 1976.-2006. gadam Francijas, *Fontainebleau* mežos veiktie novērojumi (att.1.4.2.) rāda, ka lapu plaukšanas sākuma trends parastajam skābardim *Carpinus betulus* un parastajam dižskābardim *Fagus sylvatica* ir neitrāls, nav mainījies, savukārt ozolam un osim lapas sāk plaukt attiecīgi 0.42 un 0.72 dienas uz gadu agrāk. Periodā no 1976. līdz 1984. ozola lapu plaukšanas sākums tika novērtēts vidēji 26. aprīlī, savukārt periodā no 1992. līdz 2006.gadam 10 dienas agrāk, t.i., 16. aprīlī.

Izmaiņas atkarīgas arī no reljefa, augstāk novietotajos punktos izmaiņas bija lielākas (Viatasee et al., 2009).

Lielāko daļu ilgi-augošo koku kā ozols, osis, fenoloģisko fāžu iestāšanās laiku nosaka dienas garums, fotoperiods nevis gaisa temperatūra kā bērzam, apsei, kas aug salīdzinoši neilgi. Osis, ozols tādējādi pasargā sevi no fizioloģisko procesu atsākšanās nelabvēlīgos laikapstākļos un šo sugu iestāšanās laiki nav būtiski mainījušies (Korner and Basler, 2010).

Augšanas sezonas iestāšanās laiks, pavasara fenoloģisko fāžu iestāšanās laiks galvenokārt atkarīgs un cieši korelē ar gaisa temperatūras izmaiņām, savukārt augšanas sezonas beigu, rudens fenoloģiskās fāzes, iestāšanās ietekmē citi faktori vai faktoru kopums (fotoperiods, mitruma apstākļi, ekstremālās gaisa temperatūras, jūras ietekme u.c.), kas viennozīmīgi nav noskaidroti (Pudas et al., 2008 pēc Koski, 1990; Menzel 2002, Walter et al., 2002; Chmielewski and Rötzer, 2001).

Ahas un līdzautori (2005) uzsver, ka fenoloģisko fāžu iestāšanās laiks galvenokārt atkarīgs no saules radiācijas daudzuma, jūras un kontinentālo gaisa masu dominantes, ūdenstilpju termostabilitātes (Igaunijas un Latvijas gadījumā – Baltijas jūras, reljefa), dominējošā zemes lietojuma un seguma veida.

Klimata mainības modeļi vislielākās izmaiņas paredz lielajos platumā grādos (Beck et al., 2005 pēc Cubasch et al., 2001), IPCC ziņojumā minēts, ka tieši ziemeļu ekosistēmas tiks ietekmētas visvairāk (IPCC, 2007), jo daudzām augu sugām Fenoskandija ir galējā izplatības areāla robeža (Karlsen et al., 2008). Veicot satelītattēlu analīzi, (Linderholm, 2006 pēc Myneni et al., 1997), konstatēts, ka vislielākās augšanas sezonas ilguma izmaiņas ir starp 45-70° Z platumu.

Tiek prognozēts, ka pavasara gaisa temperatūra Fenoskandijā pieaugs par 2-4°C (Beck et al., 2005 pēc ACIA, 2004 un Mearns et al., 2001), pie tam lielāks pieaugums tiek prognozēts Z kontinentālākajās daļās (Beck et al., 2005 pēc Hanssen-Bauer et al., 2003). Balstoties uz prognozēm, P.S. Karlsson un līdzautori (2003), norāda, ka pavasaris 21. gs. varētu sākties 14-36 dienas agrāk Fenoskandijas piekrastes daļās un 10-20 dienas agrāk no piekrastes tālākajos rajonos. Vislielākās izmaiņas tiek prognozētas piekrastes rajonos. Augšanas sezonas ilguma izmaiņas ietekmēs sugu savsarpējās attiecības, ekoloģiskos procesus, sugu izplatību, mainīs fitoģeogrāfisko zonējumu utml. (Pudas et al., 2008 pēc Suzuki and Kudo 1997 un Walker et al., 1995), salnas var būtiski traucēt augu tālāko attīstību, jo pumpurošanās notiek agrāk.

Fenoloģisko fāžu iestāšanos laikus ietekmē gan globāla, gan lokāla mēroga faktori, galvenokārt gaisa temperatūras izmaiņas, kas ir visbiežāk analizētais faktors. Ņemot vērā ietekmējošo faktoru kompleksumu jāatzīmē, ka ietekmējošo faktoru mehānisms līdz galam nav izziņāts, it īpaši tas attiecas uz rudens fāzēm. Kā apgalvo R.D.Holts (1990) praktiski nav nevienas sugas, kuras ekoloģija, fizioloģija un ģenētiskie aspekti ir skaidri zināmi, t.i., nevienas sugas attīstību ietekmējošie faktori nav pilnībā izziņāti.

1.5. Digitālo attēlu izmantošana fenoloģijas pētījumos

Fenoloģiskie novērojumi pasaulē tiek veikti piecos veidos: analizējot satelītattēlus, izmantojot brīvprātīgo novērotāju datus, fiksējot fenoloģiskos novērojumus fenoloģiskajos dārzos (*International Phenological Gardens*) vai agrometeoroloģiskajās stacijās, kā arī veicot fotomonitoringu.

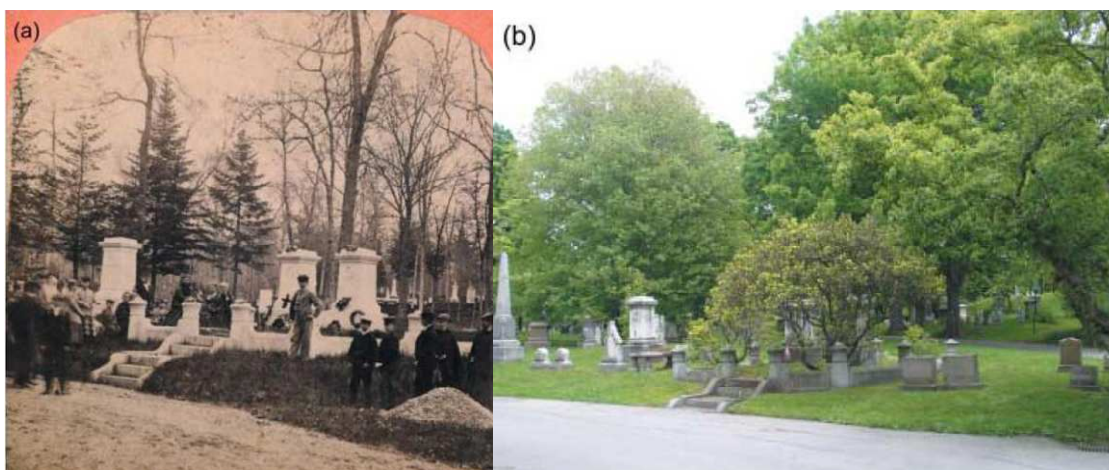
Fotomonitorings (atkārtota digitālo attēlu uzņemšana, angļu valodā: *repeat images*) – jauna, inovatīva metode fenoloģisko novērojumu veikšanā, kas ļauj precīzi noteikt fenoloģiskās fāzes iestāšanos, izvērtēt intensitāti, kā arī izmaiņas attīstības procesos (piemēram, salnu, kaitēkļu ietekmi), veikt automātisku datu apstrādi un salīdzināšanu ilgstošā laika periodā.

Digitālie attēli tiek fiksēti katru dienu (parasti vienu reizi dienā), kas ļauj detāli raksturot sezonālos dabas ritmus.

Pastāv divu veidu fotomonitoringa metodes:

1. salīdzināšanas jeb vēsturisko attēlu izmantošana;
2. atkārtotās jeb ikdienas digitālo fotogrāfiju uzņemšana.

Pirmā ir salīdzināšanas metode, kad fotogrāfija tiek izmantota jau zināmu apstākļu un lauka apstākļu salīdzināšanai, lai novērtētu lauka apstākļu rādītājus, piemēram, koksnes krājas daudzums dabā var tikt salīdzināts ar fotogrāfijā atainotu meža ainavu, kur koksnes krājas apjomi ir zināmi un aprēķināti (Hall, 2001). Tāpat vēsturiskās fotogrāfijas var tikt izmantotas fenoloģisko norišu rekonstruēšanai, piemēram, kā att. 1.5.1.



1.5.1.att. Vēsturisko fotogrāfiju izmantošana ainavas un fenoloģijas pētījumos. Louvela kapsēta Mičiganā, ASV a. foto uzņemts 30.05.1868. b. foto uzņemts 30.05.2005. (Miller-Rushing, 2007).

Otrā ir atkārtotās jeb ikdienas fotogrāfiju uzņemšanas metode, kad fotokamera tiek uzstādīta vienā noteiktā vietā un periodiski tiek uzņemts vairāki attēli no viena skatupunkta ar nolūku izvērtēt un saskaņot notiekošās izmaiņas (Hall, 2001).

Vēsturiski fotomonitorings tika pielietots zemes īpašnieku vajadzībām dažādu vizuālu pazīmju novērošanai un raksturošanai, piemēram, graudaugu sugu sastāva un izplatības, lopbarības produkcijas daudzuma, pļavu un sējumu platību proporciju noteikšanai utt. (Hudson, bez datējuma). Daudzi pētnieki un lauksaimnieki fotomonitoringu izmantoja, lai uzskatāmi parādītu savu zemju prasmīgu apsaimniekošanu un lai prognozētu negatīvo izmaiņu, kā nezāļu izplatība vai zemes auglības samazinājums. Fotomonitorings ir kļuvis par ļoti izplatītu metodi pētījumu datu ievākšanā un izmaiņu dokumentēšanā (Hall, 2001; Hudson, bez datējuma). Visbiežākais nolūks fotogrāfiju iegūšanai un izpētei ir dažādu veģetācijas un augsnes stāvokļu novērtēšana, izmaiņas, ugunsgrēku intensitāte, dažādu biotopu aizņemtās platības rādītāji, meža kaitēkļu postījumi, mežizstrādes ietekmes uz vidi novērtējums, ekoloģiskā stāvokļa izvērtējums, lai plānotu teritorijas dabas aizsardzības un resursu saglabāšanas pasākumus (Myron, 2008; Lassoie and Comba, 2006), lai pētītu nogāžu un ieleju veidošanos, dzīvnieku darbības sekas, ūdensobjektu un to krastu stāvokli (Mcdougal et al., 2003). Fotomonitoringu pielieto arī, lai novērtētu dzīvnieku parādīšanos un pārvietošanos konkrētā apgabalā, piemēram, zivju ērgļa ligzdošanas video un foto monitorings (Hall, 2001).

Fotomonitorings ir ātrs, vienkāršs un efektīvs veids, kā noteikt izpētes areāla izmaiņas (Borman and Chamberlain, 2004; Mcdougal et al., 2003; Hall, 2001). Attēlus

ir daudz vienkāršāk un ātrāk analizēt nekā mērījumu datu rindas, fotomonitorings kā kvantitatīva pētījumu metode sniedz labus rezultātus (Hudson, bez datējuma).

Pēdējā laikā arvien biežāk fotomonitorings jeb atkārtotu digitālo fotogrāfiju uzņemšana tiek izmantota arī fenoloģijā, sezonalitātes pētījumos, jo brīvprātīgo novērotāju skaits ar katru gadu samazinās, tostarp novērtāju darbs ir laikietilpīgs un ne vienmēr precīzs, kā arī satelītattēlu analīzei un novērojumu kalibrēšanai nepieciešami lauka pētījumi. Tādējādi par vislētāko, objektīvāko un precīzāko metodi fenoloģisko novērojumu veikšanā pašlaik tiek uzskatīta digitālo fotogrāfiju uzņemšana (Ide and Oguma, 2010; Crimmins and Crimmins, 2008; Ahrends et al., 2007).

Fenoloģiskās izmaiņas norāda uz klimata mainības tendencēm, un ir bioloģiskie indikatori apkārtējās vides izmaiņām (Badec et al., 2005; Gordo and Sanz, 2005; Menzel, 2003a; Schwartz, 2003; D'Odorico et al., 2002; Menzel and Fabian, 1999). Pēc bioklimatalogu atzinumiem, fenoloģisko novērojumu analīze, iespējams, ir „vienkāršākais un lētākais veids kā pierādīt un pamatot klimata izmaiņas” (Koch et al., 2006) un var tikt izmantoti nākotnes projekciju veidošanā (Pudas et al., 2008 pēc Häkkinen, 1999; Linderholm, 2006 pēc Schwartz, 1999; Menzel, 2002).

Fenoloģiskā indikācija ir viena no biežāk pielietotajām metodēm fenoloģisko sezonu izdalīšanā. Pieņemot par sezonas sākumu indikatīvu un viegli fiksējamu fāzi, var kvalitatīvi raksturot ikgadējās sezonālās variācijas. Fenoloģisko sezonu indikatori un sezonu skaits, zinātniskajā literatūrā atšķiras, tā, piemēram, Latvijā tiek izdalītas 9 līdz pat 12 sezonām, kuru sākuma indikatori tiek definēti dažādi.

Augšanas sezonas iestāšanās laiks galvenokārt atkarīgs un cieši korelē ar gaisa temperatūras izmaiņām, savukārt augšanas sezonas beigu iestāšanās ietekmē citi faktori vai faktoru kopums (fotoperiods, mitruma apstākļi, ekstremālās gaisa temperatūras, jūras ietekme u.c.), kas viennozīmīgi nav noskaidroti (Pudas et al., 2008 pēc Koski, 1990; Menzel, 2002; Walter et al., 2002; Chmielewski and Rötzer, 2001).

Fotomonitorings ir jauna un inovatīva metode bioklimatisko novērojumu veikšanā.

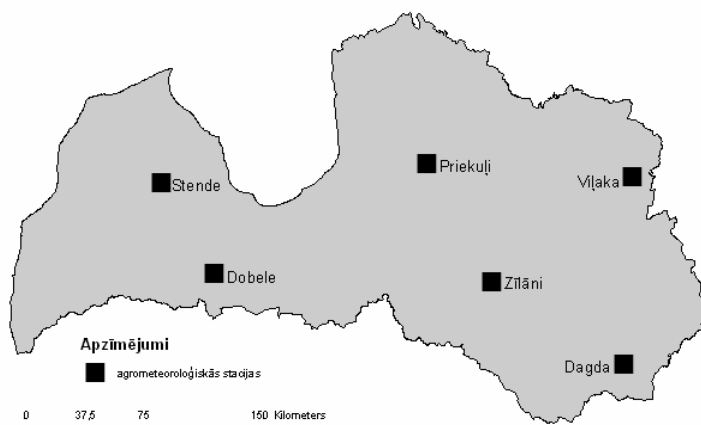
2. MATERIĀLI UN METODEDES

2.1. Pētījuma dati

Darba izstrādē izveidotas 2 datu bāzes: fenoloģiskā un agrometeoroloģiskā, veidojot tās atbilstoši vienotajām Eiropas fenoloģisko novērojumu prasībām (izstrādātas projekta *Establishing a European Phenological Data Platform for Climatological Applications* jeb COST 725 ietvaros) (Koch et al., 2006).

Fenoloģisko novērojumu datu bāzes izveidē izmantotas publikācijas *Dabas un vēstures kalendārā* (no 2005. gada *Daba un vēsture*) (1973. – 2009. gads), Hidrometeoroloģiskā dienesta pārvaldes (no 2005. gada Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas aģentūra, no 2010. gada Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs) izdotajos *Fenoloģiskajos biļetenos* (1959. – 1972. gads) un LU Meteoroloģiskā institūta izdotajos *Fenoloģiskajos bukletos* (1927. – 1935. gads). Fenoloģisko novērojumu datu digitizācijā izmantota *MS Excel* datorprogramma. Latvijā pirmie zināmie novērojumi fiksēti 1822. gadā Puzē, kuri nav publicēti veidā, tāpēc datu analīzē izmantoti fenoloģiskie dati no 1927. gada, kad izveidots pirmais sistemātiskais brīvprātīgo novērotāju tīkls.

Pētījumā izmantoti dati no starptautiskā projekta COST725 datu bāzes, kā arī dati, kas iegūti no sadarbības partneriem, izstrādājot kopīgas publikācijas.



2.1.1.att. Pētījumā raksturoto agrometeoroloģisko staciju lokalizācija

Dobelē un Dagdā (2.1.1. att.; tab.2.3.2.).

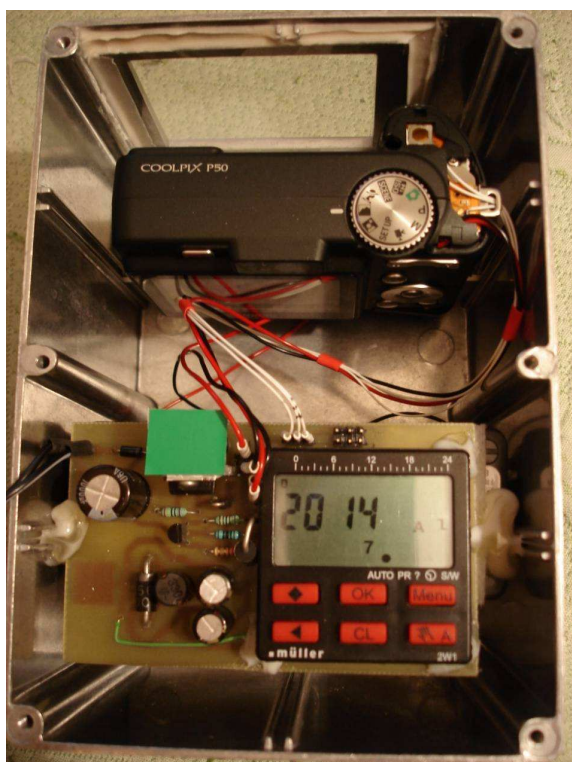
Meteoroloģiskā datu bāze veidota, izmantojot Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centra ikmēneša gaisa temperatūras un nokrišņu daudzuma, augsnes virskārtas temperatūras, sniega segas biezuma datus periodam no 1971.-2000.gadam. Meteoroloģiskās stacijas izvēlētas atbilstoši tuvākajam attālumam līdz fenoloģisko novērojumu punktiem.

Atmosfēras cirkulācijas veidu datu bāze. Kopsakarību analīzēs ir izmantoti deviņu atmosfēras cirkulācijas veidu dati, kuri ir iegūti no Klimata pētījumu centra (*Climate Prediction Centre*) mājas lapas: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/telecontents.shtml>

Digitālo attēlu datu bāze. 2008.gadā darba autore kopā ar darba grupu LU zinātniskā projekta 2008/ZP-122: *Fenoloģisko novērojumu tīkla attīstība un*

modernizācija Latvijā ietvaros uzsāka modernizēt brīvprātīgo novērojumu tīklu, ieviešot Baltijā inovatīvu metodi – atkārtotu digitālo attēlu (*repeat photography*) izmantošanu (fotomonitorings). Projekta ietvaros tika uzstādītas 2 digitālās kameras.

Latvijā darbojas 2 digitālās kameras (plānots 2011.gada pavasarī uzstādīt 3 kameru): web-kamera LU, Botāniskajā dārzā un LU, ĢZZF lauka stacionārā Lodesmuižā. Tiek izmantotas divu veidu kameras, LU Botāniskajā dārzā ir uzstādīta web-kamera *StarDot NetCam* (attēli pieejami tiešsaistē <http://bot-kamera.lanet.lv/>), kura fiksē attēlus katru minūti, bet saglabā attēlus serverī katru stundu, savukārt Lodes muižā ir stacionārs *Nikon Coolpix* fotoaparāts ar iebūvētu taimeri, kas automātiski fiksē 3 attēlus katru dienu ap Saules pusdienlaiku. Kameras attēla izšķirtspēja 8 megapikseļi. Attēlā tiek norādīts fotografēšanas datums un laiks. Kamera tiek uzlādēta ar saules baterijām un saglabā attēlus atmiņas kartē (apjoms 4 GB). Kamera ievietota hermētiskā apvalkā, kurš nodrošina kameras aizsardzību pret mitrumu, vēju un mehāniskiem bojājumiem (2.1.2.att.).



2.1.2.att. Autonomās, digitālas kameras uzbūve. Uzstādīta Lodes muižā.

LU Botāniskajā dārzā pirmie attēli uzņemti un tiek saglabāti datu bāzē no 2009.gada 15.janvāra (2.1.3.att.A), Lodes muižā kamera uzstādīta 1.martā 2009.gadā (att. 2.1.3.B).

Metodikas verifikācijas nolūkos, paralēli automātisko attēlu uzņemšanai LU Botāniskajā dārzā 2009.gada pavasarī un rudenī tika veikti lauka pētījumi, kurus veica E.Groza un darba autore. LU Botāniskajā dārzā tika veikti fenoloģiskie novērojumi trim koku sugām: parastajai ievai *Padus racemosa*, parastajai kļavai *Acer platanoides* un āra bērzam *Betula pendula*. Pavasarī novērojumu protokolā tika fiksētas noteiktas pavasara fāzes: snaudoši pumpuri, briestoši pumpuri, plaukstoši pumpuri, pirmās lapas un ziedi. Savukārt rudenī tika fiksēta lapu dzeltēšana un lapu krišana. Paralēli tika veikta koku un krūmu atsevišķu zaru fotografēšana tuvplānā. Verifikācijas darba rezultāti aprakstīti E. Grozas (2010) bakalaura darbā *Digitālās fotogrāfijas izmantošana fenoloģijā, LU Botāniskā dārza piemērā* (darba vadītāja G.Kalvāne).



2.1.3.att. A. Pirmais uzņemtais attēls LU, Botāniskajā dārzā 2009.gada 15.janvārī



2.1.3.att. B. Pirmais uzņemtais attēls Lodes muižā 2009.gada 1.martā

Sadarbībā ar Biedrību *Latvijas Mazpulki* pētījuma *4Sezonas* ietvaros mazpulcēni pavasarī un rudenī 2 reizes nedēļā fotografēja vienu izvēlēto ainavu. Izvērtējot datu kvalitāti, darbā izmantoti 2008. gada dati no Liezēres, Nautrēniem, savukārt 2009. gadā no Bēnes, Malnavas.

2.2. Datu apstrādes metodes

Ņemot vērā, ka fenoloģisko novērojumus veic brīvprātīgie fenologi (lielākoties ir *neprofesionāļi* meteoroloģijā un botānikā, kuru zināšanas balstās uz pieredzi lauksaimniecībā), ir veikts **datu kvalitātes objektīvs izvērtējums**, lai novērstu datu subjektivitāti. Datu bāzes pilnveidošanas procesā, tika veikta kritiska **datu atlase**, manuāli no datu rindām atlasot fenoloģisko fāžu ekstremālās vērtības, kuras konstatētas tikai vienā novērojumū punktā.

Latvijā maršrutpētījumos fenologi fiksē izmaiņas biotopā kopumā nevis konkrētam augam, kā to dara, piemēram, Eiropas Fenoloģiskajos dārzos. Līdz ar to Latvijā brīvprātīgo veiktajiem fenoloģiskajiem nomērījumiem trūkst metadatu, t.i., vietas aprakstošo datu, piemēram, novietojums reljefā, biogeocenozes tips u.c., kas ietekmē fāžu iestāšanos. Novērotāju skaits (1.1.5. attēls) un vietas Latvijā gadu no gada variē, kas apgrūtina datu analīzi, interpretāciju un salīdzināšanu, tāpēc ir veikta **datu rindu apvienošana**, piemēram, Liepājas datu rinda papildināta ar Nīcā veiktajiem novērojumiem, Atašienes ar Barkavas datiem (nodaļās 3.2. un 3.3.1.).

Atbilstoši vienotajām Eiropas fenoloģisko novērojumū vadlīnijām, noteiktās analizējamās sugas un fenoloģiskā fāzes ir kodētas **BBCH sistēmā**, ko ir izstrādājis E. Bruns. Augu attīstības cikls tiek iedalīts 10 etapos/posmos, piemēram, 0 – pumpurošanās, 6 – ziedēšana, 9 lapu krišana utml. Katram etapam tiek piešķirts arī otrs skaitlis, kurš apzīmē procentuālo norisi – 0 sākums, 9 fāzes beigas, piemēram, BBCH60 ziedēšanas sākums, BBCH69 ziedēšanas beigas (Meier, 1997).

Fāzes norises datumi ir pārveidoti skaitliskā formā, t.i, diena no gada sākuma (1 janvāris 1 diena, 10.aprīlis 100 diena no gada sākuma utml.), radot iespēju vienkāršāk operēt ar datiem.

2.3. Datu analīzes metodes

Datu analīzē ir izmantotas statistiskās datu apstrādes metodes (korelācijas analīze, vienfaktora lineārā, kā arī daudzfaktoru regresija u.c.), kā arī tādi statistikas pamatlielumi kā vidējais aritmētiskais, minimālās un maksimālās vērtības un amplitūda

jeb izkļiedes intervāls, standartnovirze, regresijas taisnes virziena koeficients (funkcija SLOPE, kura aprēķina regresijas taisnes slīpumu, līdz ar to parāda izmaiņu intensitāti, piemēram, ja koeficienta vērtība -0.15 , t.i., fāze uz katru gadu iestājas 0.15 dienas agrāk), galvenā jeb principiālā komponentu analīze (PCA), klasteranalīze *SPSS 19* programmā. Fenoloģisko fāžu ietekmējošie faktori, apstrādāti *DENDROCLIM 2002* (Biondi and Waikul, 2004) programmā, kas paredzēta neatkarīgo, t.i, izslēdzot savstarpējo faktoru atkarību, un būtiskāko ietekmējošo faktoru identificēšanai.

2.3.1. tabula. Analizētās sugas un fenoloģiskās fāzes pa periodiem (1927. – 2009. un 1971.-2000.)

Suga	Periods							
	1927. – 2009. gads			1971. – 2000. gads				
	BBCH11	BBCH61	BBCH92	BBCH11	BBCH61	BBCH85	BBCH92	BBCH93
Baltalksnis <i>Alnus incana</i>				x				
Lazda <i>Corylus avellana</i>				x				
Āra bērzs <i>Betula pendula</i>			x	x	x		x	x
Ieva <i>Padus racemosa</i>		x		x	x			
Parastā liepa <i>Tilia cordata</i>		x		x			x	x
Ceriņi <i>Syringa vulgaris</i>				x				
Ķirši				x	x			
Dziedniecības pienene <i>Taraxacum officinale</i>				x				
Parastais pīlādzis <i>Sorbus aucuparia</i>				x				
Meža avene <i>Rubus idaeus</i>				x				
Sarkanais pļavas āboliņš <i>Trifolium pratense</i>				x				
Parastais jasmīns <i>Philadelphus coronaries</i>				x				
Mellene <i>Vaccinium myrtillus</i>						x		
Sila virsis <i>Calluna vulgaris</i>				x				
Parastā kļava <i>Acer platanoides</i>								x
Parastā apse <i>Populus tremula</i>							x	x

BBCH11 – plaukšanas sākums; BBCH61 – ziedēšanas sākums; BBCH85 – augļu nogatavošanās; BBCH92- lapu dzeltēšana; BBCH93 – lapu krišanas sākums.

Ilgtermiņa izmaiņu noteikšanai tika pielietots neparametriskais *Mann – Kendall* tests. Tests piemērots datu kopu analīzē, kuras neatbilst normālajam sadalījumam, datu kopās ar iztrūkstošām vērtībām un anomālām variantēm, kas raksturīgs fenoloģisko novērojumu datu rindām. *Mann – Kendall* testa rezultātu mazāk ietekmē nejaušās reģistrācijas kļūdas novērošanas un datu sistematizācijas procesā un reprezentācijas kļūdas (reprezentācijas kļūdas raksturīgas nepilnai statistiskai novērošanai, tās rodas, ja novērošanai atlasītās kopas vienības daļas nepilnīgi atspoguļo visas pētāmās kopas sastāvu). Kopš 20. gs. vidus, kad tests tika izmantots pirmo reizi, ir izstrādātas dažādas tā versijas un paplašinājumi, kas plaši tiek pielietoti dabas zinātnēs. Darbā izmantota testa versija MULTMK/PARTMK, kas darbojas *Microsoft Excel* vidē un ir brīvi pieejama interneta mājas lapā <http://www.mai.liu.se/~cllib/welcome/PMKtest.html> (Libiseller, 2002). Kopsakarība ir statistiski ticama, ja normalizētā testa statistika ir ± 1.96 ar p vērtību mazāku par 0.05 .

Analizējot Eiropas fenoloģiskos datus references periodā (nodaļas 3.1. un 3.2.) par būtisku tika pieņemta sakarība ar korelācijas koeficienta vērtību $r=0.361$ pie novērojumu skaita 30, ar ticamības līmeni 0.05 (Liepa, 1974).

Pētījumā izmantota fenoloģiskā kalendāra metode un fenoloģiskās indikācijas metode.

Fenoloģisko datu analīze ir veikta 2 periodiem (2.3.1.tab.):

1. ilgtermiņa (1927.-1935. un 1959.-2009. gads) trīs sugām (parastās ievas *Padus racemosa* ziedēšanas sākums, parastās liepas *Tilia cordata* ziedēšana un āra bērza *Betula pendula* lapu dzeltēšanas sākums) trīs novērojumu vietās Popē (visgarākā datu rinda), Liepājā (interpolēti četrus novērojumu punktu dati – Durbe, Nīca, Rucava un Liepāja) un Barkavā (iztrūkstošās datu rindas papildinātas ar Atašienē veiktajiem fenoloģiskajiem novērojumu datiem); 1947.-2007.gads Snēpeles datu rindai.
2. atbilstoši Eiropas vienotajām prasībām references jeb normas periodam no 1971. līdz 2000. gadam 15 novērojumu vietās (Alūksne, Atašiene, Barkava, Dagda, Dobeles, Engure, Jumurda, Matīši, Mēdzūla, Nīca, Pope, Rucava, Snēpele, Vērgale (att.2.3.2.)), kā arī analizēti 15 novērojumu punktu vidējie dati.

Agrometeoroloģiskie dati ir analizēti periodā no 1957. līdz 2003. gadam sešās novērojumu vietās (2.1.1. att.). Fenoloģiskā analīze veikta 4 sugām 9 fenoloģiskajām fāzēm (tab. 2.3.2.). Auzas *Avena sativa* fenoloģija raksturota deviņām fenoloģiskajām fāzēm, sākot no sēšanas līdz novākšanai periodā no 1957. līdz 2002.gadam Stendē un Dagdā.

2.3.2. tabula. Analizētās kultūraugu sugas un fenoloģiskās fāzes (agrometeoroloģisko staciju dati)

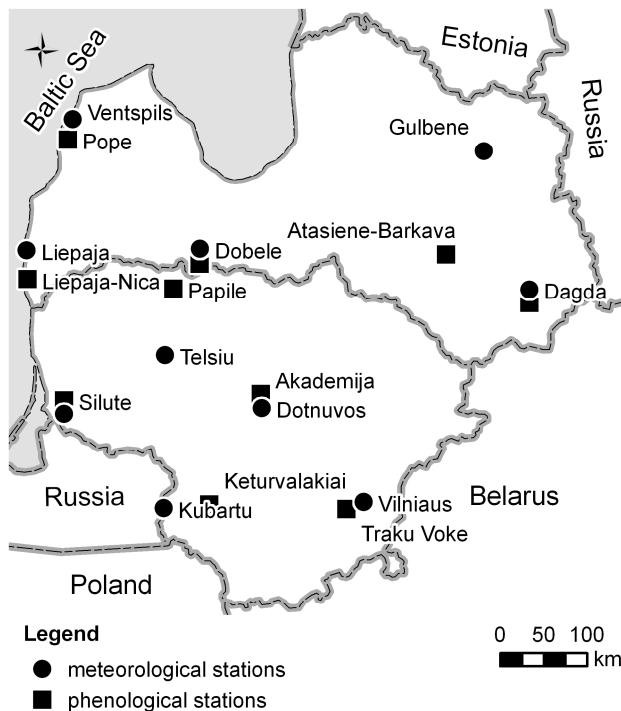
Suga	Šķirne	Agrometeoroloģiskā stacija	Fāzes								
			BBCH00	BBCH01	BBCH03	BBCH11	BBCH61	BBCH85	BBCH99	BBCH92	BBCH93
Ābele <i>Malus domestica</i>	<i>Baltie dzidrie</i>	Stende		x		x	x	x	x	x	x
	<i>Antonovka</i>	Priekuļi, Dagda		x		x	x	x	x	x	x
	<i>Rudens svītrainie</i>	Dobeles		x		x	x	x	x	x	x
Kartupeļi <i>Solanum tuberosum</i>	Jauktas	Viļaka, Stende, Priekuļi Zilāni, Dobeles, Dagda	x		x		x		x		
Jānogas <i>Ribes rubrum</i>	<i>Holandes Nezināma</i>	Priekuļi, Zilāni		x		x	x	x	x	x	x

BBCH00 stādīšana; BBCH01 – pumpurošanās; BBCH03 – pirmie asni; BBCH11 – plaukšanas sākums; BBCH61 – ziedēšanas sākums; BBCH85 – augļu nogatavošanās; BBCH92- lapu dzeltēšana; BBCH93 – lapu krišanas sākums; BBCH99 – novākšana.

X – fāze tiek analizēta

Ar pelēku – fāze netiek novērota

Nodaļas 3.2. *Fenoloģisko sezonu salīdzinošs raksturojums Latvijā un Lietuvā* izstrādē izmantoti 10 novērojumu staciju (2.3.1. att.) dati Latvijā un Lietuvā, analizējot sešu augu sugu fenoloģiskā fāzes (2.3.3.tab.) references periodā.



2.3.1.att. Fenoloģisko un meteoroloģisko staciju lokalizācija Latvijā un Lietuvā.

pēc V. Kepeņa (Köppen) klimata klasifikācijas Latvija un Lietuva atrodas mitrā kontinentālā klimata zonā (Aguado and Burt, 2001), tas ļauj izmantot vienus un tos pašus indikatoraugus un fāzes. Fenoloģiskie indikatori tika izvēlēti pēc Lietuvā veiktajiem pētījumiem (Kulienē and Tomkus 1990), kā arī Eiropai raksturīgas sugas.

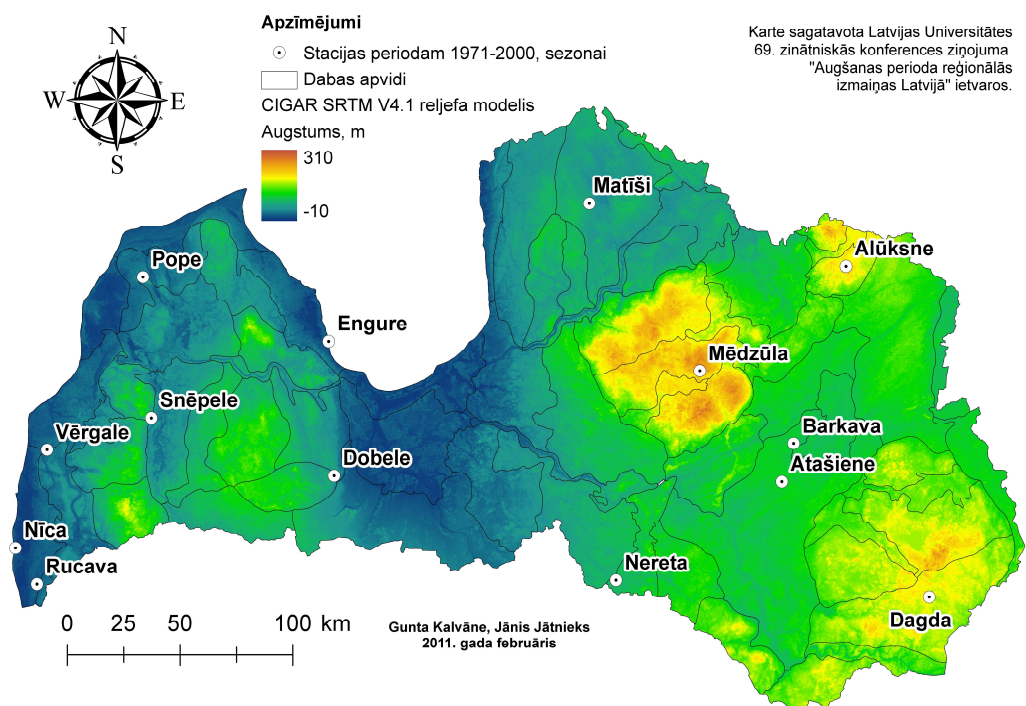
Fenoloģiskie trendi Eiropā analizēti 2 transektos: Ungārija-Latvija un Slovēnija – Latvija, izmantojot projekta COST datu bāzi, kā arī datus, kuri iegūti izstrādājot ziņojumu konferencē un zinātnisko publikāciju kopā ar sadarbības partneriem Ungārijā, Polijā un Lietuvā.

Pētījumā transektā Ungārija – Latvija analizētas četras savvaļas augu sugas: ceriņa *Syringa vulgaris*, baltās akācijas *Robinia pseudoacacia*, pienenes *Taraxacum officinale* un liepas *Tilia cordata* ziedēšanas sākums periodā no 1961.-2000. gadam 105 staciju dati četrās valstīs: Ungārija, Polija, Lietuva un Latvija, kas kopumā veido 1400 km garu transektu DR – ZA virzienā. Lai raksturotu ģeogrāfisko variāciju (galējais D punkts 46°25' Z Ungārijā līdz 57°24' Latvijā), tika izdalīti 6 reģioni: 1.reģions D Ungārija, 2.reģions Z Ungārija, 3. un 4. reģions Polija un 5.-6. reģions Lietuva un Latvija.

Transektā Slovēnija – Latvija (Slovēnija, Austrija, Polija, Lietuva, Latvija) datu analīze veikta parastās lazdas *Corylus avellana* ziedēšanas datiem, kā arī bērza *Betula pendula* lapu plaukšanai un dzeltēšanai. Dati analizēti references periodā (1971.-2000.gads). Fenoloģisko novērojumu dati iegūti no projekta COST725 datu bāzes.

Izmantoti brīvprātīgo novērotāji dati: novērojumu punkti Latvijā izdalīti balstoties uz datu kvalitāti un kvantitāti – pie tam divos punktos datu rindas ir kombinētas (Atasiene – Barkava un Liepāja – Nīca). Lietuvas teritorijā tiek izdalīti 3 fenoloģiskie- klimatiskie apgabali un stacijas izvēlētas atbilstoši reģioniem: Traku Voke (Augštaitijas augstiene), Silute (Piejūras zemiene), Papīle, Akademija, Keturvalakiai (Vidusventas zemiene un Viduslietuvas zemiene ar trīs subreģioniem) (Kulienē and Tomkus, 1990). Pētījuma teritorija ir no 54°40' līdz 57°23' Z.pl. un no 21°01' - 27°31' A gar. Vistālāk uz Z atrodas Popes novērojumu punkts, D – Traku Voke. Trīs no desmit stacijām izvietotas jūras piekrastē (Silute, Liepāja-Nīca un Pope). Ņemot vērā, ka

Latvijas fenoloģiskā datu analīze veikta 15 novērojumu punktu datiem (att.2.3.2).



2.3.2.att. Pētījumu vietu lokalizācija.

Kartogrāfiskā materiāla izstrādē izmantota datorprogrammatūra *ArcView 9.2.* un datu bāze *GIS Latvija 9.2.*, izmantojot CGIAR reljefa modeli (Jarvis et al., 2008).

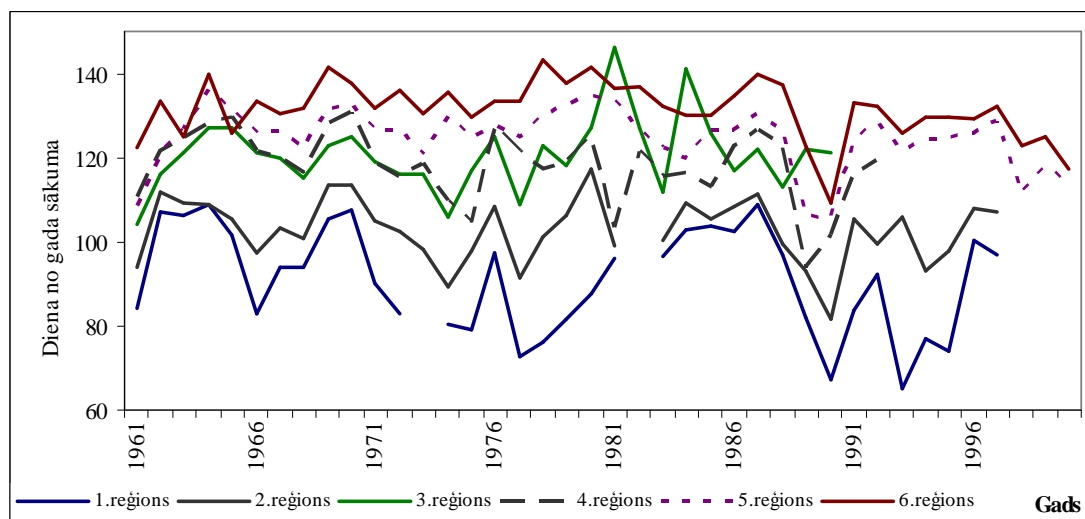
3. REZULTĀTI

3.1. Fenoloģiskie trendi Eiropā transektā DR-ZA

Nodaļa izstrādāta balstoties uz pētījumu, par kuru ziņots konferencē *Phenology 2010*, Dublinā *East-European comparison of temporal and spatial changes of the flowering phenological characteristics of some wild plants* (autoru kolektīvs, galvenās autore B. Szabó un G. Kalvāne) datiem, kā arī izmantojot fenoloģiskos datus no starptautiskā projekta COST 725 datu bāzes. Pētījumā analizētas 6 sugas 2 transektos: Ungārija-Latvija (4 sugas) un Slovēnija-Latvija (2 sugas).

Transektā Ungārija-Latvija analizētas četras augu sugas: ceriņa *Syringa vulgaris*, baltās akācijas *Robinia pseudoacacia*, pieneņu *Taraxacum officinale* un liepas *Tilia cordata* ziedēšanas sākums periodā no 1961.-2000. gadam. Datu analīze rāda izteiktu fenoloģisko gradientu D-Z virzienā, 5.un 6. reģionā visas fenoloģiskās fāzes iestājas vēlāk nekā citos reģionos (3.1.1., 3.1.2.att. un 3.1.1.tabula).

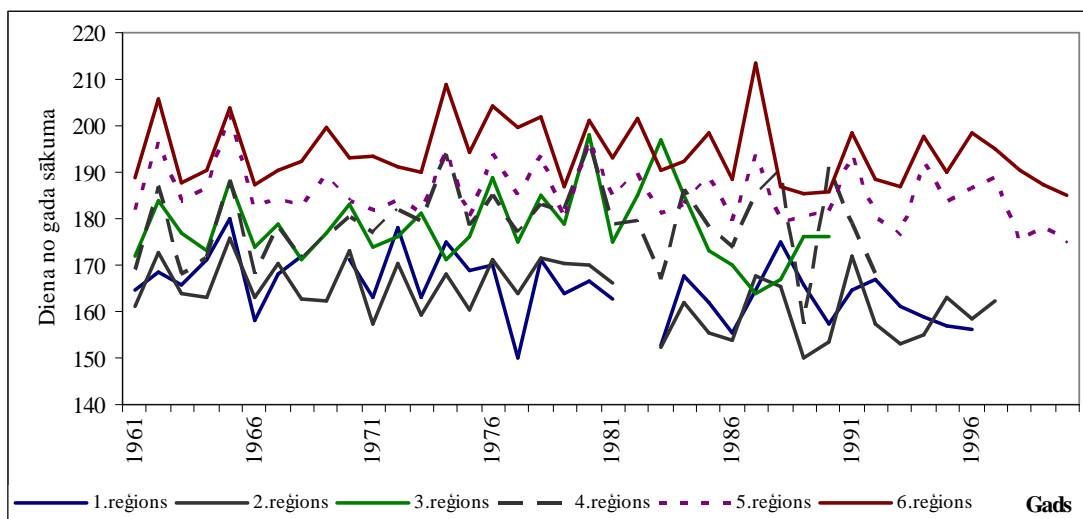
Gadu no gada fāžu iestāšanās laiks stipri variē, bet vidēji 1. reģionā pieneņu *Taraxacum officinale* ziedēšana, kas ir agrākā no visām analizētajām fāzēm, fiksēta 31.martā, otrajā reģionā 11. aprīlī, attiecīgi 3. un 4. reģionā 30. un 28.aprīlī, savukārt 6.reģionā, kas ir Latvijas teritorija, pieneņu vidēji zied 10. maijā. Kopumā pieneņu ziedēšana 1400 km garā transektā iestājas 40 dienu laikā, pieneņu ziedēšanas sākuma ģeogrāfiskais gradients ir 2.8 diena uz 100 km virzienā no DR uz ZA (neņemot vērā vertikālo mērogu). Gandrīz visos reģionos (izņemot 3.reģionu) pieneņu ziedēšanas agrākās vērtības novērotas 1990.gadā (att.3.1.1).



3.1.1. att. Pieneņu *Taraxacum officinale* ziedēšanas sākuma reģionālie trendi Eiropā. 1961.-2000.gads.

Savukārt liepas *Tilia cordata* ziedēšanas sākums (vēlākā pētījumā analizētā fāze) 1400 km transektā iestājas 29 dienu intervālā (vidēji 2 dienas uz 100km), otrajā izdalītajā reģionā liepu ziedēšanas sākums novērots 11.jūnijā, 3. reģionā 26.jūnijā, savukārt Latvijas teritorijā – 12. jūlijā. Līdzīgi kā pieneņu ziedēšanai agrākās ziedēšanas

vērtības novērotas 1990. un 1989. gadā, kad fāze 6.reģionā iestājusies 5.jūlijā, savukārt 1. reģionā jau 1. jūnijā.



3.1.2. att. Liepas *Tilia cordata* ziedēšanas sākuma reģionālie tendenci Eiropā. 1961.-2000.gads.

Ceriņu *Syringa vulgaris* ziedēšanas fenoloģiskais gradients ir 2.4 dienas/100 km DR-ZA virzienā, ceriņu ziedēšana iestājas no 23. aprīļa Ungārijas ziemeļos, kas ir 1. reģions līdz 25. maijam Latvijā (6.reģions), t.i., 33 dienu laikā.

Visos reģionos fenoloģisko fāžu iestāšanās tendenci ir negatīvi vai arī tendenci ir negatīva tendence (izņemot atsevišķus reģionus), pie tam ziemeļu reģionos negatīvās tendences ir izteiktākas. Savukārt vasaras fāzei – liepas ziedēšana- izteikti negatīvs trends ir 1. un 2. reģionā, t.i, apskatītās teritorijas dienvidu daļā pretstatā ziemeļu reģioniem (izņemot 5. reģionu).

3.1.1. tabula. Fenoloģisko fāžu iestāšanās laika raksturīgākās vērtības un tendencu statistikas pamatlīkumi. Transekts: Ungārija-Latvija. Periods: 1961.-2000.gads.

Reģions	Vidējā vērtība	r	Mk-t	TRK	Vidējā vērtība	r	Mk-t	TRK
				<i>Taraxacum officinale</i>				
				<i>Syringa vulgaris</i>				
1.reģions	31.03.	-0,30	-1.72	-0.34	23.04.	-0.06	-0.14	-0.04
2.reģions	11.04.	-0.16	-0.90	-0.11	28.04.	-0.11	-0.54	-0.07
3.reģions	30.04.	0.22	0.70	0.21	10.05.	0.03	0.47	0.02
4.reģions	28.04.	-0.35	-1.82	-0.32	15.05.	0.23	1.01	0.12
5.reģions	04.05.	-0.29	-1.76	-0.18	21.05.	-0.56	-3.41	-0.39
6.reģions	10.05.	-0.31	-1.98	-0.18	25.05.	-0.46	-2.67	-0.32
				<i>Robinia pseudoacacia</i>				
				<i>Tilia cordata</i>				
1.reģions	14.05.	-0.03	-0.14	-0.02	14.06.	-0.44	-2.71	-0.28
2.reģions	20.05.	-0.06	-0.08	-0.04	11.06.	-0.44	-2.48	-0.27
3.reģions	01.06.	-0.15	-0.93	-0.12	26.06.	-0.04	-0.29	-0.03
4.reģions	08.06.	-0.04	-0.19	-0.02	27.06.	0.10	0.99	0.07
5.reģions	08.06.	-0.46	-2.78	-0.37	04.07.	-0.31	-2.30	-0.17
6.reģions	-	-	-	-	12.07.	-0.18	-1.49	-0.11

TRK – taisnes regresijas koeficients (dienās)

r-korelācijas koeficienta vērtība

Treknrakstā statistiski ticamas vērtības $r > 0.31$ vai < -0.31

MK-t > 1.96 vai < -1.96 . MK-t – Mann Kendell testa rezultāti.

Pienenes *Taraxacum officinale* ziedēšanas sākums būtiskāk mainījies 4. un 6. reģionā, pārējos reģionos (izņemot 3. reģionu) tendence ir negatīva, t.i., fāze iestājas agrāk, bet MK-t vērtības un korelācijas koeficienta vērtības nav statistiski būtiskas. Cerīna *Syringa vulgaris* ziedēšanas sākuma trends 4. reģionā ir pozitīvs, t.i., fāze vērojama vēlāk nekā vidēji periodā, bet trends nav statistiski ticams. Pārējos izdalītajos reģionos trenda tendence ir negatīva vai arī trends ir izteikti negatīvs, kā tas ir 5. un 6. izdalītajā reģionā. No visiem izdalītajiem reģioniem baltā akācija *Robinia pseudoacacia* tikai 5.reģionā zied vēlāk. Savukārt liepas *Tilia cordata* ziedēšanas trendu vērtības izteikti negatīvas ir transekta dienvidu reģionos, kā arī Lietuvas teritorijā, kas ir izdalītais 5.reģions.

Pētījums liecina, ka pavasara fāžu trendi izteikti negatīvi, t.i., fāze iestājas agrāk, tālāk uz Z lokalizētajās teritorijās, savukārt liepas ziedēšana, kas ir vasaras vidus indikators, transekta Z daļā nav būtiski mainījusies, savukārt D teritorijās (izdalītajos reģionos 1. un 2.), iestājas būtiski agrāk, kas norāda uz dažādiem fenoloģisko fāžu ietekmējošajiem faktoriem.

References periodā (1971.-2000.gads) tika analizēti Eiropas reģiona dati no projekta COST725 datu bāzes. Datu analīze veikta parastās lazdas *Corylus avellana* ziedēšanas datiem, kas iezīmē fenoloģiskā pavasara sākumu, bērza *Betula pendula* lapu plaukšanai un dzeltēšanai, kas ir pavasara vidus un attiecīgi fenoloģiskā rudens indikators.

Parastās lazdas *Corylus avellana* ziedēšana analizēta 5 teritorijām, transektā no Slovēnijas līdz Latvijas teritorijai: Slovēnija, Austrija, Polija, Lietuva un Latvija.

Lazdas ziedēšana vidēji Slovēnijas teritorijā novērota 18.februārī, Austrijā vidēji 3.martā, Polijā – 14.martā, Lietuvā – 23.martā, Latvijā vidēji 24. martā.

Datu analīze Austrijas teritorijai rāda, ka kopumā (10 no 14 punktiem) agrās fenoloģiskās fāzes, lazdas ziedēšanas, trendam ir negatīva tendence, bet tikai 2 stacijās kopsakarības ir ciešas ($r < -0.36$). Lazdas ziedēšanas trendam ir negatīva tendence arī Slovēnijas datu rindām, bet tikai vienā no 14 stacijām, trends ir statistiski būtisks ($r = -0.44$). Pretstatā citām teritorijām, Polijas teritorijā lazdas ziedēšanas trendam ir pozitīvas tendences, t.i., fāze tiek novērota vidēji vēlāk, kas iespējams saistīts ar datu periodu, jo Polijā pieejami dati līdz 1992. gadam. Lietuvas teritorijā pētījumā analizētajās stacijās lazdas ziedēšanas trends līdzīgi kā Austrijā un Slovēnijā ir ar negatīvu tendenci, bet sakarība ir būtiskāka nekā Austrijā un Slovēnijā, no 18 analizētajām stacijām 4 stacijās kopsakarības ir ciešas (korelācijas koeficienta r vērtība < -0.36), savukārt 6 stacijās korelācijas koeficientu vērtības ir tuvu kritiskajai korelācijas koeficients (r) vērtībai. Latvijas teritorijā lazdas ziedēšanas trendam raksturīga negatīva tendence.

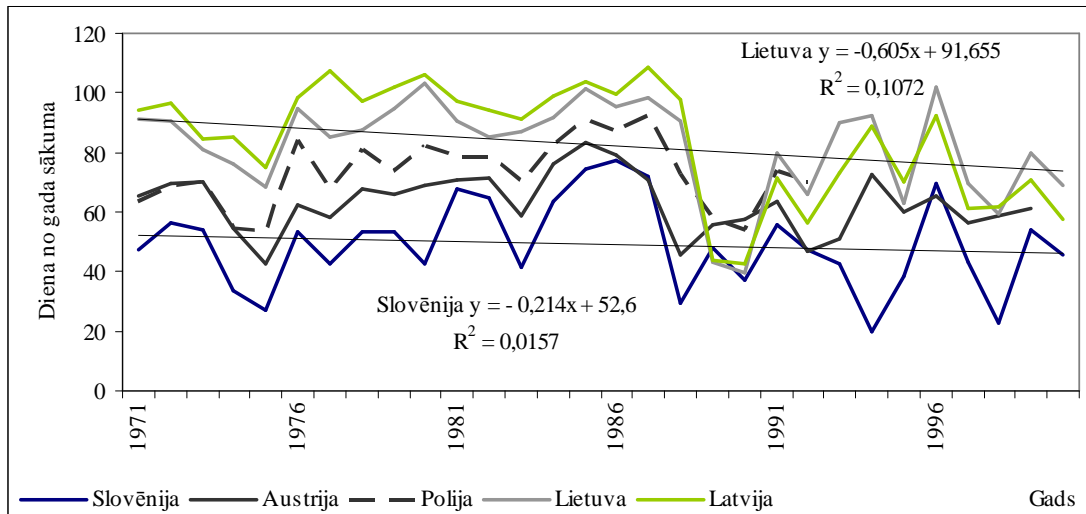
No četrām analizētajām teritorijām, būtiskāk uz, ko norāda korelācijas koeficientu vērtības, lazdas ziedēšanas vērtības mainījušās transekta Z daļā- Lietuvas un Latvijas teritorijās.

1989. un 1990.gadā un 1975. gadā fiksētas ekstrēmi agrās vērtības visās apskatītajās teritorijās (att.3.1.3).

Transekta Z daļā ekstremālās vērtības izteiktas vairāk, starpība starp perioda agrāko un vēlāko lazdas ziedēšanas sākumu ir 66 dienas Latvijas teritorijā, 63 dienas Lietuvas teritorijā, vismazāk iestāšanās vērtības variē Polijā -39 dienas un Austrijā, kur starpība starp vidēji agrāko un vidēji vēlāko vērtību ir 43 dienas.

Kopumā lazdas ziedēšanas iestāšanās gaita ir līdzīga visās teritorijās, ja lazdas ziedēšana Slovēnijā novērota vidēji agrāk, arī citās teritorijās lazdas ziedēšanas sākums tiek novērots vidēji agrāk (piemēram, sakarība, starp lazdas ziedēšanas sākumu Slovēnijā un Latvijā ir cieša, t.i., korelācijas koeficienta vērtība ir 0.40). Vidēji lazdas

ziedēšana transektā no Slovēnijas līdz Latvijai iestājas 35 dienu laikā. Zīmīgi, ka 20.gs. 90-tajos gados pavasara iestāšanās ātrums ir mainījies, respektīvi, pavasaris no Slovēnijas līdz Latvijai *atnāk* 25 dienās, t.i., 3 dienas uz katrām 100 km (neņemot vērā vertikālo gradientu). Otra tendence, kas vērojama pēc 1990.gada, ka fenoloģiskais pavasaris Latvijā iestājas agrāk nekā Lietuvas teritorijā, kas iespējams saistīts ar Baltijas jūras ietekmi.



3.1.3.att. Lazdas *Corylus avellana* ziedēšanas (BBCH61) reģionālais trends transektā Slovēnija-Latvija. Periods:1971.-2000.gads. Vidējie staciju dati.

Bērza *Betula pendula* lapu plaukšana un dzeltēšana analizēta 6 Eiropas teritorijās transektā no Slovēnijas līdz Somijai. Somijas dati analizēti periodā no 1997.-2005.gadam, ieskaitot transekta Z daļas fenoloģiskās nianšes.

Slovēnijas teritorijā līdzīgi kā Austrijā bērza lapu plaukšanas sākums novērots 15.aprīlī (12 staciju vidējie dati), visagrāk *Bilje* punktā 3.aprīlī un visvēlāk *Ratike* 7. maijā, kopumā visā Slovēnijas teritorijā fāze iestājas 34 dienu laikā. Bērza lapu plaukšanas trendam ir negatīva tendence, t.i., 30 gadu periodā fāze iestājas vidēji agrāk, bet nav statistiski būtisks, $r_{N12} = -0.11$. Dzeltēšanas sākums bērzam Slovēnijas teritorijā vidēji (12 staciju dati) vērojams 17.oktobrī (lokālās atšķirības 18 dienas). Bērza lapu dzeltēšanas trendam ir negatīva tendence, t.i., lapas bērziem sāk dzeltēt agrāk, 3 novērojumu punktos trends ir pozitīvs ($r = >0.50$), 4 – negatīvs ($r < -0.36$).

Austrijā lapu plaukšanas sākums bērziem vidēji (12 staciju dati) fiksēts 15.aprīlī, reģionālās atšķirības ir 22 dienas no 5.aprīļa līdz 27.aprīlim. Kopumā bērza lapu plaukšanas trends ir neitrāls, t.i., periodā nav būtiski mainījies, vienā novērojumu punktā trends ir statistiski būtisks un negatīvs, divos punktos korelācijas koeficienta (r) vērtības ir tuvu kritiskajai vērtībai. Lapu dzeltēšana Austrijas teritorijā fiksēta no 1987. gada un pēc 13 gadu vidējiem datiem bērza lapu dzeltēšana notiek 4.oktobrī. Dzeltēšanas fāze visā teritorijā iestājas 23 dienu laikā no 24.septembra līdz 17.oktobrim. Dzeltēšanas sākuma trends ir neitrāls (vidējie dati), t.i., nav būtiski mainījies.

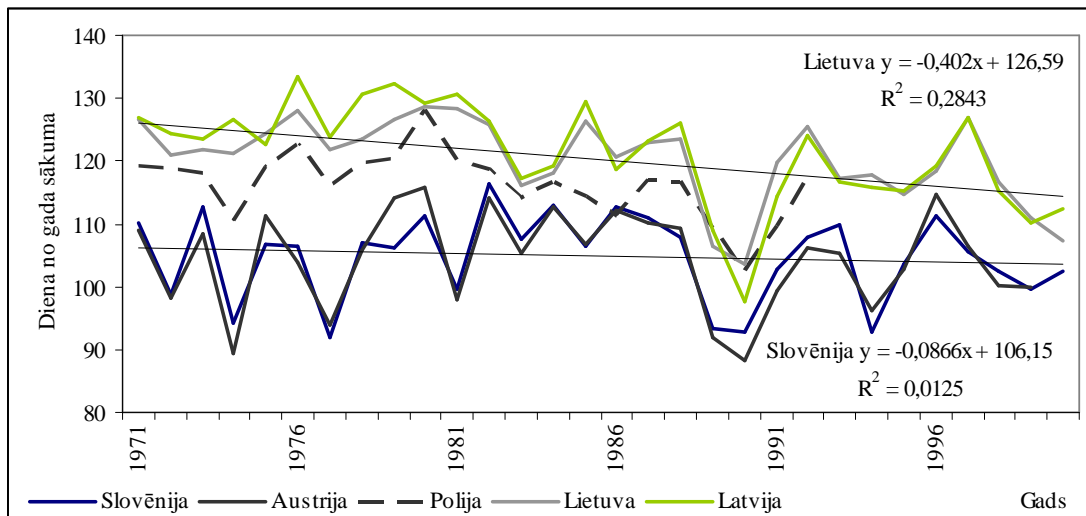
Bērza lapu plaukšana vidēji Polijā novērota 26.aprīlī, un visā Polijas teritorijā bērza lapu plaukšana iestājas 13 dienu intervālā. Kopumā bērza lapu plaukšanas trends Polijā (vidējie 14 staciju dati) ir negatīvs, $r = -0.50$, atsevišķās novērojumu vietās trends ir neitrāls vai ar negatīvu tendenci. Bērza lapu dzeltēšanas sākums variē daudz plašākā amplitūdā nekā lapu plaukšana, visā Polijas teritorijā fenoloģiskais rudens iestājas 48 dienu laikā no 27.augusta līdz 14.oktobrim. Pēc 14 staciju vidējiem datiem, bērza lapu dzeltēšanas trends ir neitrāls, t.i., nav būtiski mainījies, tomēr atsevišķās stacijās, bērzu

lapu dzeltēšana tiek fiksēta vidēji vēlāk ($r = >0.44$), vienā novērojumu punktā bērzi dzeltē būtiski agrāk ($r = -0.53$).

Lietuvas teritorijā bērza lapu plaukšana novērota no 27.aprīļa līdz 5.maijam, bet vidēji 30.aprīlī. Lietuvas teritorijā lokālās atšķirības ir vismazākās no visām analizētajām valstīm, jo visā teritorijā fāze iestājas 8 dienu laikā turpretim Polijā 13 dienās, Slovēnijā -34 dienu laikā. Zīmīgi, ka lapu plaukšanas trends ir negatīvs ($r_{N17} = -0.53$), t.i., fāzes iestāšanās laiks ir būtiski mainījies- bērza lapu plaukšana iestājas agrāk. Savukārt lapu dzeltēšanas sākumam ir novērotas lielas lokālās atšķirības, dzeltēšana variē 44 dienu amplitūdā no 22.augusta līdz 5.oktobrim. Lietuvas teritorijā bērza lapu dzeltēšanas trends ir izteikti negatīvs, t.i., lapu dzeltēšana iestājas agrāk ($r_{N13} = -0.44$).

Latvijā lapu plaukšanas trends ir negatīvs un statistiski būtisks. Savukārt lapu dzeltēšana nav būtiski mainījies, trends neitrāls ar atsevišķiem izņēmumiem novērojumu punktu līmenī.

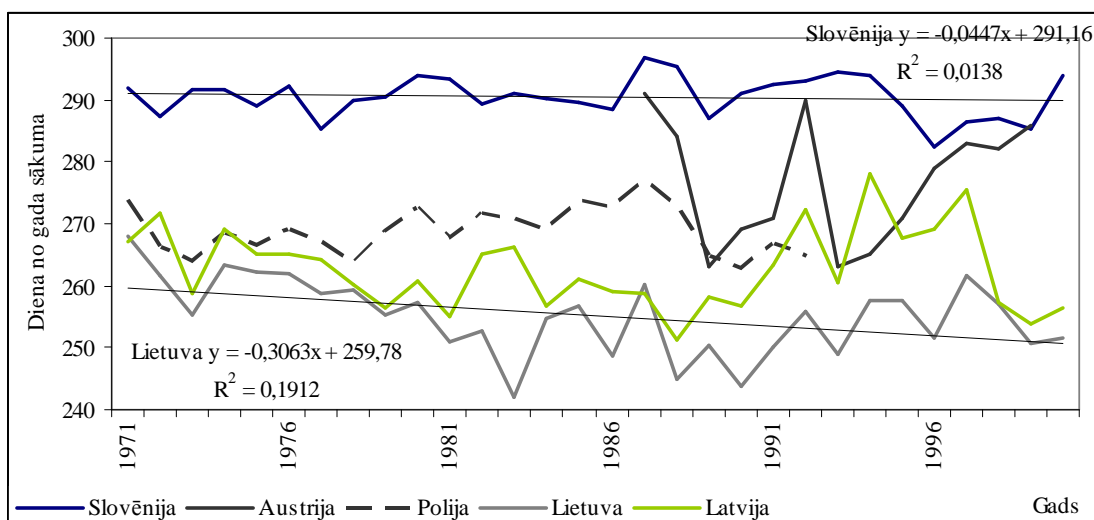
Somijā fenoloģiskie novērojumi bērziem tiek veikti tikai no 1997.gada, pētījumā dati iekļauti, lai salīdzinātu iestāšanās laikus nevis raksturotu fenoloģiskās tendences. Periodā no 1997. līdz 2005.gadam vidēji bērzi plaukst 21. maijā, kas ir 20 dienas vēlāk nekā vidēji Latvijas teritorijā references periodā. Somijas teritorijā bērza lapu plaukšana iestājas 36 dienu amplitūdā no 7.maija līdz 12. jūnijam. Analizēto staciju dati rāda, ka plaukšanas tendence ir negatīva, 9 gadu periodā bērza lapu plaukšana iestājusies agrāk (trīs punktiem r vērtība < -0.66 , kas rāda, ka sakarība cieša). Lapu dzeltēšana periodā no 1997. līdz 2005.gadam vidēji Somijā fiksēta 10.septembrī. Agrākā vērtība (staciju dati) novērota 2004. gadā 29.jūlijā, visvēlākā 2006. gadā 18.oktobrī.



3.1.4. att. Bērza *Betula pendula* lapu plaukšanas sākuma (BBCH61) reģionālais trends transektā Slovēnija-Latvija. Periods:1971.-2000.gads. Vidējie staciju dati.

Kopumā (it īpaši 20. gs. 90-tajos gados) fāzes iestāšanās laiks gadu no gada variē ar vienādām tendencēm, ja bērza lapu plaukšana fiksēta agrāk transekta D daļā, arī Z teritorijās fāze vidēji notiek agrāk, ar atsevišķiem izņēmumiem (3.1.4. att.).

Lineārās regresijas vienādojuma dati rāda (att.3.1.5.), ka bērza lapu dzeltēšanas trendam ir negatīva tendence Latvijas un Slovēnijas datu rindām, izteikti negatīvs trends ir Lietuvā, savukārt Polijā trends ir neitrāls, bet Austrijā (dati no 1987.gada) trendam ir pozitīva tendence. Lapu dzeltēšanas trends variē pa novērojumu punktiem, piemēram, Slovēnijā 4 no 12 punktiem trends ir izteikti negatīvs, t.i., fāze tiek novērota agrāk, savukārt 3 punktos-izteikti pozitīvs (fāze vēlāk).



3.1.5.att. Bērza *Betula pendula* lapu dzeltēšanas sākuma (BBCH92) reģionālais trends transektā Sloveņija-Latvija. Periods:1971.-2000.gads. Vidējie staciju dati.

Bērza lapu dzeltēšanas sākumam atšķirībā no lapu plaukšanas fāzes nav redzamas kopsakarības starp iestāšanās laikiem pa reģioniem (izņemot atsevišķus datu posmus Latvijas un Lietuvas datu rindām), fāzes iestāšanās raksturs katrā reģionā atšķiras. Kopumā visā transektā fenoloģiskais rudens iestājas 28 dienu laikā.

Analizējot Eiropas reģionu datus divos transektos Ungārija-Latvija un Sloveņija-Latvija, konstatēts, ka pavasara fāžu iestāšanās raksturs (ikgadējās variācijas) ir līdzīgs visās analizētajās teritorijās, piemēram, ja Sloveņijā pavasaris iestājas agrāk nekā vidēji, arī Latvijas teritorijā pavasaris tiek novērots agrāk. Visagrākās iestāšanās vērtības pavasara fāzēm ir novērotas 1990. gadā visās analizētajās teritorijās.

Transekta Z daļā pavasara fāzēm ir konstatētas būtiskās fenoloģiskās izmaiņas nekā D teritorijā, savukārt vasaras fāzēm būtiskākās izmaiņas novērotas D teritorijās.

Vasaras un rudens fāzēm (liepas *Tilia cordata* ziedēšanas sākums un bērza *Betula pendula* lapu dzeltēšanas) ikgadējās vērtības, t.i., iestāšanās raksturs, katram reģionam atšķiras un nav novērojamas līdzīgas tendences, kā tas ir pavasara fāzēm, kas norāda uz dažādu, visticamāk lokāla rakstura ietekmējošo faktoru ietekmi.

3.2. Fenoloģisko sezonu salīdzinošs raksturojums Latvijā un Lietuvā

Fenoloģiskās sezonas raksturotas, izmantojot brīvprātīgo novērotāju datus laika periodam no 1971. līdz 2000. gadam. Fenoloģisko sezonu indikatori izvēlēti balstoties uz Lietuvas fenologu L.Kulienē un J.Tomkus (1990) pētījumiem.

Fenoloģiskā pavasara raksturojumā izmantoti parastās lazdas *Corylus avellana* un baltalkšņa *Alnus incana* ziedēšanas sākuma (BBCH 61) dati, vasarai - parastais ceriņš *Syringa vulgaris*, parastais jasmīns *Philadelphus coronarius* (BBCH 61), fenoloģiskā rudens sākumu iezīmē āra bērza *Betula pendula* sākums (BBCH 92). Kopumā Latvijas un Lietuvas teritorijā analizēti desmit novērojumu punktu dati.

Pētījums apbrotēts publikācijā: Kalvāne, G., Romanovskaja, D., Briede, A., Bakšiene, E. 2009. Influence of the climate change to the phenological changes in Latvia and Lithuania, *Climate Research*. Vol 39. pp.209-219.

Laika periodā no 1971. līdz 2000. gadam **fenoloģiskais pavasaris**, uz ko norāda parastās lazdas *Corylus avellana* un baltalkšņa *Alnus incana* ziedēšanas sākums, abās valstīs iestājas no marta trešās dekādes līdz aprīļa sākumam. Parastās lazdas ziedēšana visagrāk vērojama Lietuvas piekrastē, kā arī teritorijas D daļā, Silutes novērojumu punktā 19.martā, savukārt Kentruvilka un Traku Voke 21.-23. martā (vistālākie D punkti). Visā Lietuvas teritorijā lazdas ziedēšana vidēji iestājas 8 dienu laikā (visvēlāk Papilē 27.martā), t.i., vidēji 6 dienas agrāk nekā Latvijā, kur ziedēšana vērojama no 21. – 23. marta piekrastē (Pope un Liepāja-Nīca) līdz 8.aprīlim Dagdā, kurš ir vistālāk uz A novietotais punkts. Latvijas teritorijā lazdas ziedēšana iestājas 19 dienu laikā, kas ir divreiz ilgāk nekā Lietuvā.

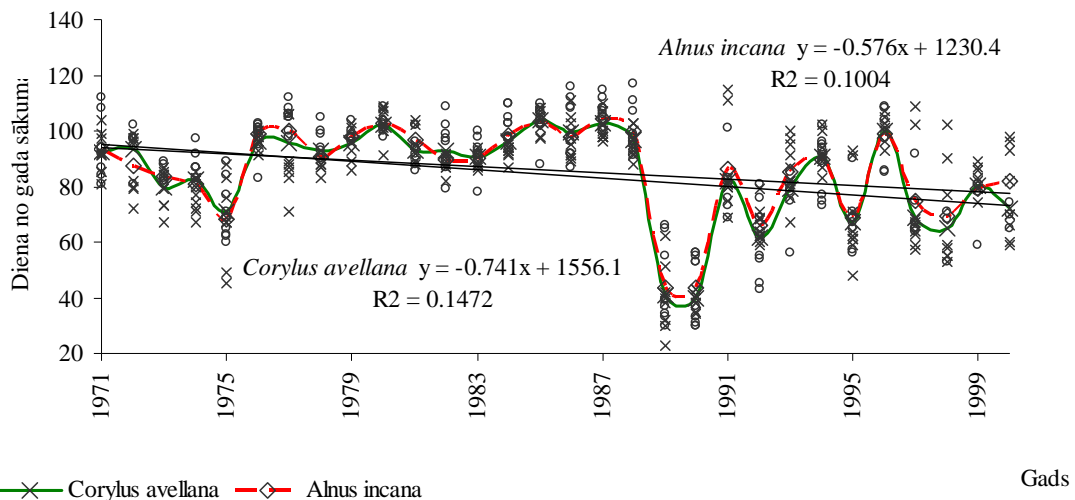
Piekrastes teritorijā lazdas ziedēšana fiksēta vidēji agrāk, Lietuvas piekrastē, Silutes novērojumu punktā 4 dienas agrāk nekā vidēji no jūras tālākos novērojumu punktos (Traku Voke un Akadēmija), Latvijā šīs izmaiņas ir novērojamas lielākā, t.i., sešu dienu diapazonā (Pope, Liepāja-Nīca; Dagda).

Baltalkšņa *Alnus incana* ziedēšanas sākums iestājas 1 – 2 dienas vēlāk nekā parastās lazdas ziedēšanas sākums un visā pētījuma teritorijā iestājas divu nedēļu laikā (no 21.marta līdz 5.aprīlim). Visagrāk Lietuvas piekrastē Silute – 21. martā, visvēlāk Dagdā – 5. aprīli (att.3.2.1.).

Lietuvas teritorijā visagrāk fāze fiksēta Silutē (21.martā) un teritorijas D (Traku Voke 23.martā), visvēlāk Z punktā Papile 31.martā, kā arī Kentruvilka 2.aprīlī. Latvijas teritorijā – piekrastē jau 23.-24.martā, savukārt Dagdā 13 dienas vēlāk. Piekrastes teritorijās baltalkšņa ziedēšana vidēji fiksēta 4 (Lietuvas teritorijā) -12 (Latvijas teritorijā) dienas agrāk nekā kontinentālajā daļā.

Analizētās fenoloģiskās fāzes parāda, ka fenoloģiskais pavasaris pārvietojas ar ātrumu 4.5 dienas uz 100 km no DR uz ZA. Visā teritorijā vidēji fenoloģiskais pavasaris iestājas 17 dienu, t.i, 2.5 nedēļu laikā.

Analizējot izmaiņas R-A un D-Z virzienā, konstatēts, ka izteiktākas izmaiņas pastāv R-A nevis D-Z virzienā (korelācija vidēji r_{R-A} -0.68 un r_{Z-D} 0.15), Latvijas gadījumā piekrastes efekts ir nozīmīgāks nekā Lietuvas teritorijā (r_{LV} 0.98 un r_{LT} 0.46), Lietuvā lazdas piemērā dominē D-Z loma r_{LT} 0.67, baltalkšņa gadījumā r_{LT} 0.02).

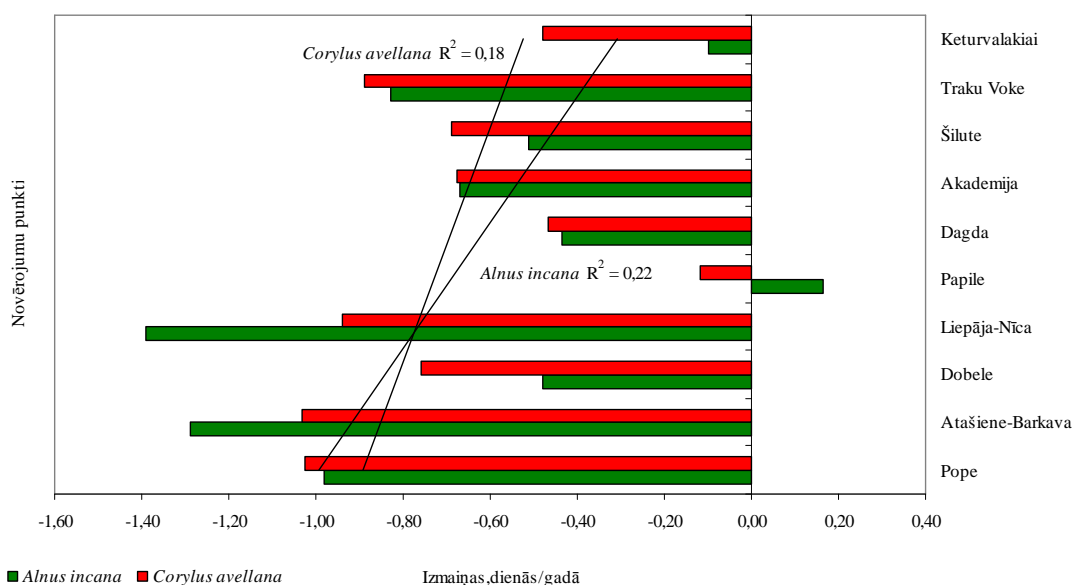


3.2.1.att. Lazdas *Corylus avellana* un baltalkšņa *Alnus incana* ziedēšanas sākuma (BBCH 61) izmaiņu trends. Desmit novērojumu punktu vidējie dati. Periods: 1971.-2000.gads.

Agrākās iestāšanās vērtības visos novērojumu punktos fiksētas 1990. un 1989. gadā (3.2.1.att.), kad parastā lazda un baltalkšnis sāka ziedēt jau janvāra beigās -

februāra sākumā, vidēji 42-45 dienas agrāk nekā parasti. Visagrākā fāzes iestāšanās novērota piejūras novērojumu punktos: Silute un Popē jau 30. janvārī, t.i., ~ 50 dienas agrāk nekā vidēji šajos punktos. Savukārt vēlākās vērtības lielākoties novērotas 20. gs. 80.to gadu vidū, kad lazda un baltalksnis vidēji ziedējuši 15-20 dienas vēlāk. Pavasara fāžu iestāšanās laiki no gada uz gada variē līdz pat 70 dienu amplitūdā.

Fenoloģiskā pavasara indikatoru trends ir negatīvs (3.2.1. att.), t.i., abas pavasara fāzes iestājas agrāk, korelācijas koeficienta vērtība vidējiem desmit staciju datiem ir r_{N10} lazda -0.32 un r_{N10} baltalksnis -0.28 , pie tam Latvijas novērojumu punktos korelācija ir ciešāka: lazdas ziedēšanai četrās no 5 stacijām r vērtība ir mazāka par -0.36 (vidēji $r_{N5} - 0.49$), Lietuvas gadījumā vienā no 5 stacijām r vērtība pārsniedz -0.36 (vidēji $r_{N5} - 0.29$); baltalkšņa ziedēšanai trīs no 5 Latvijas stacijām $r < 0.36$ (vidēji $r_{N5} - 0.46$), Lietuvas piemēram vienā no 5 stacijām (vidēji $r_{N5} - 0.23$).



3.2.2.att. *Corylus avellana*, *Alnus incana* BBCH 61. Taisnes regresijas koeficienta vērtības –izmaiņas dienās/gadā. Lineārā regresija veikta datiem Z – D virzienā.

References periodā (1971.-2000.gads) pavasara indikatoru iestāšanās laiki vidēji (10 novērojumu punktu dati) mainījušies 20-21 dienu intervālā, t.i, uz katru gadu lazdas ziedēšana vidēji iestājusies -0.71 (taisnes regresijas koeficients) dienas agrāk, baltalksnim -0.65 dienas. Novērojamas būtiskas reģionālas izmaiņas: lazdas ziedēšanas intervāls visvairāk mainījies Atašienē-Barkavā -1.0 dienas/gadā, baltalkšņa ziedēšanas sākums Liepājā- Nīcā fiksēts -1.4 dienas/gadā agrāk; vismazākās izmaiņas novērotas Papilē, attiecīgi -0.12 dienas/gadā lazda un 0.17 dienas/gadā baltalksnim (3.2.2.attēls).

Taisnes regresijas koeficienta jeb *slope* vērtības vislielākās ir teritorijas ziemeļu daļā. Korelācija starp taisnes regresijas koeficienta vērtību un Z-D virzienu cieša $r_{Z-D} = 0.47$ baltalksnim un $r_{Z-D} = 0.43$ lazda. Sakarība R-A virzienā nav novērota.

Salīdzinot ar periodu no 1971.-1985. gadam, kad lazdas un baltalkšņa sākums fiksēts 1.aprīlī, periodā no 1986.-2000. gadam fāzes iestājas 8-12 dienas agrāk. Pie tam sākot no 1990. gada deviņos no 10 gadiem pavasara fāzes fiksētas agrāk nekā vidēji periodā (1. pielikums).

Fenoloģiskās vasaras sākums iestājas, t.i., parastais ceriņš *Syringa vulgaris* sāk ziedēt, no 17. līdz 22. maijam Lietuvas teritorijā, vidēji 19. maijā (ziedēšana iestājas 6 dienu laikā visā Lietuvas teritorijā), no 24. līdz 30. maijam Latvijā, vidēji 26. maijā. Jasmīna *Philadelphus coronarius* ziedēšana vidēji novērota 9. jūnijā Lietuvā un desmit

dienas vēlāk Latvijā. Jasmīna ziedēšana visā teritorijā iestājas 5 dienu laikā Lietuvā un 10 dienu laikā Latvijā, attiecīgi no 8. jūnija līdz 13. jūnijam Lietuvā un no 13. jūnija līdz 25. jūnijam Latvijā.

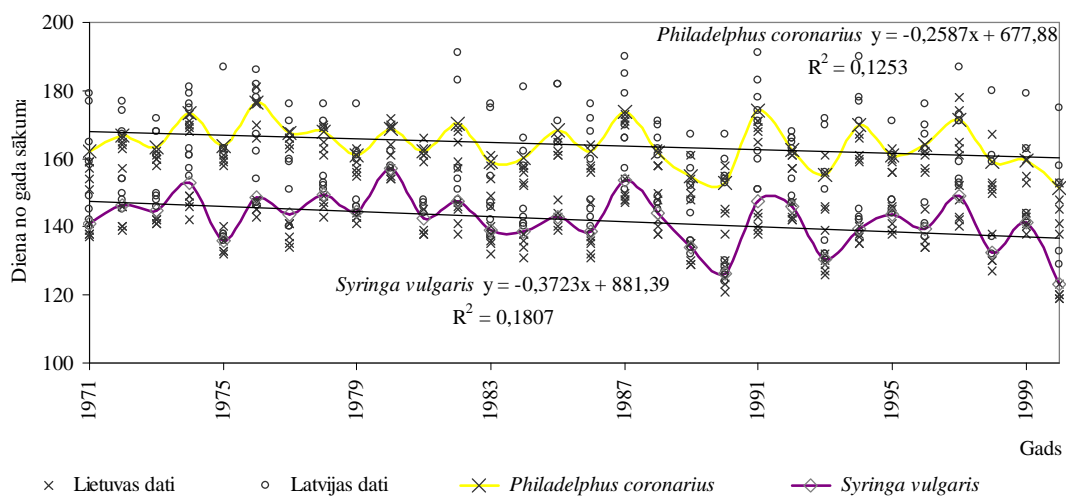
Vasaras indikatorsugu ziedēšana teritorijā agrāk fiksēta Lietuvas centrālajos un DA rajonos, Lietuvas gadījumā ceriņu ziedēšana iestājas 17. – 18. maijā gan piekrastē, gan centrālajos rajonos, vēlāk ceriņu ziedēšana fiksēta Papilē (Vidusventas zemiene) un Keturvalikai – 21.-22. maijs. Savukārt Latvijas teritorijā vēlākā ziedēšana novērota Piejūras zemienē, Popē ceriņi zied vidēji 4-5 dienas vēlāk (Liepājā-Nīcā ziedēšana iestājas kā vidēji).

Jasmīnu ziedēšana lielākajā daļā Lietuvas teritorijas iestājas vidēji vienā dienā, t.i., 8. jūnijā, vienīgi Papilē 5 dienas vēlāk, t.i., vidēji 13. jūnijā. Latvijā Piejūras zemienē jasmīnu ziedēšana fiksēta 3-6 dienas vēlāk nekā vidēji (t.i., 22. jūnijā Liepājā-Nīcā un 23. jūnijā Popē) un 9-12 dienas vēlāk nekā Dobelē, kur jasmīni zied visagrāk (13. jūnijā).

Cieša korelācija pastāv starp fāzes iestāšanos laiku D-Z virzienā (att. 3.2.4.) (vidējais korelācijas koeficients jasmīniem r_{R-A} 0.86 un ceriņiem r_{R-A} 0.83). Korelācija R-A virzienā ir vāja (vidēji jasmīniem r_{R-A} 0.29 un ceriņiem r_{R-A} 0.12).

Fenoloģiskā vasara pārvietojas ar ātrumu 3.7 dienas uz katriem 100 km no dienvidiem uz ziemeļiem. Visā analizētajā teritorijā vidēji fenoloģiskā vasara iestājas 15 dienu, t.i., 2 nedēļu laikā.

Analizētajā references periodā visagrāk (desmit novērojumu punktu dati) ceriņu un jasmīnu ziedēšana fiksēta 2000. gadā. Vēlāk vasaras fāzes fiksētas 1980. gadā ceriņiem (vidēji + 15 dienas, t.i., 6. jūnijs) un 1976. gadā jasmīniem (vidēji + 12 dienas, t.i., 25. jūnijs) (att.3.2.3).

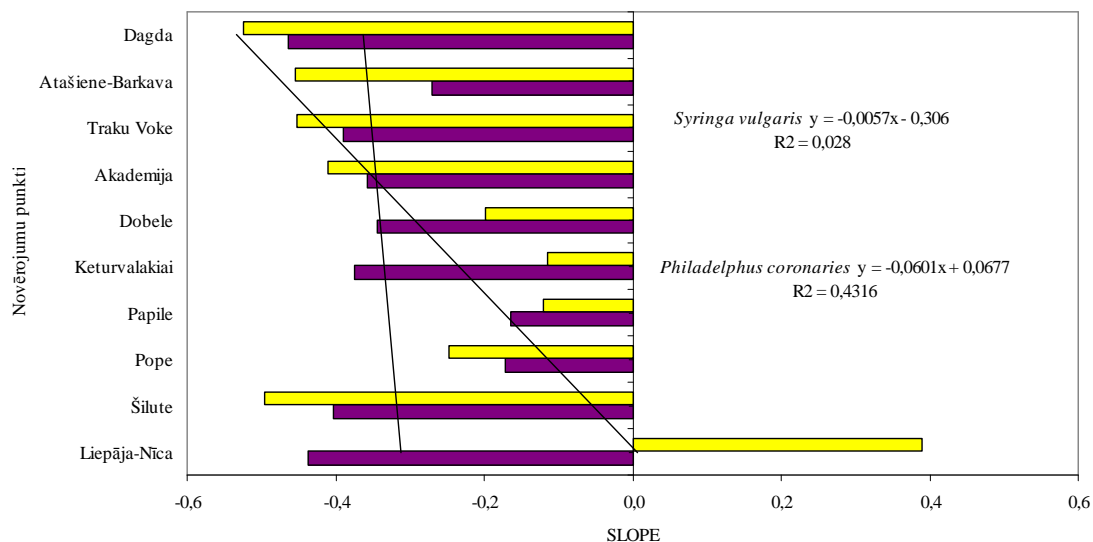


3.2.3.att. Ceriņa *Syringa vulgaris* un jasmīna *Philadelphus coronarius* ziedēšanas sākuma trends (BBCH61). Desmit novērojumu punktu vidējie dati. Periods: 1971.-2000.gads.

Fenoloģiskās vasaras trends ir negatīvs (r_{N10} -0.27 jasmīnu ziedēšanas datiem un -0.35 ceriņu datiem). Pēc *Mann-Kendall* testa statistikas rezultātiem (2 pielikums), septiņos no 20 gadījumiem trends ir negatīvs un ticams, $MK-t < -1.96$, t.i., statistiski ticamas: Akadēmija, Šilute, Kenturvalikai (ceriņiem) un Atašiene-Barkava, Traku Voke, Akadēmija, Šilute (jasmīniem).

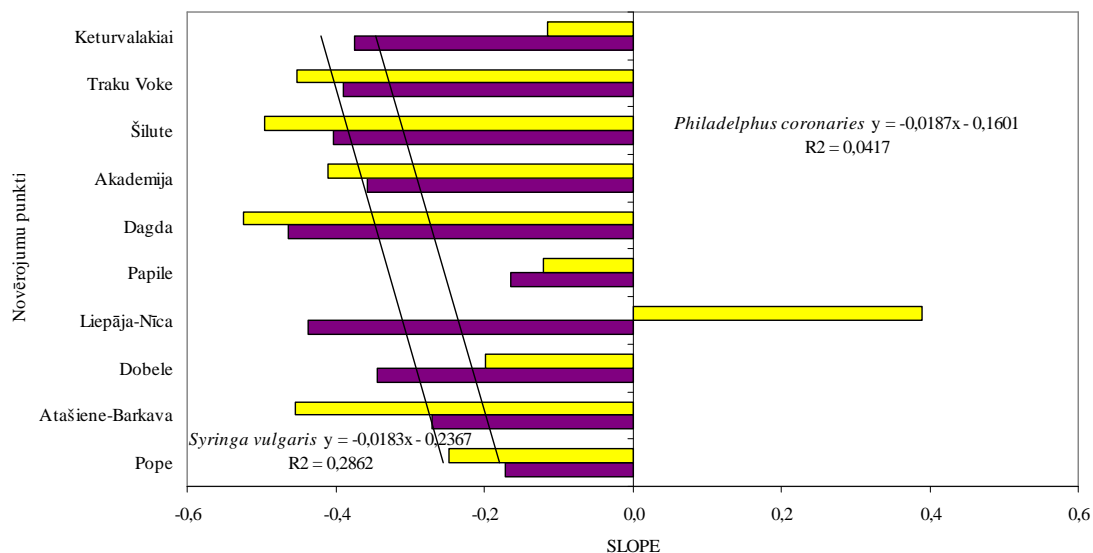
Pētījuma rezultāti liecina par statistiski būtisku vasaras fāžu agrāku iestāšanos, vidēji (desmit punktu dati) jasmīna un ceriņu ziedēšanas sākums ir mainījies 10 dienu intervālā, t.i., -0.30 dienas/gadā. Vislielākās izmaiņas ceriņu ziedēšanas sākumam novērotas Dagdā -0.46 dienas/gadā jeb -14 dienas/30 gadu periodā un Liepājā-Nīcā -

0.44 dienas/gadā, vismazākās Papilē -0.11 (-3 dienas/30 gados). Jasmīna ziedēšanas sākums visvairāk mainījies Dagdā un Šilute -0.51 dienas/gadā, t.i., 15 dienas visā periodā, vismazākās izmaiņas fiksētas Keturvalakai -0.11 dienas/gadā (-3 dienas/30 gados). Liepājā-Nīcā izmaiņas pozitīvas, jasmīna ziedēšana iestājas 0.39 dienas uz gadu vēlāk (att. 3.2.4).



■ *Syringa vulgaris* ■ *Philadelphus coronarius*

3.2.4. att. *Syringa vulgaris*, *Philadelphus coronarius* BBCH61. Taisnes regresijas koeficienta vērtības –izmaiņas dienas/gadā. Lineārā regresija veikta datiem R – A virzienā.



■ *Syringa vulgaris* ■ *Philadelphus coronarius*

3.2.5.att. *Syringa vulgaris*, *Philadelphus coronarius* BBCH61. Taisnes regresijas koeficienta vērtības –izmaiņas dienas/gadā. Lineārā regresija veikta datiem D – Z virzienā.

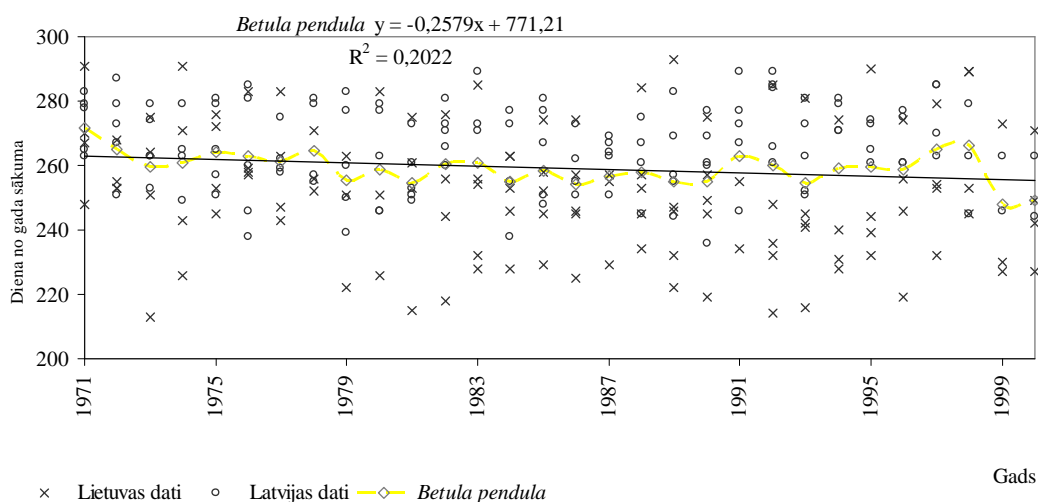
Vasaras indikatorsugām ir novērota korelācija starp fāzes iestāšanās laika izmaiņām un ģeogrāfisko lokalizāciju (3.2.4., 3.2.5.att.): jasmīna ziedēšanas sākuma izmaiņas vislielākās fiksētas pētījuma teritorijas kontinentālākajos novērojumu punktos ($r_{N10} = -0.66$), savukārt ceriņu ziedēšanas sākums visvairāk mainījies D punktos ($r_{N10} = -0.53$).

Fenoloģiskais rudens, lapu dzeltēšanas sākums āra bērzam *Betula pendula*, Lietuvā un Latvijā iestājas septembrī, Lietuvā lapu dzeltēšanas sākums vērojams vidēji 11 dienas agrāk nekā Latvijā, t.i., vidēji 11.septembrī, Latvijā 22.septembrī.

Bērza lapu dzeltēšanas sākums Lietuvas teritorijā visagrāk vidēji fiksēts Papilē 20.augustā, visvēlāk Keturvalakai (5.oktobrī), t.i., 46 dienu periodā. Latvijā visagrāk lapas dzeltē Piejūras zemienē – Liepājā-Nīcā 11.septembrī, vēlāk Dobelē (5.oktobrī), apskatītajās Latvijas teritorijas vietās rudens iestājas 24 dienu laikā. Starpība starp vidējo agrāko (10 punktiem) un vēlāko vērtību ir 24 dienas. No visiem novērojumu punktiem vislielākā amplitūda novērota Akademija punktā, bērza lapu dzeltēšanas sākums variē 61 dienas amplitūdā, Latvijas teritorijā lielākā amplitūda novērota piekrastes punktos Liepājā-Nīcā un Popē, savukārt vismazākā amplitūda ir Dagdā (24 dienas).

Amplitūda starp minimālo jeb agrāko un vidējo vērtību ir lielāks nekā starp vidējo un maksimālo, kas norāda, ka negatīvās anomālijas ir izteiktas spēcīgāk, pie tam, lielākā daļa minimālo vērtību novērota perioda otrajā pusē, kamēr pozitīvās anomālijas – perioda pirmajā pusē.

Sakarība starp fāzes iestāšanos D-Z virzienā nav novērota, cieša sakarība fiksēta R-A virzienam, t.i., piekrastē lapu dzeltēšana novērota vidēji agrāk nekā no piekrastes attālākos punktos ($r_{R-A} -0.41$).



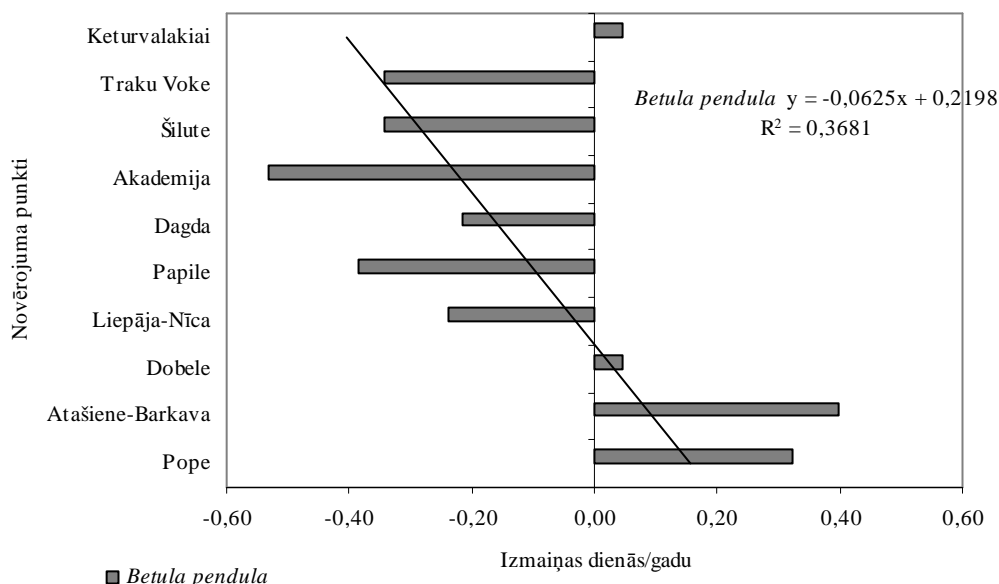
3.2.6. att. Bērza *Betula pendula* lapu dzeltēšanas sākuma trends (BBCH92). Desmit novērojumu punktu vidējie dati. Periods: 1971.-2000.gads.

Abās teritorijās pēdējie references perioda gadi (1999.,2000. gads) uzskatāmi par agrājiem gadiem bērza lapu dzeltēšanai, kad fāze iestājusies 5.septembrī, t.i., 12 dienas agrāk nekā 10 novērojumu punktos vidēji. 1971. gads ir bijis vēlāis gads, kad fāze vidēji teritorijā iestājusies 29.septembrī – 12 dienas vēlāk nekā vidēji, otra vēlākā vērtība bijusi 1998. gadā, kad fāze iestājusies vidēji 23. septembrī.

Gadu no gada, kā arī pa novērojumu punktiem rudens fāzes iestāšanās laiks stipri variē (3.2.6. att.): 20.gs. 70-tajos gados vidēji fāze iestājusies 20.septembrī, 80-tajos gados 14.septembrī, savu minimumu sasniedzot 1989.gadā, 90-to gadu sākumā fāze pakāpeniski iestājas vēlāk (izņemot 1999. un 2000.gadu). Fenoloģiskā rudens trends ir negatīvs, sakarība cieša $r_{N10} -0.45$. Mann-Kendall testa rezultāti liecina, ka

četros no 10 gadījumiem MK-t vērtība < -1.96: Akademija, Šilute, Traku Voke un Atašiene-Barkava (3.pielikums).

Iegūtie rezultāti apstiprina, ka arī fenoloģiskais rudens Latvijā un Lietuvā vidēji iestājas agrāk, kas ir pretēji lielākajā daļā Eiropas novērotajām tendencēm. Lietuvas teritorijā fenoloģiskā rudens iestāšanās vērtības mainījušās vairāk, vidēji -3.9 dienas uz katriem desmit gadiem, savukārt Latvijā bērza lapu dzeltēšanas sākums mainījies -3 dienu intervālā visā periodā.



3.2.7.att. Bērza *Betula pendula* lapu dzeltēšanas sākums (BBCH92). Taisnes regresijas koeficienta vērtības – izmaiņas dienās/gadu. Lineārā regresija veikta datiem D-Z virzienā.

Trijos no desmit punktiem – Popē, Atašienē-Barkavā, Keturvalakai – novērotas pozitīvas izmaiņas, norādot, ka fāze iestājas vēlāk. Analizētās teritorijas dienvidu un centrālajā teritorijā izmaiņas ir lielākas (att. 3.2.7.).

Otrajā izdalītajā periodā (1986.-2000.gads), bērza lapu dzeltēšana vidēji iestājusies agrāk, vidēji (10 novērojumu punktu dati) periodā no 1986.-2000.gadam bērza lapu dzeltēšana fiksēta 14. septembrī, t.i., 4 dienas agrāk nekā periodā no 1971.-1986. gadam. Popē un Keturvalakai novērojumu punktos fāze otrajā periodā iestājusies 3-4 dienas vēlāk nekā pirmajā izdalītajā periodā (3.pielikums).

Fenoloģiskais pavasaris abās teritorijās piekrastē iestājas agrāk nekā kontinentālajā daļā, Latvijas gadījumā atšķirības starp piekrastes un no piekrastes tālāk esošajiem punktiem ir izteiktākas (piekrastē vidēji fāze iestājas 6 dienas agrāk lazda un 13 dienas agrāk baltalksnim). Latvijas teritorijā pavasaris iestājas ilgāk nekā Lietuvā (Latvijā 13-19 dienu laikā, Lietuvā 8-9 dienu laikā). Vidēji fenoloģiskais pavasaris pārvietojas ar ātrumu 4.5 dienas uz 100 km no DR uz ZA. Apskatītajā periodā pavasara iestāšanās vērtības mainījušās 20 dienu intervālā, pie tam Latvijas teritorijā izmaiņas ir lielākas, respektīvi, lazdas un baltalkšņa ziedēšanas sākums mainījies vairāk nekā Lietuvas teritorijā.

Fenoloģiskā vasara pārvietojas ar ātrumu 3.7 dienas/100 km no D uz Z un abās teritorijās piekrastē iestājas vidēji vēlāk nekā kontinentālajā daļā. Fenoloģisko fāžu iestāšanās trendi ir negatīvi, lielākas izmaiņas ir Lietuvas teritorijā.

Analizējot desmit novērojumu punktu datus, secināts, ka fenoloģiskajam rudenim ir tendence iestāties agrāk, kas ir pretēji Eiropā novērotajām tendencēm. Periodā no 1971.līdz 1985.gadam vidēji bērza dzeltēšana bija vērojama 18.septembrī, savukārt no 1986.līdz 2000.gadam bērza lapu dzeltēšana iestājusies 4 dienas agrāk (vidēji 14.septembrī).

Fenoloģiskā pavasara iestāšanās vērtības mainījušās būtiskāk (desmit novērojumu punktu taisnes regresijas koeficienta vērtība <-0.6 , kas norāda, ka fāzes visā periodā iestājušās ~20 dienas agrāk).

Pētījumā konstatēts, ka pavasara fāzes būtiski korelē ar ģeogrāfisko vietas lokalizāciju virzienā R-A, jeb pavasara fāzes piekrastes teritorijās novērotas vidēji agrāk nekā no piekrastes tālākajos punktos, savukārt vasaras fāzēm atrasta izteikta sakarība D-Z virzienā, bērza lapu dzeltēšana korelē ar novietojuma punktu izkārtojumu R-A virzienā.

3.3. Fenoloģisko novērojumu datu analīze Latvijas piemērā

3.3.1. Fenoloģisko novērojumu ilglaicīgās izmaiņas Latvijas teritorijā

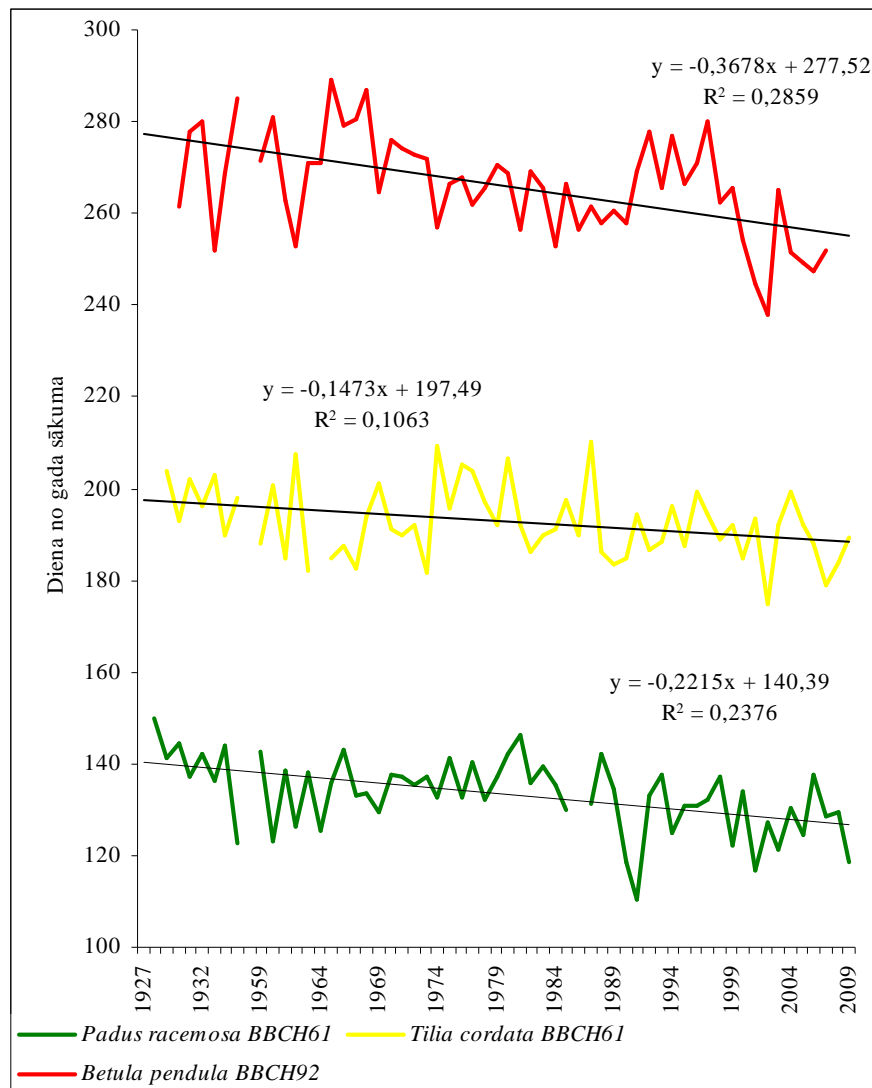
Balstoties uz datu kvantitatīvu un kvalitatīvu izvērtējumu, ilgtermiņa datu analīze veikta trīs novērojumu punktu datiem periodā no 1927.- 1939. un no 1959. līdz 2009. gadam. Datu rindas ir apvienotas: Dobeles datu rinda papildināta ar Uku un Bikstu datiem; Liepājas – Nīcas, Durbes un Vērgales dati; Barkava – Atašienes, Varakļānu dati.

Izmantojot E.Ķemlera un A.Ķemlera apkopotos fenoloģiskos novērojumus Snēpelē analizēts 60 gadu ilgs novērojumu periods (1947.-2007.gads), kas ir garākā pieejamā datu rinda Latvijā.

Parastās ievas *Padus racemosa* ziedēšanas sākums visos trīs analizētajos punktos (att. 3.3.1.) novērots vidēji 12.-13. maijā, visagrākā ievas ziedēšanas vērtība fiksēta Dobelē 1990.gadā, kad ieva sākusi ziedēt 20.aprīlī, kas ir 23 dienas agrāk nekā vidēji periodā, arī Liepājā 1990. gadā reģistrēta agrākā ievas ziedēšanas vērtība – 21. aprīlis, t.i., 23 dienas agrāk. Barkavā agrākā vērtība fiksēta 2000. gadā (par 1990.gadu nav datu), kad ieva sākusi ziedēt 26.aprīlī (16 dienas agrāk nekā Barkavā vidēji). Jāatzīmē, ka 2000. gadā Dobelē un Liepājā tika fiksētas otrās agrākās fāzes iestāšanās vērtības. Visvēlākā vērtība fiksēta 1927. gadā Dobelē un 1987. gadā Nīcā, kad ieva uzdziedējusi tikai maijā beigās (29.maijs). Barkavā vēlākā vērtība novērota 2009. gadā, 15 dienas vēlāk nekā vidēji, t.i., 27. maijā.

Parastās liepas *Tilia cordata* ziedēšanas sākums variē no 20.jūnija līdz 9. augustam, bet vidēji liepu ziedēšana novērota 10.jūlijā Dobelē, 11.jūlijā Barkavā un 13. jūlijā Liepājā.

Dobelē 2000. gadā liepa sākusi ziedēt jau 20. jūnijā, kas ir perioda agrākā vērtība, t.i., liepa ziedējusi 21 dienu agrāk nekā Dobelē vidēji, savukārt visvēlākā vērtība ir fiksēta Barkavā 1974. gadā, kad liepa ziedēt sāka tikai 9.augustā, t.i., mēnesi vēlāk. Liepas ziedēšana agri novērota 2002.gadā (-18dienas), 2007. (-16 dienas), 1973., 1963 un 1967. gadā (/vidējie trīs punktu dati/ vairāk nekā 10 dienas agrāk), savukārt vēlīgie gadi ir 1987.gads (fāze novērota 17 dienas vēlāk nekā vidēji), 1974. gads(+16dienas), 1962.gads (+15dienas), 1980., 1976., 1977., 1929 un 1933. gads.



3.3.1. att. Parastās ievas *Padus racemosa*, liepas *Tilia cordata* ziedēšanas sākuma (BBCH61) un āra bērza *Betula pendula* lapu dzeltēšanas sākuma (BBCH92) ilgtermiņa izmaiņas (1927.-1939. un 1959.-2007). Vidējie trīs punktu dati.
BBCH61-ziedēšanas sākums, BBCH92-lapu dzeltēšanas sākums.

Āra bērza *Betula pendula* lapu dzeltēšanas sākums agrāk novērots Liepājā, vidēji 14.septembrī. Barkavā bērza lapas sāk dzeltēt vidēji 19.septembrī, savukārt Dobelē – oktobra sākumā (vidēji 2.oktobris). Barkavā agrākā bērza lapu dzeltēšanas vērtība fiksēta 2002. gadā 17.augustā, savukārt vēlākā 1965. gada 15.oktobrī. Arī Liepājā vēlākā vērtība novērota 1965. gada 19.oktobrī, bet visagrāk bērza dzeltēšana Liepājā novērota 1990.gadā (24.augustā). Dobelē gan agrākā, gan vēlākā vērtība novērota pēc 2000. gada, attiecīgi 10. augusts 2009. gadā un 17.oktobris 2003. gadā. Bērza lapu dzeltēšanas vērtības (agrākā un vēlākā) vidēji variē 52 dienu amplitūdā.

Bērza lapu dzeltēšanas agrās vērtības, t.i., fāze iestājas agrāk nekā vidēji periodā novērotas pēc 2000.gada, izteikti agrs gads bija 2002.gads, kad bērza lapu dzeltēšana fiksēta 28 dienas agrāk nekā vidēji, 2009.gadā (-22 dienas), 2006.gadā (-19dienas).

Vēlie gadi lielākoties novēroti 20.gs. 60-tajos gados: 1965.gadā bērzs dzeltē 23 dienas vēlāk nekā vidēji trīs novērojumu punktos, 1968.gadā 21 dienu vēlāk.

3.3.1.tabula. Parastās ievas *Padus racemosa*, parastās liepas *Tilia cordata* un āra bērza *Betula pendula* fenoloģisko fāžu iestāšanās raksturlielumi. Periods: 1927.- 1939. un no 1959. līdz 2009. gads.

Novērojumu punkts	Suga un fāze	N	Raksturīgā fāzes iestāšanās vērtība	Vēlākā vērtība	Agrākā vērtība	Taisnes regresijas koeficienta vērtība dienas/10gadiem	Korelācijas koeficients (r) * p<0.05, ** p<0.01	Determinācijas koeficients (R ²)	MK-t * p<0.05, ** p<0.01
Barkava	<i>Padus racemosa</i> BBCH61	49	11.Mai	28.Mai	27.Apr	-1.2	-0.36*	0.13	-2.87*
Liepāja		46	13.Mai	30.Mai	21.Apr	-1.1	-0.30*	0.09	-2.60*
Dobeles		58	11.Mai	30.Mai	20.Apr	-2.0	-0.52**	0.28	-4.38*
Vidēji		58	12.Mai	26.Mai	21.Apr	-1.5	-0.44**	0.20	-3.69*
Barkava	<i>Tilia cordata</i> BBCH61	44	11.Jūl	9.Aug	23.Jūn	-0.98	-0.21	0.04	-0.97
Liepāja		44	13.Jūl	3.Aug	17.Jūn	-0.61	-0.14	0.02	-1.89
Dobeles		34	10.Jūl	19.Jūl	19.jūn	-2.02	-0.60**	0.37	-3.69*
Vidēji		58	12.Jūl	19.Jūl	24.Jūn	-1.17	-0.34**	0.12	-2.25**
Barkava	<i>Betula pendula</i> BBCH92	39	19.Sept	15.Okt	17.Aug	-2.8	-0.42**	0.17	-2.31**
Liepāja		44	14.Sept	20.Okt	24.Aug	-1.3	-0.26	0.07	-2.41**
Dobeles		46	2.Okt	17.Okt	10.Aug	-1.7	-0.25	0.06	-0.36
Vidēji		56	22.Sept	16.Okt	25.Aug	-2.5	-0.47**	0.22	-4.14*

Treknrakstā – statistiski nozīmīgas vērtības; MK-t – *Mann Kendell* testa rezultāti

3.3.3. tabula. Fenoloģisko fāžu raksturīgākās, agrākās un vēlākās iestāšanās vērtības, statistiskie rādītāji, Snēpele. Periods: 1947.-2007.gads.

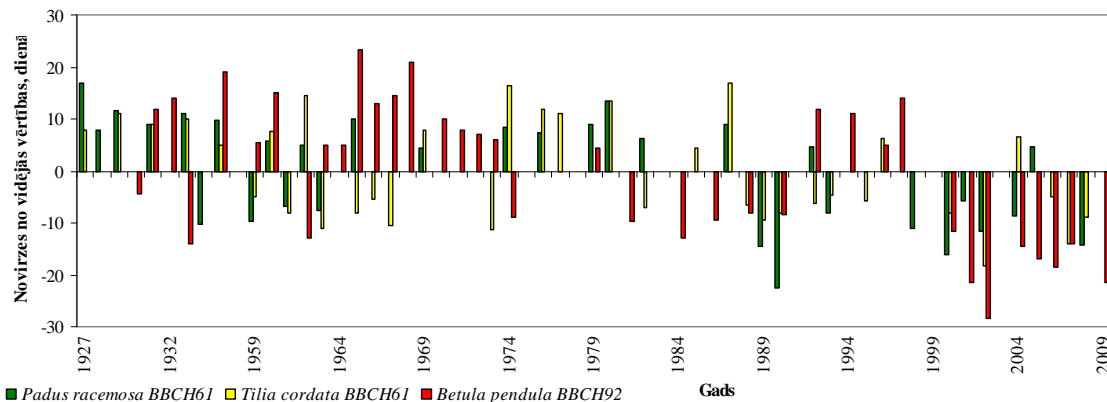
Klusters	Suga	N	Raksturīgākais datums	Agrākā vērtība	Vēlākā vērtība	MK-t * -p<0.05, ** - p<0.01	Korelācijas koeficients (r)	Determinācijas koeficients (R ²)	Taisnes regresijas koeficients (izmaiņas: dienas/desmitgadē)
1.klusters	Baltalksnis <i>BBCH11</i>	37	24.Mar	12.Feb	26.Apr	-2.51**	-0.43	0.18	-6.3
	Lazda <i>BBCH11</i>	35	24.Mar	10.Feb	30.Apr	-2.62**	-0.48	0.23	-7.4
2.klusters	Ieva <i>BBCH11</i>	50	25.Apr	02.Mar	25.Mai	-3.16**	-0.47	0.22	-4.3
	Bērzs <i>BBCH11</i>	34	27.Apr	18.Mar	20.Mai	-4.10**	-0.60	0.36	-3.8
3.klusters	Ieva <i>BBCH61</i>	45	11.Mai	23.Apr	24.Mai	-1.11	-0.23	0.05	-0.9

Treknrakstā r> 0.5, BBCH11-plaukšanas sākums, BBCH61-ziedēšanas sākums; MK-t – *Mann Kendell* testa rezultāti.

Visām trīs fenoloģiskajām fāzēm iestāšanās trends ir negatīvs (att. 3.3.1.), tas nozīmē, ka visas analizētās fāzes iestājas agrāk. Lineārās regresijas vienādojums rāda, ka uz katru gadu ievas ziedēšana novērota -0.22 dienas agrāk, liepas zied -0.14 dienas/gadu agrāk, bērzs -0.37 dienas. Korelācijas koeficienta vērtības (3 punktu vidējie dati) $r_{ieva N3} = -0.44$, $r_{liepa N3} = -0.34$ (ticamības līmenis 0.01), $r_{bērzs N3} = -0.47$ (ticamības līmenis 0.01). *Mann-Kendall* testa rezultāti apliecina iepriekšminēto (tab. 3.3.1.), ievas ziedēšanas trends ir negatīvs un statistiski ticams visos punktos, liepas ziedēšanas izmaiņas ir būtiskas un parāda izteikti negatīvu tendenci Liepājas novērojumu punktā (MK-t < -3.69), bērza lapu dzeltēšana iestājas agrāk un trends ir statistiski ticams Dobeles un Barkavas novērojumu punktos.

Analizētajā periodā visbūtiskāk un vairāk mainījies bērza lapu dzeltēšanas iestāšanās laiks. Kā rāda taisnes regresijas koeficienta dati, tad bērza lapu dzeltēšanas sākums analizētajā 56 gadu periodā mainījies 14 dienu intervālā (iestājas agrāk), vislielākās izmaiņas fiksētas Barkavas novērojumu punktā -2.8 dienas/desmitgadi. Liepājā bērza dzeltēšana iestājas 1.3 dienas/desmitgadi agrāk un Dobelē 1.7 dienas/desmitgadi agrāk. Ievas ziedēšanas sākums analizētajā periodā vidēji mainījies 8 dienu intervālā, bet liepas ziedēšanas sākums iestājas vidēji 6 dienas agrāk. Dobelē ievas ziedēšana iestājas 2 dienas uz katru desmitgadi agrāk, Liepājā un Barkavā -1.1 diena/desmitgadē agrāk, arī liepas ziedēšanas sākums visvairāk mainījies Dobelē (-2 dienas/desmitgadē). Kopumā vismazākās izmaiņas liepas ziedēšanas vērtībām tika konstatētas Liepājā (-0.6 dienas/desmitgadē).

Pēdējos 15 gados visos trīs novērojumu punktos fiksētas lielākā daļa ekstremāli agro vērtību gan pavasarī, gan rudenī (3.3.2. att.), t.i., fāzes iestājušās agrāk nekā vidēji 58 gadu periodā.



3.3.2.att. Parastās ievas *Padus racemosa*, liepas *Tilia cordata* ziedēšanas sākuma (BBCH61) un āra bērza *Betula pendula* lapu dzeltēšanas sākuma (BBCH92) novirzes (dienās) no ilggadīgi vidējā (3 novērojumu punktu dati). Periods:1927.-1939; 1959.-2009.gads.

BBCH 61 ziedēšanas sākums; BBCH 92 lapu dzeltēšanas sākums;
Novirze, dienās: atliktas vērtības, kuras $\leq \pm 5 \geq$ dienām.

Kopumā analizētajā 58 gadu periodā ievas un liepas ziedēšanas sākumam 20% gadījumu novērotas ekstremālās vērtības, kad fāze iestājusies vairāk nekā 10 dienas agrāk vai vēlāk nekā ilggadīgi vidēji. Ievas ziedēšana sešos no 14 ekstrēmamiem gadiem novērota vairāk nekā 10 dienas vēlāk, savukārt astoņos gados – agrāk, no tiem 6 gadījumi pēc 1990.gada. Liepas ziedēšanas sākums vairāk nekā 10 dienas agrāk iestājusies piecos no 13 ekstrēmajiem gadiem, savukārt vēl 8.

Ekstremālās iestāšanās vērtības visbiežāk fiksētas bērza lapu dzeltēšanai, ~44% gadījumu bērza lapu dzeltēšana novērota vairāk nekā 10 dienas agrāk vai attiecīgi vēlāk (ekstrēmi agro un ekstrēmi vēlo gadus skaits ir līdzīgs, 12 no 56 gadiem bērza dzeltēšana iestājusies vairāk nekā 10 dienas vēlāk, 13 gadījumos – agrāk). Turklāt pēc 1990. gada novērotas vislielākas negatīvās novirzes no ilggadīgi vidējās vērtības (att.3.3.2).

3.3.2. tabula. Parastās ievas *Padus racemosa*, parastās liepas *Tilia cordata* ziedēšanas sākuma un āra bērza *Betula pendula* lapu dzeltēšanas sākuma izmaiņas pa 15gadēm.

Periods	Ievas ziedēšanas sākums	Liepas ziedēšanas sākums	Bērza lapu dzeltēšanas sākums
1928.-1935.	19. 05.	16. 07.	24. 09.
1959.-1974.	13. 05.	12. 07.	30. 09.
1975.-1990.	15. 05.	14. 07.	20. 09.
1991.-2009.	08. 05.	09. 07.	15. 09.
Ilggadīgi vidējais	13. 05.	13. 07.	21. 09.

Pēdējo piecpadsmit gadu laikā ieva vidēji sāk ziedēt jau 8. maijā, kas salīdzinājumā ar pirmo izdalīto periodu (1928.-1935.gads) ir par 11 dienām agrāk; liepas – 9. jūlijā, pretstatā pirmajam izdalītajam periodam, kad liepu ziedēšana vidēji tika fiksēta 16. jūlijā. Savukārt bērzi pēdējos 15 gados dzeltē 15. septembrī, kas ir 5 dienas agrāk nekā ilggadīgi vidēji (tab.3.3.2.).

Garākā fenoloģisko novērojumu rinda pieejama Snēpeles datiem un pētījumā izmantoti 60 gadu dati, ko novērojuši E.Ķemlers un A.Ķemlers Snēpelē laika periodā no 1947.-2007.gadam. Pētījums aprobēts publikācijā Tīrums, M., Bitāne, M., Kalvāne, G. (2010). *Pavasara bioklimatisko parametru mainība un to ietekmējošie faktori Snēpelē no 1947.-2007. gadam* (iesniegts publicēšanai).

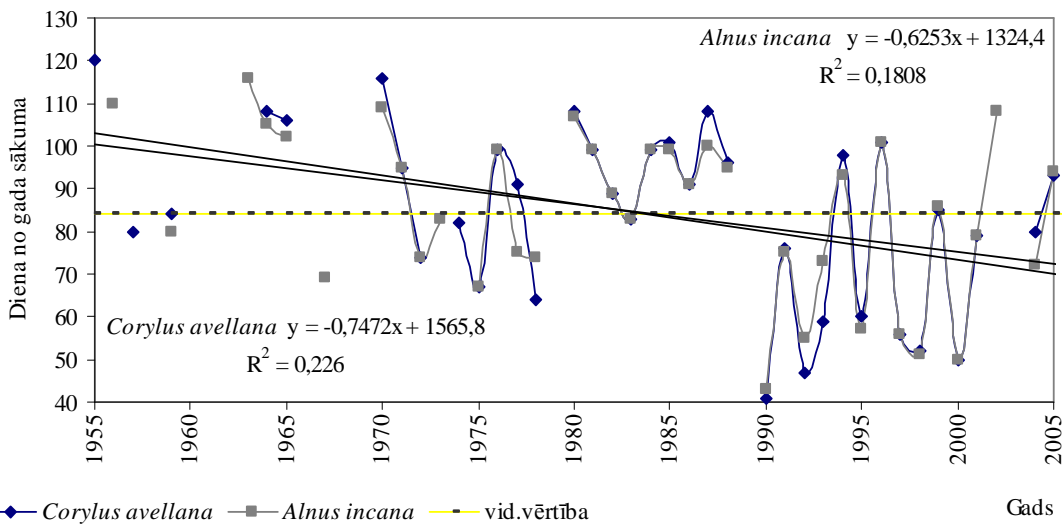
Pētījumā analizētas 138 putnu sugas (darbā nav analizētas), kā arī 4 augu sugu pavasara fenoloģiskās fāzes: parastās ievas *Padus racemosa* ziedēšanas sākums, lapu plaukšanas sākums, baltalkšņa *Alnus incana* un lazdas *Corylus avellana* ziedēšanas sākums, kā arī āra bērza *Betula pendula* lapu plaukšanas sākums, kas izmantojot klasteranalīzi, iedalītas 3 kategorijās: 1.-pavasara sākums; 2.-pavasara vidus; 3.-pavasara beigās.

Pavasara sākums (pirmais klusters), ko iezīmē parastās lazdas *Corylus avellana* un baltalkšņa *Alnus incana* ziedēšanas sākums Snēpelē vidēji iestājas 23.-24. martā (3.3.3. tab.).

Analizētajā laika periodā visagrāk lazdas un baltalkšņa ziedēšanas sākums fiksēts 1990. gadā, vidēji 40 dienas agrāk. Lazda 1990. gadā sākusī ziedēt jau 10. februārī, savukārt baltalkšnis 12. februārī. Pie agrajiem gadiem pieskaitāms arī 2000. gads (abas minētās pavasara sugas sāk ziedēt jau 19. februārī), 1998. gads (zied 20. februārī). Jāatzīmē, ka agrās vērtības vairāk ir fiksētas tieši analizētā perioda pēdējā 15gadē. Vēlie gadi ir bijuši 1963., 1955. gads, kad fāze iestājusies 30 dienas vēlāk kā vidēji.

Lazdas un baltalkšņa ziedēšanas sākuma trends ir negatīvs un statistiski ticams (MK-t abām sugām -2.5, p <0.05), t.i., ziedēšana iestājas agrāk. Korelācijas koeficienta vērtība r=-0.43 (baltalkšnim) un r=-0.48 (lazdai), ar determinācijas koeficienta R² vērtību 0.18 un 0.23, kas nozīmē, ka ~20% gadījumu sakarība ir vidēji cieša, norādot, ka ziedēšanas fāze iestājas agrāk (3.3.3. att.) Snēpelē lazdas ziedēšanas sākums mainījies -

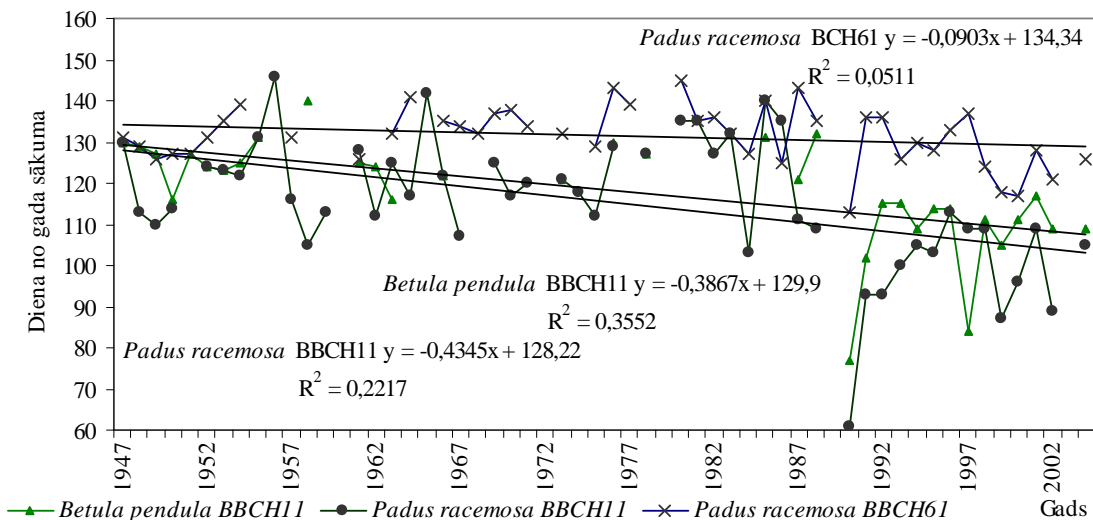
0.75 dienas uz katru gadu, savukārt baltalksnis zied vidēji -0.6 dienas agrāk uz katru gadu (lineārās regresijas vienādojuma dati).



3.3.3. att. Baltalkšņa *Alnus incana* un parastās lazdas *Corylus avellana* ziedēšanas sākuma (BBCH 61) izmaiņas Snēpelē. Periods: 1955.-2004.gads.

Āra bērza lapu plaukšanas sākums iezīmē fenoloģiskā pavasara vidu (otrais izdalītais klusters). Snēpelē bērza lapu plaukšanas sākums novērots vidēji 27. aprīlī (3.3.3. tab.). Gadu no gada fāzes iestāšanās laiks variē: 1990. gadā bērza lapu plaukšana novērota visagrāk 18. martā, t.i., 40 dienas agrāk kā vidēji, savukārt visvēlāk 1958. gadā, kad lapas sākušas plaukt 22 dienas vēlāk - tikai 20.maijā.

Āra bērza lapu plaukšanai ir tendence sākties agrāk, ko pierāda *Mann-Kendall* testa rezultāti (MK-t -4.0, $p < 0.01$), savukārt $r = -0.60$ ar R^2 vērtību 0.36, tas ir 36% gadījumu sakarība ir cieša (3.3.4. att.), bērza lapu plaukšana iestājas par 0.38 dienām desmitgadē agrāk. Negatīvās novirzes, t.i., kad fāze iestājas agrāk, ir fiksētas kopš 1990. gada.



3.3.4. att. Āra bērza *Betula pendula* lapu plaukšanas (BBCH 11) un parastās ievas *Padus racemosa* lapu plaukšanas (BBCH11) un ziedēšanas (BBCH 61) sākuma ilggadīgās izmaiņas Snēpelē. Periods: 1947.-2007.gads.

Parastās ievas *Padus racemosa* lapu plaukšanas sākums Snēpelē ir novērots vidēji 25. aprīlī, savukārt ziedēšanas sākums, kas ir pavasara beigu sezonas indikators (3.klasters), maija otrās dekādes sākumā – 11. maijā (3.3.3.tab.). Gan lapu plaukšanas, gan ziedēšanas sākuma trends ir negatīvs, $r_{\text{plaukšanai}} = -0.47$ (MK-t -3.15 ar $p < 0.01$), $r_{\text{ziedēšanai}} = -0.23$ (MK-t nav statistiski nozīmīgs).

Līdzīgi kā visas analizētās sugas, ieva visagrāk sākusi plaukt un ziedēt 1990. gadā, kad plaukšana novērota 54 dienas agrāk nekā vidēji, t.i., jau 2. martā un ziedēšana 18 dienas agrāk, t.i., 23. aprīlī. Vēlie gadi ir bijuši 20.gs. 80tie gadi, kad 1980. un 1987. gadā ieva ziedējusi 2 nedēļas vēlāk kā vidēji (23.maijs), lapu plaukšana 1985. gadā aizkavējās par 26 dienām, bet visvēlākā lapu plaukšana fiksēta 1956. gadā – 30 dienas vēlāk, t.i., 25. maijā (3.3.4. att.). Ievas lapu plaukšanas sākums Snēpelē iestājas vidēji 4.6 dienas agrāk desmitgadē, savukārt ievas ziedēšanas sākums visā periodā ir mainījies 5 dienu intervālā, t.i., ievas sākušas ziedēt agrāk.

3.3.4. tabula. Lazdas un baltalkšņa ziedēšanas sākuma, bērza un ievas lapu plaukšanas sākuma un ievas ziedēšanas izmaiņas pa 15gadēm.

Periods	Lazda BBCH61	Baltalknis BBCH61	Ieva BBCH11	Bērzs BBCH11	Ieva BBCH61
1947.-1961.	ND	ND	01.Mai	07.Mai	10.Mai
1962.-1976.	02.Apr	01.Apr	29.Apr	01.Mai	14.Mai
1977.-1991.	29.Mar	26.Mar	27.Apr	25.Apr	13.Mai
1992.-2007.	12.Mar	15.Mar	11.Apr	19.Apr	07.Mai
Ilggadīgi vidējais	24.Mar.	24.Mar.	25.Apr.	27.Apr.	11.Mai.

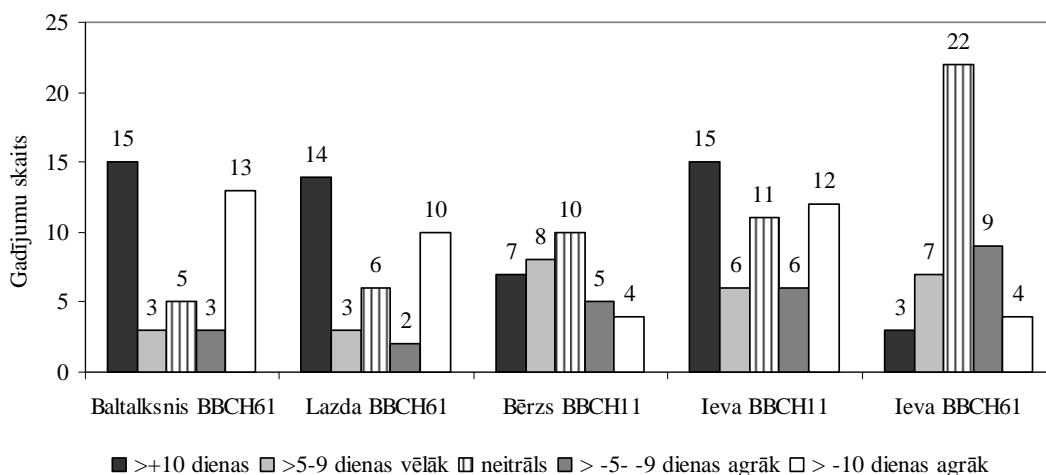
ND – nav datu.

Pēdējā 15gadē visas analizētās fāzes iestājušās agrāk (tab. 3.3.4.) nekā periodā vidēji, piemēram, lazdas ziedēšanas sākums periodā no 1992. līdz 2007. gadam iestājas 12 dienas agrāk nekā ilglaicīgi vidēji Snēpelē.

Pavasara beigu fāzēm, kā ievas ziedēšanas sākums, izmaiņas nav tik būtiskas kā lazda vai baltalksnim, ceturtajā izdalītajā periodā ievas ziedēšana Snēpelē fiksēta 7. maijā, kas ir 5 dienas agrāk nekā periodā vidēji.

Visām analizētajām sugām (izņemot ievas ziedēšanas sākumu) pirmajā izdalītajā periodā novērotas vidēji vēlākas vērtības nekā pēdējā 15gadē vai periodā vidēji (tab. 3.3.4).

Pavasara sākuma un pavasara vidus fāzes, attiecīgi 1. un 2. izdalītais klusters, analizētajā periodā lielākoties iestājušās vidēji vēlāk (att. 3.3.5.), t.i., attiecīgi baltalkšņa ziedēšanas sākums 38% gadu jeb 15 gadījumos novērots vairāk nekā 10 dienas vēlāk nekā vidēji (24.marts), lazda 40% gadījumu ziedējusi ļoti vēlu, arī lapu plaukšana ievai periodā lielākoties, 30% gadījumu (15 gados) fiksēta vairāk nekā 10 dienas vēlāk nekā vidēji, kas ir 25.aprīlis. Zīmīgi, ka ļoti vēlie gadi lielākoties novēroti 20.gs. 70-80tajos gados. Savukārt analizētā perioda pēdējā 15 gadē lielākoties fiksētas agrās (5-9 dienas agrāk) vai ļoti agrās (vairāk nekā 10 dienas agrāk) vērtības, piemēram, baltalkšņa ziedēšanas sākums 13 gadījumos, t.i., 33% iestāties vairāk nekā 10 dienas agrāk, no tām 9 gadi ir bijuši pēc 1990.gada. Lazdas ziedēšana 10 gados, t.i., 29% gadījumu Snēpelē ir iestājusies vairāk nekā 10 dienas agrāk, no tiem 7 gados pēc 1990.gada, kad fiksēta visagrākā vērtība.



3.3.5. att. Fenoloģisko fāžu iestāšanās vērtību sadalījums pa klasēm (ļoti agri – ļoti vēlu). Gadījumu skaits. Snēpele. 1947.-2007. gads.

Savukārt ievas ziedēšanai nav raksturīgas ļoti agras vai ļoti vēlas iestāšanās vērtības, 50% gadījumu ievas ziedēšanas laiks ir iestājies kā vidēji periodā, t.i. 11. maijā ± 4 dienas.

Pavasara agrās fāzes ir daudz sensitīvākas nekā pavasara beigu fāzes un to iestāšanās vērtības gadu no gada stipri variē, kas iespējams saistīts ar fenoloģisko fāžu iestāšanās laika atkarību no termiskā režīma.

Latvijā ilgtermiņa fenoloģisko novērojumu dati (trīs punktu vidējie rādītāji) rāda, ka parastās ievas *Padus racemosa* ziedēšanas sākums vidēji novērots 13.maijā, liepas *Tilia cordata* ziedēšana fiksēta 13.jūlijā, savukārt āra bērza *Betula pendula* lapu dzeltēšanas sākums novērots 21.septembrī. Visu minēto sugu un fāžu trends ir negatīvs, kas nozīmē, ka attiecīgā fāze iestājas agrāk.

Snēpeles piemērā analizētās 4 sugas (parastās ievas *Padus racemosa* ziedēšanas sākums, lapu plaukšanas sākums, baltalkšņa *Alnus incana* un lazdas *Corylus avellana* ziedēšanas sākums, kā arī āra bērza *Betula pendula* lapu plaukšanas sākums), rāda līdzīgas tendences kā ilgtermiņa datiem, visu analizēto sugu un fenoloģisko fāžu iestāšanās trendi ir negatīvi vai ievas ziedēšanas gadījumā ar negatīvu tendenci.

Abos analizētajos periodos (1927.-1935.; 1959.-2009. gads) Barkavā, Dobelē un Liepājā un 1947.-2007. gads Snēpelē visagrākās vērtības visām pavasara fāzēm un sugām novērotas 1990.gadā, savukārt liepas ziedēšanai 2000.gadā, bet bērza dzeltēšanai 2002. gadā.

Kopumā vidēji agrākās iestāšanās vērtības novērotas pēdējā piecpadsmitgadē visos analizētajos punktos, pie tam agrajām pavasara fāzēm izmaiņas ir lielākas nekā vasaras vai pavasara beigu fāzēm.

3.3.2. Agrometeoroloģisko novērojumu tendences (1957.-2003.gads)

Pētījumā analizētas novērojumu datu rindas sešās agrometeoroloģiskajām stacijām no 1957. līdz 2003. gadam: Dagda, Dobele, Priekuļi, Stende, Viļaka un Zīlāni. Raksturotas 4 sugu fenoloģisko fāžu izmaiņas.

Fenoloģiskie novērojumi **ābelēm** *Malus domestica* ir veikti četrās stacijās trīs dažādām šķirnēm – „Baltie dzidrie” Stendē, „Antonovka” Priekuļos un Dagdā, „Rudens

svītrainie” Dobelē 7 fenoloģiskajām fāzēm no pumpurošanās līdz lapu krišanas sākumam.

Pumpurošanās (BBCH01) ir pirmā pavasara fiksētā fāze un vidēji visā novērotajā periodā *Baltie dzidrie* Stendē pumpurojas 6.aprīlī, *Antonovka* Priekuļos 18.aprīlī, Dagdā 15.aprīlī, savukārt *Rudens svītrainie* Dobelē sāk pumpuroties 9.aprīlī. Iestāšanās vērtības gadu no gada variē, ābele *Baltie dzidrie* variē 2 mēnešu amplitūdā no 2. marta (1990. gadā) līdz 2. maijam (1977. gadā), savukārt Priekuļos pumpurošanās „*Antonovka*” datumi variē 47 dienu amplitūdā (24. marts 1961.gadā un 10. maijs 1985. gadā).

Pumpurošanās trends Stendes un Priekuļu novērojumu vietās ir neitrāls, savukārt *Antonovka* Dagdā un *Rudens svītrainie* Dobelē pumpurojas agrāk, korelācijas koeficienta vērtības un MK-t vērtības norāda, ka sakarība ir būtiska (4.pielikums).

Lapu plaukšana (BBCH11) vidēji periodā (1957.-2003. gads) Stendē novērota 4.maijā, *Antonovka* Priekuļos 8.maijā, Dagdā 11.maijā un *Rudens svītrainie* Dobelē 9.maijā. Visās novērojumu stacijās (izņemot Dagdu), lapu plaukšanas trends ir negatīvs, t.i., fāze iestājas agrāk, lineārās regresijas dati rāda, ka sakarība ir cieša, iepriekšminēto apstiprina MK-t, Dobeles un Stendes novērojumu stacijās MK-t <-1.96.

Visās stacijās agrākās lapu plaukšanas vērtības fiksētas 1990.gadā, no 13 līdz pat 30 dienām agrāk nekā periodā vidēji. Lapu plaukšana 1990.gadā novērota 8.aprīlī Stendē un 25.aprīlī Priekuļos. Vēlie gadi ir bijuši 1958. un 1980.gads, kad lapu plaukšanas sākums fiksēts maija pēdējā nedēļā, t.i., vidēji 2 nedēļas vēlāk nekā ilggadīgi periodā.

No pumpurošanās brīža līdz ziedēšanas sākumam vidēji paiet 40 dienas. **Ziedēšanas sākums** (BBCH61) visām ābeļu šķirnēm fiksēts ap 20.maiju, ziedēšanas sākums variē 3 dienu amplitūdā visās stacijās. Kopumā līdzīgi kā lapu plaukšanai arī ziedēšanas trends ir negatīvs trīs stacijās (Dagdā trendam ir negatīva tendence), MK-t vērtības Dobeles, Priekuļu un Stendes datiem ir mazākas nekā -1.96, kas nozīmē, ka agrāka fāzes iestāšanās vērtība ir statistiski būtiska.

Visās četrās novērojumu stacijās agrās ziedēšanas vērtības fiksētas 1990.gadā vai arī 2000.gadā, savukārt vēlās vērtības pirms 1990.gada (izņemot Stendi, kur *Baltie dzidrie* visvēlāk ziedējuši 1991. gadā).

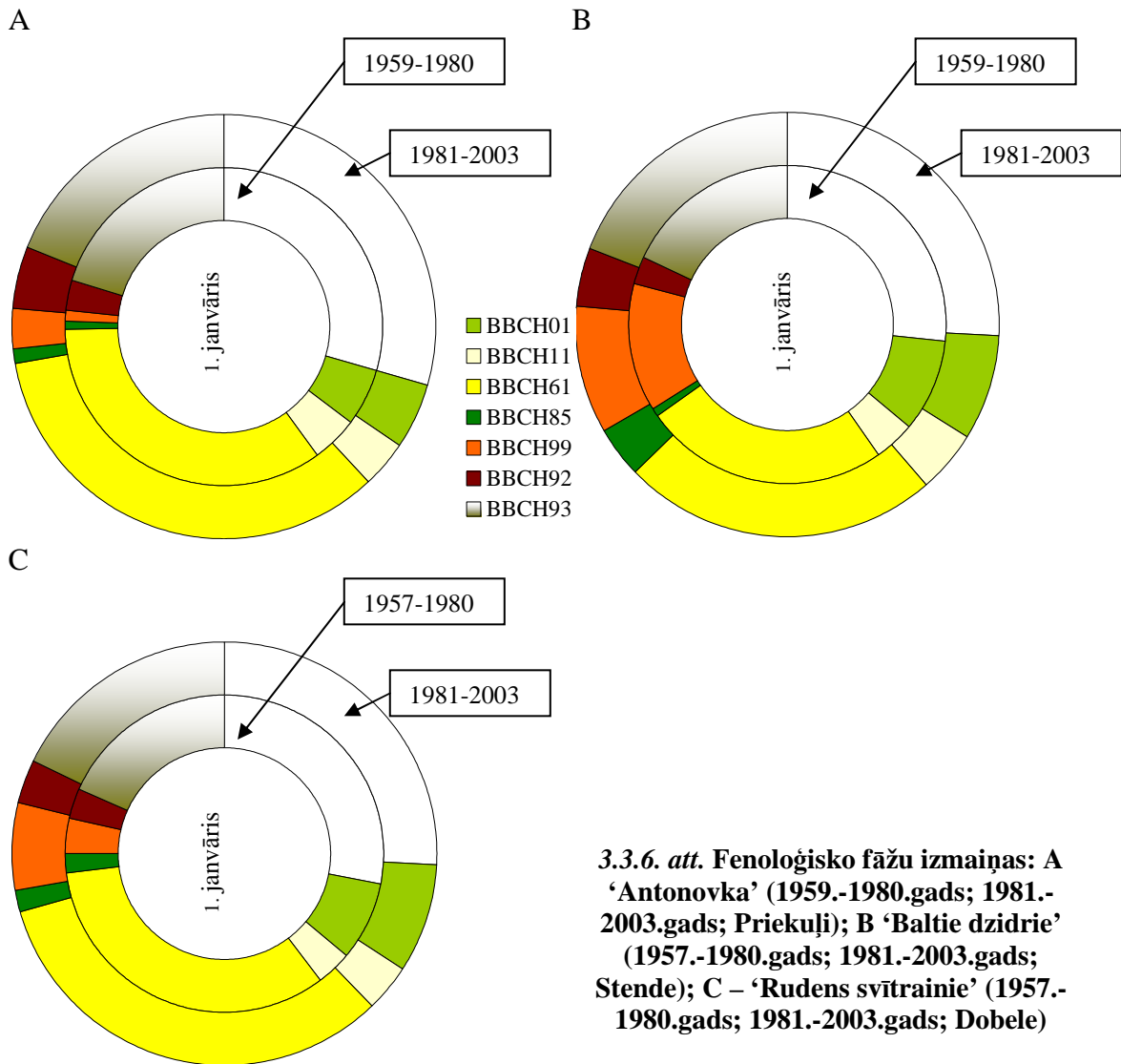
Visagrāk **nogatavojas** *Baltie dzidrie*, vidēji 22. augustā, *Rudens svītrainie* Dobelē nogatavojas 18.septembrī, savukārt *Antonovka* vispirms nogatavojas Dagdā, 22.septembrī un 3 dienas vēlāk Priekuļos. Arī ābolu nogatavošanās trends ir negatīvs, tas nozīmē, ka āboli nogatavojas agrāk. Visās stacijās, izņemot Dagdu, korelācijas koeficienta vērtības ir būtiskas (4.pielikums).

Vidēji no pirmās fāzes, pumpurošanās, līdz ābolu nogatavošanās fāzei paiet 138 dienas *Baltajiem dzidrajiem* un vidēji 160 dienas *Antonovkai* un *Rudens svītrainajiem*.

Rudens fenoloģisko fāžu, **lapu dzeltēšanas** (BBCH92) un **lapu krišanas** (BBCH93), trendi Stendes novērojumu punktā *Baltajiem dzidrajiem* ir izteikti negatīvi ($r = <-0.36$), t.i., fāzes iestājas agrāk, ko apstiprina arī MK-t rezultāti. Savukārt Priekuļu stacijā *Antonovkas* lapu krišanas trends ir izteikti pozitīvs ($r = 0.42$, MK-t -2.4), lapu dzeltēšanas sākumam ir tendence sākties vēlāk, korelācijas koeficients $r=0.17$. Dagdas novērojumu punktā lapu dzeltēšanas sākums ir izteikti pozitīvs, bet lapu krišana periodā nav mainījusies. Dobeles novērojumu stacijā *Rudens svītraino* rudens fāžu trendi ir neitrāli, t.i, nav mainījušies (4.pielikums).

Vidēji lapu dzeltēšana stacijās iestājas no 6.oktobra Priekuļos, līdz 14. oktobrim Dobelē. Lapu dzeltēšanas amplitūda (starp agrāko un vēlāko vērtību) ir 34-49 dienas. Agrākās lapu dzeltēšanas vērtības novērotas 1998. gadā Stendē un 1961. gadā Dagdā 14.septembrī, savukārt vēlākā vērtība fiksēta 1965. gadā Stendē, kad lapu dzeltēšana

novērota 2. novembrī. Lapu krišana notiek 6 dienu laikā no 20.oktobra līdz 26. oktobrim. 1992.gadā trīs no 4 stacijām novērota vēlākā perioda lapu krišanas vērtība.



Kopumā ābeles *Malus domestica* fenoloģiskie trendi ir negatīvi, t.i, fāzes iestājas agrāk (izņemot Dagdu), piemēram, lapu plaukšana *Baltajiem dzidrajiem* Stendē iestājas agrāk vidēji par 2.8 dienām uz katrām 10 gadiem, savukārt *Antonovkai* Priekuļos 1.7 dienu/10 gadiem agrāk, Dobeļē *Rudens svītrainie* plaukst vidēji 2.9 dienas/desmitgadē agrāk. Augļu nogatavošanās fiksēta par 3-4 dienām agrāk uz katrām 10 gadiem (4.pielikums).

Pavasara fenoloģiskās fāzes kopumā (att. 3.3.6.) otrajā izdalītajā periodā (1981.-2003.gads) ir iestājušās agrāk nekā pirmajā izdalītajā periodā (1957. līdz 1980.gads). Ziedēšana „*Baltajiem dzidrajiem*” periodā no1957. līdz 1980. gadam vidēji iestājusies 27. maijā, savukārt periodā no 1981. līdz 2003. gadam 21. maijā; *Antonovkai* attiecīgi 26. maijs (pirmajā periodā) un 19. maijs (otrajā periodā), *Rudens svītrainajiem* 25.maijs (pirmajā periodā) un 18.maijs (otrajā izdalītajā periodā).

Rudens fāzes – lapu dzeltēšana, krišana „*Baltajiem dzidrajiem*” periodā no 1981. gada līdz 2003. iestājušās agrāk (pirmajā periodā lapas dzeltē 17. oktobrī, otrajā periodā-6. oktobrī), savukārt „*Antonovka*” vēlāk – pirmajā periodā lapas vidēji krīt 18.

oktobrī, otrajā periodā 23. oktobrī, „*Rudens svīttrainajiem*” rudens fāzes otrajā periodā iestājas vidēji 2 dienas vēlāk.

Visām att. 3.3.6. apskatītajām sugām visbūtiskāk mainījušās pavasara fāzes kā lapu plaukšana un ziedēšanas sākums, piemēram, lapu plaukšana mainījies 8-10 dienu intervālā salīdzinot pirmo izdalīto periodu ar otro periodu.

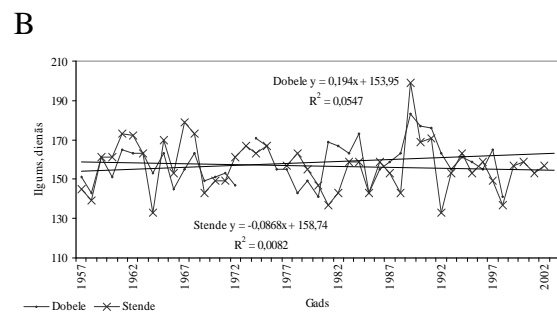
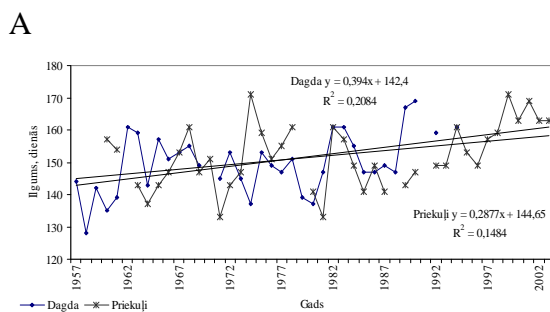
Augšanas sezonas ilgums (periods no lapu plaukšanas līdz lapu dzeltēšanai) analizētajā periodā ābelēm atšķiras pa šķirnēm, taču vidēji svārstās 150 dienu intervālā, *Baltajiem dzidrajiem* 157 dienas Stendē, *Antonovkai* 150 dienas Dagdā un 152 dienas Priekuļos un 158 dienas *Rudens svīttrainajiem* Dobelē.

3.3.5. tabula. Raksturīgās, minimālās un maksimālās ābeles *Malus domestica* augšanas sezonas ilguma vērtības un raksturlielumi. Periods: 1957.-2003.gads.

Stacija	Šķirne	N	Vidējais augšanas sezonas ilgums (dienās)	Īsākā sezona	Garākā sezona	Amplitūda	Korelācijas koeficients (r)	SD	MK-t * p<0.05, ** p<0.01	Taisnes regresijas koeficients
Stende	<i>Baltie dzidrie</i>	45	157	133	199	66	-0,09	13.0	-1.11	-0.09
Priekuļi	<i>Antonovka</i>	40	152	133	171	38	0.39	9.7	2.57**	0.28
Dagda	<i>Antonovka</i>	35	150	128	169	41	0.46	9.3	2.30*	0.39
Dobeļe	<i>Rudens svīttrainie</i>	41	158	141	183	42	0.23	10.3	1.30	0.19

MK-t – Mann Kendell testa rezultāti; treknrakstā – būtiskākās vērtības.

Visilgākais augšanas sezonas garums Dobelē, Stendē un Dagdā novērots 1989.gadā, Stendē sezonas ilgums bija 199 dienas, kas ir par 42 dienām ilgāk nekā periodā vidēji, Dobelē 183 dienas, t.i., 25 dienas ilgāk nekā Dobelē vidēji. Priekuļos garāka augšanas sezona fiksēta 1999.gadā. Īss augšanas periods ir bijis 1958.gadā Dagdā, kad augšanas sezona bija 128 dienas, Priekuļos un Stendē īsāka augšanas sezona novērota attiecīgi 1981.gadā Priekuļos un Stendē 1992.gadā – 133 dienas ilga, savukārt Dobelē īsākā sezona fiksēta 1980. gadā 141 dienas.



3.3.7. att. Augšanas sezonas ilgums. Ābele *Malus domestica*. A. Stende *Baltie dzidrie*; Dobeļe *Rudens svīttrainie*. B Priekuļi un Dagda *Antonovka*. Periods: 1957.-2003.gads.

Augšanas sezonas ilgums analizētajā periodā atsevišķās stacijās kā Priekuļos un Dagdā *Antonovkai* pagarinās (att. 3.3.7. un tab. 3.3.5.).

Augšanas sezonas ilgums ābelēm Stendes un Dobeļes stacijās nav būtiski mainījies, kā var redzēt attēlā 3.3.7. lineāras regresijas vienādojumā, determinācijas koeficienta vērtības ir zemas. Savukārt ābeles *Antonovka* augšanas sezonas ilgums ir

būtiski pagarinājies abās novērojumu stacijās gan Dagdā, gan Priekuļos. Dagdā augšanas sezonas ilgums vidēji pieaug par 0.4 dienām (lineārās regresijas vienādojuma dati, att.3.3.7.), determinācijas koeficienta vērtība 0.21, savukārt korelācija $r=0.46$, kas norāda, ka sakarība ir cieša. Arī Priekuļu stacijas dati rāda, ka sakarība ir cieša, korelācijas koeficienta vērtība $r=0.38$, gadā sezona pagarinās par 0.29 dienām. MK-t rezultāti apstiprina iepriekšminēto, MK-t vērtība Priekuļu stacijas datiem 2.5, savukārt Dagdas 2.3 ($p < 0.01$).

Datu analīze rāda, ka starp lapu dzeltēšanas sākumu un augšanas sezonas ilgumu pastāv ciešāka sakarība nekā starp lapu plaukšanu un ilgumu, tas nozīmē, ka ābelēm, augšanas sezonas ilguma izmaiņas lielākoties atkarīgas no rudens fāzes iestāšanās laika, tomēr arī starp lapu plaukšanu un sezonas ilgumu pastāv vidēji cieša sakarība.

Fāžu iestāšanās laiks savstarpēji korelē, piemēram, ja pumpurošanās fāze iestājas agrāk, tad arī lapu plaukšana iestāsies agrāk. Sakarības ciešums samazinās, pieaugot ilgumam starp fāzēm, piemēram, lapu plaukšanas sākums korelē ar ziedēšanu un augļu nogatavošanos, bet sakarība nav novērota starp lapu plaukšanu un rudens fāzēm – dzeltēšanu un lapu krišanu. Kopsakarības starp pavasara un rudens fāzēm nav novērotas.

Ābeles *Malus domestica* vidēji agrometeoroloģiskās stacijās pumpurojas no 6. līdz 18.aprīlim (atkarībā no šķirnes). Pēc ilggadīgajiem novērojumu datiem trends ir neitrāls vai arī negatīvs (Dobele, Dagda), savukārt lapu plaukšanas un ziedēšanas trends ir negatīvs vairums stacijās (izņemot Dagdu), ko apstiprina arī neparametriskā *Mann-Kendall* trenda testa rezultāti. Kopumā ābeles ziedēšana iestājas 1 līdz 3 dienas agrāk/desmitgadē. Lielākoties pavasara fāzēm agrākās vērtības fiksētas 20. gs. 90. gados, savukārt vēlākās – 70.,80.gados.

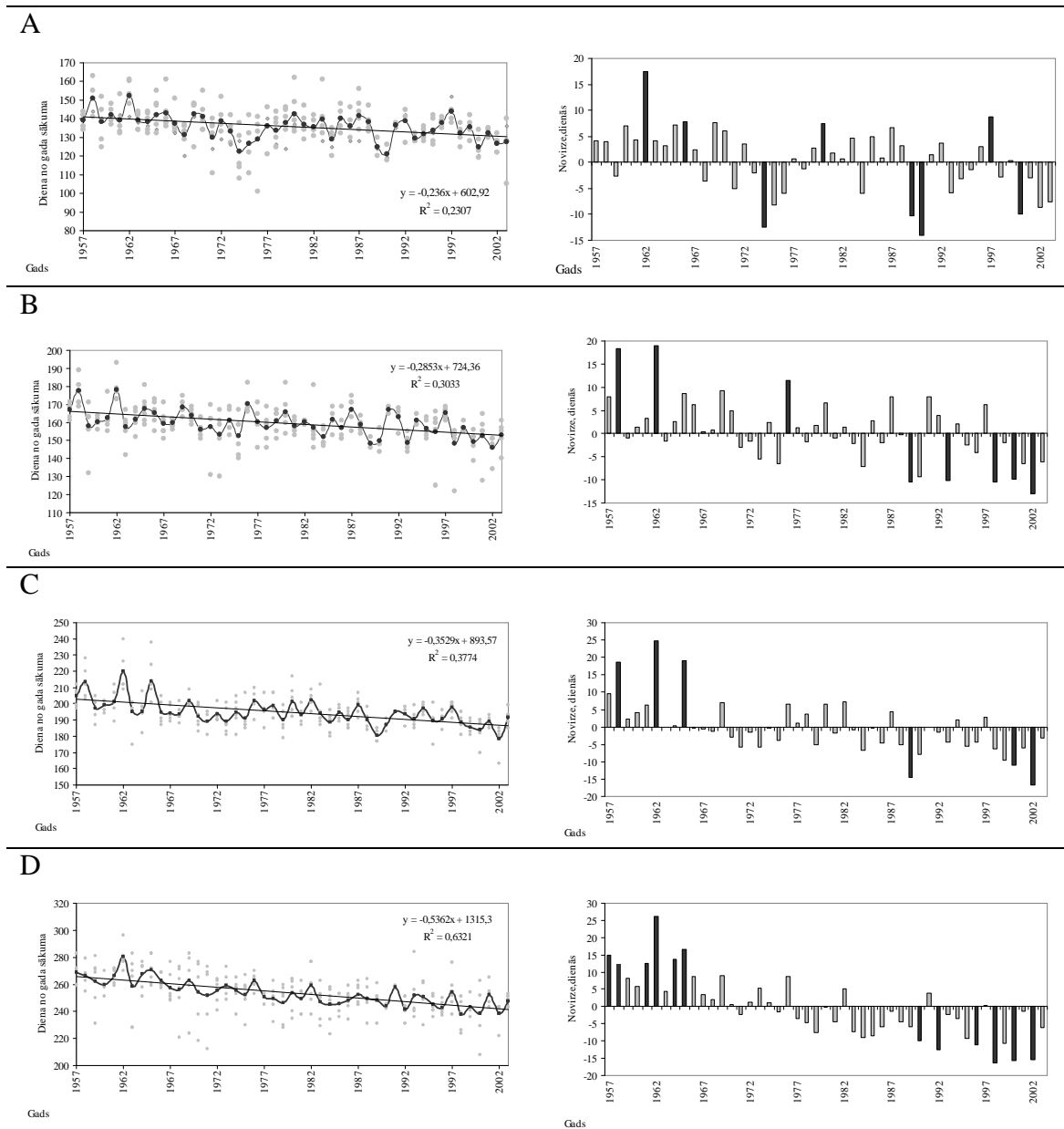
Lapu dzeltēšana, vidēji novērota no 6. līdz 14. oktobrim. Lapu dzeltēšanas trends Dobele un Priekuļu stacijās ir neitrāls, t.i, fāze nav mainījies, Dagdā – pozitīvs, savukārt Stendē – negatīvs.

Augšanas ilgums ābelei analizētajās stacijās ir vidēji 150 dienas, ar tendenci pagarināties, kas īpaši izteikts *Antonovka* šķirnei.

Kartupeļiem *Solanum tuberosum* analizētas 4 fāzes un to izmaiņas: stādīšanas laiks, pirmie asni, ziedēšanas sākums un novākšanas laiks visās 6 agrometeoroloģiskajās stacijās. Lai arī gadu no gada kartupeļu šķirnes atšķiras, kopumā ir iespējams raksturot tendences.

Vidēji **kartupeļi** tiek **stādīti** maija vidū (vidējā 6 staciju vērtība 15.maijs), 11.maijā kartupeļi tiek stādīti Stendē, vēlāk Viļakā un Dobelē – 18. un 19.maijā. Kartupeļu stādīšanas laiks analizētajā periodā ir mainījies, trends ir negatīvs (att.3.3.8.A). Lineārās regresijas vienādojums rāda, ka determinācijas koeficienta vērtība ir $R^2 = 0.23$, korelācijas koeficients $R = -0.48$, kas norāda, ka fāzes iestāšanās laiks mainījies būtiski, fāze iestājas -0.24 dienas/gadā agrāk.

Visagrāk kartupeļi ir stādīti 1989. un 1990. gadā (fiksētas lielākās negatīvas vērtības), visvēlāk – 1962.gadā, kad kartupeļu stādīšana notikusi 17 dienas vēlāk nekā vidēji, t.i., 2.jūnijā. Visbūtiskāk kartupeļu stādīšanas laiks mainījies Viļakā, Dagdā un Stendē, ko apliecina *Mann-Kendall* testa rezultāti, visās trīs stacijās MK-t vērtība < 1.96 .



3.3.8. att. Kartupeļu *Solanum tuberosum* fenoloģisko fāžu iestāšanās mainība un novirzes no vidējās ilggadīgās vērtības: A. Stādīšana, B. Pirmie asni, C. Ziedēšanas sākums, D. Novākšana. 6 agrometeoroloģisko staciju dati. Periods: 1957.-2003.gads.

Kartupeļu pirmie asni vidēji stacijās novēroti ap 8.jūniju, t.i., vidēji 23 dienas pēc stādīšanas. Reģionālās atšķirības starp stacijām ir 8 dienas: no 4.jūnija Priekuļos līdz 11.jūnijam Dobelē. Pozitīvās jeb vēlīe datumi lielākoties fiksēti 20.gs. 60.gados, savukārt agrās vērtības pēc 1989.gada. Visvēlākais pirmo asnu laiks ir fiksēts 1962.gadā, kad arī kartupeļu stādīšana aizkavējusies, savukārt agrākais gads ir bijis 2002., kad pirmie kartupeļu asni fiksēti 26.maijā 13 dienas agrāk nekā vidēji periodā.

Kartupeļu pirmo asnu laiks ir būtiski mainījies (att. 3.3.8. B), determinācijas koeficienta vērtība ir $R^2 = 0.33$, korelācijas koeficients $R = -0.55$, uz katru gadu fāze iestājas -0.28 dienas agrāk. Trends ir negatīvs, ko apliecina arī *Mann-Kendall* testa rezultāti, četrās (Stende, Zīlāni, Dagda, Dobeļe) no sešām stacijām MK-t vērtība < -1.96 .

Kartupeļu ziedēšanas sākums vidēji tiek fiksēts 14.jūlijā, vidēji 36 dienas pēc asnu parādīšanās un 59 dienas pēc stādīšanas. Agrie gadi ir bijuši 2002. un 1989.gads, kad kartupeļi ziedējuši attiecīgi 17 un 15 dienas agrāk, visvēlāk kartupeļu ziedēšana

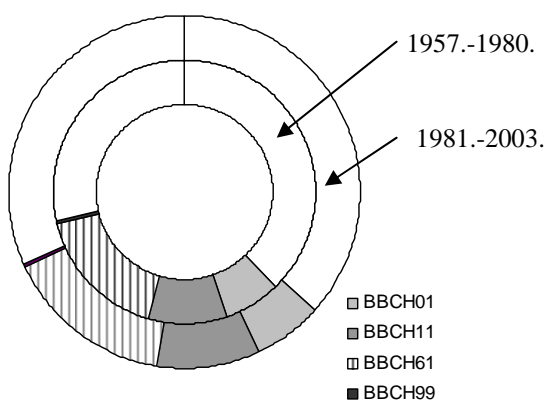
novērota 1962.gadā – 25 dienas vēlāk nekā vidēji periodā. No visām stacijām, agrāk kartupeļi zied Priekuļos un Zīlānos (10.jūlijs), vēlāk – Dobelē (18.jūlijs).

Kartupeļu ziedēšanas sākuma vērtības periodā ir būtiski mainījušās, jo kā var redzēt att. 3.3.8. C determinācijas koeficienta vērtība ir $R^2 = 0.38$, korelācijas koeficients $R = -0.61$, kas norāda, ka sakarība ir cieša. Trends ir negatīvs, ko apliecina arī *Mann-Kendall* testa rezultāti, visās stacijās (izņemot Priekuļus) MK-t vērtība < -1.96 . Kartupeļu ziedēšanas sākums iestājies agrāk par 0.35 dienām/gadā.

Kartupeļu novākšanas laiks periodā no 1957. līdz 2003. gadam no visām analizētajām kartupeļu fāzēm mainījies visbūtiskāk, vidēji 0.5 dienas uz katru gadu agrāk, ar determinācijas koeficienta vērtību $R^2 = 0.63$, korelācijas koeficienta vērtību $r = -0.8$. Četrās no 6 stacijām MK-t vērtība < -1.96 , kas parāda, ka sakarība ir būtiska un ticama. Vidēji kartupeļi tiek novākti 11.septembrī, t.i., 118 dienas pēc kartupeļu iestādīšanas, visagrāk kartupeļi tiek novākti Priekuļos 7.septembrī, visvēlāk Zīlānos (pēc 7 dienām). Periodā no 1957. līdz 1980.gadam vidēji kartupeļi tika novākti 17.septembrī, bet periodā no 1980. gada līdz 2003.gadam – 4.septembrī.

Visām kartupeļu fāzēm, arī kartupeļu novākšanai, agrākās, t.i., negatīvās vērtības fiksētas 20.gs. 90-tajos gados (att.3.3.8.).

Visas kartupeļu fenoloģiskās fāzes periodā no 1981.līdz 2003.gadam iestājušās agrāk (att. 3.3.9.) nekā 1957.-1980.gadam. Visbūtiskāk mainījies kartupeļu novākšanas laiks -12 dienas salīdzinot pirmo izdalīto periodu ar otro, ziedēšanas laiks mainījies par 8 dienām, pirmo asnu parādīšanās otrajā periodā sākusies 6 dienas agrāk. Vismazākās izmaiņas konstatētas kartupeļu stādīšanas laikam, kas vidēji otrajā periodā (1981.-2003.gads) novērots 4 dienas agrāk.



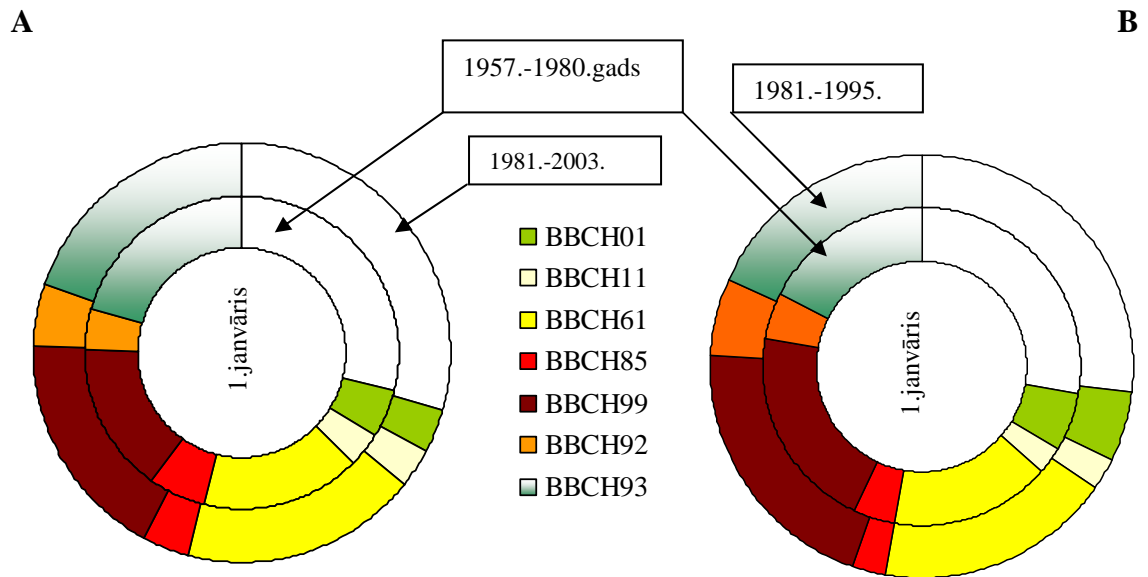
3.3.9. att. Fenoloģisko fāžu izmaiņas. Kartupeļi *Solanum tuberosum* 1957.-1980.gads; 1981.-2003.gads; 6 staciju vidējie dati):

BBCH01-stādīšanas laiks, BBCH11-pirmie asni, BBCH61-ziedēšana, BBCH99- novākšana.

Kopumā kartupeļiem *Solanum tuberosum* visu četru analizēto fenoloģisko fāžu laiks ir mainījies, gan stādīšanas laiks, gan pirmie asni, kā arī ziedēšana iestājas agrāk. Visbūtiskāk no analizētajām fāzēm mainījies kartupeļu novākšanas laiks, kartupeļi tika novākti vidēji 0.5 dienas uz katru gadu agrāk. Periodā no 1957.līdz 1980.gadam vidēji kartupeļi tika novākti 17.septembrī, bet periodā no 1980. gada līdz 2003.gadam – 4.septembrī. Vismazākās izmaiņas konstatētas kartupeļu stādīšanas laikam, kas vidēji otrajā periodā (1981.-2003.gads) novērots 4 dienas agrāk. Visām kartupeļu fāzēm agrākās, t.i., negatīvās vērtības fiksētas 20.gs. 90-tajos gados.

Jāņogu *Ribes rubrum* fenoloģiskās fāzes novērotas divās agrometeoroloģiskajās stacijās: Priekuļos un Zīlānos. Priekuļu agrometeoroloģiskajā stacijā novērojumi veikti

jāņogu šķirnei *Holande*, savukārt Zilānos šķirne nav zināma. Novērojumos fiksētas 7 fenoloģiskās fāzes.



3.3.10. att. Fenoloģisko fāžu izmaiņas jāņogai *Ribes rubrum*. 1957.-1980.gads; 1981.-2003.gads; A. Priekuļi un B. Zilāni.

Visas jāņogu fenoloģiskās fāzes (izņemot augļu nogatavošanās fāzi un lapu dzeltēšanas fāzi Priekuļu stacijā) otrajā izdalītajā periodā (1981.-2003) iestājušās nedaudz agrāk (att.3.3.10.). Priekuļu stacijā visvairāk mainījies jāņogas ziedēšanas sākums, trends ir negatīvs ($r = -0.31$). Vidēji jāņogas zied 14.maijā, taču otrajā izdalītajā periodā 4 dienas agrāk, t.i., 11.maijā. Pārējo fāžu iestāšanās laiki nav būtiski mainījušies. *Mann-Kendall* rezultāti apliecina, ka izmaiņas nav būtiskas, nevienai no fāzēm MK-t vērtība nepārsniedz -1.96.

Arī Zilānu stacijā lielākās novirzes fiksētas ziedēšanas fāzei, kā arī ogu novākšanas un lapu dzeltēšanas fāzei, kuru trendi ir negatīvi, bet nav statistiski ticami, jo nevienai no fāzēm MK-t vērtības nepārsniedz 1.96.

Visas pavasara un vasaras fāzes agrāk iestājas Zilānos un pēc 4-6 dienām Priekuļos, savukārt jāņogas lapu dzeltēšanas sākums un lapu krišana Priekuļu stacijā ir fiksēta agrāk nekā Zilānos.

Vidēji no pumpurošanās brīža līdz lapu plaukšanas sākumam paiet 16-20 dienas, pie tam sakarība starp šiem diviem lielumiem ir pozitīva un cieša, jo agrāk iestājas pumpuru piebriešana, jo agrāk iestājas lapu plaukšana. Jāņogas vidēji sāk ziedēt maija vidū Priekuļos un maija 1.dekādes beigās – Zilānos, no lapu plaukšanas līdz ziedēšanai paiet 10-12 dienas. Sakarība starp šiem lielumiem arī ir būtiska un cieša (korelācijas koeficienta vērtība >0.60). Visilgākais periods paiet no ziedēšanas brīža līdz ogu nogatavošanās sākumam, vairāk nekā 60 dienas, kā arī no novākšanas līdz lapu dzeltēšanai. Arī starp rudens fāzēm sakarība ir cieša, agrāks vai vēlāks lapu krišanas sākums ir saistīts ar lapu dzeltēšanas iestāšanos (5.pielikums).

Augšanas sezonas ilgums (periods starp lapu plaukšanu un dzeltēšanu) jāņogām ir 153 dienas Priekuļu stacijā un 160 dienas Zilānu stacijā. Augšanas sezonai ir tendence pagarināties, bet sakarība nav būtiska un cieša.

Garākā augšanas sezona fiksēta 179 dienas 1999.gadā Priekuļos un 1971.gadā Zilānos. Priekuļos īsākā sezona fiksēta 1972. gadā, kad ilgums bija 117 dienas, kas ir 36 mazāk nekā vidēji, savukārt Zilānos īsākā sezona bijusi 1960. gadā – 133 dienas, 27 dienas mazāk nekā Zilānos vidēji.

Jānogai *Ribes rubrum* raksturotas 7 fenoloģiskās fāzes un kā rāda datu analīze nevienai no fāzēm nav novērotas būtiskas izmaiņas. Priekuļos pavasara un vasaras fāzes iestājas vidēji 4-5 dienas agrāk nekā Zilānu stacijā, rudens fāžu iestāšanās raksturs ir pretējs. Zilānu stacijā augšanas sezona ir vidēji 7 dienas garāka nekā Priekuļos. Augšanas sezonai ir tendence pagarināties, bet tendence nav statistiski būtiska.

Auzas *Avena sativa* fenoloģija analizēta pēc Stendes agrometeoroloģisko novērojumu datiem, aprakstītas deviņas fenoloģiskās fāzes, sākot no sēšanas līdz novākšanai periodā no 1957. līdz 2002.gadam.

Stendē galvenokārt novērotas šķirne *Stendes dzeltenās* un *Laima*, abas ir vidēji vēlinas šķirnes. Dagdas novērojumu stacijā auzu attīstības fāzes novērotas no 1957. līdz 1985.gadam, līdzīgi kā Stendē, novērota šķirne *Stendes dzeltenās*. Dagdas novērojumu dati pētījumā izmantoti, lai ieskicētu reģionālas tendences pirmajā apakšperiodā no 1957. līdz 1980.gadam, bet auzas *Avena sativa* fenoloģija vispārīgi raksturota Stendes stacijai.

Stendes agrometeoroloģiskajā stacijā vidēji **auzas sētas** 27.aprīlī, agrākais sēšanas datums fiksēts 1974. gadā, kad Stendē auzas sētas 10.aprīlī, otra agrākā vērtība fiksēta 1990.gadā un 1981.gadā- 12.aprīlī, savukārt izteikti vēlu auzas sētas 1958.gadā, 23 dienas vēlāk nekā vidēji – 19.maijā (att.3.3.11.A). Auzu sēšanas laiks novērotajā periodā nav būtiski mainījies. Periodā no 1957.gada līdz 1980.gadam auzas sētas 26. aprīlī, otrajā apakšperiodā (1981.-2002.gadam) 28. aprīlī. Reģionālajam salīdzinājumam- Dagdas novērojumu stacijā pirmajā periodā auzas sētas 10.maijā.

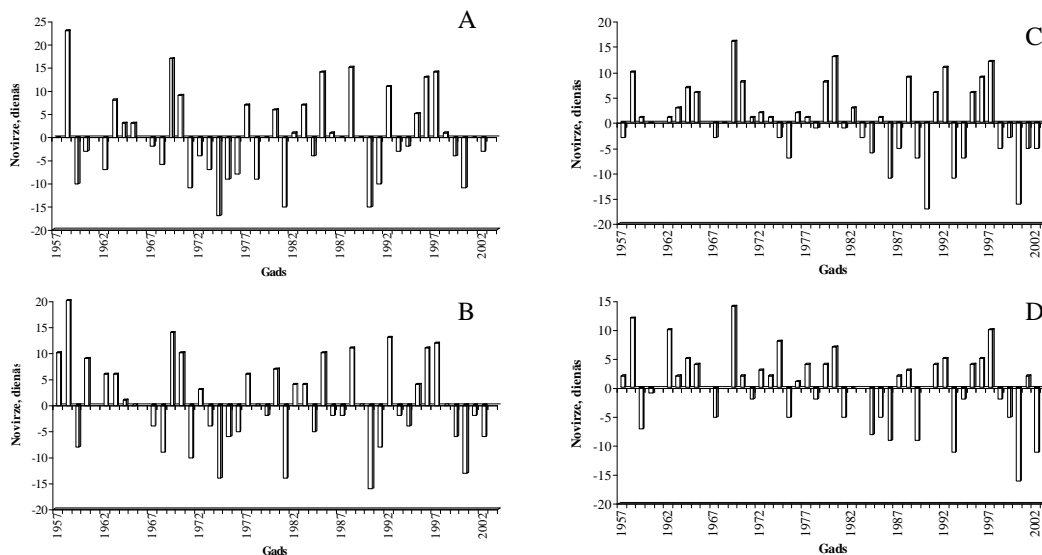
Auzu dīgšana vidēji notiek septiņas dienas pēc sēšanas, Stendes stacijā tas ir 4.maijs. Amplitūda starp agrāko un vēlāko dīgšanas vērtību ir 36 dienas, agrākā vērtība fiksēta 1990.gadā (att.3.3.11.C), kad auzu dīgšana novērota 18.aprīlī, t.i., 16 dienas agrāk nekā vidēji. Vēlais gads ir bijis 1958. gads, kad auzas sadīgušas tikai 23. maijā, 4 dienas pēc sēšanas, bet 20 dienas vēlāk nekā vidēji periodā. Dīgšanas sākuma trends ir neitrāls, t.i., nav būtiski mainījies ($r=0.20$), periodā no 1957.gada līdz 1980.gadam auzas dīga 5.maijā, otrajā apakšperiodā (1981.-2002.gadam) dienu agrāk 4.maijā. Dagdas novērojumu stacijā periodā no 1957. līdz 1980.gadam auzu dīgšana fiksēta 17.maijā.

Cerošana ir trešā novērotā attīstības fāze un vidēji Stendē cerošana fiksēta 25.maijā, t.i, vidēji 28 dienas pēc sēšanas. Kopumā visā analizētajā periodā cerošanas sākuma trendam ir negatīva tendence, t.i, cerošanas fāze tika novērota agrāk, bet korelācijas koeficientu un MK-t vērtības nav statistiski būtiskas. Periodā no 1957. līdz 1980. gadam Stendes stacijā cerošana fiksēta 28. maijā (Dagdā 5.jūnijā), savukārt otrajā apakšperiodā – 23.maijā, t.i., 5 dienas agrāk.

Visbūtiskāk mainījusies **stiebrošanās fāze**, kas vidēji Stendē fiksēta 2. jūnijā. Otrajā izdalītajā periodā - 31.maijā, pirmajā periodā līdz 1980. gadam auzas stiebrojas 6. jūnijā. Trends ir negatīvs ar korelācijas koeficienta vērtību $r=-0.34$, taču MK-t vērtība nav būtiska. Stiebrošanās sākums variē 30 dienu amplitūdā no 16.jūnija 1969.gadā, kad fiksēta visvēlākā vērtība līdz 16.maijam 2000.gadā, kad auzu stiebrošanās notikusi visagrāk (par 1990.gadu nav datu).

Arī stiebrošanās fāze Dagdā novērota vēlāk nekā Stendē, kas ir vidēji 5 dienas vēlāk, t.i., 11. jūnijā (periods 1957.-1980.gads).

Skarošanās vidēji novērota 28. jūnijā. Fāze var variēt vairāk nekā 40 dienu amplitūdā no 2.jūnija (1967. gads) līdz 14. jūlijam (1962.gads). Trends ir negatīvs, bet nav statistiski būtisks. Abos izdalītajos apakšperiodos auzu skarošanās laiks iestāties 28. jūnijā. Reģionālajam salīdzinājumam, izvērtējot Dagdas novērojumu stacijā iegūtos datus par pirmo periodu, ir konstatēts, ka auzas skarojas 3. jūlijā.



3.3.11. att. Novirzes no ilggadīgi vidējās vērtības (dienās); Auzas *Avena sativa* (1957. – 2002. gads) Stendes agrometeoroloģiskās stacijas dati.

A-sēšanas fāze; C-dīgšanas fāze; B-cerošanas fāze; D-stiebrošanās fāze.

Uz x ass – gads, uz y ass – novirze, dienās.

No **piengatavības fāzes**, kas vidēji Stendē iestājas 16.jūlijā līdz pilngatavībai 16.augustā, paiet 30 dienas. **Dzeltengatavība** vidēji novērota 6. augustā. Fāzes gadu no gadu stipri variē, tā piemēram, pilngatavība 1989. un 2002. gadā novērota jau 31. jūlijā, bet 1962. gadā tikai 30.septembrī. Gan piengatavības, gan dzeltengatavības un pilngatavības fāzei trends parāda negatīvu tendenci, fāzes vidēji tiek fiksētas agrāk, bet MK-t vērtības nepārsniedz 1.96, kas norāda, ka trends nav statistiski būtisks un negatīvs (6.pielikums).

Auzu novākšana vidēji notiek 25.augustā, kas ir 120 dienas pēc auzu sēšanas. Agrākais gads, kad auzu vākšana fiksēta jau 6.augustā, ir 1973.gads, savukārt visvēlākais gads ir bijis 1962. gads, kad auzas novāktas 8.oktobrī. Starpība starp agrāko un vēlāko novākšanas vērtību Stendes stacijā ir 63 dienas. Otrajā izdalītajā periodā auzu novākšana notiek agrāk,t.i, 14.augustā, pretstatā pirmajam periodam (1957.-1980.gads), kad auzu novākšana fiksēta 11 dienas vēlāk – 25.augustā. Trendam ir negatīva tendence, taču tas nav statistiski ticams, $r = -0.16$, MK-t -0.96 .

Augšanas sezonas ilgums (periods no sēšanas līdz novākšanai) vidēji ir 120 dienas. Augšanas sezonas ilguma trendam ir negatīva tendence, bet sakarība nav statistiski būtiska. Garākais augšanas sezonas ilgums ir fiksēts 1962. gadā (171 diena), galvenokārt saistīts ar vēlu novākšanu šajā gadā, jo auzu sēšana notikusi 20.aprīlī. Īsākā augšanas sezona fiksēta 1988. gadā, kad no auzu sēšanas līdz novākšanai pagājušas 96 dienas.

Auzu *Avena sativa* fenoloģiskās fāzes savā starpā ir cieši saistītas, bet sakarības ciešums samazinās ar katru nākamo fāzi, tā piemēram, sakarība starp sēšanas laiku un cerošanās sākumu ir 0.55, savukārt ar skarošanās fāzi 0.43. Auzu sēšanas laiks nekorelē ar auzu novākšanas laiku. Visciešāka korelācija jeb sakarība ir starp auzu sēšanas laiku

un dīgšanas sākumu ($r= 0.87$), starp piengatavību un dzeltengatavību ($r= 0.86$), kā arī starp skarošanos un piengatavības sākumu ($r= 0.80$).

Augšanas sezona auzām *Avena sativa* Stendē vidēji ir ~120 dienas, no auzu sēšanas, kas vidēji Stendē analizētajā periodā fiksēta 27.aprīlī līdz novākšanai 25.augustā. Analizēto fenoloģisko fāžu iestāšanās laiki savstarpēji cieši korelē, piemēram, ja auzu piengatavība iestājas agrāk, arī dzeltengatavība iestājas agrāk. Salīdzinot pa periodiem (1957.-1980.gads un 1981.-2002.gads), auzu fenoloģiskās fāzes iestājas agrāk, pie tam vēlākajām attīstības fāzēm izmaiņas ir izteiktākas, kopumā visām analizētajām fāzēm iestāšanās trendiem ir negatīva tendence, bet tie nav statistiski būtiski. Dagdā (pieejami dati par pirmo izdalīto apakšperiodu) visas pētījumā apskatītās fenoloģiskās fāzes fiksētas vēlāk nekā Stendē.

Veicot agrometeoroloģisko novērojumu datu analīzi jāņogām *Ribes rubrum* auzām *Avena sativa* konstatēts, ka jāņogu un auzu fenoloģisko fāžu iestāšanās laikiem ir tendence iestāties agrāk, bet fenoloģiskie trendi nav statistiski būtiski, no analizētajām deviņām auzas *Avena sativa* fenoloģiskajām fāzēm tikai stiebrošanās fāzei izmaiņas ir negatīvas un statistiski būtiskas. Jāņogas gadījumā būtiski, t.i., statistiski ticami, mainījusies tikai ziedēšanas fāze.

Ābeļu *Malus domestica* un kartupeļu *Solanum tuberosum* fenoloģiskie trendi vairums gadījumu uzrāda statistiski būtisku negatīvu tendenci, piemēram, kartupeļu novākšana analizētajā periodā iestājusies vidēji 0.5 dienas uz gadu agrāk (korelācijas koeficienta vērtība -0.8, kas parāda, ka sakarība ir cieša), āboli *Rudens svītrainie* Dobelē nogatavojas vidēji 0.5 dienas uz gadu agrāk.

Augšanas sezonas garumam ābelei, jāņogām un auzām ir tendence pieaug, bet sakarība būtiska tikai ābeles *Antonovka* (Dagdā, Priekuļu staciju dati) gadījumā.

3.3.3. Fenoloģisko fāžu raksturs references periodā (1971.-2000. gads)

Fenoloģiskās fāzes raksturotas 15 novērojumu punktos references jeb normas periodā 1971.-2000.gads. Pētījumā galvenokārt analizētas 15 novērojumu punktu vidējās vērtības, bet ieskicēts arī fenoloģisko fāžu raksturs atsevišķi novērojuma punktos.

Analizēti dati par 11 pavasara fāzēm astoņām sugām (marts-maijs), 7 sugām vasaras fāzēm (galvenokārt ziedēšanas sākums) un 4 sugu rudens fāzes – lapu dzeltēšanas un lapu krišanas sākums.

Pētījums daļēji apbrobēts: **Grišule, G.** 2008. Fenoloģisko rādītāju mainības raksturs. Red. M. Kļaviņš, *Klimata mainība un globālā sasilšana*, Latvijas Universitāte, Rīga, 100.-105. lpp.

Pirmā fenoloģiskā pavasara fāze ir **parastās lazdas** *Corylus avellana* **ziedēšana**, kas Latvijā vidēji fiksēta 24. martā, gandrīz reizē ar **baltalksni** *Alnus incana*. No visiem novērojumu punktiem lazdas un baltalkšņa ziedēšana visagrāk novērota piekrastes teritorijās – Rucavā un Nīcā, savukārt vēlāk Latvijas ziemeļu daļā - Alūksnē un Vidzemes augstienē (Jumurdā).

Visagrāk lazda un baltalksnis sāka ziedēt 1990. un 1989. gadā, vidēji 42-45 dienas agrāk nekā periodā vidēji, t.i., jau janvāra beigās un februāra sākumā. Vēlie pavasari bijuši 1980. un 1987. gadā (lazdas ziedēšanai) un 1985. un 1977. gadā (baltalkšņa ziedēšanai) (att. 3.3.12.).

Kopumā lazdas un baltalkšņa ziedēšanas iestāšanās laiks variē 66-67 dienu robežās (starpība starp vēlāko un agrāko fāzes iestāšanos), norādot, ka agrās pavasara fāzes variē daudz plašākā amplitūdā nekā vēlās pavasara fāzes.

Lazdas un baltalkšņa ziedēšanas sākuma trends ir izteikti negatīvs, $r_{N 15 \text{ lazda}} = -0.57$, $r_{N 15 \text{ baltalksnim}} = -0.50$, kas norāda, ka izmaiņas ir statistiski būtiskas, taisnes regresijas koeficienta vērtība -1.2, kas norāda, ka fāzes uz katru gadu iestājas 1.2 dienas agrāk (3.3.6. tabula).

Bērza *Betula pendula* sulu cirkulācijas sākums vidēji novērots 29. martā. Piekrastes teritorijās bērza sulu cirkulācija fiksēta 21.-24. martā, bet Alūksnē 1.aprīlī.

Bērza sulu cirkulācijas sākums, 30 gadu periodā visos novērojumu punktos visagrāk iestāties 1990.gadā, 30 dienas agrāk nekā vidēji periodā (29.februārī). Bērzu sulu cirkulācija vēlu (+12 dienas) iestājusies 1996. gadā un 1971.gadā.

Bērza sulu cirkulācija tiek fiksēta katru gadu agrāk vidēji par 0.48 dienām (3.3.6.tabula), kas nozīmē, ka fāzes iestāšanās laiks visā periodā mainījies 2 nedēļu intervālā. Korelācijas koeficienta vērtība ir -0.40, kas apstiprina sakarības ticamību un būtiskumu (att.3.3.12.). Visbūtiskākās izmaiņas ir novērotas piekrastes teritorijās (Engurē -7.8 dienas/10gadiem, Rucavā -7dienas/10gadiem). Atsevišķos punktos (Alūksne, Atašiene un Vērgale) bērza sulas cirkulācijas trends ir pozitīvs, t.i., fāze novērota vēlāk.

Ievas *Padus racemosa* un bērza *Betula pendula* lapu plaukšanas sākums vidēji Latvijā iestājas 24. aprīlī (ieva) un 1. maijā (bērzs).

Līdzīgi kā agrās pavasara fāzes, lapu plaukšana agrāk fiksēta Bārtavas līdzenumā, savukārt vēlāk nekā vidēji Vidzemes un Alūksnes augstienēs, kā arī Irbes līdzenumā. Kopumā ievas lapu plaukšanas iestāšanās vērtības variē 39 dienu amplitūdā, bērzam – 32 dienas.

Agrākās iestāšanās vērtības novērotas 1990. un 1989. gadā (att. 3.3.12.), savukārt vēlīe gadī bijuši 1980. un 1976., kā arī 1979.gads. Analizētajos punktos visvēlākā vērtība fiksēta 1976.gadā Dobelē, kad ieva sākusi plaukt 24 dienas vēlāk nekā vidēji Dobelē (arī citos punktos šis ir bijis vēls gads). Savukārt agrākās vērtības novērotas 1990.gadā Engurē, kad ieva ziedēt sākusi 21 dienu agrāk (11.martā) nekā vidēji Engurē. Lapu plaukšanas sākuma trends tāpat kā visām pavasara fāzēm ir negatīvs, $r_{N 15 \text{ ievai}} = -0.50$ un $r_{N 14 \text{ bērzam}} = -0.61$ (att. 3.3.12.).

Bērza ziedēšanas sākums vidēji Latvijā (pēc 15 punktu datiem) fiksēts 5.maijā. Bērza ziedēšana iestājas 16 dienu laikā, agrāk Latvijas teritorijas D, Barkavā 27. aprīlī, Dobelē, Dagdā, Atašienē, Rucavā – 5. maijā līdz 12. maijam Jumurdā. Arī bērza ziedēšanas agrākās vērtības visās stacijās, kā arī vidēji novērtas 1990.gadā, kad bērza ziedēšana vidēji fiksēta 21.aprīlī, t.i., 14 dienas agrāk nekā periodā vidēji. Starpība starp agrāko un vēlāko novēroto vērtību ir 25 dienas (vidējie dati), fāzes vēlākā vērtība fiksēta 16. maijā 1974. gadā.

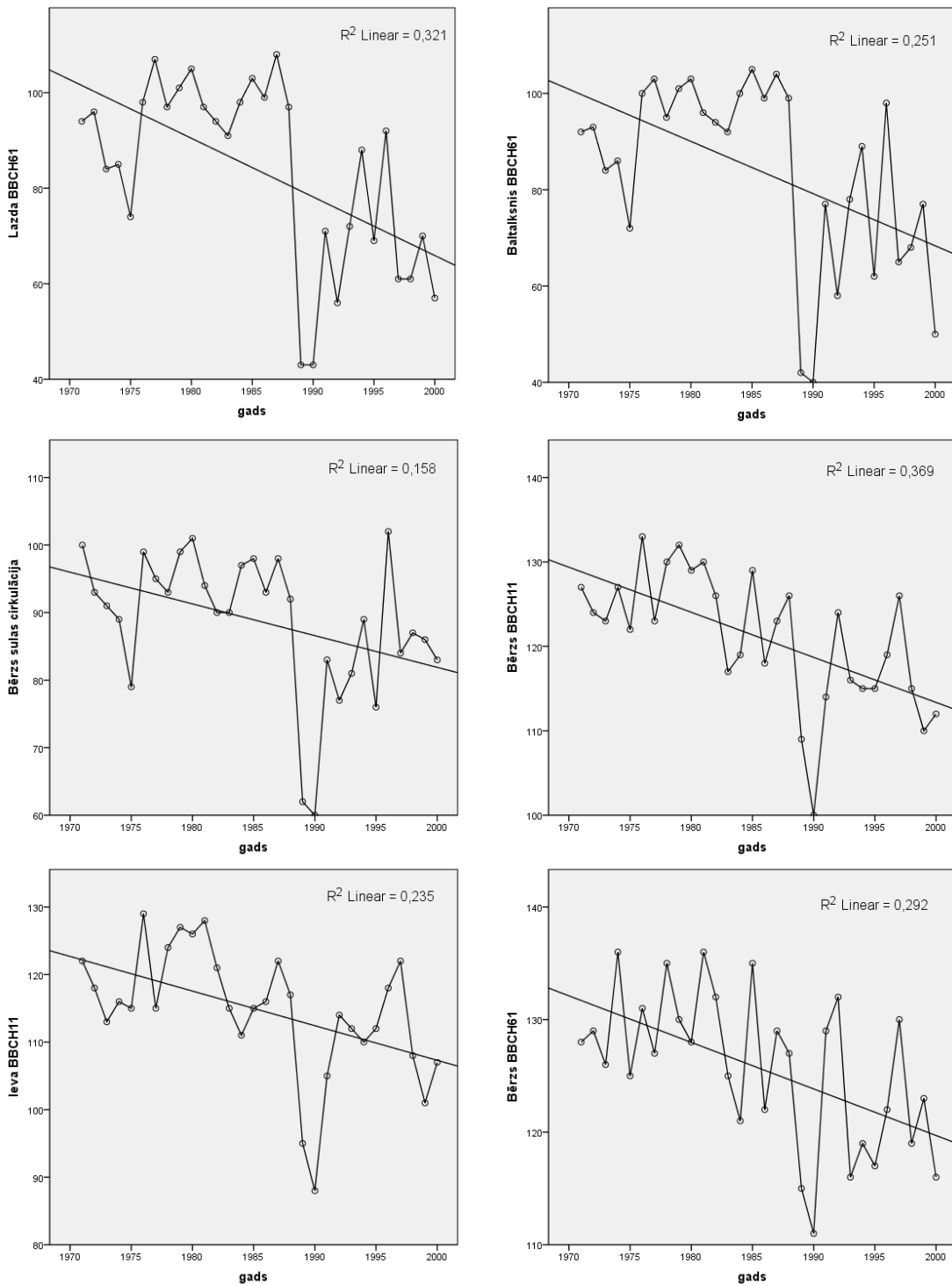
Fāzes iestāšanās trends ir negatīvs vai ar negatīvu tendenci visos novērojumu punktos, $r_{N 15} = -0.54$ ar taisnes regresijas koeficienta vērtību -0.45, kas rāda, ka fāze iestājas 4.5 dienas/desmitgadē agrāk (3.3.12.att. un tab. 3.3.6.).

Bērza ziedēšana vidēji tiek novērota 4 dienas pēc lapu plaukšanas brīža, interesanti, ka 1990.gadā starpība starp ziedēšanu un lapu plaukšanas sākumu bija 12 dienas.

Dziedniecības pienene *Taraxacum officinale* vidēji zied 11.maijā, arī pienenes ziedēšanas trends ir negatīvs, t.i., fāze iestājas agrāk nekā vidēji $r_{N 15} = -0.55$. No apskatītajiem novērojumu punktiem visagrāk pienene zied Nīcā (periodā vidēji 30.aprīlī, savukārt Rucavā 5. maijā), visvēlāk Mēdzūlā un Jumurdā (17. maijs).

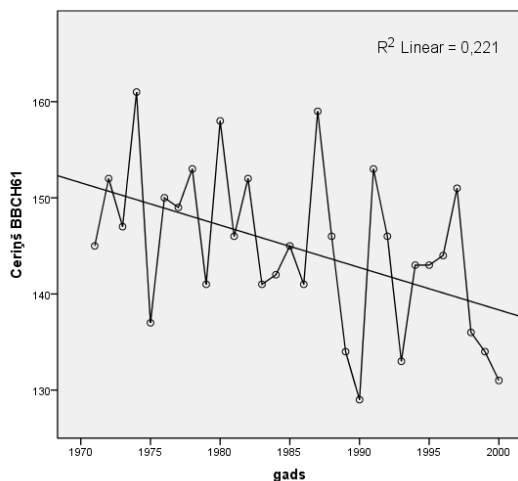
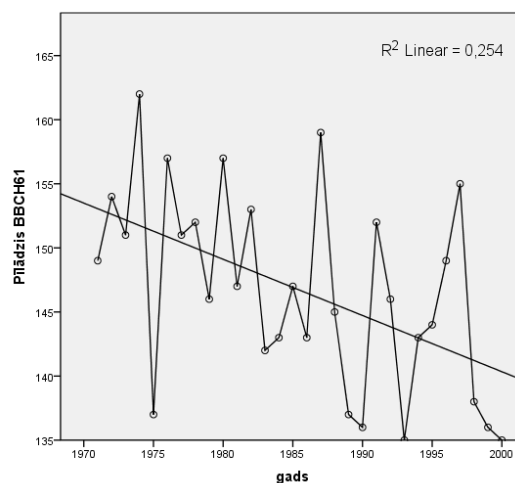
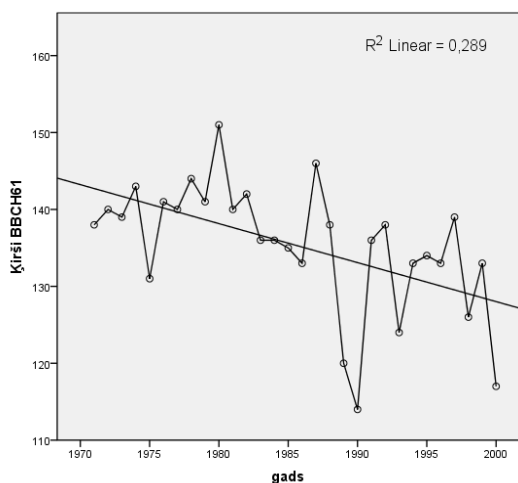
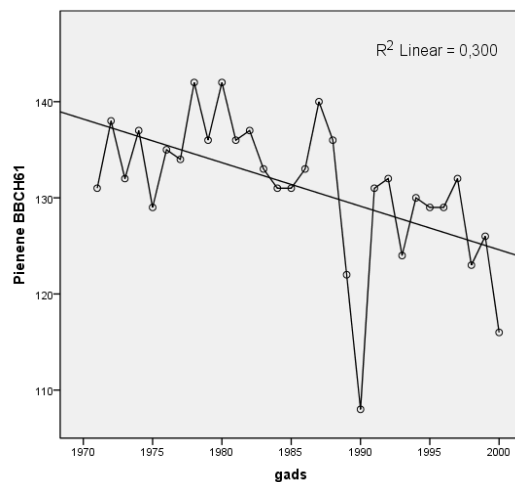
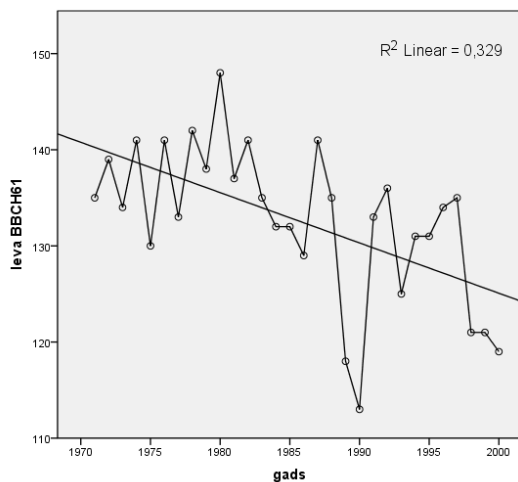
Arī pienenes ziedēšanas agrākās vērtības fiksētas 1990. gadā, vidēji 23 dienas agrāk, t.i., 18.aprīlī.

Ievas ziedēšanas sākums ir vēlā pavasara sākuma indikators, kas vidēji Latvijā vērojams 12.maijā. Līdzīgi kā visas pavasara fāzes, ievas ziedēšana visagrāk novērota Rucavas un Nīcas punktos, 10.-11. maijā, vēlāk Jumurdā un Alūksnē, attiecīgi 18. un 19. maijā. Ievas ziedēšanas iestāšanās laiks visā Latvijas teritorijā ir viena nedēļa, salīdzinot ar agrajām fenoloģiskajām pavasara fāzēm, kas variē līdz pat 30 dienām, piemēram, lazdas ziedēšanas sākums.



3.3.12. attēla sākums, sk. turpinājumu un parakstu nākamajā lapā.

Attēla turpinājumu, sk. sākumu iepriekšējā lapā.



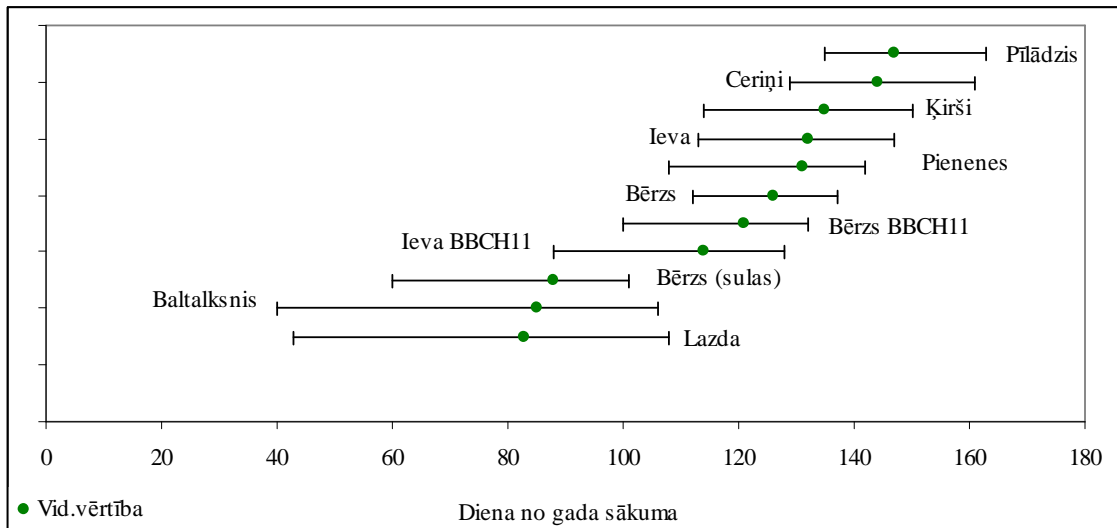
3.3.12. att. Pavasara fenoloģisko fāžu trendi. Periods: 1971-2000.gads. Vidējie 15 punktu dati. BBCH11-lapu plaukšanas sākums; BBCH61-ziedēšanas sākums.

Ievas ziedēšanas trends ir negatīvs, kas liecina, ka fāze iestājas agrāk, $r_{N15} = -0.58$, ar taisnes regresijas koeficienta vērtību -0.52 .

Līdzīgi kā visas iepriekš apskatītās fāzes, visagrāk ieva sākusi ziedēt 1990.gadā, vidēji 23.aprīlī, 19 dienas agrāk nekā vidēji periodā. Vidēji visvēlāk fāze novērota 1980.gadā, kad ieva ziedējusi 27. maijā, t.i., 2 nedēļas vēlāk.

Ķiršu ziedēšanas sākums (nav norādīts agrie vai vēlie) vidēji novērots 15. maijā, bet kopumā iestājas 11 dienu amplitūdā no 12. maija Dobelē līdz 23. maijam Jumurdā. Ziedēšanas trends ir negatīvs, t.i., ķiršu ziedēšana iestājas agrāk (att. 3.3.12.).

Savukārt **ceriņu** *Syringa vulgaris* ziedēšana Latvijā vidēji fiksēta 24. maijā, fāze tiek fiksēta aizvien agrāk, taisnes regersijas koeficienta vērtība ir -0.44 (3.3.6.tabula), kas norāda, ka fāze uz katru gadu iestājusies par 0.44 dienām agrāk. Ceriņu ziedēšanas trends ir negatīvs tāpat kā visām pavasara fāzēm, $r_{N15} = -0.47$.



3.3.13.att. Fenoloģiskais kalendārs. Pavasara fāzes. 15 punktu vidējie dati.

Periods: 1971.-2000. gads.

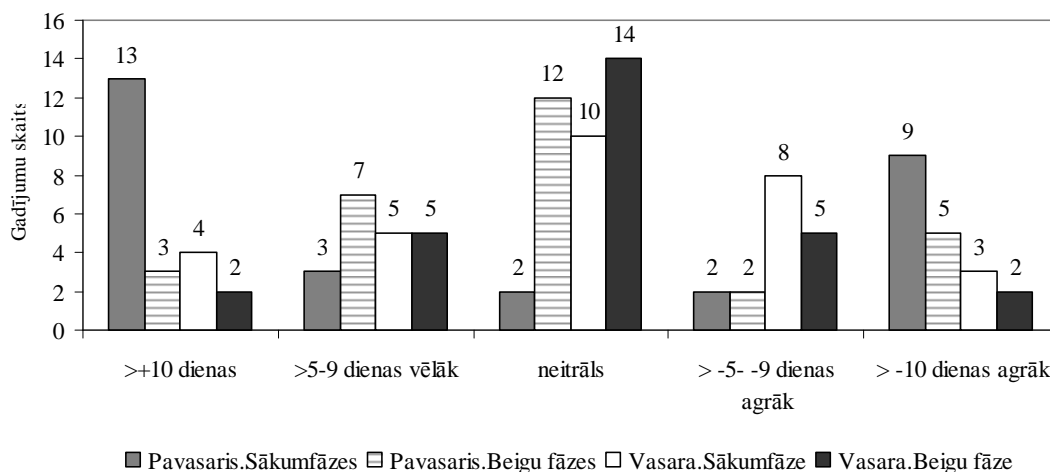
Atliktas ziedēšanas fāzes, 2 gadījumos lapu plaukšanas fāze, apzīmēta BBCH11. Bērza sulu cirkulācijas sākums apzīmēts kā Bērzs (sulas). Atlikta agrākā – raksturīgākā- vēlākā vērtība.

Parastā **pīlādža** *Sorbus aucuparia* ziedēšana ir vēlākā pavasara fāze. Visagrāk pīlādzis sācis ziedēt 2000.gada 14. maijā un nevis 1990.gadā kā citas pavasara fāzes, vēlāk -1974.gadā, 11. jūnijā, bet vidēji Latvijā ziedēšana novērota 26. maijā. Vidēji agrāka pīlādža ziedēšana ir Rucavā 23.maijā, vidēji vēlākā Alūksnē un Jumurdā, kā arī Popē – maija beigās. Vidēji fāze visā Latvijas teritorijā iestājas 1 nedēļas intervālā.

3.3.13. attēlā atliktas pavasara fenoloģisko fāžu raksturīgākās, agrākās un vēlākās vērtības, veidojot fenoloģisko kalendāru. Negatīvās jeb agrās vērtības, t.i., novirzes no vidējās vērtības vairāk izteiktas pavasara sākuma fāzēm, savukārt pavasara beigu fāzēm, kā, piemēram, pīlādža un ceriņa ziedēšanai pozitīvās novirzes ir izteiktākas nekā negatīvās. Tāpat attēlā 3.3.13. uzskatāmi redzams, ka pavasara sākuma fāžu ikgadējās variācijas (starpība starp vēlāko un agrāko vērtību) ir plašākas nekā pavasara beigu fāzēm.

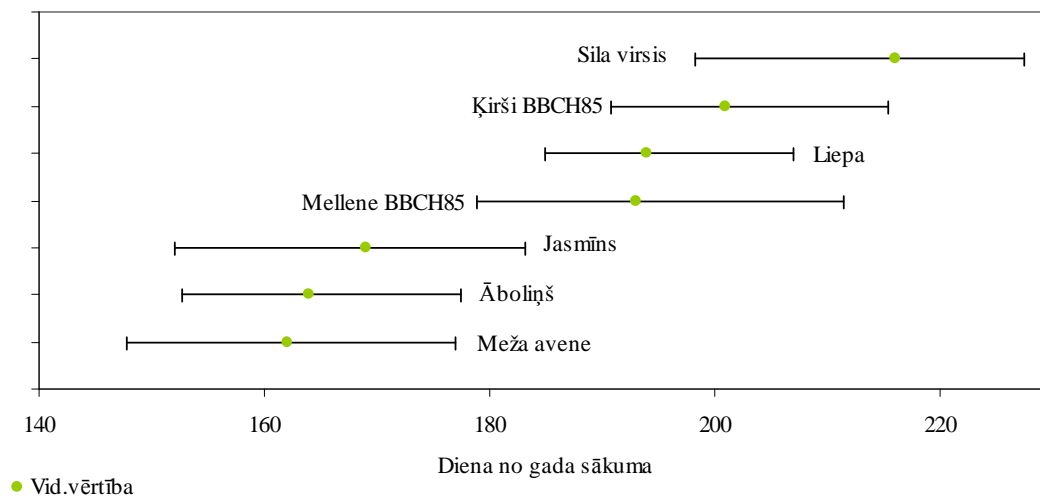
Pavasara sākuma fāzēm, kā lazdas un baltalkšņa ziedēšanas sākums, raksturīgās ekstremāli agras vai ekstremāli vēlas iestāšanās vērtības (att. 3.3.14.), savukārt pavasara beigu fāzes (šajā gadījumā ceriņu un pīlādža ziedēšanas sākums) lielākoties iestājas vidēji raksturīgajā laikā.

Jāatzīmē, ka ļoti agrās (> 10 dienas agrāk) vērtības fiksētas pēc 1990. gada. Pavasara sākumfāzēm no 9 gadījumiem 8 ir fiksēti analizētā perioda beigu posmā, savukārt beigu fāzēm visi 5 gadījumi novēroti pēc 1990.gada.



3.3.14.att. Pavasara un vasaras sākuma fāžu un beigu fāžu iestāšanās vērtību sadalījums klasēs (ļoti agrs – ļoti vēls). Vidējie 15 novērojumu punktu dati. N 30.

Vasarā fenologi fiksē meža avenes, āboliņa, jasmīnu ziedēšanu, par vasaras kulminācijas posmu tiek uzskatīta liepas ziedēšana, tiek novēroti ķiršu un mellenes, kā arī labības nogatavošanās (darbā nav apskatīta), sila virša ziedēšana ir pēdējā vasaras fāze (att. 3.3.15.).



3.3.15.att. Fenoloģiskais kalendārs. Vasaras fāzes. 15 punktu vidējie dati. Periods: 1971.-2000. gads. Atlikta ziedēšanas fāzes, 2 gadījumos augļu nogatavošanās fāze, apzīmēta BBCH85. Atlikta agrākā – raksturīgākā- vēlākā vērtība.

Meža avenes *Rubus idaeus* ziedēšanas sākums vidēji Latvijā fiksēts 11. jūnijā. Agrāk fāze iestājas Piejūras zemienes Bārtavas līdzenumā– Nīcā un Rucavā 8.jūnijā un Neretā 9. jūnijā, vēlāk Popē, Mēdzulā un Atašienē – 15. jūnijā.

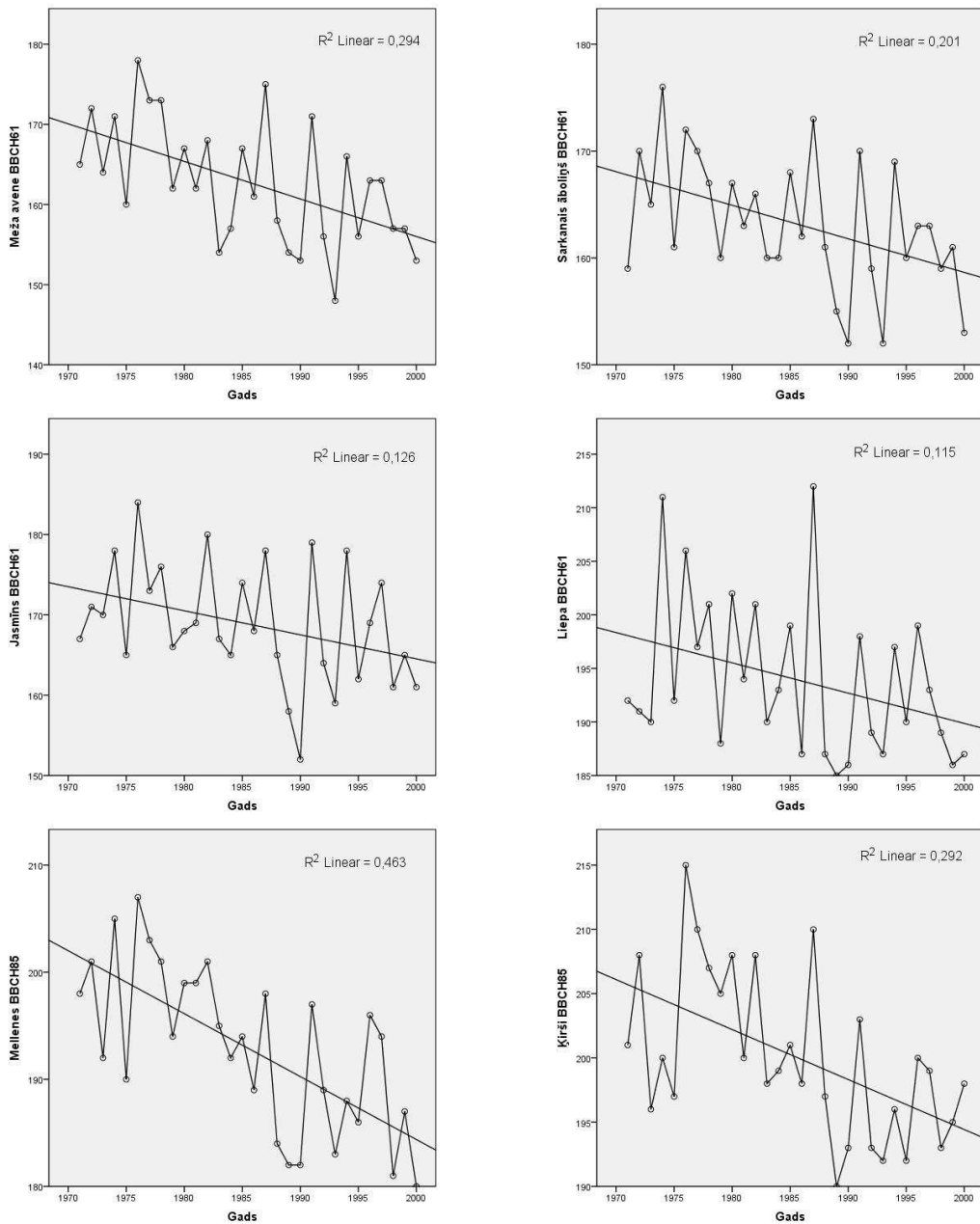
Analizētajā periodā visagrāk fenoloģiskā vasara iestājusies 1993. gadā, kad avenes sākušas ziedēt 2 nedēļas agrāk nekā vidēji, savukārt vēlā vasara ir bijusi 1976. gadā un 1987. gadā, kad ziedēšana fiksēta 24.-26. jūnijā, vidēji 2 nedēļas vēlāk. Kopumā amplitūda starp agrāko un vēlāko novēroto vērtību ir 29 dienas.

Fenoloģiskās vasaras sākuma trends kopumā pēc 14 novērojumu punktu datiem ir negatīvs (att.3.3.16.), t.i, meža avenes ziedēšanas sākums tiek novērots agrāk. Korelācijas koeficienta vērtība $r_{N 14} = -0.54$, taisnes regresijas koeficients -0.48 , kas

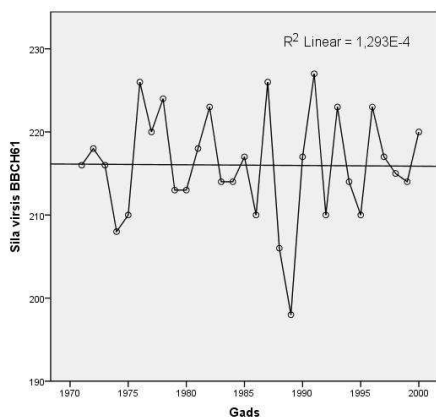
norāda, ka meža avenes vidēji sāk ziedēt agrāk par 4.8 dienām uz katru desmitgadi (3.3.6.tabula).

Sarkanais plavas āboliņš *Trifolium pratense* sāk ziedēt gandrīz vienlaicīgi ar meža aveni, t.i., 12. jūnijā. Agrāk āboliņš zied Nīcā (2.jūnijs) un Dobelē (7. jūnijs) un pēc 11 dienām Mēdzulā un Atašienē. 1993. un 2000. gadā novērotas agrākās āboliņa ziedēšanas vērtības, 1. jūnijā (vidējie punktu dati), savukārt vēl āboliņš ziedējis 1974. gadā, 13 dienas vēlāk nekā periodā vidēji, t.i., 25. jūnijā. Āboliņa ziedēšanas trends ir negatīvs, $r_{N14} = -0.45$.

Parastā jasmīna *Philadelphus coronaries* ziedēšana apskatītajos novērojumu punktos iestājas no 10. jūnija Rucavas punktā līdz 23. jūnijam Atašienē un 24. jūnijam Popē. Jasmīna ziedēšanas trendam ir negatīva tendence, $r_{N15} = -0.35$, kas norāda, ka fāze iestājas agrāk (sakarība nav būtiska) (tab.3.3.6.).



3.3.16. attēla sākums, sk. turpinājumu un parakstu nākamajā lapā.



3.3.16.att. Vasaras fenoloģisko fāžu izmaiņu tendi. Vidējie 15 punktu dati. Periods: 1971.-2000.gads.

Mellenes *Vaccinium myrtillus* nogatavošanās pēc 14 novērojumu punktu datiem ir 12. jūlijs, agrāk mellenes nogatavojas Rucavā un Dagdā (10.-12. jūlijs), vēlāk – Jumurdā un Vērgalē (23.-26. jūlijs). Analizētajā periodā visagrāk fāze iestājusies 2000. gadā, jau 28. jūnijā, savukārt vidēji visvēlākā vērtība fiksēta 1976. gadā, kad mellenes nogatavošanās novērota 25. jūlijā. Pēc 14 novērojumu punktu datiem trends ir negatīvs ($r_{N15} = -0.68$) (att.3.3.16.).

Fenoloģiskās vasaras vidu raksturo **liepas *Tilia cordata* ziedēšanas sākums**, kas Latvijā iestājas no 8.jūlija līdz 18. jūlijam. Vidēji liepas ziedēšanas sākums fiksēts 13.jūlijā un kopumā Latvijas teritorijā fenoloģiskās vasaras vidus iestājas 8-10 dienu intervālā.

Fenoloģiskās vasaras vidus trendam ir negatīva tendence, bet korelācijas koeficienta vērtība $r_{N14} = -0.34$, kas norāda, ka sakarība nav cieša (att.3.3.16.).

Liepas ziedēšanas sākums visagrāk tika fiksēts 1989.gadā, kad vidēji liepa sāka ziedēt 4.jūlijā, kas ir par 9 dienām agrāk nekā periodā vidēji. Agrie gadi ir bijuši arī 1999. un 2000.gads, kad liepa ziedējusi 5. jūlijā. Savukārt 1987.gads ir bijis vēlais gads, kad lielākajā daļā novērojumu punktu fiksēta vēlākā vērtība. 1987. gadā liepas ziedēšana novērota 18 dienas vēlāk nekā periodā vidēji.

Sila virša *Calluna vulgaris* ziedēšana ir fenoloģiskās vasaras beigu posma indikators, kas Latvijā vidēji vērojams 4.augustā. Visagrāk fāze iestājas Rucavā-23.jūlijā, Dagdā- 27.jūlijā un Mēdzulā- 29. jūlijā. Vēlāk ziedēšana fiksēta Vērgalē-12.augustā un Barkavā un Atašienē- 6.augustā.

Agri, 17.jūlijā sila virsis ziedējis 1989.gadā, kas ir 12 dienas agrāk nekā vidēji, savukārt vēlais gads ir bijis 1992.gadā, kad sila virša ziedēšana fiksēta 15.augustā, kas ir 18 dienas vēlāk nekā references periodā vidēji.

Virša ziedēšanas sākuma vērtība variē 30 dienu amplitūdā (starpība starp vēlāko un agrāko iestāšanās laiku), ar lielām reģionālām un ikgadējām atšķirībām. Piemēram, Mēdzulā virša ziedēšana variē 59 dienu, Rucavā 53 dienu amplitūdā. Arī gada griezumā vērojamas lielas atšķirības, piemēram, 1978.gadā Mēdzulā un Barkavā virša ziedēšana fiksēta 27. jūlijā, kamēr Atašienē 27.augustā, Vērgalē 20.augustā, kas iespējams skaidrojams ar dažādo zemes seguma/lietojuma veidu vai novērojuma vietas atrašanos purva vai meža malā.

Sila virša ziedēšanas trends ir neitrāls, t.i., nav būtiski mainījies (att.3.3.16.un 3.3.3.6.tabula), lai gan tendences atšķiras pa novērojumu punktiem, piemēram, Atašienē un Neretā trends ir negatīvs, savukārt Vērgalē – pozitīvs.

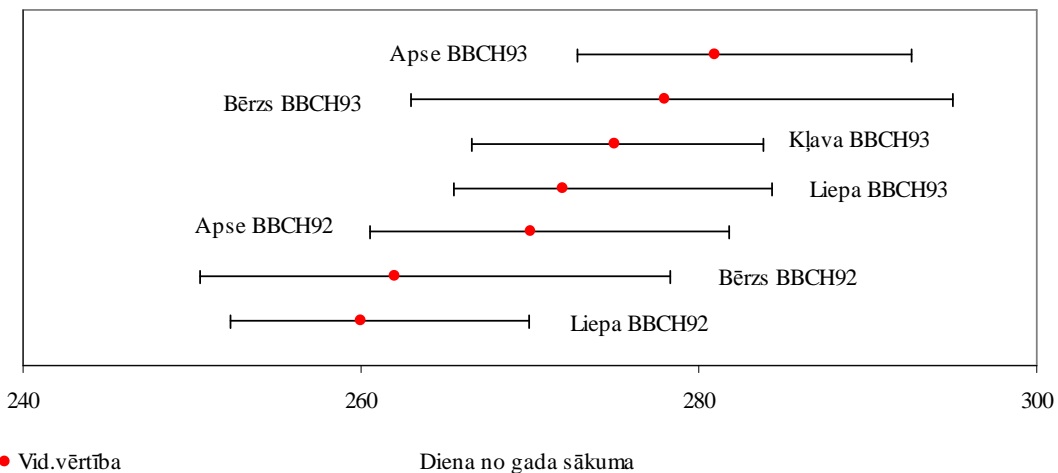
Vasaras fāzes lielākoties iestājas ilggadīgi vidējā laikā pretstatā pavasara fāzēm (att.3.3.14.), kas variē plašā amplitūdā. 14 gados no 28 jeb 50% gadījumu sila virsis, kas iezīmē vasaras beigu fāzi, iestāties kā vidēji ± 4 dienas. Tikai 4 gados fāze novērota vairāk nekā 10 dienas agrāk vai vēlāk. Vasaras sākuma fāzēm (šinī gadījumā meža

avenes ziedēšana) rakstrīga fāzes iestāšanās ar nobīdi ± 4 dienas, ka arī 8 no 30 gadiem, t.i., 27% gadījumu fāze iestājusies agrāk (5-9 dienas).

Lapu dzeltēšana ir rudens pirmā fāze. No trīs analizētajam sugām- bērzs, liepa, apse – agrāk lapas dzeltē liepai – 17. septembrī. Āra bērza lapu dzeltēšana vidēji tiek novērota ap 18.septembri no 4. septembra Jumurdā līdz 3.oktobrim Dagdā. Apse lapu dzeltēšana novērota 25. septembrī (att.3.3.17. un 3.3.18.; 3.3.3.6.tabula).

No pētījumā apskatītajiem punktiem, visagrāk liepas lapu dzeltēšana analogi kā bērzam novērota Jumurdā 3.septembrī, vēlāk –Dagdā 30.septembrī. Savukārt apse visvēlāk dzeltē Dobelē 13. oktobrī (nav datu par abām iepriekš minētajām sugām), savukārt visagrāk Engurē, Jumurdā un Mēdzulā – 16.septembrī. Liepas lapu dzeltēšanas sākuma vērtības variē 18 dienu apmītūdā: agrākā lapu dzeltēšana (vidējie 14 punktu dati) novērota 1999.gadā 10.septembrī, savukārt vēlākā 1992. gada 27.septembrī. Savukārt apse dzeltēšanai starpība starp agrāko un vēlāko vidējo fiksēto vērtību ir lielāka nekā liepai 25 dienas no 18.septembra, kas ir vidēji agrākā vērtība (novērota 1981.gadā līdz 9.oktobrim 1992. gadā, kad arī liepa sākusi dzeltēt vēlū).

Lapu dzeltēšanas trends visām trīs sugām ir neitrāls, t.i., iestāšanās laiks nav mainījies, bet ar lielām atšķirībām starp novērojumu punktiem, piemēram, liepas lapu dzeltēšanas trends Dagdā un Vērgalē ir izteikti negatīvs, t.i, lapu dzeltēšana vērojama agrāk ($r_{Dagda} = -0.60$; $r_{Vērgale} = -0.51$), savukārt Alūksnē un Rucavā pozitīvs, t.i., fāze iestājas vēlāk. Apse lapu dzeltēšanas trends negatīvs ir Alūksnē, Atašienē un Vērgalē, savukārt pozitīvs – Rucavā, Snēpelē, Jumurdā un Matīšos.



3.3.17.att. Fenoloģiskais kalendārs. Rudens fāzes. 15 punktu vidējie dati. Periods: 1971.-2000. gads. Atliktas 2 fāzes: BBCH 92 lapu dzeltēšanas sākums, BBCH 93 lapu krišanas sākums. Atlikta agrākā – raksturīgākā- vēlākā vērtība.

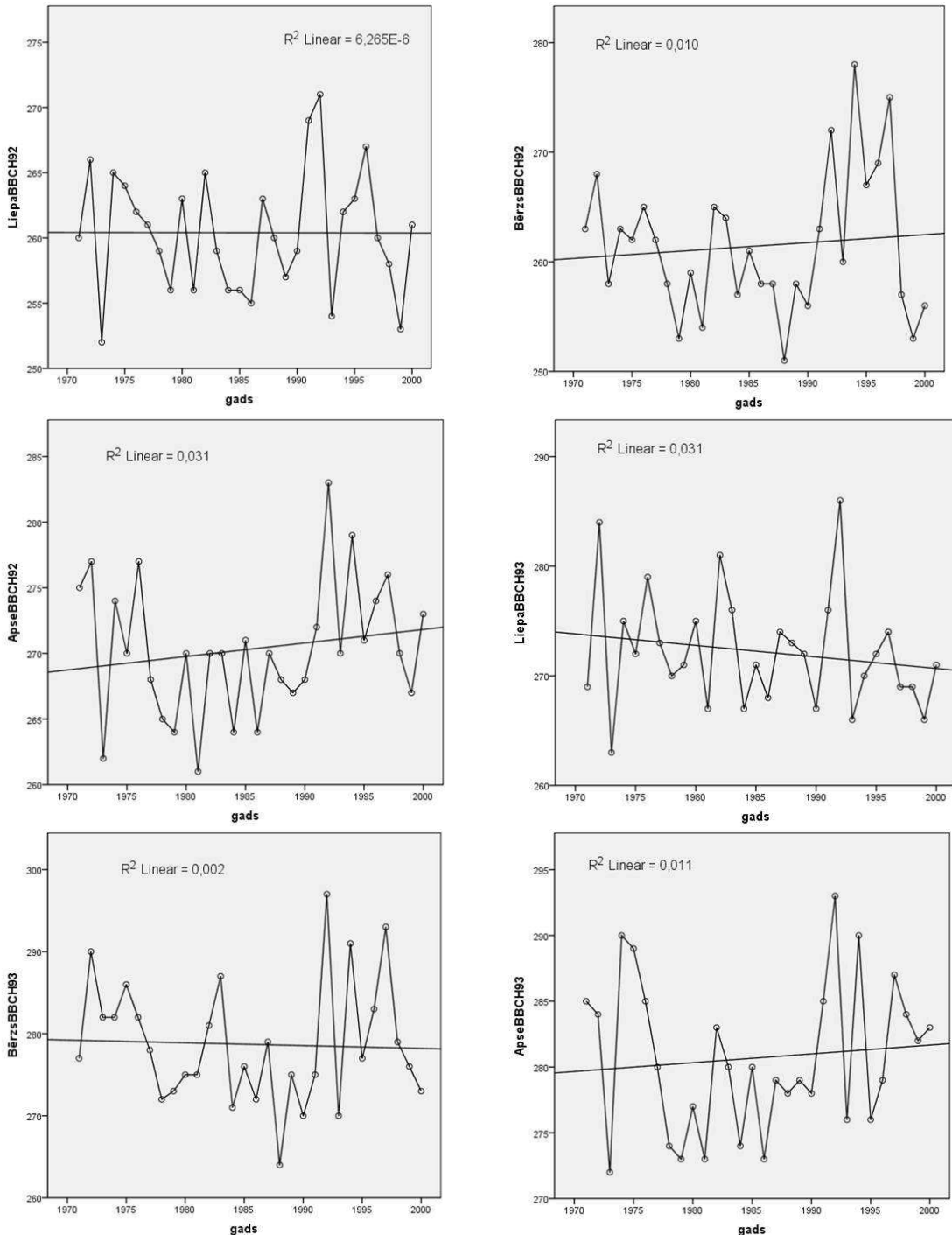
Liepas **lapu krišanas sākums** pēc 13 punktu datiem, vidēji notiek 29. septembrī, agrāk lapas krīt Jumurdā un Nīcā (19.-20. septembris), savukārt vēlāk – Dagdā un Dobelē 13. oktobrī, kopumā reģionālās atšķirības 24 dienas.

Kļavas lapu krišanas sākums vidēji fiksēts 1. oktobrī un iestājas no 25. septembra Engurē un Mēdzulā līdz 14. oktobrim Dagdā. Perioda agrākā lapu krišanas vērtība ir 1986. gada 23. septembris, savukārt vēlū fāze novērota 1997. un 1994. gadā, kad lapas sākušas krist vidēji 10. oktobrī.

Bērza lapu krišanas sākums vidēji Latvijā ir 5.oktobris. Līdzīgi kā bērza lapu dzeltēšanai (bērzi sāka dzeltēt 7.septembrī), visagrāk lapas bērzam sāka krist 1988.gadā jau 20.septembrī. Lapas vēlū sākušas krist 1992.gadā, vidēji 23.oktobrī. Vidēji agrāka

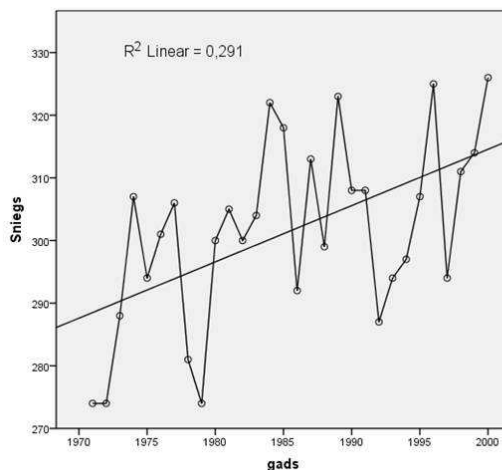
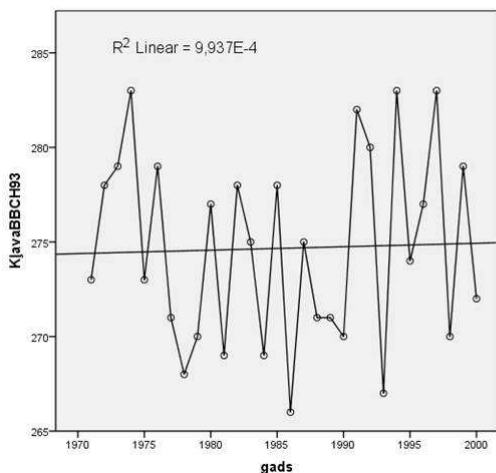
bērza lapu krišana novērota Nīcā (21.septembris), Popē (28.septembris) un Engurē (26.septembris), vidēji vēlāk lapu krišana fiksēta Dagdā (18.oktobris) un Alūksnē (12.oktobris). Kopumā lapkritis bērzam Latvijas teritorijā iestājas 26 dienu laikā, lai gan gadu no gada iestāšanās vērtības variē plašākā amplitūdā, t.i, starpība starp vēlāko un agrāko vērtību ir 32 dienas vidēji.

No analizētajām sugām, apsēs lapu krišanas sākums novērots visvēlāk, vidēji 8. oktobrī, bet fāzes iestāšanās laiks pa novērojumu punktiem variē 23 dienu amplitūdā agrāk lapu krišana novērota Mēdzulā, Engurē (26.-30. septembris) un kā visām rudens fāzēm vēlākās vērtības novērotas Dobelē, Dobelē, kur vidēji apsēs lapas krīt 19. oktobrī. 1992. gadā tāpat kā dzeltēšanai tā arī lapu krišanai novērota vidēji visvēlākā vērtība, 19. oktobris, savukārt agrs gads ir bijis 1981. gads, kad fāze iestājusies jau 30. septembrī.



3.3.18. attēla sākums, sk. turpinājumu un parakstu

Attēla turpinājumu, sk. sākumu iepriekšējā lapā.



3.3.18.att. Rudens fenoloģisko fāžu izmaiņu tendi. Vidējie 13 punktu dati. Periods:1971.-2000.gads.

No analizētajām sugām visām lapu krišanas sākuma trends ir neitrāls (3.3.6.tabula), bet līdzīgi kā lapu dzeltēšanai tendences atšķiras novērojumu punktu griezumā. Piemēram, Rucavā un Snēpelē bērzu lapu krišana tiek fiksēta vēlāk ($r = >0.65$, taisnes regresijas koeficienta vērtības >1 diena/gadu, savukārt Atašienē bērzu lapu krišana tiek novērota agrāk ($r = -0.56$), taisnes regresijas koeficienta vērtība -0.8).

Kļavas lapu krišana Neretā un Atašienē iestājas agrāk, korelācijas koeficienta vērtības negatīvas, $r_{\text{Atašiene}} -0.50$, $r_{\text{Nereta}} -0.36$, savukārt Rucavā, Vērgalē, Matīšos – vēlāk. Atašienē, Alūksnē un Neretā apses krišanas trends ir izteikti negatīvs, savukārt Rucavā, Snēpelē un Matīšos – pozitīvs.

Analizējot kopumā 25 fenoloģiskās fāzes references periodā (1971.-2000.gads), secināts, ka visām apskatītajām fāzēm iestāšanās laiks ir mainījies, fāžu sākuma tendi lielākoties ir negatīvi (pavasara fāzes un vasaras sākuma fāzes) vai tiem ir negatīva tendence (vasaras vidus un vasaras beigu fāzes). Rudens fenoloģisko fāžu iestāšanās trends kopumā ir neitrāls, bet ar lielām starpnovērojumu punktu atšķirībām, atsevišķos punktos lapu dzeltēšana un krišana fiksēta agrāk (trends negatīvs), atsevišķos – vēlāk (trends pozitīvs).

Agro jeb pirmo pavasara fāžu iestāšanās laiks variē daudz plašākā amplitūdā nekā pavasara beigu vai vasaras sākuma fāzes, kā arī pavasara sākumfāzēm daudz raksturīgākas ir ekstrēmi agrās novirzes no perioda vidējām vērtībām, pie tam izteikti agrās fāzes (vairāk nekā 10 dienas agrāk) lielākoties novērotas pēc 1990.gada.

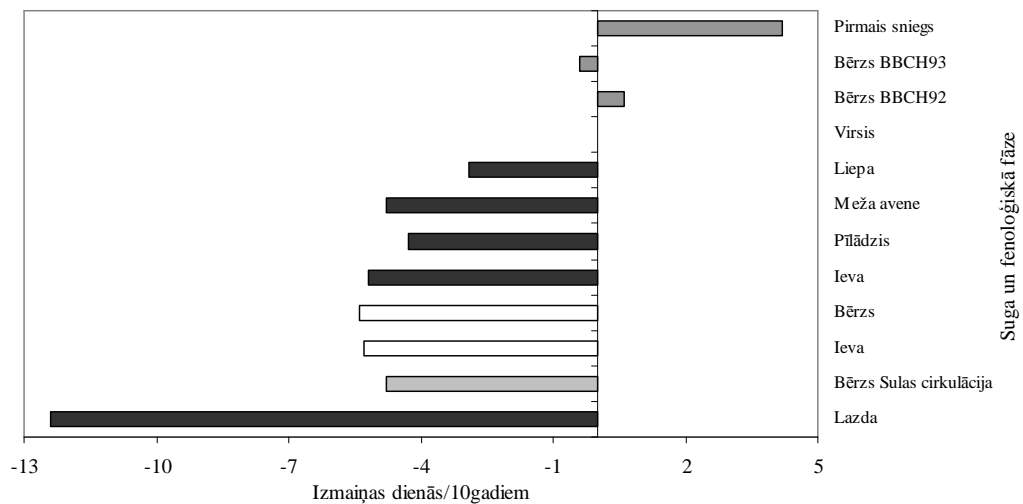
Visas pavasara fāzes visagrāk iestājušās 1990.gadā, savukārt vēlie gadi variē pa fāzēm un pa novērojumu punktiem, t.i., nav iespējams izdalīt vienu izteikti vēlu gadu. Vasaras fāzes agri iestājušās 2000.gadā, kā arī 1989. gadā, savukārt vēlie gadi ir bijuši 1976. un 1978. gads, kas visā Eiropā ir bijis salīdzinoši auksts, līdz ar to augu attīstība ir aizkavējusies. Rudens fāzēm savukārt izdalās viens izteikti vēls gads, 1992. gads.

Agro pavasara fenoloģisko fāžu iestāšanās laiks ir mainījies būtiskāk nekā rudens fāzēm (att.3.3.19.), piemēram, lazdas ziedēšanas sākums references periodā mainījies 12 dienu intervālā, t.i, lazda zied agrāk, vidēji par 1.2 dienām uz katru gadu. Pirmais sniegs pēc brīvprātīgo fenologu novērojumiem periodā mainījies 4 dienu intervālā.

3.3.6.tabula. Pavasara, vasaras un rudens fenoloģisko fāžu raksturīgākais, agrākais un vēlākais fāzes iestāšanās laiks, fāžu izmaiņas raksturojošā statistika. 15 novērojumu punktu vidējie dati. 1971.-2000.gads.

Sezona	Suga	Fāze	Raksturīgākā vērtība	Agrākā	Vēlākā	Amplitūda, dienās	Korelācijas koeficients (r)	Taisnes regresijas koeficients (d/10gadiem)	SD	MK-t * -p<0.05, ** - p<0.01
Fenoloģiskais pavasaris	Parastā lazda	BBCH61	24.Mar	12.Feb	18.Apr	67	-0.57**	-12.4	19.3	-2.50**
	Baltalksnis	BBCH61	25.Mar	09.Feb	15.Apr	66	-0.50*	-11.9	20	-2.00*
	Āra bērzs	Sulas cirkulācija	29.Mar	29.Feb	11.Apr	42	-0.40*	-4.8	10.4	-2.41**
	Parastā ieva	BBCH11	24.Apr	29.Mar	08.Mai	39	-0.50**	-5.3	9.5	-2.83**
	Āra bērzs	BBCH11	01.Mai	10.Apr	12.Mai	32	-0.61**	-5.4	7.8	-3.45**
	Āra bērzs	BBCH61	05.Mai	21.Apr	16.Mai	25	-0.54**	-4.5	6.9	-2.50**
	Dziedniecības pienene	BBCH61	11.Mai	18.Apr	22.Mai	34	-0.55*	-4.6	7.3	-3.35**
	Parastā ieva	BBCH61	12.Mai	23.Apr	27.Mai	33	-0.58**	-5.2	8.0	-3.01**
	Ķirsis	BBCH61	15.Mai	24.Apr	30.Mai	35	0.54**	-5	8.4	-3.23**
	Ceriņš	BBCH61	24.Mai	09.Mai	10.Jūn	31	-0.47**	-4.4	7.9	-2.43*
	Parastais pīlādzis	BBCH61	26.Mai	14.Mai	11.Jūn	28	-0.50**	-4.3	7.7	-2.69**
	Fenoloģiskā vasara	Meža avene	BBCH61	11.Jūn	28.Mai	26.Jūn	29	-0.54**	-4.8	7.6
Sarkanais pļavas āboliņš		BBCH61	12.Jūn	01.Jūn	25.Jūn	25	-0.45*	-3.2	6.2	-2.31*
Parastais jasmīns		BBCH61	18.Jūn	01.Jūn	02.Jūl	31	-0.35	-3.1	7.7	-2.06*
Mellene		BBCH85	12.Jūl	28.Jūn	25.Jūl	27	-0.68**	-5.8	7.5	-
Parastā liepa		BBCH61	13.Jūl	04.Jūl	31.Jūl	27	-0.34	-2.9	7.4	-2.06*
Ķirši		BBCH85	19.Jūl	09.Jūl	02.Aug	25	-0.54**	-4.1	6.4	-2.9**
Sila virsis		BBCH61	04.Aug	17.Jūl	15.Aug	29	-	0.0	19.2	0.04
Fenoloģiskais rudens	Parastā liepa	BBCH92	17.Sep	10.Sep	27.Sep	18	-0.003	-0.40	4.4	-0.45
	Āra bērzs	BBCH92	18.Sep	07.Sep	05.Okt	28	0.09	0.6	6.4	-0.38
	Parastā apse	BBCH92	27.Sep	18.Sep	09.Okt	21	0.17	0.63	4.8	0.90
	Parastā liepa	BBCH93	29.Sep	23.Sep	12.Okt	19	-0.17	-1.8	4.8	-1.13
	Parastā kļava	BBCH93	01.Okt	23.Sep	10.Okt	17	0.03	0.23	5	0.07
	Āra bērzs	BBCH93	05.Okt	20.Sep	23.Okt	33	-0.04	-0.4	7.5	-0.72
	Parastā apse	BBCH93	08.Okt	30.Sep	19.Okt	20	0.10	0.08	5.6	0.45
	Pirmais sniegs		30.Okt	08.Okt	20.Nov	43	0.539**	4.2	11.9	2.82**

** ticamības līmenis 0.01; *ticamības līmenis 0.05; treknrakstā statistiski būtiskas vērtības.; MK-t – Mann Kendell testa rezultāti.



3.3.19.att. Fenoloģisko fāžu iestāšanās laika izmaiņas dienās/10gadiem. Vidējie 15 punktu dati, periods: 1971.-2000. gads.

Melns – BBCH61, balts - BBCH11

Pētījumā konstatēts, ka agrajām pavasara fāzēm, kā lazdas un baltalkšņa ziedēšanas sākums pastāv būtiska korelācija starp vietas lokalizāciju un fāzes iestāšanos R-A virzienā. Agrās pavasara fāzes piekrastē iestājas agrāk nekā no piekrastes attāļajos punktos ($r > 0.6$).

Pavasara vidus un beigu fāzēm kā ievas lapu plaukšana, ziedēšanas sākums un ceriņu un pīlādžu ziedēšana korelē ar vietas novietojumu D-Z virzienā, t.i. iepriekšminētās fāzes teritorijas D daļā iestājas agrāk nekā Z. Citām sugām un fāzēm statistiski būtiska kopsakarība starp lokalizācijas vietu un iestāšanās laiku netika konstatēta.

3.3.4. Augšanas sezonas mainība

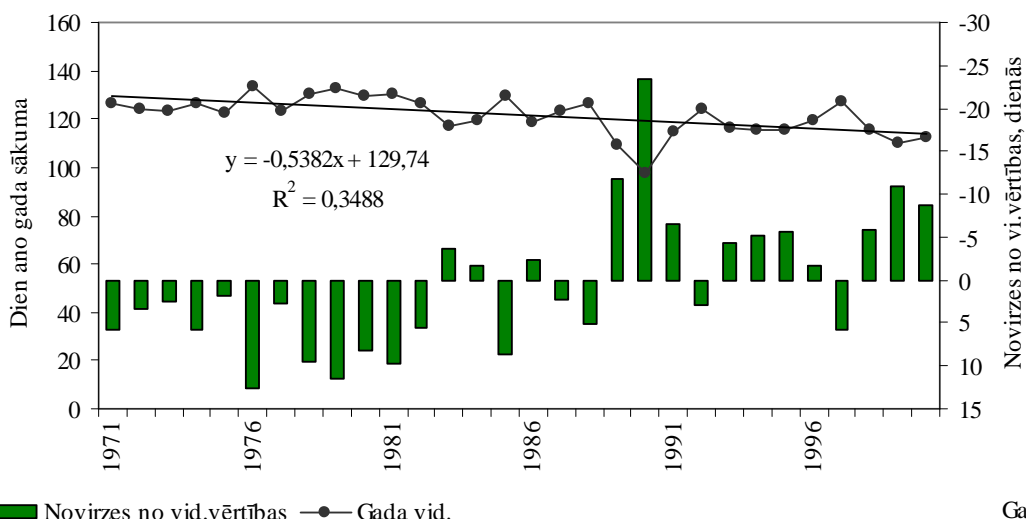
Pētījumā analizēta augšanas sezona kā periods starp lapu plaukšanas un lapu dzeltēšanas sākumu āra bērza *Betula pendula* piemērā. Analizēti dati no 14 novērojumu punktiem references periodā 1971.-2000.gadā.

Pētījums daļēji aprobēts publikācijā Kalvāne, G., Romanovskaja, D., Briede, A., Bakšiene, E. 2009. Influence of the climate change to the phenological changes in Latvia and Lithuania, *Climate Research*. Vol 39. pp.209-219.

Nodaļā analizētas veģetācijas perioda izmaiņas Latvijā, balstoties uz ziņojumu EGU (European Geosciences Union) kongresā, Vīnē: Kalvāne, G., Briede, A., Lizuma, L. 2010. *Changes of growing season in Latvia*.

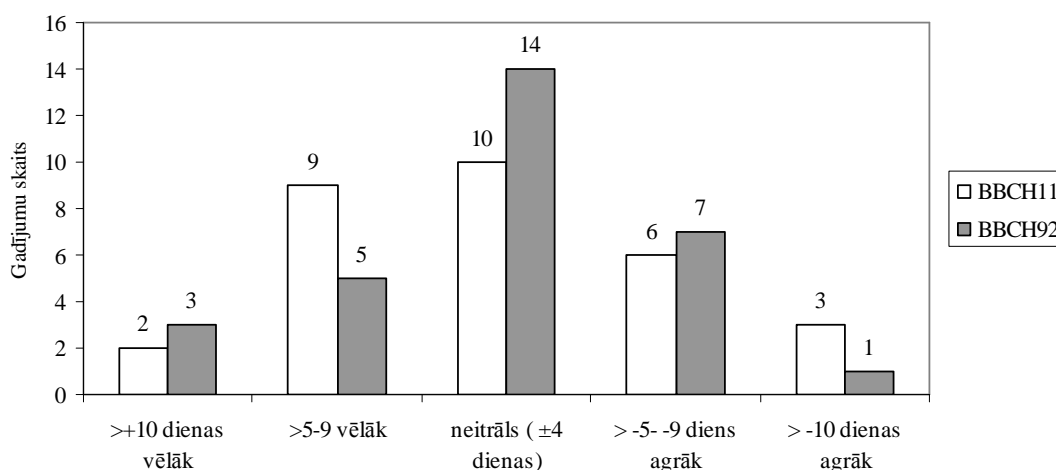
Bērza *Betula pendula* lapu plaukšanas sākums (14 novērojumu punktu dati) vidēji Latvijā novērots 1. maijā ar lielām reģionālajām un lokālajām izmaiņām, visagrākās vērtības novērotas Kurzemē, Snēpeles (24. aprīlis), Nīcas un Rucavas novērojumu punktos (27.-28.aprīlis), savukārt visvēlāk fāze iestājas Vērgalē un Alūksnē (9.maijs), vidēji bērza lapu plaukšana visā Latvijas teritorijā (balstoties uz 14 punktu datiem) iestājas 2 nedēļu laikā.

Bērza lapu plaukšana visagrāk iestājas Latvijas DR malā un pārvietojas uz ZA ar ātrumu vidēji 3 dienas/100km (neņemot vērā vertikālo gradientu).



3.3.20. att. Augšanas sezonas sākuma trends un novirzes no vidējās vērtības (dienās). 14 punktu vidējie dati. Periods: 1971.-2000.gads.

Gadu no gada fāzes iestāšanās laiks variē (att. 3.3.20.), visagrāk vidēji bērza lapu plaukšana fiksēta 1990.gadā, kad bērza lapas sāka plaukt jau 10.aprīlī, t.i., 21 dienu agrāk nekā periodā vidēji. No analizētajiem punktiem 1990.gadā visagrāk fāze iestājusies Nīcā (1 aprīlī), Engurē (2.aprīlī) un Rucavā (6.aprīlī). Otrā vidēji agrākā vērtība fiksēta 1989. gadā, kad lapu plaukšana novērota 19.aprīlī. Lapu plaukšana visvēlāk vidēji sākusies 1976. un 1979.gadā, kad lapas bērzam vidēji sāka plaukt 12.maijā, kas ir 11 dienas vēlāk nekā vidēji periodā.



3.3.21.att. Augšanas sezonas sākuma un beigu fāžu iestāšanās vērtību sadalījums klasēs (ļoti agrs – ļoti vēls). Āra bērzs *Betula pendula*. 14 punktu vidējie dati. 1971.-2000. gads. N 30.

BBCH11-lapu plaukšanas sākums BBCH92-lapu dzeltēšanas sākums.

Kopumā laika periodā no 1971.-2000. gadam 33% gadījumu lapu plaukšana iestājusies ± 4 dienu ietvaros, no 27.aprīļa līdz 5.maijam (jeb četros no 10 gadiem lapu plaukšana ir bijusi agrāk, sešos gados no 1 līdz 4 dienas vēlāk) (att.3.3.21.). 30% fāze iestājusies 5-9 dienas vēlāk nekā ilggadīgi vidēji, 20% gadījumu, t.i, sešos gados fāze novērota 5 līdz 9 dienas agrāk, savukārt 10% jeb 3 no 30 gadiem fāze iestājusies vairāk

nekā 10 dienas agrāk (1990. gadā, 1989.gadā un 1999.gadā). 1976. un 1979. gadā bērza lapu plaukšana fiksēta vairāk nekā 10 dienas vēlāk. Jāatzīmē, ka lielākoties negatīvās, t.i., lapu plaukšana agrāk nekā vidēji, novērotas pēc 1983. gada (att.3.3.20).

Lapu plaukšanas sākuma amplitūda vidēji ir 12 dienas (starpība starp vēlāko un agrāko iestāšanās datumu visā periodā), piekrastes teritorijās amplitūda ir lielāka nekā no jūras attālākajos rajonos, piemēram, Rucavā bērza lapu plaukšanas sākums periodā variē 41 dienas amplitūdā (no 6.aprīļa 1990.gadā līdz 17.maijam 1980.gadā), Nīcā un Engurē 40 dienas, savukārt Alūksnē, Atašienē, Matīšos un Vērgalē ~ 20 dienu amplitūdā.

Visos novērojumu punktos bērza lapu plaukšana otrajā periodā (1986.-2000.gads) ir iestājusies agrāk nekā pirmajā (1971.-1985.gads) (tab. 3.3.7.). Vislielākās izmaiņas ir Rucavā un Engurē – vairāk nekā 10 dienas, vismazākās – Matīšos un Neretā (5dienas).

Visos novērojumu punktos korelācijas koeficienta vērtības ir negatīvas ($r_{N14} - 0.60$), kas nozīmē, ka fāze iestājas vidēji agrāk. Astoņos no 14 punktiem, korelācijas koeficienta vērtības ir būtiskas (tab.3.3.7.). Visciešākas sakarības starp agrāku fāzes iestāšanās laiku un gadu ir Dagdā ($r -0.63$), Engurē (-0.61) un Rucavā (-0.59) (ticamība 0.01), sakarībā ir spēkā ~40% gadījumu.

Mann-Kendall testa dati rāda, ka tikai 6 novērojumu punktiem (Barkava, Dagda, Dobeļe, Engure, Matīši, Rucava), MK-t vērtība ir mazāka par -1.96, kas nozīmē, ka trends ir negatīvs un statistiski ticams.

Vislielākās taisnes regresijas koeficienta vērtības ir Rucavas, Engures, Snēpeles novērojumu punktu datiem (-1 līdz -0.6 dienām uz gadu). Bērza lapu plaukšana Rucavā periodā no 1979. gada mainījies 28 dienu intervālā, t.i., fāze iestājas vidēji 1 dienu agrāk uz katru gadu, Engurē 20 dienu intervālā. Vismazākās taisnes regresijas koeficienta vērtības ir Nīcā un Atašienē (< -0.2). Vērgalē taisnes regresijas koeficients ir pozitīvs 0.1, t.i., Vērgalē lapu plaukšana vērojama vēlāk vidēji par 1 dienu/15 gadiem (pieejamais datu periods). Vidējā taisnes regresijas koeficienta vērtība 14 novērojumu punktiem ir -0.54, tas nozīmē, ka uz katru gadu vidēji fāze iestājas par 0.54 dienām agrāk, 10 gadu periodā tas ir 5.4 dienas agrāk, bet visā 30 gadu periodā fāzes sākums mainījies 2 nedēļu intervālā.

Lapu dzeltēšanas sākums, t.i., augšanas sezonas beigas, laika periodā no 1971.-2000. gadam āra bērzam *Betula pendula* vidēji (14 novērojumu punktu dati) novērots 19.septembrī. Visvēlākās lapu dzeltēšanas vērtības fiksētas 1994. un 1997. gadā (vidēji 2 nedēļas vēlāk), agrākās vērtības 1989. un 1999. gadā (vidēji 10 dienas agrāk).

No analizētajiem punktiem visagrāk lapu dzeltēšanas sākums novērots Rucavā un Nīcā 10.septembrī, pēc ~20 dienām bērza lapas sāk dzeltēt Dobeļē un Dagdā (oktobra sākumā). Visagrākā lapu dzeltēšana fiksēta Mēdzulā 1988. gada 15.augustā (mēnesi agrāk nekā periodā vidēji) un Engurē 1981.gadā 20.augustā, kas ir 23 dienas agrāk nekā vidēji Engurē. Vēlie gadi ir bijuši 1997. gads, 1994., kā arī 1981. gads, kad fiksētas vēlākās vai otras vēlākās iestāšanās vērtības, visvēlākais fāzes iestāšanās no visiem punktiem ir fiksēts Dobeļē 1992., 1991. un 1983. gadā, kad bērza lapu dzeltēšana novērota 16.oktobrī, t.i, 11dienas vēlāk nekā vidēji. Otra vēlākā vērtība ir 14.oktobris, kad bērzi sākuši dzeltēt Engurē un Dobeļē, attiecīgi 1994. gadā un 1972.gadā.

Augšanas sezonas beigu jeb lapu dzeltēšanas amplitūda (starpība starp visvēlāko un agrāko iestāšanās laiku, t.i., datumu) vidēji ir 28 dienas (att. 3.3.22.), ar lielām telpiskām izmaiņām: Vērgalē lapas dzeltē 17 dienu amplitūdā (mazākā vērtība), savukārt Mēdzulā un Engurē fiksēta vislielākā amplitūda starp agrāko un vēlāko iestāšanās laiku (58-55 dienas).

3.3.7.tabula. Āra bērza *Betula pendula* augšanas sezonas sākuma un beigu raksturīgākās vērtības (1971. – 2000. gads).

Novērojums u vietas	N	Raksturīgākā iestāšanās vērtība	SD	Raksturīgākā iestāšanās vērtība		MK-t * p<0.05, ** p<0.01	r * p<0.05, ** p<0.01	Izmaiņas dienās/desmitgadi ¹	N	Raksturīgākā iestāšanās vērtība	SD	Raksturīgākā iestāšanās vērtība		MK-t * - p<0.05, ** - p<0.01	r * p<0.05, ** p<0.01	Izmaiņas dienās/desmitgadi ¹
				Periodā 1971.- 1985.	Periodā 1986.- 2000.							Periodā 1971.- 1985.	Periodā 1986.- 2000.			
Bērza lapu plaukšanas sākums BBCH11 – augšanas sezonas sākums																
Alūksne	16	09.Mai	6.4	10.Mai	ND	-1.40	-0.40	-4.9	14	20.Sep	8.0	21.Sep	ND	-0.16	-0.02	-0.3
Atašiene	16	01.Mai	6.4	01.Mai	ND	0.41	-0.12	-1.5	15	19.Sep	7.2	19.Sep	ND	-0.85	-0.22	-2.7
Barkava	22	29.Apr	8.0	04.Mai	25.Apr	-2.23*	-0.51*	-5.3	25	21.Sep	10.9	14.Sep	25.Sep	2.76**	0.57**	8.1
Dagda	23	04.Mai	6.4	07.Mai	29.Apr	-2.87**	-0.63**	-5.8	21	03.Okt	5.2	04.Okt	30.Sep	-2.66**	-0.47*	-4.0
Dobeļe	28	01.Mai	8.0	05.Mai	26.Apr	-3.02**	-0.51**	-4.9	23	05.Okt	9.6	05.Okt	05.Okt	0.19	0.04	0.5
Engure	24	28.Apr	9.7	05.Mai	23.Apr	-3.61**	-0.61**	-8.4	23	09.Sep	13.5	06.Sep	10.Sep	0.93	0.27	5.3
Matīši	18	03.Mai	6.2	06.Mai	01.Mai	-2.33*	-0.47*	-3.6	16	23.Sep	10.1	21.Sep	24.Sep	0.63	0.26	3.2
Mēdzūla	18	04.Mai	5.9	05.Mai	ND	-0.84	-0.31	-3.4	15	12.Sep	14.6	12.Sep	ND	-0.35	-0.34	-9.4
Nereta	25	01.Mai	7.0	04.Mai	28.Apr	-1.83	-0.40*	-3.6	23	16.Sep	9.6	15.Sep	18.Sep	0.42	0.10	1.3
Nīca	16	27.Apr	9.7	ND	26.Apr	-0.27	-0.01	-0.1	18	10.Sep	11.3	ND	10.Sep	0.23	0.09	2.0
Pope	27	06.Mai	6.7	09.Mai	03.Mai	-1.76	-0.33	-2.8	26	17.Sep	7.7	15.Sep	19.Sep	1.68	0.35	3.3
Rucava	19	28.Apr	10.6	07.Mai	22.Apr	-2.99*	-0.59**	-9.9	17	10.Sep	7.7	08.Sep	11.Sep	1.24	0.34	4.1
Snēpele	15	24.Apr	7.6	ND	23.Apr	-1.68	-0.52**	-7.1	17	17.Sep	11.7	ND	18.Sep	1.67	0.47*	10.2
Vērgale	15	09.Mai	5.7	09.Mai	ND	0.15	0.08	0.6	15	16.Sep	4.4	16.Sep	ND	-2.67**	-0.76**	-7.5
Vid.		01.Mai	7.7	06.Mai	27.Apr	-3.44*	-0.60**	-5.4		19.Sep	6.6	19.Sep	19.Sep	-1.55	-0.05	-0.4

¹Taisnes regresijas koeficienta vērtības aprēķinātas pret konkrēto novērojumu skaitu nevis 30 gadiem

ND – nav datu vai maz datu (<4 novērojumu gadi)

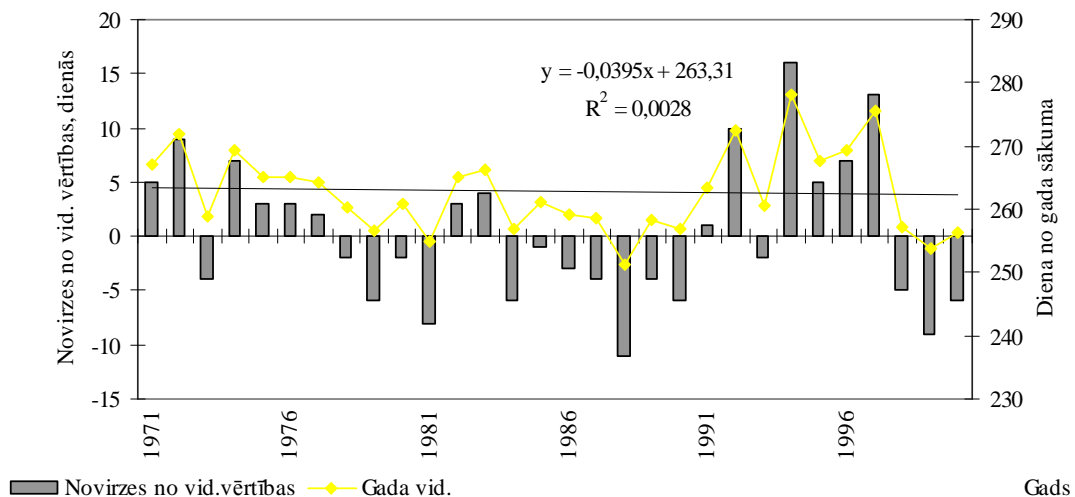
MK-t – *Mann Kendall* testa rezultāti

Treknrakstā būtiskākās vērtības

Lapu dzeltēšanas sākuma vērtību tendence ir negatīva, bet korelācija starp lielumiem nepastāv ($r_{N15} = -0.05$). Trends ir neitrāls Alūksnes, Dobeles, Neretas un Nīcas novērojumu punktos (r vērtība >-0.1 vai < 0.1), pozitīva lapu dzeltēšanas tendence (lapas dzeltē vēlāk) ir novērojama Barkavā, Engurē, Matīšos, Popē, Rucavā, Snēpelē, savukārt negatīva tendence ir Atašienes, Dagdas, Mēdzūlas un Vērgales datu rindām (tabula 3.3.8.). Tikai trīs no 14 novērojumu punktiem MK-t vērtība ir > 1.96 vai <-1.96 , kas nozīmē, ka statistiski ticamas izmaiņas ir Barkavā – trends ir pozitīvs, t.i., fāze iestājas vēlāk, savukārt Vērgales un Dagdas novērojumu punktu datu rindas MK-t vērtība ir <-1.96 , t.t., lapu dzeltēšana iestājas vidēji agrāk.

Lielākoties, t.i., 47% bērza lapu dzeltēšanas sākums iestājas ar 1-4 dienu nobīdi no ilggadīgi vidējās vērtības (iestāšanās laika), respektīvi, no 15.septembra līdz 23.septembrim. 17% gadījumu fāze iestājusies 5-9dienas vēlāk, 3% vēlāk par 10 dienām nekā vidēji, savukārt 26% lapu dzeltēšanas sākums novērots vairāk nekā 5 dienas vēlāk, no tiem 1 gadā pat 10 dienas agrāk nekā ilggadīgi vidēji (att.3.3.21.).

Periodā no 1986. līdz 2000. gadam novirzes ir bijušas vairāk izteiktas (lielākas nobīdes no vidējās vērtības) nekā izdalītajā pirmajā periodā (1971.-1985.gads) (tab. 3.3.7. un att. 3.3.22.).

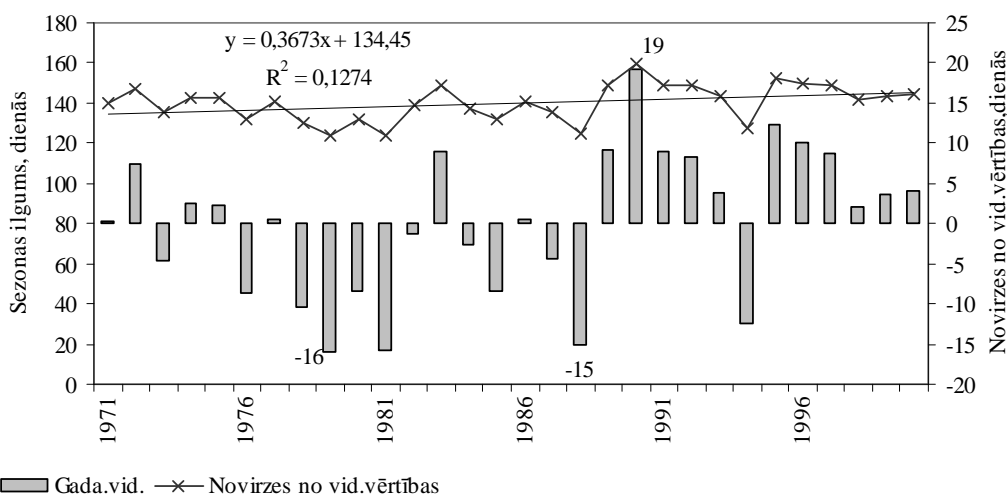


3.3.22. att. Augšanas sezonas beigu trends un novirzes no vidējās vērtības (dienās). 14 punktu vidējie dati. Periods: 1971.-2000.gads.

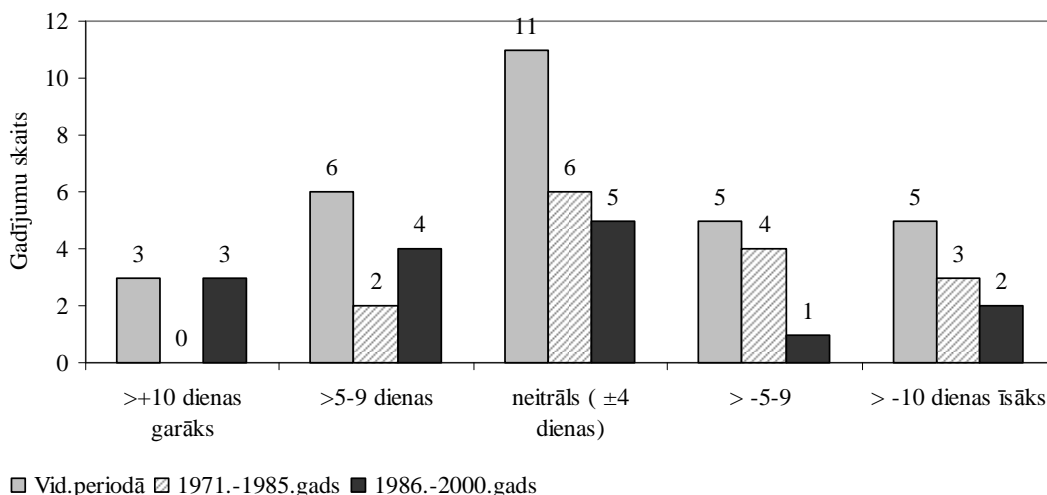
Rudens, t.i., lapu dzeltēšanas sākuma iestāšanās vērtības variē mazākā amplitūdā nekā pavasara jeb lapu plaukšanas sākuma: pavasarī starpība starp agrāko un vēlāko iestāšanās laiku ir 32 dienas, rudenī 28 dienas, pie tam pavasarī negatīvās vērtības (lapu plaukšana agrāk) ir labāk izteiktas nekā pozitīvās jeb vēlās vērtības. Vidēji pavasara negatīvās vērtības ir 21 diena agrāk, bet pozitīvās 11 dienas vēlāk. Rudens fāzēm starpība starp minimālo un vidējo iestāšanās laiku ir 12 dienas, bet starpība starp maksimālo jeb vēlāko iestāšanās vērtību 15 dienas.

Augšanas perioda ilgums āra bērzam *Betula pendula* (periods starp lapu plaukšanu un dzeltēšanas sākumu) analizētajā periodā ir 140 dienas, īsākais augšanas periods fiksēts Vērgalē (130 dienas) un Mēdzūlā (131 dienas), garākais Dobelē (157 dienas) un Dagdā (151 diena). Reģionālā starpība 27 dienas.

Augšanas sezonas ilgums pagarinās, pieaugot attālumam no jūras, jo tālāk no piekrastes ir novērojumu punkts, jo augšanas sezonas garums ir ilgāks, izņemot novērojumu punktus augstienēs, piemēram, Alūksnē un Mēdzūlā augšanas periods vidēji ir tikpat ilgs kā piekrastes teritorijās (131-135 dienas).



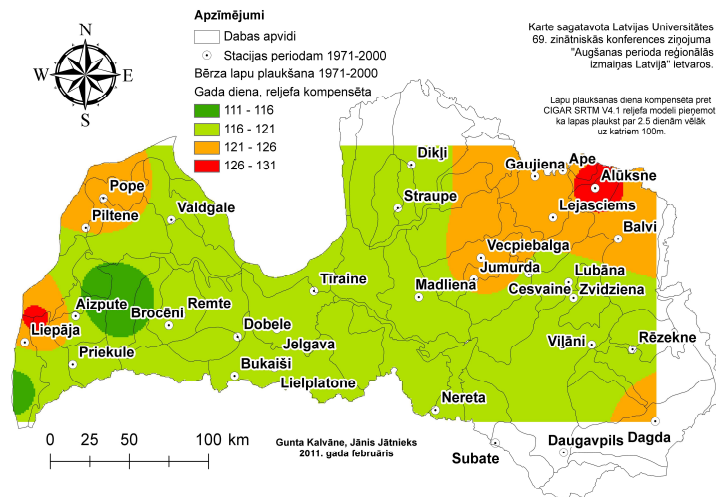
3.3.23. att. Augšanas sezonas (ilgums) trends un novirzes no vidējās vērtības (dienās). 14 punktu vidējie dati. Periods: 1971.-2000.gads



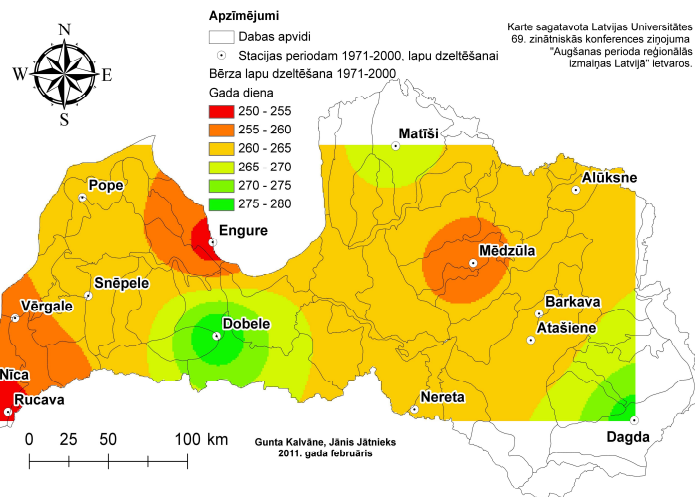
3.3.24.att. Augšanas sezonas (ilgums) vērtību sadalījums klasēs (ilgs – īss). Āra bērzs *Betula pendula*. 14 punktu vidējie dati. 1971.-2000. gads, kā arī sadalījums pa periodiem: 1971.-1985. un 1986.-2000.gads.

Visīsākais augšanas periods novērots 1981. un 1979. gadā, vidēji 124 dienas, kas ir par 16 dienām mazāk nekā periodā vidēji, savukārt garākais vidējais augšanas periods fiksēts 1990.gadā, 159 dienas, t.i., par 19 dienām ilgāk (att.3.3.23.). Apskatītajā periodā no visiem analizētajiem novērojumu punktiem visīsākais augšanas periods ir fiksēts Engurē -100 dienas 1981. gadā (37 dienas īsāka nekā vidēji), Mēdzulā 104 dienas 1988. gadā. Visilgākā augšanas sezona ir bijusi Dobelē 1990. gadā (183 dienas, kas ir par 26 dienām ilgāk nekā ilggadīgi vidēji Dobelē) un Snēpelē arī 1990. gadā, kad augšanas sezonas ilgums bija 176 dienas, kas ir par 29 dienām ilgāk nekā vidēji.

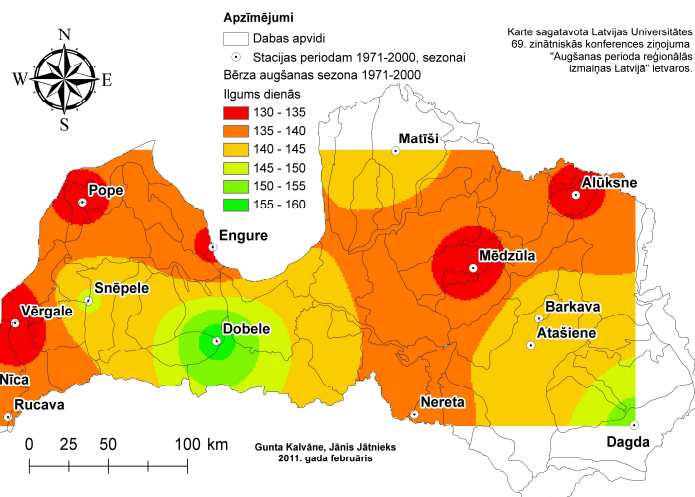
A



B



C



3.3.25.att. Augšanas sezonas reģionālās izmaiņas. A . Augšanas sezonas sākums. B. Augšanas sezonas beigas. Ar krāsu skalu –dienas no gada sākuma. C – Augšanas sezonas ilgums. Ar krāsu skalu –ilgums dienās (Kalvāne un Jātnieks, 2011).

3.3.8. tabula. Āra bērza *Betula pendula* augšanas sezonas raksturīgākās vērtības (1971. – 2000. gads). N14.

Novērojumu punkti	N	Raksturīgākā iestāšanās vērtība (ilgums, dienās)	Īsākā sezona (dienās)	Garākā sezona (dienās)	SD	r *p<0.05, **p<0.01	MK-t *-p<0.05, **- p<0.01	Izmaiņas dienās/ desmitgadi ¹	Raksturīgākā iestāšanās vērtība	
									Periodā 1971.-1985.	Periodā 1986.-2000.
Alūksne	14	135	123	153	9.2	0.19	0.66	3.7	136	ND
Atašiene	14	141	127	158	9.1	-0.13	-0.33	-2.2	140	ND
Barkava	22	145	114	170	15.9	0.73**	3.30**	15.0	134	155
Dagda	21	151	139	161	5.7	0.16	0.92	1.4	150	153
Dobele	23	157	119	183	13.6	0.37	1.81	5.8	152	163
Engure	23	134	100	173	17.3	0.55**	2.54**	13.8	124	141
Matīši	16	143	115	163	12.3	0.40	1.17	6.1	139	146
Mēdzūla	15	131	104	164	16.8	-0.13	0.59	-4.1	129	135
Nereta	23	138	120	167	11.2	0.37	1.32	5.8	135	144
Nīca	16	137	117	154	10.9	0.18	0.36	3.6	ND	138
Pope	26	134	107	156	10.6	0.44*	2.28*	5.8	130	140
Rucava	15	136	109	154	14.9	0.81**	2.77**	20.7	121	143
Snēpele	15	147	112	176	17.1	0.26	1.44	13.2	ND	150
Vērgale	15	130	117	144	8.0	-0.48	-1.89	-8.6	130	ND
Vid.		140	124	159	9.1	0.36	1.87	3.7	136	144

Treknrakstā būtiskākās vērtības;

ND – nepietiekams datu apjoms vai arī nav datu;

MK-t – *Mann Kendell* testa rezultāti.

Lielākoties (37% gadījumu) augšanas sezonas ilgums (att.3.3.24.) ir bijis neitrāls, variējis ± 4 dienu ietvaros, no tiem četros gadījumos sezonas ilgums ir bijis īsāks nekā vidēji, sešos gadījumos 1-4 dienas ilgāks. 17% gadījumu sezonas garums bija vairāk nekā 10 dienas īsāks, lielākoties 20.gs. 80gados, 30% gadījumu augšanas sezonas ilgums ir bijis vairāk nekā 5 dienas ilgāks par vidējo. Otrajā izdalītajā periodā (1986.-2000.gads) ir novērotas ekstremālās vērtības, no trīs gadiem, kad augšanas sezonas garums bijis vairāk nekā 10 dienas ilgāks nekā vidēji, visi 3 gadījumi novēroti otrajā periodā, arī ekstrēmi negatīvās, t.i., periods ir bijis vairāk nekā 10 dienas īsāks ir novērots šajā periodā.

Augšanas sezonai ir tendence pagarināties, bet sakarība starp lielumiem ir vāja. Atašienē, Mēdzulā un Vērgalē augšanas sezonai ir tendence saīsināties, bet korelācijas koeficienta vērtības ir zemas. Tikai četros no 14 punktiem trends ir izteikti pozitīvs un korelācijas koeficienta vērtības ir augstas, kas rāda, ka sakarība ir cieša. Rucavā un Barkavā augšanas sezonas ilguma pieauguma trends ir visizteiktākais ($r > 0.70$). MK-t vērtība > 1.96 ir tikai 4 novērojumu punktos, kas apliecina, ka trends ir pozitīvs un statistiski ticams (tab.3.3.8.).

Vislielākās augšanas sezonas ilguma izmaiņas ir Rucavā, kur sezonas ilgums pieaug vidēji par 2 dienām/gadu (dati piejami no 1979.gada), Barkavā, Engurē, Snēpelē sezonas ilgums pieaug + 1 diena/gadu, piemēram, Barkavā periodā no augšanas sezona 22 gadu laikā pieaugusi gandrīz par mēnesi. Vismazākas augšanas sezonas garuma izmaiņas ir Dagdā (3 dienas/pieņemamo 21 gada datu periodu) un Atašienē (-3 dienas/pieņemamo 14 gadu datu periodu). Vidēji (14 punktu dati) augšanas sezona apskatītajā periodā mainījusies 20 dienu intervālā (taisnes derminācijas koeficienta vērtība 0.69, korelācijas koeficients 0.36). Pie tam pozitīvās novirzes jeb augšanas sezonas ilgums ir vidēji garāks nekā ilggadīgi ir novērotas perioda otrajā pusē (att. 3.3.24.).

Augšanas sezonas reģionālās izmaiņas parādītas att. 3.3.25. Lapu plaukšanas sākums agrāk vērojams Latvijas DR un pakāpeniski pārvietojas uz ZA, Alūksnes augstienē, kā arī atsevišķās piekrastes teritorijās lapu plaukšana iestājas vēlāk. Lapu dzeltēšana vēlāk iestājas Latvijas D un DA rajonos.

Veģetācijas periods raksturots 5 meteoroloģisko staciju piemērā un salīdzināts ar tuvākā fenoloģiskā novērojuma punkta datiem. Par veģetācijas perioda sākumu uzskata dienu, kad 5 dienas pēc kārtas gaisa temperatūra sasniegusi + 5 grādu atzīmi.

Veģetācijas perioda sākums vidēji fiksēts 14 aprīlī (vidējie 5 novērojumu punktu dati), kopumā sezonas sākums iestājas 6 dienu amplitūdā no 12. aprīļa Daugavpilī līdz 18. aprīlim Venstpilī.

Visagrāk veģetācijas perioda sākums visās stacijās novērots 1990. gadā, kad sezonas temperatūras robežvērtība sasniegta jau 16. martā, t.i., vienu mēnesi agrāk kā novērots periodā. Otrā agrākā vērtība 1999. gadā, kad visās stacijas veģetācijas perioda sākums fiksēts 2 nedēļas agrāk. Vēlākās vērtības novērotas 1985. gadā 3. maijā, kā arī 1981. gadā, kad gaisa temperatūra + 5 grādu atzīmi sasniedza aprīļa beigās (29. aprīlī).

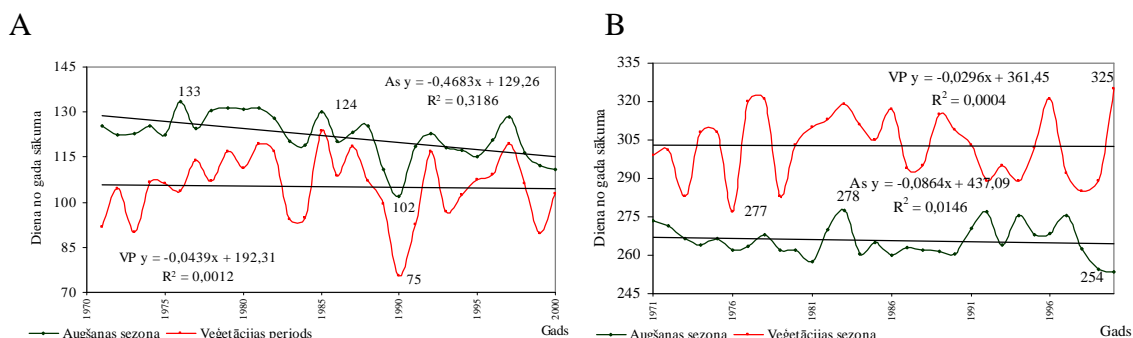
Kopumā veģetācijas perioda sākuma trendam ir negatīva tendence, bet nav statistiski būtiska (att.3.3.26).

Veģetācijas perioda beigas tika aprēķinātas no dienas, kad diennakts gaisa temperatūra 5 dienas bija zemāka par 5 grādiem. Sezonas beigu vidējā vērtība ir 29. oktobrī, visagrāk veģetācijas periods beidzas Rēzeknē 22. oktobrī, vēlāk Piejūras zemienē – 4.-9. novembrī.

Visagrāk vidēji veģetācijas periods beidzies 1976. gadā, 3. oktobrī, t.i., 26 dienas agrāk kā vidēji periodā, savukārt visvēlāk vidēji veģetācijas periods beidzies

2000. gadā, 21 dienu vēlāk. Piejūras zemienē (Liepājā un Ventspilī) 1986. gadā veģetācijas periods beidzies tikai 11. decembrī.

Līdzīgi kā veģetācijas perioda sākuma, arī veģetācijas perioda beigu trendam ir negatīva tendence, bet kas nav statistiski būtiska (tab. 3.3.9.).



3.3.26.att. Augšanas sezonas (āra bērza *Betula pendula* piemērs) un veģetācijas perioda sākuma un beigu trends. 1971.-2000. gads .5 novērojumu punktu vidējie dati.

VP-veģetācijas periods, As- augšanas sezona.

Veģetācijas perioda vidējais ilgums pēc 5 staciju datiem ir 198 dienas. Garākais periods, balstoties uz temperatūras datu analīzi, ir Baltijas jūras piekrastē – 204 dienas, īsākā no 5 punktiem ir Rēzeknē (191 diena), kas ir tālākais uz A lokalizētais punkts. References periodā īsākais veģetācijas periods ir bijis 1978. gadā 167 dienas, par 31dienu īsāks nekā vidēji. Garākais periods savukārt novērots 1990. gadā, kopumā 234 dienas, kas ir par 34 dienām vairāk nekā vidēji periodā.

3.3.9.tabula. Veģetācijas perioda (pēc temperatūras) un augšanas sezonas (bērza fenoloģiskie dati) salīdzinājums. 1971.-2000. gads.

Fenoloģisko novērojumu punkti/ meteoroloģiskās stacijas	Augšanas sezonas sākums (vidēji)		Augšanas sezonas beigas (vidēji)		Sezonas ilgums (dienās)		Ilguma izmaiņas (dienas/desmitgadē)		Augšanas sezonas ilgums		Veģetācijas perioda ilgums	
	F	T	F	T	F	T	F	T	MK-t	r	MK-t	r
	Atašiene-Barkava /Rēzekne	29.04.	14.04.	22.09.	22.10.	146	191	15,2	0.86	2.34**	0.31	0.34
Dagda /Daugavpils	04.05.	12.04.	03.10.	24.10.	151	195	1.3	0.65	0.80	0.15	0.04	0.00
Dobeles /Dobeles	01.05.	13.04.	05.10.	25.10.	157	196	5.9	0.04	1.81	0.37	-	0.01
Liepāja-Nīca /Liepāja	02.05.	14.04.	11.09.	04.11.	132	204	3.5	-	0.81	0.26	0.27	0.04
Pope /Ventspils	07.05.	18.04.	17.09.	09.11.	134	204	5.8	0.38	2.28**	0.44	-	-
Vidēji	02.05.	14.04.	23.09.	29.10.	144	198	3.7	0.09	1.50	0.38	0.02	0.00

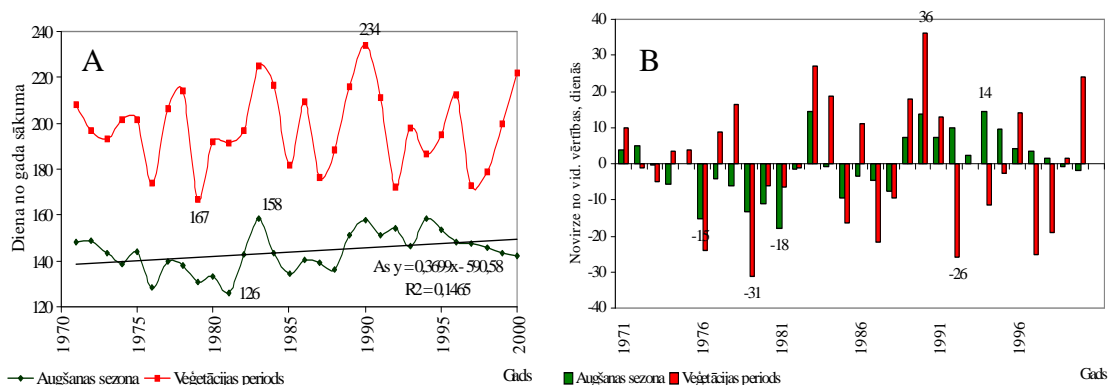
F – fenoloģiskie dati (āra bērza *Betula pendula* piemērs);

T – temperatūras dati;

Treknrakstā – būtiskākās vērtības;

MK-t – Mann Kendell testa rezultāti.

Kopumā veģetācijas perioda ilgums references periodā nav mainījies, trends ir neitrāls, ko apstiprina arī Mann-Kendall testa statistika (tab.3.3.9.).



3.3.27. att. A Augšanas sezonas (āra bērza *Betula pendula* piemērs) un veģetācijas perioda ilguma trends. B augšanas sezonas un veģetācijas perioda ilguma novirzes, dienās no references perioda vidējās vērtības. 1971.-2000. gads. 5 novērojumu punktu vidējie dati. As – augšanas sezona.

Pēc fenoloģiskajiem datiem lielākoties pozitīvās vērtības, t.i., garāka augšanas sezona, ir novērota perioda otrajā pusē, tā, piemēram, 1990., 1994. gadā augšanas sezona vidēji bija par 2 nedēļām garāka nekā vidēji. Augšanas sezonai un veģetācijas periodam negatīvas (īsāka sezona) novirzes novērotas līdz 20. gs. 80. gadiem, kā arī 90.ajos gados, 80.ajos gados sezonai bija tendence pagarināties. Veģetācijas perioda ilgumam izkļiede ir lielāka, sezonas ilguma novirzes variē daudz plašāk nekā augšanas sezonai (att.3.3.27.).

Fenoloģisko datu analīze āra bērzam (1971.-2000.gads) liecina, ka augšanas sezona Latvijā ir pagarinājusies vidēji 3.7 dienas uz desmitgadiem, lielākoties uz pavasara fāžu, t.i, lapu plaukšanas agrāku iestāšanos (augšanas sezonas sākums mainījies 15 dienu intervālā 30 gadu laikā). Vidējais augšanas sezonas ilgums bērzam ir 140 dienas, sezonas ilgums reģionālā griezumā var variēt līdz pat 30 dienām.

Vidējais augšanas sezonas ilgums bērzam Latvijā ir 140 dienas, savukārt veģetācijas perioda ilgums ir 198 dienas, garāka augšanas sezona, kā arī veģetācijas periods novērota 1990. gadā, īsākais veģetācijas periods - 1979. gadā, bet savukārt īsākā augšanas sezonas novērota un 1981. gadā un 1979.gadā.

Augšanas sezonas ilgumam ir tendence pagarināties, savukārt veģetācijas periodam līdzīgas tendences netika novērotas. Augšanas sezonas sākuma trends ir negatīvs, t.i, lapu plaukšana bērzam iestājas agrāk, savukārt augšanas beigu trends ir neitrāls (ar atsevišķiem izņēmumiem novērojumu punktos) vai tam ir negatīva tendence.

Pieaugot attālumam no jūras, augšanas sezonas ilgums āra bērzam pieaug, savukārt veģetācijas periods ilgāks ir Baltijas jūras piekrastē.

3.3.5. Fenoloģiskās sezonas, to izmaiņas Latvijā

Fenoloģiskā indikācija ir viena no biežāk pielietotajām metodēm fenoloģisko sezonu izdalīšanā. Par fenoloģiskās sezonas robežu tiek pieņemta konkrēta, viegli fiksējama augu vai dzīvnieku attīstības fāze.

Fenoloģisko sezonu indikatori darbā izdalīti pēc L.Kulienē un J.Tomkus (1990) pētījumiem Lietuvas teritorijā, kā arī A. Ģermaņa (2003) pētījumiem Ukros, kā arī izvērtējot pieejamo fenoloģisko datu kvalitāti un kvantitāti Latvijas teritorijā. Par

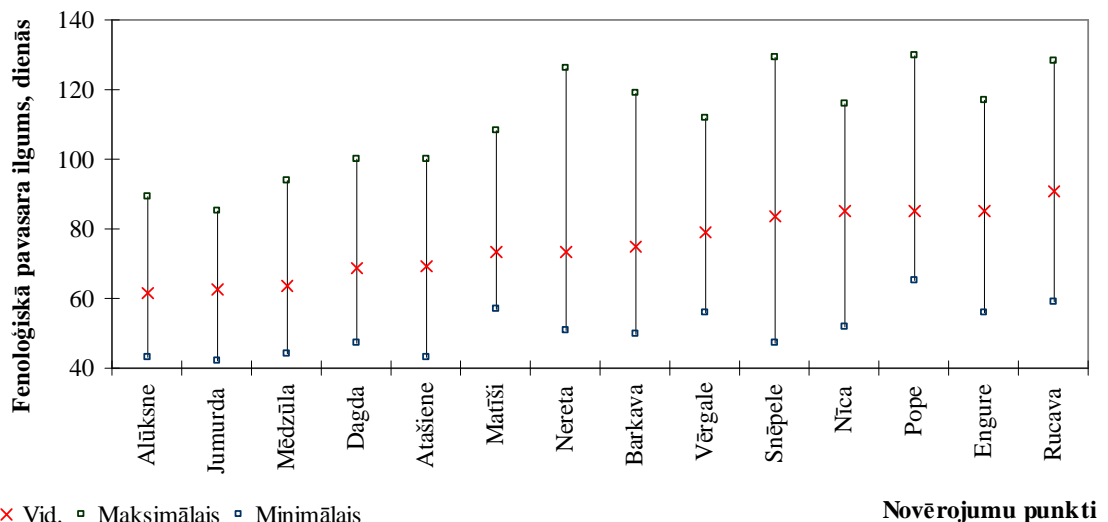
fenoloģiskajiem indikatoriem tika ņemtas savvaļas augu/koku fenoloģiskās fāzes nevis kultūraugu.

Sezonas ilguma analīzē izmantota viena pamatindikatora suga, kas iezīmē sezonas sākumu, piemēram, fenoloģiskā pavasara ilgums ir no lazdas ziedēšanas sākuma līdz meža avenes ziedēšanas sākuma iestāšanās vērtībai, savukārt vasaras ilgums no meža avenes ziedēšanas vērtības līdz bērza lapu dzeltēšanas sākumam, kas iezīmē fenoloģiskā rudens sākumu.

Pētījumā analizēti 15 novērojumu punktu vidējie dati Latvijas teritorijā normas jeb references periodā (1971.-2000.gads). Fenoloģisko sezonu ilguma novirzes raksturotas 2 periodos: references periodā, kas savukārt iedalīts 1971.-1985. un 1986.-2000.gads.

Fenoloģiskais pavasaris Latvijā iesākas ar lazdas ziedēšanu un beidzas ar pīlādža ziedēšanu, un kopumā pavasara sezonu var iedalīt 3 apakšposmos vai apakšsezonās (att.3.3.13.): **pavasara sākums**, ko iezīmē lazdas parastās lazdas *Corylus avellana* ziedēšana, kas Latvijā vidēji fiksēta 24. martā gandrīz reizē ar balttalksni. Tāpat pavasara sākumu raksturo bērza sulu cirkulācijas sākums. Otrajam pavasara posmam – **pavasara vidus** – raksturīgs intensīvs lapu plaukšanas sākums. No pētījumā analizētajiem kokiem/krūmiem ievas lapu plaukšanas sākums novērots visagrāk, 24.aprīlī, un tika pieņemts par pavasara vidus indikatoru. Pavasara beigās iezīmē meža avenes *Rubus idaeus* ziedēšanas fāzes iestāšanās.

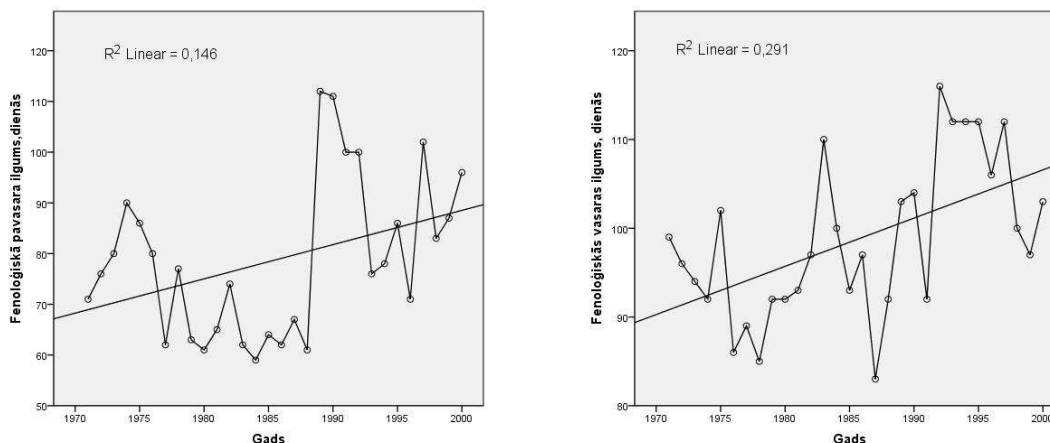
Fenoloģiskā pavasara ilgums (no lazdas ziedēšanas sākumam līdz fenoloģiskās vasaras sākumam, ko iezīmē meža avenes ziedēšana) Latvijā 30 gadu references periodā ir 78 dienas. Visgarākā fenoloģiskā pavasara sezona ir fiksēta 1989.gadā un 1990. gadā, kad attiecīgi pavasara ilgums vidēji bija 112 un 111 dienas. Salīdzinoši ilgs pavasaris ir bijis arī 1997. gadā – 102 dienas un 1991. un 1992. gadā – 100 dienas. Visīsākā pavasara sezona ir bijusi 59 dienas, 1984. gadā, kā arī 1980.gadā, kad pavasara ilgums bija 61 dienu. No visiem analizētajiem 14 punktiem (Dobeles rinda izslēgta datu trūkuma dēļ) visīsākā pavasara sezona ir Alūksnē un Jumurdā (att.3.3.28.), attiecīgi 60 un 63 dienas, kas saistīts ar šo punktu lokalizāciju augstienēs. Savukārt visgarākā sezona ir piekrastes teritorijās: Rucavā fenoloģiskais pavasaris ir 90 dienas ilgs, bet Engurē, Nīcā, Popē pavasara ilgums ir vairāk nekā 80 dienas.



3.3.28.att. Fenoloģiskā pavasara ilguma reģionālās izmaiņas. 1971.-2000.gads.

Sakārtots augoši secībā pēc vidējās vērtības.

Visos analizētajos punktos visgarākā pavasara sezona novērota 1990. un 1989. gadā. Piemēram, Popē pavasara ilgums abos gados bija 130 dienas (visgarākā sezona). Savukārt īsāka pavasara sezona fiksēta Jumurdā un Alūksnē – 42 dienas 1977. gadā, kā arī Atašienē 43 dienas, attiecīgi 1979.gadā un 1986.gadā.



3.3.29.att. Fenoloģiskā pavasara (A) un vasaras (B) ilguma trends. 14 novērojumu punktu dati. Periods: 1971.-2000.gads.

Pavasara sezonas ilgumam ir tendence pagarināties (att.3.3.29 A.), ko parāda lineārās regresijas vienādojums, $R^2=0.14$, korelācijas koeficienta vērtība 0.34 pie ticamības līmeņa 0.05. Fenoloģiskā pavasara ilgums pagarinās vidēji par 6 dienām uz katriem 10 gadiem. No analizētajiem punktiem fenoloģiskā pavasara sezonas ilgums būtiskāk pagarinājies piekrastes teritorijas punktos, Engurē 1diena/gadā, Popē 0.9 dienas/gadā. Atsevišķos punktos sezonas ilgums ir saīsinājies, kas iespējams saistīts ar datu trūkumu perioda otrajā pusē.

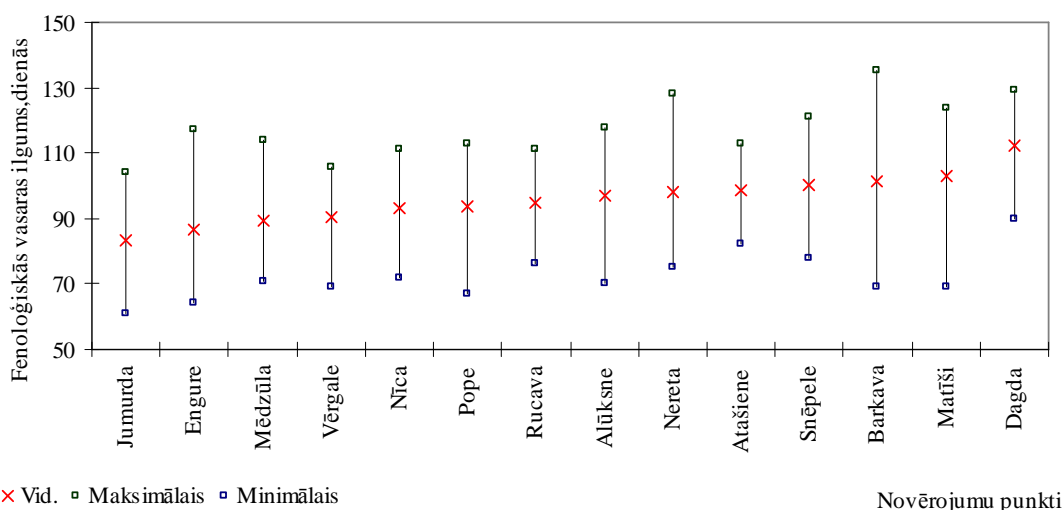
Zīmīgi, ka analizētā perioda pirmajā pusē, līdz 20.gs. 90-tajiem gadiem, fenoloģiskā pavasara ilgums vidēji ir īsāks nekā pēc 90-tajiem gadiem.

Fenoloģisko vasaru Latvijā iezīmē meža avenes ziedēšanas sākums, kas vidēji Latvijā (pēc 14 punktu datiem) fiksēts 11.jūnijā. Sila virša ziedēšana savukārt ir vasaras beigu posma fāze, kas vidēji novērota 4.augustā.

Fenoloģiskās vasaras ilgums (starpība starp bērza lapu dzeltēšanas sākumu un meža avenes ziedēšanas sākumu) vidēji ir 99 dienas, kas gadu no gada variē; īsākā vasaras sezona novērota 1987.gadā – 83 dienas (vidējie dati), savukārt garākā vasara bijusi 116 dienas 1992.gadā, kas ir vidēji 17 dienas ilgāka nekā references periodā.

Fenoloģiskās vasaras ilgums pieaug (att.3.3.29.B), lineārās determinācijas koeficienta vērtība $R^2 = 0.29$, korelācijas koeficients $r=0.54$, kas norāda, ka sakarība ir cieša (ticamības līmenis 0.01). Pēc lineārās regresijas vienādojuma datiem, fenoloģiskā vasara pagarinās par 0.5 dienām uz katru gadu. Perioda pirmajā pusē, no 1971.līdz 20. gs.90-tajiem gadiem fiksētas negatīvās vērtības jeb sezona vidēji iestājusies vēlāk, pozitīvās novirzes jeb sezonas ilgums garāks ir raksturīgs otrajam periodam (no 20.gs 90-tajiem gadiem).

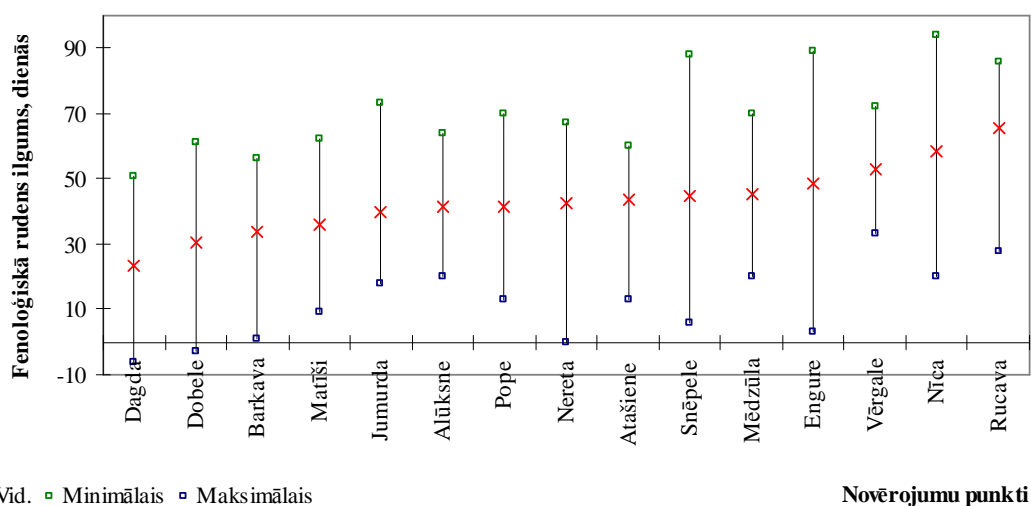
No analizētajiem punktiem īsākā fenoloģiskā vasara fiksēta Jumurdā un Mēdzulā, ko iespējams nosaka šo vietu lokalizācija (att.3.3.30.). Savukārt vasaras ilgums garāks par 100 dienām ir Dagdā, Matīšos un Barkavā. Jumurdā un Dagdā ir fiksēta arī perioda visīsākā un ilgākā vasara. Piemēram, 1979.gadā Jumurdā vasaras garums bija 2 mēneši (61 diena, kas ir 22 dienas mazāk nekā vidēji Jumurdā), savukārt Dagdā 1992.gadā vasara bija 135 dienas ilga, kas ir 33 dienas ilgāk nekā vidēji Dagdā.



3.3.30.att. Fenoloģiskās vasaras ilguma reģionālās izmaiņas. 1971.-2000.gads.

Sakārtots augošā secībā pēc vidējās vērtības.

Fenoloģiskais rudens Latvijā iestājas 18.septembrī, kad vidēji tiek novērota bērza lapu dzeltēšana. Par fenoloģiskā rudens beigu un ziemas sākumu tiek uzskatīta diena ar pirmo sniegu. Pirmais sniegs Latvijas teritorijā pēc brīvpriatīgo novērotāju datiem, vidēji fiksēts 31.oktobrī: visagrāk Jumurdā, kur pirmā sniega vidēji novērota 17.oktobrī, savukārt visvēlāk Baltijas jūras piekrastes punktos, Rucavā un Nīcā vidēji pēc 8. novembra.



3.3.31.att. Fenoloģiskās rudens ilguma reģionālās izmaiņas. 1971.-2000.gads.

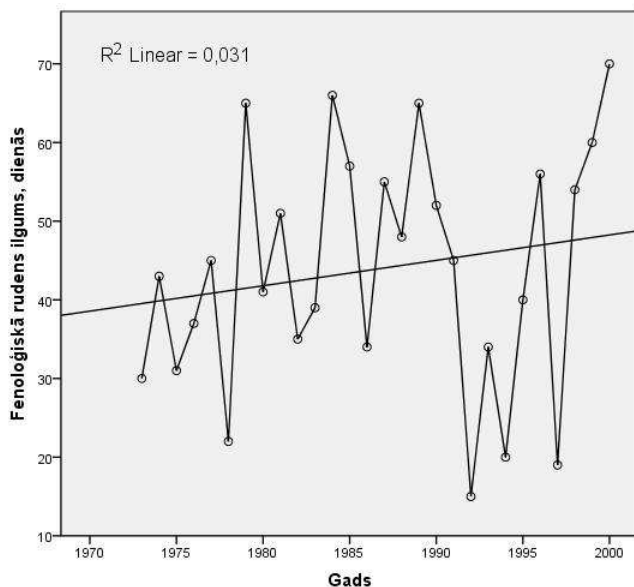
Sakārtots augošā secībā pēc vidējās vērtības.

Fenoloģiskā rudens ilgums (periods no bērza lapu dzeltēšanas sākuma līdz pirmajam sniegam) Latvijas teritorijā ir 43 dienas ar lielām reģionālajām atšķirībām. Garākā fenoloģiskā rudens sezona ir Rucavā un Nīcā, attiecīgi 66 un 60 dienas, īss fenoloģiskais rudens ir Dagdā –23 dienas un Dobeļē –31 diena, pie tam Dagdā nereti pirmais sniegs ir novērots pirms lapu krišanas bērziem (att.3.3.31.).

Ilgs fenoloģiskais rudens (vidējie 14 punktu dati) bija 2000.gadā –70 dienas, kā arī 1989.gadā, kad fenoloģiskā rudens ilgums bija 65 dienas. Savukārt īsa sezona fiksēta

1992. gadā un 1997.gadā, kad periods starp bērza lapu dzeltēšanu un pirmo sniega segu bija mazāks par 20 dienām (att. 3.3.32.).

Fenoloģiskā rudens ilgums ir mainīgs un gadu no gadu variē 55 dienu amplitūdā, kas nosaka, ka ilglaicīgo izmaiņu trends ir neitrāls, $R^2=0.03$. 20.gs. 80tajos gados fenoloģiskā rudens garums vidēji (15 novērojumu punktu dati) bija garāks nekā 20.gs. 90-to gadu sākumā (att. 3.3.32). References perioda (1971.-2000.gads) beigās fenoloģiskā rudens ilgums atkal ir pieaudzis.



3.3.32.att. Fenoloģiskā rudens ilguma trends. 15 novērojumu punktu dati. Periods: 1971.-2000.gads.

Tabulā 3.2.10. dots raksturīgākais fenoloģisko sezonu iestāšanās laiks references periodā, kā arī 2 apakšperiodos.

Visbūtiskās izmaiņas ir novērotas fenoloģiskajam pavasarim, ko iezīmē lazdas ziedēšanas sākums vidēji 24. martā. Pirmajā izdalītajā periodā lazdu ziedēšanas sākums fiksēts aprīļa 1.dekādē, pretstatā otrajam periodam, kad lazdas vidēji uzzied 13.martā, t.i, 23 dienas agrāk nekā pirmajā periodā un 11 dienas agrāk nekā ilgadīgi vidēji normas periodā.

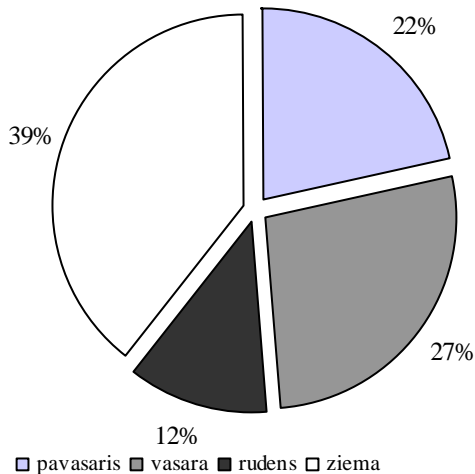
3.3.10. tabula. Fenoloģisko sezonu raksturīgākais iestāšanās laiks (15 novērojumu punktu vidējie dati) periodos 1971.-2000.gads un 1971.-1985.; 1986.-2000.gads.

Fenoloģiskā sezona	Fenoloģiskais indikators		Raksturīgākais sezonas iestāšanās laiks		
	Suga	Fāze	30 gadu periods	1971.-1985.gads	1986.-2000.gads
Pavasaris	Lazda	BBCH61	24.03.	05.04.	13.03.
Vasara	Meža avene	BBCH61	11.06.	15.06.	08.06.
Rudens	Āra bērzs	BBCH92	18.09.	18.09.	19.09.
Ziema	Pirmais sniegs		30.10.	29.10.	02.11.

Fenoloģiskās vasaras iestāšanās laiks vidēji mainījies vienas nedēļas intervālā, no 15.jūnija perioda pirmajā posmā (1971.-1985.gads) līdz 8.jūnijam otrajā periodā (1986.-2000.gads).

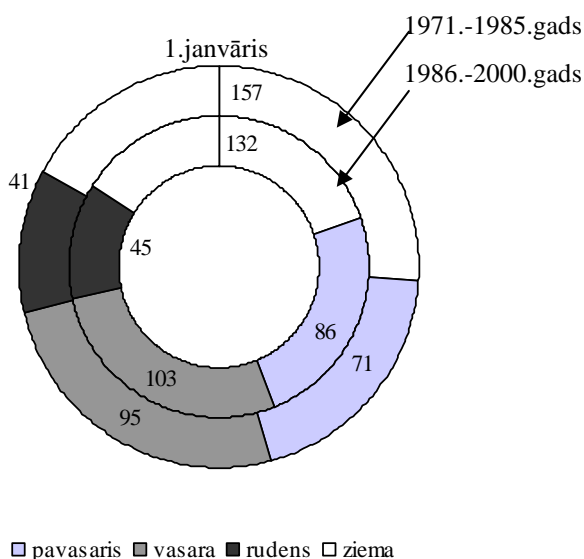
Fenoloģiskā rudens iestāšanās laiks nav būtiski mainījies, savukārt pirmais sniegs, kas iezīmē fenoloģiskās ziemas sākumu, mainījies 3 dienu intervālā, pirmajā apakšperiodā sniega sega vidēji fiksēta 29.oktobrī, bet otrajā -2.novembrī.

Fenoloģiskā ziema ir visgarākā sezona, tās garums ir 141 diena jeb 39% no kalendārā gada, vasara, ko iezīmē meža avenes ziedēšanas sākums, ir otra garākā sezona (99 dienas, t.i., 27%), pavasara garums ir 72 dienas, rudens ir visīsākā fenoloģiskā sezona, tās ilgums tikai 43 dienas jeb 12% no kalendārā gada (skat. 3.3.33. att.).

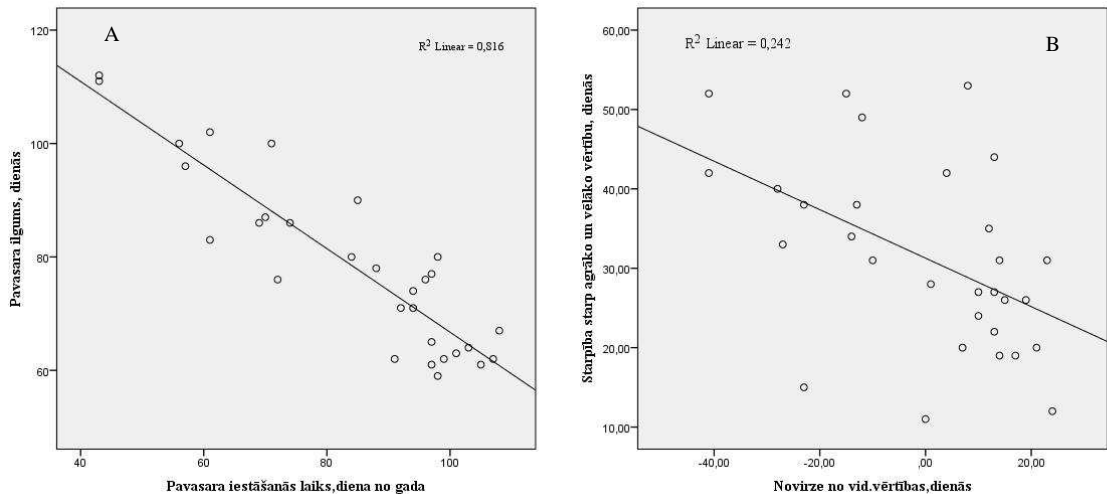


3.3.33.att. Fenoloģisko sezonu ilguma procentuālais sadalījums (15 punktu dati). Periods: 1971.-2000.gads.

Fenoloģisko sezonu ilgums analizētajā periodā ir būtiski mainījies, fenoloģiskā pavasara vidējais ilgums periodā 1971. – 1985.gads ir 71 diena, periodā no 1986.-2000. gads fenoloģiskā pavasara ilgums bija 86 dienas (att. 3.3.34.), fenoloģiskās vasaras ilgums mainījies par 8 dienām – pirmo izdalīto periodu salīdzinot ar otro periodu, t.i., no 95 dienām pirmajā periodā līdz 103 dienām otrajā periodā. Rudens sezonas ilgums pagarinājies par 4 dienām. Būtiskākās izmaiņas konstatētas fenoloģiskās ziemas ilgumam, pirmajā izdalītajā apakšperiodā fenoloģiskās ziemas ilgums bija 157 dienas, savukārt otrajā periodā 132 dienas, t.i, 25 dienas mazāk, kas saistīts ar agrāku pavasara iestāšanos un vēlāku pirmā sniega parādīšanos.

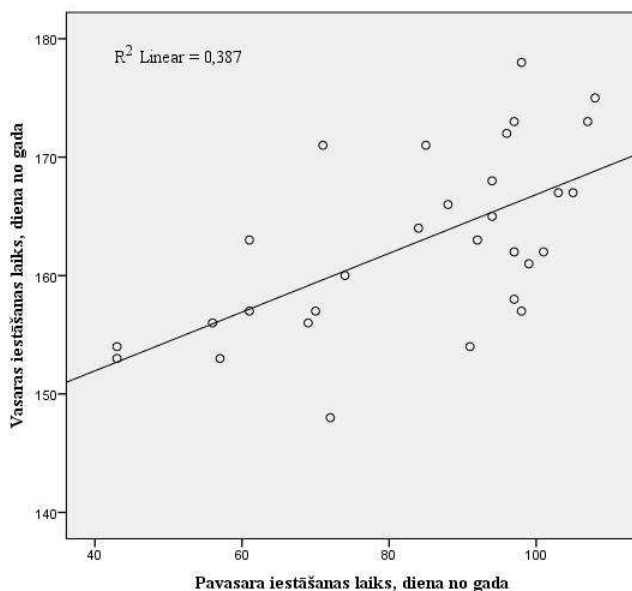


3.3.34.att. Fenoloģisko sezonu iestāšanās laika izmaiņas kalendārā gada ietvaros un fenoloģisko sezonu ilguma (dienās) izmaiņas. 1971.-1985.gads un 1986.-2000.gads. 15 novērojumu punktu vidējie dati.



3.3.35. att. A. kopsakarības starp pavasara iestāšanās laiku un pavasara ilgumu, dienās. B. kopsakarības starp novirzēm no vidējās vērtības un reģionālajām izmaiņām.

Datu analīze rāda, ja pavasaris ir agrs (iestājas agrāk nekā vidēji), fenoloģisko fāžu attīstība notiek ilgāk, t.i., sezonas garums pieaug. Korelācija starp pavasara sezonas ilgumu un sezonas iestāšanos laiku ir cieša, $R^2 = 0.81$. Vēlo pavasaru ilgums (dienās) ir īsāks nekā agro pavasaru ilgums, kas nozīmē, ka ja pavasaris iestājas vēlu, tad attīstība notiek straujāk (att. 3.3.35.A). Vēlo pavasaru gadījumā pieaug mikroklimatisko un lokālo faktoru ietekme un reģionālās atšķirības ir izteiktākas nekā agrajos pavasaros, kā var redzēt attēlā 3.3.35. B determinācijas koeficienta vērtība ir 0.24, korelācijas koeficients starp novirzi no vidējās sezonas ilguma vērtības un vēlāko un agrāko iestāšanās laiku novērojumu punktos ir 0.49, kas rāda, ka sakarība ir cieša. Ja fāze iestājas agrāk, tad starpība starp vēlāko un agrāko vērtību novērojumu punktu griezumā pieaug.



3.3.36. att. Pavasara un vasaras iestāšanās vērtību savstarpējā sakarība.

Ja fenoloģiskais pavasaris iestājas agri, t.i, agrāk nekā vidēji periodā, tad arī fenoloģiskā vasara iestājas vidēji agrāk. Kā var redzēt attēlā 3.3.36, korelācija starp pavasara iestāšanos (lazdas ziedēšanas iestāšanās laiks) un vasaras (meža avenes

ziedēšanas sākums) iestāšanās laiku ir cieša, $R^2 = 0.39$, $r = 0.62$. Savukārt sezonu ilgumu kopsakarības ir vidēji ciešas, $r = 0.39$, ja pavasaris ir īss, arī fenoloģiskā vasara ir īsa, bet sakarība ir spēcīgā ~15% gadījumā, jo $R^2 = 0.15$.

Savukārt pavasara iestāšanās laiks nekorelē ar rudens fāžu iestāšanās vērtībām, tāpat arī sezonu ilgums nav savstarpēji saistīts.

Līdzīgi kā pavasarim, fenoloģiskās vasaras ilgums labi korelē ar vasaras sākumu iezīmējošās fāzes iestāšanās laiku, jo agrāk iestājas meža avenes ziedēšana, jo vasara ir ilgāka, jo vēlāk – jo vasara ir īsāka, bet sakarība nav tik cieša kā pavasara sezonas datiem, $r = -0.71$, $R^2 = 0.49$.

Tāpat kā pavasara ilgums, arī vasaras sezonas ilgums nekorelē ar rudens sezonas ilgumu. Sakarība nav novērota arī starp fāzes iestāšanās vērtībām, respektīvi, rudens sākumu iezīmējošās fāzes, bērza lapu dzeltēšana, nav saistīta ar vasaras fāžu attīstību.

Sezonu ilgumu (dienās) savstarpējo kopsakarību analīze rāda, ka pavasara un vasaras sezonas ilgums un iestāšanās ilgums labi korelē savā starpā, ja pavasaris iestājas agri, arī fenoloģiskā vasara vidēji iestājas agrāk, ja pavasaris ir ilgs, tad arī vasaras sezonas ilgums pagarinās (sakarībā spēcīgā 15% gadījumā). Rudens sākums un ilgums nav atkarīgs no iepriekšējo fenoloģisko sezonu ilguma un iestāšanās laika.

4. FENOĢISKO FĀŽU IETEKMĒJOŠO FAKTORU KOPSAKARĪBU ANALĪZE

Fenoloģisko fāžu iestāšanos laikus ietekmē gan globāla, gan lokāla mēroga faktori, galvenokārt gaisa temperatūras izmaiņas, kas zinātniskajā literatūrā ir visbiežāk analizētais faktors.

Pētījumā analizētas 9 ietekmējošo faktoru grupas: atmosfēras cirkulācijas veidi, diennakts vidējā gaisa temperatūra, minimālā un maksimālā gaisa temperatūra, nokrišņu daudzums (vidējais, maksimālais un summa), augsnes temperatūras mēneša griezumā, sniega segas biezums un ilgums, kā arī pavasara fāzēm diennakts gaisa temperatūru vērtības 5, 10, 15 dienas pirms fāzes iestāšanās, savukārt rudens fāzēm – minimālās gaisa temperatūras pāreja -1°C , 0°C , $+1^{\circ}\text{C}$, $+2^{\circ}\text{C}$. Atmosfēras cirkulāciju veidu ietekme analizēta 15 novērojumu punktu vidējiem datiem, savukārt klimatiskie faktori 5 staciju griezumā.

4.1.1. Atmosfēras cirkulācijas veidu ietekme

Atmosfēras cirkulācija ir viens no galvenajiem klimatu noteicošajiem faktoriem Latvijas teritorijā (Kļaviņš and Rodinov, 2010), kas būtiski ietekmē arī fenoloģisko fāžu iestāšanās laikus. Pētījumā analizēti 9 atmosfēras cirkulācijas veidi, kuri būtiskāk ietekmē klimatu Eiropā (CPC, bez datējuma): Ziemeļatlantijas (NAO), Austrumatlantijas (EA), Austrumatlantijas/ Rietumkrievijas (EA/WR), Skandināvijas (SCAND), Polārais/Eirāzijas (POL), Rietumu Klusā okeāna (WP), Austrumu Klusā okeāna (EP/NP), Klusā okeāna/ Ziemeļamerikas (PNA) un Arktiskā oscilācija (AO).

Latvijas fenoloģisko datu un atmosfēras cirkulāciju veidu kopsakarību analīze veikta 15 novērojumu punktu vidējām vērtībām 30 gadu periodam (1971.-2000.gads).

NAO jeb Ziemeļatlantijas oscilācija ir viens no biežāk minētajiem fenoloģisko fāžu ietekmējošajiem faktoriem (Menzel, et al., 2005, Odorico et al., 2002). Datu rindas analizētas un izvērtētas salīdzinot fāzes iestāšanās laikus ar NAO indeksu vērtībām, piemēram, NAO decembrim-februārim, kā arī ar ikmēneša datiem. Jāatzīmē, ka NAO ietekme ir pētīta visbiežāk, savukārt pētījumu par citu atmosfēras cirkulācijas veidu ietekmi uz fenoloģisko fāžu iestāšanās laikiem ir maz.

Pavasara fenoloģisko fāžu un atmosfēras cirkulācijas veidu kopsakarību analīze parādīja, ka visciešākās korelācijas ir ar četriem cirkulācijas indeksiem: AO, SCAND, EA, NAO.

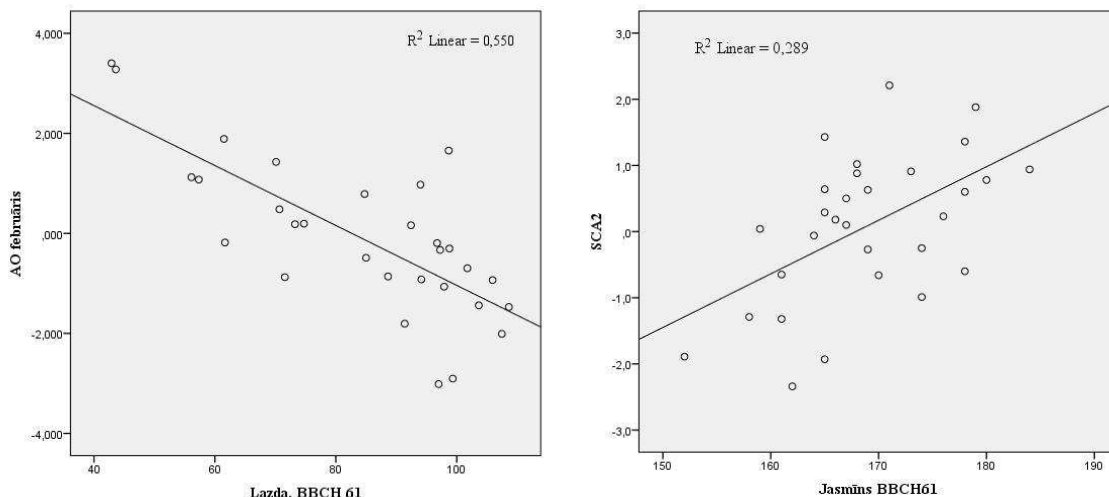
Lazdas un baltalkšņa ziedēšana visbūtiskāk, t.i., lielākā korelācijas koeficienta vērtība, korelē ar AO februārī ($r_{N_{15} \text{ lazda}} -0.74$, $r_{N_{15} \text{ baltalksnim}} -0.75$, pie ticamības līmeņa 0.01) (att. 4.1.1.A un tab. 4.1.1). Bērza sulu cirkulācijas sākuma vidējās vērtības līdzīgi kā lazdas un baltalkšņa ziedēšanas vērtības labi korelē ar visām NAO 3mēnešu indeksu vērtībām, tomēr būtiskāka sakarība atrasta starp fāzes iestāšanos marta beigās un AO februārī ($r -0.67$). Lapu plaukšanas sākums ievai, kā arī bērzam un lapu ziedēšanas sākums bērzam, korelē ar NAO janvārī ($r_{N_{15} \text{ ievai}} -0.51$, $r_{N_{15} \text{ bērzam}} -0.57$, pie ticamības līmeņa 0.01) nevis ar AO kā tas ir agrajām pavasara fāzēm.

Fāzes, kuras iestājas maija otrajā dekādē, kā pienenes, ķirša ziedēšanas sākums tāpat kā agrās fāzes būtiskāk korelē AO februārī, savukārt ievas ziedēšana – SCAND februārī.

Pavasara beigu fāzēm kā ceriņu un pīlādža ziedēšanai būtiskākas kopsakarības novērotas ar EA cirkulācijas veidu.

Pavasara fāžu un atmosfēras cirkulāciju kopsakarību korelācija ir negatīva (izņemot ievu), t.i., ja NAO vai AO vērtība jeb indekss ir negatīvs, fenoloģiskā fāze iestājas vidēji vēlāk, bet ja indeksa vērtība ir pozitīva – fāze iestājas agrāk.

Ievas gadījumā sakarība ir apgriezta, ja SCAND dominē pozitīvā fāze, tad ievas ziedēšana iestājas vidēji vēlāk, ja negatīva – agrāk.



4.1.1. att. A. Lazdas *Corylus avellana* ziedēšanas un Arktiskās oscilācijas (februāris) kopsakarības. B. Jasmīna *Philadelphus coronaries* ziedēšanas un Skandināvijas oscilācijas (februāris) kopsakarības. Vidējie 15 staciju dati. 1971.-2000.gads

Uz x ass – diena no gada sākuma

4.1.1.tabula. Pavasara fenoloģisko fāžu un atmosfēras cirkulācijas veidu būtiskākās kopsakarības.

ACV	Lazda BBCH61	Baltalksnis BBCH61	Bērza Sulas	Ieva BBCH11	Bērzs BBCH11	Bērzs BBCH61	Pienene BBCH61	Ieva BBCH61	Ķirši BBCH61	Cerīpi BBCH61	Pīlādzis BBCH61
NAO I	-.411*	-.381*	-.486**	-.512**	-.571**	-.496**	-.358	-.429*	-.464**	-.388*	-.474**
NAO II	-.610**	-.609**	-.526**	-.401*	-.371*	-.358	-.491**	-.372*	-.415*	-.263	-.195
NAO III	-.481**	-.486**	-.515**	-.352	-.396*	-.412*	-.331	-.349	-.398*	-.303	-.252
EA IV	-.205	-.175	-.196	-.446*	-.466**	-.391*	-.341	-.530**	-.427*	-.516**	-.600**
EA_WR I	-.434*	-.412*	-.353	-.065	-.028	.141	-.064	.029	-.046	0.14	0.167
EA_WRIV	.222	.273	.384*	.417*	.464**	.481**	.362*	.373*	.424*	.416*	.414*
SCAND II	.604**	.631**	.516**	.445*	.460*	.452*	.583**	.567**	.492**	.491**	.423*
SCAND III	.504**	.579**	.589**	.335	.364*	.384*	.488**	.449*	.489**	.413*	.386*
WP I	-.16	-.187	-.314	-.289	-.297	-.338	-.217	-.314	-.301	-.388*	-.409*
EP_NP I	.441*	.433*	.393*	.454*	.422*	.327	.411*	.382*	.378*	0.25	.209
EP_NP IV	-.585**	-.593**	-.593**	-.35	-.354	-.307	-.346	-.297	-.031	-.211	-.189
AO I	-.554**	-.544**	-.595**	-.431*	-.445*	-.418*	-.410*	-.393*	-.497**	-.414*	-.437*
AO II	-.743**	-.747**	-.674**	-.469**	-.419*	-.432*	-.610**	-.467**	-.517**	-.394*	-.271
AO III	-.435*	-.457*	-.594**	-.383*	-.315	-.306	-.384*	-.368*	-.429*	-.287	-.024

ACV – atmosfēras cirkulācijas veids

Tabulā atlikti cirkulācijas veidi, ar kuriem novērotas statistiski būtiskas kopsakarības.

Ar sarkanu – korelācijas vērtības ar ticamību 0.01.

** ticamības līmenis 0.01; * 0.05.

Iekrāsots – būtiskākā sakarība katrai sugai;

Ar romiešu cipariem atlikti kalendārie mēneši;

BBCH11-lapu plaukšanas sākums, BBCH61-ziedēšanas sākums.

Fenoloģiskā pavasara gadījumā var izdalīt četrus būtiskākos indeksus (tab.4.1.1.): agrās pavasara fāzes korelē ar Arktisko oscilāciju, lapu plaukšana ar NAO,

ziedēšanas fāzes maija sākumā, izņemot ievu, korelē ar AO, savukārt maija beigu fāzes – ar Austrumatlantijas cirkulācijas veidu aprīli.

Vasaras fāzēm izdalās viens dominējošais cirkulācijas veids - Skandināvijas (SCAND), ar kuru korelācija ir būtiska četrām no 7 novērotajām vasaras fāzēm (sakarība pozitīva, att. 4.1.1.B). Meža avenes ziedēšanai korelācija ir būtiska ar AO februārī, virša ziedēšana savukārt korelē ar AO jūlijā, bet liepas ziedēšanai netika atrasta būtiska korelācijas starp cirkulācijas veidiem (nevienu gadījumā korelācijas koeficienta vērtība nepārsniedza 0.4 ar ticamības līmeni 0.05). Jāatzīmē, ka fenoloģiskās vasaras fāžu un atmosfēras cirkulāciju veidu kopsakarības nav tik ciešas kā tas ir pavasara sākuma fāzēm.

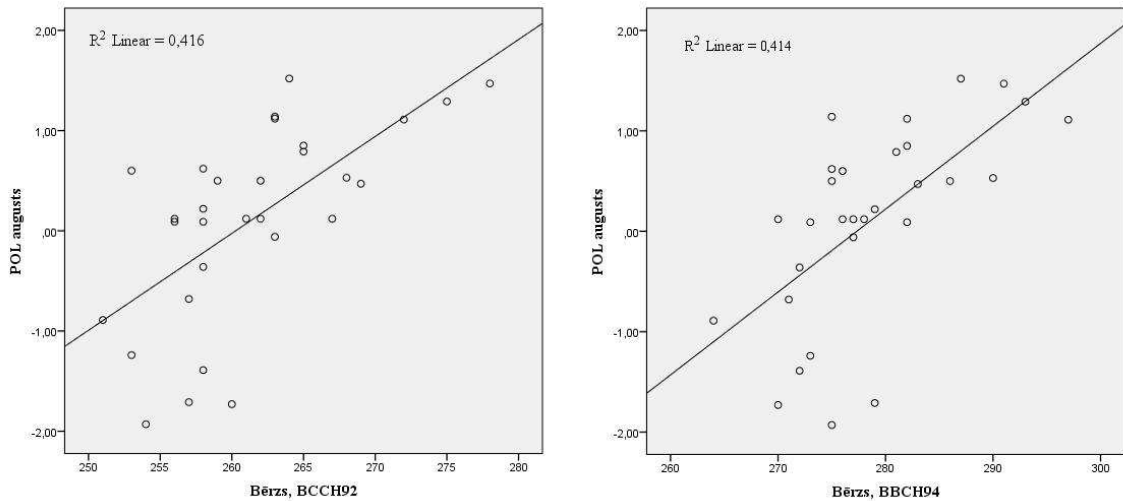
Visas analizētās rudens fāzes (4 sugas: bērzs, apse, liepa un kļava, 2 fenoloģiskās fāzes) korelē ar POL augustā, korelācija ir cieša, sakarība ir pozitīva (tab.4.1.2).

4.1.2. tabula. Kopsakarības starp rudens fāžu iestāšanās laiku un oscilāciju indeksiem (vidējie 14 novērojumu punktu dati; korelācijas koeficienta vērtības).

Suga Fāze	Liepa		Bērzs		Apse		Kļava
	BBCH92	BBCH93	BBCH92	BBCH93	BBCH92	BBCH93	BBCH93
POLVIII	0.645**	0.633**	0.64**	0.488**	0.530**	0.797**	0.609**

** ticamības līmenis 0.01

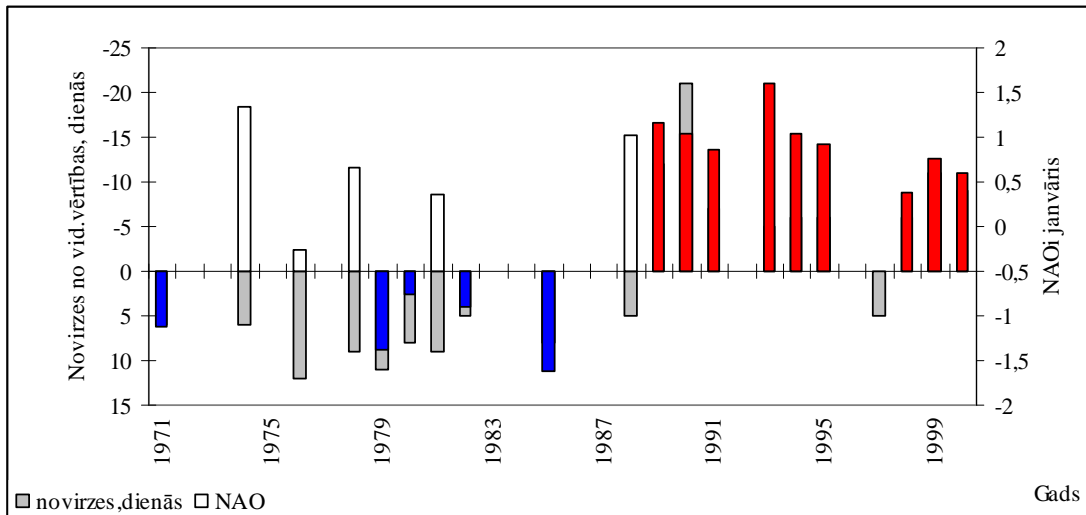
Ja dominē POL negatīvā fāze, tad rudens fāzes iestājas agrāk. Kā var redzēt attēlā 4.1.2. sakarība ir cieša, determinācijas koeficienta vērtība $R^2 = 0.41$, savukārt korelācijas koeficients 0.64.



4.1.2. att. Kopsakarības starp bērza *Betula pendula* lapu dzeltēšanas sākumu (BBCH92) un lapu krišanas (BBCH93) sākumu un POL augustā. 15 punktu vidējie dati. 1971.-2000.gads.

Uz x ass – diena no gada sākuma.

Pētījumos konstatēts (Menzel, 2003b), ka pastāv būtiska sakarība starp fenoloģiskajām anomālijām, t.i., agrās vai vēlās iestāšanās vērtības, un NAO vērtībām, kas raksturīgs arī Latvijas datu rindām. Ja dominē pozitīvā NAO fāze, tad fāze iestājas agrāk nekā vidēji, (lielākoties 20. gs. 90. gados), savukārt pie negatīva NAO – fāze iestājas vidēji vēlāk. Pie tam agrajām vērtībām korelācija ir ciešāka un izteiktāka (att.4.1.3.).

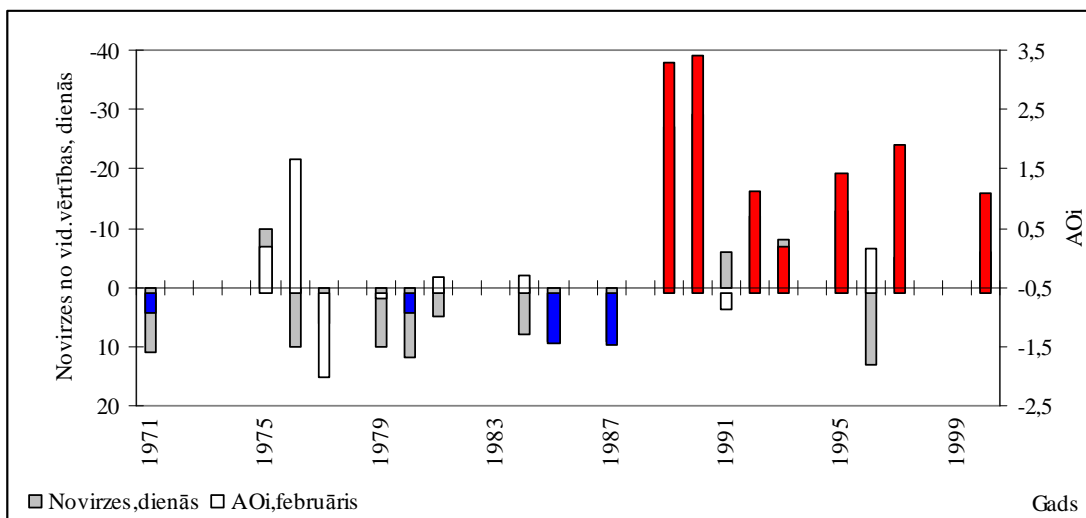


4.1.3. att. Āra bērza *Betula pendula* lapu plaukšanas sākuma novirzes dienās no ilggadīgi vidējās vērtības un NAO_{janvārim} kopsakarības (15 novērojumu punktu vidējie dati).

Novirze, dienās: atliktas vērtības ≥ 5 ;
Ar sarkanu pozitīvs NAOI, ar zilu negatīvs NAOI.

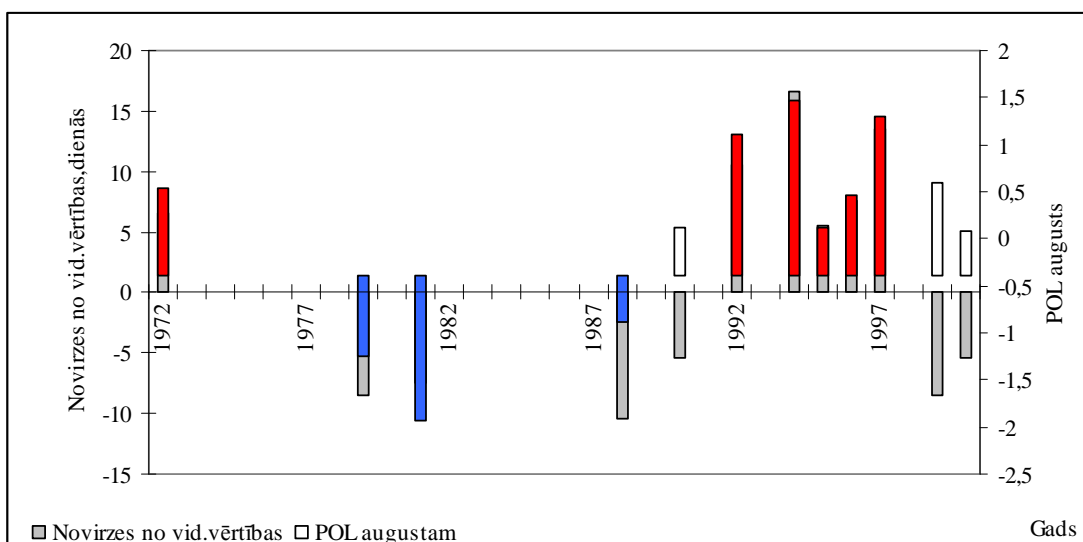
Bērza sulu cirkulācijas sākuma ekstrēmās vērtības korelē ar AO februāra indeksu vērtībām, līdzīgi kā bērza lapu plaukšanas gadījumā, ja AO ir pozitīvs, tad fāze iestājas vidēji agrāk un jo lielāka AO indeksa negatīvā vai attiecīgi pozitīvā vērtība, jo lielākas ir izmaiņas fāzes iestāšanās laikam (att. 4.1.4).

Ja Polārās/Eirāzijas cirkulācija indeksa vērtības ir pozitīvas, tad lielākoties rudens fāzes iestājas vēlāk (att.4.1.5.). Jo lielākās POL vērtības, jo novirzēm no vidējās vērtības ir tendence pieaug. Rudens gadījumā POL indeksa vērtības var izskaidrot fāžu iestāšanās laika novirzes no vidējām vērtībām jeb ekstremālās vērtības.



4.1.4. att. Āra bērza *Betula pendula* sulu cirkulācijas sākuma novirzes dienās no ilggadīgi vidējās vērtības un AO_{februārim} kopsakarības (15 novērojumu punktu vidējie dati).

Novirze, dienās: atliktas vērtības ≥ 5 ;
Ar sarkanu pozitīvs AOI, ar zilu negatīvs AOI.

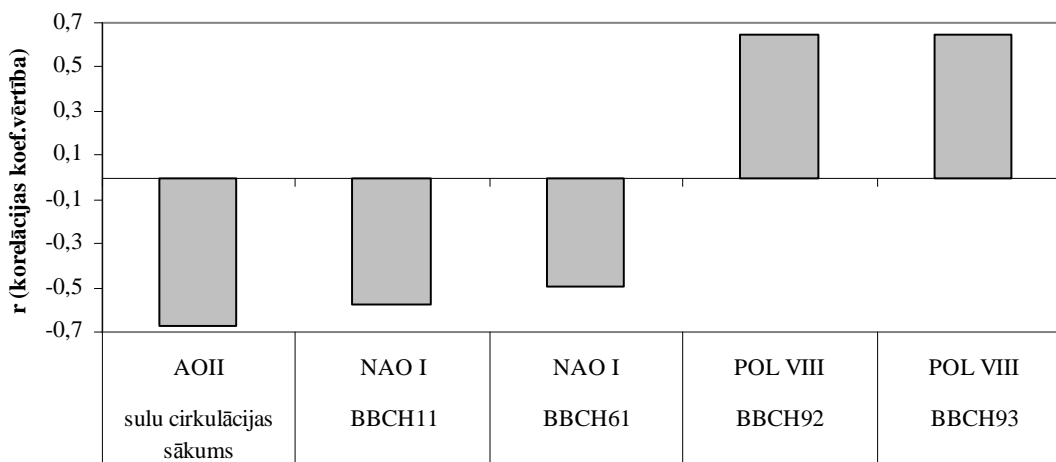


4.1.5.att. Bērza *Betula pendula* lapu dzeltēšanas sākuma novirzes dienās no ilggadīgi vidējās vērtības un POL_{augustam} kopsakarības (15 novērojumu punktu vidējie dati).

Novirze, dienās: atliktas vērtības ≥ 5 ;

Ar sarkanu pozitīvas POL vērtības; ar zilu – negatīvas POL vērtības.

Vienas sugas ietvaros, fenoloģisko fāžu attīstību raksturo vairāki atmosfēras cirkulācijas veidi (att.4.1.6.), piemēram, bērza sulu cirkulācijas sākumu būtiski ietekmē AO februārī, savukārt lapu plaukšanas un ziedēšanas sākums korelē ar NAO janvārī. Rudens fāzes – lapu dzeltēšana un lapu krišana – korelē ar POL augustā kā visas analizētās rudens fāzes.



4.1.6.att. Bērza *Betula pendula* fenoloģisko fāžu un atmosfēras cirkulācijas veidu kopsakarības. 15 staciju vidējie dati.

Atmosfēras cirkulācija ir viens no galvenajiem klimatu noteicošajiem faktoriem Latvijas teritorijā (Kļaviņš and Rodinov, 2010), kas būtiski ietekmē arī fenoloģisko fāžu iestāšanās laikus. Kopsakarību analizēs atrasts, ka pavasara fāzes galvenokārt ietekmē Arktiskā oscilācija, kā arī NAO, Skandināvijas oscilācija. Vasaras fāzes galvenokārt korelē ar Skandināvijas atmosfēras cirkulācijas veidu (lai gan sakarības nav tik ciešas kā pavasara fāzēm), savukārt visas analizētās rudens fāzes uzrādīja būtisku sakarību starp fāzes iestāšanos un POL augustā.

Atmosfēras cirkulāciju raksturs ietekmē arī fenoloģisko fāžu anomālās jeb izteikti agrās vai vēlās iestāšanās laika vērtības, pavasara fāžu anomālijas var tik skaidrotas ar AO vai NAO indeksu vērtībām, attiecīgi, ja dominē AO/ NAO pozitīvā fāze, tad pavasara fenoloģiskās fāzes iestājas agrāk nekā vidēji, pie tam, jo lielāka ir AO/NAO indeksa vērtība, jo lielākas ir novirzes no vidējas vērtības fenoloģiskajām fāzēm. Rudens fāžu gadījumā, ja augustā dominē POL pozitīvā fāze, tad lapu dzeltēšana un/vai lapu krišana iestājas vēlāk, līdzīgi kā pavasara gadījumā, jo lielāka POL indeksa vērtība, jo novirzei no vidējās vērtības ir tendence pieaugt.

4.1.2. Klimatiskie faktori

Pavasara fenoloģisko fāžu un klimatisko rādītāju kopsakarību analīzei kopumā izmantoti 52 indikatori ar mērķi atrast būtiskāko ietekmējošo faktoru vai faktoru grupu. Analizēti 5 novērojumu punktu dati laika periodā 1971.-2000. gads. Pētījuma vietas izvēlētas pēc datu kvantitātes. Datu analīzē izmantota principiālā jeb galvenā komponentu analīze (PCA) un daudzfaktoru regresija, kā arī korelācijas metode.

Agro **pavasara** fāžu, t.i., lazdas ziedēšana, iestāšanās laiks savstarpēji korelē ar 8 faktoru grupām, klimatiskajiem faktoriem, trīs iepriekšējo mēnešu griezumā, t.i., izmantoti janvāra, februāra un marta dati. Ņemot vērā, ka fenoloģisko fāžu iestāšanās laiku ietekmē daudzu faktoru kopums, tika veikta principiālā jeb galvenā komponentu analīze, atlasot divas galvenās faktoru komponentes (skat.7.pielikumu, visu klimatisko indikatoru izkārtojums pa komponentu asīm Zīlānu piemērā). Tālāk dati tika reducēti, samazinot to indikatoru skaitu, kas nav būtiski jeb atrodas tālu no komponentu asīm. Zīlānu piemērā (7.pielikums) izdalās 4 faktoru grupas: sniega segas biezums un ilgums, kā arī gaisa un augsnes temperatūra martā.

Izdalītie komponentu grupu faktori, apstrādāti programmā *DENDROCLIM*, izdalot faktorus, kuri ir būtiski un izslēdzot savstarpējās saistības starp faktoriem, kas nereti raksturīgs klimatiskajiem datiem.

Neretas gadījumā (izmantoti Zīlānu meteoroloģiskās stacijas dati), PCA izdalās četras faktoru kopas – sniega segas biezums, gaisa un augsnes temperatūra martā, februārī un janvārī. Savstarpēji salīdzinot PCA izdalītos komponentu faktorus (sniega sega, gaisa temperatūra, augsnes temperatūra) *DENDROCLIM* atrasts, ka būtiskākie lazdas ziedēšanu ietekmējošie faktori ir maksimālā diennakts gaisa temperatūra martā, minimālā diennakts gaisa temperatūra martā un februārī, kā arī augsnes temperatūra februārī un no sniega segas komponentiem, svarīgs sniega segas ilgums. Veicot iepriekšminēto faktoru un fāzes savstarpējo salīdzināšanu atrasts, ka būtiskākais faktors ir minimālā diennakts gaisa temperatūra februārī un martā.

Dobeles gadījumā lazdas ziedēšanas būtiskākais ietekmējošais faktors ir maksimālā gaisa temperatūra februārī un augsnes vidējā temperatūra februārī. Savstarpēji salīdzinot PCA izdalītos komponentu faktorus (sniega sega, gaisa temperatūra, augsnes temperatūra) starp šiem lielumiem – maksimālā gaisa temperatūra un augsnes temperatūra februārī – atrastas visbūtiskākās sakarības, pie tam abu faktoru nozīme ir vienlīdzīga.

Popē PCA rezultātos izdalās trīs faktoru grupas: sniegums, augsnes un gaisa temperatūra. Lazdas ziedēšanas sākums visbūtiskāk korelē ar maksimālo un minimālo gaisa temperatūru februārī, kā arī augsnes temperatūru martā.

Veicot Engures datu analīzi, izdalās pieci būtiskākie faktori – diennakts vidējā gaisa temperatūra februārī, februāra minimālā gaisa temperatūra un augsnes temperatūras vidējās vērtības februārī. Veicot šo faktoru analīzi, atrasts, ka būtiskākie

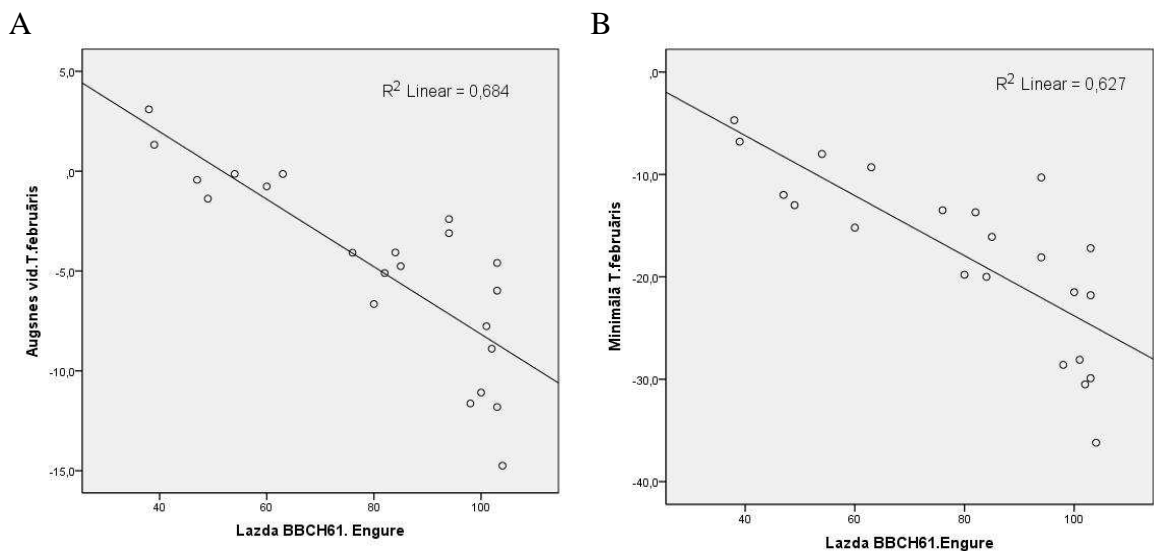
faktori ir divi, kas atkārtojas visbiežāk: augsnes vidējā temperatūra, minimālā februāra gaisa temperatūra (att. 4.2.1.A un B).

Kopumā (5 punktu dati) lazdas ziedēšanas sākuma un klimatisko faktoru kopsakarībās izdalās četri ietekmējošie faktori: minimālo temperatūru raksturs februārī, augsnes temperatūra martā, vidējā gaisa temperatūra martā un maksimālās gaisa temperatūras februārī; no tiem būtiskākā ietekme ir minimālajai temperatūrai februārī un augsnes temperatūrai martā.

Baltalkšņa ziedēšanas sākumu nosaka līdzīgi klimatiskie faktori kā lazdai, zīmīgi, ka baltalkšņa ziedēšanai ciešākās korelācijas vērtības ir maksimālajai gaisa temperatūrai februārī un nevis minimālajai temperatūrai kā tas raksturīgs lazdas gadījumā.

Nokrišņu daudzums tikai atsevišķos punktos korelē ar fāzes iestāšanos, ko varētu izskaidrot ar novērojumu vietas mikroklimatu. Engures un Barkavas gadījumā gan lazdas, gan baltalkšņa ziedēšanu ietekmē sniega segas ilgums. Tajā pat laikā, DENDROCLIM rezultāti liecina sniega sega un tās ilgums nav būtiskākie faktori fāzes attīstības gaitai.

Savukārt bērza sulas cirkulācijas raksturu ietekmē sniega segas ilgums, kā arī visām stacijām fiksēta būtiska sakarība starp fāzes iestāšanos marta beigās un vidējo gaisa temperatūru martā un minimālo gaisa temperatūru februārī.



4.2.1.att. Lazdas *Corylus avellana* ziedēšanas sākuma (BBCH61) un augsnes temperatūras (A) un minimālās gaisa temperatūras (B) kopsakarības. Engures piemērs

Uz x ass – diena no gada sākuma

Agrajām fenoloģiskajām fāzēm ir atrasta cieša korelācija ar vairākiem klimatiskajiem faktoriem (lazdas un baltalkšņa gadījumā izdalās 4 grupas), savukārt vēlākām pavasara fāzēm izdalās viens vai 2 dominējošie, t.i. būtiskākie faktori.

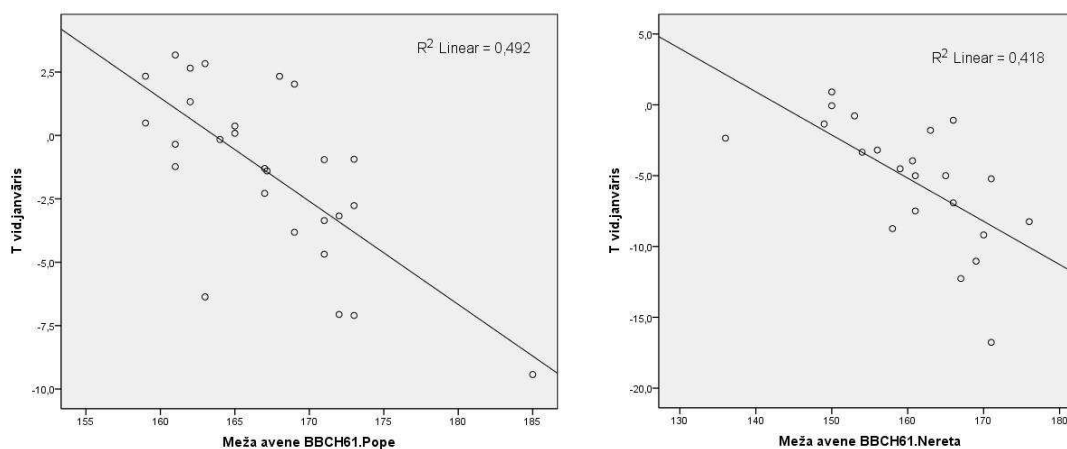
Lapu plaukšana ievai un bērzam var tikt skaidrota ar aprīļa vidējo gaisa temperatūru. Sakarība ir spēcīgā visos 5 novērojumu punktos gan bērzam, gan ievai. Otrs būtiskākais faktors ir augsnes temperatūra aprīlī. Atsevišķos gadījumos fāzes attīstību nosaka minimālo gaisa temperatūru raksturs martā.

Fāzēm, kas iestājas maija vidū, kā ievas un ķiršu ziedēšanas sākums, skaidri iezīmējas viena faktora ietekme, proti, vidējā gaisa temperatūra aprīlī. Savukārt ceriņu un pīlādžu ziedēšanas sākums korelē gan ar vidējām temperatūrām aprīlī un maijā, kā arī janvārī.

Veicot pavasara fenoloģisko fāžu un klimatisko faktoru kopsakarību analīzes, atrasts, ka pavasara fenoloģiskās fāzes galvenokārt saistītas ar 2 faktoru grupām: gaisa temperatūra un augsnes temperatūra iepriekšējā vai konkrētajā mēnesī, kad fāze iestājas. Nereti augsnes temperatūras un fāzes kopsakarībās korelācijas koeficienta vērtības ir augstākas nekā atrasts gaisa temperatūras un fenoloģiskās fāzes iestāšanās laika kopsakarībās.

Pētījuma rezultāti liecina, ka pavasara fāžu iestāšanās laikus galvenokārt nosaka termiskais režīms, nav konstatētas būtiskas kopsakarības ar nokrišņu režīmu vai sniega segas biezumu vai ilgumu (ar atsevišķiem izņēmumiem). Turklāt pavasara sākuma fāzes ietekmē vairāki faktori, savukārt vēlās fāzes – viens vai divi dominējošie ietekmējošie faktori, kas norāda, ka agrās fāzes ir daudz sensitīvākas uz meteoroloģisko parametru izmaiņām nekā vēlās fāzes, t.i., jebkura termiskā režīma svārstība ietekmē fenoloģisko fāžu norisi. Korelācijas ir negatīvas, pie zemākas temperatūras fāze iestājas vidēji vēlāk. Piemēram, Dobelē visvēlākā lazdas ziedēšanas vērtība novērota 1996.gadā 18.aprīlī, kad vidējā gaisa temperatūra martā bijusi -4.0°C .

Vasaras fāžu un klimatisko faktoru kopsakarībās tika atrasts, ka vasaras fāžu attīstībā būtiska loma ir 3 klimatiskajiem faktoriem: iepriekšējā mēneša gaisa temperatūrai, gaisa temperatūru raksturam janvāra mēnesī un atsevišķos punktos arī augsnes temperatūrai. Tomēr jāatzīmē, kopsakarību korelācijas vērtības ir zemākas nekā pavasara fāzēm un faktoru ietekme nav raksturīga visām sugām un visām novērojumu vietām. Vienīgais klimatiskais faktors, ko varētu pieņemt kā dominējošo ir janvāra gaisa temperatūra (minimālā, kā arī vidējā). Piecas no septiņām vasaras fenoloģiskajām fāzēm uzrādīja būtisku sakarību ar janvāra vidējo, bet galvenokārt minimālo gaisa temperatūru visās četrās analizētajās novērojumu stacijās (att.4.2.2.).



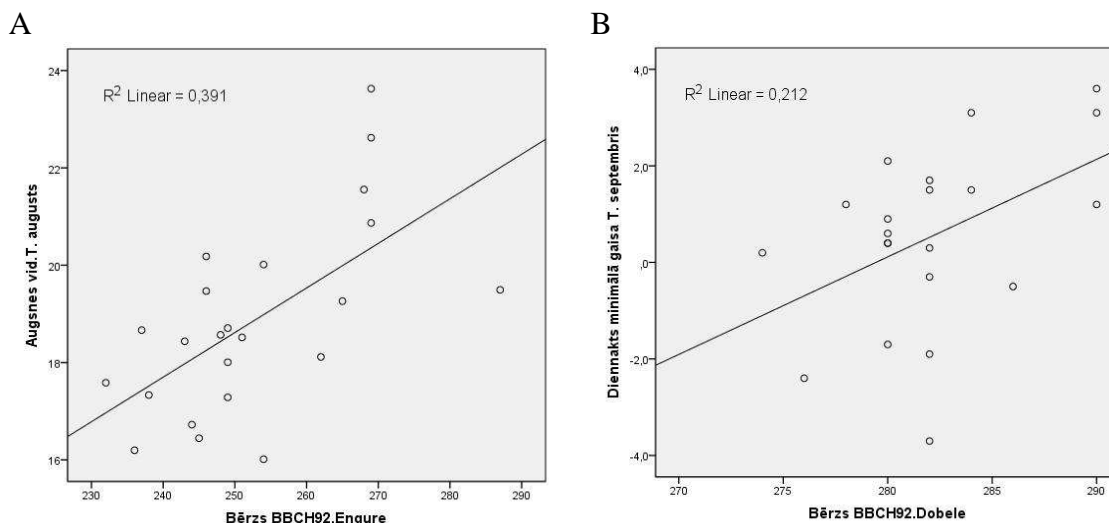
4.2.2.att. Meža avenes *Rubus idaeus* ziedēšanas sākuma (BBCH61) un vidējās janvāra gaisa temperatūras kopsakarības. Popes (A) un Neretas (B) piemērs
 Uz x ass – diena no gada sākuma

Piemēram, vēlākā meža avenes ziedēšanas vērtība Popē novērota 1987.gadā (4.jūlijs) un minimālā janvāra vidējā gaisa temperatūra fiksēta arī 1987. gadā (-9.4°). Augu attīstību pavasarī un vasarā ietekmē ne tikai tiešā gaisa temperatūra, t.i., ikdienas, bet arī laika apstākļi auga miera periodā, Latvijas gadījumā ziemā. Kā norāda I. Chuiene un līdzautori (Chuiene et al., 2003) negatīvas gaisa temperatūras ziemā ir svarīgas augu attīstībai un mainīgās ziemas gaisa temperatūras ietekmē augu temperatūras akumulāciju (Aasa, 2005), bet augu bioķīmiskie un fizioloģiskie mehānismi miera periodā augiem nav līdz galam izzināti (Chuiene et al., 2003).

Rudens fenoloģisko fāžu un klimatisko faktoru kopsakarības veiktas 7 indikatoru grupām, kopā vairāk kā 100 parametriem piecos novērojumu punktos.

Rudens fāzēm kopsakarību analīze veikta datiem sākot no kalendārā gada sākuma. Veicot PCA, izdalās 2 komponentes – pavasara un rudens dati.

Analizējot 5 novērojumu punktu datus, konstatēts, ka bērza lapu dzeltēšanu ietekmē iepriekšējā vai konkrētā mēneša gaisa un augsnes temperatūras. Piemēram, Engurē vidēji bērza lapu dzeltēšana fiksēta 9.septembrī, kas korelē ar gaisa temperatūru augustā, Dobelē vidēji bērzi sāk dzeltēt 5. oktobrī, ko galvenokārt nosaka laika apstākļi septembrī.



4.2.3.att. Bērza *Betula pendula* lapu dzeltēšanas un augsnes temperatūras (A) un minimālās gaisa temperatūras (B) kopsakarības. Engures un Dobeles piemērs.

Uz x ass – diena no gada sākuma

Ņemot vērā rudens datu kvalitāti (datu rindas neietver datus par vismaz 25 gadiem), DENDROCLIM programmā analizētas apvienotās datu rindas. Fenoloģisko un klimatisko datu kopsakarību datu analīze liecina, ka bērza lapu dzeltēšanas sākumu galvenokārt nosaka augusta minimālās gaisa temperatūru raksturs, pie tam sakarība ar augusta minimālo gaisa temperatūru ir pozitīva, t.i., jo augstāka ir gaisa temperatūra augustā, jo vēlāk iestājas fāze (4.2.3.att.B). Atsevišķos gadījumos (Engure, Nereta) pastāv kopsakarības starp nokrišņu daudzumu un rudens fāzēm, bet veicot DENDROCLIM netika atrastas būtiskas sakarības.

Otrs būtiskākais faktors ir augsnes temperatūras rudenī, pie tam sakarība starp augsnes temperatūru un fāzes iestāšanos ir pozitīva (4.2.3.att. A). Ja fāze iestājas oktobrī, piemēram, kā Barkavā un Neretā, tad novērota būtiska negatīva sakarība starp oktobra augsnes temperatūru un fāzes iestāšanos. Līdzīga sakarība atrasta arī bērza lapu krišanas sākumfāzei.

Lapu krišanas sākums bērziem līdzīgi kā lapu dzeltēšanas sākums atkarīgs no iepriekšējā mēneša laika apstākļiem, kā arī no augsnes temperatūras izmaiņām (2 iepriekšējo mēnešu griezumā).

Atsevišķos gadījumos pastāv sakarība starp pavasara nokrišņu daudzumu un fāzes iestāšanos rudenī, iespējams tas saistīts ar lapu plaukšanas raksturu.

Kā būtiskākos faktoros (analizējot apvienotās datu rindas DENDROCLIM), var izdalīt gaisa temperatūru augustā un augsnes temperatūru augustā līdz oktobrim.

Analizējot citu rudens fenoloģisko fāžu datus, kā apses un liepas dzeltēšanu un lapu krišanas sākumu, atrasts, ka no analizētajiem klimatiskajiem faktoriem, fāzes

ietekmē augsnes temperatūra septembrī un gaisa temperatūras raksturs, pie tam augsnes temperatūras un fāzes kopsakarības ir ciešākas nekā ar gaisa temperatūru, piemēram, apses lapu dzeltēšanas sākums nekorelē ar gaisa temperatūru rudenī.

Tomēr, kā tas norādīts iepriekš, kopsakarību raksturs nav tik viendabīgs un izteikts, kā pavasara fāzēm. Rudens fenoloģisko fāžu iestāšanās laikus ietekmē lokālie faktori, jo neviens no analizētajiem faktoriem nav dominējošs, t.i. neatkārtojas novērojumu punktu griezumā. Regresijas analīze liecina, ka komponente (PCA dati), kur ietverta gaisa un augsnes temperatūra, izskaidro tikai 10-30% gadījumu no rudens fāžu variācijām, tas norāda, ka rudens fāzēm ir citi papildus ietekmējošie faktori.

Atsevišķos novērojumu punktos, nokrišņu režīms izdalās kā viens no ietekmējošajiem faktoriem, bet korelācijas koeficientu vērtības nav statistiski būtiskas.

Kā būtisks rudens fāžu ietekmējošs faktors zinātniskajā literatūrā minētas pirmās rudens salnas, taču pētījumā iepriekšminētais nav apstiprinājies, jo korelācija starp pirmo rudens salnu (minimālā diennakts gaisa temperatūra $<0^{\circ}$) un rudens fāžu iestāšanos nav būtiska. Pētījumā atrasts, ka atsevišķām sugām būtiskāka ir kritiskā minimālās gaisa temperatūras vērtība 2°C vai 1°C , bet tam ir lokāls raksturs, respektīvi, kopsakarības ir būtiskas atsevišķās stacijās nevis visai datu rindai.

Analizēto klimatisko faktoru un fāžu iestāšanās laika kopsakarībās atrasts, ka rudens fāžu iestāšanās laiki atkarīgi no gaisa temperatūras iepriekšējā mēnesī pirms fāzes iestāšanās, galvenokārt svarīgs ir minimālo gaisa temperatūru raksturs (atsevišķām fāzēm – maksimālās), kā arī augsnes temperatūras.

Pētījumā nav konstatētas būtiskas sakarības starp pirmo salnu un lapu dzeltēšanas sākumu.

Analizējot klimatiskos faktorus kā sniega sega, gaisa un augsnes temperatūra u.c., atrasts, ka galvenokārt fenoloģisko fāžu iestāšanās laikus nosaka termiskais režīms, t.i., gaisa temperatūra, otrs būtisks faktors ir augsnes temperatūra. Nokrišņi nav limitējošais faktors augu attīstībā, līdz ar to neietekmē fenoloģiskās fāzes iestāšanās laiku.

Agrās pavasara fāzes ir sensitīvākas uz klimatisko faktoru izmaiņām, savukārt pavasara beigu posma fāzes būtiski atkarīgas no vidējās diennakts gaisa temperatūras. No analizētajiem klimatiskajiem indikatoriem būtiskākā sakarība starp vasaras un rudens fāžu iestāšanās laiku konstatēta augsnes un gaisa temperatūrai, tomēr sakarības nav tik izteiktas kā pavasara fāzēm. Rudens fāžu raksturu domājams, galvenokārt nosaka lokālie faktori.

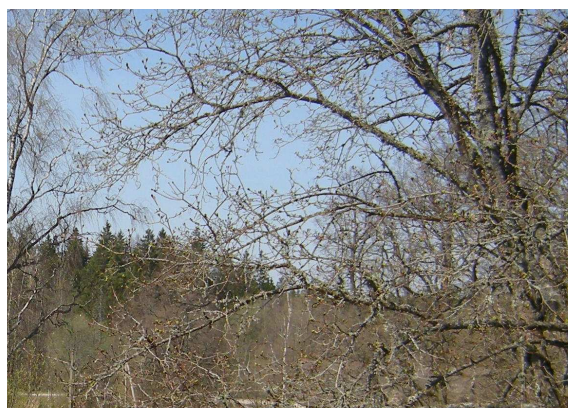
5. DIGITĀLO ATTĒLU IZMANTOŠANA FENOLOĢIJAS PĒTĪJUMOS: LATVIJAS PIEMĒRS

Sistemātiski novērojumi Latvijā sākti 1926.gadā, kad fenoloģiskie novērojumu veikti 47 punktos Latvijā, 20.gs. 30-tajos gados darbojās vairāk nekā 70 brīvprātīgie novērotāji-fenologi, bet brīvprātīgo novērotāju skaits Latvijā katru gadu samazinās, kalendārā *Daba un vēsture* 2010. gadā publicēti dati no 8 novērojumu vietām Latvijā, kas nav pietiekams punktu skaits, lai veiktu kvalitatīvu bioklimatisko raksturojumu.

2008.gadā darba autore kopā ar darba grupu LU zinātniskā projekta 2008/ZP-122: *Fenoloģisko novērojumu tīkla attīstība un modernizācija Latvijā* ievaros uzsāka modernizēt brīvprātīgo novērojumu tīklu, ieviešot Baltijā inovatīvu metodi – atkārtotu digitālo attēlu (*repeat photography*) izmantošana (fotmonitorings). Projekta ievaros tika uzstādītas 2 digitālās kameras: LU, Botāniskajā dārzā un LU, ĢZZF lauka stacionārā Lodesmuižā.



28.04.2009. Kļavas ziedēšana nav novērota



28.04.2009. Atsevišķs kļavas zars tuvplānā



29.04.2009. Kļavas ziedēšanas sākums



29.04.2009. Atsevišķs koka zars tuvplānā

5.1.att. Kļavas *Acer platanoides* ziedēšanas sākums Lodesmuižā 2009.gada aprīlī.

Digitālo attēlu datu bāzē saglabāti attēli, kuri uzņemti periodā no 2009. gada pavasara līdz 2011. gada pavasarim, kas ļauj izdarīt pirmos secinājumus, kā arī pētījums ir aprobēts konferencēs (viens starptautiska un divi vietēja mēroga ziņojumi) un divos bakalaura darbos (M.Bitāne, 2010. un E. Groza, 2010, darba vadītāja G. Kalvāne).

Darba izstrādē ir veikta arī fotomonitoringa kā fenoloģiskās metodes apbrobācija, veicot lauka novērojumus LU, Botāniskajā dārzā 2009. gada pavasarī un rudenī.

Iegūtie rezultāti ļauj secināt, ka atkārtotie digitālie attēli var tikt izmantoti, lai

1. precīzi, specifiski un akurāti fiksētu fenoloģiskās fāzes, izslēdzot subjektivitātes faktoru, kas nereti raksturīgs brīvprātīgo novērotāju datiem;
2. konstatētu fenoloģisko fāžu norisi, intensitāti, attīstības fāzes (10% ziedēšana 100% ziedēšana);
3. raksturotu lokālos augu attīstību ietekmējošos faktoros, piemēram, salnas, stipras lietusgāzes, krusa utml.;
4. aprakstītu reģionālās atšķirības dažādās teritorijās;
5. salīdzinātu ikgadējo fenoloģisko fāžu variāciju;
6. analizētu ietekmējošo faktoru ietekmi un kopsakarības, piemēram, gaisa temperatūras, nokrišņu u.c. faktoru ietekmi.

Digitālie attēli dod iespēju precīzi noteikt konkrētas fenoloģiskās fāze iestāšanos laiku, piemēram, Lodesmuižā 2009. gadā kļavas *Acer platanoides* ziedēšanas sākums fiksēts 29. aprīlī, savukārt 28.aprīlī kā redzams attēlā 5.1. fāze vēl nav novērota.



30.04.2009. Ziedēšanas sākums.



08.05. 2009. 100% ziedēšana.



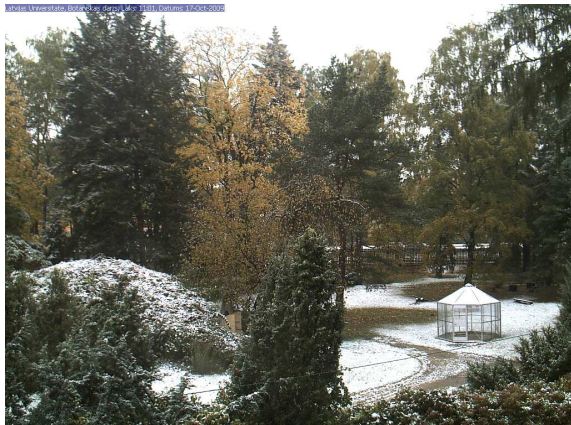
14.05. 2009. Ziedēšanas beigu sākums.



21.05. 2009. Pilnīga ziedēšanas izbeigšanās.

5.2.att. Parastās ievas *Padus racemosa* ziedēšanas posmi un fāzes intensitāte, Rīga, LU Botāniskais dārzs, 2009.gada aprīlis-maijs (Groza, 2010).

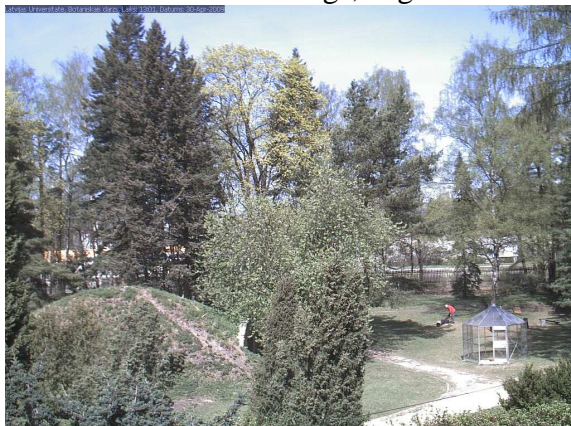
Tāpat ir iespējams konstatēt abiotiskos faktorus, piemēram, pirmais sniegš rudenī vai sniega segas pilnīga nokušana, ko meteoroloģiskajās stacijās nenovēro, bet kas ir svarīgs indikators augu attīstībā. Piemēram, 2009. gadā sniega kušanas sākums Lodesmuižā novērots 4.aprīlī un 10.aprīlī sniegš jau nokušis, savukārt 2010. gadā sniega kušanas sākums fiksēts 27.martā un jau 3. aprīlī sniegš ir pilnīgi nokušis.



17.10.2009. Pirmais sniegš, Rīga



11.10.2009. Pirmais sniegš, Lodesmuiža



30.04.2009. Ievas ziedēšanas sākums, Rīga



08.05.2009. Ievas ziedēšanas sākums, Lodesmuiža



20.09.2009. Bērza lapu dzeltēšana. 50%
Rīga



12.09.2009. Bērza lapu dzeltēšana. 50%,
Lodesmuiža

5.3.att. Digitālo attēlu izmantošana reģionālo atšķirību pētījumos. Rīga un Lodesmuiža. 2009. gads.

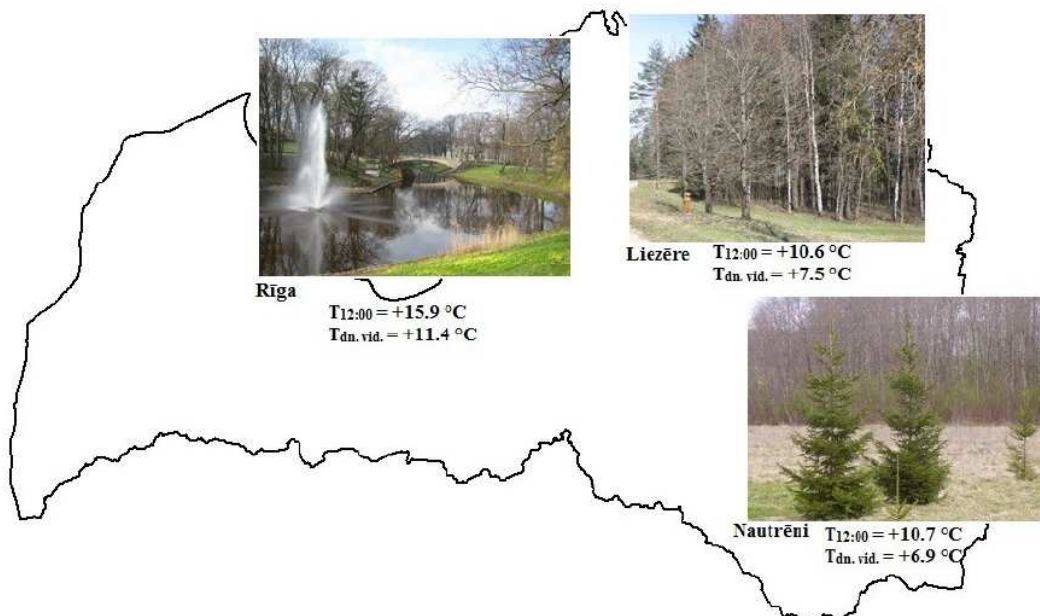
Tāpat digitālo attēlu izmantošana ļauj precīzi noteikt fāzes ilgumu dienās (piemēram, periods no lapu plaukšanas līdz dzeltēšanai, no ziedēšanas sākuma līdz

100% ziedēšanai), attīstības intensitāti (procentuālā norise, piemēram 10% ziedēšana, 50% ziedēšana vai 100% ziedēšana), kas netiek fiksēta brīvprātīgo novērotāju datus un nereti rada neskaidrības veicot datu salīdzināšanu, piemēram dažādos Eiropas reģionos vai arī Latvijas mērogā.

2009.gadā Rīgā, Botāniskajā dārzā ievas ziedēšanas sākums (pirmie atvērušies ziedpumpuri) fiksēts 30.aprīlī, līdz 100% ievas ziedēšanai, kas novērota 8.maijā, pagājušas 8 dienas (5.2. att.). Pilnīgas ziedēšanas beigas fiksētas 21.maijā, kas ļauj secināt, ka kopumā 2009.gadā ievas ziedēšanas periods ir bijis 22 dienas.

Digitālo attēlu izmantošana dod iespēju raksturot lokālo meteoroloģisko faktoru ietekmi, piemēram, krusa, stipras lietusgāzes, sarma, salnas, atkārtota sniega sega, atkušņi utml., kas ietekmē augu attīstību un nereti tām ir lokāls raksturs, kas netiek fiksēts tuvākajā meteoroloģiskajā stacijā. Dažādu postījumu dokumentēšana vēsturiski ir bijusi viens no digitālo fotogrāfiju izmantošanas pamatmērķiem.

Piemēram, Rīgā, 2009.gada 5. marta fotoattēlos redzams, ka sniega sega sākusi kust, bet 10. martā sniegs uzsnidzis atkārtoti un tikai aprīļa beigās sniega sega ir pilnīgi nokususi.



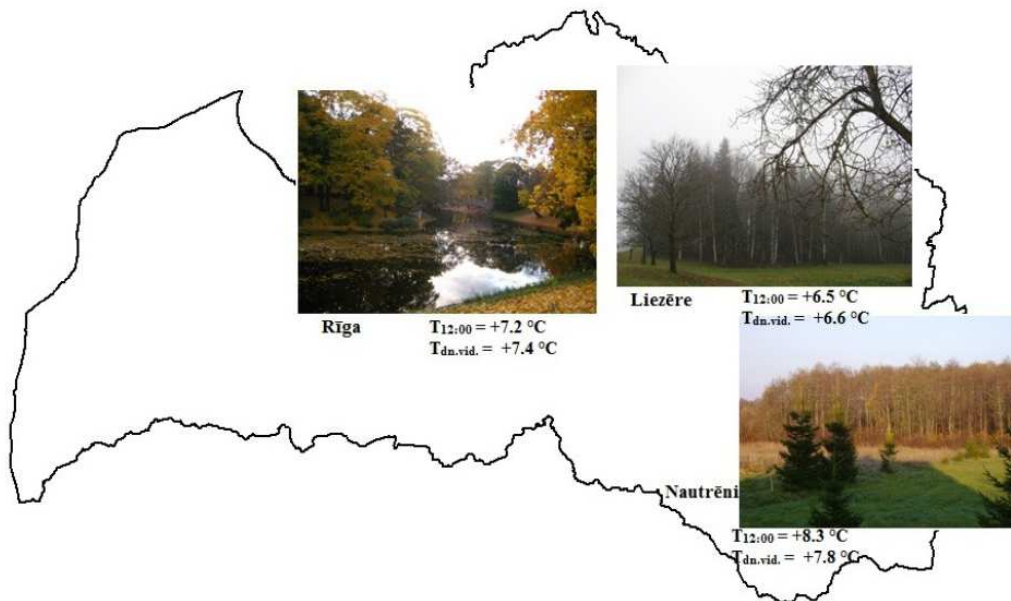
5.4.att. Gaisa temperatūras un fenoloģisko datu salīdzinājums Rīgā, Liezērē un Nautrēnos. 2008.gada 16.aprīlis.

T_{12:00} faktiskā gaisa temperatūra tuvākajā meteoroloģiskajā stacijā T_{dn.vid.} diennakts vidējā gaisa temperatūra (Bitāne, 2010)

Digitālie attēli vizuāli uzskatāmi raksturo reģionālās atšķirības un *pilsētsalas ietekmi* dažādu fenoloģisko fāžu norisē, piemēram, pirmais sniegs 2009.gadā Lodesmuižā novērots 6 dienas agrāk (11.10.2009) nekā Rīgā, kur pirmais sniegs fiksēts 17. oktobrī. Stabila sniega sega Rīgā 2009.gadā izveidojusies 13.decembrī, savukārt Lodesmuižā 10.decembrī. Ievas *Padus racemosa* ziedēšanas sākums Rīgā 2009.gadā fiksēts 30.aprīlī, savukārt Lodes muižā 9 dienas vēlāk – 8.maijā (att.5.3.).

Attēlos 5.4. un 5.5. uzskatāmi redzamas fenoloģisko fāžu un gaisa temperatūras reģionālās izmaiņas 2008. gada 16. aprīlī un 29. oktobrī. Pētījumā izmantoti fotoattēli no projekta *4Sezonas* datu bāzes (skat. nodaļu *Materiāli un metodes*).

Kā var redzēt attēlā 5.4. visaugstākā diennakts gaisa temperatūra 16. aprīlī fiksēta Rīgā, līdz ar to vērojama ziedēšana, lapu plaukšana, kā arī Bastejkalnā, kanālmalā zālājs pilnībā sazaļojis.



5.5. att. Gaisa temperatūras un fenoloģisko datu salīdzinājums Rīgā, Liezērē un Nautrēnos. 2008.gada 29.oktobrī.

T_{12:00} faktiskā gaisa temperatūra tuvākajā meteoroloģiskajā stacijā T_{dn.vid.} diennakts vidējā gaisa temperatūra (Bitāne, 2010)

2008. gada 29.oktobrī viszemākā gaisa temperatūra fiksēta Liezērē, kā var redzēt 5.6. attēlā, lapu krišana Liezērē jau 100% beigusies, savukārt Rīgā, kur diennakts vidējā gaisa temperatūra ir par 0.8°C augstāka, lapu krišanas fāze ir tikko iestājusies.

Analizējot projekta *4Sezonas* ietvaros fiksētos attēlus, konstatēts, ka veģetācijas attīstība daudz agrāk sākas tuvāk Baltijas jūrai un zemienēs esošajās vietās - Rīgā un Bēnē, šajās vietās daudz agrāk nokūst sniegs, agrāk sākas lapu plaukšana un zaļošanas fāze salīdzinājumā ar Lodes muižu, Liezēri, Malnavu un Nautrēniem. Rudens fenoloģisko fāžu norisē vērojamas izteiktas reģionālas atšķirības nekā pavasara, Lodes muižā un Liezērē agrāk sākas lapu dzeltēšana, vēlāk beidzas lapkritis, salīdzinot ar pārējām vietām (Bitāne, 010).

Attēlu izmantošana ļauj veikt fenoloģisko fāžu norišu un attīstības etapu novērtējumu pa gadiem, piemēram, ievas *Padus racemosa* ziedēšanas sākums Rīgā 2010. gadā novērots nedēļu vēlāk nekā 2009.gadā, kļava sākusi ziedēt 4 dienas vēlāk. 2009.gadā sniega kušanas sākums novērots 5. martā, bet 10.martā sniegs uzsnidzis atkārtoti, un sniega segas sairšana sākusies 13.martā, savukārt 2010.gadā 13. martā sniegs ir snidzis nevis vērojama sniega kušanas fāze. eva 8.maijā 2009. gadā sasniesi 100% ziedēšanas fāzi, kamēr 2010.gadā 8. maijā vērojams ziedēšanas fāzes sākums (att.5.6.). udens fāzēm ir līdzīgas tendences, 29.septembrī 2009.gadā fiksēta 100% kļavas lapu dzeltēšana, arī 2010. gadā kļavas lapas ir nodzeltējušas, savukārt ievas lapu krišana 2010. gadā notikusi intensīvāk nekā 2009. gadā.

Rīga
13.03.

2009.gads



2010.gads



08.05.



29.09.



5.6.att. Digitālo attēlu izmantošanai gadu no gada variāciju pētījumos. Rīgas piemērs 2009. un 2010. gads.

Digitālie attēli var tikt izmantoti, lai analizētu ietekmējošo faktoru ietekmi un kopsakarības, piemēram, gaisa temperatūras, nokrišņu u.c. faktoru ietekmi.

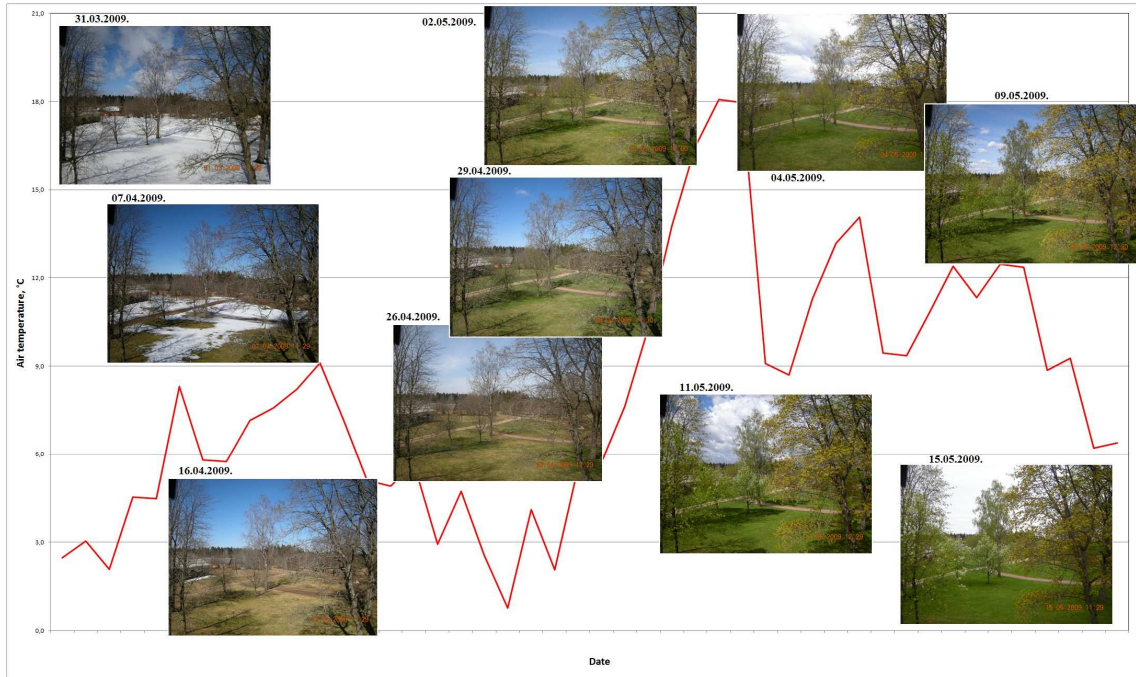
Gaisa temperatūrai pieaugot, aprīļa sākumā strauji notikusi sniega segas kušana. Aprīļa beigās savukārt gaisa temperatūras paaugstināšanās ietekmējusi strauju lapu salapošanu ievai un bērzam un ziedēšanu kļavai (att.5.7.).

Iegūtie rezultāti ļauj secināt, ka digitālo kameru attēlus var izmantot fenoloģijas pētījumos. Galvenie fotomonitoringa izmantošanas priekšnoteikumi pētījumos ir pēc iespējas labākas kvalitātes fotomateriāli un datu pieejamība par analizēto laika periodu. Nepieciešams uzņemt vairākus attēlus dienā, lai izvairītos no laikapstākļu, piemēram, nokrišņu, miglas, spoža saules, vēja un citu faktoru, piemēram, noēnojuma ietekmes, kas var samazināt attēlu kvalitāti.

Jāatzīmē, ka pilnīgāk un detalāk digitālajos attēlos redzamās fāzes redzamas elektroniskā veidā, printējot, kā arī attēlus samazinot, tie zaudē daļu kvalitātes un samazinās attēla izšķirtspēja.

2011.gadā plānots uzstādīt kameru Salaspilī, attēli varētu tikt izmantoti Rīgas pilsētas siltumsalas pētījumos.

Atkārtotu ikdienas fotogrāfiju (*repeat photography*) izmantošana ir laba alternatīva fenoloģisko novērojumu izdarīšanā, ja nav iespējams veikt lauka pētījumus un pasaulē fotomonitorings tiek izmantots arvien biežāk, piemēram, ASV darbojas fotokameru tīkls, kurā ietvertas vairāk nekā 150 kameras.



5.7. att. Gaisa temperatūras un fenoloģisko fāžu norises kopsakarības, Lodesmuiža, 2009.gada pavasaris (Kalvāne un Bitāne, 2010).

Digitālo attēlu analīze ļauj daudz precīzāk, labāk fiksēt konkrētu sugas attīstības fāzi, kā arī noteikt tās ilgumu, attīstības procesu norisi, kas nereti trūkst novērotāju datiem (Latvijā, piemēram, fāzes ilgums, kā arī attīstības etapi (50% ziedēšana vai 100% ziedēšana) netiek fiksēti), digitālie attēli glabā informāciju par lokāliem ietekmējošajiem faktoriem, piemēram, salnām. Digitālie attēli ir viegli analizējami, uzglabājami un neprasa novērotāja klātesamību.

Digitālie attēli var tikt izmantoti fenoloģiskā tīkla uzlabošanai, modernizēšanai un bioklimatisko pētījumu veikšanā.

Digitālo attēlu analīze ir labs instruments sezonālātes pētījumiem ainavā.

6. DISKUSIJA

6.1. Fenoloģiskās tendences

Kā liecina pasaulē veiktie pētījumi (Ho et al., 2006; Linderholm, 2006; Chen et al., 2005; Chmielewski, et al., 2004, Aasa et al., 2004; Menzel, 2003a; Root et al., 2003; Ahas et al., 2002; D'Odorico et al., 2002; Walther et al., 2002; Defila and Clot, 2001; Menzel et al., 2001; Beaubien and Freeland, 2000; Menzel, 2000; Roetzer et al., 2000; Schwartz and Reiter, 2000; Ahas, 1999, Post and Stenseth, 1999) agrāka pavasara fenoloģisko fāžu iestāšanās vērojama visos pasaules reģionos. Pavasara fāzes kā lapu plaukšanas un ziedēšanas sākums pēdējās 3-5 dekādēs Eiropā iestājas vidēji 0.12-0.31 dienu/gadā agrāk, savukārt Ziemeļamerikā 0.08-0.38 dienas/gadā agrāk. Rudens fāzes Eiropā savukārt iestājas vēlāk – vidēji 0.03-0.26 diena/gadā (Menzel, 2003a).

Veicot fenoloģisko fāžu analīzi Eiropas reģionos, 2 transektos Ungārija-Latvija un Slovēnija-Latvija, kā arī Baltijas valstu griezumā un analizējot Latvijas datu rindas, iegūti līdzīgi rezultāti: fenoloģiskā pavasara sākums visās 5 analizētajās teritorijās (Slovēnija, Austrija, Polija, Lietuva un Latvija) ir negatīvs vai ar negatīvu tendenci, t.i., fāze iestājas agrāk. Arī vasaras fenoloģisko fāžu iestāšanās trendi ir negatīvi vai ar negatīvu tendenci. Pētījumā konstatēts, ka rudens fenoloģisko fāžu iestāšanās trendi ir neitrāli vai ar negatīvu/pozitīvu tendenci, t.i., variē pa novērojumu punktiem vienas valsts robežās. Kā atzīmē A. Menzela (2003a) rudens fenoloģiskajām fāzēm ir heterogēns raksturs un nereti blakus esošo staciju/novērojumu punktu dati rāda pretēju tendenci. Arī K. Ramans (1958) norāda, ka Latvijā, Vidzemes augstienē rudens fenoloģiskās fāzes stipri atšķiras pa novērojumu punktiem, ko skaidro ar mikroklimatiskajām atšķirībām. L. Lizumas un līdzautoru (2007) pētījumā konstatēts, ka arī rudens gaisa temperatūru raksturs (periods 1950.-2003.gads) variē pa meteoroloģiskajām stacijām, no 22 analizēto meteoroloģisko staciju datiem, 11 meteoroloģiskajās stacijās temperatūras trendam ir negatīva tendence un 11 stacijās – pozitīva, kas norāda, ka atsevišķās stacijās rudens gaisa temperatūra pieaug, atsevišķās – samazinās, un sakarības nav būtiskas.

Analizējot desmit novērojumu punktu datus Latvijas un Lietuvas teritorijās, secināts, ka fenoloģiskajam rudenim ir tendence iestāties agrāk, pie tam izmaiņas lielākas ir Lietuvas teritorijā. Turpretim citur Eiropā vidēji fenoloģiskais rudens iestājas 0.03-0.16 dienas vēlāk (Defila and Clot, 2001; Chmielewski and Rotzer, 2001; Menzel, 2000) un tikai atsevišķās teritorijās, piemēram, Kolas pussalā ir konstatēts, ka rudens fāzes iestājas būtiski agrāk (Shutova et al., 2006). F.M. Čmelevski un T. Rotzers (2001) analizējot augšanas sezonu datus pēc fenoloģiskajos dārzos veiktajiem novērojumiem, konstatējuši, ka Baltijas jūras reģionā augšanas sezona beidzas 0.1 dienu/desmit gadiem agrāk, kas iespējams saistīts ar Baltijas jūras ietekmi, kā to apraksta igauņu fenologi (Ahas and Aasa, 2006), bet kā minēts iepriekš rudens fāžu raksturs variē pa novērojumu punktiem.

Lielākā daļa fiksēto ļoti agro pavasara un vasaras fenoloģisko vērtību, kad fāze iestājusies vairāk nekā 10 dienas agrāk nekā vidēji references periodā (1971.-2000.gads; 15 punktu dati), Latvijā ir novērotas 20. gs 90tajos gados. R. Ahas un A. Aasa (2006), analizējot fenoloģisko datu rindas Igaunijā laika periodā no 1951.-1999. gadam konstatējuši līdzīgas tendences: lielākā daļa vēlo vērtību fiksētas 20.gs. 60tajos gados, bet lielākā daļa agro – 20. gs. 90-tajos gados, minimumu sasniedzot 1989. un 1990. gadā. Zīmīgi, ka visām pētījumā analizētajām pavasara fāzēm visagrākā vērtība fiksēta

1990.gadā, kas saskan ar Eiropā veiktajiem pētījumiem (Ahas and Aasa, 2006; Chmielewski and Rotzer, 2002, Spark and Menzel, 2002), kā arī veicot fenoloģisko fāžu analīzi references periodā, iegūtie rezultāti ir līdzīgi, no 11 analizētajām pavasara fāzēm 10 fāzēm agrākās vērtības fiksētas 1990. gadā. 1990. gada februāris ir bijis siltākais pēdējo 100 gadu laikā, kad vidējā gaisa temperatūra +3.4°C, silto laiku izraisīja bieža vidusplatumu un subtropiska gaisa ieplūšana (Draveniece, 2007).

Pētījumos konstatēts, ka agrajām pavasara fāzēm ir raksturīga lielāka izkliede (novirzes no vidējās vērtības) nekā vēlajām fāzēm (Defila and Clot, 2001; Menzel et al., 2001; Bradley et al., 1999). Piemēram, lazdas ziedēšanas sākums Igaunijā vidēji iestājas 0.3-0.4 dienas gadā agrāk, savukārt ceriņa un ābeles ziedēšanas sākums mainījies no 0.1 līdz 0.3 dienām gadā (Ahas et al., 2002), Polijā lazda zied 2.4 dienas/10gadiem agrāk, savukārt ieva, ceriņi 0.5/10gadiem agrāk (Jatczak and Walawender, 2009), kas ir pierādījis arī analizējot fenoloģiskos datus Latvijas piemērā. Agrās pavasara fenoloģiskās fāzes daudz vairāk atkarīgas no termiskā režīma nekā pavasara vēlās fāzes, un kā liecina gaisa temperatūras datu analīze Latvijā, Lietuvā un Igaunijā tieši pavasara sezonā gaisa temperatūra mainījies visbūtiskāk (Lizuma, 2008), kas var izskaidrot pavasara negatīvos fenoloģiskos trendus.

Kultūraugu ziedēšana un nogatavošanās Eiropā tiek novērota 2-3 nedēļas agrāk nekā tas ir bijis pirms 50 gadiem (EEA-JRC-WHO, 2008), tāpat pētījumā tiek uzsvērts, ka augšanas sezonas izmaiņas tiek prognozētas arī turpmāk. A. Menzel (2003a) pētījums apliecina, ka augļu nogatavošanās Eiropā tiek fiksēta agrāk, piemēram, melnais plūškoks *Sambucus nigra* Vācijā vidēji nogatavojas -0.20 dienas/gadā agrāk. Savukārt Kolas pussalā, Krievijā novērotas pretējas tendences, ka brūklenes nogatavojas 10 dienas vēlāk (Kozlov and Berlina, 2002). Kā liecina Latvijā veikto agrometeoroloģisko parametru analīze, kultūraugu fenoloģisko fāžu iestāšanās laikam ir tendence iestāties agrāk, bet izmaiņas nav tik būtiskas kā savvaļas augiem. Zīmīgi, ka gan kartupeļu, gan auzu sēšanas laiks, ko nosaka cilvēka darbība, nav mainījies un kā uzsver R. Ahas un A. Aasa (2006), pētot kultūraugu fenoloģiju ir svarīgi ņemt vērā lauksaimniecības paradumus, to maiņu.

6.2. Reģionālās izmaiņas

Pavasara fāzes pētījumā analizētā transekta (Ungārija/Slovēnija-Latvija) ziemeļu daļā ir mainījušās būtiskāk nekā transekta dienvidu teritorijās (Ungārijā, Slovēnijā), kas saskan ar citu autoru pētījumiem, ka fenoloģiskās izmaiņas vairāk un būtiskāk notikušas Baltijas jūras reģionā un Rietumeiropā (Ahas and Aasa, 2006). Veiktie pētījumi (Myking un Heide, 1995 pēc Miller-Rushing, 2000) Eiropas fenoloģiskajos dārzos norāda, ka bērzu *Betula pendula* un *Betula pubescens* lapu plaukšanas sākums ir būtiskāk mainījies ziemeļu populācijām nekā dienvidu populācijām. Savukārt vasaras fāzēm, kā liepas *Tilia cordata* ziedēšanas sākumam, transektā no Ungārijas līdz Latvijai, novērotas pretējas tendences kā pavasara fāzei, t.i., liepas ziedēšanas izmaiņas daudz izteiktākas ir transekta dienvidu daļā, Ungārijā, nekā ziemeļu reģionos-Lietuvā un Latvijā, kas iespējams saistīts ar atmosfēras cirkulācijas raksturu, jo pēc Jones un līdzautoru (Jones et al., 2002) pētījuma izriet, ka atmosfēras cirkulācija vasaras periodā daudz būtiskāk ietekmē klimatu un līdz ar to fenoloģiskās fāzes Centrālajā un Rietumeiropā salīdzinot ar ziemeļu teritorijām.

Pētījumā konstatēts, ka agrās pavasara fāzes būtiski korelē ar ģeogrāfisko vietas lokalizāciju Lietuvas un Latvijas teritorijās rietumu-austrumu virzienā jeb pavasara fāzes piekrastes teritorijās novērotas vidēji agrāk nekā no piekrastes attālākajās teritorijās. Latvijas gadījumā atšķirības starp piekrastes un no piekrastes tālāk esošajiem

punktiem ir izteiktākas nekā Lietuvas teritorijā, pie tam Latvijas teritorijā pavasaris iestājas ilgākā laika periodā nekā Lietuvā. D. Romanovskaja (2003) pētījumos atrasts, ka lazda Lietuvas piekrastē zied vidēji agrāk, tāpat D. Romanovskaja un E. Bakšiene (2009) norāda, ka no 20 pētījumā analizētajiem punktiem ābeles *Malus domestica* ziedēšana visagrāk novērota piekrastes teritorijās. Savukārt Igaunijā pavasaris piekrastē iestājas 3 dienas vēlāk nekā teritorijas D daļā un virzās no D uz ZR (Ahas and Aasa, 2006).

Rudens fāzēm novērotas pretējas tendences: fenoloģiskais rudens Lietuvas teritorijā novērots būtiski agrāk, kamēr Latvijas teritorijā bērza lapu dzeltēšanas trends kopumā ir neitrāls, kas kā jau minēts iepriekš iespējams saistīts ar Baltijas jūras ietekmi. Vasaras fāzēm atrasta izteikta sakarība D-Z virzienā.

Latvijas datu analīze rāda, ka pieaugot attālumam no jūras, augšanas sezonas ilgums, piemēram, āra bērzam pieaug, savukārt veģetācijas periods ilgāks ir Baltijas jūras piekrastē.

Kā liecina nākotnes klimata projekcijas tieši piekrastes teritorijās būs vislielākās fenoloģisko fāžu iestāšanās laika izmaiņas. Pavasaris 21. gs. vidū varētu sākties 14-36 dienas agrāk Fenoskandijas piekrastes daļās un 10-20 dienas agrāk no piekrastes tālākajos rajonos (Karlsson, et al., 2003). Kuka u.c. (Cook et al., 2005) pētījums liecina, ka lielākās izmaiņas būs Baltijas jūras reģiona teritorijās (projekcijā modelēts NAO). Modelējot klimata mainības scenārijus Latvijas teritorijai, atrasts, ka piekrastes teritorijās veģetācijas perioda sākums mainīsies visbūtiskāk (Jansons, 2010).

Datu reģionālā analīze liecina, ka vidēji Latvijā un Lietuvā fenoloģiskais pavasaris pārvietojas ar ātrumu 4.5 dienas uz 100 km. Fenoloģiskais pavasaris iestājas virzienā no DR uz ZA, kā tas definēts arī citos pētījumos (Menzel et al., 2005; Chmielewski and Rotzer 2001; Шульц, 1981) pētījumos. R. Ahas un līdzautori (2005) uzsver, ka Centrālajā un Austrumeiropā fenoloģiskā pavasara pārvietošanās no DR uz ZA ir saistīta ar temperatūras gradienta pārvietošanos no D uz Z, ko maritīmais-kontinentālais gradients novirza A virzienā. Rudens iestāšanās raksturs ir pretējs no ZA uz DR (Ahas and Aaasa, 2006; Zirnītis, 1956). Fenoloģiskā vasara Lietuvas un Latvijas teritorijās pārvietojas ar ātrumu 3.7 dienas/100 km no D uz Z. Latvijas teritorijā agrāk vasara novērota Baltijas jūras piekrastē, Bārtavas līdzenumā, savukārt vēlāk – Latvijas ZA teritorijās, kā arī Irbes līdzenumā, kas saistīts ar termisko režīmu vasarā.

6.3. Fenoloģiskās sezonas: indikatori un ilguma izmaiņas

Fenoloģiskā indikācija ir bieži pielietota metodika sezonu izdalīšanā, diemžēl Latvijā pētījumu par fenoloģiskajām sezonām ir maz, kā arī nav vienotas metodikas un indikatoru sezonu izdalīšanai. Katra no četrām tradicionālajām sezonām var tikt sīkāk iedalīta 10 – 13 apakšsezonās (Krauklis un Draveniece, 2004; Sproģe, 1979; Deutcher Wetterdienst [bez datējuma]). Atsaucoties uz A. Ģērmaņa (2003) ierosinājumu darbā fenoloģisko apakšsezonu nosaukumi tiek veidoti kā sākums, beigas un vidus, jo, piemēram, nosaucot pavasara sākumu kā agro pavasari, nav skaidrs, vai pavasaris ir agrs (fāze iestājas agrāk) vai arī domāta pavasara sākuma daļa.

Autori par fenoloģiskā pavasara sākuma indikatoriem ir izmantojuši gan sniega kušanas sākumu (Sproģe, 1979), gan mālļēpes ziedēšanu (Ģermanis, 2003), gan lazdas ziedēšanas sākumu (Krauklis un Draveniece, 2004), gan arī bērza sulu cirkulācijas sākumu (Шульц, 1981). Pētījumā par fenoloģiskā pavasara sākumindikatoru tika definēts lazdas ziedēšanas sākums, jo atšķirībā no bērza sulas cirkulācijas tā ir vizuāli redzama fāze, kā arī datu analīze rāda, ka references periodā (15 novērojumu punktu dati) lazdas ziedēšanas sākums iestāties pirms bērza sulu cirkulācijas sākuma. Savukārt,

sniega kušanas sākums ir diskutabls indikators sezonu izdalīšanā, jo nereti Latvijas apstākļos sniega sega veidojas fragmentāri, nokūst vairākas reizes vai vispār neizveidojas (piemēram, 1989./1990.gads). Novērojumu rindas par māllēpes ziedēšanas sākumu ir nepilnīgas, kas liedz šos datus izmantot fenoloģisko sezonu raksturošanai Latvijas mērogā.

Pavasara fenoloģiskajā kalendārā (att. 3.3.3.2.) ir iespējams izdalīt trīs skaidri redzamas apakšsezonas: pavasara sākums (lazdas un baltalkšņa ziedēšana, bērza sulas cirkulācijas sākums), pavasara vidus, ko iezīmē masveida lapu plaukšana un pavasara beigas, ko raksturo ceriņa un pīlādža ziedēšana.

Kopumā fenoloģiskā pavasara ilgums Latvijā ir 79 dienas, no marta beigām, kad zied lazdas līdz jūnija 2.dekādei, kad zied meža avenes, iezīmējot vasaras sākumu. Fenoloģiskā pavasara garums references periodā ir būtiski mainījies, t.i, pagarinājies, vidēji par 6 dienām/desmitgadi, galvenokārt uz agrāku pavasara sākuma iestāšanās rēķina (lazdas ziedēšanas sākuma trends ir negatīvs un vidēji fāze katru gadu iestājas - 1.2 dienas agrāk). Ja fenoloģiskais pavasaris iestājas agri, tad arī fenoloģiskā vasara iestājas agrāk, pie tam agrajos pavasaros sezona ir relatīvi gara. Vēlie pavasari ir īsāki nekā agrie, kas norāda uz to, ka augu attīstība notiek straujāk, kā to apraksta arī A. Aasa (2005), F.E. Šulcs (Шульц, 1981) un K. Ramans (1958).

Par fenoloģiskās vasaras sākumindikatoru pētījumā ir izmantota meža avenes ziedēšanas sākuma vērtība. Citu autoru pētījumos par vasaras sākumu definē ceriņa vai jasmīna ziedēšanas sākumu vai rudzu ziedēšanu (Kulienē and Tomkus, 1990), kā arī kartupeļu ziedēšanas sākumu (Ģermanis, 2003). Publikācijas Kalvāne un līdzautoru (2009) izstrādē par fenoloģiskās vasaras indikatoriem tika izmantots ceriņa un jasmīna ziedēšanas sākums, kas pamatots ar datu pieejamību abās analizētajās teritorijās: Lietuvā un Latvijā. Tomēr šie indikatori pētījumā nav izmantoti, jo ir kultūraugu attīstības fāzes, kuru iestāšanās laiku būtiski ietekmē gan lielā šķirņu daudzveidība, gan cilvēka noteikti augšanas apstākļi.

Vidēji fenoloģiskā vasara, ko iezīmē meža avenes ziedēšanas sākums, Latvijas teritorijā sākas 11.jūnijā. Par vasaras beigu (kā vasaras trešās apakšsezonas sākums, tab. 1.2.5) indikatoru visbiežāk tiek pieņemta sila virša ziedēšana (Krauklis un Draveniece, 2004; Sproģe, 1979), arī pētījumā izmantots šis indikators, lai gan, kā liecina pētījuma rezultāti, būtu lietderīgi šo indikatoru aizstāt ar kādu citu, jo virša ziedēšanai raksturīgas lielas nobīdes no vidējām vērtībām, kas mazāk saistītas ar klimata mainību, bet visticamāk ar novērošanas vietu atšķirībām dažādos biotopos un biogeocenožēs. Tomēr vasaras beigu – rudens sākuma periodā nav identificēts cits piemērotāks indikators. Tāpat pēc autores domām nav nepieciešams fenoloģiskās vasaras sezonu iedalīt sīkāk, jo atšķirībā no pavasara fenoloģiskā kalendāra, vasarā neiezīmējas apakšsezonas, kā arī vasaras sezonā tiek fiksētas relatīvi maz fenoloģiskās fāzes.

Kopumā fenoloģiskās vasaras ilgums Latvijas teritorijā ir 99 dienas, un vasaras ilguma trends ir pozitīvs, kas nozīmē, ka fenoloģiskās vasaras garums pieaug.

No pētījumā analizētajām rudens fāzēm, agrāka lapu dzeltēšana vidēji novērota liepai, bet pētījumā par fenoloģiskā rudens sākuma indikatoru pieņemta bērza lapu dzeltēšana, kas ir visbiežāk izmantotais un novērotais rudens indikators (Kulienē and Tomkus, 1990; Шульц, 1981). Pie tam liepas dzeltēšana nereti tiek saistīta ar sausumu (Ģermanis, 2003) nevis rudens iestāšanos.

Fenoloģiskā rudens garums Latvijā ir 43 dienas, no 18. septembra (14 novērojumu punktu dati), kad fiksēta bērza lapu dzeltēšana līdz 31. oktobrim, kad vidēji tiek novērota pirmā sniega sega, ko uzskata par fenoloģiskās ziemas indikatoru.

Ņemot vērā pirmā sniega parādīšanās lielo telpisko un ikgadējo mainību, pirmais sniegs kvalitatīvi neraksturo sezonas beigas un līdz ar to fenoloģiskā rudens sezonas

ilgumu. Piemēram, var uzskatīt, ka 1989. gadā fenoloģiskais rudens nav beidzies, jo vietām pirmā sniega sega neizveidojās. Par fenoloģiskā rudens beigu indikatoru lietderīgāk izmantot lapu krišanas beigas, kā to norāda L. Kuliene un J. Tomkus (1990), F.E. Šulcs (Шульц, 1981), R.Ahas un A. Aasa (2003). Diemžēl Latvijā lapu krišanas beigas tradicionālajos novērojumos netiek fiksētas, līdz ar to šo indikatoru nav iespējams izmantot. Tomēr to būtu lietderīgi iekļaut fenoloģisko novērojumu plānā.

6.4. Augšanas sezonas izmaiņas

Augšanas sezona (periods starp lapu plaukšanu un dzeltēšanu) Latvijā bērzam *Betula pendula* ir 140 dienas, bet sezonas ilgums reģionālā griezumā var variēt līdz 30 dienu amplitūdā. Veģetācijas perioda ilgums ir 198 dienas. Garāka augšanas sezona, kā arī veģetācijas periods novērots 1990. gadā, īsākais veģetācijas periods un augšanas sezona līdzīgi kā lielākajā daļā Eiropas novērota 1979. gadā (Chmielewski and Rotzer, 2001).

Kā konstatēts citos pētījumos (Walther et al., 2002; Defila and Clot, 2001; Menzel et al., 2001), augšanas sezonai ir tendence pagarināties piemēram, Eiropas fenoloģiskajos dārzos augšanas sezonas ilgums vidēji pagarinājies par 10.5 dienām, t.i. +3.5 dienas/dekādē, un vislielākās izmaiņas konstatētas centrālajā Eiropas daļā, mazāk Skandināvijas Z un DA Eiropā (Chmielewski and Rotzer, 2001). Pasaulē vidēji fenoloģiskais pavasaris iestājas 8 dienas agrāk, augšanas sezonai pagarinoties līdz pat 12 dienām (Linderholm, 2006). Zhou un līdzautoru (2001) veiktie satelītattēlu pētījumi liecina, ka augšanas sezona Eirāzijā (40-70°Z pl.) ir pagarinājusies par 18 ± 4 dienām, gan sezonas sākuma agrākas, gan sezonas beigu vēlākas iestāšanās ietekmē. Arī Latvijā augšanas sezonas ilgumam raksturīga tendence pagarināties, tajā pat laikā veģetācijas periodam līdzīgas tendences netika novērotas. Augšanas sezonas sākuma trends ir negatīvs, t.i. lapu plaukšana bērzam iestājas agrāk, savukārt augšanas beigu trends ir neitrāls (ar atsevišķiem izņēmumiem novērojumu punktos). Kopumā Latvijā augšanas sezona ir pagarinājusies vidēji 3.7 dienas desmit gados, lielākoties uz pavasara fāžu, t.i. lapu plaukšanas agrāku iestāšanos.

6.5. Fenoloģiskās fāzes ietekmējošie faktori

Fenoloģisko fāžu iestāšanās laikus ietekmē daudzu faktoru kopums, sākot no globālā mēroga (siltuma bilance, bioģeoķīmiskie cikli) līdz mikroklimatiskajiem faktoriem. R.Ahas u.c. (2005) uzsver, ka fenoloģisko fāžu iestāšanās laiks galvenokārt atkarīgs no solārās radiācijas daudzuma, jūras un kontinentālo masu dominantes, ūdenstilpju termostabilitātes (Igaunijas un Latvijas gadījumā – Baltijas jūras), reljefa, dominējošā zemes lietojuma un seguma veida.

Kā uzsver Valters un līdzautori (Walther et al., 2002), klimatisko faktoru ietekme uz fenoloģisko fāžu iestāšanās laiku pavasarī ir labi zināma – gandrīz visas pavasara fenoloģiskās fāzes korelē ar iepriekšējā mēneša gaisa temperatūru (Ahas and Aasa, 2006; Menzel, 2003b; D`Odorico et al., 2002; Sparks and Carey, 1995) un NAO raksturu (Ahas and Aasa, 2006; Menzel, 2003b; Ottersen et al., 2001; Walther et al., 2002; Post and Stenseth, 1999).

Analizējot fenoloģiskos datus un klimatiskos indikatorus Latvijas piemērā, atrasts, ka pavasarī un vasarā kā būtiskākos ietekmējošos faktoros (no analizētajiem) var izdalīt augsnes temperatūru un gaisa temperatūru iepriekšējā vai arī konkrētajā mēnesī. Turklāt nereti augsnes temperatūra ar fāzes iestāšanos korelē ciešāk nekā ar gaisa

temperatūru, t.i., augsnes temperatūra fenoloģiskās fāzes iestāšanos ietekmē būtiskāk nekā gaisa temperatūra, kā to konstatējis arī A. Aasa (2005) Igaunijā. Pētījuma dati rāda, ka vēlo pavasaru gadījumā pieaug mikroklimatisko faktoru ietekme un reģionālās atšķirības ir lielākas nekā agrajos pavasaros.

Pētījumā konstatēts, ka agrās fenoloģiskās fāzes ir sensitīvas attiecībā uz jebkuru klimatiskā faktora maiņu, savukārt pavasara beigu un vasaras fāzes galvenokārt atkarīgas no vidējās gaisa temperatūras.

Tāpat pētījumā atrasts, ka sniega segas biezums, bet galvenokārt sniega segas ilgums ir svarīgi faktori augu attīstībai pavasarī, bet, ņemot vērā indikatora ciešo atkarību no gaisa temperatūras izmaiņām, pētījumā pieņemts, ka dominējošais ietekmējošais faktors ir gaisa temperatūra.

Analizētās rudens fenoloģiskās fāzes rāda mazāk izteiktu temperatūras un fenoloģisko fāžu saistību, kā pavasara fāzes, kas sakrīt ar citu pētījuma rezultātiem (Menzel, 2003a). Tomēr kopumā pastāv sakarība starp gaisa temperatūru un fāzes iestāšanos: ja gaisa temperatūra ir augsta, tad rudens fāzes iestājas vidēji vēlāk, kas saskan ar pētījumiem, ko veikuši A. Menzel (2003b) un T.H. Sparks un līdzautori (2009). Jāatzīmē, ka citviet veiktie pētījumi norāda, ka gaisa temperatūra tomēr var būt svarīgs rudens fāžu iestāšanos kontrolējošs faktors, piemēram, E. Šutova un līdzautori (Shutova et al., 2006) uzsver, ka Kolas pussalā agrāka lapu dzeltēšana korelē ar gaisa temperatūras pazemināšanos rudenī.

A.Menzel (2003b) pētījumos konstatējusi, ka augstāka maija un jūnija temperatūra veicina agrāku lapu dzeltēšanu, kā arī T.H. Sparka un līdzautoru (Sparks, et al., 2009) pētījumā konstatēts, ka atsevišķām sugām rudens fāžu iestāšanās laiks korelē ar atbilstošo fāžu iestāšanās laiku pavasarī: ja lapas plaukst agrāk nekā vidēji, arī lapu dzeltēšana tiek novērota agrāk. Tomēr šāda sakarība nav raksturīga Latvijas datu rindām.

Jāatzīmē, ka rudens fenoloģisko fāžu iestāšanās raksturs nav līdz galam izziņāts (Menzel et al., 2006; Sparks un Menzel, 2002), kas daļēji saistīts ar tiešo novērojumu datu trūkumu.

Tāpat rudens fāzes daudz vairāk ietekmē lokālo faktoru kopums, kā uz to norādījis arī K. Ramans (1958).

Nokrišņi nav limitējošais faktors augu attīstībai Latvijā, kas sasaucas ar T.H. Spark un R.J. Smithers (2002) apgalvojumu, ka nokrišņi neietekmē Centrāleiropas fenoloģisko fāžu raksturu. Pretēji tas ir Vidusjūras reģionā, kur nokrišņi bieži korelē ar fenoloģisko fāžu iestāšanās laikiem. Būtiskāka loma uz fenoloģisko fāžu iestāšanos ir sniega segas biezumam un ilgumam it īpaši agrajām fenoloģiskajām fāzēm (Ģermanis, 2001).

Analizējot 9 atmosfēras cirkulācijas veidu kopsakarības, atrasts, ka pavasara fāzes korelē ar Ziemeļatlantijas oscilāciju (NAO), tomēr NAO nav būtiskākais fāzes attīstību ietekmējošais atmosfēras cirkulācijas veids kā tas tiek bieži norādīts zinātniskajā literatūrā (Ahas and Aasa, 2006; Menzel, 2003b; Ottersen et al., 2001; Walther et al., 2002; Post and Stenseth, 1999). Pētījumā konstatēts, ka pavasara sākuma fāzēm, kā lazdas un baltalkšņa ziedēšana, visciešākā sakarība pastāv starp Arktisko oscilāciju (AO) februārī un nevis NAO kā minēts literatūrā. Jāatzīmē, ka AO tāpat kā citu oscilāciju veidu ietekme uz fenoloģisko fāžu attīstību un norisi zinātniskajā literatūra ir maz pētīta. Korelācija starp fāzes iestāšanos un Arktisko oscilāciju ir negatīva, t.i., ja dominē pozitīvās Arktiskās oscilācijas vērtības, tad fāze iestājas agrāk, savukārt ja AO indekss ir negatīvs, pavasara fāzes iestājas vēlāk. Jo spēcīgāks ir rietumu plūdums, jo mazāka ir arktisko gaisa masu iepļūšanas iespēja un pavasara fāzes iestājas agrāk.

Pavasara gadījumā iezīmējas sakarība, ka agrās pavasara fāzes kā lazdas ziedēšana korelē ar AO, savukārt, lapu plaukšana ar NAO, un pavasara beigu fāzes kā pīlādža un ceriņa ziedēšana ar Austrumatlantijas (EA) cirkulācijas veidu.

Bērza lapu plaukšana labi korelē ar NAO, kas saskan ar veiktajiem pētījumiem Eiropā (D'Odorico et al., 2002). Tāpat D'Odorico un līdzautoru (2002) pētījumi liecina par ciešu korelāciju starp citām bērza dzimtas kā *Alnus*, *Carpinus* ģints un lazdas *Corylus* fenoloģisko fāžu atkarību no NAO vērtībām, kas ir spēkā arī Latvijas gadījumā, bet kā jau minēts iepriekš, lazdas un baltalkšņa ziedēšanas sākumam ir ciešākas sakarības novērotas starp AO nevis NAO.

NAO un arī AO būtiski ietekmē pavasara fenoloģiskās fāzes, to ietekme samazinās, pieaugot dienu skaitam no gada sākuma (Ahas and Aasa, 2006; Scheifinger et al., 2002), vasaras un rudens fāzes Latvijas gadījumā neuzrādīja sakarību ar NAO.

Vasaras fāzes galvenokārt korelē ar Skandināvijas, nedaudz ar Austrumatlantijas (EA) cirkulācijas indeksiem, kas daļēji sasaucas ar A. Stinkas (2010) pētījuma par NAO un EA ietekmi uz klimatu Latvijā rezultātiem, kur konstatēts, ka EA cirkulācijas veids ir nozīmīgs klimatu noteicošais faktors vasaras sezonā.

Visas analizētās rudens fāzes (4 sugas 2 fāzes) uzrādīja būtisku sakarību starp fāzes iestāšanos un Polāro/Eirāzijas (POL) cirkulācijas veidu augusta mēnesī. Sakarība starp lapu dzeltēšanas un krišanas sākumu ar Polāro/Eirāzijas cirkulācijas veidu augustā ir pozitīva, t.i. ja dominē POL negatīvā fāze, tad rudens fāzēm ir tendence iestāties agrāk, savukārt ja pozitīvā fāze, tad rudens iestājas vēlāk.

Pētījumos konstatēts (Menzel, 2005; D'Odorico et al., 2002), ka pastāv būtiska sakarība starp fenoloģiskajām anomālijām, t.i., agrām vai vēlām iestāšanās vērtībām, un NAO pozitīvajām/negatīvajām vērtībām. Līdzīgi rezultāti iegūti analizējot Latvijas datus. Ja dominē AO vai/un NAO negatīvā fāze, tad fenoloģiskās fāzes iestājas vēlāk, kā tas ir bijis 20.gs. 60-70tajos gados, savukārt ja dominē pozitīvā fāze, kas raksturīgs 20.gs. 90tajiem gadiem, fāze tiek fiksēta agrāk. Pie tam agrajām vērtībām korelācija ir ciešāka un novirzes izteiktākas. Piemēram, 1990.gadā tika konstatēta NAO vērtība +4, lazdas ziedēšanas sākums Latvijā fiksēts līdz pat 40 dienām agrāk nekā vidēji. Arī lielākajā daļā Eiropas 1990. gadā fiksētas ekstremāli agras pavasara iestāšanās vērtības.

Rudens fāzēm, līdzīgi kā pavasara fāžu gadījumā anomālijas var tikt skaidrotas ar atmosfēras cirkulāciju raksturu, t.i., ar Polārās/Eirāzijas oscilācijas indeksa vērtībām. Ja dominē pozitīvā Polārās/Eirāzijas oscilācijas fāze, tad rudens fāzes, lapu dzeltēšana un lapu krišana, iestājas vēlāk, savukārt, ja negatīvā, tad fāze novērota agrāk. Rezultāti liecina, ja Polārās/Eirāzijas oscilācijas indeksa pozitīvā vērtība ir lielāka, pastāv tendence, ka rudens fāze tiks novērota vēlāk. Pētījumā netika konstatēta sakarība starp rudens fāzēm un NAO, kā tas minēts A. Menzel (2003b) pētījumā.

Vasaras gadījumā fenoloģiskās anomālijas nosaka gan atmosfēras cirkulācijas veidi, gan arī citi faktori, jo kopsakarības starp fāzes iestāšanos un atmosfēras cirkulācijas veidiem nav tik ciešas kā pavasara gadījumā, kā norādījusi N. Temņikova (1975) Latvijā vasaras sezonā saņemtais Saules radiācijas daudzums ir nozīmīgāks par vispārējo atmosfēras cirkulāciju.

6.6. Digitālo attēlu izmantošana fenoloģijā

Fenoloģiskos novērojumus lielākoties veic brīvprātīgie novērotāji, bet ņemot vērā novērotāju skaita izmaiņas, kā arī informāciju tehnoloģiju iespējas, arī fenoloģijā tiek ieviestas jaunas pētījumu metodes, kā viens no tiem ir minams fotomonitorings jeb atkārtotas ikdienas fotogrāfiju uzņemšana. Fotomonitoringa ideja kļūst aizvien populārāka un digitālo fotogrāfiju izmantošana fenoloģijā tiek uzskatīta par vislētāko,

objektīvāko un precīzāko metodi fenoloģisko novērojumu veikšanā (Ahrends et al., 2007; Crimmins and Crimmins, 2008; Ide and Oguma, 2010).

Digitālie attēli ļauj analizēt un vizuāli salīdzināt fenoloģisko fāžu izmaiņas ilgstošā laika periodā, kā arī izprast dažādu lokālo faktoru ietekmi uz fenoloģisko fāžu iestāšanās laiku.

Darba ietvaros fotomonitoringa jeb digitālo attēlu izmantošana tika ieviesta Latvijā, uzstādot 2 autonomas kameras, kas uzņem attēlus katru dienu, ļaujot analizēt sezonālītāti ainavā.

SECINĀJUMI

Darbā ir raksturotas fenoloģiskās tendences Eiropā un apskatīti fenoloģijas attīstības vēsturiskie aspekti. Papildinot fenoloģisko un agrometeoroloģisko novērojumu datu bāzi, raksturotas Latvijas fenoloģiskās tendences gan ilgtermiņa, gan references perioda (1971.-2000.gads) griezumā, kā arī veikts iegūto datu salīdzinājums reģionāli. Izmantojot fenoloģiskās indikācijas metodes, izdalītas fenoloģiskās sezonas. Darbā kompleksi analizēti un raksturoti būtiskākie fenoloģisko fāžu iestāšanās laika ietekmējošie faktori. Darba izstrādes gaitā ieviesta jauna un inovatīva metode – fotomonitorings jeb digitālo attēlu izmantošana fenoloģijas pētījumos.

Analizējot iegūtos rezultātus ir secināts:

1. Latvijas novietojums mitrā kontinentālā klimata zonā nosaka šeit vērojamo fenoloģisko sezonalitāti. Latvijas apstākļos fenoloģisko sezonu un fāžu iestāšanās laikus būtiski ietekmē gaisa un augsnes temperatūra, sniega segas ilgums, kā arī vietas mikroklimats. Pavasara un vasaras fenoloģisko fāžu iestāšanās laikus būtiski ietekmē iepriekšējā vai konkrētā mēneša gaisa un augsnes temperatūra. Savukārt rudens fenoloģisko fāžu iestāšanās raksturs ir heterogēns un to būtiskāk ietekmē lokālie faktori.
2. Fenoloģisko sezonu un fāžu iestāšanās ir saistīta ar vispārējo atmosfēras cirkulāciju, īpaši pavasara un rudens fāzēm. Agrās pavasara fenoloģiskās fāzes būtiski ietekmē rietumu plūduma intensitāte, ko labi raksturo Arktiskās un Ziemeļatlantijas oscilācijas indeksi. Rudens fenoloģisko fāžu iestāšanās laiks būtiski korelē ar Polāro/Eirāzijas oscilācijas veidu.
3. Par fenoloģisko sezonu sākuma indikatoriem ierosināts izmantot šādas augu sugu fāzes: parastās lazdas *Corylus avellana* ziedēšanas sākums kā fenoloģiskā pavasara, meža avenes *Rubus idaeus* ziedēšanas sākums kā vasaras sākuma indikators un par fenoloģiskā rudens sākumu pieņemt āra bērza *Betula pendula* lapu dzeltēšanas sākumu. Līdz šim par fenoloģiskās ziemas sākuma indikatoru tika izmantota pirmā sniega sega, ko būtu lietderīgāk aizstāt ar lapu krišanas beigām.
4. 20.gs Latvijā fenoloģisko fāžu iestāšanās laiks ir būtiski mainījies: pavasara un vasaras fenoloģiskās fāzes iestājas agrāk. Visbūtiskākās izmaiņas konstatētas agrajām pavasara fāzēm. Rudens fāžu raksturs ir mainījies maz – trends ir neitrāls ar lielām lokālām atšķirībām.
5. Augšanas sezonas (periods starp lapu plaukšanu un dzeltēšanu) analīze āra bērza *Betula pendula* piemērā apliecina, ka augšanas sezona references periodā ir pagarinājusies vidēji 3.7 dienas/desmitgadē, lielākoties uz pavasara fāžu, t.i., lapu plaukšanas agrākas iestāšanās rēķina.
6. Digitālo attēlu izmantošana ir perspektīva metode fenoloģijas pētījumos, jo ļauj precīzi fiksēt konkrētas fenoloģiskās fāzes iestāšanos un raksturot tās norisi. Digitālos attēlus var izmantot reģionālajos pētījumos, kā arī ikgadējo variāciju salīdzināšanai.

LITERATŪRA

Publicētie avoti

- Ahas, R., Aasa, A. 2006. The effects of climate change on the phenology of selected Estonian plant, bird and fish populations. *International Journal of Biometeorology*. 51, 17–26.
- Ahas R., Aasa, A., Silm, S., Roosaare, J. 2005. Seasonal indicators and seasons of Estonian landscapes. *Landscape Research*. Vol 30, No 2, 173 – 191.
- Aasa, A., Jaagus, J., Ahas, R., Sepp, M. 2004. The influence of atmospheric circulation on plant phenological phases in central and eastern Europe. *International Journal of Biometeorology*. 24, 1551–1564.
- Ahas, R., Aasa, A. 2003. Developing comparative phenological calendars. In: *PHENOLOGY: an integrative environmental science*. Schwartz, M.D. (ed). Kluwer Academic Publishers, Netherland, 301–318.
- Ahas, R., Aasa, A., Menzel, A., Fedotova, V.G., Scheifinger, H., 2002. Changes in European spring phenology. *International Journal of Climatology*. 22, 1727– 1738.
- Ahas, R. 1999. Long-term phyto-, ornitho- and ichthyophenological time-series analyses in Estonia. *International Journal of Biometeorology*. 42, 119–123.
- Aguado, E., Burt, J.E. 2001. *Understanding weather & Climate*. Prentice Hall.
- Badeck, F.-W., Bondeau, A., Bottcher, K., Doktor, D., Lucht, W., Schaber, J., Sitch, S., 2004. Responses of spring phenology to climate change. *New Phytologist*. 162, 295–309.
- Beaubien, E.G., Freeland, H.J., 2000. Spring phenology trends in Alberta, Canada: links to ocean temperature. *International Journal of Biometeorology*. 44, 53–59.
- Biondi, F., Waikul, K. 2004. DENDROCLIM2002: AC++ program for statistical calibration of climate signals in tree-ring chronologies. *Computers & Geosciences*. 30, 303–311.
- Bradley, N.L., Leopold, A.C., Ros, J., Huffaker, W. 1999. Phenological changes reflect climate change in Wisconsin. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 96, 9701–9704.
- Brugger, R., Dobbertin, M., Krauchi, N. 2003. Phenological Variation of Forest Trees In: *PHENOLOGY: an integrative environmental science*. Schwartz, M.D. (ed). Kluwer Academic Publishers, Netherland, 255–269.
- Cameron, P. 2005. Indicators of climate change in the Northeast 2005. The Climate change research center, University of New Hampshire.
- Carter, T.R. 1998. Changes in the thermal growing season in Nordic countries during the past century and prospects for the future. *Agriculture and Food Science*. 7, 161–179.
- Chen, X., Hu, B., Yu, R., 2005. Spatial and temporal variation of phenological growing season and climate change impacts in temperate eastern China. *Global Change Biology*. 11, 1118–1130.
- Chen, X. 2003. East Asia. In: *PHENOLOGY: an integrative environmental science*. Schwartz, M.D. (ed). Kluwer Academic Publishers, Netherland, 11–27.
- Chmielewski, F.-M., Müller, A., Bruns, E. 2004. Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany, 1961–2000, *Agricultural and Forest Meteorology*. 121(1–2), 69–78.

- Chmielewski, F.,M., Rötzer, T. 2001. Responses of tree phenology to climatic changes across Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*.108, 101 - 112.
- Chuine I., Pascal, Y., Viovy, N., Seguin, B., Daux, V., Ladurie, E. 2004. Historical phenology; grape ripening as a past climate indicator. *Nature*. 432, 289.
- Chuine, I., Kramer, K., Hanninen, H. 2003. Plant development models. *In: PHENOLOGY: an integrative environmental science*. Schwartz, M.D. (ed). Kluwer Academic Publishers, Netherland, 217-235.
- Cook, B., Smith, T.M., Mann, M.E. 2005. The North Atlantic Oscillation and regional phenology prediction over Europe. *Global Change Biology*. 11, 919–926.
- Crimmins, M.A., Crimmins, T.M. 2008. Monitoring plant phenology using digital repeat photography. *Environmental Management*. 41, 949–958.
- Defila C., Clot B. 2001. Phytophenological trends in Switzerland. *International Journal of Biometeorology*. 45,203-207.
- D'Odorico, P., Yoo, J., Siegfried, J. 2002. Changing seasons: An Effect of the North Atlantic Oscillation? *Journal of climate*. 15, 435-445.
- Draveniece, A. 2007. Okeāniskās un kontinentālās gaisa masas Latvijā. *Latvijas Veģetācija*. 14, 135.
- EEA-JRC-WHO, 2008. Impacts of Europe's changing climate— 2008 indicator-based assessment. EEA-JRC-WHO, 2008 report. Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburg.
- Ģērmanis, 2001. Pavasaris dzīvajā dabā un meteoroloģiskie apstākļi: Ukri, 1990.-2000. *Ģeogrāfiski raksti/Folia Geographica*. IX,74.-91.
- Gordo, O., Sanz, J.J. 2005. Phenology and climate change: a longterm study in a Mediterranean locality. *Oecologia*, 146, 484–495.
- Heikinheimo, M., Lappalainen, H. 1997. Dependence of the flower bud burst of some plant taxa in Finland on effective temperature sum: implications for climate warming. *Annales Botanici Fennici*. 34, 229–243.
- Ho C.H., Lee E.J., Lee I., Kim W. 2006. Earlier Spring in Seoul, Korea. *International Journal of Climatology*. Vol. 26, Issue 14, 2117-2127.
- Holt, R.D.1990. The microevolutionary consequences of climate change. *Trends in Ecology & Evolution*. Volume 5, Issue 9, 311-315.
- Hopp, R. 1974. Plant phenology Observation Networks. *In: Phenology and Seasonality Modeling*. Lieth, H. (ed). Springer – Verlag, New York, 25-40.
- Ide, R., Oguma, H. 2010. Use of digital cameras for phenological observations. *Ecological Informatics*. 5, 339-347.
- IPCC, 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.
- Jackson, M.T. 1966. Effects of Microclimate on Spring Flowering Phenology. *Ecology*. Vol. 47, No. 3, 407–415.
- Jatczak, K., Walawender, J. 2009. Average rate of phenological changes in Poland according to climatical changes-evaluation and mapping. *Advances in Science and Research*.3,127-131.
- Jones, P.D., Briffa, K.R., Osborn, T., Moberg, A., Bergström, H. 2002. Relationships between circulation strength and the variability of growing-season and cold season climate in northern and central Europe. *The Holocene*. 12, 6, 643-656.
- Libiseller, C., Grimvall, A., 2002. Performance of Partial Mann Kendall Tests for Trend Detection in the Presence of Covariates, *Environmetrics*. 13,71-84.
- Liepa. I. 1974. *Biometrija*. Rīga, Zvaigzne.

- Lieth, H. 1974. Purpose of a Phenology book. In: *Phenology and Seasonality Modeling*. Lieth, H. (ed). Springer – Verlag, New York, 3-15.
- Linderholm, H.W. 2006. Growing season changes in the last century. *Agricultural and Forest Meteorology*. 137,1-14.
- Lizuma, L., Kļaviņš, M., Briede, A., Rodinovs, V. 2007. Long-term Changes of Air Temperature in Latvia. In: *Climate Change in Latvia*. Kļaviņš M. (ed). Latvijas Universitāte, Rīga, 144-154.
- Kalniņa, A. 1955. Klimatiskās sezonas. Grām. G. Kavacs (red.). *Latvijas daba:enciklopēdija*. 2. sēj. Rīga, Latvijas enciklopēdija, 245.-247.
- Karlsson, P.S., Bylund, H., Neuvonen, S., Heino, S., Tjus, M., 2003. Climatic response of budburst in the mountain birch at two areas in northern Fennoscandia and possible responses to global change. *Ecography*. 26, 617–625.
- Karlsen, S.R., Høgda K.A., Wielgolaski, F.E., Tolvanen, A., Tømmervik, H. Poikolainen, J., Kubin, E. 2009. Growing-season trends in Fennoscandia 1982–2006, determined from satellite and phenology data. *Climate Research*. 39: 275–286.
- Karlsen, S.R., Tolvanen, A., Kubin, E., Poikolainen, J., Høgda, K.A., Johansen, B., Danks, F.S., Aspholm, P., Wielgolaski, F.e., Makarova, O. 2008. MODIS-NDVI-based mapping of the length of the growing season in northern Fennoscandia. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 10, 253-266.
- Keatley, M., Fletcher, T.D. 2003. Australia. In: *PHENOLOGY: an integrative environmental science*. Schwartz, M.D. (ed). Kluwer Academic Publishers, Netherland, 27-45.
- Kļaviņš, M., Rodonov, V. 2010. Influence of large-scale atmospheric circulation on climate in Latvia. *Boreal Environment Research*. 15, 533-543.
- Krauklis, A., Draveniece, A. 2004. Landscape seasons and airmass dynamics in Latvia. *Geogrāfiski raksti/Folia Geographica*. XII, 16-48.
- Kozlov, M.V., Berlina, N.G., 2002. Decline in length of the summer season on the Kola Peninsula Russia. *Climatic Change*. 54, 387–398.
- Körner, C., Basler, D. 2010. Phenology Under Global Warming. *Science*. Vol. 327 no. 5972,1461-1462.
- Kuliene, L., Tomkus, J. 1990. Bendroji fenologija (Vispārīgā fenologija). Mokslas, Viļņa
- Meier, U. 1997. Growth stages of mono- and dicotyledonous plants. BBCH Monograph. (ed) Federal Biologische Research Centre for Agriculture and Forestry. Blackwell Wissenschafts-verlag, Berlin – Wien
- Menzel, A, Sparks, T.H., Estrella, N., Koch, E. and others. 2006. European phenological response to climate change matches the warming pattern. *Global Change Biology*. 12, 1969–1976.
- Menzel, A., Sparks, T.H., Estrella, N., Eckhardt, S. 2005 “SSW-to-NNE” North Atlantic oscillation affects the progress of seasons across Europe. *Global Change Biology*. 11, 909–918.
- Menzel, A. 2003a. Europe. In: *PHENOLOGY: an integrative environmental science*. Schwartz, M.D. (ed). Kluwer Academic Publishers, Netherland, 45-57.
- Menzel, A. 2003b. Phenological anomalies in Germany and their relation to air temperature and NAO. *Climatic Change*. 57, 243– 263.
- Menzel, A., 2002. Phenology, its importance to the Global Change Community Editorial Comment. *Climatic Change*. 54, 379–385.
- Menzel, A., Estrella, N., Fabian, P., 2001. Spatial and temporal variability of the phenological seasons in Germany from 1951 to 1996. *Global Change Biology*, 7, 657–666.

- Menzel, A., 2000. Trends in phenological phases in Europe between 1951 and 1996. *International Journal of Biometeorology*. 44, 76–81.
- Menzel, A., Fabian, P. 1999. Growing season extended in Europe. *Nature* 397, 659.
- Min, Q., Lin, B. 2006. Determination of spring onset and growing season leaf development using satellite measurements. *Remote Sensing of Environment*. 104, 96–102.
- Norgard, N.N., Vanman, J.F. 2003. Phenology and diameter increment in seedlings of European beech (*Fagus sylvatica* L.) as affected by different soil water contents: variation between and within provenances. *Forest Ecology and Management*. 174, 233 – 249.
- Osborn, T.J. 2004. Simulating the winter North Atlantic oscillation: the role of internal variability and greenhouse gas forcing. *Climate Dynamic*. 22, 605. – 623.
- Ottersen, G., Planque, B., Belgrano, A., Post, E., Reid, P.C., Stenseth, N.C. 2001. Ecological effects of the North Atlantic Oscillation. *Oecologia*. 128, 1 –14.
- Post, E., Inouye, D.W. 2008. Phenology: response, driver, and integrator. *Ecology*. 89, 319.
- Pudas, E., Leppälä, M., Tolvanen, A., Poikolainen, J., Venäläinen, A., Kubin, E. 2008. Trends in phenology of *Betula pubescens* across the boreal zone in Finland. *International Journal of Biometeorology*. 52, 251–259.
- Romanovskaja, D. 2004. Klimato šiltėjimo įtaka fenologinių sezonų trukmei Lietuvos teritorijoje. Influence of climate warming on duration of phenological seasons on territories of Lithuania. *Žemės ūkio mokslai*. 25 – 37.
- Romanovskaja, D., Bakšienė, E. 2009. Influence of climate warming on beginning of flowering of apple tree (*Malus domestica* Borkh.) in Lithuania. *Agronomy Research*. 7(1), 87-96.
- Roetzer, T., Wittenzeller, M., Haeckel, H., Nekovar, J. 2000. Phenology in central Europe – differences and trends of spring phenophases in urban and rural areas. *International Journal of Biometeorology*. 44-2, 60-66.
- Root, T.L., Price, J.T., Hall, K.R., Schneider, S.H., Rosenzweig, C., Pounds, J.A. 2003. Fingerprints of global warming on the wild animals and plants. *Nature*. 421, 57–60.
- Scheifinger, H., Menzel, A., Koch, E., Peter, C., Ahas, A. 2002. Atmospheric mechanisms governing the spatial and temporal variability of phenological phases in central Europe. *International Journal of Climatology*. Vol 22,14, 1739–1755.
- Shutova, E., Wielgolaski, F.E., Makarova, O., Berlina, N., Filimonova, T., Haraldsson, E., Aspholm, P.E., Flø, L., Høgda, K. A. 2006. Growing seasons of Nordic mountain birch in northernmost Europe as indicated by long-term field studies and analyses of satellite images. *International Journal of Biometeorology*. 51,155–166.
- Schwartz, M.D. 2003. Introduction. In: *PHENOLOGY: an integrative environmental science*. Schwartz, M.D. (ed). Kluwer Academic Publishers, Netherland, 3-9.
- Schwartz, M.D., Beaubien, E.G. 2003. North America. In: *PHENOLOGY: an integrative environmental science*. Schwartz, M.D. (ed). Kluwer Academic Publishers, Netherland, 57-75.
- Schwartz, M.D, Reiter B.E. 2000. Changes in North American spring. *International Journal of Climatology*. 20, 929–932.
- Sparks, T. H., Aasa, A., Huberl, K., Wadsworth, R. 2009. Changes and patterns in biologically relevant temperatures in Europe 1941–2000. *Climate Research*. 39, 191–207.

- Sparks, T. H., Menzel, A. 2002. Observed changes in seasons: an overview. *International Journal of Climatology*. 22, 1715-1725.
- Sparks, T.H., Smithers, R.J. 2002. Is spring getting earlier? *Weather*, 57, 157-166.
- Sparks, T.H., Jeffree, E.P., Jeffree, C.E. 2000. An examination of the relationship between flowering times and temperature at the national scale using long-term phenological records from the UK. *International Journal of Biometeorology*. 44, 82-87.
- Sparks, T. H., Carey, P. D. 1995. The responses of species to climate over two centuries: an analysis of the Marsham phenological record, 1736-1947. *Journal of Ecology*. 83, 321-329.
- Sproģe, Ē. 1979. Bioklimatiskās sezonas Latvijā. *Dabas un vēstures kalendārs 1979*. 67.-71.
- Stinka, A. 2010. Ziemeļatlantijas un Austrumatlantijas cirkulācijas veida ietekme uz gaisa temperatūru un nokrišņu rādītājiem Latvijā. Latvijas Universitātes raksti. Zemes un Zinātnes. 752.sēj., 116.-126.
- Vitasee, Y., Delzon, S., Dufrière, E., Pontailier, J., Louvet, J., Kremer, A., Michale, R. 2009. Leaf phenology sensitivity to temperature in European trees: Do within-species populations exhibit similar responses? *Agricultural and Forest Meteorology*. 149, 735-744.
- Van Vliet, A. J. H., De Groot, R. S., Bellens, Y., Braun, P., Bruegger, R., Bruns, E., Clevers, J., Estreguil, C., Flechsig, M., Jeanneret, F., Maggi, M., Martens, P., Menne, B., Menzel, A., Sparks, T. 2003. The European Phenology Network. *International Journal of Biometeorology*. 47, 202-212.
- Walther, G., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T.C.C., Fromentin, J., Hoegh-Guldberg, O., Bairlein, F. 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature*. 416, 389-395.
- Temņikova, N. 1975. Dabas apstākļi un resursi. Klimats. Grām.: Pūriņš, N. (atb.red.) *Latvijas PSRS ģeogrāfija*. Rīga, Zinātne, 45.54.
- Zhou, L., Tucker, C.J., Kaufman, R.K., Slayback, D., Shabanov, N.V., Myneni, R.B. 2001. Variations in northern vegetation activity inferred from satellite data of vegetation index during 1981-99. *Journal of Geophysical Research*. 16, 20069-20083
- Zirnītis, A. 1970. Dabas kalendārs gadsimtu gaitā. *Dabas un vēstures kalendārs 1971*. 151. – 156.
- Zirnītis, A. 1968. *Meteoroloģija*. Rīga, Zvaigzne.
- Zirnītis, A. 1956. Daži pētījumi par Latvijas PSRS bioklimatu. Latvijas Valsts Universitātes Zinātniskie raksti. Nr.4., 71.-92.
- Шульц, Ф. Э. 1981 *Общая фенология*. Наука, Ленинград.

Nepublicētie avoti

- Aasa, A. 2005. Changes in phenological time series in Estonia and Central and Easter Europe 1951. – 1998. Relationship with air temperature and atmospheric circulation. D. thesis, Tartu, University of Tartu, 2005, 70 pp.
- Ahrends, H., Stoeckli, R., Eugster, W., Bruegger, R., Wanner, H. & Buchmann, N. 2007. *Monitoring Phenology by use of Digital Photography*. American Geophysical Union, Fall Meeting, abstract. Sk. 26.02.2011. Pieejams: <http://adsabs.harvard.edu/abs/2007AGUFM.B54A..04A>
- Beck, P. S. A., Karlsen, S. R., Skidmore A., Nilsen L., Høgda K.A. 2005. The onset of the growing season in northwestern Europe, mapped using MODIS NDVI and

- calibrated using phenological ground observations. Skat.19.06.2010. Pieejams: <http://www.isprs.org/publications/related/ISRSE/html/papers/261.pdf>
- Bitāne, M. 2010. Bioklimatisko parametru reģionālais salīdzinājums. Bakalaura darbs. Latvijas Universitāte, Rīga, 88.
- Borman, M.M., Chamberlain, D.J. 2004. *Photo Monitoring Your Range*. Western Beef Resource Committee. Range and Pasture Section. Sk. 02.02.2010. Pieejams: <http://www.coopext.colostate.edu/lasanimas/agdocuments/photomonitoringrange.pdf>
- CPC, bez datējuma. *Norther Hemisphere Teleconnection Patterns*. Climate Prediction Centre. Sk.13.02.2011. Pieejams: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/telecontents.shtml>
- Demaree, G., Rutishauser, T. 2010. Origins of the Word „*Phenology*”- from *Periodical Observations* to *Anthochronology* and *Phenology*- a scientific Debate between Adolphe Quetelet and Charles Morren Bern. Phenology 2010, Trinity College Dublin, Ireland, 14-17 June 2010. Pieejams: <http://www.tcd.ie/Botany/phenology/assets/docs/Abstract%20booklet.pdf>
- Ģērmanis, A., 2003. Bioklimatiskie gadalaiki Zemgales līdzenuma DR perifērijā. Maģistra darbs. Latvijas Universitāte, Rīga. 196.
- Groza, E. 2010. Digitālās fotogrāfijas izmantošana fenoloģijā, LU Botāniskā dārza piemērā. Bakalaura darbs. Latvijas Universitāte, Rīga, 46.
- Hall, F. C. 2001. *Ground-based Photographic Monitoring*. U.S. Department of Agriculture. Forest Service. Pacific Northwest Research Station. Sk. 19.11.2009. Pieejams <http://www.fs.fed.us/pnw/pubs/gtr503/>
- Hudson, T. D. (bez datējuma) *Landowner Photomonitoring*. Washington State University. Kittitas County Extension. Sk. 17.11.2009. Pieejams: <http://www.co.kittitas.wa.us/extension/forms/PhotomonitoringHandout.pdf>
- Jansons, Ā. 2010. Projekta *Mežsaimniecības pielāgošana klimata izmaiņām* starpziņojums. LVM. Skat. 02.11.2010. Pieejams: www.lvm.lv/tools/download.php?name=files%2Ftext%2FStarpzinojums...
- Jarvis, A., Reuter, H.I., Nelson, A., Guevara, E. 2008. Hole-filled SRTM for the globe Version 4, available from the CGIAR-CSI SRTM 90m Database. Sk. 10.03.2011. Pieejams <http://www.cgiar-csi.org/data/elevation/item/45-srtm-90m-digitalelevation-database-v41>
- Kalvane, G., Bitāne, M. 2010. *Setting up a photomonitoring of phenophases in Lavia*. Phenology 2010, Trinity College Dublin, Ireland, 14-17 June 2010. Pieejams: <http://www.tcd.ie/Botany/phenology/assets/docs/Abstract%20booklet.pdf>
- Kalvāne, G., Jātņieks, J. 2011. Augšanas perioda reģionālās izmaiņas Latvijā. LU 69. zinātniskā konference. *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne, Referātu tēzes*, Rīga, 109.-110.lpp.
- Koch, E., Bruns, E., Chmielewski, F.M., Defila, C., Lipa, W., Menzel, A. 2006. Guidelines for plant phenological observations. COST 725 materiāls. Sk. 12.05. 2009. Pieejams: http://topshare.wur.nl/publicfiles/73471_1_guidelines-ges-fin_2.pdf
- Lassoie, J. P., Comba, J. 2006. *Repeat Landscape Photography in Susquehanna County*. PA. Department of Natural Resources. Cornell University. Sk. 17.11.2009. Pieejams: www.elrose.org/reports/lassoie/2006Photomonitoring.pdf
- Lizuma, L. 2008. Gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu mainības raksturs Rīgā. Promocijas darbs. Latvijas Universitāte, Rīga, 105.
- Miller-Rushing, A. J. 2007. Impacts of climate change on the phenology of temperate forest plants and birds in Massachusetts and Japan. D. thesis, Boston, Boston University, 2007, 316.

Myron, A.L. 2008. *Ground Based Photomonitoring of Ecological Change Project*. Department of Natural Resources. Cornell University. Sk. 17.11.2009. Pieejams: www.elrose.org/reports/lassoie/2008Photomonitoring.pdf

Mcdougald, N., Frost, B., Dudley, D. 2003. *Photo-Monitoring for Better Land Use Planning And Assesment*. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. Rangeland Monitoring Series. Publication 8067. Sk. 17.11.2009. Pieejams: californiarangeland.ucdavis.edu/Publications%20pdf/8067.pdf

Ramans, K. 1958. Vidzemes vidienas ģeogrāfisko ainavu tipoloģija. Disertācija. Pētera Stučkas Latvijas Valsts Universitāte, Rīga, 573.

Interneta resursi

Deutcher Wetterdienst [bez datējuma]. The phenological clock. Sk. 15.01.2011. pieejams:

http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_pageLabel=dwdwww_result_page&portletMasterPortlet_i1gsbDocumentPath=Navigation%2FOeffentlichkeit%2FKlima__Umwelt%2FPhaenologie%2Fprodukte%2Fphaenouhr__node.html%3F__nnn%3Dtrue

“phenology” Oksfordas vārdnīcas (The Concise Oxford English Dictionary, 2004) Pieejams: http://www.askoxford.com/concise_oed/phenology?view=uk

PATEICĪBAS

Pirmais lielais paldies Litai Lizumai par pētījuma ideju un pievēršanu fenoloģijas pētījumiem, otrs liels paldies manai darba vadītājai, prof. Agritai Briedei, par veltīto laiku, ieteikumiem, konsultācijām, uzmundrinājumiem un trešais vislielākais paldies manam lieliskajam un vislabākajam vīram Andim par atbalstu, konstruktīviem risinājumiem un intelektuālām sarunām par un ap bioklimatoloģiju un dēla pieskatīšanu. Paldies dēlam, Jančukam, par pacietību un atļauju strādāt... un liels paldies maniem vecākiem, bez kuriem darbs nebūtu tapis.

Paldies maniem lieliskajiem darba kolēģiem Konrādam un Alisei par izturību, pacietību un palīdzēšanu, Jānim Jātniekam par konsultācijām fenoloģisko karšu sagatavē, manām labajām studentēm Mārai un Evitai par veikto darbu un sadarbību, kā arī valsts galvenajam hidrologam Mārcim par jēgpilnām diskusijām un darbu pie kopīgām publikācijām, kā arī docentam Didzim Elfertam, prof. Viesturam Melecim un doc. Andrim Baulam par palīdzību statistikas lietās.

Paldies sadarbības kolēģiem Danutei un Jevģeņijai Lietuvā, Barbarai Ungārijā un citur Eiropā, jo īpaši Wolfgangam Lipkam par konsulācijām COST datu bāzes sakarā.

Paldies recenzentiem par darba recenzēšanu un konstruktīvo kritiku un ierosinājumiem.

Darbs izstrādāts Eiropas Sociālā fonda projekta „Atbalsts doktorantūras programmu īstenošanai un pēcdoktorantūras pētījumiem” (līguma Nr. 2004/0001/VPD1/ESF/PIAA/04/NP/3.2.3.1/0001/0063) un „Atbalsts doktora studijām Latvijas Universitātē” (līguma Nr. 2009/0138/1DP/1.1.2.1.2/09/IPIA/VIAA/004) ietvaros, kā arī LU zinātniskā projekta 2008/ZP-122: *Fenoloģisko novērojumu tīkla attīstība un modernizācija Latvijā* ietvaros un pateicoties starptautiskajam projektam COST 725.

PIELIKUMS

1. pielikums. Fenoloģiskā pavasara indikatoru raksturojošie statistikas parametri Latvijā un Lietuvā. 1971.-2000. gads.
2. pielikums. Fenoloģiskās vasaras indikatoru raksturojošie statistikas parametri. 1971.-2000. gads.
3. pielikums. Fenoloģiskā rudens indikatoru raksturojošie statistikas parametri Latvijā un Lietuvā. 1971.-2000. gads.
4. pielikums. Ābeles *Malus domestica* fenoloģisko fāžu statistika: „*Baltie dzidrie*” (Stende), „*Antonovka*” (Priekuļi, Dagda), „*Rudens svītrainie*” (Dobele). 1957.-2003.gads.
5. pielikums. Jāņoga *Ribes rubrum*. Raksturīgākais fāzes iestāšanās laiks, ilgums un sakarību ciešums starp fāzēm. Priekuļi un Zīlāni. 1957.-2003. gads.
6. pielikums. Auzas *Avena sativa* raksturīgākais fāzes iestāšanās laiks, ilgums un sakarību ciešums starp fāzēm. Stende. 1957.-2003. gads.
7. pielikums. Analizēto klimatisko faktoru izkārtojums pa komponentēm. Zīlānu piemērs.