

**TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL**

Matemaatika-Loodusteaduskond

Meresüsteemide Instituut

ODRA FENOFAASIDE VARIEERUVUS JA SEOS ÕHUTEMPERATUURIGA

**Bakalaureusetöö**

**Maria-Julia Järv**

Juhendaja: Triin Saue, okeanograafia õppetool, lektor

Maa-Teadused

2016

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus ning kinnitan, et esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud.

Kinnitan, et antud töö koostamisel olen viidanud kõikide teiste autorite seisukohtadele, probleemipüstitustele, kogutud arvandmetele jms.

Töö autor: Maria-Julia Järv

*(allkiri ja kuupäev)*

Juhendaja: Triin Saue

Töö vastab bakalaaurusetööle esitavatele nõuetele.

*(allkiri ja kuupäev)*

Kaitsmiskomisjoni esimees: .....

Lubatud Kaitsmisele:

.....

*(nimi, allkiri, kuupäev)*

## SISUKORD

LÜHIKOKKUVÕTE .....	5
SISSEJUHATUS .....	7
1. TEOORIA .....	9
1.1. FENOLOGIA JA SELLE KASUTAMINE KLIIMAMUUTUSTE HINDAMISEL .....	9
1.1.1. Fenoloogilised vaatlused – mis need on ja kuidas neid kasutakse kliima ja selle muutumise hindamisel .....	9
1.1.2. Senised teadmised Eesti kohta fenofaase kasutades .....	11
1.2. ÕHUTEMPERATUURI MUUTUS EESTIS PERIOODIL 1965-2013 .....	12
1.2.1. Eesti temperatuurirežiim .....	12
1.2.2. Pikaajalised muutused .....	14
2. ANDMED JA MEETODID .....	16
3. TULEMUSED .....	18
3.1. FENOFAASIDE SAABUMISE KUUPÄEVAD .....	18
3.2. FAASIDE VAHELISTE PERIOODIDE PIKKUS .....	25
3.3. SEOSSED FAASIDEVAHELISE PERIOODI PIKKUSE JA SAMA PERIOODI KESKMISE ÕHUTEMPERATUURI VAHEL .....	29
3.4. EFEKTIIVSETE TEMPERATUURIDE SUMMAD .....	32
JÄRELDUSED .....	34
KOKKUVÕTE .....	36
KASUTATUD KIRJANDUS .....	38
LISAD .....	41

<b>LISA 1. ODRA ARENGUFAASIDE SAABUMINE (PÄEVADE ARV AASTA ALGUSEST) KUUSIKUL JA JÕGEVAL PERIOODIL 1965-2013.</b> .....	41
<b>LISA 2. ODRA FENOFAASIDE VAHEL KOGUNENUD EFEKTIIVSED TEMPERatuurISUMMAD PERIOODIL 1965-2013 JÕGEVAL JA KUUSIKUL.</b> .....	42
<b>LISA 3. SEOSSED FENOFAASIDE VAHELISE PERIOODI KESTVUSE JA EFEKTIIVSETE TEMPERatuurISUMMADE VAHEL.</b> .....	43

## LÜHIKOKKUVÕTE

Töö ülesandeks oli analüüsida keskvalmiva odra (*Hordeum vulgare L.*) fenofaaside saabumiskuupäevi ja fenofaaside vaheliste perioodide pikkust ning nende võimalikku muutust vahemikus 1965-2013 kahes Eesti jaamas, Kuusikul ja Jõgeval. Omavahel võrreldi lühemaid ajavahemikke 1965-1990 ja 1991-2013. Samuti analüüsiti faasidevaheliste perioodide pikkuse seoseid ööpäeva keskmise õhutemperatuuriga ja efektiivsete ( $>5^{\circ}\text{C}$ ) temperatuuride summaga. Töös kasutati fenoloogiliste faaside andmestikku ja ööpäeva keskmisi temperatuure. Temperatuuriandmed pärinevad Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituudist (praegu Ilmateenistus), fenoloogilised vaatlused on teostatud Jõgeval 1965-1997 ja Kuusikul 1965-1988 EMHI võrgustikus, 1997-2013 Jõgeva Sordiaretuse Instituudi (praegu Eesti Taimekasvatuse Instituut) ja Kuusikul 1989-2013 Põllumajandusuuringu Keskuse poolt. Faaside vahelise kestvuse ja õhutemperatuuri, efektiivsete temperatuuri seose leidmiseks kasutati korrelatsioonianalüüsi. Töö käigus leiti, et Kuusiku vaatluskoha ja tegijate muutmine 1989 aastal tõi kaasa olulise muutuse külviajas 1989-2013, mille tulemusel ka järgnevate faaside alguspäevad muutusid varasemaks. Faasidevaheliste perioodide kestvus sel põhjusel ei muutunud. Seega ei tohiks Kuusiku andmestiku kliimamuutuste kohta järelduste tegemisel tervikuna aluseks võtta. Samal ajal õnnestus vaatluste jätkamine Jõgeval 1997 aastal edukalt ja Jõgeva fenoloogilisi vaatlusandmeid saab kasutada ühe andmerekana. Perioodil 1965-2013 muutusid kõikide vaadeldud faaside (külumine, tärkamine, loomine, vahaküpsus, koristamine) saabumiskuupäevad varasemaks. Tugevam nihe on toimunud hilisematel aastatel, perioodil 1991-2013. Faasidevahelise perioodi pikkus väheneb lineaarselt keskmise õhutemperatuuri suurenemisel, millega kaasneb taimede kasuliku soojussumma vähenemine.

Võtmesõnad: oder, fenoloogia, kliimamuutus, Eesti, temperatuur.

**Abstract.** Variability of phenological phases of oat in relation to air temperature.

The aim of the study was to analyze the variability and possible change of the arrival and length of the phenological phases of medium-maturing barley (*Hordeum vulgare L.*) in relation to air temperature and accumulated effective temperatures ( $> 5^{\circ}\text{C}$ ) in Estonia. Time period 1965 to 2013 was investigated in two stations in Estonia - Kuusiku and Jõgeva. The comparison was performed between shorter periods 1965-1990 and 1991-2013. Phenological data and daily mean temperatures were applied. The temperature data was obtained from the Estonian Meteorological and Hydrological Institute (EMHI, now Estonian Weather Service). Phenological observations have been accomplished at Jõgeva by EMHI in 1965-1997 and by Jõgeva Plant Breeding Institute in 1998-2013 (now Estonian Crop research Institute); in Kuusiku by EMHI in 1965-1988 and by the Agricultural Research Centre in 1989-2013. The relations between the length of periods between phenological phases, mean temperature and effective temperature were determined on the basis of regression function. The change of the location and operator of Kuusiku phenological observations in 1989 brought about a significant change in the sowing time in 1989 -2013, which also resulted in earlier onset of the following phases. At the same time, the duration of periods between phases was not changed. As a consequence, we can not use the whole 1965-2013 Kuusiku dataset to draw conclusions of climate change. At the same time, the continuance of phenological observations was successful in Jõgeva in 1997 and phenological observation data can be used as a single series. During the period of 1965-2013, the arrival of all the observed phenological phases (sowing, emergence, start of heading, wax maturity, harvest) has become earlier. Stronger shift has taken place in the later period, 1991-2013. The length of the periods decreases linearly with the increase in average temperature during the period, accompanied by decrease in the amount of useful warmth for plant growth.

Keywords: barley, phenology, Estonia, climate change, temperature.

## SISSEJUHATUS

Viimastel aastakümnetel oleme sattunud küllaltki intensiivsesse kliima muutumise perioodi ja seetõttu on kliimamuutused väga paljude uuringute keskmes. IPCC (2007) raportis kinnitatakse, et kliima muutumine on tõeline, et see toimub kiiresti ja et hoolimata kasvuhooonegaaside emissioonide vähendamisest võime aastaks 2030 oodata globaalse õhutemperatuuri tõusu 1° võrra. Selline kindlustunne on olemas küll globaalsel skaalal, kohalikud muutused ja nende võimalikud tagajärjed on aga palju ebakindlamad ja raskemini ennustatavad. Ometi on just kohalik kliima see, mida me oma nahal tunneme ja mis meile sellepärast eelkõige huvi pakub.

Eluslooduse areng on üks olulisemaid kliimamuutuste mõju indikaatoreid. Eriti oluliselt sõltuvad ilmastikutingimuste vaheldumisest elustiku aastaajalised ehk fenoloogilised nähtused. Aasta ja kuu keskmise temperatuuri mõnekraadist muutust on inimestel raske jälgida ja hoomata, kuid sellistest näiliselt väikestest temperatuurimuutustest tulenevad üsna suured muutused ülemineku-aastaaegade alguskuupäevades. Sellepärast on pikaajalised eluta looduse, taimede ja loomade elutegevuse vaatlused kliimamuutuste mõju uurimisel tähtis tõendusmaterjal.

Viimastel aastakümnetel on kliima varieeruvus ja muutused juba avaldanud elusloodusele märkimisväärset mõju. Põllumajandus on üks tegevusala, mis on eriti oluliselt mõjutatud just kohalikust kliimast, selle muutlikkusest ja muutumisest. Põhja-Ameerikas, Euroopas kui ka Eestis on kirjeldatud erinevate taimede, sh põllukultuuride arengufaaside varasemaks nihkumist, mida võib seostada regionaalse kliima soojenemisega (nt Visser ja Both 2005, Ahas ja Aasa 2006, Keeling et al. 1996, Kalbarczyk et al. 2015). Lisaks on täheldatud kasvuperioodi pikenemist, temperatuurisummade suurenemist jm. kohaliku soojenemisega seostatavaid nähtusi (Saue ja Käremaa 2015).

Käesoleva töö käigus hinnatakse keskvalmiva suviotra (*Hordeum vulgare L.*) fenoloogiliste faaside saabumise kuupäevade ja faasidevaheliste perioodide pikkuse varieeruvust ning võimalikku muutumist seoses kliima soojenemisega kahes Eesti piirkonnas. Kuna senine Eestit puudutav fenoloogiliste faaside analüüs lõppes 2000ndate alguses, siis on käesoleva töö üks motiive seda perioodi pikendada ja vaadata, kas ja mis on toimunud ja muutunud viimastel aastatel. Töö aktuaalsust rõhutab ka see, et agrofenoogia tegeleb põllumajanduse aspektiga ning on olnud läbi aegade üks tähtsamaid ja enim kasutanuid fenoloogia rakendusi (Aasa, 2001).



## **1. TEOORIA**

### **1.1. Fenoloogia ja selle kasutamine kliimamuutuste hindamisel**

Fenoloogia on bioloogia haru, mis uurib looduse aastaajalisi ehk sesoonseid nähtusi, nende arenemise ja ilmnemise ajalist reeglipärasust. Taimede sesoonse arenemise järku nimetatakse fenofaasiks (fenoloogiliseks faasiks). Fenofaaside esinemine ja iga faasi algus allub kindlale seaduspärasusele, mis tuleneb kliimast, geograafilisest asendist, kõrgusest merepinnast, mullastikust jms. (Eesti Entsüklopeedia).

Fenoloogia on üks võimalus kliimatiliste muutuste ja nende mõjude jälgimiseks. Pikemas perspektiivis on fenoloogiline informatsioon väga väärtuslik teave liikide jaotuse ja kliima muutmise seoste arusaamiseks (Ahas, 2001).

#### **1.1.1. Fenoloogilised vaatlused – mis need on ja kuidas neid kasutakse kliima ja selle muutumise hindamisel**

Fenoloogilised vaatlused kujutavad endast sesoonsete loodusnähtuste saabumise kuupäevade ülesmärkimist kindlates geograafilistes kohtades asuvates statsionaarsetes vaatluspunktides. Fenoloogid registreerivad loomade ja taimede sesoonsete arengufaaside

algust, kestvust ja lõppu ja ka erinevate looduslike nähtuste esinemist. Reeglina kasutatakse laialt levinud, selgesti avalduvaid, lihtsalt ja selgesti jälgitavaid ökosüsteemi komponentide sesoonseid nähtuseid. Paljuaastased andmed vormistatakse fenoloogiliste spektrite ja „looduse kalendrite“ kujul (Шульц, 1981).

Erinevate taimede puhul vaadeldakse näiteks kevadist vegetatsiooni algust, külvide tärkamist, pungade puhkemist, puude mahlajooksu, lehtimist, õitsemist, viljade valmimist, tõrude varisemist jms. Loomade puhul märgitakse üles näiteks poegimise ja rändega seotud kuupäevad (munemine, poegade koorumine, erinevate rändlindude saabumine/lahkumine, kalade kudema saabumine jne). Looduslikud sesoonsed nähtused, mida kasutatakse sesoonse dünaamika uurimuses, on näiteks ka esimesed ja viimased öökülmad, mis kahjustavad taimi; esimene ja viimane lumesadu; esimesed ja viimased äikese nähtused; jäite ilmumine; lumikatte ilmumine ja lagunemine; öökülmad enne lumikatte ilmumist ja pärast lagunemist; esimene ja viimane härmatis; kevadine maapinna sulamine jne. (Шульц, 1981).

Fenoloogilised andmed võimaldavad märgata ja seostada kliima muutusi, kuna looduses on kõik omavahel seotud - üks muutus toob kaasa teise muutuse. Õhutemperatuur ja selle muutus on üks olulisem kliima ja selle muutuste näitaja. Kõik taimed on tundlikud temperatuurimuutustele, kuna temperatuur on nende jaoks eluliselt tähtis. Uuringud näitavad, et õhutemperatuur on tihedalt seotud fenoloogiliste faaside algusega. Fenoloogiliste nähtuste ja kliima näitajate vahel on tugev seos: mida soojem on faasile eelnev periood, seda varasemaks nihkub faaside algus (Aasa, 2005). Seega me võime kasutada fenoloogiliste vaatluste andmeid kliimamuutuste, eelkõige õhutemperatuuri muutumise hindamisel.

### **1.1.2. Senised teadmised Eesti kohta fenofaase kasutades**

Fenoloogiliste faaside uuringuid on Eestis laialdaselt teostatud. Eelmisel sajandil on kogutud kvaliteetne andmestik Eesti Loodusuurijate Seltsi (ELUS) ning Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituudi (EMHI) poolt. Viimastel aastakümnetel on see vaatlusvõrk aga kahjuks tegevuse lõpetanud ja vaatlusi teostatakse väga vähe.

Aastaaegade ja fenofaaside kulgemine ja selle kiirus oleneb maastikust, ilmastikust ja paljudest muudest teguritest. Eestis on fenoloogiliste faaside alguspäevades tulenevalt mereäärse piirkonna ja sisemaa vahelisest gradiendist suur varieeruvus, mis võib ulatuda mitme nädalani. Kevadised fenofaasid levivad Eestis keskmiselt 3–6 päeva 100 km kohta, soojal ja külmal kevadel ja suvel on faaside ilmumise kiirus erinev. Faasid levivad lõunast põhja, olles vastavalt aastaajale ja aasta iseloomule kallutatud kirde või loode suunas. Loodesuunalise kalde põhjustab Läänemere temperatuurirežiim, kirdesuunalise suhteliselt jahedama õhutemperatuuriga Pandivere kõrgustik (Ahas, 2001). Kõrgustike ja neid ümbritsevate tasandike vaheline fenofaaside erinevus on hästi märgatav just varakevadel, siis on ka suhteliselt väikeste kõrgusvahede mõju lume sulamisele oluline. Samuti on märgata erinevusi suurte Vahe-Eesti soode ja rabade piirkonnas. Tavaliselt jääb Eestis varieeruvus 10 päeva piiresse (Ahas, 2001).

Paljudes uurimistöodes on märgatud, et vaadeldud 50-aastaselt perioodil on fenofaaside alguspäevad muutunud varasemaks ning fenofaaside kestvus on lühenenud. Ahas (1999) on uurinud taimede fenoloogiliste faaside ajalis-ruumilist varieeruvust Eestis ja tuli järeldusele, et looduse kevadine ja suvine areng on viimase viiekümne aastaga oluliselt varasemaks nihkunud (2-5 kuni 10 päeva). Kõige enam on muutunud varakevadiste faaside algusaeg (3–5 päeva dekaadi kohta) ja kõige vähem sügiseste faaside algusaeg. Sarnasele tulemusele jõudis ka Aasa (2005), kes leidis, et ca 50% fenoloogilise faasi alguspäevi nihkusid oluliselt varasemaks ja kasvuperioodi kestvus kasvab läänest itta ulatuses +15 kuni -4 päeva (Aasa, 2005). Eriti on suurenenud varaste (soojade) kevadete

ja suvede hulk, samas on hiliseid (külmi) kevadeid ja suvesid olnud vähem ning absoluutsed faasimiinimumid olid 1955 (Ahas, 2002). Aasa (2001) on aga tuvastanud ka sügiseste faaside varasemaks muutumist.

Kui kliimatilised karakteristikud näitavad soojenemise tendentsi talvel ning kevadel, siis fenofaaside algus muutub varasemaks eelkõige kevadel ning ka järgneva kasvuperioodi vältel. Selle põhjuseks on see, et taimede arenguetapid on omavahel seotud ja kui esimene fenofaas algab varem tingib ta ka kalendaarselt järgmise faaside varasemaks nihkumist (Aasa, 2005).

## **1.2. Õhutemperatuuri muutus Eestis perioodil 1965-2013**

### **1.2.1. Eesti temperatuurirežiim**

Õhutemperatuur on kahtlemata kõige olulisem kliimanäitaja (Tarand jt, 2013), mis väljendab piirkonna soojusressursse ja määrab suures osas ära kogu looduse iseloomu ning kasvatatavate kultuurtaimede ja sortide valiku. Temperatuurirežiimi muutused toovad endaga vältimatult kaasa muutusi kogu eluslooduses. Kuna õhutemperatuur on tihedalt seotud fenoloogiliste faaside algusega, antakse järgnevalt kirjanduse põhjal ülevaade, milliseid muutusi on uuringuperioodil toimunud Eesti õhutemperatuuriga.

Eestis valitseb mandrilise ja merelise kliima vaheline üleminekuline paraskliima. Tänu Atlandi ookeani ja Põhja-Atlandi hoovuse mõjule on Eesti ilmastik tunduvalt pehmem samale laiuskraadile iseloomulikust mandrilisest kliimast. Eesti ilma mõjutab oluliselt ka Atlandi ookeani põhjaosas toimuv aktiivne tsüklonaalne tegevus. Nendest faktoritest tulenevalt iseloomustab Eesti õhutemperatuuri režiimi väga suur sesoonne varieeruvus (külma ja sooja poolaasta vaheldumine). Samuti esinevad olulised erinevused nii aastate

vahel kui ka suured territoriaalsed kontrastid ranniku ja sisemaa vahel. Eesti-siseseid temperatuurierinevusi põhjustab Läänemeri, mis hoiab talviti rannikualad soojemana kui sisemaa ning suviti neid jahutab. Samuti mõjutab mere lähedus kevade ning sügise saabumist, sest kevadel soojeneb sisemaa merest tunduvalt kiiremini ja sügisel on sisemaa kiirem jahtuma. Õhutemperatuuri aastane amplituud on Eestis märksa suurem kui Lääne-Euroopas, samas selgelt väiksem kui Eestist ida poole jäävatel aladel (Tarand jt. 2013).

Aasta keskmine õhutemperatuur Eestis on vahemikus 4,3°C kuni 6,5°C, madalam kõrgustikel ja kõrgem saarte läänerrannikul. Vegetatsiooniperioodi pikkus Eestis on 180–195 päeva ning külmavaba perioodi pikkus 110–190 päeva. Jaanuari keskmine õhutemperatuur Kesk- ja Ida-Eestis on vahemikus –6°...–7°C, samas kui Lääne-Eesti saarestikus on see –2°...–4°C. Rannikul on kõige külmemaks kuuks veebruar. Kevadel soojeneb sisemaa märgatavalt kiiremini kui meri. Seetõttu jäävad rannikualad võrreldes ülejäänud Eestiga üha jahedamaks. Maikuu keskmine temperatuur erineb rohkem kui 3,5°C. Suvel hakkavad territoriaalsed erinevused kaduma, juuli keskmine temperatuur varieerub 16,0°C ja 17,4°C vahel. Kõige jahedamad alad asuvad kõrgustikel, kõige soojemad aga madala sisemere rannikul, näiteks Pärnus. Sügisel jahtub aga sisemaa tunduvalt kiiremini kui rannik ning talve edenedes õhutemperatuuri erinevused järjest suurenevad (Estonica Entsüklopeedia Eestist).

Taimede areng vegetatsiooniperioodil sõltub kogunenud soojuse hulgast, mida saab iseloomustada ööpäeva keskmise temperatuuride summaga. Eestis koguneb keskmiselt kasvuperioodi jooksul üle 5°C temperatuure 2194° (Karing, 1992). Teine taimekasvu seisukohalt oluline soojusrežiimi näitaja on efektiivsete temperatuuride summa, mis iseloomustab taimedele kättesaadavat soojust. Efektiivne temperatuur on see osa ööpäeva keskmisest temperatuurist, mis ületab mingi lävitemperatuuri. Kõige sagedamini kasutatakse efektiivsete temperatuuride arvutamisel lävitemperatuurina 5°C, kuna üldiselt vastab see meil traditsiooniliselt kasvatatavate kultuuride bioloogilisele

miinimumtemperatuurile. Efektiivset üle 5 °C temperatuuri nimetatakse ka taimedele kasulikuks temperatuuriks või füsioloogiliselt aktiivseks temperatuuriks. Keskmiselt koguneb meil kasvuperioodil efektiivseid üle 5 °C temperatuure 1400-1600° (Saue jt., 2016).

### **1.2.2. Pikaajalised muutused**

Kliima muutumine suurendab ekstreemsete ilmastikunähtuste sagedust ja intensiivsust. Keskmise õhutemperatuur on kõige tähtsam meteoroloogiline väärtus kliima muutumise hindamisel.

Teatavasti on maakera keskmine õhutemperatuur tõusnud viimase poolteise sajandi jooksul märgatavalt (IPCC, 2007). Samasugune muutus on leidnud aset ka Eestis, tegelikult on siin soojenemine olnud isegi suurem kui globaalne keskmine (Jaagus, 2006). Perioodil 1966-2010 on aasta keskmine õhutemperatuur tõusnud 1,6-2,0 kraadi (Tarand jt., 2013). Statistiliselt usaldusväärne soojenemine on toimunud kõigis jaamades nii aasta keskmisena kui jaanuari, aprilli, juuli ning augusti puhul (Tarand jt., 2013).

Kliimaatilistest aastaegadest, mis seostuvad fenoloogilise arenguga, on kevadtalve alguskuupäev nihkunud varasemaks, kuid näitajat iseloomustab suur aastavaheline muutlikkus. Varakevade saabumine on nihkunud samuti varasemaks, 45 aastaga keskmiselt 11,7 päeva. Kevade ehk taimekasvuperioodi algus on nihkunud 2 nädalat varasemaks, samuti on pikenenud kevade kestvus, samas ei ole statistiliselt usaldusväärset muutunud suve saabumiskuupäev ja kestvus. Hoopis teine tendents on sügistel ja talvisel aastaegade. Sügise algus on nihkunud vähesel määral hilisemale ajale ja tema kestvus on pisut lühenenud. Hilissügise (taimekasvuperioodi lõpp) saabumispäev ei ole oluliselt muutunud, kuid kestvus on pikemaks läinud. Eeltalv saabub nüüd 2 nädalat hiljem ning selle kestvus on vähenenud (statistiliselt mitteolulisel määral). Keskmise talve

alguspäev varieerub Eestis kõike suuremal määral ja valdavalt on see nihkunud hilisemaks ning talve kestvus on oluliselt vähenenud. (Tarand jt., 2013).

Need on väga suured muutused kliimatingimustes, mis on kõik seotud õhutemperatuuri tõusutendentsiga vaadeldaval perioodil.

## **2. ANDMED JA MEETODID**

Käesolevas töös kasutati odra fenoloogiliste faaside andmestikku ja ööpäeva keskmisi temperatuure perioodil 1965-2013 Jõgeval ja Kuusikul. Jõgeval pärinevad perioodi 1965-1997 fenoloogilised andmed Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituudi vaatlusvõrgust, hilisemad vaatlused on teostatud Jõgeva sordiaretuse Instituudi/Eesti Taimekasvatuse Instituudi poolt. Kuusikul toimusid vaatlused 1965-1989 EMHI vaatlusvõrgus, sealt edasi on kasutatud Põllumajandusuuringute Keskuse katsepõldudel läbiviidud vaatlusi. Jõgeval jätkusid vaatlused praktiliselt samas punktis ja samade inimeste poolt, samal ajal nihkus Kuusikul vaatluste asukoht ja ka tegijad. See võib muuta Kuusikul erinevate perioodide vaatlused omavahel võrreldamatuteks, mida samuti püütakse käesoleva töö jooksul hinnata. Töös kasutatud andmestik pole oma kvaliteedi ühesugune- mõnedel aastatel puuduvad kõik või osaliselt vaatlusandmed – need aastad on arvutustest välja jäetud.

Andmestikus oli esindatud kokku 11 arengufaasi, millest võeti töös kasutusele 5 on külvamine, tärkamine, loomine, vahaküpsus ja koristamine. Faaside valik tulenes sellest, et osasid faase ei ole hilisematel aastatel enam vaadeldud.

Töös on kasutatud järgmisi fenoloogilisi faase:

Külvamine: seemnete mulda külvamise kuupäev.



Tärkamine: lehetipu ilmumine.

Loomine: ülemise lehe tupest kõrgemal on näha väljunud viljapead; sellel etapil taim õitseb ja viljastub.

Vahaküpsus: viljapea muutub kollaseks ja lehed kolletuvad. Tera kaotab oma elastsuse, kortsus, teda on võimalik lõigata ja murda, tera sisu on raske kestast välja võtta.

Koristamine: saagi koristamise kuupäev (Aasa, 2001).

Põhiliseks parameetrik on kuupäev ehk päeva järjekorranumber aastakalendris. Kuupäevade põhjal arvutati välja kestvus erinevate faaside vahel (perioodi pikkus päevades): külvamine-tärkamine, tärkamine-loomine, loomine-vahaküpsus, vahaküpsus-koristamine ja pikem periood külvamine-koristamine. Arvutamise käigus oli eelduseks, et liigisisene erinevus ei oma tähendust liikide üldises seaduspärasuses, eriti kuna kasutatavad sordid olid üldiselt sarnase kasvuajaga.

Statistiline analüüs tehti kolmele perioodile (a) 1965-1990, (b) 1990-2013, (c) 1965-2013. Fenoloogiliste faaside alguskuupäevi ja faasidevaheliste perioodide pikkusi hinnati, kasutades standardseid statistilisi parameetreid: keskväärtus ( $\bar{x}$ ), standardhälve (SD), miinimum- (Min) ja maksimumväärtused (Max). Arvutati üksikute aastate kõrvalekalle baasperioodi 1965-2013 keskväärtuse suhtes ( $\Delta$ ).

Määramaks seoseid faaside kestuse ning taimede soojusega varustatuse vahel, kasutati faasidevaheliste perioodide keskmisi temperatuure ja efektiivseid temperatuurisummasid. Seoseid hinnati korrelatsioonanalüüsi abil. Efektiivsete temperatuuride summad faaside vahel arvutati, kasutades lävitemperatuurina 5 °C. Muutuste leidmiseks fenofaaside alguse ja kestuse aegridades kasutati lineaarset regressioonanalüüsi. Kogu statistiline andmetöötlus on läbi viidud *MS Excel 2013* vahenditega.

### **3. TULEMUSED**

#### **3.1. Fenofaaside saabumise kuupäevad**

Uuritaval perioodil, 1965-2013, oli keskmine odra külvamise päev Jõgeval 6. mai (tabel 1). See keskmine kuupäev ei erinenud erinevatel vaatlusperioodidel (a ja b). Kuusikul oli kogu perioodi keskmine külvikuupäev 3 päeva Jõgevast varasem (3.mai). Jõgeval on külvikuupäev olnud ka väiksema varieeruvusega kui Kuusikul (Lisa 1). Kõige varasem külvamine Jõgeval on toimunud 20.aprillil 1990, Kuusikul samal aastal 21. aprillil. Kõige hilisem külvamine oli Jõgeval 18. mail 1988, Kuusikul 27. mail 1987.

Keskmiselt tärkas oder Jõgeval 17. mail ja Kuusikul 4 päeva varem (13.mail). Kõige varasem tärkamine oli Jõgeval 1. mail 1990 ja Kuusikul 24. aprillil 2000; kõige hilisem Jõgeval 29.mail 1988 ning Kuusikul 4. juunil 1987. Kuusikul oli 1987. aasta selles mõttes erandlik, et oder külvati alles mai lõpus ja tärkas väga hilja, kuid seejärel toimus väga kiire areng.

Odra loomine toimus keskmiselt Jõgeval 4. juulil, Kuusikul 28. juunil. Kõige varasem loomine Jõgeval oli 21. juunil 2002 aastal ja Kuusikul 9 päeva varem, 12. juunil 1992; kõige hilisem loomine toimus Jõgeval 15. juulil 1996 aastal ja Kuusikul 17. juulil 1996.

Nii külvi, tärkamise kui loomise faaside saabumise kuupäevad on Jõgeval kahel vaadeldud perioodil (1965-1990 ja 1991-2013) praktiliselt võrdsed. Kuusikul on aga kahe perioodi vahel tunduvalt erinevused (joonis 1). Kuusikul toimus külvi hilisemal perioodil tunduvalt varem - 1965-1990 külvati otse keskmiselt 8. mail, kuid 1991-2013 keskmiselt 27. aprillil. Kõige tõenäolisemalt põhjustab selle erinevuse vaatluskoha ja vaateleja muutus. Nagu võis oodata, on ka järgmiste faaside (tärkamine ja vahaküpsus) saabumine sarnaselt nihkes - varasemal perioodil toimus tärkamine keskmiselt 18. mail ja hilisemal perioodil keskmiselt 7. mail - varem külvatud vilid ka tärkasid varem. Sama tendents kandub üle ka loomise kuupäevale, mis on samuti varasema ja hilisema perioodi lõikes erinev (vastavalt 1. juuni ja 24. juuni). Seega võib öelda, et kui Jõgeval on vaatlusperioodi pikendamine edukalt toimunud ja kogu perioodi saab vaadelda ühtse andmestikuna, siis Kuusikul on vaatluskoha muutus toonud kaasa olulise nihke, mistõttu seda andmestikku ei tohiks kliimamuutuste kohta järelduste tegemisel tervikuna kasutada, vaid tuleks erinevates asutustes läbiviidud vaatlusi käsitleda edaspidi eraldiseisva andmestikuna. See on antud töö üks oluline tulemus. Erinevate perioodide ja asukohtade vahel ei esine väga suuri kõikumisi standardhälves külvamise, tärkamise ja loomise kuupäevades – standardhälve jääb vahemikku 5-9 päeva.

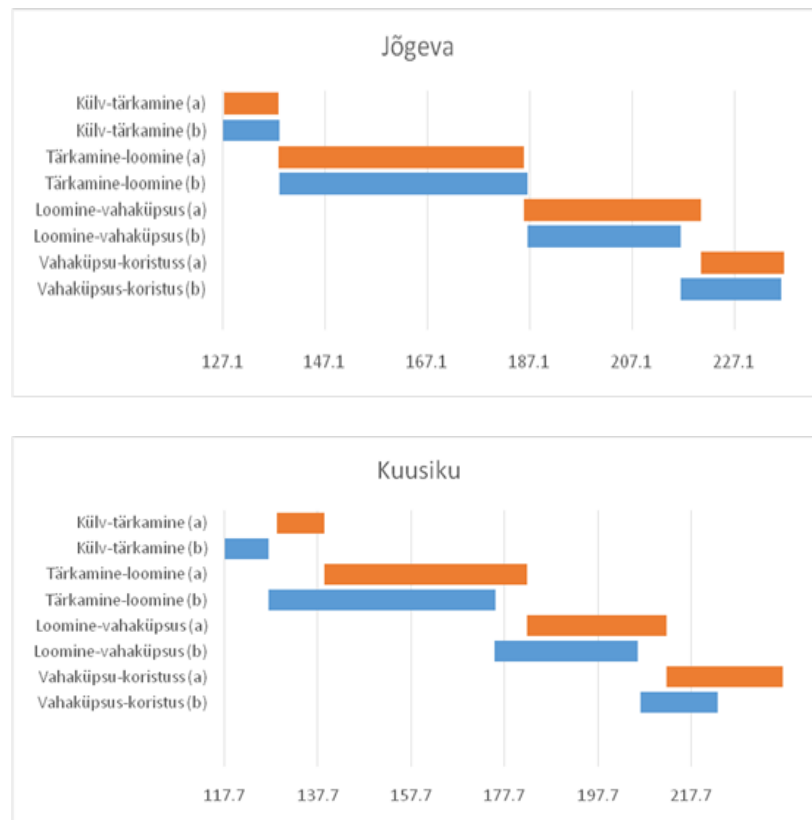
Vahaküpsus saabus Jõgeval keskmiselt 8. augustil ja Kuusikul 10 päeva varem, 29. juulil. Kõige varem on vahaküpsus registreeritud Jõgeval 17. juulil 2011 ja Kuusikul 3. juulil 1993, kõige hiljem Jõgeval 21. augustil aastatel 1978 ja 1991 ja Kuusikul 14. augustil 1978. Koristamine algas Jõgevas keskmiselt 24. augustil Kuusikul 18. augustil. Kõige varasem koristamine Jõgeval oli 31. juulil 2007 ja Kuusikul 30. juulil 2010. Kõige hiljem koristati oder mõlemas asukohas 26. septembril – Jõgeval toimus see aastal 2004 ja Kuusikul 1965 aastal.

Tabel 1. Odra arengufaaside saabumine Jõgeval ja Kuusikul. Perioodid: a) 1965-1990, b) 1991-2013, c) 1965-2013;  $\bar{x}$ - keskväärtus, SD - standardhälve, muutus - faasi alguse nihkumine päevades lineaarse trendi järgi 10 aasta kohta, „-“, tähistab faasi nihkumist varasemaks. \* - trend on statistiliselt usaldatav vähemalt tasemel  $p < 0.05$ .

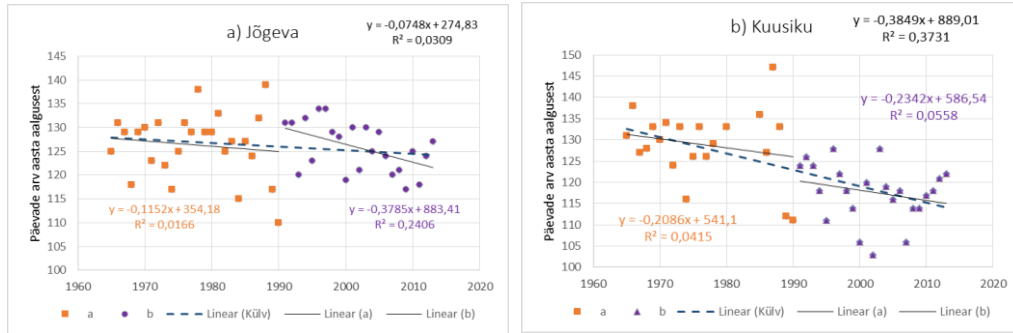
Fenofaas	Asukoht	Periood	$\bar{x} + SD$ (päevade arv aasta algusest)	Min/aasta (päevade arv aasta algusest)	Max/aasta (päevade arv aasta algusest)	Muutus (päeva 10 aasta kohta)
Külvamine	Jõgeva	a	126,3 ± 6,7	110 / 1990	139 / 1988	-1,2
		b	125,7 ± 5,1			-3,8*
		c	126,1 ± 6,0			-0,75
	Kuusiku	a	128,9 ± 8,2	103 / 2002	147 / 1987	-2,1
		b	117,7 ± 6,6			-2,5
		c	123,1 ± 9,3			-3,8*
Tärkamine	Jõgeva	a	137,0 ± 6,0	121 / 1990	149 / 1988;1997	-0,7
		b	137,2 ± 5,5			-4,6*
		c	138,9 ± 5,8			-0,5
	Kuusiku	a	139,1 ± 8,0	115 / 2000	155 / 1987	-2,2
		b	127,5 ± 6,6			-3,1
		c	133,1 ± 9,3			-4,0*
Loomine	Jõgeva	a	184,9 ± 4,9	172 / 2002	197 / 1996	-0,6
		b	185,6 ± 6,5			-4,9*
		c	185,2 ± 5,7			-0,4
	Kuusiku	a	182,6 ± 7,8	164 / 1992	199 / 1996	-7,2*
		b	176,1 ± 6,9			-0,9
		c	179,3 ± 8,1			-3,1*
Vahaküpsus	Jõgeva	a	219,6 ± 6,8	198 / 2011	233 / 1978;1991	-0,8
		b	215,5 ± 9,5			-9,9*
		c	217,7 ± 8,4			-2,4*
	Kuusiku	a	212,4 ± 7,5	184 / 1993	226 / 1978	-5,6*
		b	206,8 ± 8,3			0,5
		c	209,6 ± 8,4			-2,4*
Koristamine	Jõgeva	a	235,9 ± 9,2	212 / 2007	270 / 2004	-3,9
		b	235,6 ± 15,1			-9,8*
		c	235,8 ± 12,2			-1,7
	Kuusiku	a	237,4 ± 14,1	210 / 2010	268 / 1965	-4,0
		b	223,3 ± 8,2			-5,4*
		c	230,3 ± 13,5			-5,3*

Mõlemas jaamas on kõigi vaadeldud fenofaaside alguspäevades jälgitav varasemaks muutumise trend, kuid alati ei ole muutused kogu perioodi ulatuses statistiliselt usaldusväärsed. Jõgeval näeme, et kevadiste faaside (külv, tärkamine ja loomine) saabumise kuupäevad on statistiliselt olulisel määral varasemaks muutunud just perioodil 1991-2013 (vastavalt 3,8; 4,6 ja 4,9 päeva kümne aasta kohta), samas kui varasemal perioodil ega ka kogu andmestiku ulatuses selline tendents välja ei tule (joonised 2, 3, 4). Kuusikul on külvi ja tärkamise kuupäeval mõlemal lühemal perioodil statistiliselt mitteusaldatav varasemaks muutumise tendents, kuid kuna perioodide keskväärtused on oluliselt erinevad, siis kogu vaatlusperioodi kokkuvõttes näeme usaldusväärset külvi ja tärkamise varasemaks nihkumist (vastavalt 3,8 ja 4,0 päeva 10 aasta kohta)

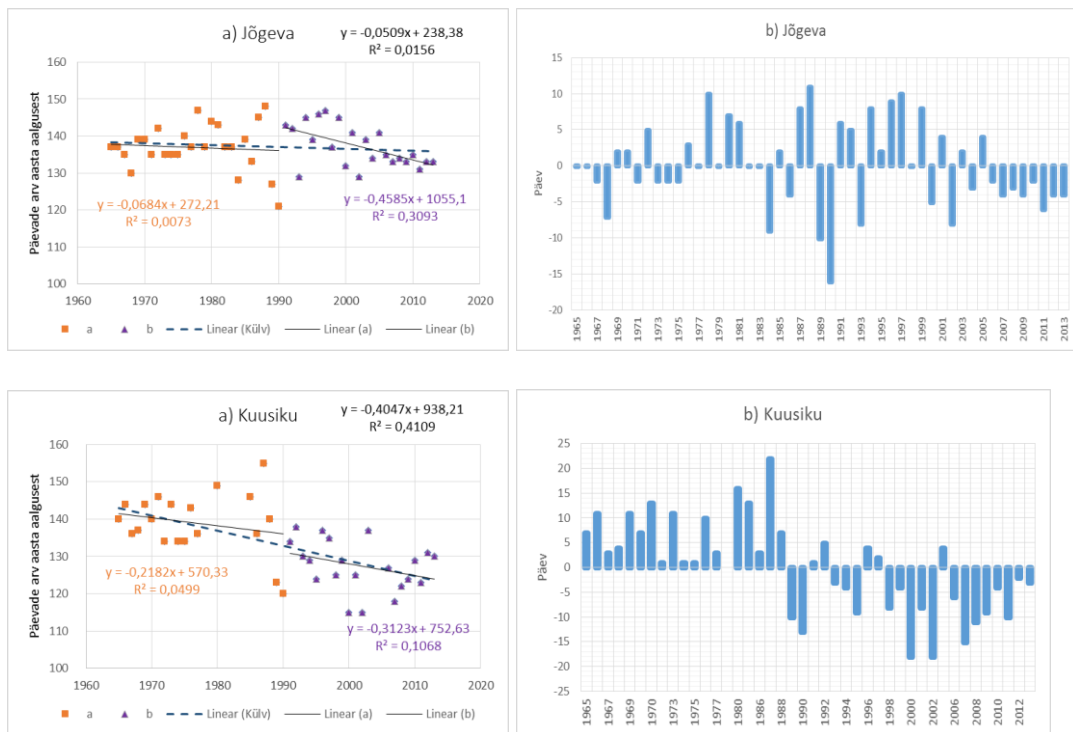
Joonis 1. Keskmine odra fenofaaside saabumine ja kestus Kuusikul ja Jõgeval perioodidel 1965-1990 (a) ja 1991-2013 (b).



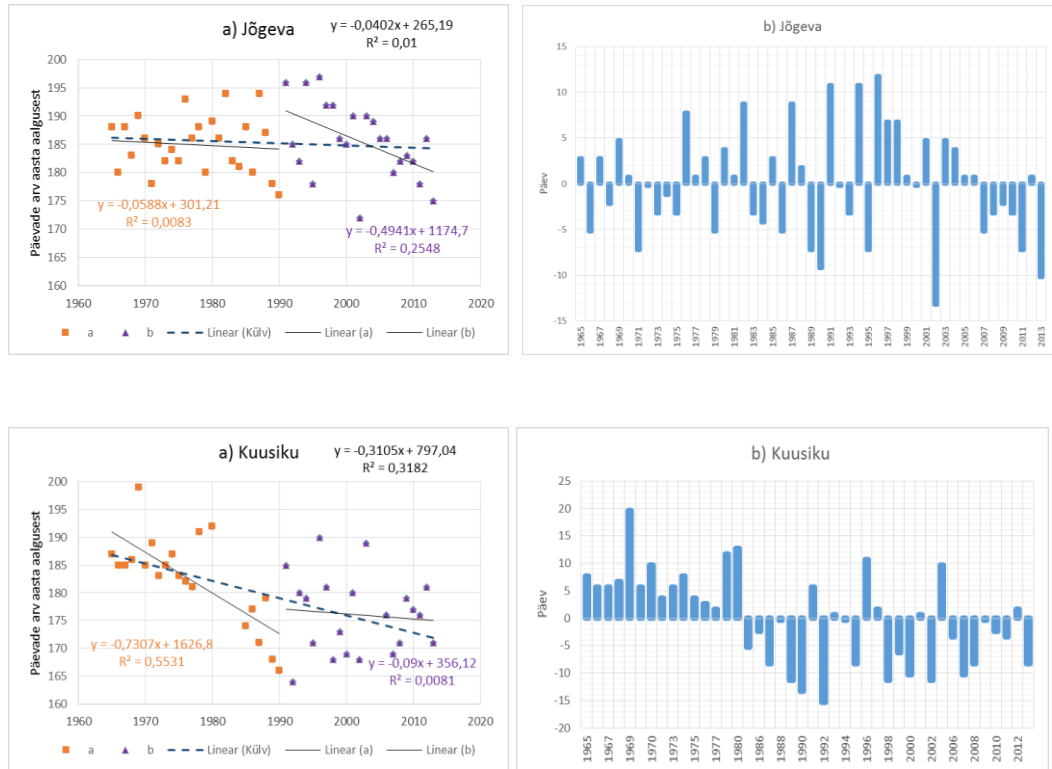
Joonis 2. Odra külvamise kuupäev (päevade arv aasta algusest) ja selle muutumise tendents perioodidel 1965-1990 ja 1991-2013 Jõgeval ja Kuusikul.



Joonis 3. Odra tärkamise kuupäev (päevade arv aasta algusest) ja selle muutumise tendents (a) ning antud kuupäeva kõrvalekalle keskmisest (b) perioodidel 1965-1990 ja 1991-2013 Jõgeval ja Kuusikul.



Joonis 4. Odra loomise kuupäev (päevade arv aasta algusest) ja selle muutumise tendents (a) ning antud kuupäeva kõrvalekalle keskmisest (b) perioodidel 1965-1990 ja 1991-2013 Jõgeval ja Kuusikul.

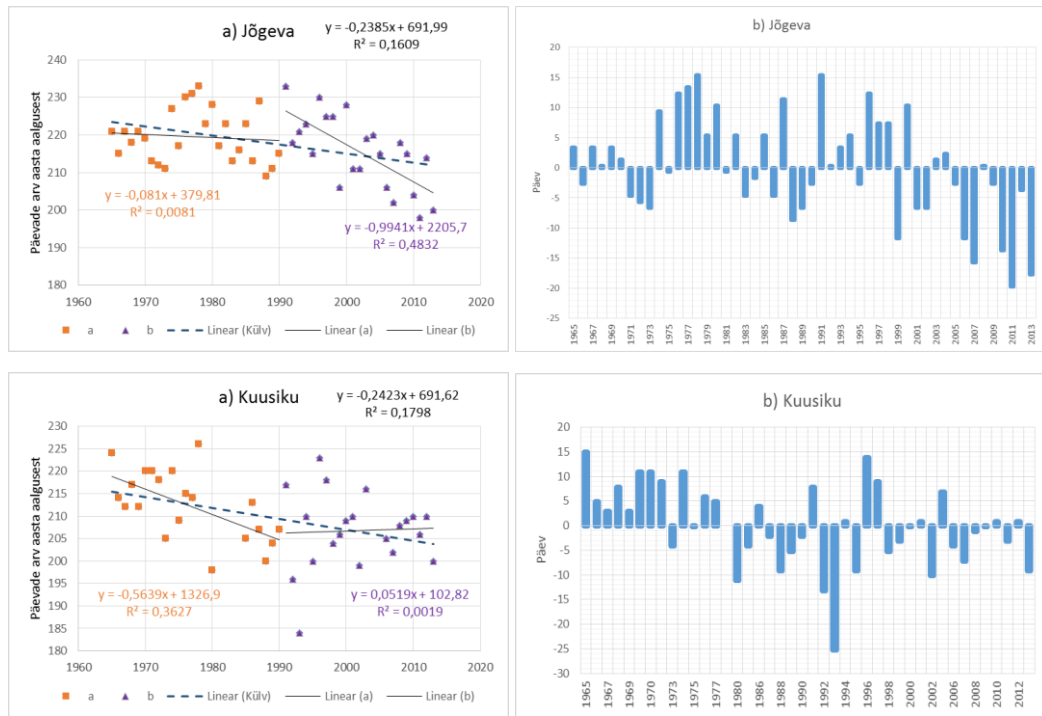


Valmimisega seotud faaside saabumisel (vahaküpsus ja koristus) (joonised 5 ja 6) esineb Jõgeval kõige tugevam statistiliselt usaldusväärne varasemaks nihkumise tendents vaatlusperioodi teises osas (1991-2013), vastavalt 9,9 ja 9,8 päeva 10 aasta kohta vahaküpsuse ja koristamise jaoks. See on juba üsna tugev muutus. Samal ajal on vahaküpsuse saabumise kuupäevas ka kogu pikk periood (1965-2013) usaldusväärselt varasemaks nihkunud. Koristuse puhul see nii ei ole, kuid koristamine ei sõltu niivõrd looduse olekust (kuigi ka sellest), kuivõrd ka põllutöö tegija võimalustest ja töögraafikust.

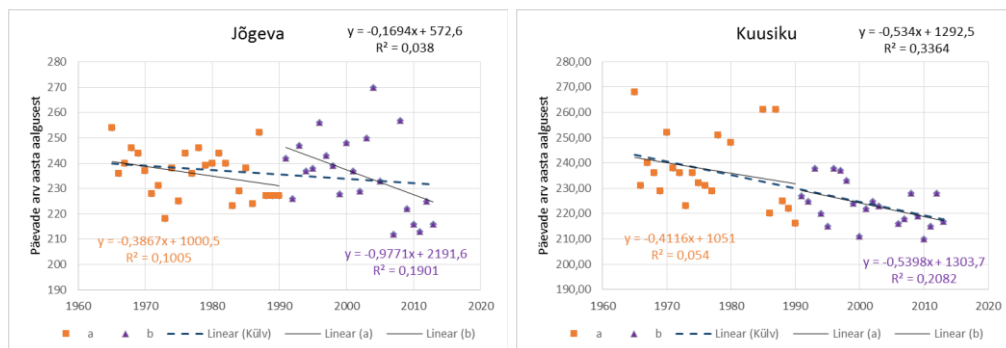
Kuusikul on vahaküpsuse saabumise pilt hoopis vastupidine – seal on toimunud tugev vahaküpsuse saabumise varasemaks nihkumine just vaatlusperioodi esimesel poolel

(1965-1990), 5,6 päeva 10 aasta kohta. Ka kogu vaatlusperioodi lõikes on Kuusikul vahaküpsus statistiliselt usaldusväärset varasem.

Joonis 5. Odra vahaküpsuse kuupäev (päevade arv aasta algusest) ja selle muutumise tendents (a) ning antud kuupäeva kõrvalekalle keskmisest (b) perioodidel 1965-1990 ja 1991-2013 Jõgeval ja Kuusikul.



Joonis 6. Odra koristamise kuupäev (päevade arv aasta algusest) ja selle muutumise tendents perioodidel 1965-1990 ja 1991-2013 Jõgeval ja Kuusikul.





70% faaside alguskuupäeva minimaalsetest väärtusest leidsid aset perioodil b (1991-2013) – st fenofaaside varane algus toimus sagedamini perioodil b. 54,5% maksimaalseid tulemusi leidsid aset perioodil a (1965-1990) – st fenofaaside hiline algus esines sagedamini perioodil a. See viitab veelkord sellele, et faaside alguspäevades on toimunud nihe varasemaks. Kuusikul toimus terve uuritava perioodi jooksul kõikide fenofaaside alguspäeva varasemaks muutmine (Tabel 1).

Keskmiselt muutusid faaside alguspäevad uuritava perioodi jooksul keskmiselt Jõgeval 5,5 päeva varasemaks ja Kuusikul 19 päeva varasemaks (Kuusikul tuleneb see number suuresti vaatluskoha muutusest).

### **3.2. Faaside vaheliste perioodide pikkus**

Aastate 1965-2013 keskmisena kestis vahemik külvamine-tärgamine nii Jõgeval kui Kuusikul keskmiselt 10-11 päeva; samuti oli see vahemik samas suurusjärgus mõlemal lühemal perioodil (tabel 2). Standardhälve jääb kõigil juhtudel alla 3 päeva. See näitab, et odral kulub selle faasi läbimiseks stabiilne ajahulk. Küll aga tähendab erinev külviaeg seda, et erinevatel aastatel toimub tärgamine siiski suhteliselt erinevatel kuupäevadel (joonis 1). Kõige lühem on faasi kestvus olnud Jõgeval 6 päeva (1966 aastal) ja Kuusikul 5 päeva (2011 aastal) ning kõige pikem mõlemas asukohas 18 päeva 1974.

Vahemik tärgamisest loomiseni kestis Jõgeval keskmiselt 48,1 päeva, Kuusikul 46 päeva. Jõgeval on perioodidel 1965-1990 ja 1991-2013 on tärgamisest loomiseni kulunud keskmiselt ühepalju aega, samas Kuusikul on see vahemik teisel perioodil tunduvalt pikem. Kõige lühem kestvus oli Kuusikul 16 päeva aastal 1987 ning Jõgeval 39 päeva aastatel 1988 ja 1995. Kõige kauem kestis see faas Jõgeval 57 päeva 1982 aastal ja Kuusikul 55 päeva 1969, 2001, 2009 aastatel. Kuusikul on perioodil 1965-1990 toimunud nimetatud perioodi lühenemine trendi järgi 5 päeva võrra 10 aasta kohta ( $p < 0,05$ ), teisel perioodil (1991-2013) aga vastupidi – pikenemine kahe päeva võrra (n.s). Siin on

arvatavasti mängus külvi varasemaks viimise mõju – kuna Kuusikul on 1991-2013 külvatud oluliselt varem, kui 1965-1990, kuid oder vajab loomiseks kindlat soojushulka (temperatuurisummat), siis juhtubki nii, et selle summa kogumiseks on vaja rohkem aega.

Loomisest vahaküpsuseni kulus Jõgeval keskmiselt 32 päeva, Kuusikul 30 päeva. Kõige vähem kestis see faas mõlemas jaamas 20 päeva, kõige kauem Jõgeval 45 päeva (1977) ja Kuusikul 41 päeva (1990). See vahemik on Jõgeval esimesel vaadeldaval perioodil (1965-1990) statistiliselt oluliselt lühem kui teisel perioodil (1991-2013). Kuusikul ei ole see erinevus märgatav. 1991-2013 on aeg loomisest vahaküpsuseni Jõgeval lühenenud 5 päeva võrra 10 aasta kohta, mis on statistiliselt oluline lühenemine ( $p < 0,05$ ). Kogu vaatlusperioodi (1965-2013) kokkuvõttes on lühenemine Jõgeval 9,5 päeva (2 päeva 10 aasta kohta), ka see on usaldusväärne muutus ( $p < 0,05$ ).

Vahemik vahaküpsus-koristamine kestis Jõgeval keskmiselt 18 päeva ja Kuusikul 22 päeva. Kõige lühem periood on 5 päeva 1977 ja Kuusikul 7 päeva 1986 ja 2003 aastal. Kõige kauem Jõgeval 50 päeva 2004 aastal ja Kuusikul 56 päeva 1985 aastal. Selline suur erinevus tuleneb tõenäoliselt sellest, et koristamine ei ole fenofaas selle sõna otseses tähenduses, vaid põlluoperatsioon, mille ajastus sõltub inimesest. Kuusikul on vahaküpsus-koristamise vahemik läinud lühemaks ehk oder koristatakse kiiremini peale küpsekssaamist. Lisaks külvi varasemaks nihkumisele on see teine suur erinevus, mis on Kuusikul seoses asukoha ja vaatluste/tööde teostaja vahetumisega toimunud. Jõgeval toimus esimesel vaatlusperioodil (1965-1990) vahaküpsusest koristamiseni kuluva aja vähenemine keskmiselt 3 päeva võrra 10 aasta kohta, mis on statistiliselt usaldusväärne muutus ( $p < 0,05$ ), kuid hilisemal perioodil see ei jätkunud.

Külvamisest koristamiseni läks Jõgeval keskmiselt 110 päeva, Kuusikul 107 päeva. Kõige lühem oli see aeg Jõgeval 88 päeva (aasta 1988) ja Kuusikul 90 päeva (1973); kõige pikem Jõgeval 145 päeva (2004) ning Kuusikul 137 päeva (1965). Mõlemas jaamas on

periood külv-koristamine küll vaatlusperioodil lühenenud (kogu perioodi ulatuses 13,6 päeva, kuid see muutus ei ole statistiliselt usaldusväärne ( $p=0,056$ )).

Kui võrrelda Kuusikut ja Jõgevat omavahel, siis perioodil 1965-2013 ei oma keskmised väärtused suuri erinevusi. Siiski, neljal juhul viiest on Jõgeval faasidevaheline periood kauem kui Kuusikul (keskmiselt 2 päeva võrra), mis võib olla tingitud jaamade asukohast.

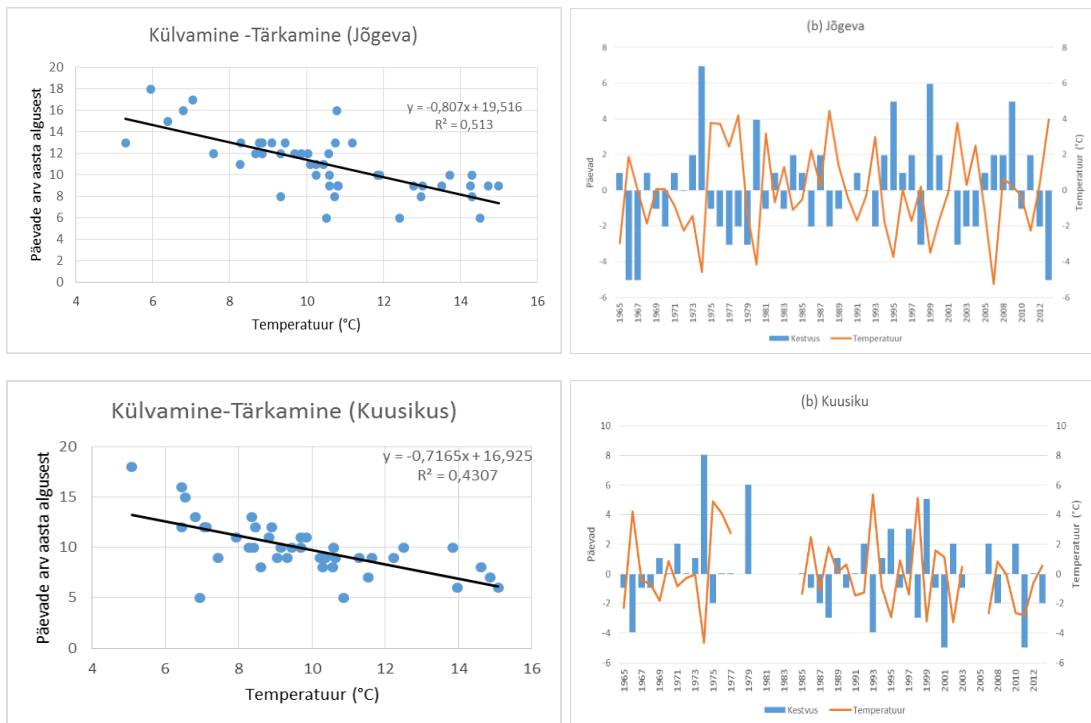
Tabel 2. Odra fenoloogiliste faaside vaheline aeg päevades Jõgeval ja Kuusikul. Perioodid: a) 1965-1990, b) 1991-2013, c) 1965-2013;  $\bar{x}$ - keskväärtus, SD - standardhälve, muutus – vahemiku pikkuse nihkumine päevades lineaarse trendi järgi 10 aasta kohta, „–“, tähistab vahemiku lühenemist. \* - trend on statistiliselt usaldatav vähemalt tasemel  $p < 0.05$ .

Vahemik	Asukoht	Periood	$\bar{x} \pm SD$ (päevi)	Min/aasta (päevi)	Max /aasta (päevi)	Muutus (päeva 10 aasta kohta)
Külvamine- Tärkamine	Jõgeva	a	10,7 ± 2,6	6 / 1966, 2013	18 / 1974	0,5
		b	11,5 ± 2,7			-0,8
		c	11,0 ± 2,7			0,3
	Kuusiku	a	10,2 ± 2,7	5 / 2011	18 / 1974	-0,1
		b	9,8 ± 2,6			-0,8
		c	10,0 ± 2,7			-0,2
Tärkamine- Loomine	Jõgeva	a	47,0 ± 4,5	39 / 1988, 1995	57 / 1982	0,1
		b	48,3 ± 4,5			-0,4
		c	48,1 ± 4,5			0,1
	Kuusiku	a	43,2 ± 8,4	16 / 1987	55/ 1969, 2001, 2009	-5,1*
		b	48,6 ± 6,3			2,2
		c	45,9 ± 7,9			1,0
Loomine- Vahaküpsus	Jõgeva	a	34,7 ± 5,3	20 / 1999	45 / 1977	-0,2
		b	30,0 ± 6,8			-5,0*
		c	32,4 ± 6,5			-2,0*
	Kuusiku	a	29,8 ± 8,3	20 / 1999, 2006, 2011	41 / 1990	1,6
		b	30,7 ± 6,8			1,4
		c	30,2 ± 7,6			0,7
Vahaküpsus- Koristamine	Jõgeva	a	16,3 ± 6,5	5 / 1977	50 / 2004	-3,1*
		b	19,7 ± 10,2			-0,1
		c	17,9 ± 8,6			0,6
	Kuusiku	a	25,0 ± 13,9	7 / 1986,2003	56 / 1985	1,6
		b	18,2 ± 10,5			-5,9*
		c	21,8 ± 12,9			-2,9
Külvamine- Koristamine	Jõgeva	a	109,5 ± 9,4	88 / 1988	145 / 2004	-2,7
		b	109,8 ± 14,6			-6,0
		c	109,7 ± 12,0			-1,0
	Kuusiku	a	108,5 ± 12,2	90 / 1973	137 / 1965	-2,0
		b	105,6 ± 7,8			-3,1
		c	107,0 ± 10,3			-1,5

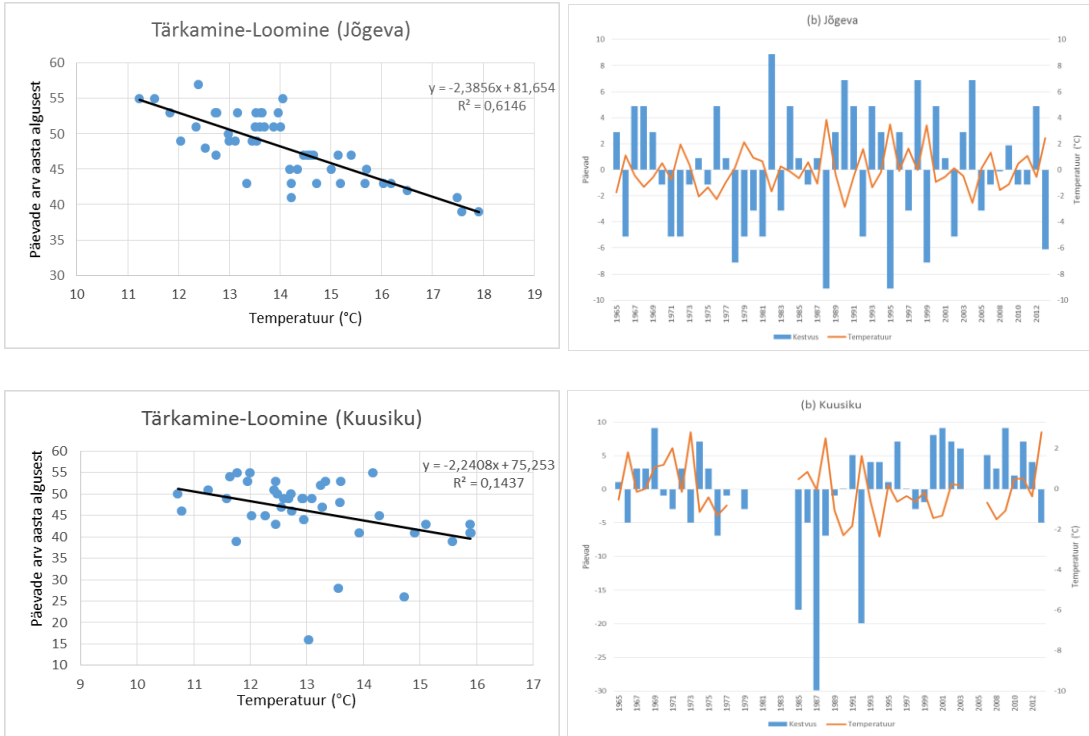
### 3.3. Seosed faasidevahelise perioodi pikkuse ja sama perioodi keskmise õhutemperatuuri vahel

Jõgeval esineb kõikide vaadeldud faasidevaheliste perioodide puhul negatiivne lineaarne seos perioodi keskmise õhutemperatuuriga, mis on statistiliselt usaldatav ( $p < 0,05$ ) perioodidel külvamine-tärkamine, tärkamine-loomine ja loomine-vahaküpsus (korrelatsioonikordaja on vastavalt -0,71; -0,78 ja -0,77) (joonis 7, 8, 9). Seega võiks järeldada, et mida kõrgem on faasidevahelise perioodi keskmine õhutemperatuur, seda kiiremini kulgeb odra areng ühest faasist teise. Ka kumuleeruva perioodi külvamine-koristamine kestus sõltub selle perioodi keskmisest õhutemperatuurist ( $r = -0,76$ ) (joonis 10). Sõltuvus keskmisest õhutemperatuurist puudub perioodil vahaküpsus-koristamine ( $r = -0,24$ ).

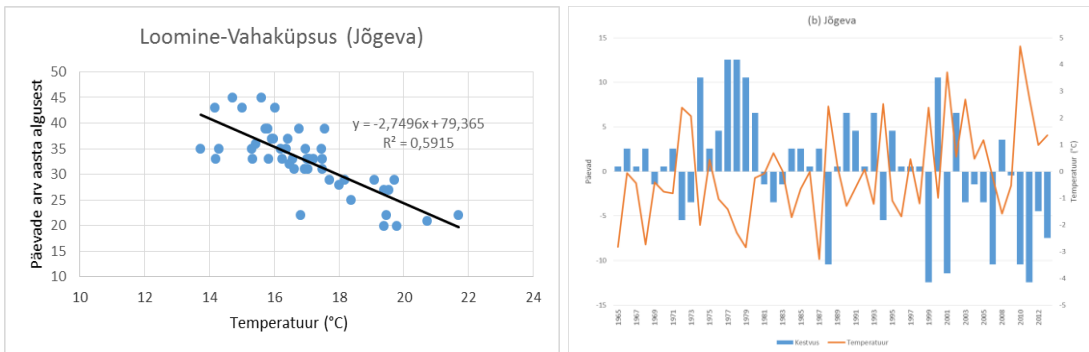
Joonis 7. Seos perioodi külvamine-tärkamine kestuse ja selle perioodi keskmise õhutemperatuuri vahel Jõgeval ja Kuusikus (a) ning hälve 1965-2013 keskmisest (b).

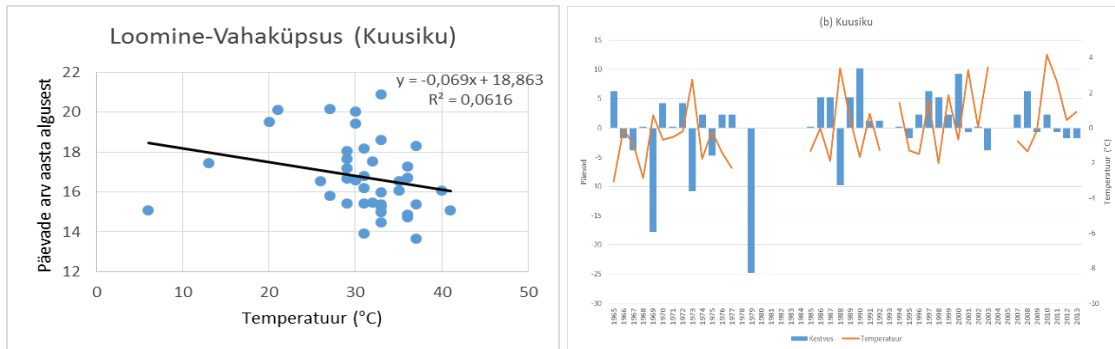


Joonis 8. Seos perioodi tärkamine-loomine kestuse ja selle perioodi keskmise õhutemperatuuri vahel Jõgeval ja Kuusikul (a) ning hälve 1965-2013 keskmisest (b).

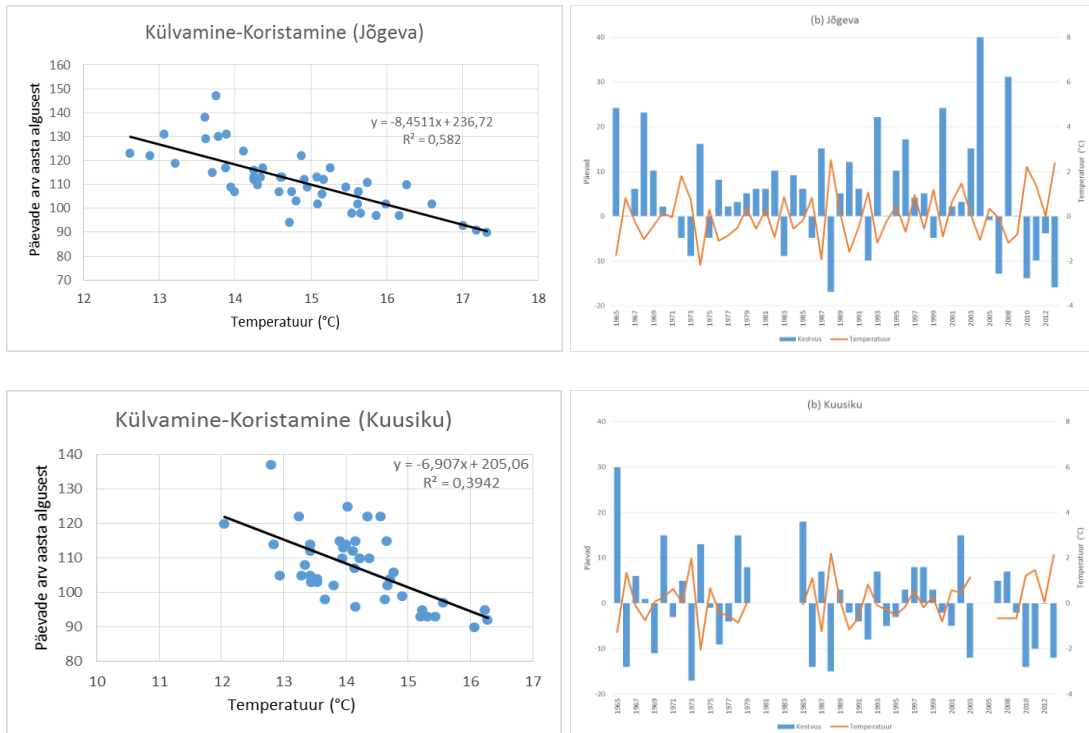


Joonis 9. Seos perioodi loomine-vahaküpsus kestuse ja selle perioodi keskmise õhutemperatuuri vahel Jõgeval ja Kuusikul (a) ning hälve 1965-2013 keskmisest (b).





Joonis 10. Seos perioodi külumine-koristus kestuse ja selle perioodi keskmise õhutemperatuuri vahel Jõgeval ja Kuusikul (a) ning hälve 1965-2013 keskmisest (b).



Ka Kuusikul esineb negatiivne lineaarne trend ( $p < 0,05$ ) perioodidel külv-tärkamine ja külumine-koristus, samas perioodide tärkamine-loomine, loomine-vahaküpsus ja vahaküpsus-koristus korral ei ole see seos statistiliselt usaldusväärne.

### 3.4. Efektiivsete temperatuuride summad

Kogu vaadeldaval perioodi 1965-2013 keskmisena oli Jõgeval efektiivsete temperatuuride summa perioodidel külv-tärkamine, tärkamine-loomine, loomine-vahaküpsus suurem kui Kuusikul (tabel 3); perioodil vahaküpsus-koristamine oli aga vastupidi. Standardhälve oli Kuusikul alates tärkamine-loomine perioodist suurem kui Jõgeval. Fenofaaside vahel kogunevad efektiivsed temperatuurisummad vaadeldud perioodil kindlasuunaliselt muutunud ei ole (lisa 2).

Perioodi külv-tärkamine kestus ei sõltu sel perioodil kogunevast efektiivsete temperatuuride summast (lisa 3). Ka perioodil tärkamine-loomine ei ole Jõgeval olulist seost perioodi pikkuse ja efektiivsete temperatuurisummade vahel. Kuusikus esineb positiivne seos ( $r = 0,64$ ), mis eelkõige tuleneb see mõnest kiire arenguga aastast, eelkõige väga hilise külvi ja tärkamisega 1987 aastast. Nende kevadiste-varasuviste perioodide kestus on tugevas seoses keskmise õhutemperatuuriga (joonised 7, 8).

Perioodi loomine-vahaküpsus pikkuse ja sel perioodil koguneva efektiivsete temperatuuride summa vahel esineb positiivne seos – st pikema perioodi jooksul saab koguneda suurem temperatuurisumma. Samal perioodil esines negatiivne seos perioodi pikkuse ja keskmise õhutemperatuuri vahel (joonis 9) – kõrgemad temperatuurid kiirendavad arengut. Kogu perioodi külv-koristus pikkus on samuti positiivses seoses efektiivsete temperatuuride summaga.



Tabel 3. Efektiivsete temperatuuride summad (°) fenoloogiliste faaside vahel Jõgeval ja Kuusikul. Perioodid: a) 1965-1990, b) 1991-2013, c) 1965-2013;  $\bar{x}$  - keskvärtus, SD - standardhälve, muutus – temperatuurisumma muutus (°) lineaarse trendi järgi 10 aasta kohta, „–“, tähistab temperatuurisumma vähenemist. \* - trend on statistiliselt usaldatav vähemalt tasemel  $p < 0.05$ .

Vahemik	Asukoht	Periood	$\bar{x} \pm SD$ (°)	Min/aasta (°)	Max /aasta (°)	Muutus (° 10 aasta kohta)
Külvamine- Tärkamine	Jõgeva	a	$62 \pm 20,3$	26 / 2007	106 / 1975	+11,0*
		b	$59 \pm 15,5$			+5,0
		c	$61 \pm 18,4$			+1,2
	Kuusiku	a	$48 \pm 18,6$	10 / 2011	91 / 1976	+2,5
		b	$42 \pm 13,4$			-5,4
		c	$45 \pm 16,6$			-2,1
Tärkamine- Loomine	Jõgeva	a	$427 \pm 42,7$	351 / 1990	523 / 1999	+4,6
		b	$453 \pm 45,5$			-10,3
		c	$439 \pm 44,2$			+7,6
	Kuusiku	a	$365 \pm 85,6$	132 / 1987	511 / 1969	-57,9*
		b	$374 \pm 55,8$			+45,7*
		c	$370 \pm 70,8$			-0,9
Loomine- Vahaküpsus	Jõgeva	a	$388 \pm 42,8$	265 / 2007	494 / 2002	+0,7
		b	$373 \pm 56,8$			-34,4
		c	$381 \pm 50,7$			-8,0
	Kuusiku	a	$324 \pm 83,9$	60 / 1980	529 / 2010	+30,5
		b	$394 \pm 57,2$			+7,5
		c	$358 \pm 80,6$			+25,7*
Külvamine- Koristamine	Jõgeva	a	$1045 \pm 54,8$	904 / 2007	1275 / 2004	-19,1
		b	$1093 \pm 92,0$			-18,2
		c	$1067 \pm 78,3$			+9,8
	Kuusiku	a	$983 \pm 89,1$	833 / 1990	1181 / 2002	-11,8
		b	$986 \pm 84,1$			+12,9
		c	$984 \pm 84,6$			+0,5

## JÄRELDUSED

Töö käigus leiti, et Kuusiku vaatluskoha ja tegijate muutmine 1989 aastal tõi kaasa olulise muutuse külviajas 1989-2013, mille tulemusel ka järgnevate faaside alguspäevad muutusid varasemaks. Faasidevaheliste perioodide kestvus sel põhjusel ei muutunud. Seega ei tohiks seda andmestiku kliimamuutuste kohta järelduste tegemisel tervikuna aluseks võtta. Samal ajal õnnestus vaatluste jätkamine Jõgeval 1997 aastal edukalt ja Jõgeva fenoloogilisi vaatlusandmeid saab kasutada ühe reana.

Perioodil 1965-2013 muutusid kõikide vaadeldud faaside saabumiskuupäevad varasemaks. Tugevam nihe on toimunud hilisematel aastatel, perioodil 1991-2013. Selline tulemus sobitub varasemate fenoloogiliste uuringutega ja kinnitab ilmastiku soojenemise jätkumist. Faaside saabumise kuupäevad lükkasid Kuusikul varasemaks perioodil 1989-2013 seoses vaatluskoha muutumise ja vaatluste tegijate asendamisega. Mis on kooskõlas Aasa (2005) väitega, kuna kui külvamine Kuusikus nihkus varasemaks, nihkusid ka teiste faaside alguspäevad varasemaks.

Mõnevõrra lühenesid ka faasidevahelised perioodid, keskmiselt 0,5 päeva/10 aasta kohta. Faasidevahelise perioodi pikkus väheneb lineaarselt keskmise õhutemperatuuri suurenemisel. See tähendab, et kliima jätkuval soojenemisel (keskmise temperatuuri tõustes) võib odra areng veelgi kiirenda. See ei ole mõõdukate temperatuuridega kohanenud odra jaoks ilmtingimata positiivne areng, kuna kiirema arengu korral, eelkõige

tera täitumise perioodil peale loomise faasi, võib saak hoopis väheneda. Vahaküpsusekoristamise perioodi pikkus ei sõltu keskmisest õhutemperatuurist, see faas sõltub pigem inimese valmisolekust põllutöid teostada.

Efektiivsete temperatuuride summad, mis faasidevahelisel perioodil kogunevad, ei näita usaldusväärset muutuse tendentsi. Alates loomise faasist esineb positiivne seos faasidevahelise perioodi pikkuse ja selle perioodi jooksul kogunenud efektiivset temperatuurisummade vahel – kui see periood kulgeb kiiremini, koguneb seega vähem taimedele kasulikku soojust. Kliima soojenemisel võime seega olukorda, kus keskmine õhutemperatuur on kõrgem, mistõttu oder jõuab ajaliselt kiiremini loomisest vahaküpsuseni, kuid selle lühema aja jooksul koguneb taimedele kasulik soojushulk jääb väiksemaks, mistõttu ka saagid jäävad väiksemaks. Sellest olukorrast oleks väljapääs võtta kasutusele teistsugused odra sordid, mis ei oleks temperatuurile nii tundlikud. Seega, kui eeldame kliima jätkuvat soojenemist, kuid soovime siiski kasvatada suviteravilju, tuleb tegelda sordiaretusega.

## KOKKUVÕTE

Käesoleva töö käigus uuriti keskvalmiva suviadra (*Hordeum vulgare L.*) fenoloogiliste faaside saabumise kuupäevade ja faasidevaheliste perioodide varieeruvust ja muutust Jõgeva ja Kuusiku andmetel. Hinnati fenoloogiliste faaside vaheliste perioodide pikkuste seost keskmise õhutemperatuuriga ja efektiivsete temperatuuride summaga.

Töö käigus leiti, et Kuusiku vaatluskoha ja tegijate muutmine 1989 aastal tõi kaasa olulise muutuse külviajas 1989-2013, mille tulemusel ka järgnevate faaside alguspäevad muutusid varasemaks. Faasidevaheliste perioodide kestvus sel põhjusel ei muutunud. Seega ei tohiks seda andmestiku kliimamuutuste kohta järelduste tegemisel tervikuna aluseks võtta. Samal ajal õnnestus vaatluste jätkamine Jõgeval 1997 aastal edukalt ja Jõgeva fenoloogilisi vaatlusandmeid saab kasutada ühe reana.

Mõlemas vaadeldud jaamas on toimunud kõigi vaadeldud fenofaaside alguspäeva varasemaks muutmine, kuid alati ei ole muutused kogu perioodi ulatuses statistiliselt usaldusväärsed. Jõgeval on kõigi faaside saabumise kuupäevad statistiliselt olulisel määral varasemaks muutunud perioodil 1991-2013, samas kui kogu andmestiku ulatuses on selline muutus usaldusväärne vaid vahaküpsuse jaoks. Kuusikul on külvi ja tärkamise kuupäeval mõlemal lühemal perioodil statistiliselt mitteusaldatav varasemaks muutumise tendents, kuid kuna perioodide keskvärtused on oluliselt erinevad, siis kogu vaatlusperioodi kokkuvõttes näeme usaldusväärset külvi ja tärkamise varasemaks

nihkumist. Teiselt poolt on Kuusikul toimunud tugev vahaküpsuse saabumise varasemaks nihkumine just vaatlusperioodi esimesel poolel (1965-1990). Ka kogu vaatlusperioodi lõikes on Kuusikul vahaküpsus statistiliselt usaldusväärset varasem.

Mõnevõrra lühenesid ka faasidevahelised perioodid, keskmiselt 0,5 päeva/10 aasta kohta. See muutus ei ole enamasti statistiliselt usaldusväärne, kuid tendents on olemas.

Mõlemas jaamas esineb kõikide vaadeldud faasidevaheliste perioodide puhul negatiivne lineaarne seos perioodi keskmise õhutemperatuuriga - mida kõrgem on faasidevahelise perioodi keskmine temperatuur, seda kiiremini kulgeb odra areng ühest faasist teise. Seosed on tugevamad ja selgemad Jõgeval.

Alates loomise faasist esineb positiivne seos faasidevahelise perioodi pikkuse ja selle perioodi jooksul kogunenud efektiivset temperatuurisummade vahel – kui see periood kulgeb kiiremini, koguneb vähem taimedele kasulikku soojust. Kogu perioodi 1965-2013 jooksul keskmisena oli Jõgeval efektiivsete temperatuuride summa perioodidel külv-tärkamine, tärkamine-loomine, loomine-vahaküpsus suurem kui Kuusikul, mis klapib sellega, et Jõgeva asub rohkem sisemaal. Standardhälve oli Kuusikul alates tärkamine-loomine perioodist suurem kui Jõgeval.

## **KASUTATUD KIRJANDUS**

Aasa, A. (2001). Eesti agrofenoogiline kalender. Ahas, R. (Toim.). Eesti looduse kalender. Publicationes Instituti Geographici Universitatis Tartuensis 90, 139–163

Aasa, A. (2005). Changes in phenological time series in Estonia and central and eastern Europe 1951-1998. Tartu: Tartu ülikooli kirjastus.

Ahas, R. (1999). Spatial and temporal variability of phenological phases in Estonia. Tartu: Tartu ülikooli kirjastus.

Ahas, R. (2001). Eesti taimefenoogiline kalender. Ahas, R. (Toim.). Eesti looduse kalender. Publicationes Instituti Geographici Universitatis Tartuensis 90, 82-106.

Ahas, R. (2002). Eesti fenoogiline kalender. Eesti entsüklopeedia 11. Tallinn: Eesti Entsüklopeediakirjastus.

Ahas, R. ja Aasa, A. (2006). The effects of climate change on the phenology of selected Estonian plant, bird and fish populations. *Int. J. Biometeorology*, 51: 17 – 26

IPCC (2007). *Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* (Eds. S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, H.L. Miller). Cambridge University Press, Cambridge, New York.

Jaagus J., (1996). Climatic trends in Estonia during the period of instrumental observations and climate change scenarios. Punning J.-M. (Toim.). Estonia in the System of the Global Climate Change, Institute of Ecology, 4: 35–48.

Jaagus, J. ja Ahas, R. (1999). Space-time variations of climatic seasons and their correlation with the phenological development of nature in Estonia. *Climate Research*, 15: 207-219.

Kalbarczyk R., Kalbarczyk E., Ziemiańska M., Sobolewski R. ja Machowska A. (2015). Multi-year variability of phenological phases and periods of oat (*Avena sativa L.*) in Poland. *Romanian Agricultural Research*, 32: 75-84.

Karing, P. (1992). Õhutemperatuur Eestis. Eesti Teaduste Akadeemia, Eesti Geograafia Selts. Tallinn: Valgus.

Kliima. (2009). *Estonica Entsüklopeedia Eestist*.  
[http://www.estonica.org/et/Loodus/Asend\\_ja\\_looduslikud\\_tingimused/Kliima/](http://www.estonica.org/et/Loodus/Asend_ja_looduslikud_tingimused/Kliima/)  
(23.04.2016)

Keeling, C.D., Whorf, T.P., Whalen, M., J. van der Plicht (1996). Interannual extremes in the rate of rise of atmospheric carbon dioxide since 1980. *Nature* 375.

Saue, T. ja Käremaa, K. (2015). Lengthening of the thermal growing season in Estonia due to climate change. In: Šiska jt. (Toim). *Towards Climatic Services*, 15th-18<sup>th</sup> September 2015, Nitra, Slovakia.

Saue, T., Kadaja, J. Viil, P. ja Käremaa, K. (2016). Põllukultuuride soojusega varustatuse ja kasvuperioodi muutused Eestis kliima soojenemisel. *Publicaciones Instituti Geographici Universitatis Tartuensis* (ilmumas).

Tarand A., Jaagus J. ja Kallis A., (2013). Eesti kliima minevikus ja tänapäeval. Tartu: Tartu Ülikooli kirjastus.

Visser, M.E. ja Both, C. (2005). Shifts in phenology due to global climate change: the need for a yardstick. *Proceedings of the Royal Society B*, 272: 2561–2569.,

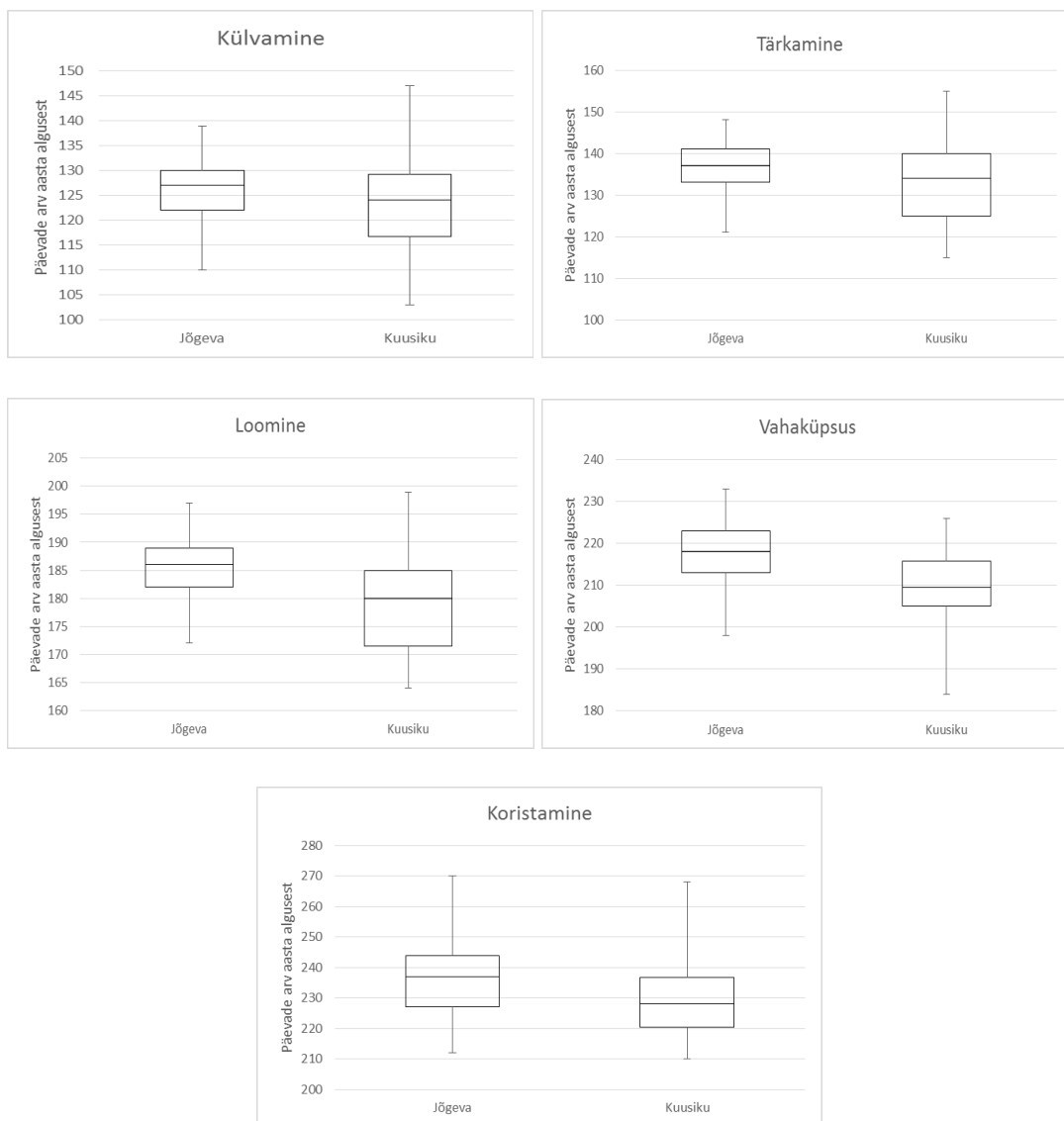
Шульц, Г.Э. (1981). *Общая фенология*. "Наука" Ленинградское отделение, Ленинград, стр.16-17.



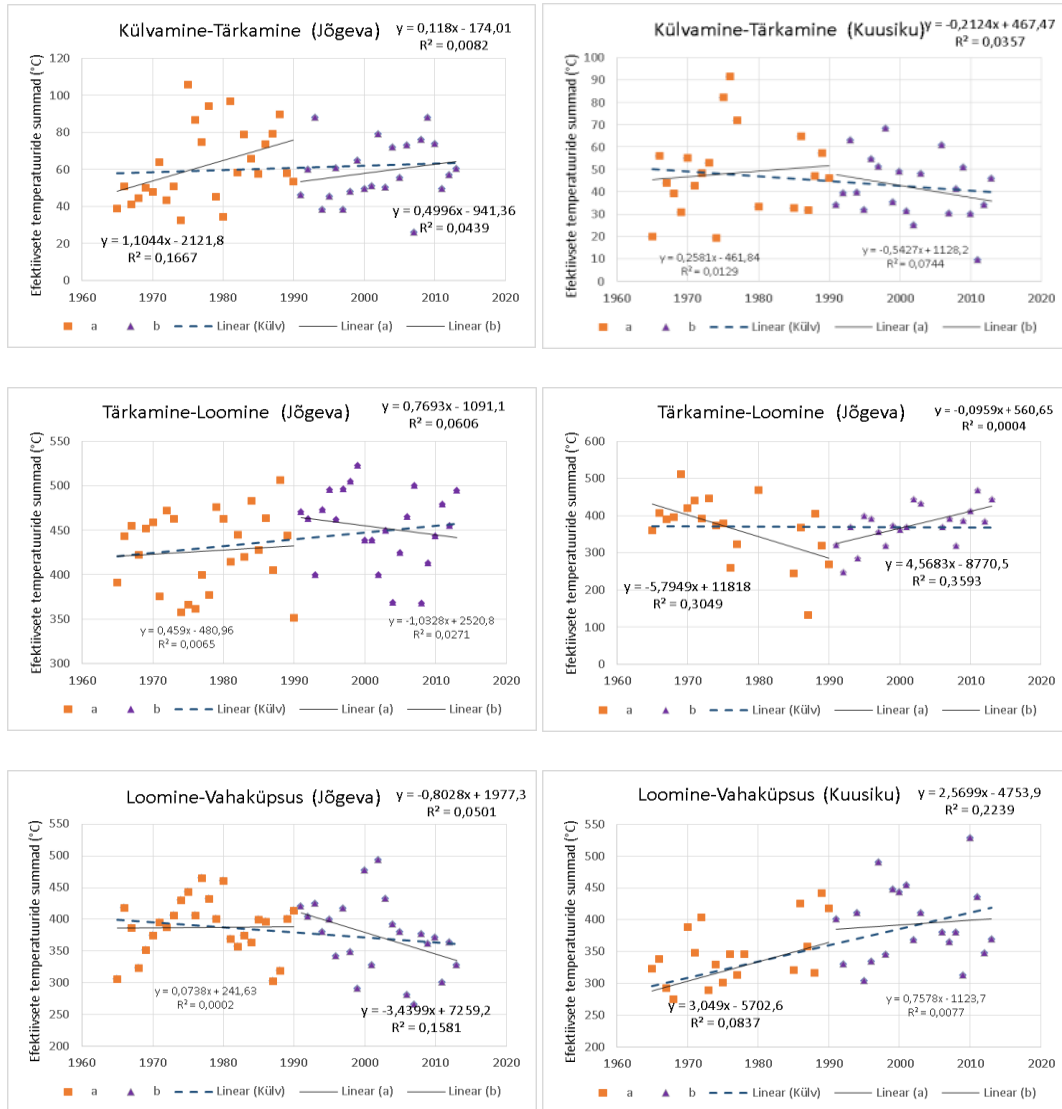
## LISAD

**Lisa 1.** Odra arengufaaside saabumine (päevade arv aasta algusest) Kuusikul ja Jõgeval perioodil 1965-2013.

Y-telg näitab faasi alguspäeva. Kast kujutab ülemist ja alumist kvartiili, joon näitab mediaani, vuntsid näitavad miinimum- ja maksimumväärtusi.



**Lisa 2.** Odra fenofaaside vahel kogunenud efektiivsed temperatuurisummad perioodil 1965–2013 Jõgeval ja Kuusikul.



**Lisa 3.** Seosed fenofaaside vahelise perioodi kestvuse ja efektiivsete temperatuurisummade vahel.

