EESTI MAAÜLIKOOL
Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Liisi-Mai Paal

POOLKÕRGE MUSTIKA ‘ARE’ BIOKEEMILISTE ÜHENDITE SISALDUS KAHES ERINEVAS KASVUKOHAS

BIOCHEMICAL COMPOUND CONTENT OF HALF- HIGHBUSH BLUEBERRY ‘ARE’ AT TWO DIFFERENT SITES

Bakalaureusetöö
Aianduse õppetool

Juhendaja: Angela Koort, Ph.D

Tartu 2025

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Autor: Liisi-Mai Paal		Õppekava: Aiandus	
Pealkiri: Poolkõrge mustika ‘Are’ biokeemiliste ühendiste sisaldus kahes erinevas kasvukohas			
Lehekülgi: 32	Jooniseid: 8	Tabeleid: 3	Lisasid: 1
ETIS-e valdkond ja CERCS-i kood: 1.6. Põllumajandusteadus Juhendaja(d): Angela Koort *Ph. D* Osakond või õppetool: Aiandus Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2025			
Viimase dekaadi jooksul on mustikate kasvatamine aina suuremat populaarsust kogunud, seda nii tootmisistandustes kui ka koduaedades. Poolkõrge mustikas ‘Are’ on esimene Eestis aretatud sort, siiski on sordi ja kasvukoha vahelise mõju kohta avaldatud väga vähe andmeid. Bakalaureusetöö eesmärgiks on välja selgitada sordi ‘Are’ viljade biokeemiliste ühendite sisaldus kahes erinevas kasvukohas: Eesti Maaülikooli Rõhu katsejaamas ja Polli Aiandusuuringute keskuses. Töö raames analüüsiti marjade antotsüaanide, fenoolsete ühendite, orgaaniliste hapete ja marjamahla kuivaine sisaldust ja hinnati kuidas erinevad kasvukohad neid näitajaid mõjutavad. Marjamahla kuivaine ja orgaanilised happed määrati kahel aastal (2023 ja 2024) ning antotsüaanide ja plüfenoolide üldsisaldus ühel aastal (2024). Katse tulemustest selgus, et kasvukoht mõjutab mõningate biokeemiliste ühendite sisaldust. Rõhu katsejaamas oli antotsüaanide sisaldus kõrgem. Samuti oli mõlemal katseaastal viljamahla kuivaine sisaldus Rõhu katsejaamas kõrgem. 2024. aastal oli orgaaniliste hapete sisaldus Pollis kõrgem. Saadud tulemusi saab kasutada poolkõrge mustika kasvatustehnoloogiate täiustamisel, sobivamate kasvukohtade valikult.			
Võtmesõnad: antotsüaanide üldsisaldus, fenoolide üldsisaldus, marjamahla kuivaine, orgaanilised happed			

Märkus 1. Pealkiri kirjutatakse harilikus kirjastiilis (mitte suurtähtedega).
Märkus 2. Lühikokkuvõtte lausete arv on soovitatav, kuid mitte kohustuslik, sõltudes suurel määral töö sisust ja olemusest.
Märkus 3. Võtmesõnad on vajalikud töö eripära esiletoomiseks. Võtmesõnadena ei esitata sõnu, mis esinevad töö pealkirjas.

Estonian University of Life Sciences

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Liisi-Mai Paal		Curriculum: Horticulture	
Title: Biochemical compound content of half- highbush blueberry 'Are' at two different sites			
Pages: 32	Figures: 8	Tables: 3	Appendices: 1
ETIS research field and (CERCS) code: 1.6. Agricultural Science Supervisor(s): Angela Koort, *Ph. D* Department / Chair: Horticulture Place and year of defence: Tartu 2025			

Over the past decade, blueberry cultivation has gained increasing popularity, both in commercial plantations and home gardens. The half-highbush blueberry cultivar 'Are' is the first cultivar bred in Estonia. However, very little data has been published on how the variety performs in different locations.

The aim of this bachelor's thesis is to determine how two different sites, the Rõhu Experimental Station of the Estonian University of Life Sciences and the Polli Horticultural Research Centre, affect the biochemical content of the half-highbush blueberry cultivar 'Are' fruits.

The soluble solids content, anthocyanin content, total phenol content, and organic acids were analyzed. Soluble solids content and organic acid content were analyzed in 2023 and 2024, while total phenol content and anthocyanin content were analyzed in 2024.

The results of the experiment showed that the location influences the content of certain biochemical compound content. The Rõhu Experimental Station had higher levels of anthocyanins. Additionally, in both test years, the soluble solids content of the berries was higher at the Rõhu site. In 2024, the organic acid content was higher at Polli. These results can be used to improve half-highbush blueberry cultivation technologies by selecting more suitable growing sites.

Keywords: anthocyanin content, total phenol content, soluble solids content, organic acid content

SISUKORD

SISSEJUHATUS 5
1. LIIGI KIRJELDUS 7
2. AEDMUSTIKAALANE TEADUSTÖÖ JA KASVUTRENDID EESTIS 9
3. KASVUKOHA NÕUDED 11
4. MUSTIKATE BIOKEEMILISTE ÜHENDITE SISALDUS 13
5. MATERJAL JA METOODIKA 15
5.1. Katsekohtade kirjeldus 15
5.2. Biokeemilised analüüsid 18
6. TULEMUSED 20
7. ARUTELU 23
KOKKUVÕTE 25
ALLIKALOEND 27
LISAD 31
Lisa 1. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta 32

SISSEJUHATUS

Poolkõrge mustika (*Vaccinium ×atlanticum* E.P. Bicknell) kasvatamine on viimastel aastatel üha enam populaarsust kogunud tänu selle kultuuri heale külmakindlusele, kõrgele saagikusele ja viljade tervislikkusele. Mustikate biokeemiline koostis varieerub sõltuvalt liigist, sordist, kasvukohast ja kliimatingimustest. Poolkõrged mustikad on aretatud eelkõige külmematesse kliimavöönditesse (Grant 2023) mistõttu sobivad nende sordid hästi kasvatamiseks nii põhjamaades kui ka Eestis, sealhulgas tootmisistandustes ja koduaedades.

Viimase kümne aastaga on mustikate kasvatamise pindala maailmas peaaegu kahekordistunud (Crops and... 2025). Aastal 2023 ulatus üleilmne tootmismaht 1,8 miljoni tonnini. Suurimateks mustikate importijateks on Ameerika Ühendriigid ja Taani (Carrasco 2024). Suurimad tootjariigid on Ameerika Ühendriigid, Peruu, Kanada ja Tšiili, Euroopa juhtiv tootja on Hispaania (Top Blueberry Producing Countries – Global Stats for 2025, s.a.). Maailma üheks suurimaks mustikatootjaks peetakse ka Hiinat, kelle osakaal moodustab ligi 32% kogu maailma tootmismahust (Carrasco 2024; Eastfruit 2025). Eestis oli 2023. aastal mustikakasvatusala suurus 138 hektarit, mis kasvas 2024. aastaks 155,5 hektarini (Kasvatatavad kultuurid, 2024).

Poolkõrge mustika sort ‘Are’ on esimene Eestis aretatud mustikasort. Seemned, millest tehti esimesed külvid 1999. aastal, pärinesid Kanadast (Starast, Paal 2018). Hilisema valmimisajaga ja väga hea maitsega marjadega silma paistnud aretis 10-02 (‘Are’) saadeti 2014. aastal Poolasse kohustuslikku sordivõrdluskatsesse ning registreeriti ametlikult sordina 2018. aastal. Siiski ei ole seni avaldatud andmeid selle kohta, kuidas erinevad kasvukohad mõjutavad selle sordi viljade biokeemilist koostist.

Kuigi mustikate kasvupindade laienemine on toimunud tänu sordiaretusele eri kliimavöönditesse, on aedmustika kasvatamiseks vajalikud tingimused sarnased. Mustikad vajavad happelist, õhurikast ja orgaanikarikast mulda ning talvist külmaperioodi, mis on oluline taime puhkeperioodiks ja järgmiseks kasvutsükliks valmistumiseks (Nordiquist 2021). Ideaalne kasvutemperatuur jääb vahemikku 18–24 °C (Rankel 2024). Taimed on valguslembesed ja vajavad palju päikesevalgust. Kuigi kasvutingimused on mustikatele sarnased, siis teaduskatsed on näidanud, et erinevad kasvukohad võivad mõjutada sama sordi viljade biokeemiat erinevalt (Zeng *et al.* 2020).

Käesoleva töö eesmärk on välja selgitada Eestis aretatud poolkõrge mustika sordi ‘Are’ viljade biokeemiliste ühendite sisaldus kahes erinevas kasvukohas: Eesti Maaülikooli Rõhu katsejaamas ja Polli Aiandusuuringute Keskuses. Töö raames analüüsitakse marjade antotsüaanide, fenoolsete ühendite, orgaaniliste hapete ja marjamahla kuivaine sisaldust ning hinnatakse, kuidas erinevad kasvutingimused neid näitajaid mõjutavad.

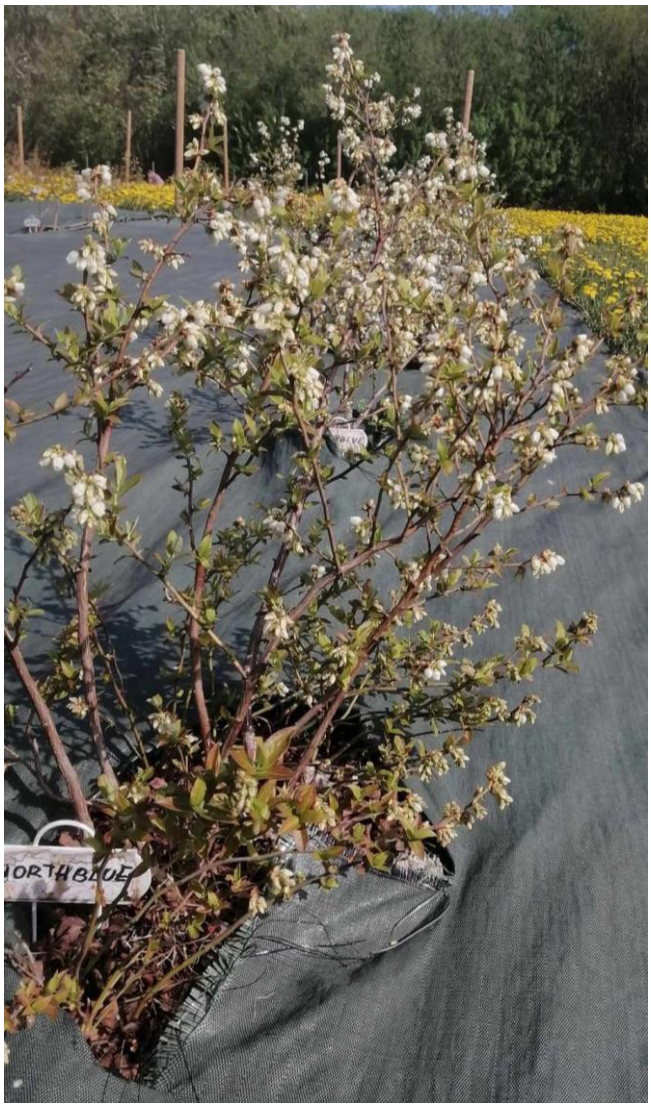
Uurimistöö hüpoteesiks on, et poolkõrge mustika ‘Are’ viljade biokeemiliste ühendite sisaldus erineb kahe kasvukoha võrdluses.

1. LIIGI KIRJELDUS

Taimeperekond mustikas (*Vaccinium*) hõlmab umbes 400 liiki väga erineva kasvuvormiga taimi mõne sentimeetri kõrgustest puhmastest kuni kõrgete puudeni (Starast 2005). Perekond kuulub kanarbikuliste (*Ericaceae)* sugukonda (*Vaccinium s.a.*). Kultuuris kasvatatavad mustikaliigid ehk aedmustikad on algselt pärit Põhja-Ameerikas kasvavatest mustikaliikidest (Starast 2020). Töös on aedmustikateks nimetatud järgmised liigid: kännasmustikad (*V. Corymbosum* L.) (joonis 1), ahtalehised mustikad (*V. angustifolium* Aiton) ja poolkõrged mustikad (*V. atlanticum* E.P. Bicknell, *V. corymbosum* × *angustifolium*).

Joonis 1. 3,5 aastane kännamustikas (*V. Corymbosum L*) 'Gumbo' viljade valmimise ajal (Adamczyk 2018).

Poolkõrged mustikasordid (joonis 2) on aretatud kännasmustika ja ahtalehise mustika ristamisel. Poolkõrge mustika sordid on iseviljastuvad ega vaja risttolmlemist. Liik kasvab alguses põõsana, kuid olenevalt sordist võivad taimed hiljem ajada risoome. Liik on saagikas, mari on väike ja mustjas. Taimede kõrgus jääb 0,5-1,0 m vahele (Starast et al. 2005).



Joonis 2. Poolkõrge mustikas ‘Northblue’ Rõhu katseaias 2024 (Erakogu).

Poolkõrge mustikas aretati, et kombineerida kännasmustika ja ahtalehise mustika head omadused. Hübriidsordid on talvekahjustuste suhtes kindlamad kui kännasmustika sordid (Miller 2021). Kännasmustikas võib oma kõrguse tõttu saada lumeraskuse all suures mahus kahjustada. Poolkõrge mustikas on aga madalam ja selle tõttu suudab liik taluda ka suuremat lumeraskust (Oleson *Half- High Blueberries* (*Vaccinium anugustifolium-corymbosum hybrid*)). Poolkõrge aedmustikas on ka kompaktsem, mis teeb taime hooldamise ja viljade korjamise lihtsamaks (Miller 2021). Poolkõrge mustikas jääb talvel lumikatte alla, mis kaitseb taime suuremate külmade eest (Lobos et al. 2015) Poolkõrge mustika marjad on suuremad kui samas kliimas kasvava ahtalehise mustika omad (Miller 2021).

2. AEDMUSTIKAALANE TEADUSTÖÖ JA KASVUTRENDID EESTIS

Esimesed katsed tehti aedmustikaga juba 1997. aastal Eesti Maaülikooli, tol ajal Eesti Põllumajandusülikooli, eestvedamisel (Starast *et al*, 2009). Katses kasutati poolkõrge aedmustika sorte ja uuriti peamiselt erinevaid aedmustikat kahjustavaid haiguseid (Starast 2008).

Väetuskatseid on rajatud ka ammendunud freesturbaväljadele. Aastatel 2011- 2015 viidi läbi väetuskatse, kus uuriti väetiste mõju poolkõrge mustika 'Northblue' kasvule ja viljade biokeemiliste ühendite sisaldusele turbaväljal (Koort *et al,* 2020). Kasutati nelja orgaanilist- ja ühte mineraalväetist. Katsest võis järeldada, et orgaanilist väetist saab kasutada mahetootmises mineraalväetise alternatiivina (Koort *et al,* 2020). 2012. aastal läbiviidud katsetest selgus, et ammendunud freesturbamullal poolkõrge mustika väetamiseks, saagikuse parandamise ja efektiivse vegetatiivse kasvu tagamise eesmärgil, sobivad orgaanilised väetised Biolan 3-1-7 ja Biolan 4-1-2, kuid viljade keemilise ühendite sisalduse osas olid parimad näitajad mineraalse väetise Cropcare puhul, seega ei saa väita, et orgaanilised väetised suurendaks viljades fütotoitainete osakaalu. (Hannus 2013)

2006. aastal avaldatud multši katses kasutati saepurumultši, turbamultši, plastikmultši ja turbaga segatud mineraalmulda, mis oli kaetud turbaga või plastmultšiga (Karp *et al*, 2006). Katsest selgus, et kõige suuremas saagi sai taimedelt, mis kasvasid mulla ja turba segus ning, kus muld oli kaetud kiletmultšiga. Kõige kehvema saagi andsid kontrolltaimed, kus multši ei kasutatud.(Karp *et al*, 2006) Multšimine mõjutab oluliselt toitainete sisaldust mullas ja mulla pH-d (Albert *et al,* 2010). Multši kasutamine madaldas mulla reaktsiooni 1,6 ühiku võrra (Karp *et al,* 2006).

Taimehaigused võivad endaga kaasa tuua suuri majanduslike kahjusid. Kahju ära hoidmiseks ja haiguste kiire leviku piiramiseks peab tegema tihedat seiret. Ahtalehise mustika sordid on haigustele mõnevõrra resistentsemad kui kännas- ja poolkõrge mustika sordid (Starast *et al*, 2009). Samuti on haiguste levimise koha pealt oluline ka substraat, kus taimed kasvavad. Turbamullas kasvavatel taimedel on tuvastatud väiksem haigustesse nakatumine, kui mineraalmullas kasvavatel taimedel (Starast *et al*, 2009).

Väiksemates istandustes ja koduaedades korjatakse mustikaid käsitsi, vältides marjade liialt muljumist. Samuti on oluline säilitada viljade pinnal olev vahakirme, mis kaitseb neid haigustekitajate eest (Karp 2014). Suuremates tootmistes kasutatakse marjakoristuskombaine, mille abil on võimalik vähendada tööjõukulu – masinkoristus on ligikaudu 15 korda odavam kui käsitsi korjamine (Käis 2009). Masinkoristuse põhielement on korjamisrull, mille külge on kinnitatud neli reha (Arak et al., 2021). Varasemas, 2018. aastal ilmunud uurimuses uuriti mustikavarte tugevust ja sordi 'Northblue' sobivust masinkorjeks (Arak et al., 2018).

Aedmustikat kasvatatakse iga aastaga Eestis aina rohkem (Joonis 3). Aastal 2023 oli kasvupinnaks 138 ha. 2024 aasta seisuga kasvad aedmustikas juba 155,5 hektaril. Enim kasvatatakse kultuuri Tartumaal (Kasvatatavad kultuurid 2024). Eestis on suurimad mustika kasvatajad: Metsa talu, Marjasoo talu ja Marjamaa talu, kõik kolm asuvad Tartumaal.

Joonis 3. Aedmustika kasvupind (ha) Eestis 2009- 2024 pindalatoestuste taotluste põhjal (kasvatatavad kultuurid 2024).

Metsa talu asub Tartumaal, Kambja vallas. Talu on tegelenud aedmustikate, - jõhvikate, - pohlade ja mesimurakate kasvatamise ja müügiga juba 30 aastat. Valikust leiab ka taimede istikuid ja lisaks ka rododendronite istikuid. (Metsa talu lugu *s.a.*)

Marjasoo talu asub Tartumaal, Rannu vallas ning on tegutsenud paarkümmend aastat. Ettevõte on rajanud oma istandikud ammendatud freesturbaväljadele, mida on kokku umbes 13 ha. Nende sortimendist leiab aedmustikaid ja sordijõhvikaid. Peamiseks aedmustika liigiks on ahtalehine mustikas. Lisaks tegeleb ettevõtte ka taimede paljundamisega ja külmakindlate rododendronite sordiaretusega. (Tere tulemast Marjasoo tallu s.a.)

Marjamaa talu asub Tartumaal, Kastre vallas. Ettevõte kasvatab lisaks aedmustikatele veel mitmeid erinevaid kultuure, näiteks astelpaju ja õuna. Aedmustikat on ettevõttel 6 ha jagu. Peamine osa saagist külmutatakse. (Marjamaa talust s.a.)

3. KASVUKOHA NÕUDED

Aedmustikad on valguslembesed taimed, seetõttu sobib istandiku rajamiseks päikesele avatud kasvukoht (Starast 2020). Taimed taluvad ka poolvarju aga annavad ka selle võrra väiksema saaki (Tepe *et al*. 2024). Tingimused on parimad lõunasse, edelasse ja läände avatud kasvukohtadel. Suurele ja lagedale, tuultele avatud väljale rajatava istandiku korral on soovitatud istutada kaitsehekk, mis leevendab talvist tuulekülma (Starast 2020). Samuti loob soodsamad tingimused tolmeldajate lendamiseks õitsemise ajal. Samas peaks vältima alasid, mida ümbritsevad suured puud. Kõrged puud varjutavad taimed, samuti tekib konkurents toitainetele ja veele (Tepe *et al.* 2024*)*. Paremad soojustingimused soodustavad taimede varasemat kasvu kevadel, pikendavad õiealgmete moodustumise perioodi sügisel ja vähendavad talvekahjustusi. (Starast 2020)

Mustika kasvatamiseks sobivad tasased või kerge kallakuga maad. Vältida tuleks lohukohti, sest isegi lühiajaliselt seisev vihma- või lumesulamisvesi kahjustab taime juurestikku. Seetõttu ei sobi aedmustikatele ka alaliselt liigniisked mullad.(Starast 2020)

Mustikakasvatuseks sobivad kerge lõimisega hästi õhustatud mullad. Samas peaks mullas olema ka suur orgaanilise aine sisaldus. Kõige olulisem on see, et mustikad eelistavad happelise reaktsiooniga mulda (pH_{KCl} alla 5,5) (Starast 2020). Aedmustikaid saab kasvatada turvas- ja mineraalmullas. Katsetest on selgunud, et turvasmullal kasvatatud taimede marjad on 54% suuremad ja oluliselt magusamad kui mineraalmullas kasvanud taimede marjad (Starast *et al*. 2017). Mineraalmullas kasvavad taimed on vastupidavamad talvekahjustustele kui need mis kasvavad turvasmullas (Tasa *et al.* 2012).

Joonis 4. Ammendatud freesturbaväljale rajatud mustikaistandik Marjasoo talus sügisvärvides (Marjasoo).

Turvasmullad on madala pH-ga, mis pärsib ka umbrohtude arengut ja annab väiksema umbrohutõrje vajaduse, mis loob paremad eeldused maheviljeluseks. Lisaks kiirendab aedmustikate kasvatamine ammendatud freesturbaväljadel (joonis 3) loodusliku koosluse taastumist (Tasa *et al,* 2015).

4. MUSTIKATE BIOKEEMILISTE ÜHENDITE SISALDUS

Suhkrute üldsisaldus mustikamarjades on keskmiselt 10%. Valdava osa neist moodustavad glükoos ja fruktoos (Retamales *et al.* 2012). Aedmustikates on mõneti rohkem suhkruid ja vähem orgaanilisi happeid ja seetõttu on ka marjad magusamad. (Starast 2020) Sahharoosi on kuni 0,7% või siis ei leidu seda üldse, mis rõhutab marjade diabeetilisi väärtusi (Starast *et al.* 2005). Viljamahla kuivaine sisaldusele on mõju ka mullastikul. Mineraalmullas kasvanud taimedel on tuvastatud kõrgem kuivaine sisaldus kui turvasmullas kasvanud taimedel (Starast *et al.* 2017).

Mineraalelementidest on mustikate puhul esile tõstetud mangaani, vase, naatriumi, kaaliumi ja raua sisaldust (Starast 2020). Lisaks sellele leidub viljades C, E ja erinevaid B- grupi vitamiine (Starast 2020). Aedmustikas on rauda ja molübdeeni rohkem kui harilikus mustikas (Karlsons *et al.* 2018).

Keskmises aedmustikas leidub umbes 83% vett, 0,7% valku, 1,5% kiudaineid (Retamales *et al.* 2012). Tselluloosi keskmine sisaldus on 3,5% ja lahustuvat pektiini on 0,7%. (Retamales *et al.* 2012)

Orgaaniliste hapete osakaal sõltub sordist ja liigist. Happeid on aedmustikas 0,6-3,2% (Starast *et al.* 2005). Peamise orgaaniline hape on sidrunhape (1,2%) ning samuti leidub mustikates märkimisväärses koguses ellaghapet (Retamales *et al.* 2012). Sidrunhape moodustab hapete kogusisaldusest umbes 75% (Fu *et al.* 2015). Samuti on olulisel kohal ka askorbiinhape ehk C- vitamiin. Askorbiinhappe sisaldus sõltub taime genotüübist (Aires *et al,* 2017). Tavaviljeluses kasvatatavad viljad sisaldavad rohkem tatar-, sidrun- ja askorbiinhapet, samas kui mahedalt kasvanud viljad sisaldavad rohkem õunhapet (Celik *et al,* 2013). Vilja valmimise ajal väheneb orgaaniliste hapete sisaldus ja suureneb suhkrute oma (Aires *et al.* 2017).

Mustikamarjade peamine toitteväärtus seisneb kõrges antotsüaanide sisalduses. Katsed on näidanud, et antotsüaane ehk pigmentaineid on mustikamarjades 82- 193 mg% (Starast *et al,* 2005). Võrreldes hariliku mustikaga on seda oluliselt vähem. Harilikus mustikas on antotsüaanide sisaldus 388 mg% (Starast *et al.* 2005). Põhjuseks on liikide erinev antotsüaanide paiknemine erinevates vilja osades, aedmustikal kestas ja harilikul mustikal terves marjas. Aedmustikal on viljaliha valge, harilikul mustikal aga sinine. Kõige rohkem

antsotsüaane leidub marja kestas ja seemnetes (Retamales *et al.* 2012). Täpne antsotsüaanide sisaldus sõltub genotüübist. Lisaks genotüübile mõjutab antostsüaanide sisaldust veel kasvukoht, ilmastik, kasvuaegne hooldus, koristamisjärgne käsitlus ja hoiustamine (Retamales *et al*. 2012).

Mustikas on üks kõige fenoolide rikkamaid marju, mis annab viljadele ka kõrge antioksüdantide sisalduse (Huang *et al.* 2012). Aedmustikas sisaldab keskmiselt 275–695 mg/100 g värske vilja kohta, kuid tulemused erinevad vastavalt sordile ja kasvukohale (Rodrigues *et al.* 2011). Uurimistöödest on selgunud, et mullastik mõjutab fenoolide sisaldust marjades (Starast *et al.* 2017). Mineraalmullas kasvanud taimedel oli fenoolide konsentratsioon olulisel kõrgem kui turbamullaga läbiviidud katsel.

Fenoolidel usutakse olevat mõju eaga kaasnevatele haigustele. Uuringutest on selgunud, et eakate inimeste toidulauale lisatud mustikad muutsid vereringes olevate fenoolsete ühendite taset, mis on seotud kognitiivse võimekuse paranemisega (Rutledge *et al.* 2021). Mustikate tarbimine võib eakatel parandada ka episoodilist mälu ja vähendada südame- veresoonkonna haiguste riski (Wood *et al.* 2023).

5. MATERJAL JA METOODIKA

5.1. Katsekohtade kirjeldus

Katses kasutatav materjal oli pärit kahest erinevast istandikust. Üheks istandikuks oli Rõhu Katsejaama mustikaistandik Tartumaal ja teiseks Polli aiandusuuringute keskus Viljandimaal. Katseandmeid koguti kahel aastal 2023. ja 2024. aastal.

EMÜ Rõhu Katsejaamas rajati 2020. a. suvel katse poolkõrge mustika sordi 'Are' kaheaastaste taimedega. Multšiks on kasutatud peenravaipa, ridade vahel on rohukamar ja kastmine toimub vastavalt vajadusele imbkastmissüsteemiga. 2023. a. väetati taimi imbkastmissüsteemi kaudu veeslahustuva Mustika kastmisväetisega 8-7-21 (0,1% lahus) 1 kord juunis ja 1 kord juulis. 2024 a. tehti esimene väetamine manuaalselt ammooniumsulfaadiga 17. mail 2024, normiga 30g/ taim.. Väetamise käigus rohiti ka taimede ümbrused ja eemaldati kahjustatud oksad. Teine väetamine viidi läbi samuti 3. juunil 2024, väetati Biolan Loodusväetisega normiga 30g/ taime kohta.

Polli Aiandusuuringute Keskuses rajati katse 2020. aasta suvel kaheaastaste, sama päritolu taimedega nagu Rõhu Katsejaamas. Multšina on kasutatud peenravaipa, ning ridade vahel kasvab rohukamar.

Taimi kastetakse ja rohitakse vastavalt vajadusele, kuid imbkastmissüsteem puudub. Väetamine toimub kord aastas kevadel, kasutades granuleeritud väetist kogusega 30 g/taim.

Katses kasutatud poolkõrge mustikas 'Are' on Eestis aretatud sort. Sort sai kinnituse aastal 2017 ja registreeriti põllumajandusameti registrisse 2018 (Paal 2018).

Sort on hea talvekindlusega. Põõsas on kuni 70 cm kõrge. Viljadel on eriline vürtsikas maitse ja marjad valmivad hiljem kui standardsordil 'Northblue'. Oksad on püstise kasvukujuga. Üheaastased varred on värvuselt rohekaspunased. 'Are' lehed on ovaalse kujuga ja pealt rohelist, alt veidi heledamat tooni ning leheserv on sakiline. Õisik on sordil lühike ja õiekroon keskmise pikkusega. Vilja suurus on keskmine kuni suur, keskmise marja mass on 1,5 g. Vilja kuju on ümar, värvus keskmiselt sinine ja marja katva vahakirme intensiivsus on nõrk kuni keskmine. Marja tugevus jääb keskmise ja tugeva vahele. Ühelt põõsalt saab umbes 800 grammi saaki. (Paal 2018)

Joonis 5. Poolkõrge mustikas 'Are' EMÜ Rõhu katseaias 2024 (erakogu).

Katseaasta ilmastiku määramiseks kasutati katsejaamale lähima ilmavaatluspunkti Metos andmeid, mis asuvad Polli ja Rõhu katsejaamas. Ilmavaatlusandmed on võetud alates 1. aprill 2023 a. kuni 30. september 2024..

Mitme aasta keskmised andmed (1991-2020) pärinevad Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamast.

Rõhu Katsejaam

2023 aasta juulis ja oktoobris oli keskmisest märksa rohkem sademeid (Tabel 1). Sama aasta mais oli sademeid aga keskmisest märkimisväärselt vähem. August ja september olid keskmisest soojemad. 2024 aasta jaanuar keskmisest külmem ja september keskmisest soojem. Juunis ja juulis oli keskmisest märkimisväärselt rohkem sademeid.

Tabel 1. Keskmised õhutemperatuurid ja sademete summad aprill 2023 kuni september 2024 ja aastate keskmine 1991–2020. Tabel on koostatud kasutades Rõhu katsejaama Metos imavaatluspunkti andmeid .

Aasta ja kuu	Keskmine temperatuur, °C	1991 -2020 aastate keskmine temperatuur, °C	Sademete summa, mm	1991 -2020 aastate keskmine sademete summa, mm
2023				
aprill	6.92	5.9	29	35
mai	11.25	11.5	8.4	54
juuni	16.61	15.5	45.8	88
juuli	16.65	18	119.2	67
august	18.51	16.7	86.2	79
september	15.34	11.8	40.4	55
oktoober	5.31	6	135.2	68
november	0.49	1.2	47.4	55
detsember	-3.88	-2.1	38.6	51
2024				
jaanuar	-7.57	-4.1	17.4	48
veebruar	-1.53	-4.4	28.8	39
märts	2.39	-0.5	8.8	36
aprill	6.69	5.9	51.2	35
mai	14.13	11.5	2.4	54
juuni	17.39	15.5	108.8	88
juuli	19.42	18	202	67
august	17.93	16.7	59.2	79
september	15.81	11.8	20.8	55

Polli Aiandusuuringute Keskus

2023 aastaaugust ja september olid keskmisest soojemad (Tabel 2). Juulis, augustis ja oktoobris oli keskmisest rohkemate sademetega. 2024 jaanuar oli keskmisest külmem, mai ja september olid keskmisest soojemad. Mai oli keskmisest sademete vaesem, juuli ja august olid aga keskmisest sademete rohkemad.

Tabel 2. Keskmised õhutemperatuurid ja sademete summad aprill 2023 kuni september 2024 ja aastate keskmine 1991–2020. Tabel on koostatud kasutades EMÜ Polli aiandusuurigute keskuse Metos imavaatluspunkti andmeid .

Aasta ja kuu	Keskmine temperatuur, °C	1991 -2020 aastate keskmine temperatuur, °C	Sademete summa, mm	1991 -2020 aastate keskmine sademete summa, mm
2023				
Aprill	7.16	5.6	23	39
Mai	11.15	11.4	11.2	47
Juuni	16.73	15.3	39.8	84
Juuli	16.44	17.9	103.8	76
August	18.17	16.5	108	89
September	15.27	11.7	60.2	61
Oktoober	5.49	5.9	151.6	79
November	0.61	1.2	53.6	63
Detsember	-3.35	-2	66.2	62
2024				
Jaanuar	-7.27	-4	30	60
Veebruar	-1.09	-4.4	37.4	47
Märts	2.56	-0.7	25	40
Aprill	6.69	5.6	70.8	39
Mai	14.59	11.4	6.4	47
Juuni	17.03	15.3	72.4	84
Juuli	18.81	17.9	172.2	76
August	17.41	16.5	125.8	89
September	15.48	11.7	85.8	61

5.2. Biokeemilised analüüsid

Marjade analüüs viidi läbi Eesti Maaülikooli aianduse laboratooriumis. Marjamahla kuivaine ja orgaaniliste hapete sisaldus määrati kahel aastal (2023 ja 2024) ning fenoolide üdlsialdus ja antotsüaanide üldsisaldus ühel aastal (2024). Mustika marjade biokeemilise koostise analüüside jaoks vajalikud marjad (täisküpsuse saavutanud marjad) korjati EMÜ Rõhu Katsejaamas 20.07.2023 22.07.2024 ning Polli aiandusuuringute keskusest 21.07.2023, ning 31.07.2024. Marju hoiti kuni analüüside tegemiseni sügavkülmas. Analüüsid tehti 12.12.2023 ja 9 - 10 detsembril 2024. Analüüside läbiviimiseks marjad sulatati, misjärel homogeniseeriti ühtlaseks massiks. Kõik analüüsid viidi läbi kolmes korduses. Korduses oli keskmiselt 250 g marju, millest 10 g kasutati homogeniseerimiseks.

Fenoolide üldsisaldust määrati ainult 2024 a. Folin-Ciocalteu meetodil 765 nm lainepikkusel spektrofotomeetriga Cary 60 UV-Vis (tootja Agilent Technologies). Fenoolide sisaldus

väljendati gallushappena mg/100 g värskete marjade kohta ning see arvutati kalibratsioonigraafiku alusel.

Antotsüaanide üldsisalduse määrati ka 2024 a. ja määramisel kasutati spektrofotomeetrit Cary 60 UV-Vis (tootja Agilent Technologies) ja sisaldus väljendati tsüanidiin-3-glükosiidi järgi mg/100 g. Puhverlahuste pH 1,0 ja pH 4,5 juures määrati lahuste optilised tihedused lainepikkustel 510 nm ja 700 nm.

Marjamahla kuivaine (suhkrute sisaldus) määrati refraktomeetriga Pocket Pal-1 (tootja Atago CO., Ltd.) (joonis 2). Selleks pigistati viljadest välja paar tilka rakumahla otse sensorile ning fikseeriti näit. Orgaaniliste hapete üldsisaldus (g/L kui on sisaldus) määrati samuti refraktomeetriga. Selleks lahjendati vilja mahl destilleeritud veega vahekorars 1:50, milles 1 ml marjamahl ja 49 ml destilleeritud vett. Arvutati ka mahla kuivaine ja orgaaniliste hapete suhtarv, mille alusel on võimalik hinnata viljade haput või magusat maitset.

Andmeanalüüs

Katseandmete töötlus viidi läbi andmetöötlustarkvaras BlueSky Statistics (vabavara Ver.-7). Andmete analüüsimiseks kasutati ühefaktorilist dispersioonanalüüsi (Tukey test) usalduspiiriks määrati 95% ($p<0,05$). Erinevad tähed märgistavad usutavaid erinevusi. Jooniste tegemiseks kasutati tabelarvutusprogrammi Excel (Microsoft 365) ja neil on toodud korduste keskmine ning standardhälve.

6. TULEMUSED

Aastal 2024 oli Polli kasvukohas fenoolsete ühendite üldsisaldus 153,4 mg/ 100g kohta ja Rõhu kasvukohas 164,1 mg/ 100g kohta (Tabel 3). Kuigi Rõhu kasvukoha on fenoolide sisaldus veidi suurem kui Polli kasvukohas, ei ole see erinevus statistiliselt oluline.

Tabel 3. Fenoolsete ühendite sisaldus (mg/100g) ja antotsüaanide sisaldus (mg/100g) poolkõrge mustika 'Are' viljades erinevates kasvukohtades 2024 a

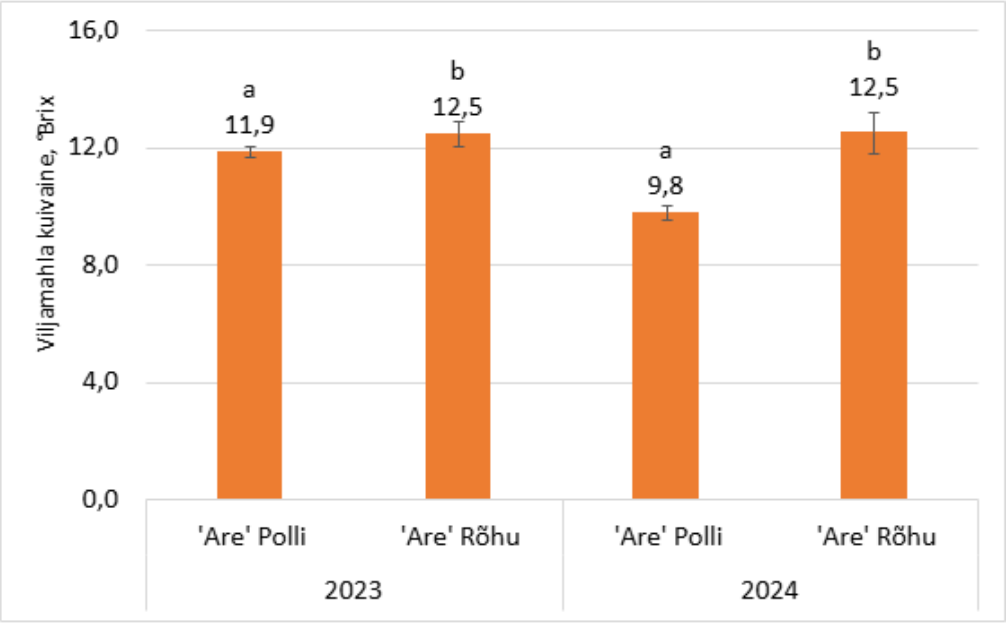
Variant	Fenoolide üldsisaldus mg/100g	St
'Are' Polli	153,4 a	16,6
'Are' Rõhu	164,1 a	37,3
	Antotsüaanide üldsisaldus mg/100g	
'Are' Polli	85,7 a	11,7
'Are' Rõhu	124,7 b	10,6

Märkused:

1. Erinevad tähed näitavad sortide keskmiste vahelist olulist erinevust (Tukey, $p \leq 0.05$).

Polli kasvukohas oli 2024 aastal keskmine antotsüaanide sisaldus on 85,7 mg/100 g ja Rõhu kasvukohas 124,7 mg/100 g (Tabel 3). Rõhu kasvukohas kasvanud viljade antotsüaanide sisaldus oli oluliselt suurem kui Polli kasvukohas. Samuti varieerusid Polli kasvanud viljade näidud veidi rohkem samas kui Rõhu kasvukoha tulemused olid stabiilsemad, kui võrrelda kahe aasta väärtuseid.

Aastal 2023 oli Polli kasvukohas sordi 'Are' marjamahla kuivaine sisaldus keskmiselt 11,9 ja Rõhu kasvukohas 12,5 °Brix (Joonis 2). Aastal 2024 oli Polli kasvukohas marjamahla kuivaine sisaldus 9,8 °Brix, samas Rõhu kasvukohas oli see 12.5. Mõlemal aastal oli sisaldus Rõhul oluliselt kõrgem kui Pollis. Polli kasvukohas oli marjamahla kuivaine näit 2024 aastal madalam kui 2023. Aastal, samas kui Rõhul püsis näit samal tasemel.

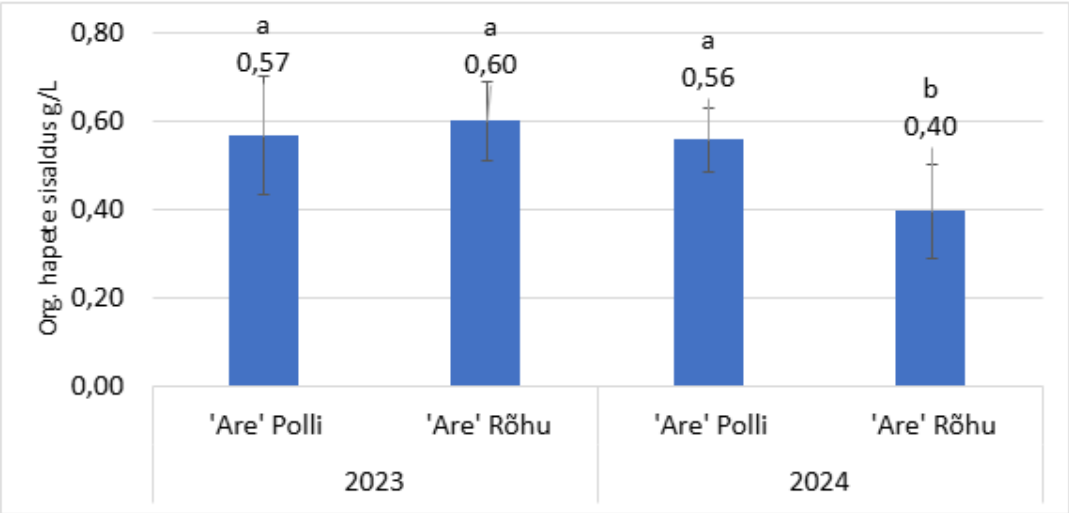


Joonis 6. Kasvukoha (Polli ja Rõhu) mõju poolkõrge mustika sordi 'Are' viljade mahla kuivaine sisaldusele (°Brix).

Märkused:

2. Erinevad tähed näitavad sortide keskmiste vahelist olulist erinevust (Tukey, $p \leq 0.05$).
3. Vertikaaljooned tulpadel näitavad **keskmise** standardhälvet.

2023. aastal oli Polli kasvukohas sordi 'Are'orgaaniliste hapete sisaldus 0,57 mg/L ja Rõhu kasvukohas 0,60 mg/L (Joonis 3). Aastal 2024 oli Polli kasvukohas orgaaniliste hapete sisaldus 0,56 mg/L. Rõhu kasvukohas oli sisaldus samal aastal 0,40 mg/L. Kasvukohal oli statistiliselt oluline mõju 2024. aastal, kui Rõhul kasvanud taimede orgaaniliste hapete sisaldus oli oluliselt madalam Polli viljade tulemusest.

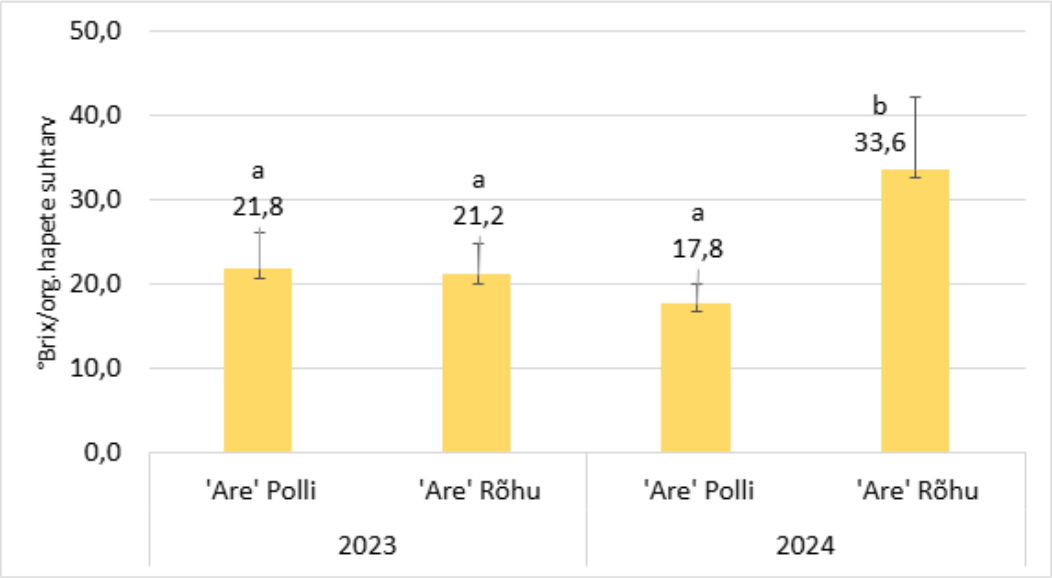


Joonis 7. Kasvukoha (Polli ja Rõhu) mõju poolkõrge mustika sordi 'Are' viljade orgaaniliste hapete sisaldusele (g/L).

Märkused:

4. Erinevad tähed näitavad sortide keskmiste vahelist olulist erinevust (Tukey, p≤0.05).
5. Vertikaaljooned tulpadel näitavad **keskmise** standardhälvet

2023. aastal oli Polli kasvukohas sordi 'Are' marjamahla kuivaine sisaldus ja orgaaniliste hapete suhtearv 21,8 ja Rõhu kasvukohas 21,2 (Joonis 4). Aastal 2024 oli Polli kasvukohas mahla kuiviane ja orgaaniliste hapete suhtearv 17,8. Rõhu kasvukohas oli arv samal aastal 33,6.



Joonis 8. Kasvukohtade (Polli ja Rõhu) mõju poolkõrge mustika 'Are' marjamahla kuivaine ja orgaaniliste hapete suhtearvule

Märkused:

6. Erinevad tähed näitavad sortide keskmiste vahelist olulist erinevust (Tukey, p≤0.05).
7. Vertikaaljooned tulpadel näitavad **keskmise** standardhälvet

Pollis kasvanud mustika viljade marjade kuivaine sisaldus oli 2024. aastal oluliselt madalam kui Rõhul kasvanud taimedel, mis mõjutas ka mahla kuivaine ja orgaaniliste hapete suhtarvu negatiivselt.

7. ARUTELU

Mõlemal katseaasta oli kasvukohtade marjamahla kuivaine sisalduse vahel statistiline erinevus. Pollis oli mõlemal aastal tulemus madalam kui Rõhu katseaias. Varasemas katses sordiga 'Northblue' oli marjamahla kuivaine sisaldus s 12,6-12,8 vahele (Viilop, 2022:29). Kaks aastat hiljem läbiviidud kvaliteedikatses oli marjamahla kuivaine samal sordil 12,7 °Brix (Trumsi 2024:30). Rumeenias läbiviidud uurimuses oli viljamahla kuivaine sisaldus aga 13,4 (Hera *et al.* 2023). Nii 2023. kui ka 2024. aastal olid Polli kasvukohas keskmised temperatuurid veidi madalamad kui Rõhul. Aastal 2024 vähenes Pollis marjamahla kuivaine sisaldus 9,8-ni, samas kui Rõhul jäi see võrreldes eelmise aastaga samaks. Pollis oli aasta jooksul sadanud sademete summa märksa suurem kui Rõhu katsejaamas. Tulemustest saab järeldada, et väiksem sademete hulk ja kõrgem keskmine temperatuur tõstavad ka marjamahla kuivaine sisaldust ja, et kasvukoht mõjutab marjamahla kuivaine sisaldust. Seda toetavad ka eelnevalt tehtud uuringud. 2021. aastal avaldatud uuringus leiti, et madalam mullaniiskuse tase kindlas taime kasvufaasis annab kõrgema marjamahla kuivaine sisalduse näidu (Almutairi *et al.* 2021). Samale järeldusele jõuti ka 2016 avaldatud uuringus, kus leiti, et madalam sademete hulk koos kõrgema päikesekiirgusega aitavad kaasas kõrgemale marjamahla kuivaine tasemele (Correia *et al.* 2016).

2023. aastal orgaaniliste hapete sisalduse vahel statistilist erinevust ei olnud. Järgneval aastal langes Rõhu kasvukoha aga viljade orgaaniliste hapete sisaldus märgatavalt. 2022. aastal avaldatud uurimistöös kasutatud standardsordi 'Northblue' orgaaniliste hapete sisaldus jäi 0,58- 0,63 g/100g vahele (Viilop, 2022:30). 2023 läbiviidud pakendikatses oli sordi 'Northblue' orgaaniliste hapete sisaldus 0,35% (Trumsi 2024:33). Paar aastat varem läbiviidud katses selgus, et orgaaniliste hapete sisaldus varieerus 0,4– 1,1% vahel ja sõltus suurel määral taime genotüübist (Leit 2017:27). Ukrainas läbi viidud uuring kinnitas, et ilmastik ja kliimafaktorid mõjutavad orgaaniliste hapete sisaldust kuid seda vaid 35,8% ulatuses, 72,2% määrab orgaaniliste hapete sisalduse aga siiski taime fenotüüp (Sevchuk *et al*. 2017). 2024. aastal oli Rõhul keskmine temperatuur kõrgem ja sademete hulk väiksem kui Pollis. Millest võib järeldada, et kõrgem temperatuur ja väiksem sademete hulk annavad tulemuseks ka madalama orgaaniliste hapete sisalduse. Samale järeldusele jõuti ka 2016 avaldatud uuringus. Sealsetest katsetulemustest järeldati, et temperatuur ja sademete hulk mõjutavad orgaaniliste hapete sisaldust (Correia *et al.* 2016).

Marjamahla kuivaine ja orgaaniliste hapete suhtearv oli 2024. aastal kahe kasvukoha vahel statistiliselt erinev. Suhtearvu erinevus tuli samal aastal orgaaniliste hapete sisalduse erinevusest. Erinevate katseandmete põhjal jääb standarsordilsordi 'Northblue' viljamahla kuivaine ja orgaaniliste hapete sisalduse suhtarv 20-22 ja 25 vahele (Viilop, 2022 31; Trumsi 2024:34).

Fenoolide üldsisaldus ei olnud statistiliselt oluliselt erinev. Sordil 'Northblue' 180-192 mg/100g (Viilop, 2022 32), mis on veidi madalam kui sordi 'Are' viljades. Erinevus võis tulla sordiomadustest või aastate erinevatest ilmastikutingimustest.

2022 aastal mõõdeti mustikasordi 'Northblue' marjades antotsüaanide sisaldust vahemikus 239–277 mg/100 g (Viilop, 2022 33). Poolkõrge sordi 'Are' antostsüaanide sisaldus 2024 oli madalam: Pollis 85,7 mg/100g ja Rõhul 124,7 mg/100g, tulemused olid statistiliselt erinevad. Teiste katsete tulemused viitavad sellele, et marjad, mis on valminud kõrgematel temperatuuridel ja väiksema sademete hulgaga, sisaldavad rohkem antotsüaane (Timmers, *et al.* 2017). Näiteks Rumeenias läbiviidud katses oli keskmine antotsüaanide sisaldus 189 mg/100 g (Bunea, *et al*. 2013), kusjuures piirkonna aastane keskmine temperatuur jääb 9–10 °C vahele (Climate *s.a.)*. Põhja-Carolinas (USA), kus aastane keskmine temperatuur on umbes 16 °C (Climate of North Carolina *s.a.*), mõõdeti aga oluliselt kõrgem antotsüaanide sisaldus — keskmiselt 261 mg/100 g (Yousef, *et al*., 2013). Pollis ja Rõhul, on temperatuurid madalamad kui Rumeenias või Põhja-Carolinas, mis aitab seletada ka siinset väiksemat antotsüaanide sisaldust mustikates. Tulemused kinnitavad, et kõrgem temperatuur ja madalam sademete hulk on seotud suurema antotsüaanide kontsentratsiooniga marjades.

KOKKUVÕTE

Poolkõrge mustikas on Eestis kiiresti populaarsust koguv kultuur, mille edu aluseks on hea külmakindlus, rikkalik saagikus ja väärtuslik bioaktiivsete ühendite koostis. Käesoleva töö eesmärgiks oli välja selgitada Eestis aretatud poolkõrge mustika sordi 'Are' mõnede biokeemiliste ühendite sisaldus kahes erinevas kasvukohas – Eesti Maaülikooli Rõhu katsejaamas Tartumaal ja Polli Aiandusuuringute Keskuses Viljandimaal – ning hinnata, kuidas erinevad kasvukohad mõjutavad marjade kvaliteeti.

Uuringus keskenduti viljade fenoolsete ühendite, antotsüaanide, orgaaniliste hapete ja marjamahla kuivaine sisalduse määramisele aastatel 2023 ja 2024. Marjad koguti mõlemast kasvukohast täisküpsuse faasis, külmutati ja analüüsiti kolmes korduses.

Tulemused näitasid, et kasvukoht mõjutas oluliselt antotsüaanide ja kuivaine sisaldust marjades. Aastal 2024 oli Rõhu katsejaamas kasvanud mustikates antotsüaanide sisaldus märgatavalt suurem (124,7 mg/100g) kui Polli aiandusuuringute keskusest korjatud mustikates (85,7 mg/100g). Samuti oli Rõhul stabiilselt kõrgem marjamahla kuivaine sisaldus, samas kui Pollis 2024 aastal võrreldes eelneva aastaga tulemus langes. Kuivaine ja orgaaniliste hapete suhtarvu alusel olid Rõhul kasvatatud viljad maitselt märgatavalt magusamad, mis tähendab paremat suhkrute ja hapete tasakaalu. Orgaaniliste hapete sisaldus oli 2024. aastal Rõhu marjades (0,40 g/L) madalam kui Pollis (0,56 g/L), mis samuti viitab magusama maitsepotentsiaalile. Fenoolsete ühendite üldsisaldus oli 2024. aastal küll veidi kõrgem Rõhus (164,1 mg/100g vs 153,4 mg/100g), kuid see erinevus ei osutunud statistiliselt oluliseks. Ilmastikuandmete võrdlus näitas, et Pollis oli sademete hulk suurem, eriti suvekuudel, mis võis negatiivselt mõjutada marjade kuivainesisaldust. Rõhul on kasutusel imbkastmissüsteem, mis võis soodustada ühtlasemat ja paremat viljade arengut.

Kokkuvõttes võib öelda, et hüpotees sai osalist kinnitust: kasvukoht mõjutab mõndade biokeemiliste ühendite sisaldust pookõrge mustika 'Are' viljades. Eriti olulisel kohal oli Rõhu kasvukoha mõju antotsüaanide sisaldusele, kuivainesisaldusele ning viljamahlakuivaine ja orgaaniliste hapete tasakaalule, mis viitab sellele, et hooldustingimused ja mõõdukas niiskus, mängivad viljakvaliteedi kujunemisel olulist rolli. Samas fenoolide sisalduse osas oli erinevus väiksem ning ei olnud statistiliselt oluline.

Töö tulemusi saab rakendada poolkõrge mustika ‘Are’ kasvatustehnoloogia täiustamisel, sobivamate kasvukohtade valikul ning tarbijale väärtuslike omadustega sortide aretamisel ja tootmisel. Eesti kliimasse hästi sobituv sort ‘Are’ on perspektiivikas sort, kuid edaspidised uuringud võiksid hõlmata võrdlusi enamlevinud sortide saagikuse ja viljade biokeemilise koostise võrdluses ning ka erinevate kasvukohtade ning kasvatustehnoloogiate mõju hindamises.

ALLIKALOEND

Adamczyk, J. (2018). A 3.5-year-old 'Gumbo' southern highbush blueberry plant during ripening [foto]. Researchgate. https://www.researchgate.net/figure/A-35-year-old-Gumbo-southern-highbush-blueberry-plant-during-ripening_fig1_327948842 (22.05.2025).

Aires. A., Carvalho. R., Matos. M., Carnide. V., Silva. A. P., Goncalves. B., (2017). Variation of chemical contituents, asntioxidant activity, and endogenous plant hormones throughout differenr ripening stages of highbusk blueberry (Vaccinium corymbosum L.) cultivars produced in centre of Portugal. - Journal of Food Biochemistr. Vol. 41, Issue 6. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jfbc.12414 (22.04.2025)

Albert. T., Karp. K., Starast. M., Paal. T., (2010). The effect of mulching and pruning on the vegetative growth and yield of the half- high blueberry. Agronomy Research 8(1): 759-768. https://www.researchgate.net/publication/286871158_The_effect_of_mulching_and_pruning_on_the_vegetative_growth_and_yield_of_the_half-high_blueberry (26.02.2025)

Almutairi, K, F., Bryla, d, R., Strik, B, C. (2021). Sensitivity of Northen Highbush Blueberry Cultivars to Soil Water Deficits during Varoius Stages of Fruit Development. - HortiScience. Vol 56 (2). Pp 154-162. https://pdfs.semanticscholar.org/fa24/e9ff20cfd1cffbbc88b15c37642801568a85.pdf (22.05.2025)

Arak. M., Liivapuu. O., Maksarov. V. V., Olt. J., (2021). A justificatsion of the choice of parameters for the picking reel tooth on a lowbush blueberry harvester. Agronomy Research 19(3), 1329-1338. https://doi.org/10.15159/AR.21.133 (27.02.2025)

Arak. M., Soots. K., Starast. M., Oit. J., (2018). Mechanical properties of blueberry stems. Research in Agricultural Engineering 64(No.4): 202- 208. https://www.researchgate.net/publication/330027922_Mechanical_properties_of_blueberry_stems (28.02.2025)

Bunea. A., Rugina. D., Sconta. Z., Pop. R. M., Pintea. A., Socaciu. C., Tabaran. F., Grootaert. C., Struijs. K., VanCamp. J., (2013). Antocyanin determination on blueberry extracts from various cultivars and teheir antiproliferative and apoptotic properties in B16-F10 metastatic murine melanoma cells. - Phytochemistry. Vol 95. Pp 436-444. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003194221300246X?via%3Dihub#s0100 (21.05.225)

Carrasco, J, C, L. (24, detsember 2024). Los 10 principales países productores de arándanos concentran el 88% del total mundial. - Agraria https://blueberriesconsulting.com/en/los-10-principales-paises-productores-de-arandanos-concentran-el-88-del-total-mundial/ (21.05.2025)

Celik. H., Özgen. M., Saraceglu. O. (2013). Comparison of phytochemicals and antioxidant capacities of some standard and organically grown highbush blueberries (Vaccinium corymbosumm L.). - Tarim Bilimleri Dergisi. Vol 10, No3, pp 167- 176. https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84875895048&origin=scopusAI (14.04.2025)

Climate (s.a.) [Veebileht]. Visit Romania https://visit-romania.eu/climate-temperature-in-romania/ (21.05.2025)

Climate of North Carolina (s.a.). Britannica https://www.britannica.com/place/North-Carolina-state/Climate (21.05.2025)

Correia, S., Gonçalves, B., Aires, A., Silva, A., Ferreira, L., Carvalho, R., Fernandes, H., Freitas, C., Carnide, V., Silva, A, O. (2016). Effect of Harvest Year and Altitude on Nutritional and Biometric Characteristics of Blueberry Cultivars. - Journal of Chemistry. Vol 2016. Issue 1. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2016/8648609 (23.05.2025).

Crops and livestock products (Last upadate 27. 02. 2025) - Faostat. https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL (21.05.2025)

Eastfruit (14, aprill 2025). Global Fresh Blueberry Outlook 2025- 2030. - Eastfruit. https://east-fruit.com/en/horticulture-market/market-reviews/global-fresh-blueberry-outlook-2025-2030/ (21.05.2025)

Fu.H., Zhang. L., He. B., Yue. P., Xueling. (2015). Analysis of organic acids in blueberry juice and its fermented wine by high performanse liquid chromatography. - Advance Journal of Food Science and Technology. Vol 9, No 2, pp 127-134. http://dx.doi.org/10.19026/ajfst.9.1947 (14.04.2025)

Grant, A., (20. veebruar 2023). Gold Hardy Blueberry Bushes Growing Blueberries In Zone 3. - Gardening Know How. https://www.gardeningknowhow.com/garden-how-to/gardening-by-zone/zone-3/growing-blueberries-in-zone-3.htm (23.05.2025).

Hannus. M., (2013). Mahepõllumajandusse lubatud väetiste mõju poolkõrge mustika (Vaccinium x atlanticum E.P. Bicknell) sordi `Northblue`taimede produktiivsusele ja viljade keemilisele koostisele. Magistritöö. Tartu. https://dspace.emu.ee/items/adbbf367-0375-44e3-84d2-ed31208e8bde (14.01.2025)

Hera, O., Sturzeanu, M., Vijan, L., Teodorescu, R., (2023). Assessment of fruit quality and biochemical compounds of some blueberry hybrids. - Scientific Papers. Series B, Horticulture. Vol LXGVII. No 1. https://horticulturejournal.usamv.ro/pdf/2023/issue_1/Art13.pdf (22.05.2025).

Huang. W-Y., Zhang. H-C., Liu. W-X., Li. C-Y., (2012). Survey of antioxidant capacity and phenolic composotion of blueberry, blackberry, and strawberry in Nanjing. J Zhejiang University Science B 13(2): 94-102. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3274736/ (06.03.2025)

Karlsons. A., Osvalde. A., Cekstere. G., Pormale. J., (2018). Researche on the mineral comosition of cultivated and wild blueberries and cranberries. Agronomi Research 16(2), 454-463. https://agronomy.emu.ee/wp-content/uploads/2018/04/Vol16No2_15.pdf (27.02.2025)

Karp. K., (2014). Aedmustikas. Saagikus. Teabesalv. [Veebileht]. https://teabesalv.pikk.ee/aiandus/aedmustikas/?cookie-state-change=1740656017180 (27.02.2025)

Karp. K., Shanskiy. M., Starast. M., Paal. T., (2006). The influence of mulching on nutrition and yield of `Northblue´blueberry. Acta Hortivulturae 715: 301-305. https://www.researchgate.net/publication/278378216_The_influence_of_mulching_on_nutrition_and_yield_of_'Northblue'_blueberry (25.02.2025)

Kasvatatavad kultuurid (19.09.2024). Põllumajandus registrite ja informatsiooni amet. [Veebileht] https://www.pria.ee/infokeskus/statistika/pollud#kasvatatavad-kultuurid (20.09.2024)

Kasvatatavad kultuurid pindalatoetuste taotluste põhjal (14.07.2024). [joonis] Pria. https://www.pria.ee/infokeskus/statistika/pollud#kasvatatavad-kultuurid (22.05.2025).

Koort. A., Starast. M., Põldma. P., Moor. U., Mainla. L., Maante- Kuljus. M., (2020). Sustainable Fertilizer Strategies for Vaccinium corymbosum x V. angustifolium under Abandoned Peatland Conditions_https://www.mdpi.com/2077-0472/10/4/121 (25.09.2024)

Käis. L., (2009). Mustika viljelemistehnoloogia freesturbaväljadele rajatud istandikes. Agraarteadus XX 2: 16-21. https://agrt.emu.ee/pdf/contents/2009_2_sisukord.pdf (28.02.2025)

Leit, I. (2017). Genotüübi ja väetamise mõju mustikaviljade keemilisele koostisele maheviljeluse tingimustes. Magistritöö. Eesti Maaülikool: Põllumajandus- ja keskkonnainstituut. Tartu. 46 lk. https://dspace.emu.ee/server/api/core/bitstreams/9755df80-84b1-4dba-8b52-4394c0c65f32/content (22.05.2025)

Lobos. G. A., H. James. F., (2015). Breeding blueberries for a chaning global enviroment: a review. https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2015.00782/full. (04.12.2024).

Marjamaa talust (s.a.). Marjamaa talu. [Veebileht]. https://marjamaatalu.ee/talust (25.09.2024) Metsa talu lugu (s.a.). Metsa talu. [Veebileht]. https://taimed.ee/metsa-talu-lugu (25.09.2024)

Marjasoo talu. Sügisene mustikapõld [foto]. Marjasoo talu. https://marjasoo.ee/static/PA100036.jpg (22.05.2025)

Miller. L., (2021). What Is A Half High Blueberry – Growing Half High Blueberry Plants. https://www.gardeningknowhow.com/edible/fruits/blueberries/half-high-blueberry.htm (25.09.2024)

Nordiquist, C. (11. jaanuar 2021). Changing climate and weather impact blueberry farmers and their crops. - Denver 7. https://www.denver7.com/news/national/changing-climate-and-weather-impact-blueberry-farmers-and-their-crops (21.05.2025)

Oleson, N. Half- High Blueberries (Vaccinium anugustifolium-corymbosum hybrid).https://foodgardening.mequoda.com/articles/half-high-blueberries-vaccinium-angustifolium-corymbosum-hybrid/ (04.12.2024).

Oleson, N. Half- High Blueberries (Vaccinium anugustifolium-corymbosum hybrid). - Food Gardening Network. https://foodgardening.mequoda.com/articles/half-high-blueberries-vaccinium-angustifolium-corymbosum-hybrid/ (22.05.2025)

Paal. T., (2018.), Poolkõrge mustikasordi `Are` saamislugu. https://www.pikk.ee/wp-content/uploads/2018/07/Sordi-Are-saamislugu.pdf (25.09.2024)

Rankel, K. (11. Oktoober 2024). 8 Factors for optimal Blueberry Plants Growth. - Greg. https://greg.app/how-to-grow-blueberry-plants/ (21.05.2025)

Retamales, J., Handcock, J., 2012. Blueberries.

Riigi Ilmateenistus. https://www.ilmateenistus.ee/ (10.01.2025)

Rodrigues. E., Poerner. N.,Rockenbach. I.I., Gonzaga. L. V., Mendes. C. R., Fett. R., (2011). Phenolic compounds and antioxidant activity of blueberry cultivars grown in Brazil. - Food Science Technology. Vol 31, No 4. https://www.scielo.br/j/cta/a/bvKmFXtfP7tTRWvj3bcszvK/ (07.03.2025)

Rutledge. G. A., Sandhu. A. K., Miller. M. G., Edirisinghe. I., Burton- Freeman. B. B. Shukitt-Ale. B., (2021). Blueberry phenolics are associated with cognitive enchancement in supplemented healthy older adults. - Food & Function. Vol 12, pp 107- 118. https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2021/fo/d0fo02125c (06.03.2025)

Shevchuk, L, M., Grynyk, I, V., Levchuk, L, M., Yareshecenko, O, M., Terexhchenko, Ya, Yu., Babenko, S, M., (2021). Biochemical contents of highbush blueberry fruits grown in the Western Forest- Steppe of Ukraine. - Agronomy Research. Vol 19(1). Pp 232-249. https://agronomy.emu.ee/wp-content/uploads/2021/03/Vol19_No1_Shevchuk.pdf (22.05.2025)

Starast, M., Udeküll, A., 2020. Mustikas. Maitsev ja kasulik. https://www.digar.ee/viewer/et/nlib-digar:611241/396922/page/2 (30.09.2024)

Starast. M., (2008). Sustainable Fertilizer Strategies for Vaccinium corymbosum x V. angustifolium under Abandoned Peatland Conditions. https://dspace.ut.ee/server/api/core/bitstreams/e72fca75-a96a-43d3-92ee-8012a1ddf15f/content (27.09.2024)

Starast. M., Galynskaya. N., Jõgar. K., Tasa. T., Karp. K., Moor. U., (2009). Blueberry diseases survey in Estonia. https://typeset.io/pdf/blueberry-diseases-survey-in-estonia-6c3grzjlxg.pdf

Starast. M., Karp. K., Paal. T., Värnik. R., Vool. E., (2005), Kultuurmustikas ja selle kasvatamine Eestis. (25.09.2024)

Starast. M., Koort. A., Paal. T., Karp. K., (2017). Physicochemical characteristics of half-highbush blueberry fruits dependent on genotype and cultivation conditions. https://www.researchgate.net/publication/321312133_Physicochemical_characteristics_of_half-highbush_blueberry_fruits_dependent_on_genotype_and_cultivation_conditions (12.01.2025)

Tasa. T., Starast. M., Jõgar. K., Paal. T., Kruus. M., Williams. I. H,. (2015). Lowbush blueberry plantation age influences natural biodiversity on an abandoned extracted peatland. - Ecological Engineering Vol. 84, November 15, pp 336-345. , https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857415301798?via%3Dihub (12.02.2025)

Tasa. T., Starast. M., Vool. E., Moor.U., Karp. K., (2012), Influence of soil type on half-highbush blueberry productivity. https://journal.fi/afs/article/view/6105/5795 (12.02.2025)

Tepe. E. S., Hoover. E. E., (2024). Growing blueberries in the home garden. University of Minnesota Extension. [Veebileht]. https://extension.umn.edu/fruit/growing-blueberries-home-garden (18.02.2025)

Tere tulemast Marjasoo tallu (s.a.). Marjasoo talu. [Veebileht]. https://marjasoo.ee/tere-tulemast-marjasoo-tallu/m (12.02.2025)

Timmers. M. A., Grace. M. H., Yousef. G.G., Lila. M. A., (2017). Inter- and intra- seasonal changes in anthocyanin accumulation and global metabolite profiling of six blueberry

genotypes. - Journal of Food Composition and Analysis. Vol. 59, pp 105-110. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157517300650?via%3Dihub (21.05.2025)

Top Blueberry Producing Countries – Global Stats for 2025 (s.a.) [veebileht]. Worldstats. https://worldostats.com/country-stats/blueberry-production-by-country/. (21.05.2025)

Trumsi, M. (2024). Poolkõrge mustika (Vaccinium x atlanticum E.P.Bicknell) viljade kvaliteet keskkonnasõbralikes pakendites. Magistritöö. Eesti Maaülikool: Põllumajandus- ja keskkionnainstituut. Tartu. 50 lk. https://dspace.emu.ee/server/api/core/bitstreams/463b3fe5-7e16-4c48-9ead-a087454694bb/content (22.05.2025)

Vaccinium (s.a.) [Veebileht]. Britannica. https://www.britannica.com/plant/Vaccinium (22.05.2025)

Vahejõe, K., Luik. H., Karp. K., Põldma. P., (2011). Aianduse valdkonna käsiraamat. https://dspace.emu.ee/server/api/core/bitstreams/c1b81b3e-e909-4f5d-8cf4-a9ed3eb8e303/content

Viilop, H. (2022). Kasvatustehnoloogiate mõju aedmustika (Vacciunium) kasvule ja saagile. Magistritöö. Eesti Maaülikool Põllumajandus- ja keskkonnainstituut. Tartu. 49 lk. https://dspace.emu.ee/server/api/core/bitstreams/856e88b1-7b21-4c79-9bd1-57cf2815267e/content (23.05.2025)

Wood. E., Hein. S., Mesnage. R., Fernandes., Abhayaratne. N., Xu. Y., Zhang. Z., Bell. L., Williams. C., Rodriguez- Mateos. A., (2023). Wild blueberry (ply)phenols can improve vascular function and cognitive performance in healthy older individuals: a double- blind randomized controlled trial. - The American Journal of Clinical Nutrition. Vol 117, No 6, pp 1306-1319. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36972800/ (07.03.2025)

Yousef. G. G., Brown. A. F., Funakoshi. Y., Mbeunkui. F., Grace. M. H., Ballington. J. R., Loraine. A., Lila. M. A., (2013). Efficient Quantification of the Health- Relevant Antocyanin and Phenolic Acid Profiles in aCommercial Cultivars and Breeding Selections of Blueberries (Vaccinium, spp.). - Journal of Agricultual and Food Chemistry. Vol 61. pp 4806-4815. https://doi.org/10.1021/jf400823s (21.05.2025)

Zeng, Q., Ding, G., Tian, L., Wu, H., Ren, Y., Tammir, G., Huang, W., Yu, H. (2020). Hugh Altitude Is Beneficial for Antioxidant Components and Sweetness Accumulation of Rabbieye Blueberry. - Frontiers in Plant Science. Vol. 11. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.573531 (26.05.2025).

LISAD

Lisa 1. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Liisi-Mai Paal,
sünniaeg 16.10.2001,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö Poolkõrge mustika 'Are' biokeemiliste ühendiste sisaldus kahes erinevas kasvukohas,

   mille juhendaja(d) on Angela Koort,

   salvestamiseks säilitamise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi EMU DSpace lisamiseks ja Creative Commonsi litsentsiga CC BY NC ND 4.0, mis lubab autorile viidates lõputööd reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, üldsusele kättesaadavaks tegemiseks kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni;
2. olen teadlik, et lihtlitsentsiga antavad õigused jäävad alles ka mulle;
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor (allkirjastatud digitaalselt, kuupäev digitaalallkirjas)

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

Juhendaja(d) (allkirjastatud digitaalselt, kuupäev digitaalallkirjas