

Tartu Ülikool  
Loodus- ja täppisteaduste valdkond  
Ökoloogia ja maateaduste instituut  
Botaanika osakond

Miina Rikka

Eesti nõrglubja-allikate taimestik ja selle seosed  
keskkonnatingimustega

Magistritöö

Juhendaja: Nele Ingerpuu

Tartu 2016

# Eesti nõrglubja-allikate taimestik ja selle seosed keskkonnatingimustega

## Lühikokkuvõte

Töö eesmärgiks oli kirjeldada Eesti nõrglubja-allikate taimestikku, selle seoseid keskkonnatingimustega ning geograafilise paiknemisega. Eesmärgiks on ka võrrelda Eesti nõrglubja-allikaid ja nende taimkatet teistes Euroopa riikides kirjeldatutega ning leida võimalikud olemasolevad eripärad sõltuvalt meie kliimast ning taimestikust. Uuringusse kaasati 14 nõrglubja-allikat, millest kokku leiti 18 samblaliiki ning 45 soontaimeliiki. Statistilisel analüüsil vaadeldi soon- ja sammaltaimede liigirikkuse seoseid pH, temperatuuri ning elektrijuhtivusega. pH-l ning elektrijuhtivusel oli oluline seos sammaltaimede liigirikkusega avatud koosluses. Samuti oli oluline mõju koosluse avatusel nii sammal- kui ka soontaimede liigirikkusele. Toetudes varasematele herbaarmaterjalidele ning antud uuringus kogutud andmetele koostati nõrglubja-allikate tunnusliigi *P. commutata* ning *P. falcata* levikukaardid.

Märksõnad: sammaltaimed, nõrglubja-allikad, *Palustriella commutata*, *Palustriella falcata*  
CERCS kood ja nimetus: B270 Taimeökoloogia

## The vegetation of petrifying springs in Estonia and its relation with environmental conditions.

### Abstract

The aim for this study was to describe Estonian petrifying springs (EU Habitats directive type 7220) and their vegetation and the vegetations relations with the environmental factors and geographical location. We wanted also to compare the Estonian petrifying springs with the springs in the other European countries and find the potential differences based on our climate and vegetation. In this study 16 potential petrifying springs were studied, two of which were not included. In the studied springs we found 45 tracheophyte species and 18 bryophyte species. The analysis with the environmental factors showed that there is a positive influence of pH and conductivity on the species richness of bryophytes. During the study, distribution maps for *P. commutata* and *P. falcata* were created.

Keywords: Bryophytes, Petrifying springs, *Palustriella commutata*, *Palustriella falcata*.

CERCS code and name: B270 Plant Ecology

1. Sisukord.....	3
2. Sissejuhatus.....	4
3. Ülevaade uurimustöö temaatikast.....	5
3.1 Elupaigatüüp 7220 seisund Euroopas.....	5
3.2 Allikalubja settimise tingimused.....	8
3.3 Nõrglubja-allikate taimestik.....	9
3.4 Nõrglubja-allikate peamine tunnusliik <i>P. commutata</i> .....	11
4. Materjalid ja meetodid.....	12
5. Tulemused.....	15
5.1 Proovialadel registreeritud liigid.....	15
5.2 <i>P. commutata</i> ja <i>P. falcata</i> levikukaardid.....	17
5.3 Regressioonanalüüsid.....	19
5.4 Dispersioonanalüüsid (ANOVA).....	22
5.5 Üldine lineaarne mudel (GLM).....	24
5.6 Ordinatsioon.....	24
6. Arutelu.....	26
7. Kokkuvõte.....	29
8. Summary.....	30
9. Tänuavaldused.....	31
10. Kasutatud kirjanduse loetelu.....	32

## 2. Sissejuhatus

Euroopa loodusdirektiivi Lisa I (EU Habitats directive 1992) tähtsate elupaigatüüpide nimekirjas, mille säilitamine nõuab kaitsealade moodustamist, on allikatega seotud kaks tüüpi. Tüüpi 7160 kuuluvad Fennoskandia mineraaliderikkad allikad ja allikasood. Selle elupaigatüübi seisukord on kogu Euroopas loetud ebasoodsaks. Teiseks tüübiks on 7220, kuhu kuuluvad nõrglubjalasundit moodustavad allikad (nöörsamblakooslused – Cratoneuron). Nende olukord on kogu Euroopas ebasoodus või hoopis teadmata (Bunce et al 2012).

Allikate ja allikasoode taimestiku oluliseks ja tihti domineerivaks komponendiks on sammaltaimed. Nende ohtrus ja koosseis kajastavad sageli kogu elupaiga seisundit. Antud magistr töö keskendub just nimelt 7220 elupaigatüübile, mis oma unikaalsete tingimuste tõttu on kasvukohaks paljudele spetsialiseerunud liikidele.

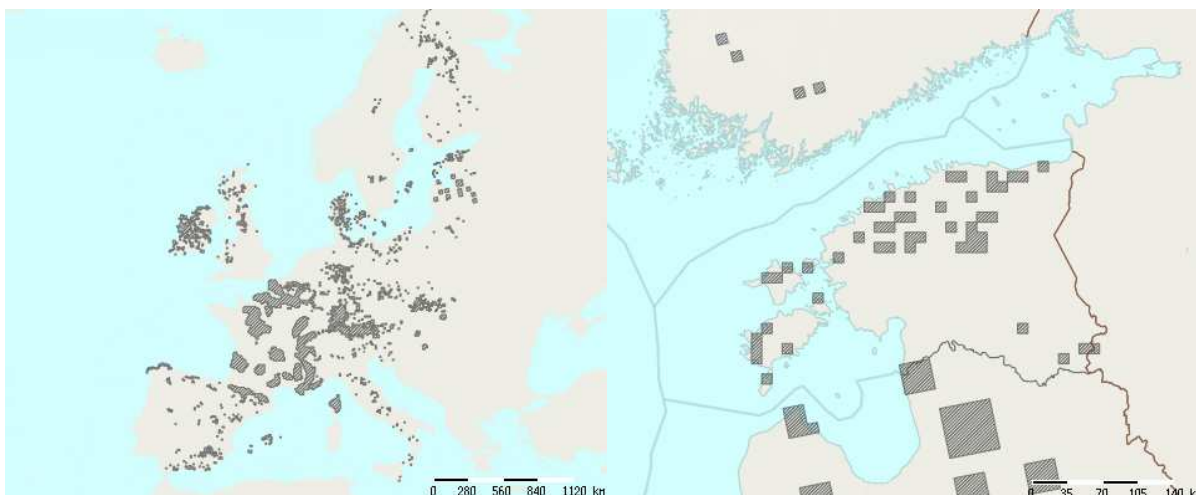
Eestis on selle elupaigatüübi esinemist ja seisundit seni vähe uuritud (Truus, Ilomets 2012). Kõige põhjalikum kokkuvõte Eesti allikatest ja allikasoodest on koostatud aastatel 2011-2014 (Ilomets et al), mis on osaliselt võetud ka aluseks antud magistr tööks kasutatud allikate valikul. Paljud uuringud on näidanud, et nõrglubja-allikate erilised tingimused on ainulaadsed ning pakuvad sobivat elukeskkonda väga spetsiifilistele liikidele ning kujutab endast omapärast ökosüsteemi, mille omadused, olukord ning säilitamiseks vajalikud tingimused vajaks kindlasti lähemat uurimist.

Minu magistr töö eesmärgiks on kirjeldada Eesti nõrglubja-allikate taimestikku, selle seoseid keskkonnatingimustega ning geograafilise paiknemisega. Eesmärgiks on ka võrrelda Eesti nõrglubja-allikaid ja nende taimkatet teistes Euroopa riikides kirjeldatutega ning leida võimalikud olemasolevad eripärad sõltuvalt meie kliimast ning taimestikust.

### 3. Ülevaade uurimustöö temaatikast

#### 3.1. Elupaigatüüp 7220 seisund Euroopas

Nõrglubjalasundit moodustavad allikad 7220 on kaltsiumirikka veega ning taimekoosluses palju sammaltaimi sisaldav elupaigatüüp. Tavaliselt esinevad need väikeste kuni mõnemeetrise läbimõõduga laikudena (Evans 2006). See elupaigatüüp on levinud üle kogu Euroopa Liidu (Joonis 1.), kuid mitmetel aladel on selle seisukord teadmata, sest paljude riikide poolt esitatud raportites on ühe või mitme parameetri hinnanguks märgitud „teadmata“ (EU Habitats Directive Article 17 Report).



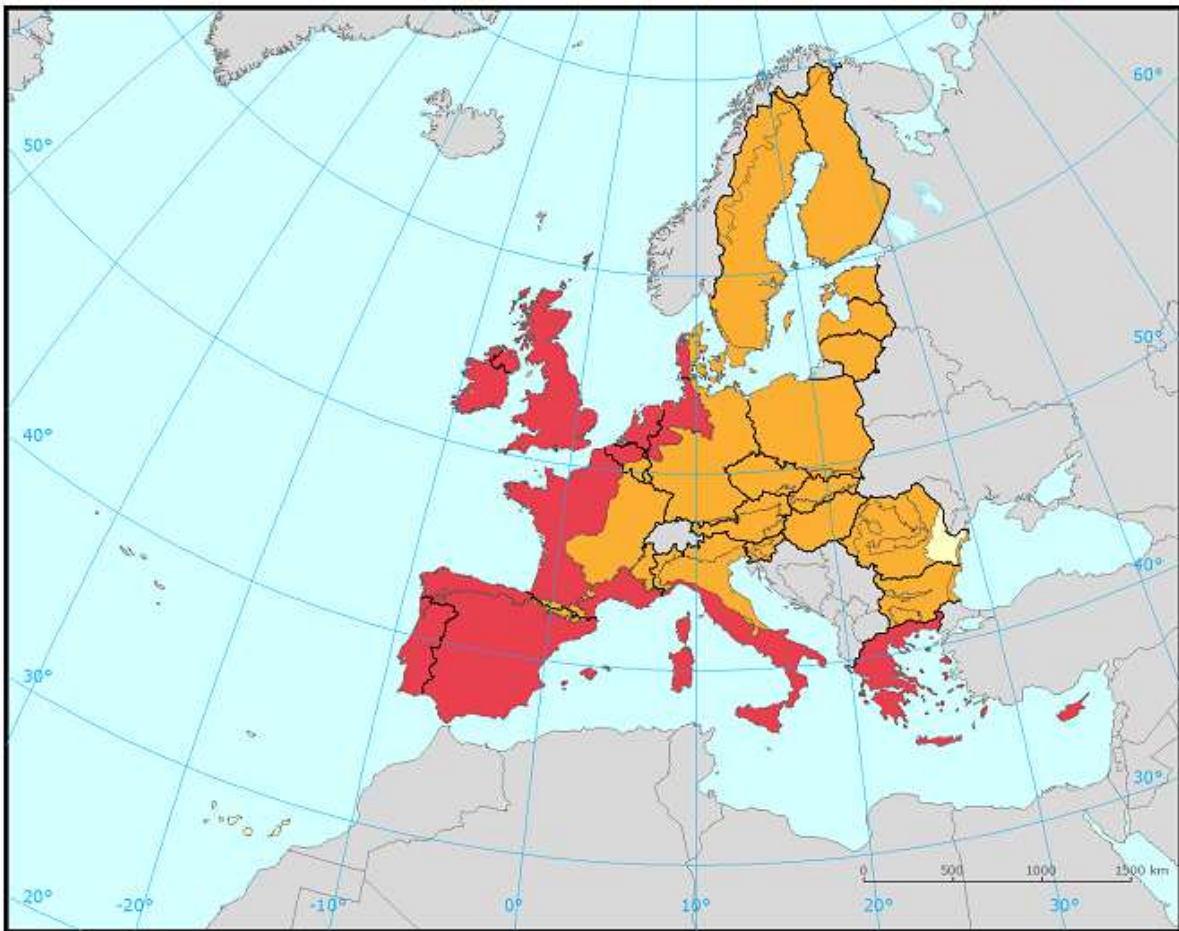
**Joonis 1.** Elupaigatüüp 7220 levik Euroopas ja Eestis. Allikas: European Topic centre on Biological Biodiversity

Elupaigatüüpe hinnatakse skaalal FV-soodus, U1-Ebasoodus-ebarahuldav, U2-ebasoodus-halb ning XX-teadmata. Ebasoodus-ebarahuldava hinnangu on saanud Euroopa alpiinsed, Musta mere äärsed, boreaalsed, kontinentaalsed ja pannoonilised bioregioonid. Soodsa seisundiga alpiinsed regioonid on registreeritud vaid Soomes, Itaalias ja Rootsis.

Hinnanguid antakse elupaigatüüpidele erinevates kategooriates, milleks on esinduslikkus, struktuur, säilimise eeldused/tingimused (funktsioneerimine), taastamise võimalused ning üldine looduskaitseväärus. Esinduslikuks nõrglubja-allikaks peetakse allikat, millel on looduslikult toimiv veerežiim ning veetase on aastaringselt kõrge. Lisaks settib allikas valkjat allikalupja või punakat rauarohket nõrglubja. Samuti peaks esinduslikus nõrglubja-allikas domineerima samblarinne (Pajula, Ilomets 2012).

„Ebasoodus-halb“ hinnang on antud atlandilisele ja mediterraansele regioonile kategooriates „struktuur ja funktsioon“ ning „tulevikväljavaated“ suures osas Prantsusmaa raportite tõttu, sest seal on 7220 levik väga lai.

Eelnevates raportites (2001-2006) on atlandiline bioregioon hinnatud soodsaks vaid Saksamaal ning kontinentaalne Itaalias. Boreaalsete alade koondhinnang oli teadmata selle tõttu, et Eesti kohta puudusid piisavad andmed. Seda just selle tõttu, et varasemalt keskenduti suurite lubjelasundit moodustavate soode uurimisele ning väikesed allikad ja allikasood jäid tähelepanuta (Ilomets jt 2012). Uusimas raportis, mis on koostatud 2007-2012 on Eesti andmestik juba paranenud ning seisundi hinnanguks on „Ebasoodus-ebarahuldav“. Samas kokkuvõtvalt pole hinnangut „soodus“ omistatud ühelegi riigile ega bioregioonile (Joonis 2).



*Joonis 2. Elupaigatüüp 7220 seisundi üldine hinnang Euroopa Liidus. Roheline – soodus, Oranž – ebasoodus-ebarahuldav, Punane – ebasoodus-halb, Lilla – teadmata. Allikas: European Topic centre on Biological Biodiversity*

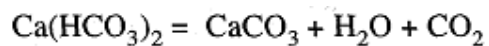
Elupaigatüübile kahjulike mõjudena on enamik riike välja toonud veerežiimi muutused, põllumajanduses kasutatavate majandamismeetodite muutmise, sealhulgas söötijätmise, reostuse ja erosiooni. Eestis on kõige suurema mõjuga teguriteks märgitud liiva ja kruusakarjääride rajamine, hüdrograafilised muutused, põlevkivikaevandused ning allikavee pH-muutused.

Kõige suuremate ohtudena antud elupaigatüübile on registreeritud väetamine, hüdrograafiline muutus, kaevandusalade rekultiveerimine ja põhjavee kasutus põllumajanduses.

Lisaks nendele ohtudele on mitmetes töodes tähelepanu juhitud ka kliimasoojenemise mõjudele, mis allikatele ohuks võivad olla (Grootjens et al 2015; Klove et al 2015)

## 3.2. Allikalubja settimise tingimused

Eesti allikate keemiline koostis on karbonaatne kaltsiumilis-magneesiumiline ning see soodustab allikalubja teket (Kink 2004). Lubja settimiseks on vaja, et põhjavesi lahustaks mullast süsihappegaasi, muutudes seega nõrgaks süsihappeks. Seejärel kaltsiumirikka aluskivimiga kokku puutudes lahustab see kaltsiumi ning kannab selle lahusega kaasa. Kui vesi maapinnale jõuab, kaotab see süsihappegaasi ning selle tõttu sadeneb kaltsium kaltsiumkarbonaadi koostises välja ning tekib nõrglubi (Heery 2007). Allikalubja settimist soodustavat süsihappegaasi eemaldumist veest on seostatud nii aurumise, fotosünteesilise aktiivsuse kui ka süsihappegaasi difusiooniga atmosfääri. Sealhulgas on atmosfääri ning vee süsihappegaasi tasemete ühtlustumist (difusiooni) peetud kõige olulisemaks neist teguritest (Grootjans et al 2015). Fotosünteesi tulemusel eemaldatakse veest süsihappegaas, sellega seoses tõuseb vee pH tase ning kaltsiumkarbonaat sadeneb välja (Pentecost 1996). Kogu reaktsioon on esitatav järgneva võrrandiga.



Kaltsiumkarbonaat esineb kõigis looduslikes veekogudes, eriti aga nendes, mis on voolanud läbi lubjakivi (Pentecost 1996). Üldiselt võib öelda, et allikalubja settimine on kiirem piirkondades, kus on allikates kasvavaid fotosünteesivaid taimi ja piirkondades, kus on aasta keskmine õhutemperatuur on kõrgem (Viles ja Pentecost 2007). Pentecost(1995) on leidnud, et aktiivne lubja settimine toimub Euroopas neis piirkondades, kus keskmine õhutemperatuur on üle 5 C°. Samuti on ära märgitud, et nõrglubja tekkeks on tarvis, et veevool oleks ühtlane kuid samas aeglane, et settiv lubi kiire veevoolu toimel minema ei kanduks (Grootjans et al 2015). Taimeliigid, mida on seostatud aktiivse lubja settimisega on *Cratoneurion filicinum*, *Palustriella commutata* (*Cratoneurion commutatum*) ja *Eucladium verticillatum* (Heery et al 2007) . Pentecost'i 1996 valminud uurimuses näidati *P. commutata* ning *E. verticillatum* liikide näitel eksperimentaalselt, et 6-12% lubjast settis fotosünteesi tulemusel, 10-20% aurustumise tulemusel ning 70-80% gaasi difusiooni teel.

### 3.3. Nõrglubja-allikate taimestik

Lubjarikaste allikaliste alade toitainete sisaldus on tavaliselt väga madal, samas kui liigirikkus on väga kõrge (Grootjans 2015). Allikate ja allikasoodete taimestiku enamasti domineerivaks osaks on sammaltaimed (Heino et al 2005; Tessler et al 2014). Teisi elupaigatüüpe, kus sammaltaimed nii suure osa kooslusest moodustavad, on üpris vähe (Tessler et al 2014). Sammaltaimede ohtrus ja liigiline kooslus on tihti kogu kasvukoha seisundit kajastav tunnus. Samblaliigid, mis on enamasti nõrglubja-allikatega seotud, on kammroodik *Palustriella commutata*, sõnajalg-nöorsamma *Cratoneurion filicinum* and lodu-lühikupar *Brachythecium rivulare* (Dort et al 2012). Kindlasti ei piirdu see aga ainult nende liikidega. 2002 (Pentecost, Zhahoui) aastal koostati nimekiri Inglismaal ja Prantsusmaal esinevatest kõige tavalisematest nõrglubja-allikate sammaldest, kuhu kuulus lausa 22 liiki.

Taimed, mida M. Ilomets on Eesti nõrglubja allikatele iseloomulikuks lugenud (EU habitats directive Article 17 Report) on kahjkasapunane sõrmkäpp *Dactylorhiza incarnata*, soo-neiuvaip *Epipactis palustris*, pääsusilm *Primula farinosa*, pruun sepsikas *Schoenus ferrugineus* ning sammaltaimedest harilik skorpionsammal *Scorpidium scorpioides*.

7220 elupaigatüübile iseloomulikeks liikideks loetakse Euroopa liidu kasvukohtade käsiraamatus (Interpretation Manual of European Union habitats EUR 28 2013) kirikakralehine hanerohi *Arabis soyeri*, merisalat *Cochlearia pyrenaica*, harilik võipätkas *Pinguicula vulgaris*, lapik kivirik *Saxifraga aizoides*. Sammaltaimedest mustpeasammal *Catocopium nigratum*, *C. filicinum*, *P. commutata*, sirproodik *Palustriella falcata*, männas-euklaadium *Eucladium verticillatum*, lubi-hümenostüülium *Humenostylium recurvirostre* (varem *Gymnostomum recurvirostrum*). Boreaalses piirkonnas on levinud ka eristarn *Carex appropinquata*, pajulill *Epilobium davuricum*, luga *Juncus triglumis*, sammaldest läikiv kurdsirbik *Hamatocaulis vernicosus* (varem *Drepanocladus vernicosus*), lubi-allikasammal *Philonotis calcarea*, skorpionsamblad *Scorpidium revolvens*, *S. cossoni*, põhja-roodik *Palustriella decipiens* (varem *Cratoneuron decipiens*), allika-pungsammal *Ptychostomum pseudotriquetrum* (varem *Bryum pseudotriquetrum*)

Eesti nõrglubja-allikate tunnusliikideks on loetud Eesti elupaigatüüpide käsiraamatu (Paal 2007) järgi soontaimedest lubikas *Sesleria caerulea*, *P. farinosa*, raudtarn *Carex davalliana* jt tarnad, lemmelill *Tofieldia calyculata*, *S. ferrugineus*, porss *Myrica gale*, kuninga-kuuskjalg *Pedicularis sceptrum-carolinum*. Käpalistest vööthuul-sõrmkäpp *Dactylorhiza fuchsii*, *D. incarnata*, hall ja tõmmu käpp *Orchis militaris*, *O. palustris*, harilik käöraamat *Gymnadenia conopsea*, *E. palustris*, suur käopõll *Listera ovata*. Sammaldest on tunnusliikideks lubi-allikasammal *Philonotis calcarea*, *C. filicinum*, *S. scorpioides*, sirge sirbik *Drepanocladus turgescens* (varem *Scorpidium turgescens*), tava-skorpionsammal *Scorpidium cossonii* (varem *Drepanocladus cossonii*), allika-pungsammal *Ptychostomum pseudotriquetrum*, *P. commutata*.

*Cratoneurion* on nõrglubja setitavate allikate koosluse teaduslik nimetus, mis on tuletatud *Cratoneurion commutatum* (nüüd *P. commutata*) nimest, kuna see sammal on koos paari teise liigiga tavaliselt nõrglubja-allikates väga rikkalikult esindatud (Heery 2007). Mõned sammalde liigid nagu ka vetikad võivad nõrglubja settimist kiirendada eemaldades veest süsinikdioksiidi fotosünteesi teel (Heery 2007). Samas on teada, et *P. commutata* ei levi ainult nõrglubja allikates, vaid võib esineda ka teistes kasvukohtades.

Sammaltaimed on head lubjasetitajad, kuna lisaks heale fotosünteesivõimele on neil ka hea ionivahetusvõime, suur katvus ja tihedalt paiknevad varred (Soudzilovskaia et al. 2010; Pentecost 2005). Kuna samblapadjandite sees on tihti vee voolukiirus väiksem, on seal ka soodsamad tingimused lubja settimiseks (Tessler et al 2014; Grootjans 2015). Taimi saab ka liigitada nõrglubja tekitajateks või nõrglubja passiivseteks kogujateks (mittetekitajateks) (Heery 2007). *P. commutata*, *E. verticillatum* ja *C. filicinum* on loetud nõrglubja tekitajateks. Seda on näha Heery (2007) töös, kus mõnel alal settis lubi ainult *P. commutata* padjanditel, kuigi teised liigid olid samuti alal esindatud. Soontaimedest on nõrglubja setitavate taimedena ära mainitud *Chara* ja *Potamogeton* perekonna liike (Grootjans et al 2015).

### 3.4. Nõrglubja-allikate peamine tunnusliik *Palustriella commutata*.

Ehkki elupaigatüübi tunnusliikidena on EU käsiraamatus toodud 12 sammaltaimede liiki, on *P. commutata* (varasemalt nimega *Cratoneurion commutatum*) elupaigatüüp 7220 nimiliik, kuna ta on koosluse *Cratoneuron* e *Cratoneuron commutatum* dominantliik ja on ka kõige sagedamini registreeritud nõrglubjaga seotud elupaikadega seostuv sammaltaim, mis on levinud kogu põhjapoolkeral (Pentecost 2005). *P. commutata* on paljudes varasemates töödes ära märgitud, kui oluline nõrglubja-allikate tunnusliik, kuid kaua aega *P. commutata* varieteediks peetud *P. falcata* ei ole varasemates töödes palju tähelepanu saanud. Nüüd on *P. falcata* aga omaette liigina käsitletav. ITS järjestuste analüüsil on välja selgitatud, et *P. falcata* on liikide *P. commutata* ja *P. decipiens* eellasest varem lahkenud, seega on *P. commutata* lähemalt suguluses hoopis liigiga *P. decipiens* (Hedenäs 2010). Sammaldele, mis kasvavad märgadel aladel, on iseloomulikuks ülimalt kõrge fenotüübiline plastilisus, mis tuleneb otsestest keskkonnamõjudest (Spitale, Petraglia 2010). *P. commutata* ning *P. falcata* on nõrglubja-allikates sageli esinevad liigid, mille eristamine on fenotüübilise plastilisuse tõttu mõnevõrra keeruline.

*P. commutata* kuulus varasema klassifikatsiooni järgi hoopis *Cratoneuron* perekonna hulka (C. *commutatum*). *Palustriella* perekond võib kergesti segi minna nii liigiga *C. filicinum* kui ka perekonna *Helodium* liikidega (Hedenäs 2003). Kuigi perekonnad *Palustriella* ja *Cratoneuron* on väga lähedalt suguluses, eristuvad nad siiski mitmete tunnuste alusel: perekond *Cratoneuron* lehed on siledad ning parafüllid lailanстетjad, perekond *Palustriella* lehed on pikivoldilised ning parafüllid on kitsaslantsetjad või lineaalsed (Hedenäs 2003; Hedenäs, Kooijman 2004). Euroopa sammaltaimede nimekirja järgi (Hodgetts 2015) esineb *Cratoneuron* perekonnas Euroopas 2 liiki (Eestis neist üks) ning *Palustriella* perekonnas 4 liiki (Eestis neist 3). Kõikide *Palustriella* liikide levikualadel on üpris kõrge mineraalainete sisaldus, mida näitab nende kasvukohtade kõrge pH tase, ionide sisaldus vees ning kaltsiumi ning biokarbonaatide tase (Hedenäs, Kooijman 2004). Hedenäs ja Kooijmani töös (2004) on leitud, et *P. commutata* on levinud aladel, kus on kõrge kaltsiumisisaldus, või vahel ka nendel aladel, kus kaltsiumisisaldus on küll madal, aga kaaliumi, naatriumi ja magneesiumisisaldus kõrge. Samas *P. falcatal* levikuliselt nii suuri piiranguid pole. PH-taseme eelistuste poolest erinevad need liigid aga vähe. Mõlemad liigid eelistavad kasvada

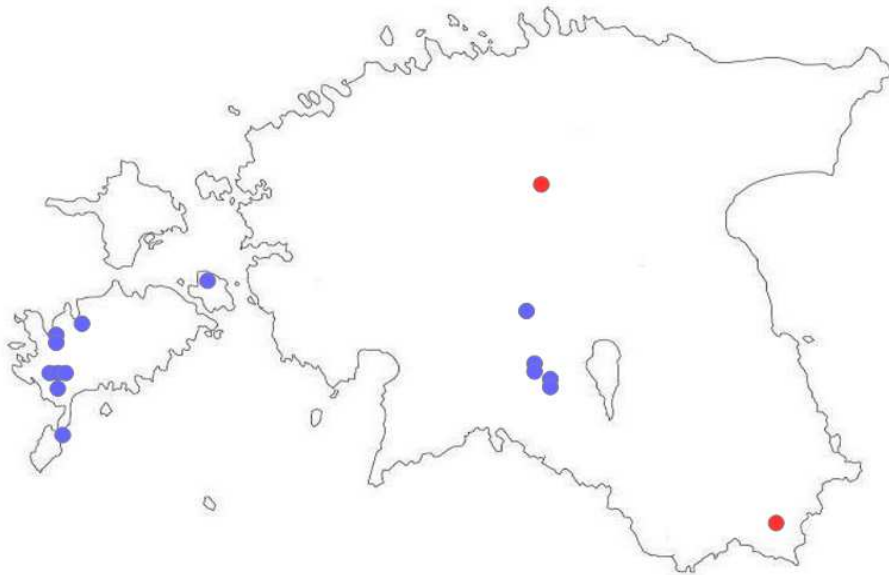
allikate läheduses. Mõlemad liigid kasvavad mineraalsel aluskivimil, kuid erinevus on selles, et *P. commutata* kasvab eranditult lubjakivil ning *P. falcata* talub ka happelisemat aluskivimit (Hedenäs, Kooijman 2004).

## 4. Materjalid ja meetodid

Kuna nõrglubja-allikate kohta Eestis pole ühtset nimestikku, siis kasutasin uurimisalade vaikul kolmeosalist käsikirjalist tööd „Nõrglubja allikad ja nõrglubja sood Eestis – otsing ja seisundi analüüs“ (Ilomets et al 2014). Valiku aluseks oli aruandes märgitud lubja aktiivne setitamine. Kuna selles töös puudus täpne kaardimaterjal ning koosluste kirjeldustest ei selgunud alati, kas tegu on tegutsevate nõrglubja allikatega või hoopis allikasoodega, siis võtsin uurimisalade hulka lisaks mõned hästi teata olevad allikad (Viidumäe, Viieristi, Üügu), mida eelpool nimetatud töös ei käsitletud.

Kokku analüüsi 14 allikat, millest 9 asusid Saaremaal ja 5 mandril. Käidi inspekteerimas veel kahte allikat mandril (Loosi ja Kiigumõisa), mille kohta Ilomets et al. (2014) aruandes oli märgitud aktiivne lubja settimine, kuid nende andmeid analüüsidesse ei kaasatud, kuna lubja settimist välitöödel ei täheldatud. Allikad jagunesid 8 ala vahel, millest ühel oli 4 proovipunkti, ühel 3, kahel 2 ning neljal 1 proovipunkt (Joonis 1.). Mandril uuritud allikad paiknesid Viljandimaal. Nendeks olid Viljandi järve idapoolse osa lõunakaldal kaks allikat, Olustvere-Jaska maantee ja Pelda oja ristumisala allikas ning Päre küla allikas. Päre allikast võeti proove kahest punktist, kuna allikas läbis nii metsa kui lagedat ala ning nende alade vahel oli silmnähtav erinevus nii kooslustes kui ka lubja settimises.

Saaremaa proovialadeks olid valitud Üügu pank, Viidumäe looduskaitseala (4 allikat), Viieristi, Lõuka lahe kõrval asuv sooala ning Pidula lahte suubuva Ligeoja kaks allikat.



**Joonis 3.** Proovipunktide paiknemine. Sinine punkt – kaasati analüüsi, Punane punkt-ei kaasatud

Taimkatteruutude ning keskkonnategurite mõõtmised leidsid aset vahemikul 8.06.15-15.06.15 ning 05.09.15-09.09.15. Igal allikal kirjeldati 3-5 taimeruutu, mille küljepikkus oli 20 cm ning lisaks kirjeldati ümbritsev kooslus ning märgiti, kas tegu oli lauge allikaga või märgatava nõlvakaldega allikaga. Kõik kirjeldatud ruudud fotografeeriti ning taimeliigid määrati koha peal või hiljem laboris (Foto 1). Ruutud kirjeldusel registreeriti üldkatvus ning soon- ning sammaltaimede katvused iga liigi puhul.



Foto 1. Näidis uuringus kasutatud taimkatteruudust

Tööde käigus registreeriti igas proovipunktis keskkonnategurid, milleks olid allika vee temperatuur, pH ja elektrijuhtivus. pH mõõtmiseks kasutati LT Ultron pHmeter pH-212 mudelit ning elektrijuhtivuse registreerimiseks kasutati LT Ultron Conductivitymeter mudelit CD-4302. Voolukiiruse mõõtmiseks kasutati OTT MF pro mõõdikut. Voolukiiruse jaoks tehti igas proovipunktis 5 mõõtmist ning andmeanalüüsiks kasutati nende viie mõõtmise keskmist. Andmestik salvestati OpenOffice Calc programmis ning andmetötluseks kasutati programmi Statistica 13. Liikide ordinatsioonanalüüs viidi läbi programmiga PC-Ord 5.0 (McCune, Grace 2002.).

Soontaimede ja sammalde määramiseks kasutasin Eesti soontaimede määrajat (Krall et al 1999) ja Eesti sammaltaimede määrajat (Ingerpuu et al 1998), pluto-F andmebaasis leiduvaid näidiseksemplare, Atlasband taimeatlast (Jäger et al 2003) ning isiklike märkmeid. Sammaltaimede nomenklatuur on uuendatud Vellak et al. (2015) alusel.

Nõrglubja-allikate indikaatorliikide sirpoodiku (*Palustriella falcata*) ja kammroodiku (*P. commutata*) leviku kirjeldamiseks ning võrdlemiseks kasutasin Tartu Ülikooli, Eesti Maaülikooli, Eesti Loodusmuuseumi ja Tallinna Botaanikaia herbaareksemplare ning antud uuringus kogutud materjali. Selleks kontrolliti üle antud kogude perekond *Palustriella* eksemplarid. Määramiseks kasutasin *Calliergon-Scorpidium-Drepanocladus* kompleksi määrajat (Hedenäs 2003) ning koostas nende leviku kohta tabel ning ArcGis 10 programmi abil levikukaardid.

## 5. Tulemused:

### 5.1. Proovialadel registreeritud liigid

Prooviruutudes registreerisime 18 samblataksonit, mis määrati kõik liigi tasemeni. Soontaimi kirjeldati 45, millest liigini määrati 42 ning perekonnani 3. See andmestik ei kirjelda kogu ümbritsevat kooslust, vaid ainult otsese vooluvee mõju all olevat. Suurim taimeliikide arv ühel ruudul (11 liiki) leiti Viidumäe allikal. Samal alal oli ka kõige suurem summaarne liikide arv, milleks oli 20. Sammaltaimede keskmine katvus üle kõigi alade oli 64,5 ( $\pm 16,1$ ) % ning soontaimede katvus üle kõigi alade 19,4 ( $\pm 13,6$ ) %. Suurima katvusega sammaltaimed olid *P. falcata* ning *C. filicinum*. Soontaimedest olid kõige suurema katvusega *M. caerulea* ja *S. ferrugineus*.

Leitud soontaimeliigid ja nende esinemissagedused uuritud aladel on toodud tabelites 1 ja 2.

**Tabel 1.** Uuringus tuvastatud soontaimeliigid ning proovialade arv, kust antud liiki leiti.

<b>Liiginimetus</b>	<b>alade arv</b>	<b>Liiginimetus</b>	<b>alade arv</b>
<i>Agrostis stolonifera</i>	1	<i>Galium sp</i>	1
<i>A. tenuis</i>	1	<i>Geum rivale</i>	1
<i>Alnus incana</i>	1	<i>Impatiens noli-tangere</i>	2
<i>Cardamine amara</i>	2	<i>I. parviflora</i>	3
<i>Carex canescens</i>	1	<i>Juncus articulatus</i>	2
<i>C. davalliana</i>	1	<i>J. subnodulosus</i>	2
<i>C. elata</i>	1	<i>Juniperus communis</i>	1
<i>C. flacca</i>	2	<i>Leontodon autumnalis</i>	1
<i>C. flava</i>	3	<i>Mentha aquatica</i>	1
<i>C. hostiana</i>	5	<i>Molinia caerulea</i>	5
<i>C. limosa</i>	1	<i>Myosotis sp</i>	1
<i>C. nigra</i>	1	<i>Parnassia palustris</i>	1
<i>C. panicea</i>	2	<i>Phalaris arundinacea</i>	1
<i>Centaureum erythraea</i>	1	<i>Pinguicula sp (vulgaris/alpina)</i>	3
<i>Cirsium oleraceum</i>	1	<i>Pinus sylvestris</i>	3
<i>Cladium mariscus</i>	1	<i>Poa trivialis</i>	2
<i>Drosera anglica</i>	2	<i>Potentilla erecta</i>	2
<i>Equisetum arvense</i>	2	<i>Primula farinosa</i>	3
<i>E. pratense</i>	3	<i>Schoenus ferrugineus</i>	3
<i>E. variegatum</i>	2	<i>Sesleria caerulea</i>	5
<i>Festuca ovina</i>	1	<i>Succisa pratensis</i>	1
<i>F. rubra</i>	2	<i>Tofieldia calyculata</i>	3
<i>Frangula alnus</i>	1		

**Tabel 2.**Uuringus tuvastatud sammaltaimeliigid ja proovialade arv, kust antud liiki leiti.

<b>Liiginimetus</b>	<b>alade arv</b>	<b>Liiginimetus</b>	<b>alade arv</b>
<i>Aneura pinguis</i>	3	<i>Palustriella commutata</i>	1
<i>Brachytecium rivulare</i>	4	<i>P. falcata</i>	6
<i>Ptychostumum pseudotriquetrum</i>	7	<i>Pellia endiviifolia</i>	1
<i>Calliergonella cuspidata</i>	3	<i>Philonotis calcarea</i>	2
<i>Campylium stellatum</i>	7	<i>Plagiomnium elatum</i>	2
<i>Catoscopium nigratum</i>	1	<i>P. undulatum</i>	1
<i>Cratoneurion filicinum</i>	7	<i>Preissia quadrata</i>	1
<i>Scorpidium cosonii</i>	4	<i>Rhizomnium punctatum</i>	1
<i>Mesoptychia rutheana</i>	1	<i>Scorpidium scorpioides</i>	1

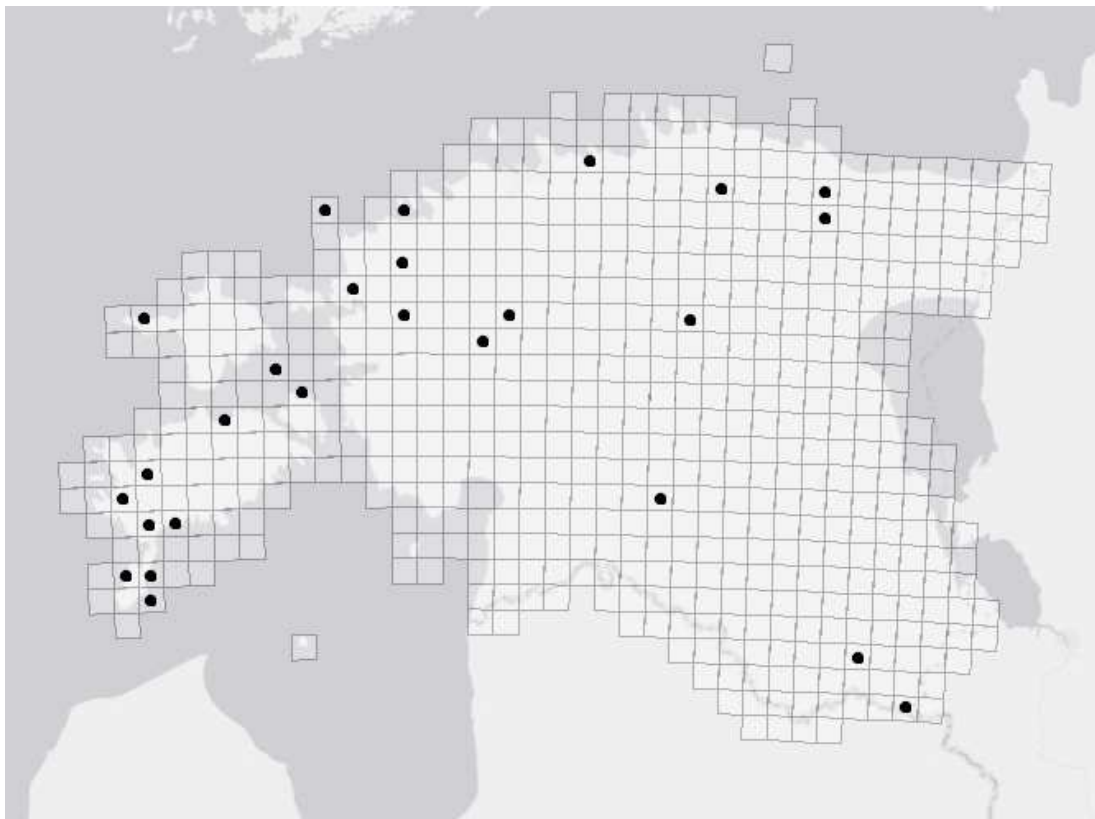
Soontaimede hulgas kõige laiemalt levinuks osutusid *M. caerulea*, *S. caerulea* ja *C. hostiana*.

*M. caerulea* ning *S. caerulea* on tüüpilised lubjaste kasvukohtade liigid. Kõige rohkematel aladel esinenud sammaltaimed olid *P. pseudotriquetrum*, *C. stellatum*, *C. filicinum* ja *P. falcata*.

Üllatuslikult esines *P. commutata* vaid ühel proovialal, vaatamata sellele, et see on loetud üheks põhiliseks nõrglubja-allikate tunnusliigiks. *P. falcata*, mis on vähem levinud, oli esindatud lausa 6 proovialal.

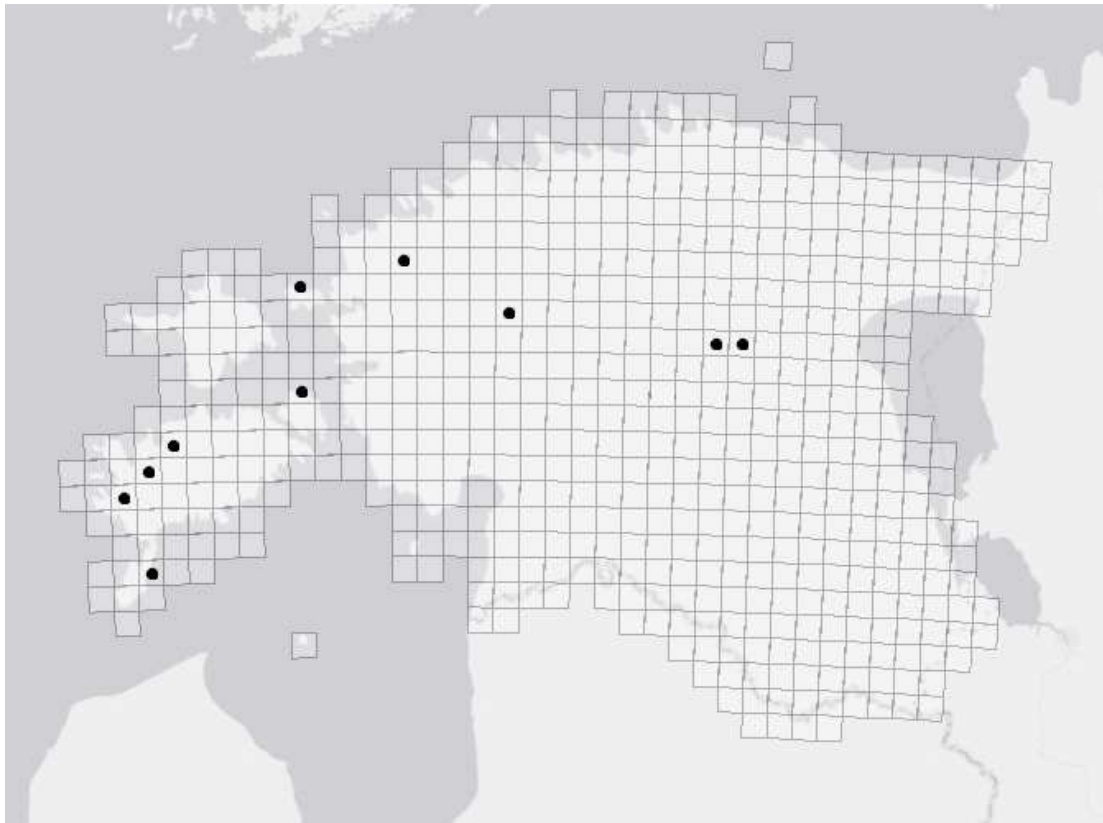
## 5.2. *P.commutata* ja *P. falcata* levikukaardid

Tartu Ülikooli, Eesti Maaülikooli, Tallinna botaanikaiaia ning Eesti loodusmuuseumi herbaareksemplaride ning lisaks ka selle magistritöö raames kogutud materjali põhjal koostati *P. commutata* ning *P. falcata* jaoks levikukaardid (Joonised 4 ja 5).



**Joonis 4.** *P. commutata* levik Eestis kogutud herbaarmaterjali põhjal

*P. commutata* on antud materjalile tuginedes Eestis üsna hõredalt levinud, rohkem esineb liiki Lääne-Eestis, eriti Saaremaal ja Läänemaal. Mõningad leiukohad on ka Kagu-Eestis ning Põhja-Eestis.



*Joonis 5 . P. falcata levik Eestis kogutud herbaarmaterjali põhjal*

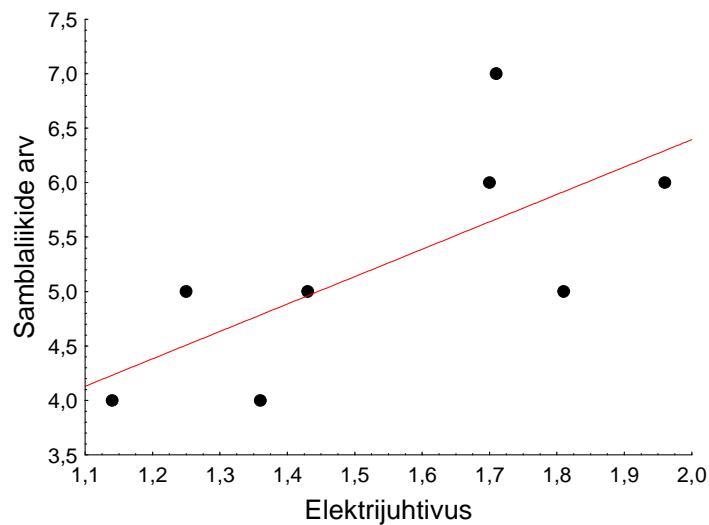
*P. falcata* levikukaart näitab, et levik ei ole nii lai, kui *P. commutata*. Senise materjali põhjal on seda liiki leitud vaid 10 kohast.

Kaartide võrdlusel on näha, et *Palustriella commutata* on Eestis laiemalt levinud kui *P. falcata*. Meie poolt uuritud nõrglubja-allikatel osutus enamlevinuks aga *P. falcata*. Mõlemad liigid on esindatud Saaremaal Viidumäe looduskaitseala piirkonnas ning samuti Üügu pangal ning Viieristi looduskaitsealal. Erinevalt *P. commutat*ast ei ole *P. falcata*t Põhja- ega Kagu-Eestist leitud.

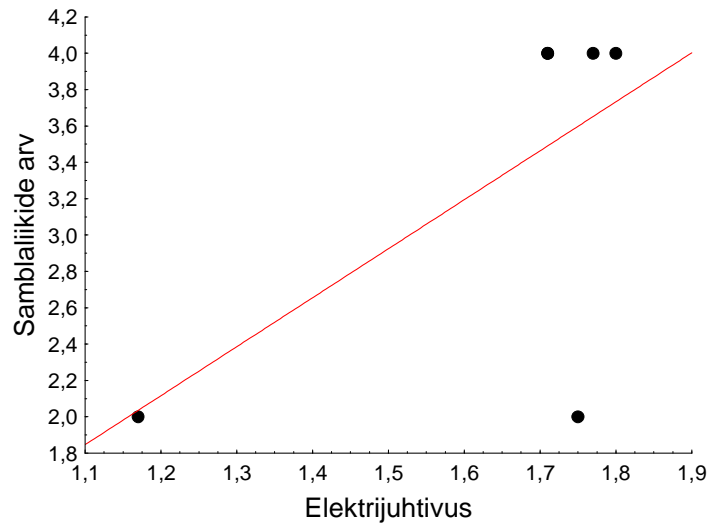
### 5.3. Regressioonanalüüsid

Enne põhjalikumate statistiliste analüüside tegemist koostasime Statistica 13 programmis kõikide registreeritud keskkonnafaktorite korrelatsioonimaatriksi. Korrelatsioonimaatriksi ülevaatamisel selgus, et voolukiirus ja elektrijuhtivus on omavahel oluliselt korreleerunud. Seega, et vältida korreleerumisest tulenevat infomüra, otsustasime voolukiiruse edasistest analüüsides välja jätta. Selleks, et visualiseerida keskkonnategurite ning taimestiku omavahelisi seoseid, loodi mitmeid regressioone. Regressioonanalüüsi tulemused on näha joonistel 6-9.

Kuigi sammaaltaimede arvukus suurenes elektrijuhtivuse tõusuga, siis regressioonanalüüs, et leida seost elektrijuhtivuse ning sammal- ning soontaimede liigirikkusega, statistiliselt olulisi tulemusi ei andnud. Samas muutus elektrijuhtivus oluliseks teguriks, kui vaadelda avatud ja varjuliste tingimustega allikaid eraldiseisvalt (Joonised 6 ja 7).



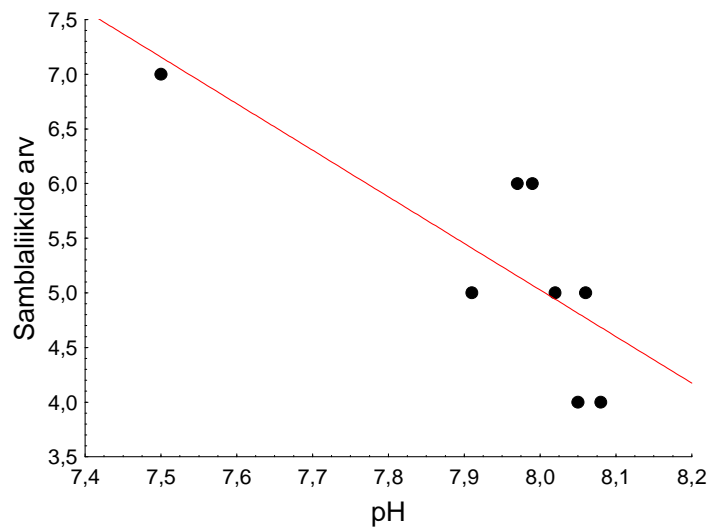
Joonis 6. Samblaliikide arvu sõltuvus elektrijuhtivusest avatud koosluses. ( $F=5,996$ ;  $R=0,707$ ;  $p=0,049$ ).



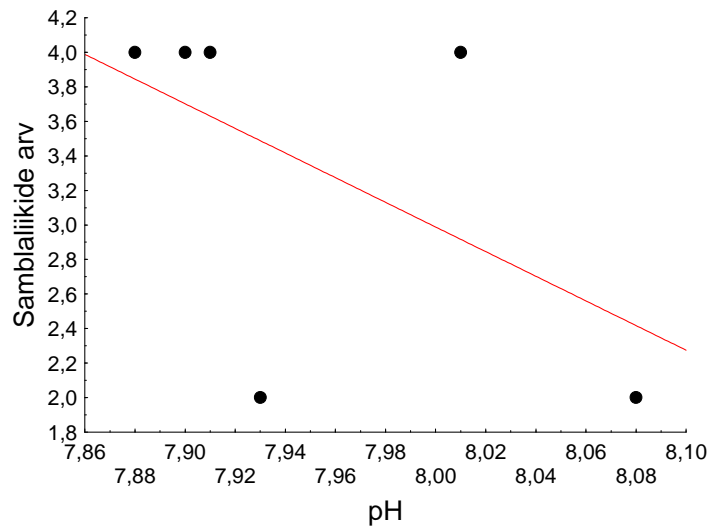
Joonis 7. Samblaliikide arvu sõltuvus elektrijuhtivusest varjulises koosluses ( $F=2,527$ ;  $R=0,622$ ;  $p=0,1877$ )

Varjulises koosluses elektrijuhtivus sammaltaimede liigirikkusele oluliseks ei osutunud. Samuti ei olnud elektrijuhtivus oluline ei varjus ega avatud koosluses soontaimedele. Võib öelda, et elektrijuhtivusel on sammaltaimedele suurem mõju kui soontaimedele.

Andmete esialgsel vaatlusel paistis, et samblaliikide arvukus väheneb pH tõustes ning soontaimede arvukus suureneb, kuid ka seos pH ja liigirikkuse vahel tuli nii sammal- kui soontaimede puhul ebaoluline. Ka pH muutus oluliseks siis, kui vaadelda avatud ja varjulises koosluses paiknevaid allikaid eraldi (Joonised 8 ja 9)



Joonis 8. Samblaliikide arvukuse seos pH tasemega avatud koosluses ( $F=9,19$ ;  $R=0,778$ ;  $p=0,023$ )



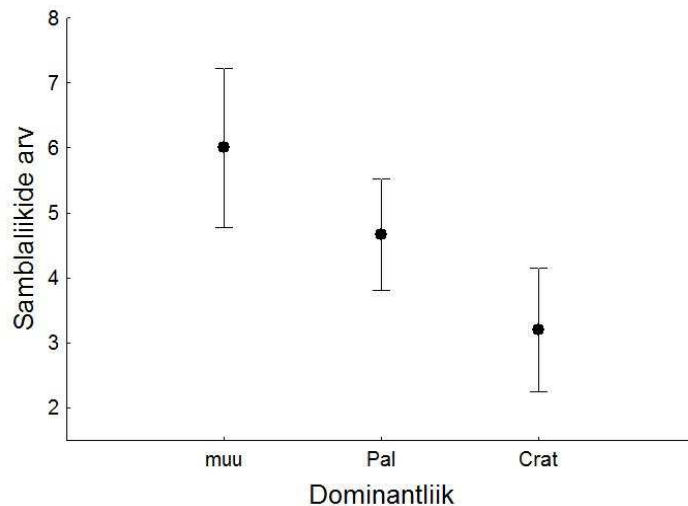
Joonis 9. Samblaliikide arvukuse seos pH tasemega varjulises koosluses ( $F=1,6$ ;  $R=0,534$ ;  $p=0,275$ )

Samblaliikide sõltuvus pH tasemest ilmneb avatud kooslustes. Avatud kooslustes on samblaliikide arvukus pH-ga negatiivses sõltuvuses. Varjutingimustes sõltuvus pH-st statistiliselt oluliseks ei olnud. Samuti ei olnud statistiliselt oluline seos Soontaimede liigirikkuse ning pH vahel.

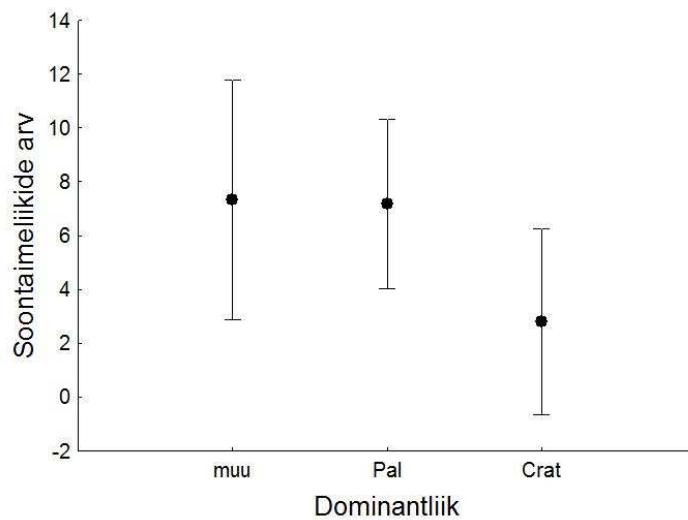
Nii sammaltaimede kui ka soontaimede liigirikkus kasvas temperatuuri tõustes, kuid analüüsil ei olnud kumbki seos statistiliselt oluline.

## 5.4. Dispersioonanalüüsi (ANOVA) tulemused

Andmestik oli jaotatud mitme tunnuse alusel gruppideks. Kasutasime ANOVA analüüsi, et võrrelda gruppide omavahelisi erinevusi. Jaotused olid tehtud võttes arvesse allikate paigutust kaardil (Saar-Manner), dominantliiki (*Cratoneuron-Palustriella-Muu*), allikat ümbritsevat kooslust (Avatud-Varjuline).



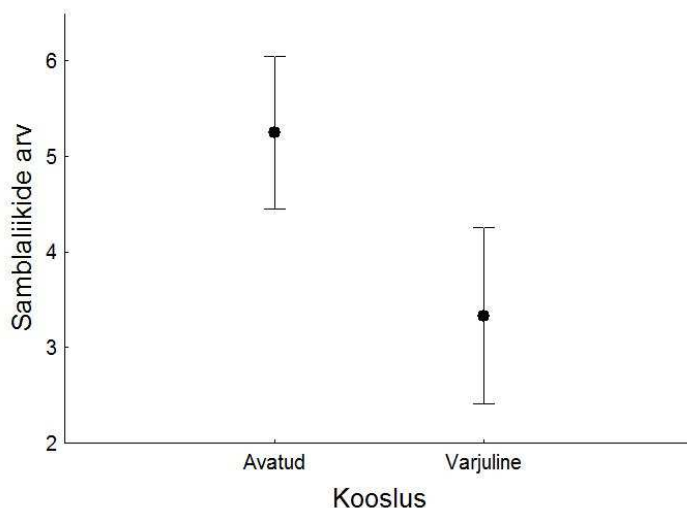
**Joonis 12.** Samblaikide arvu sõltuvus dominantliigist ( $F=8,302$ ;  $p=0,006$ )



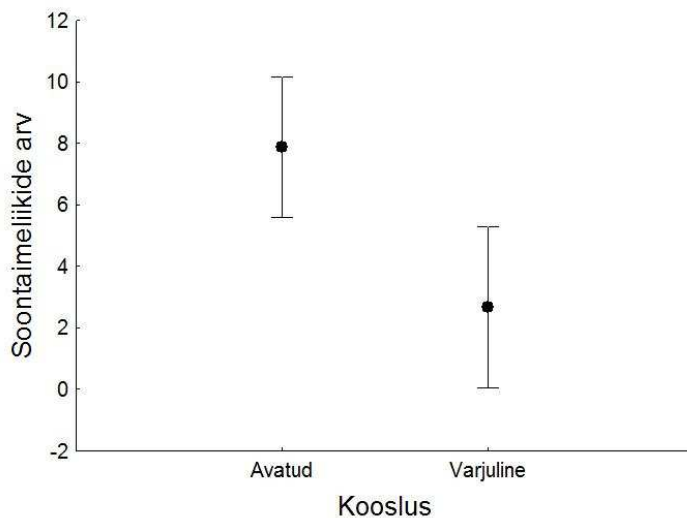
**Joonis 13.** Soontaimeliikide arvu sõltuvus dominantliigist ( $F=2,577$ ;  $p=0,121$ )

Joonisetal 12 ja 13 on näha, et *Cratoneuroni* domineerimisega aladel on nii sammal- kui ka

soontaimede liigirikkus oluliselt madalam kui *Palustriella* või mõne muu liigi domineerimisega alal. Lisaks on ka *Palustriella* domineerimisega aladel oluliselt väiksem sammaltaimede liigirikkus, kui teiste dominantliikide puhul. Soontaimede liigirikkus on oluliselt suurem *Cratoneuroni* domineerimisega aladel, kuid *Palustriella* ning muude liikide domineerimise puhul on liigirikkus jäänud suhteliselt sarnaseks. Selle pärast pole kõiki kolme faktoriastet arvesse võttes ka mudel oluliseks tulnud (Joonised 14 ja 15).



**Joonis 14.** Samblaliikide arvu sõltuvus ümbritsevast kooslusest.



**Joonis 15.** Soontaimeliikide arvu sõltuvus ümbritsevast kooslusest.

Ka ümbritseva koosluse erinevus andis statistiliselt olulisi tulemusi. Nii sammal- kui ka soontaimede puhul on varjulise koosluse liigirikkus palju väiksem kui avatud koosluses asuvas allikas.

Mandri ja saare võrdlus meie andmestiku põhjal statistiliselt olulisi erinevusi ei näidanud.

## 5.5. Üldine lineaarne mudel (GLM)

Üldine lineaarmudel (GLM), kuhu olid arvatud kategoorilise faktorina koosluse avatus, pidevate faktoritena allikavee temperatuur, elektrijuhtivus ja pH ning sõltuva faktorina sammalde liigirikkus osutus oluliseks ( $F=12,2$ ;  $p=0,001$ ). Tabelis 3 on näha, et sammalde liigirikkust mõjutavate nelja faktori hulgast osutusid oluliseks kaks: pH ja koosluse avatus. Elektrijuhtivuse mõju jäi napilt ebaoluliseks.

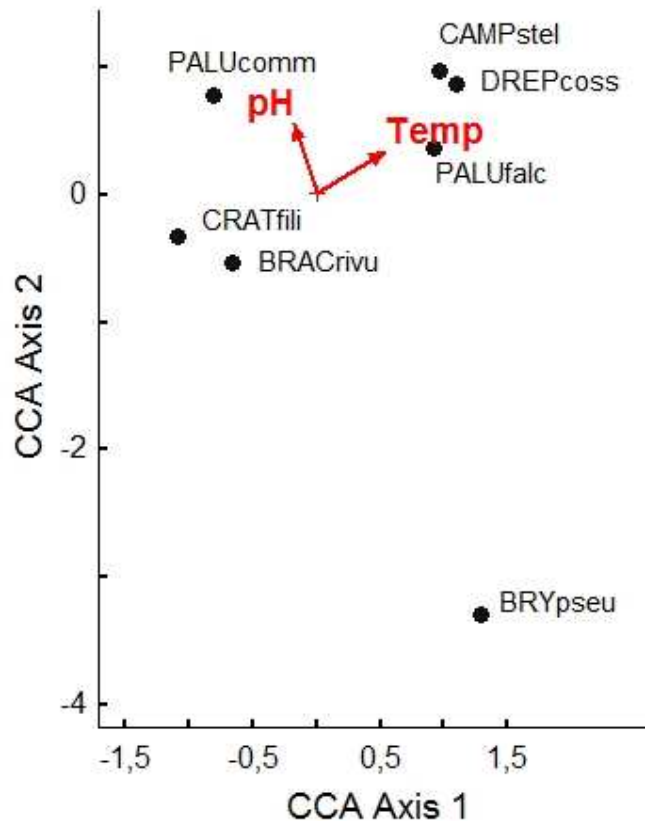
**Tabel 3.** Uuritud faktorite mõju nõrglubja-allikate sammalde liigirikkusele GLM alusel.  $N= 14$ ;  $Df=1$ .

Faktor	F	p
Vabaliige	6,339	0,033
temperatuur	2,436	0,153
pH	6,733	0,028
elektrijuhtivus	5,075	0,051
koosluse avatus	10,974	0,009

Soontaimede liigirikkusele koostatud üldine lineaarne mudel osustus ebaoluliseks ( $F=2,6$ ;  $p=0,11$ ).

## 5.6. Ordinatsioon

Kuna eelnevatel analüüsidel oli näha, et sammaltaimede liigirikkus on meie mõõdetud keskkonnateguritega palju rohkem seotud, samas kui soontaimede puhul seos tihti puudub ning soontaimede katvused olid väga väikesed, siis ordinatsioonanalüüs viidi läbi ainult samblaliikide ning keskkonnateguritega. Tulemused on näha joonisel (Joonis 18).



**Joonis 18.** CCA ordinatsioonianalüüsi tulemused. Lühendid: PALUcomm – *Palustriella commutata*, PALUfalc – *Palustriella falcata*, CAMPstel – *Cmapylium stellatum*, DREPcoss – *Scorpidium cossonii*, CRATfili – *Cratoneuron filicinum*, BRACrivu – *Brachytecium rivulare*, BRYpseu – *Ptychostomum pseudotriquetrum*. Lühendid tulenevad vanadest liiginimedest.

CCA analüüsi 1. telje omaväärtus on 0,528, teise telje omaväärtus on 0,335. Tunnuse varieeruvusest on kumulatiivselt seletatud 36,4%. pH on esimese teljega negatiivses sõltuvuses ning temperatuur esimese teljega positiivses sõltuvuses. Elektri juhtivus ordinatsioonanalüüsil oluliseks ei tulnud. Jooniselt 18 on näha, et *P. commutata* on kõige kõrgema pH-eelistusega, samas kui *P. pseudotriquetrum* eelistab suhteliselt madalat pH-taset. Kõrgemat temperatuuri eelistavad *C. stellatum*, *S. cossonii* ning *P. falcata*. *C. filicinum* ning *B. rivulare* eelistavad suhteliselt madalamaid temperatuure. Sama võib öelda ka *P. commutata* kohta.

## 6. Arutelu

Käesoleva uuringu põhjal ilmnesid nii mõnedki uued aspektid Eesti nõrglubja-allikate taimestiku kohta. Nagu välja toodud Heery (2007) töös, oli ka meie aladel sagedaseimad ning suurima katvusega samblad perekond *Palustriella* liigid ja *C. filicinum*. Minu töö põhjal võib täpsustada seni teadaolevaid elupaiga Eesti tunnusliikide nimekirju (Paal 2007; Truus, Ilomets 2012). Sageduse alusel reastatuna oleksid tähtsamad *C. filicinum*, *P. pseudotriquetrum*, *C. stellatum*, *P. falcata* ja *B. rivulare*. Viimasena toodud liiki pole seni Eestis selle elupaiga tunnusliigina mainitud, ehki näiteks Hollandis on ta kindlalt tunnusliikide loetelus (Dort et al. 2012). Lisaks võib minu andmetel selles elupaigas leida küllalt sageli helviksammalde hulka kuuluvat *A. pinguist*, mida samuti seni Eesti tunnusliikide seas pole mainitud. Soontaimedest domineerivaid liike polnud. Eesti tunnusliikide loeteludega (Paal 2007; Truus, Ilomets 2012) sarnaselt osutusid ka minu töö põhjal sagedasemateks *S. caerulea*, *T. calyculata*, *P. farinosa* ja *S. ferrugineus*. Lisaks neile osutusid sagedaseks veel *C. hostiana*, *M. caerulea*, *I. parviflora* ning perekondade *Pinguicula* ja *Equisetum* liigid.

Kuna kõigil nõrglubja-allikatel ei pruugi esineda indikaatorliike ning ka indikaatorliikide nimistud erinevad eri riikides ja piirkondades, siis on selle elupaiga äratundmiseks eelkõige vaja tuvastada kas esineb allikaveest lubja sadenemist ning kas selles sadenemises osalevad ka sammaltaimed, mida näitab samblavarte alaosa ümbritsev lubjakiht (Ingerpuu 2015).

Vaatamata varem teadaolevale (Heery 2007; Evans 2006; Paal 2007), et nõrglubja-allikate kõige tavalisem liik on *P. commutata*, oli meie uuringus seda liiki leitud vaid ühel alal. Ülejäänud *Palustriella* perekonna esindajad kuulusid liiki *P. falcata*. Sellist tulemust toetab Rootsis tehtud uurimus (Hedenäs, Kooijman 2004), kus näidatakse, et *P. falcata* on laiema levialaga ning keskkonnatingimuste osas vähem nõudlik. Samas Eesti andmete põhjal koostatud levikukaardid näitavad just *P. commutata* laiemat levikut. Ka kogu Euroopas on seniste andmete põhjal (Hodgetts 2015) *P. falcata* vähem levinud: seitsmekümnest euroopa riigist või regioonist on *P. commutata* leitud viiekümne seitsmest (neist kuues on liik punases nimestikus), kuid *P. falcata* vaid kolmekümne kolmes (neist viies punases nimestikus). Kui Eesti piires on tegu kontrollitud andmetega, siis kogu Euroopa andmestiku puhul on võimalik, et paljud varasemad uuringud on *P. commutata* osakaalu üle hinnandu *P. falcata* varasema varieteedistaatuse tõttu.

Elupaigatüübi liigirikkuse erinevuste analüüs näitas, et geograafiline paiknemine siin mõju ei avaldanud – mandril ning saarte vahel taimede liigirikkuses statistiliselt olulisi erinevusi polnud. Küll aga leiti oluline erinevus avatud ning varjulises koosluses paiknevate allikate taimestiku liigirikkuses. Varjulises koosluses paiknevate allikate liigirikkus oli nii sammal- kui ka soontaimede poolest palju väiksem. Sammaltaimede liigirikkus erines oluliselt ka erineva dominantliigiga kooslustes. Perekonnad *Cratoneuron* ja *Palustriella* liikide domineerimise puhul oli liigirikkus oluliselt väiksem kui mõne muu liigi domineerimise l. Siin võib põhjuseks olla see, et teatud keskkonnatingimuste kombinatsiooni puhul osutuvad eelnimetatud liigid tugevamateks konkurentideks. See hüpotees vajaks aga eksperimentaalset kontrolli. GLM Analüüs kogu andmestikuga näitas, et sammalde liigirikkust oluliselt mõjutavateks keskkonnateguriteks olid nii koosluse avatus kui ka allikavee pH. Suurem liigirikkus esines avatud kooslustes ning kõrgema pH-ga allikavee korral. Samas USA jõgede uuring ei näidanud olulist seost sammalde liigirikkuse ja vee pH vahel (Tessler et al. 2014) ning ka Lääne-Karpaatide lubjarikaste allikasooode uuring (Hájkova, Hájek 2003) näitas, et väikeseskaalalise liigirikkusega vee pH väärtused polnud olulises seoses. Samblaliikide arv oli positiivses seoses allikavee elektrijuhtivusega, kuid see seos jäi napilt ebaoluliseks.

Allikad võivad olla abiks, et vastata küsimustele sammal- ja soontaimdude liigirikkuse muutuste erinevusele kohta vastusena keskkonnatingimustele (Sekulova et al 2011). Minu andmetel selgus, et meie poolt uuritud keskkonnatingimused olid olulised pigem sammaltaimede liigirikkusele kui soontaimede omale. Lisaks oli sammaltaimede liigirikkuse seos allikavee pH-ga positiivne, soontaimede liigirikkuse seos aga negatiivne, ehkki ebaoluliselt.

Ordinatsioon sammaltaimede liikidega näitas, et kõrgeima pH-eelistusega samblaliik oli *P. commutata*. Teiste liikidega võrreldes kõige madalama pH-eelistusega oli *P. pseudotriquetrum*. Madalamat temperatuuri eelistasid kõik nõrglubja-allikate tunnusliigid *C. filicinum*, *B. rivulare*, *P. commutata* ja *P. pseudotriquetrum*. Tulemus on seaduspärane, kuna temperatuurid allikavees on meie tingimustes alati madalamad kui muudes vooluvetes. Kui võrrelda minu tulemusi sammalde reaktsioonieelistuste kohta koostatud väärarvudega (Düll 1991), siis selgub, et kõrgeimat reaktsiooni väärarvu (8) omav *P. commutata* osutus ka minu uurimuses suurimat pH väärtust näitavaks liigiks. Samas *B. rivulare*, reaktsiooni väärarvuga 5 (mõõdukat happelisust eelistav), ning *P. pseudotriquetrum*, väärarvuga 7 (nõrgalt happelist ja nõrgalt aluselist keskkonda eelistav), osutusid minu uurimuse järgi vastupidise eelistusega olevateks. *B. rivulare* eelistas Eesti nõrglubja-

allikates aluselisemat keskkonda kui *P. pseudotriquetrum*. Seega kesk-Euroopa andmete põhjal koostatud Düll'i väärtarvud (1991) ei pruugi igas regioonis kehtida.

Nõrglubja-allikate elupaigatüüp on kogu Euroopa ulatuses ohustatud. Peale otsese inimõju ohustab seda elupaika ka kliima soojenemine. Uurimuses, mis käsitles 66 külmaveelist allikat Põhja-Euroopas, täheldati enamuses veetemperatuuri olulist tõusu ajavahemikus 1968 kuni 2012 (Jyväsjärvi et al. 2015). Kagu-Soome allikaid käsitlevas töös (Juutinen 2011) leiti, et 50 aasta jooksul on allikatele iseloomulike liikide osakaal oluliselt vähenenud. Samas on leitud, et juba rikutud nõrglubja-allikate taastamine on väga raske (Grootjans et al. 2015). Seega on oluline teostada täiendavaid uuringuid selle elupaiga kohta Eestis ning võtta kaitse ja ka seire alla veel olemasolevad funktsioneerivad nõrglubja-allikad.

## Kokkuvõte

Antud töö eesmärk oli kirjeldada Eesti nõrglubja-allikate (elupaigatüüp 7220 Euroopa direktiivi elupaigatüüpide käsiraamatust) taimestikku ning selle seoseid keskkonnatingimuste ja geograafilise paiknemisega. Samuti oli eesmärgiks võrrelda Eesti nõrglubja-allikaid ja nende taimkatet teistes Euroopa riikides kirjeldatutega ning leida võimalikud olemasolevad eripärad sõltuvalt meie kliimast ning taimestikust.

Nõrglubja-allikate taimestikku on nii Eestis kui Euroopas võrdlemisi vähe uuritud ning selle elupaigatüübi seisund on Euroopas valdavalt hinnatud kas ebasoodsaks või ebarahuldavaks. Antud töös uuriti 16 potentsiaalset nõrglubja-allikat. Neist kaks jäeti edasisest analüüsist kõrvale, kui sellele elupaigatübile enam mitte vastavad.

Kokku leiti Eesti nõrglubja-allikatelt 45 soontaime ja 18 sammaltaimeliiki. Sagedaseimad sammaltaimed olid *C. filicinum*, *C. stellatum*, *P. pseudotriquetrum* ja *P. falcata*. ja soontaimed...*S. caerulea*, *M. caerulea* ja *C. hostiana*. Töö võimaldas täpsustada seni Eestis teadaolevat nõrglubja-allikate indikaatornimestikku, kuhu lisandusid sammaltaimedest *B. rivulare* ja *A. pinguis* ning soontaimedest *Carex hostiana*.

Elupaigatüübi nimiperkonna liikidele *P. commutata* ja *P. falcata* koostatud levikukaardid näitasid, et *P. commutata* on Eestis enamlevinud. Samas uuritud nõrglubja-allikatel leiti teda võrreldes *P. falcata*'ga vähem.

Analüüs keskkonnatingimustega näitas, et soontaimede liigirikkus oli olulislt suurem avatud kooslustes, muud keskkonnafaktorid soontaimede liigirikkusele olulist mõju ei avaldanud. Ka sammaltaimede liigirikkus oli olulislt suurem avatud kooslustes, kuid lisaks avaldas positiivset olulist mõju ka allikavee pH ja elektrijuhtivus. Ordiantsoonianalüüsiga selgitati domineerivate samblaliikide seoseid pH ja temperatuuriga.

## Summary

The vegetation of petrifying springs in Estonia and its relation with environmental conditions.

The aim for this study was to describe Estonian petrifying springs (EU Habitats directive type 7220) and their vegetation and the vegetations relations with the environmental factors and geographical location. We wanted also to compare the Estonian petrifying springs with the springs in the other European countries and find the potential differences based on our climate and vegetation.

The vegetation of petrifying springs is in Estonia and in the whole Europe poorly studied and the condition of the habitat type is categorised as unfavourable or bad. In this study 16 potential petrifying springs were studied, two of which were not included in the analysis due to the bad conditions of the habitat.

In the studied springs we found 45 tracheophyte species and 18 bryophyte species. Most frequent bryophytes were *C. filicinum*, *C. stellatum*, *P. pseudotriquetrum* and *P. falcata* and most frequent tracheophyte species were *S. caerulea*, *M. caerulea* and *C. hostiana*. The study gives the opportunity to specify the list of indicator species of Estonian petrifying springs, where *B. rivulare*, *A. pinguis* and *C. hostiana* could be added based on our results.

The distribution maps of the habitat name-species *P. commutata* and *P. falcata* show, that *P. commutata* is more common in Estonia. Although in the study-areas was *P. falcata* more common.

The analysis with the environmental factors showed that the species richness of tracheophytes is higher in open environments. Other factors did not affect the species richness of tracheophytes. The species richness of bryophytes was also higher in springs that were located in open habitats. Also, we found a positive influence of pH and conductivity on the species richness of bryophytes.

## Tänuavaldused

Ma tahan tänada oma juhendajat Nele Ingerpuud toetuse ja abi eest magistritöö koostamisel.

Samuti saab minu tänusõnad Kai Vellak hea nõu eest andmete analüüsil ning Mart Thalfeldt välitöödeks vajaliku aparatuuri laenamise eest. Lisaks veel suured tänud Christoph Sieve'le toetuse eest.

## Kasutatud kirjandus

EU Habitats Directive, 1992. Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. – Office for Official Publication of the European Union, lk 65.

European Topic Centre of Biological Diversity (28.02.2014). [www]

<http://bd.eionet.europa.eu/article17/reports2012/habitat/summary/?period=3&group=Bogs%2C+mires+%26+fens&subject=7220&region=> (12.05.2016)

Bunce, R.G.H., Rogers, M.B.B., Evans, D., Jongman, R.H.G., 2012. Rule based system for in situ identification of Annex I habitats. Wageningen, Alterra, Alterra Report 2276.

Dort, K., Oirschot-Beerens, L., Weinreich, H. 2012. Bryophyte vegetation in petrifying springs with tufa in Limburg (Netherlands).

Düll, R. 1991. Zeigewerte von Laub- und Lebermoosen. Scripta Geobotanica 18: 175-215

Evans, D. 2006. The Habitats of the European Union habitats directive. Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy 106B (3), 167-173.

Grootjans, A., Bulte, M., Wolejko, L., Pakalne, M., Dullo, B., Eck, N., Fritz, C. 2015. Prospects of damaged calcareous spring systems in temperate Europe: Can we restore travertine-marl deposition? Folia Geobot 50: 1-11

Hajkova, P., Hajek, M. 2003. Species richness and above-ground biomass of poor and calcareous spring ens in the flysch West Carpathians, and their relationships to water and soil chemistry. Preslia 71: 271-287

Hedenäs, L. 2003. The European species of the Calliergon-Scorpidium-Drepanocladus complex, including some related or similar species. Meylania 28.

Hedenäs, L., Kooijman, A. 2004. Habitat differentiation within *Palustriella*. *Lindbergia* 29: 40-50

Hedenäs, L. 2010. ITS distinguishes *Palustriella falcata* from *P. commutata* and *P. decipiens*, but not from *P. pluristratosa* (Bryophyta: Amblystegiaceae). *Nova Heddwigia* 138: 51-60.

Heery, S. 2007. A survey of tufa-forming (petrifying) springs in the Slieve Bloom, Ireland. Offaly Co. Co. and Laois Co. Co.

Heino, J., Virtanen, R., Vuori, K-M., Saastamoinen, J., Ohtonen, A., Muotka, T. 2005. Spring bryophytes in forested landscapes: Land use effects on bryophyte species richness, community structure and persistence. *Biological conservation* 124: 539-545.

Hodgetts, N.G. 2015. Checklist and country status of European bryophytes – towards a new Red List for Europe. *Irish Wildlife Manuals* 84. National Parks and Wildlife Service, Department of Arts, Heritage and the Gaeltacht, Ireland.

Ilomets, M., Pajula, R., Sepp, K., Truus, L. 2012. Calcareous spring fens in South Estonia. Estonia. *Geographical studies* 11, 122-141. Estonian Geographical Society: Estonian Academy Publishers, Tallinn.

Ingerpuu, N., Vellak, K. 1998 . *Eesti Sammalde Määraja*. EPMÜ. Eesti Loodusfoto. Tartu. lk196

Juutinen, R., 2011. The decrease of rich fen bryophytes in springs as a consequence of large-scale environmental loss. A 50-year re-sampling study. *Lindbergia* 34: 2-8.

Jäger, E.J., Müller, F., Ritz, C.M., Welk, E., Wesche, K. 2003. *Rothmaler Exkursflora von Deutschland, Gefäßpflanzen: Atlasband*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.

Jyväsjärvi, J., Marttila, H., Rossi, P.M., Ala-Aho, P., Olofsson, B., Nisell, J., Backman, B., Ilmonen, J., Virtanen, R., Paasivirta, L., Britschgi, R., Klove, B., Muotka, T. 2015. Climate-induced warming imposes a threat to north European spring ecosystems. *Global Change Biology* 21: 4561-4569.

Kink, H., 2004. Eurolätted. Natura 2000 loodushoiualad Eestis. Eesti Loodus 5, 30-34.

Klove, B., Ala-Aho, P., Bertrand, G., Gurdak, J.J., Kupfersberger, H., Kvaerner, J., Muotka, T., Mykrä, H., Preda, E., Rossi, P., Uvo, C.B., Velasco, E., Pulido-Velasques, M. 2015. Climate change impacts on groundwater and dependent ecosystems. *Journal of Hydrology* 518: 250-266.

Krall, H., Kukk, T., Kull, T., Kuusk, V., Leht, M., Oja, T., Reier, Ü., Sepp, S., Zingel, H., Tuulik, T. 1999. Eesti taimede määraja. Eesti Loodusfoto, Tartu.

McCune, B., Grace, J.B. 2002. Analysis of ecological communities. MjM Software Design, Gleneden Beach, OR, US

Paal, J. 2007. Loodusdirektiivi elupaigatüüpide käsiraamat. Tartu Ülikool, Tartu. lk 166-168.'

Pajula, R., Ilomets, M. 2012. Juhend loodusdirektiivi I lisa soo-elupaigatüüpide seisundi hindamiseks. MTÜ Eesti Märgalade Ühing, Tallinn.

Pentecost, A. 1995. Geochemistry of carbon dioxide in six travertine-depositing waters of Italy. *Journal of Hydrology* 167: 163-278.

Pentecost, A. 1996. Moss growth and travertine deposition: the significance of photosynthesis, evaporation and degassing of carbon dioxide. *Journal of Bryology* 19:2, 229-234.

Pentecost, A., Zhaohui, Z. 2002. Bryophytes from some travertine-depositing sites in France and the U.K.: relationships with climate and water chemistry.

Pentecost, A. 2005. Travertine. Netherlands: Kluwer academic publishers Group, Dordrecht.

Sekulova, L., Hajek, M., Hajkova, P., Mikulašková, E., Buttler, A., Syrovatka, V., Rozbrojova, Z. 2011. Patterns of bryophyte and vascular plant richness in European subalpine springs. *Plant Ecology* 213: 237-249.

Soudzilovskaja, N.A., Cornelissen, J.H.C., During, H.J., van Logtestijn, R.S.P., Lang, S.I., Aerts, R. 2010. Similar cation exchange capacities among bryophyte species refute and presumed mechanism of peatland acidification. *Ecology* 91 (9): 2716-2726.

Spitale, D., Petraglia, A. 2010. *Palustriella falcata* (Brid.) Hedenäs (Amblystegiaceae, Bryopsida) with pluristratose lamina: morphological variability of specimens in springs of the Italian Alps. *Plant systematics and evolution* 286: 59-68.

Tessler, M., Truhn, K.M., Bliss-Moreau, M., Wehr, J.D. 2014. Diversity and distribution of stream bryophytes: does pH matter? *Freshwater science* 33(3): 778-787.

Viles, H.A., Pentecost, A. 2007. Tufa and Travertine. *Geochemical Sediments and Landscapes* (eds D. J. Nash and S. J. McLaren), Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK.

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, Miina Rikka,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

Eesti nõrglubja-allikate taimestik ja selle seosed keskkonnatingimustega,

mille juhendaja on Nele Ingerpuu,

- 1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
  - 1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, **20.05.2016**