

TARTU ÜLIKOOL

Loodus- ja tehnoloogiateaduskond

Ökoloogia ja Maateaduste Instituut

Botaanika osakond

Piia Jaksi

# **Õõtsikute taimkate ja selle kujunemine**

Bakalaureusetöö bioloogias

Juhendaja: PhD Nele Ingerpuu

TARTU 2014

## Sisukord

Sissejuhatus .....	4
1. Õõtsikud parasvöötmes .....	6
1.1 Õõtsikute tekkimine.....	6
1.2 Õõtsikute toitelus .....	6
1.3 Aastaaegade mõju õõtsikutele .....	7
1.4 Veetaseme kõikumise mõju õõtsikutele .....	7
1.5 Õõtsikud Eestis .....	8
1.5.1 Õõtsik-madalsood .....	9
1.5.2 Õõtsik-siirdesood .....	10
2. Õõtsikud troopikas .....	12
3. Õõtsikute taimestik.....	13
3.1 Soontaimed .....	13
3.1.1 Veetaimede jaotus .....	13
3.1.2 Kohastumused hõljumiseks .....	14
3.2 Sarmalaimed. Veesamblad .....	15
3.3 Parasvöötme õõtsikute tähtsamaid liike .....	16
3.3.1 Ubaleht ( <i>Menyanthes trifoliata</i> ).....	16
3.3.2 Vesikarikas ( <i>Stratiotes aloides</i> ) .....	17
3.3.2.1 Eutrofeerumise mõju vesikarikale.....	17
3.3.2.2 Vesikarika kohastumused sesoonsele kliimale .....	18
3.3.3 Harilik skorpionsammal ( <i>Scorpidium scorpioides</i> ) .....	19
3.3.4 Turbasamblad.....	20
3.3.4.1 Harilik turbasammal ( <i>Sphagnum flexuosum</i> ) .....	21
3.3.4.2 Loigu-turbasammal ( <i>Sphagnum inundatum</i> ).....	22
3.3.4.3 Lodu-turbasammal ( <i>Sphagnum subsecundum</i> ) .....	23
3.3.4.4 Tõmp turbasammal ( <i>Sphagnum obtusum</i> ).....	23
3.4 Troopiliste õõtsikute tähtsamaid liike.....	24
3.4.1 Vesihüatsint ( <i>Eichhornia crassipes</i> ) .....	24
3.4.1.1 Vesihüatsindi mõju ökoloogilisele kooslusele .....	25
3.4.1.2 Vesihüatsindi sotsiaal-majanduslikud mõjud.....	26
3.4.2 Vesisalat ( <i>Pistia stratiotes</i> ) .....	26

3.4.2.1 Vesisalati kasutamine raskemetallide eemaldamisel.....	27
3.4.2.2 Vesihüatsindi ja vesisalati kasutamine õli ja reovee eemaldamisel .....	27
3.4.3 <i>Echinochloa polystachya</i> .....	28
Kokkuvõte .....	30
Summary .....	32
Tänuavaldused.....	33
Kasutatud kirjandus.....	34

## Sissejuhatus

Õõtsikute taimkate on kas juurdunud või vabalt hõljuv mageda vee kooslus. UNESCO maailma taimkate klassifitseerimise ja kaardistamise komitee väljaandes (1973) jaotatakse magevee taimkate kaheks suureks rühmaks: juurdunud magevee kooslused ja vabalt hõljuvad magevee kooslused. Juurdunud taimekoosluse moodustavad veetaimed, mis on vastupidiselt kaldaveetaimedele struktuurselt vee poolt toetatud. See rühm on jaotatud omakorda kaheks: a) troopilised ja subtroopilised rohundite kooslused, kus ei ole märkimisväärseid erinevusi aastaegade muutumisel, nagu näiteks Amasoonase viktooria (*Victoria amazonica*) kooslused Amasoonase jõel ja b) keskmiste ja kõrgemate laiuskraadide rohundite kooslused, kus esinevad suured aastaajalised kontrastid, näiteks vesiroosi (*Nymphaea*) ja vesikupu (*Nuphar*) kooslused. Vabalt hõljuvad kooslused on samuti kaheks jaotatud: a) troopilised ja subtroopilised vabalt hõljuvad kooslused nagu vesisalati (*Pistia*), vesihüatsindi (*Eichornia*), *Azolla pinnata* jt kooslused; ja b) vabalt hõljuvad kooslused keskmistel ja kõrgematel laiuskraadidel, mis talvel kaovad, nagu *Utricularia purpurea* ja lemle (*Lemna*) kooslused (UNESCO 1973).

Sellesse süsteemi ei paigutu aga parasvöötmes levivad sammalderohked õõtsikud. Paal (2004) järgi on õõtsik märgalaline taimekooslus, mis on tekkinud veekogude kinnikasvamisel. Taimede läbipõimunud juurtest, sammaldest, turbast ja risoomidest moodustub iseloomulik õõtskamar, mille alla jääb püdelala muda või vee kiht. Kamara pind on tavaliselt kaetud turba- või pruunsammaldega, kuid püsib hõljuvana pudeltarna (*Carex rostrata*), niitja tarna (*Carex lasiocarpa*), luhttarna (*Carex elata*), ubalehe (*Menyanthes trifoliata*) ja teiste liikide risoomide tõttu (Rydin & Jeglun 2006).

Õõtsikud on pidevalt pinnaveega küllastunud, kuid mitte üleujutatud. Taimestiku poolest on parasvöötme õõtsikud väga sarnased madal- või siirdesoodega. Õõtsikud tekivad kas järvede kinnikasvamise käigus või suurematel sooladel veesoonte piirkonnas ning rabade servamäredes (Paal 2011).

Õõtsikud on troopikas väga tähtsad varjupaigad kaladele (Henderson & Hamilton 1995) ning väga liigirikkad elupaigad selgrootutele loomadele (Hamilton *et al.* 1992). Vesihüatsindist moodustunud taimekamarad püüavad endasse fütoplanktonit ja detriiti ning vähendavad sellega veekogu läbipaistvust (Rommens *et al.* 2003). Ka parasvöötmes on veetaimestikul

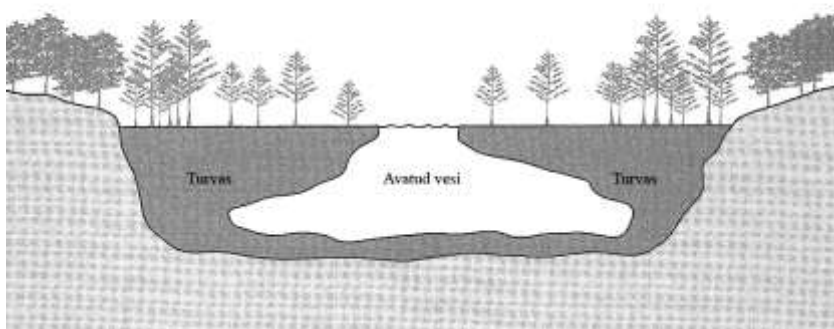
suur mõju nii kalade (Mello *et al.* 2009) kui selgrootute mitmekesisusele järvedes (Burks *et al.* 2006). Õõtsikud ja sealne taimestik näitavad hästi ka veekogu toitelist seisundit (Paal 2011; Laasimer 1965).

Selle töö eesmärgiks on kirjeldada õõtsikute taimkatet, selle kujunemist ja anda ülevaade nende levikust.

# 1.Õõtsikud parasvöötmes

## 1.1 Õõtsikute tekkimine

Õõtsikud tekivad veekogude kinnikasvamisel. Kõige paremini kasvavad kinni eutroofsed, aeglaselt voolavad veekogud või seisva veega järved (Marek 1992). Järved kasvavad kinni kahte moodi. Esimesel juhul hakkab järv kinni kasvama põhjast, kui järv on veel eutroofses faasis ja sügavus lubab makrofüütidel juurduda. Järve hõivavad taimekooslused klassist penikeelelised (*Potamogetonetea*). Teisel juhul tekib ujuv taimestik, kui taimed moodustavad ujuva kamara, mis sisaldab juuri ja risoome. See taimestik kuulub *Scheuchzerio-caricetea* klassi (Marek 1992). Selline kinnikasvamine saab toimuda vaid väikeste tuule eest hästi kaitstud järvede kallastel. Kõige enam toimub järvede kinnikasvamine siiski üheaegselt nii põhjast kui kaldailt (Paal 2011). Surnud taimed jäävad kamara pinnale ning õõtsik järjest tiheneb ning levib. Sügavamas vees tekib orgaanika settimisel järvemuda, mille tihenedes moodustub sapropeel. Sapropeelikihhi kasvades hakkavad veekogu põhja asustama taimekooslused. Madalamas vees, kus kasvavad kõrkjad (*Scripus*), pilliroog (*Phragmites*) ja tarnad (*Carex*), tekib turvas. Kui veekogu põhi täitub sapropeeliga ja veekihi sügavus järjest väheneb, tungivad kaldaveetaimed veekogu keskosa poole. Nii kattub kõigepealt sapropeel ja seejärel järvemuda lasund turbaga. Eestis on ligi pooled sood tekkinud veekogude kinnikasvamise tulemusena (Valk 1988). Joonisel 1 on kujutatud tüüpilise õõtsiku profiil.



Joonis 1: Õõtsiku profiil (Mitsch et al. 2009).

## 1.2 Õõtsikute toitetus

Õõtsikutel saab eristada troofsuse ehk toitetususe kolme taset. Eutroofse toitetususega õõtsikamar moodustub nõudlikumatest sammalde ja rohttaimede liikidest, kui kõrge

produktiivsusega eutroofsed järved hakkavad kinni kasvama (Paal 2011, Laasimer 1965). Mesotroofsed õõtssood tekivad eutroofsete veekogude edasisel soostumisel, kuid ka suuremate soomassiivide servaaladel, kuhu valguvad rabaveed. Oligotroofse toitelisusega õõtsik tekib düstroofsete veekogude kinnikasvamisel ning toitained saadakse toitainetevaesest põhjaveest. Õõtskamar moodustub erinevatest turbasambla liikidest, mudatarnast (*Carex limosa*) ja teistest rabataimede liikidest (Laasimer 1965).

### **1.3 Aastaaegade mõju õõtsikutele**

Õõtsikute ujuvust mõjutab gaasi produktsioon, mis on seotud temperatuuri ja aastaaegade vaheldumisega. Hogg ja Wein (1988a) leidsid oma uuringus kohest gaasimullide taseme tõusu, kui veealuse mati temperatuur tõusis. Kamara ujumist mõjutab kõige rohkem anaeroobse lagundamise ajal metaani produktsioon temperatuuri tõusmisel. Sügavamates turbakihtides gaasi produktsioon ilmselt ei suurene, kuna temperatuur on aastaringselt enam-vähem ühtlane. Kui matt muutub gaasimullide hulga suurenedes piisavalt ujuvaks, väheneb toitaineterikka vee juurdevool kamara pinnale. Õhukesel kamaral tungivad soontaimede juured läbi mati mineraalsest pinnasest rikastatud veeni ja saavad sealt toitained. Mati tihenedes ja ujuvamaks muutudes eraldub taimestik üha rohkem mineraalsest veest, mis viib ombrotroofsete tingimuste ja soo tekkimiseni (Hogg & Wein 1988a).

### **1.4 Veetaseme kõikumise mõju õõtsikutele**

Poolveelistes kasvukohtades võib aastasisene veetaseme kõikumine soodustada märgala taimestiku mitmekesisustumist (Riis & Hawes 2002; Van Geest *et al.* 2005a; Jansson *et al.* 2005). Veetaseme langemine soodustab hapniku juurdepääsu veekogu põhja ja suurendab veealuste taimede hapnikuga varustatavust (Van Geest *et al.* 2007). Veetaseme kõikumise puudumine võib mõnel juhul soodustada hüpoksiat (Bunch *et al.* 2010).

Negatiivne efekt veetaseme kõikumisest võib ilmneda kevadel või suvel. Kevadeti võib järves tekkida jõgedest kanduva üleujutava vee tõttu liigne sadestus (Van Geest *et al.* 2005b). Sellisel juhul võivad veekogud muutuda sogaseks ning taimed võivad kannatada CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> ning valguse vähesuse all (Mommer & Visser 2005; Perata *et al.* 2011; Voesenek *et al.* 2006). Hapniku ja valguse juurdepääsu vähenemine veekogu põhja pärsib kaldaäärse taimestiku levikut (Smolders *et al.* 2003).

Hidding *et al.* (2014) uurisid üleujutuste mõju, toitainete kättesaadavust ja struktuurse toe olemasolu õõtskamarate moodustumisel. Üleujutused mõjutavad roomavaid kasvuvorme tunduvalt enam kui kõrgekasvulisi liike. Madalakasvulised liigid võivad kogeda stressi täielikult vee all olles. Kõrge kasvuvorm aitab taimedel toime tulla üleujutustega ilma, et nad peaksid sõltuma ebaefektiivsest fotosünteesist, gaasitranspordist ja võsude pikendamisest. Üleujutused ja hilisemad veetaseme langemised pärssisid mitmete makrofüütide horisontaalselt laienemist. Nendeks olid soovõhk (*Calla palustris*), ubaleht (*Menyanthes trifoliata*) ja *Boerhavia erecta* (Hidding *et al.* 2014; Mommer & Visser 2005).

Veetaseme kõikumise ulatuse ja sageduse vähenemine koos eutrofeerumisega on arvatavasti põhjustanud bioloogilise mitmekesisuse ja kaldaäärse taimestiku laienemise vähenemise (Lamers *et al.* 2002; Sarneel & Soons 2012). Näiteks on õõtsikud muutunud Hollandis haruldaseks, kuigi varasemalt olid õõtsikud turvastunud kallastega järvedel tavalised (Lamers *et al.* 2002; Sarneel *et al.* 2011). See väärtuslik elupaigatüüp on nüüd asendunud vähem mitmekesisema pilliroo ja hundinuia taimestikuga (Hidding *et al.* 2014).

Paljud taimed on kohastunud veetaseme kõikumisega omades erilehelisust ehk heterofülliat. See nähtus lubab taimel hakkama saada nii kuivades kui üleujutatud tingimustes ning annab eelise sukeltaimede ees, kes ei saa väljaspool veekeskkonda elada, ning kaldataimede ees, kes ei ole harjunud pideva üleujutusega. Paljudel erilehelistel taimedel on munajad, elliptilised või ümarad veepealsed lehed ning pikemad lintjad veealused lehed (Sculthorpe 1967; Kaul 1976).

Hidding *et al.* (2014) poolt läbi viidud uurimus näitas, et sootaimede horisontaalse leviku soodustamiseks ja seega sootaimestiku mitmekesisuse suurendamiseks võib veetaseme muutlikkuse taastamine kujutada ohtu haruldastele roomava kasvuviisiga taimedele. Samas võib see soodustada tavaliste liikide kasvu, kui üleujutused toimuvad kasvuperioodil. Haruldased taimed olid lühikesed, tavalised taimed olid pikakasvulised. Pikas perspektiivis on veetaseme kõikumisel positiivne mõju bioloogilisele mitmekesisusele, ujuvkamarate moodustumisele, järve kinnikasvamise suktessioonile ning idandite kasvule (Hidding *et al.* 2014).

## 1.5 Õõtsikud Eestis



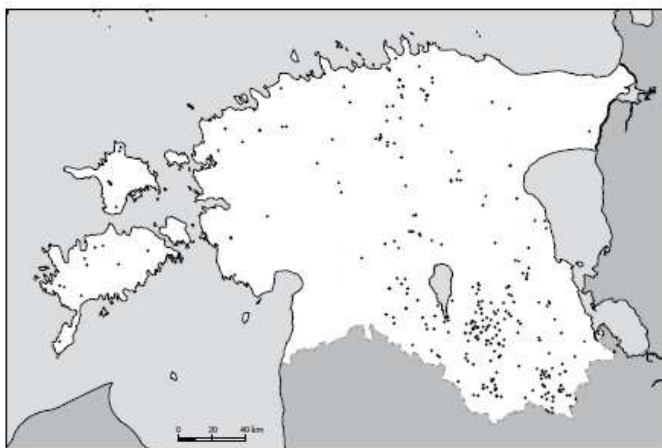
Eestis esinevad õõtsik-madalsoo ja õõtsik-siirdesoo kasvukohatüübid. Mõlemad tekivad veekogude kinnikasvamisel, kuid õõtsik-siirdesood on kujunenud ka õõtsik-madalsoodest kamara paksenedes ja turvastudes ehk edasisel rabastumisel (Paal 1997).

### 1.5.1 Õõtsik-madalsood

See kasvukohatüüp on liigivaene ning sageli domineerib vaid üks liik. Muld on suhteliselt toiterikas püdel mudane turvas. Taimed omastavad toitaineid põhja-, pinna- ja tulvavetest ning sademetest ja on seega eutroofse toitelisusega (Paal 1997).

Õõtsik-madalsoode üldpindala on 2076 ha, millest 1219 ha on kaetud vaid seda tüüpi soodega. Ülejäänud aladel leidub ka õõtsik-siirdesoid ning liigivaeseid madalsoid. Lisaks leidub neid kasvukohatüüpe veel kitsa ribana järvede ümbruses, mida pole kogupindalasse arvestatud. Seega võib kogupindala olla vähemalt 2200 ha (Paal & Leibak 2013).

Joonisel 2 on märgitud õõtsik-madalsood Eestis. Nende levik on ebahühtlane ning seda kasvukohatüüpi leidub üle kogu Eesti. Kõige rohkem leidub neid Kagu-Eesti kõrgustike piirkonnas, kuid ka Vahe-Eesti põhjaosas, Loode-Eestis ja Hiiumaal. Suurtel aladel ei ole õõtsik-madalsoid Lääne-, Edela- ja Kirde-Eestis. Pindalalt on sood väikesed. Ainult Avaste soo idaserv Lääne-Eestis, Kivijärve soo Vooremaal ja Kar'asoo Setomaal pindala on üle 100 ha. Umbes kolmandiku soode pindala on alla 1 ha (Paal & Leibak 2013).



Joonis 2: Õõtsik-madalsoode levik Eestis (Paal & Leibak 2013).

1950. aastatel oli Laasimeri (1965) andmetel õõtsiksoode pindala 1300 ha. Kuid see hinnang hõlmas osaliselt ka õõtsik-siirdesoid. Siiski on õõtsik-madalsoode pindala suurenenud vähemalt 40%. Suurenemine on toimunud järvede kinnikasvamise ja veetaseme alandamise tulemusena (Paal & Leibak 2013).

Õõtsik-madalsoodest on kaitse all 1180 ha ehk 57% nende üldpindalast. 85% kaitsealustest soodest on kõrge või ülikõrge looduskaitse väärtusega. Kivijärve soo (134 ha) Jõgeva lähedal, Kar'soo (106 ha) ja Sepasoo (30 ha) Värska ümbruses on veel potentsiaalsete kaitse alla võetavate soode nimekirjas (Paal & Leibak 2013).

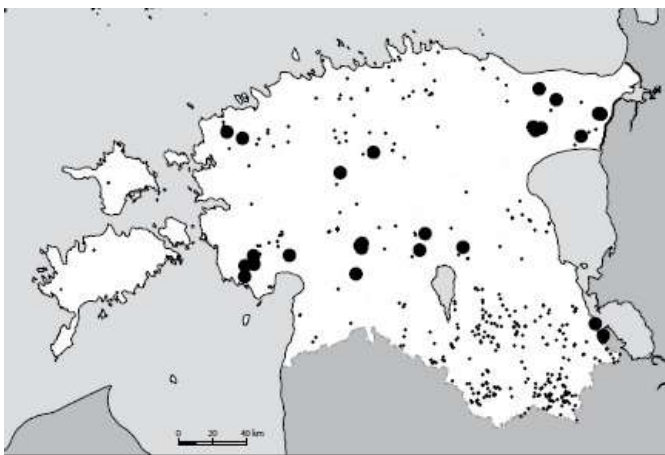
Tähtsamad taimekooslused

1. Pruuni sepsika-skorpionisambla kooslus (*Scorpidio-Schoenetum*) esineb Lääne-Eestis ning iseloomulik on tihe samblarinne, mis koosneb skorpionsamblast. Rohurinde moodustavad pruun sepsikas (*Schoenus ferrugineus*), pääsusilm (*Primula farinosa*), harilik tarn (*Carex nigra*), ahtalehine villpea (*Eriophorum angustifolium*), kahkjaspunane sõrmkäpp (*Dactylorhiza incarnata*), kärkseõis (*Ophrys insectifera*), pikalehine huulhein (*Drosera anglica*), vahelmine vesihernes (*Utricularia intermedia*), pilliroog (*Phragmites australis*). Tüüpilised samblad on harilik skorpionsammal (*Scorpidium scorpioides*), tähtkuldsammal (*Campylium stellatum*), tavasirbik (*Drepanocladus cossoni*) ja soorasvasammal (*Aneura pinguis*) (Paal 1997).
2. Pilliroo kooslus (*Phragmitetum australis*), mille levinumad liigid on pilliroog (*Phragmites australis*), kukesaba (*Lythrum salicaria*), niitjas tarn (*Carex lasiocarpa*), soomadar (*Galium palustre*). Sammaldest on levinumad harilik teravtipp (*Calliergonella cuspidata*) ja harilik skorpionsammal (*Scorpidium scorpioides*) (Paal 1997).
3. Konnaosja koosluse (*Equisetetum fluviatilis*) tüüpilisteks liikideks on konnaosi (*Equisetum fluviatile*), ubaleht (*Menyanthes trifoliata*), soopihl (*Comarum palustre*), ussilill (*Lysimachia thyrsoiflora*), pudeltarn (*Carex rostrata*) ja ümartarn (*Carex diandra*) (Paal 1997).

### 1.5.2 Õõtsik-siirdesood

Ka see kasvukohatüüp on suhteliselt liigivaene ning tihti domineerib üks liik. Siirdesoomuld on püdel mudase turbaga ning keskmiselt toiterikas. Toitaineid omastatakse sademetest ning vähemal määral ka põhja- ja tulvavetest ning õõtsik-siirdesood on seega mesotroofse toitelisusega (Paal 1995). Need kooslused on tavaliselt kinnikasvavate järvede ümbruses või juba kinnikasvanud järvede kohal, rabalaamade vahel kunagiste soosaarte asemel, kuhu on valgunud rabaveed ning soo-ojade ääres (Paal & Leibak 2013).

Õõtsik-siirdesoo kasvukohatüübi võib jagada kolmeks alatüübiks. Esimeseks tüübiks on suured õõtssood rabade ning soo-ojade ääres, mis on kujunenud endiste mineraalmaade soostumisel. Neid esineb põhiliselt Alutaguse ja Vahe-Eesti suurtes soostikes nagu Puhatu, Muraka, Vonka Pususoo, Keava, Soosaare, Laeva, Peenarsoo, Kuresoo, Öördi ja Nigula. Teiseks tüübiks on õõtsik-madalsoodest tekkinud väiksemad õõtssood järvede kallastel, mis paiknevad enamasti Kagu-Eestis ja Harjumaal. Kolmandaks on veerežiimi muutumise tõttu kujunenud sekundaarsed õõtsiksood vanades tükkturba kaevandamise karjäärides ja freesturbaväljadel (Paal & Leibak 2013). Joonisel 3 on märgitud õõtsik-siirdesoodo paiknemine Eestis.



Joonis: Õõtsik-siirdesoodo levik Eestis. Suuremate täppidega on tähistatud sood pindalaga üle 50 ha (Paal & Leibak 2013).

Õõtsik-siirdesoid on Eestis üldpindalaga 4628 ha, millest 2330 ha on kaetud ainult selle sootüübiga. Ülejäänud aladel esinesid peamiselt ka rohu-siirdesood ja õõtsik-madalsood. Ka see kooslusetüüp on Eestis ebahühtlaselt levinud. Neid ei leidu suurtel aladel Lääne-, Kesk- ja Kirde-Eestis ning saartel. Kaitse all on õõtsik-siirdesoid 3727 ha ehk 81% üldpindalast (Paal & Leibak 2013).

#### Tähtsamad taimekooslused

1. Niitja tarna-skorpionsambla kooslus (*Scorpidio-Caricetum lasiocarpae*), mille rohurinde moodustavad niitjas tarn (*Carex lasiocarpa*), rabakas (*Scheuchzeria palustris*), valge nokkhein (*Rhynchospora alba*), pikalehine huulhein (*Drosera anglica*). Sammaldest on levinuim harilik skorpionsammal (*Scorpidium scorpioides*) (Paal 1997).

2. Ümartarna kooslus (*Caricetum diandrae*) on liigivaene ning esineb enamasti väikeste kogumikena. Tüüpiline liik on ümartarn (*Carex diandra*) (Paal 1997).
3. Ubalehe-mudatarna kooslus (*Cariceto limosae-Menyathetum*) on samuti liigivaene kooslus ning esineb väga toitevaestel õõtsikutel. Levinumad liigid on ubaleht (*Menyanthes trifoliata*), mis on monodominant ning mudatarn (*Carex limosa*) (Paal 1997).

## 2. Õõtsikud troopikas

Õõtsikuid esineb troopikas kõikides maailmajagudes, kuid kõige enam on nad levinud Amasoonase piirkonnas. Amasoonase lammialade järvedes esineb lisaks avatud veele ja aegajalt üleujutatud metsadele õõtsiktaimestiku kooslused. Need kõrge fotosünteesilise aktiivsusega taimed paiknevad aladel, mis on suurem osa aastast üleujutatud. Samas jäävad taimed ka kuivematel perioodidel fotosünteesiliselt aktiivseks. Taimede ülemised osad püsivad üleujutuste ajal veepinnal ning võivad muutuda juurtetuks (Junk 1997). Kõrrelised *Echinochloa polystachya*, *Paspalum fasciculatum* ja *Paspalum repensona* moodustavad ulatuslikke ainuliigilisi ujuvaid kamaraid, mis kiirendavad setete moodustumist oma küllusliku kasvuga. Kõrreliste juured ning tekkinud detriit tagavad paljudele veeorganismidele toidu ja varjupaiga (Piedade *et al.* 2010). Lisaks ennetab kamarate moodustumine erosiooni ja edendab lammialade suksessiooni (Piedade *et al.* 1991). Vabalt hõljuvad ja sukeldunud liigid domineerivad veelises ehk üleujutuste faasis. Kui üleujutused on liiga tugevad, võivad kamarad pinnasest eemalduda ning hoovustega mujale kanduda moodustades nii ujuvaid saari (Piedade *et al.* 2010). Lammide suksessiooni alguses hakkavad ujuvat kamarat moodustama liigid, mis suudavad vaid osaliselt hõljuda nagu *Ludwigia affinis*, *Andropogon bicornis*, *Scirpus cubensis* jt. Järgmised taimed muudavad juurte ja võsunditega kamara tihedamaks ning asendavad esialgsed liigid. Veevahetus ujuvas kamaras muutub väiksemaks. Hapnikuvaeguses aeglustub orgaanilise aine lagundamine ning õõtsikamar pakseneb. Tihti muutub kamar liiga raskeks ning vajub veekogu põhja, kuid surnud orgaanilisest materjalist tekkinud gaas võib kamara jälle pinnale tõsta ning kamar hõivatakse uuesti taimede poolt (Junk 1997).

Kesk-Amasoonase lammialadel on veekogu põhja juurdunud ning vees hõljuvate lehtedega Amasoonase viktooria (*Victoria amazonica*) rikkaliku kasvuga, kuid *Nymphaea amazonumi*

levik on väiksem veeliste ja poolveeliste kõrreliste jõulise kasvu tõttu. Hoolimata lammialade suurest veetaseme kõikumisest on mitmeid juurdunud liike, mille lehed on pealpool veepinda nagu *Echinochloa polystachya*, *Oryza perennis* ja *Hymenachne amplexicaulis*. Nad on väga edukalt koloniseerides moodustanud suuri populatsioone. Mitmeid troopikas esinevaid liike võib pidada üleminekuvormideks vabalt hõljuvate ja juurdunud taimede vahel. *Luziola spruceana*, *Oryza perennis*, *Leersia hexandra*, *Paspalum repens* ja *Montrichardia arborescens* on madalates vetes veekogu põhja juurdunud, kuid sügavates vetes muutuvad hõljuvateks. Vabalt hõljuvaid liike on väga mitmesuguseid. Näiteks vesihüatsint (*Eichhornia crassipes*), *Scripus cubensis*, vesisalat (*Pistia stratiotes*) ja kõrv-salviinia (*Salvinia auriculata*) kasvavad troopilises keskkonnas väga külluslikult. Mõned liigid nagu *Limnobium stoloniferum* ja roomav-ludviigia (*Ludwigia natans*) moodustavad nii vees hõljuvaid kui ka vee pinnal olevaid lehti (Junk 1997).

### **3. Õõtsikute taimestik**

#### **3.1 Soontaimed**

##### **3.1.1 Veetaimede jaotus**

Makrofüüdid ehk nähtavad veetaimed elavad veekogudes, mille sügavus on kuni 3 m (Marek 1992). Veeliste makrofüütide alla kuuluvad mändvetiktaimed, sammaltaimed, sõnajalgtaimed ja seemnetaimed.

Taimede kasvu- ja eluvorme hõlmates saab veetaimed jaotada amfifüütideks, helofüütideks, nümfeiidideks, elodeiidideks, isoetiidideks ja pleustoniteks. Amfifüüdid elavad vee ja maa piiril ning võivad sõltuvalt keskkonnatingimustest kasvuvormi muuta. Helofüüdid ehk kaldaveetaimed ulatuvad veepinnale ning on juurtega kinnitunud veekogu põhja (Kvet *et al.* 2009). Tavaliselt on tegu kõrgete graminoididega. Tihti domineerivad sellised taimed soodes ja lodudes ning ääristavad järvi. Tüüpilised taimeliigid on papüürus-lõikhein (*Cyperus Papyrus*), harilik pilliroog (*Phragmites australis*), hundinuia perekond (*Typha*), kaiseli perekond (*Schoenoplectus*) ning paljud rohhtaimed nagu soovõhk (*Calla palustris*), ussilill (*Lysimachia thyrsoiflora*), ubaleht (*Menyanthes trifoliata*) ja harilik soopihl (*Potentilla palustris*) (Symoens *et al.* 1981; Denny 1985; Rydin & Jeglum 2006). Nümfeiidid ehk ujulehtedega taimed on põhja kinnitunud ning taimelehed ujuvad veepinnal (Kvet *et al.* 2009). Siia kuuluvad mõned vesiroosiliste sugukonna (*Nymphaeaceae*) liigid, nagu valge vesiroos

(*Nymphaea alba*), kollane vesikupp (*Nuphar lutea*), egiptuse vesiroos (*Nymphaea lotus*) ja *Nymphaea nouchali caerulea*, lisaks ka penikeel (*Potamogeton spp.*) (Symoens *et al.* 1981; Denny 1985). Elodeiidid ehk juurdunud sukeltaimed kasvavad sügavates vetes, lehed ja varred hõljuvad vabalt vees, kuid taimed on juurdunud veekogu põhja (Maastik *et al.* 2004). Üks levinumaid liike on vahelduvaõieline vesikuusk (*Myriophyllum alterniflorum*). Isoetiidid ehk põhjataimed kasvavad veekogu põhjas tuttidena või madala vaibana (Kvet *et al.* 2009). Levinumad taimeperekonnad on hüdralill (*Hydrilla*), kardhein (*Ceratophyllum*), vallisneeria (*Vallisneria*) ja näkirohi (*Najas*) (Symoens *et al.* 1981; Denny 1985). Pleustonid on soontaimed, mis hõljuvad vees või veepinnal (Kvet *et al.* 2009). Vabalt hõljuvad taimed sõltuvad tuulest ja vee liikumisest. Siia kuuluvad taimed lemleliste sugukonnast (*Lemnaceae*), harilik vesihüatsint (*Eichhornia crassipes*), *Salvinia molesta* ja vesisalat (*Pistia stratiotes*) (Symoens *et al.* 1981; Denny 1985).

Termin *hüdروفüüdid* ehk veetaimed kehtib nümfeiidide, elodeiidide, isoetiidide, pleustonite ja osaliselt amffüütide kohta. Tavaliselt ei kasutata seda helofüütide kohta (Kvet *et al.* 2009).

### 3.1.2 Kohastumused hõljumiseks

Veetaimede juuri varustab hapnikuga aerenhüüm ehk õhkkude. See sisaldab õhuga täidetud rakuvaheruumi lehtedest kuni risoomide ja juurteni. Aerenhüümi tõttu saavad paljud märgalataimed kasvada sügavas hapnikuvaeses vees. Lisaks gaasivahetusele soodustab aerenhüüm ka veetaimede ujuvust ja vertikaalasendis püsimist (Rydin & Jeglum 2006).

Lisaks aerenhüümile mõjutavad mati hõljumist ka bakterite poolt produtseeritud gaasimullid. (King *et al.* 1981). Gaasideks on peamiselt metaan ja lämmastik ning vähemal määral ka süsihappegaas (Hogg & Wein 1988a).

Pidevalt hõljuvate mattide puhul peaksid biotilised mehhanismid nagu aerenhüüm ja gaasimullid omama kooslusele stabiliseerivat mõju puhverdades süsteemi veetaseme muutuse ja teiste häiringute suhtes (Hogg & Wein 1988b).

Üleni vees kasvavad taimed on õhukesed ja õhulõhedeta. Taimed saavad CO<sub>2</sub> ja toitained lehtede kaudu nagu samblad. Väga kõrge pH-ga veekogudes on süsihappegaasi saadavus väike ning mõnel taimel on võime muuta HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> rakus süsihappegaasiks ja kasutada seda fotosünteesis (Rydin & Jeglum 2006). Anaeroobses keskkonnas elamiseks on paljud märgaladele iseloomulikud taimed vähendatud hapniku tarbimisega ning omavad juuri, milles

eraldub hapnik lokaalse aeroobse keskkonna loomiseks (Mitsch *et al.* 2009). Hapnik liigub juurtesse difusiooni teel läbi aerenhüümi. Difusiooni mõju suurendab survestatud ventileerimine. Õhk liigub taime nooremate lehtede õhulõhede kaudu, mööda vart risoomidesse ja sealt läbi varre vanematesse lehtedesse ning väljub atmosfääri (Brix 1993).

Veekeskkonnas paisuvad paljude taimede varte alumised osad suurenenud poorsuse tõttu. Aerenhüümi moodustumisel toimub taimerakkude hulga suurenemine kiire raku jagunemise tõttu, millest tulenevalt taime vars paisub. Suurenenud poorsus tagab parema õhustamise ning taim suudab paremini veekeskkonnas funktsioneerida (Cronk & Siobhan Fennessy 2001).

Hõljuvate lehtedega taimedel on pikenenud ujuvad varred, mis hoiavad ka lehti vee pinnal. Ümbritsev vesi toetab taimevart ning seetõttu ei pea vars lehte jäigalt hoidma. Pikad varred lubavad lehtedel levida veepinnal ja hõivata enda alla üha suurema ala. Hõljuvad lehed on kohastumus madala hapniku, valguse ja süsihappegaasi tingimustega veesambas (Sculthorpe 1967).

Veelises keskkonnas arenevad taimedel tihti lisajuured, mis ei arene mitte juure koest, vaid lateraalselt taimevarre alumisest osast. Need juured levivad pealpool veepinda või selle ülemistes kihtides. Seisvates vetes on juured hapnikku sisaldavas vees, kuid liikuvates vetes on juured pealpool veepinda õhu käes. Juured on hapnikuga varustatud pinnases, vees või õhus ning taim suudab paremini nitraate omastada (Ernst 1990; Jackson 1990).

### **3.2 Sammaltaimed. Veesamblad**

Veesamblad on levinud ülemaailmselt, kuid on rohkem levinud parasvöötmes kui troopikas (Glime 2007). Paljud samblaliigid kasvavad ojades, järvedes ja rabades. Kõige silmapaistvam rabas kasvavate sammalde hulgas, kes asustab ka laukaid ja älveid ja osaleb õõtsikutes, on perekond turbasammal (Vitt & Glime 1984).

Mõned vee ääres kasvavad samblad suudavad hakkama saada ka kuivemates tingimustes, samas kui teised ei suuda kasvada ilma niiske keskkonnata. Nii saab veesamblad sõltuvalt kasvukohatingimustest jagada kolmeks: obligatoorsed, fakultatiivsed ja semi-fakultatiivsed. Obligatoorsed liigid taluvad halvasti või ei talu üldse kuivades tingimustes elamist. Fakultatiivsed liigid saavad kuivades tingimustes paremini hakkama kui obligatoorsed liigid. Semi-fakultatiivsed liigid on vaid osaliselt vee all, kuid siiski niisketes tingimustes. Näiteks kasvavad samblad ojade või järvede kallastel ning veesolevatel kividel, olles aeg-ajalt täiesti

üleujutatud. On ka liike, mis kasvavadki vee all ning nii võivad mõned liigid isegi mitme meetri sügavusel kasvada. Vees kasvavad samblad on põhiliselt ikkagi maismaaliigid, kuid on kohastunud ka eluks vees. Samal liigil on seega sõltuvalt keskkonnast erinev gaasivahetus, fotosüntees ja toetus (Vitt & Glime 1984).

Veesammalde fotosünteesi maksimum ja optimum on madalad, kuna kõrgel temperatuuril hakkab valgushingamine seda pärssima. Valgushingamine suureneb temperatuuri tõusmisel järsumalt kui fotosüntees ning teatud punktist ei suuda taim enam piisavalt fotosünteesida. Lisaks on fotosünteesiks vajaliku CO<sub>2</sub> kontsentratsioon kõrgem jahedamates vetes. Seetõttu leidub veesamblaid rohkem parasvöötme veekogudes (Glime & Vitt 1984).

### **3.3 Parasvöötme õõtsikute tähtsamaid liike**

#### **3.3.1 Ubaleht (*Menyanthes trifoliata*)**

Ubaleht (Joonis 4) on ubaleheliste (*Menyanthaceae*) sugukonda ja ubalehe (*Menyanthes*) perekonda kuuluv mitmeaastane vee rohttaim, mis kasvab tavaliselt savise või turbase pinnasega märgadel aladel nagu jõgedel, järvedel ja tiikidel kallastel ning soodes. On laialt levinud põhjapoolkeral. Avatud veekogu lähedal võib ta tihti moodustada ujuvaid kamaraid, kust peaaegu alati tõrjub teised liigid. Kinnistes kooslustes kasvab taim halvasti, mis ilmselt on tingitud toitainete konkurentsi ja kõrgemakasvulisemate taimede tõttu, mis ubalehe varjutavad. Madalamatel ja niiskematel aladel võib taim kasvada kuni 40 cm kõrguseks, kuid keskmine kasv jääb 30 cm juurde (Hewett 1964).

Ubalehel on horisontaalselt kasvav harunev risoom, mis on taime kõige pikaealisem osa. Risoomi tippudest ulatuvad vee pinnale lehed ja õied. Risoom kasvab mõnikord ka vertikaalselt ning sel juhul on risoomil vaid mõned külgmised harud. Talviti on risoom tihti sukeldunud ning taime kasv peatub. Kasvamine jätkub kevadel, kui risoomi tipust hakkavad võsud pikenema ning moodustuvad lehed (Hewett 1964).

Taim paljuneb nii vegetatiivselt kui suguliselt. Vegetatiivne paljunemine toimub risoomi harunemisel ja edasisel kõdunemisel, kui tütarained eralduvad. Uued taimed võivad kasvada ka risoomi tükist, mis on eraldunud täiskasvanud taimest ning talve jooksul veega mujale uhitud. Seemnetega paljunemine ei ole taimele nii tähtis, kuid omab suurt rolli uute elupaikade hõivamises (Hewett 1964).





Joonis 4: Ubaleht (*Menyanthes trifoliata*) (Woodwille 1790)

### 3.3.2 Vesikarikas (*Stratiotes aloides*)

Vesikarikas on üks võtmeliike ujuvmattide moodustamisel turbajärvedes (Smolders *et al.* 2003). Ta kuulub kilbukaliste (*Hydrocharitaceae*) sugukonda ja vesikarika (*Stratiotes*) perekonda. Taime hõljuvad rosetid ja jäigad lehed toetavad ja kaitsevad teiste taimede ujuvaid risoome lainetuse eest (Sarneel *et al.* 2011). Vesikarikat on seostatud märgalataimede suure mitmekesisusega ning oma tugevate lehtedega soodustab ta sootaimede horisontaalset laienemist (Sugier *et al.* 2010; Hidding *et al.* 2014). Vesikarika struktuurne tugi sõltub taime moodustatud rosettide tihedusest (Hidding *et al.* 2014). Suurim osa roseti võsunditest on sukeldunud vette, kuid lehetipud ja külgmised reproduktiivsed võsundid ulatuvad veepiirist kõrgmale. Kasvuperioodil on võsundid kinnitunud veekogu põhja nõorjate juurte abil, kuid talvel juuresüsteem puudub (Efremov & Sviridenko 2008).

Taim on intensiivne koloniseerija ning madalates järvedes hõivab kasvuperioodil suure ala. Tihedad matid takistavad valguse juurdepääsu teiste veetaimedeni, mis limiteerib nende kasvu ja esinemist. Nii on vesikarika poolt moodustunud matid mõnedes järvedes võtmeteguriks, mis limiteerivad veeluste makrofüütide poolt koloniseerimist (Sugier *et al.* 2010).

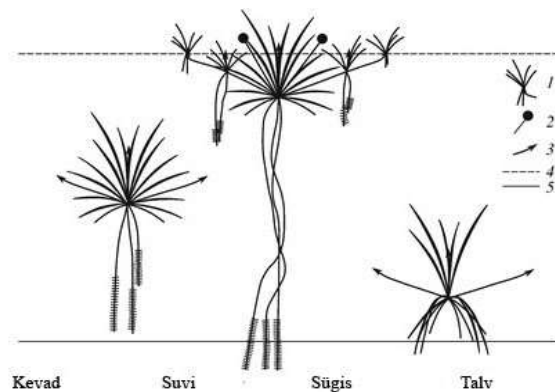
Vesikarikas kasvab mandrilistes veekogudes Lääne-Venemaal, Kaukaasias, Lääne-Siberis, Põhja-Kasahstanis, Baltimaades, Skandinaavias, Vahemere aladel ja Atlandi-Euroopas (Efremov & Sviridenko 2008).

#### 3.3.2.1 Eutrofeerumise mõju vesikarikale

Vesikarika kasvu ja paljunemist mõjutab veekogu eutrofeerumine. Ta vajab mõõdukalt kõrget toitainete kontsentratsiooni ning puudub seetõttu oligotroofsetest veekogudest. Kui toitelus tõuseb aga liiga kõrgeks, suureneb teiste liikide vohamine ning taimed konkureerivad valguse pärast. Domineerivaks muutuvad vetikad. Rosetid kattuvad niitjate rohevetikatega ning taimelehed hakkavad lehe tippudest roseti keskme suunas mädanema. Lehed täituvad veega ja lõpuks vajub taim veekogu põhja. Nii on mittejuurdunud taimedel koos eutrofeerumisega suur mõju vesikarika vähenemisele. Ka sooladerohke keskkond, mis on tingitud sulfaatide ja fosfaatide hulga tõusust pinnavees põllumajanduslike tegevuste, pesuvahendite ja heitvete tõttu, ei ole vesikarikale sobiv. Lisaks põhjustab taime vähenemist eutrofeerumisest tingitud ammoniumi ja sulfiidide toksilisus ja raua defitsiit (Smolders *et al.* 2003). Setete anaeroobne keskkond ja suurenev sulfaatide sisaldus vees sadestab raua sulfiididega välja ning rauapuuduses vesikarika lehed kärбуvad (Smolders & Roelofs 1996; Smolders *et al.* 2003).

### **3.3.2.2 Vesikarika kohastumused sesoonsele kliimale**

Vesikarikas on kohastunud sesoonsele kliimale mitmesuguste ökoloogiliste ja morfoloogiliste muutustega. Sukeldumise ja hõljumise mehhanismid aitavad taimel ebasoodsaid aastaaegu üle elada ning tagavad suhteliselt laia leviku parasvöötme veekogudes. Mitmeaastased rosetivõsundid sukelduvad sügisel vee alla ning on talvel jää all veekogu põhja lähedal juurteta faasis. Lääne-Siberi madaliku veekogudes on leitud taimi sügavusel 0,7-1 meeter. Talveperioodil hoiustavad varred ja lehed tärklisist parenhüümi rakkudes. Roseti alumised lehed on kumerdunud maapinna suunas, toetades sellega vart ning vältides nii juure tipu ja abijuurte sukeldumist põhjamudasse (Efremov & Sviridenko 2012). Kevadel tõusevad ajutiselt juurteta rosetid võsundite ja tuurionidega veepinnale ning püsivad seal terve kasvuperioodi vältel. Uue kasvuperioodiga aktiveeruvad abijuured ning taim hakkab uusi hargnevaid võsundeid moodustama (Efremov & Sviridenko 2008). Kevadel on vesikarika kaal tunduvat väiksem kui muul ajal kõrge aerenhüümi taseme tõttu noorte lehtede kudedes (Efremov & Sviridenko 2012). Joonisel 5 on kujutatud vesikarika kasvamine sõltuvalt aastaegadest.

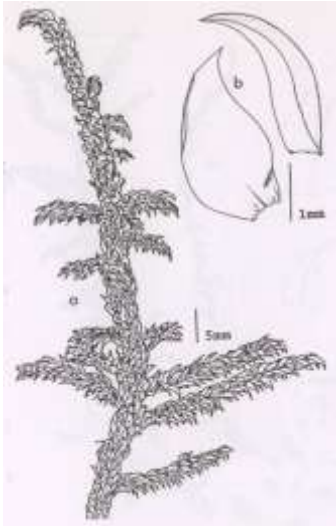


Joonis 5: Vesikarikas (*Stratocites aloides*) erinevatel aastaegadel (1) roseti võrsed juurtega; (2) tuurion võsundi tipus; (3) õisik; (4) veetase; (5) maapind (Efremov & Sviridenko 2008).

### 3.3.3 Harilik skorpionsammal (*Scorpidium scorpioides*)

Skorpionsammal (Joonis 6a) kuulub tõmpkaanikuliste (*Amblystegiaceae*) sugukonda ja skorpionsammalde (*Scorpidium*) perekonda. Võsud on 20-30 cm pikad ning 2-4 mm pikkused lehed on vähemalt varte ja okste tippudes sirpjad (Joonis 6b) (Ingerpuu & Vellak 1998). Ta on iseloomulik pruunsambla liik õõtssoode kujunemisel mesotroofsetes mõõdukalt toitelistes madalsoodes. Skorpionsammal kasvab tavaliselt kohe veepinna all ning harva esineb kõrgemal kui detsimeeter üle veepinna. Kõige parem keskkond on kõrge pH- ja kaltsiumisisaldusega ning aluseline ja vaene lämmastiku ja fosfaadi poolest (Vitt *et al.* 1993; Van Wirdum 1991). Õõtssoo kujunemine toimub järjekorras: veeline faas, poolveeline faas, pruuni sambla faas, turbasambla faas kuni lõpuks jõuab soo-raba faasi. Õõtskamara kujunemisel on pruuni sambla faas küllaltki stabiilne kümneid aastaid ning domineerivad liigid on harilik skorpionsammal ja täht-kuldsammal (*Campylium stellatum*) (Vitt *et al.* 1993). Vähetoitelistes madalsoodes on pruuni sambla faas stabiliseerunud ning suksessioon aeglustunud, kuna skorpionsammal on tugev konkurent ning suudab keskkonna hapestumist mõnes ulatuses takistada (Kooijman & Paulissen 2006).

Kui soos tõuseb pH üle viie, siis asendub turbasambla domineerimine erinevate pruunsambla liikidega, mille hulka ka skorpionsammal kuulub (Keddy 2010).



Joonis 6: Hariliku skorpionsambla (*Scorpidium scorpioides*) võsu (a) ja lehed (b) (Koponen *et al.* 1995).

### 3.3.4 Turbasamblad

Turbasamblad kujundavad kasvukohatingimusi kooslustes, kus nad domineerivad, mõjutades teiste taimede elu- ja keskkonnatingimusi (Vellak *et al.* 2013). Nad kasvavad enamasti niisketes piirkondades paras- ja boreaalses kliimavöötmes (Vellak *et al.* 2013). Soodes ning eelkõige põhjapoolkera rabades on turbasamblad domineeriv taimerühm (Rydin & Jeglum 2006).

Turbasammaldel puuduvad juured ja õhulõhed ning nad ei saa kontrollida gaasi- ja veevahetust. Varte, lehtede ja okste vahel paiknevad tühimikud ning hüalotsüstid, mis on lehtedes või varre kattede välises kihis paiknevad sisaldiseta rakud, loovad veesäilitamis- ja juhtimissüsteemi, mida mööda vesi liigub kapillaarjõudude abil. Oma morfoloogiliste eripärade tõttu suudavad turbasamblad niisketil perioodidel siduda enda kuivkaalust kuni 20 korda rohkem vett (Vellak *et al.* 2013).

Taime pikkuskasv ja uute võsude moodustumine toimub varre tipuosas. Seal paikneb ümara või lameda kujuga nutt ehk kapiitulum, mille moodustavad väga tihedalt paiknevad oksad. Valgus jõuab ainult sambla ülemise osani ning seetõttu toimub fotosüntees taime ülaosas ning kapiitulumis. Aeglaselt lagunevast alaosast transporditakse mineraal- ja toitained ülemistesse osadesse ning 5-15 cm sügavusel taim sureb ning muutub turbaks. Pikkuskasv on tavaliselt suurem märjemates piirkondades (Vellak *et al.* 2013; Rydin & Jeglum 2006).

Turbasamblad muudavad rabavee oma elutegevuse käigus happelisemaks, kui samblarakkude seintes sisalduvad uroonhapete karboksüülrühmade vesinikioonid vabanevad keskkonda. Happeline keskkond ja turbasammalde poolt toodetav sfagnool limiteerivad bakteriaalset tegevust ning anaeroobne keskkond pidurdab lagunemist ja soodustab turba akumulereerimist (Mitsch *et al.* 2009; Vellak *et al.* 2013). Kui turba tihedus kasvab aja jooksul, tõuseb soo pinnas, mis isoleerib taimed minerotroofsest mõjust ning moodustub raba (Rydin & Jeglum 2006).

Paljud soontaimed sõltuvad turbasammaldest kui kasvusubstraadist. Samas võistlevad nad ka valguse, ruumi ning toitainete pärast. Sammaldel pole juuri, seega nad ei saa soontaimedega võistelda toitainete pärast turbas. Need saadakse pinnase asemel sademetest. Valgus jõuab soontaimedeni paremini kui samblavaibani, kuid turbasambla kapiitulum saab sademetest pärit toitained kiiremini kätte. Toitained on efektiivselt püütud turbasammaldesse, enne kui need jõuavad soontaimede juurepiirkonda (Rydin & Jeglum 2006).

Suur oht soontaimedele on turbasamblavaibaga kattumine, kui nad ei suuda sammu pidada sambla juurdekasvuga. Risk on suurem väiksesekasvulistele taimedele nagu ümaralehine huulhein (*Drosera rotundifolia*), kes moodustavad igal aastal uue leheroseti, et samblapinnal püsida. Mingis ulatuses on väiksematel taimedel lihtne järgida turbasambla kasvu, kuna kogu taim koos juurtega tõuseb samblamati kasvades (Rydin & Jeglum 2006).

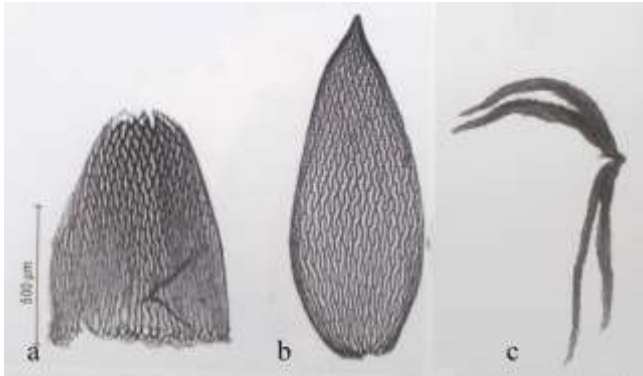
Harilik turbasammal (*Sphagnum flexuosum*), loigu-turbasammal (*Sphagnum inundatum*), tömp turbasammal (*Sphagnum obtusum*) ja lodu-turbasammal (*Sphagnum subsecundum*) on peamised Eestis õõtsiksoodes kasvavad turbasamblaliigid. Turbasammalde perekond on liikide ühiste tunnusrühmade alusel jaotatud sektsioonideks (Vellak *et al.* 2013).

#### **3.3.4.1 Harilik turbasammal (*Sphagnum flexuosum*)**

Harilik turbasammal kasvab rabastunud metsades, siirdesoodes, järvede õõtsikutel ja harvemini leidub neid ka rabades. Eestis on see sammal väga levinud.

Harilik turbasammal kuulub *Cuspidata* sektsiooni. Ta on värvuselt kahvatu- kuni pruunikasroheline ning vars on hele. Sambla tiheda kapiitulum moodustavad lühikesed tõmbitipulised oksad. Vastu vart liibunud rippuvad varrelehed on keeljas-kolmnurksed ning ümardunud ja kergelt narmastunud tipuga (Joonis 7a). Oksalehed on süstjad (Joonis 7b) Hüalotsüstid on vaheseinte, paksendite ning poorideta. Klorotsüstid on avatud mõlemale

lehepinnale, kuid kumerale pinnale laiemalt. Hariliku turbasambla eosed on pruunid. Oksakimbus on 4-6 oksa ning 2-3 on tõmbitipulised (Joonis 7c) (Vellak *et al.* 2013).

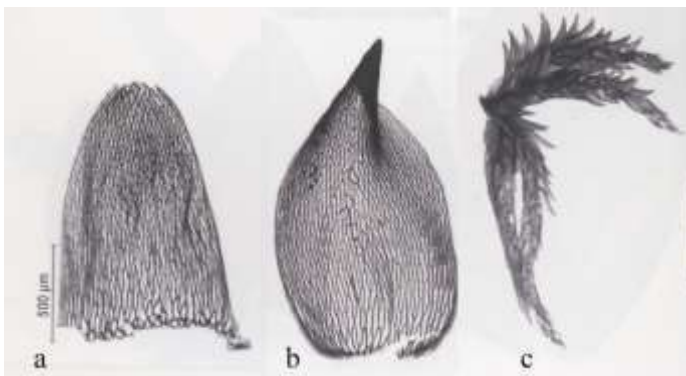


Joonis 7: Hariliku turbasambla (*Sphagnum flexuosum*) varreleht (a), oksaleht (b) ja oksakimp (c) (Flatberg 2013).

#### 3.3.4.2 Loigu-turbasammal (*Sphagnum inundatum*)

Loigu-turbasammal kasvab vesistel aladel madal- ja siirdesoodes. Eestis leidub teda üsna vähe. Enim Põlvamaal ning vähemal määral ka Valga-, Pärnu-, Lääne-, Saare- ja Ida-Virumaal. Sammal on III kategooria looduskaitsealune liik.

Loigu-turbasammal kuulub *Subsecunda* sektsiooni. Värvuselt on ta rohekas, kollakas või pruun. Taime vars on tume ning kaetud ühekihilise hüalodermigaga. Paksenditega hüalotsüstid paiknevad vaid varrelehe tipuosas. Varrelehed on keeljad ja ümarad, oksalehed on varrelehtedest pikemad (Joonis 8a,b). Oksad on 3-5 kaupa ning 2-3 on enamasti kaarjad (Joonis 8c) (Vellak *et al.* 2013).

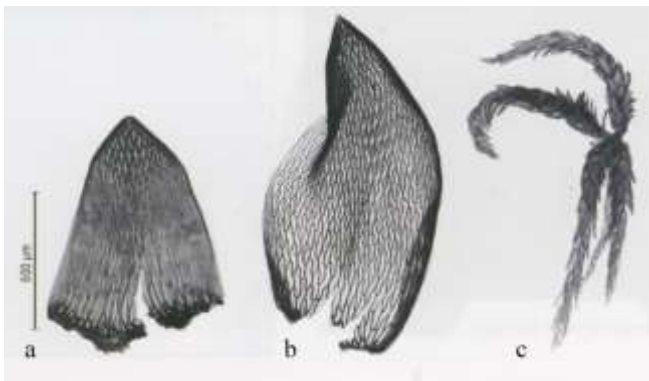


Joonis 8: Loigu-turbasambla (*Sphagnum inundatum*) varreleht (a), oksaleht (b) ja oksakimp (Flatberg 2013).

### 3.3.4.3 Lodu-turbasammal (*Sphagnum subsecundum*)

Lodu-turbasammal kasvab enamasti siirdesoodes, kuid ka madalsoodes ja järvede õõtsikutel. Eestis esineb teda rohkesti, vaid Valga-, Võru-, Põlva-, Rapla- ja Lääne-Virumaal ei ole leiukohti.

Lodu-turbasammal kuulub samuti *Subsecunda* sektsiooni. Ta suhteliselt väike roheline või kollakas-pruun sammal. Vars on tumepruun ning kaetud ühekihilise hüalodermiga. Varrelehed on keeljad ja veidi narmastunud tipuga (Joonis 9a). Oksalehed on munajas-ovaalsed ning varrelehtedest suuremad (Joonis 8b). Klorotsüstid avanevad laiemalt oksalehe kumeral pinnal. Oksi on kimbus 4-6 ning laiuvad oksad on kõverdunud (Joonis 9c) (Vellak *et al.* 2013).



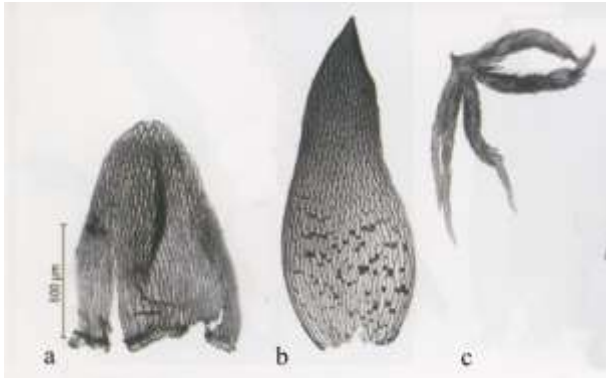
Joonis 9: Lodu-turbasambla (*Sphagnum subsecundum*) varreleht (a), oksaleht (b) ja oksakimp (c) (Flatberg 2013).

### 3.3.4.4 Tömp turbasammal (*Sphagnum obtusum*)

Tömp turbasammal kasvab märgades siirdesoodes, kraavides ning järvede õõtsikutel. Eestis leidub teda rohkem Tartu- ja Pärnumaal, kuid ka Valga-, Viljandi-, Jõgeva-, Järva- ja Lääne-Virumaal.

Tömp turbasammal kuulub sarnaselt hariliku turbasambлага *Cuspidata* sektsiooni. Ta on tugevakasvuline ning värvuselt kollakas- või kahvatroheline sammal. Kapiitulum on laiuv, oksad asetsevad viieharuliselt ning natukene käärdunult. Varrelehed on kolmnurksed ja ümardunud tipuga (Joonis 10a). Oksalehed on munjas-süstjad (Joonis 10b). Oksalehtede hüalotsüstid on kitsad ja väikeste pooridega. Oksalehe klorotsüstid on laialt avatud lehe kumerale pinnale, nõgusal pinnal on need kas suletud hüalotsüstide vahele või kitsalt avatud.

Oksi on kimbus 4-5, millest 2 on laiuvad, lühikesed, jämedad ja tõmbitipulised (Joonis 10c) (Vellak *et al.* 2013).



Joonis 10: Tõmp turbasambla (*Sphagnum obtusum*) oksaleht (a), varreleht (b) ja oksakimp (c) (Flatberg 2013).

### 3.4 Troopiliste õõtsikute tähtsamaid liike

#### 3.4.1 Vesihüatsint (*Eichhornia crassipes*)

Vesihüatsint, mis algselt pärineb Lõuna-Ameerikast Amasoonase madalikult, on üks maailma laialtlevinuid invasiivne veetaim (Villamagna & Murphy 2010). Vesihüatsint on tunginud mageveesüsteemidesse rohkem kui 50 riigis viiel kontinendil ning kliimamudelite põhjal võib arvata, et ta võib levida ka kõrgematele laiuskraadidele temperatuuri tõusmisel (Rodríguez-Gallego *et al.* 2004; Hellmann *et al.* 2008; Rahel & Olden 2008). Taim on laialt levinud troopilistes ja subtroopilistes veekogudes, kus vee toitainete kontsentratsioon on tihti kõrge põllumajandusliku äravoolu, raie ja puuduliku reovee käitlemise tõttu (Wilson *et al.* 2005).

Vesihüatsint kuulub pontedrialiste (*Pontederiaceae*) sugukonda ning on vabalt hõljuv vee makrofüüt. Paljuneb nii vegetatiivselt võsunditega kui suguliselt seemnetega. Leherootsud on tihedates kamarates pikad ning lehed väikesed ja sibuljad, hõredamates kamarates on lehed aga neerukujulised. 6-10 siledat lehte moodustavad roseti, mis püsib 6-8 nädalat ning siis kõduneb (EPPO 2008). Vesihüatsindi kasv ei ole piiratud madala veega nagu paljude veealuste ja kaldataimede puhul, kuna tal on vabalt hõljuvad juured veepinna lähedal (Joonis 11) (Villamagna & Murphy 2010). Taim on edukas invasiivne liik, kuna suudab välja tõrjuda fütoplanktoni ja kohaliku taimestiku ning uutes veekogudes puuduvad sellised mardikalised nagu *Neochetina eichhorniae* ja *Neochetina bruchi*, kes taime kodumaal takistavad selle levikut (Wilson *et al.* 2005).



Kõige rohkem mõjutab vesihüatsindist kamara moodustumine vee kvaliteeti. Enim on välja toodud madalamat fütoplanktoni produktiivsust ja vähenenud lahustunud hapniku kontsentratsiooni moodustunud kamara all (Rommens *et al.* 2003; Mangas-Ramirez & Elias-Gutierrez 2004; Perna & Burrows 2005).



Joonis 10: Vesihüatsint (*Eichhornia crassipes*) (Keddy 2010).

#### 3.4.1.1 Vesihüatsindi mõju ökoloogilisele kooslusele

Makrofüütide koosluse struktuur omab tähtsat rolli fütoplanktoni, zooplanktoni ja kalade koosluse kujunemisel magevee ökosüsteemides (Meerhoff *et al.* 2007). Organismide vastastikused suhted veekoosluses teevad vesihüatsindi üldise mõju hindamise keeruliseks. Muutus järve primaarproduktentide koosseisus mõjutab tervet veekogu ökosüsteemi sealhulgas mitmeid toiduahela lülisid elupaiga muudatuste ja energia liikumise radade muutumise läbi. Vesihüatsint limiteerib fütoplanktoni ja veealuse taimestiku produktiivsust, (Villamagna & Murphy 2010).

Vesihüatsint on oma algses elukeskkonnas tähtis substraat selgrootute kolooniatele. De Marco *et al.* (2001) leidsid Amazonase madalikul vesihüatsindi mattides domineerimas saprofaage peamiselt klassidest väheharjasussid (*Oligochaeta*), ripsussid (*Turbellaria*) ja kõhtjalgsed (*Gastropoda*) (de Marco *et al.* 2001). Vesihüatsindiga hõivatud elupaikades võib veeliste selgrootute arvukus tõusta mitmekesitunud ja uue struktuuriga elupaikade tõttu, kuid arvukus võib ka langeda vähenenud fütoplanktoni tõttu (Villamagna & Murphy 2010).

Vesihüatsindi mõju kaladele sõltub esialgselt kalade kooslusest ja struktuurist, olemasolevast toiduvõrgustikust ning taime tihedusest ja levikust. Mitmekesisem selgrootute hulk suurendab kalade mitmekesisust ja arvukust, kuid fütoplanktoni hulga vähenemise tõttu langeb zooplanktoni arvukus ning sellest on mõjutatud ka järgmised toiduahela lülid (Villamagna & Murphy 2010). Vesihüatsindikamarad vähendavad looduslikku kisklust ja kalade saagikust, kuid muudavad mõned liigid arvukamaks (Kateregga & Sterner 2009).

#### **3.4.1.2 Vesihüatsindi sotsiaal-majanduslikud mõjud**

Sotsiaal-majanduslikust vaatenurgast tekitab vesihüatsindi invasioon mageveesüsteemides mitmeid probleeme. Suurem mõju on nendele veekogudele, mida inimene kasutab mitmel viisil. Tavaliselt hinnatakse mõju vee kvaliteedile. Otsemad mõjud on paadiliiklusele, laevatamisele ja puhkamisvõimalustele, kuid ka põllumajanduse torusüsteemidele, tööstusele ja kohaliku piirkonna veevarustusele. Lisaks mõjutab vesihüatsindi laialdane levik ka kalandust, takistades juurdepääsu kalastusaladele ning muutes kalade kooslust. Victoria järves vähenes kalapüügi määr, kuna vesihüatsindikamarad blokeerisid juurdepääsu püügialale, hilines saagi jõudmine turule ning püügiks tuli kasutada lisaressursse (Kateregga & Sterner 2009).

#### **3.4.2 Vesisalat (*Pistia stratiotes*)**

Vesisalat on sarnaselt vesihüatsindile laialt tuntud invasiivne liik troopilistel ja subtroopilistel aladel olles kahjuliku mõjuga nii bioloogilisele mitmekesisusele kui keskkonnale (Yang *et al.* 2014). Tihedaid ujuvaid kamaraid moodustades väheneb vees hapniku tase, suureneb evapotranspiratsioon ning vee üldine kvaliteet langeb. Lisaks on mehhaanilised kahjud infrastruktuurile ning niisutusumpadele (Brundu *et al.* 2012).

Vesisalat on võhaliste (*Araceae*) sugukonnast ja vesisalati (*Pistia*) perekonnast. Taim on mitmeaastane vabalt hõljuv magevee makrofüüt. Ta hõljub veepinnal paksude pehmete lehtedega, mis moodustavad rosette (Joonis 12). Lehed on kaetud lühikeste hüdrofoobsete karvakestega ning paiknevad korvikujuliselt, millesse jäävad taime ujuvust soodustavad õhumullid (Yang *et al.* 2014). Vesisalat paljuneb seemnete ja võsunditega, millega uus taim jääb kinnitunuks emataime külge. Õied on väikesed ja väljapaistmatud ning paiknevad roseti keskel. Juured on kiulised ja sulgjad ning võivad olla kuni meeter pikad (Howard & Harley 1998).

Vesialat kasvab seisvates või aeglase veevooluga mageveekogudes Ameerikas, Aafrikas, Indias, Kagu-Aasias ja Kirde-Austraalias (Howard & Harley 1998). Taime päritolu pole päris kindlalt teada, kuid arvatakse, et selleks võib olla Lõuna-Ameerika. Samas näitavad mõned uuringud kloroplastide ja mitokondriaalse DNA põhjal, et taim võib pärit olla ka Palearktise piirkonnast, kus ta nüüd on välja surnud (Renner & Zhang 2004).



Joonis 12: Vesialat (*Pistia stratiotes*) (Evans 2013)

#### 3.4.2.1 Vesialati kasutamine raskemetallide eemaldamisel

Vesialatil on oma bioloogiliste omaduste tõttu suur potentsiaal metallide eemaldamiseks ümbritsevast veekeskkonnast, mis toimub ka siis, kui metallide kontsentratsioon on väga madal. Taim kogub kõige paremini selliseid metalle nagu kroom, vask, raud, mangaan, nikkel, plii ja tsink (Lu *et al.* 2011). Vesely *et al.* (2011) poolt uuriti vesialati võimet raskemetalle bioakumuleerida, kuna võrreldes teiste veemakrofüütidega on ta efektiivsem bioakumuleerija ning suurema biomassi produktsiooniga. Lühiajaliselt suutis taim hästi eemaldada keskkonnast plii ning pikema aja vältel kaadiumi. Plii ja kaadiumi kontsentratsioon oli juurtes umbes 10 korda suurem kui lehtedes. Erineva raskemetallide sisaldusega saastunud keskkonnas ei muutunud klorofüllitase märkimisväärselt, mis näitab, et taim talub hästi kõrget raskemetallide stressi, eriti kaadiumi suhtes.

#### 3.4.2.2 Vesihüatsindi ja vesialati kasutamine õli ja reovee eemaldamisel

Vesihüatsint ja vesialat on tuntud invasiivsed liigid troopikas ja subtroopikas. Fossiilkütuse kasutamine tööstuses tõstab õlireostuse riski ning võib põhjustada suuri keskkonnareostusi, kuid ka nafta kadu. Üldiselt on õlireostusel kaks võimalust: õli ühlase laigune hõljumine või

veega segunemine. Veekeskkonnas tekitab hõljuv õlireostus ebasoodsad tingimused loodusele ja inimese tervisele ning seetõttu on tarvis efektiivseid meetodeid õli kogumiseks ja eemaldamiseks (Yang *et al.* 2014; Whitfield 2003). Õlisorbente kasutatakse tihti oma lihtsuse, kulutõhususe ja keskkonnasõbralikkuse tõttu õli eemaldamisel (Moriwaki *et al.* 2009).

Ideaalne sorbent on hea imamisvõimega ning lokaalselt saadav ja külluslik. Jõgede suudmealadel kasvavad sageli invasiivsed veetaimed ning tihti on ka õlireostus just selles kohas. Hõljuvatel taimedel on hüdrofoobne pind ning rohkelt mikropoore, mis soodustavad hüdrofoobsust ja kapillaarsust (Riberio *et al.* 2000).

Vesihüatsindil on paksud vahajad lehed ning sibuljad ja poorsed leherootsud. Lehe kare pind ning kutiikula pinnale kogunenud vaha on kasulikud õli sorbeerumisel (Ali *et al.* 2012). Vesisalati kurrulised ja karvakestega suhteliselt hüdrofoobsed lehed ning juurte kiuline struktuur on samuti sobivad õli imamiseks ja eemaldamiseks. Vesisalati juurtel ja lehtedel on täheldatud ka kõrget toornafta imamisvõimet soolases keskkonnas (Sánchez-Galván *et al.* 2013). Taimede poolt kogutud õli on võimlik ka hiljem taaskasutada. Need kiiresti kasvavad ja vee ökosüsteemi tugevalt mõjutavad taimed on odavad, keskkonnasõbralikud ja kergesti lagundatavad sorbendid (Yang *et al.* 2014).

Märgalaid koos veetaimestikuga on kasutatud ka heitvee puhastamisel saastavatest ja tahketest toitainetest. Vesihüatsindi ja vesisalati ulatuslikud juuresüsteemid ja kiire kasv on põhiomadused, mis teevad taimed bakteritele bioloogiliselt atraktiivseks reovee puhastamisel. Taimed kasvavad kiiresti heades tingimustes ja toitainerikkas keskkonnas, milleks sobib väga hästi ka olmereovesi. Taimed on võimelised toime tulema isegi toitainete muutumisega, mis on tingitud näiteks aastaegade vahetumisest, hoides siiski vee kvaliteedinormid nõutud tasemel. Lisaks suudavad nad ka eemaldada reovee häirivat lõhna, mis on tõsiseks probleemiks paljudel aladel (Zimmels *et al.* 2006).

### **3.4.3 *Echinochloa polystachya***

*Echinochloa polystachya* (Joonis 13) on mitmeaastane kõrreline, mis kasvab piki lodusid ning jõgede ja järvede kallaseid Mehhikost Argentiinani. Taim kuulub kõrreliste (*Poaceae*) sugukonda ja kukehirs (*Echinochloa*) perekonda. Ta on poolveeline makrofüt ning juurdub veekogu kaldaäärsesse pinnasesse ja moodustab tihti oma mitmeaastase jõudsa kasvamisega tihedaid luhtasid (Pizzaro 1999). Suudab edukalt kasvada nii mineraalsel kui orgaanilisel

pinnasel, kuid eelistab märgasid liivsavi muldasid (Lloyd-Reilley *et al.* 2002). Kesk-Amasoonase jõgede lammialadel moodustab taim suuri ainuliigilisi kamaraid ning tema elutsükkel sõltub aastaringsest veetaseme muutumisest. Kuival ajal (oktoobris ja novembris) moodustavad uued võsud vanade varte pungadest ja juurduvad pinnasesse. Vanad varred kõdunevad ning võsud muutuvad iseseisvateks taimedeks. Üleujutuste ajal kasvavad taime varred nii palju, et suudavad ka kõige suuremate üleujutuste perioodide ajal (juunis ja juulis) püsida kuni poolteist meetrit veepiirist kõrgemal. Veetaseme langedes painduvad pikad varred vastu maad ning pungadest tõusevad jälle uued võrsed (Morrison *et al.* 2000). Ta õitseb veelise faasi keskel ning valmib palju seemneid, kuid põhiline paljunemisviis on siiski vegetatiivne. Seemnetest arenevad uued kamarad, kui vanad on hävinud tule või erosiooni tõttu. Kiireks ja külluslikuks kasvuks peab keskkonnas olema kõrge toitainete kontsentratsioon. Ta on toiduks veesigadele, lamantiinidele, kilpkonnadele ja taimtoidulistele kaladele. Oma veealuste osadega pakub varjupaika noortele kaladele ning on substraadiks vee selgrootutele (Osborne 2012).

Taime loodavad tihedad ainuliigilised kamarad tekivad kas selle tõttu, et taim suudab teised potentsiaalsed hõivajad tõrjuda või on leidnud sellesse keskkonda kõige sobivama niši. Niši hüpoteesi toetab tema suur produktiivsus ning võime suunata kogu kättesaadav energia võsude kasvule. Suurem osa päikeseenergiast kasutatakse uute pungade kasvuks üksikul hargnemata varrel ning lehtede moodustamiseks taime tipuosas. Selline omadus laseb taimel sammu pidada tõusva veetasemega üle 8 meetri. Kuna tihti on vesi liiga sogane ning fotosüntees ei saa toimuda vee alla jäänud lehtedes, sõltub taime püsijäämine tema veepealsete osade kasvust (Piedade *et al.* 1991).



Joonis 13: *Echinochloa polystachya* (Lloyd-Reilley *et al.* 2002).

## Kokkuvõte

Käesolev töö kirjeldab õõtsikute tekkimist ja levikut ning tähtsamaid õõtsikute taimeliike parasvöötmes ja troopikas.

Õõtsikud kujutavad endast juurdunud või vabalt hõljuvat mageda vee kooslusi.

Parasvöötmes leidub peamiselt sammalderohkeid õõtsikuid, mis on tekkinud veekogude kinnikasvamisel, kui taimede läbipõimunud juurtest, risoomidest, sammaldest ja turbast on moodustunud iseloomulik õõtsikamar. Sellistes kooslustes domineerivad tihti pruun- ja turbasamblad ning erinevad tarnad, kuid ka ubaleht (*Menyanthes trifoliata*) ja vesikarikas (*Stratiotes aloides*). Eestis esinevad õõtsik-madalsoo ja õõtsik-siirdesoo kasvukohatüübid ning mõlemad tekivad veekogude kinnikasvamisel. Õõtsik-siirdesood on kujunenud ka õõtsik-madalsoode edasisel rabastumisel.

Troopikas leidub õõtsikuid kõikides maailmajagudes, kuid kõige enam on neid Amasoonase lammialadel. Seal on väga levinud mujal maailmas invasiivseteks kujunenud liigid, mis moodustavad suuri laiuvaid ujuvaid kamaraid nagu vesihüatsint (*Eichhornia crassipes*) ja vesisalat (*Pistia stratiotes*). Ka kõrrelised nagu kukerhirss (*Echinochloa polystachya*) moodustavad ulatuslikke ainuliigilisi ujuvaid kamaraid, mis oma küllusliku kasvuga soodustavad setete moodustumist.

Paljud taimed on kohastunud hõljumisega omades aerenhüümi ehk õhkkudet, survestatud ventileerimist, suurenenud poorsust varte alumistes osades ning pikemaid ujuvaid varsi ja lisajuuri. Õõtsikute taimestikku mõjutab muutuv veetase, mis aitab veealuseid taimi hapnikuga varustada ning võib pikas perspektiivis suurendada bioloogilist mitmekesisust ja kiirendada suktsessiooni. Paljud taimed on muutuva veetasemega kohanenud ning omavad erilehelisust ehk heterofülliat, mis annab eelise taimede ees, kes on rangelt ühes keskkonnas harjunud kasvama.

Tihedate õõtsikamarate moodustudes väheneb veekogus hapniku tase ning vee üldine kvaliteet langeb. Kuid moodustunud kamarad on tähtsaks elupaigaks, varjekohaks ning tihti ka toiduks nii kaladele kui ka selgrootutele loomadele.

Ujuvaid kamaraid moodustavad troopilised õõtsiktaimed on tihti teistes troopilistes piirkondades kujunenud invasiivseteks liikideks. Selliste invasiivsete liikide kasvu saab piirata kasutades neid õli, raskemetallide ja reovee eemaldamiseks.

## Summary

### The vegetation and formation of quaking bogs and floating mats

The aim of this study is to describe the formation of quaking bogs and floating mats, their distribution and common plant species in temperate and tropical areas. The quaking bogs and floating mats are formed by rooted or free-floating fresh water communities.

In temperate areas quaking communities rich of mosses are common. They are formed through lakes overgrowth. The floating mat becomes buoyant as roots, rhizomes, mosses and peat form a dense mat. Brown and sphagnum mosses, different *Carex* species, *Menyanthes trifoliata* and *Stratiotes aloides* can dominate in these communities. In Estonia minerotrophic quagmire and mixotrophic quagmire site types have been identified, both develop from lakes overgrowth, but mixotrophic quagmires develop also when minerotrophic quagmires become more dense and peaty.

In tropics floating mats on every continent can be found, but majority of them are in Amazon floodplain areas. Species like *Eichhornia crassipes* and *Pistia stratiotes* are common and form expansive floating mats. These two species have spread to other continents and turned out to be dangerous invasive species. Graminoid species, e.g. *Echinochloa polystachya*, also form extensive monospecific stands and accelerate the sediment deposition.

Plants have different adaptations for floating, these include aerenhyma, pressurized ventilation, increased porosity in plants lower parts, elongated stems and adventitious roots. Fluctuating water level ensures that submerged plants also get oxygen and in the long run it may increase biodiversity and promote succession. Many species are able to grow both as submerged and emergent due to strategy called heterophyllia. It gives them advantage over other species, which are strictly used to live in one environment.

As a result of dense floating mat oxygen level may drop and water quality decrease, but these mats are important habitat, shelter and food for fishes and invertebrates.

To decrease the dangerous influence of invasive tropical species, it is possible to use the floating mats for oil, heavy metals and waste water removal.



## **Tänuavaldused**

Täna oma juhendajat Nele Ingerpuud, kes on töö kirjutamise ajal alati väga abivalmis, kannatlik ja toetav olnud.

## Kasutatud kirjandus

Artiklid:

**Ali, N., El-Harbawi, M., Jabal, A.A., Yin, C.Y. (2012)** Characteristics and oil sorption effectiveness of kapok fibre, sugarcane bagasse and rice husks: oil removal suitability matrix. *Environmental Technology*, **33**,481–486.

**Brundu, G., Stinca, A., Angius, L., Bonanomi, G., Celesti-Grappo, L., D’Auria, G., Griffo, R., Migliozzi, A., Motti, R., Spigno, P. (2012)** *Pistia stratiotes* L. and *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.: emerging invasive alien hydrophytes in Campania and Sardinia (Italy). *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, **42** (3), 568-579.

**Bunch, A.J., Allen, M.S., Gwinn, D.C. (2010)** Spatial and temporal hypoxia dynamics in dense emergent macrophytes in a Florida lake. *Wetlands*, **30**, 429-435.

**Burks, R.L., Mulderij, G., Gross, E., Jones, I., Jacobsen, L., Jeppesen, E., Van Donk, E. (2006)** 3 Center Stage: The Crucial Role of Macrophytes in Regulating Trophic Interactions in Shallow Lake Wetlands. *Ecological Studies*, **191**, 37-59.

**de Marco P., Araujo M.A.R., Barcelos M.K., dos Santos M.B.L. (2001)** Aquatic invertebrates associated with the water-hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in an eutrophic reservoir in tropical Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, **36**, 73-80.

**Efremov, A.N., Sviridenko, B.F. (2008)** The ecobiomorph of water soldier *Stratiotes aloides* L. (Hydrocharitaceae) in the West Siberian part of its range. *Inland Water Biology*, **1**, 225-230.

**Efremov, A. N., Sviridenko, B.F. (2012)** Seasonal and spatial dynamics of *Stratiotes aloides* (Hydrocharitaceae) plants. *Botanica Serbica*, **36**(1), 59-62.

**European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) (2008).** *Eichhornia crassipes*, data sheets on quarantine pests. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* **38**, 441-449.

**Evans, J.M. (2013)** *Pistia stratiotes* L. in the Florida Peninsula: Biogeographic Evidence and Conservation Implications of Native Tenure for an ‘Invasive’ Aquatic Plant. *Conservation and Society*, **11**(3), 233-246.

**Glime, J.H., Vitt, D.H. (1984)** The physiological adaptations of aquatic Musci. *Lindbergia*, **10**, 41-52.

**Hamilton, S.K., Lewis, W.M., Jr., Sippel, S.J. (1992)** Energy sources for aquatic animals in the Orinoco River floodplain: evidence from stable isotopes. *Oecologia*, **89**, 324-330.

**Hellmann, J.J., Byers J.E., Bierwagen B.G., Dukes J.S. (2008)** Five potential consequences of climate change for invasive species. *Conservation Biology*, **22**, 534–543.

- Henderson, P. A., Hamilton, H. F. (1995)** Standing crop and distribution of fish in drifting and attached floating meadow within an Upper Amazonian varzea lake. *Journal of Fish Biology*, **47**, 266-276.
- Hewett, D.G. (1964)** Biological flora of the British Isles. *Menyanthes trifoliata* L. *Journal of Ecology*, **52**, 723-735.
- Hidding, B., Sarneel, J.M., Bakker, E.S. (2014)** Flooding tolerance and horizontal expansion of wetland plants: Facilitation by floating mats? *Journal of Vegetation Science* **25**, 262-274.
- Hogg, E.H., Wein, R.W. (1988a)** Seasonal Change in Gas Content and Buoyancy of Floating Typha Mats. *Journal of Ecology*, **76(4)**, 1055-1068.
- Hogg, E.H., Wein, R.W. (1988b)** The Contribution of Typha Components to Floating Mat Buoyancy. *Ecology*, **69(4)**, 1025-1031.
- Howard, G.W., Harley, K.L.S. (1998)** How do floating aquatic weeds affect wetland conservation and development? How can these effects be minimised? *Wetlands Ecology and Management*, **5**, 215-225.
- Jansson, R., Zinko, U., Merritt, D.M., Nilsson, C. (2005)** Hydrochory increases riparian plant species richness: a comparison between a free-flowing and a regulated river. *Journal of Ecology*, **93**, 1094-1103.
- Kateregga E., Sterner T. (2009)** Lake Victoria fish stocks and the effects of water hyacinth. *The Journal of Environment & Development*, **18**, 62-78.
- King, G.M., Berman, T., Wiebe, W.J. (1981)** Methane formation in the Acidic Peats of Okefenokee Swamp, Georgia. *American Midland Naturalist*, **105(2)**, 386-389.
- Kooijman, A.M.I, Paulissen, M.P.C.P. (2006)** Higher acidification rates in fens with phosphorus enrichment. *Applied Vegetation Science*, **9**, 205-212.
- Koponen, T., Karttunen, K., Piippo, S. (1995)** Suomen vesisammalkasvio. University of Helsinki, Finland, *Bryobrothera* **3**.
- Lamers, L.P.M., Smolders, A.J.P., Roelofs, J.G.M. (2002)** The restoration of fens in the Netherlands. *Hydrobiologia*, **478**, 107-130.
- Lloyd-Reilley, J., Kadin, E., Maher, S.D. (2002)** Creeping river grass *Echinochloa polystachya* (Kunth) A. S. Hitchc. *USDA NRCS Kika de la Garza Plant Materials Center*.
- Lu, Q., He, Z.L., Graetz, D. A., Stoffella, P. J., Yang, X. (2011)** Uptake and distribution of metals by water lettuce (*Pistia stratiotes* L.) *Environmental Science and Pollution Research*, **18**,978-986.

- Mangas-Ramirez E., Elias-Gutierrez M. (2004)** Effect of mechanical removal of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) on the water quality and biological communities in a Mexican reservoir. *Journal of Aquatic Health and Management*, **7**, 161-168.
- Marek,S. (1992)** Transformation of lakes in mires. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, **61(1)**, 103-113.
- Meerhoff M., Iglesias C., De Mello F.T., Clemente J.M.,Jensen E., Lauridsen T.L., Jeppesen E. (2007).** Effects of habitat complexity on community structure and predator avoidance behaviour of littoral zooplankton in temperate versus subtropical shallow lakes. *Freshwater Biology*, **52**, 1009-1021.
- Mello, F.T., Meerhoff, M., Pekcan-Hekim, Z., Jeppesen, E., 2009** Substantial differences in littoral fish community structure and dynamics in subtropical and temperate shallow lakes. *Freshwater Biology* **54**, 1202-1215.
- Mommer, L., Visser, E.J.W. (2005)** Underwater photosynthesis in flooded terrestrial plants: a matter of leaf plasticity. *Annals of Botany*, **96**, 581-589.
- Moriwaki, H., Kitajima, S., Kurashima,M., Hagiwara, A., Haraguchi, K., Shirai, K., Kanekatsu. R., Kiguchi, K. (2009)** Utilization of silkworm cocoon waste as a sorbent for the removal of oil from water. *Journal of Hazardous Materials*, **165**, 266-270.
- Morrison, J.I.L., M.T.F. Piedade, E. Muller, S. P. Long, W. J. Junk., M. B. Jones. (2000)** Very high productivity of the C-4 aquatic grass *Echinochloa polystachya* in the Amazon floodplain confirmed by net ecosystem CO<sub>2</sub> flux measurements. *Oecologia*, **135**, 400-411.
- Perata, P., Armstrong, W., Voesenek, L.A.C.J. (2011)** Plants and flooding stress. *New Phytologist*, **190**, 269-273.
- Perna C., Burrows D. (2005)** Improved dissolved oxygen status following removal of exotic weed mats in important fish habitat lagoons of the tropical Burdekin River floodplain, Australia. *Marine Pollution Bulletin*, **51**, 138-148.
- Piedade, M. T. F., Junk, W., Ângelo S. A. D', Wittmann , F., Schöngart, J., Barbosa, K. M. N., Lopes, A. (2010)** Aquatic herbaceous plants of the Amazon floodplains: state of the art and research needed. *Acta Limnologica Brasiliensia*, **22(2)**, 165-178.
- Piedade, M. T. F., Junk, W., Long, S.P. (1991)** The productivity of the C<sub>4</sub> grass *Echinochloa polystachya* on the Amazon floodplain. *Ecology*, **72**, 1456-1463.
- Pizzaro, H. (1999)** Periphyton biomass on *Echinochloa polystachya* (H.B.K.) Hitch. of a lake of the lower Parana river floodplain, Argentina. *Hydrobiologia*. **397**, 227-239.
- Rahel F.J. & Olden J.D. (2008)** Assessing the effects of climate change on aquatic invasive species. *Conservation Biology*, **22**, 521-533.

- Renner, S.S., Zhang, L.B. (2004)** Biogeography of the Pistia clade (Araceae): based on chloroplast and mitochondrial DNA sequences and bayesian divergence time inference. *Systems Biology*, **53**, 422-432.
- Ribeiro, T.H., Smith R.W., Rubio J. (2000)** Sorption of oils by the nonliving biomass of a *Salvinia* sp. *Environmental Science & Technology*, **34**, 5201-5205.
- Riis, T., Hawes, I. (2002)** Relationships between water level fluctuations and vegetation diversity in shallow water of New Zealand lakes. *Aquatic Botany*, **74**, 133-148.
- Rodríguez-Gallego, L.R., Mazzeo N., Gorga J., Meerhoff M., Clemente J., Kruk C., Scasso F., Lacerot G., Garcz'a J. Quintans F. (2004)** The effects of an artificial wetland dominated by free-floating plants on the restoration of a subtropical, hypertrophic lake. *Lakes & Reservoirs*, **9**, 203-215.
- Rommens, W., Maes J., Dekeza N., Inghelbrecht P., Nhiwatiwa T., Holsters E., Ollevier F., Marshall B. & Brendonck L. (2003)** The impact of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in a eutrophic subtropical impoundment (Lake Chivero, Zimbabwe). I. Water quality. *Archiv Fur Hydrobiologie*, **158**, 373-388.
- Sánchez-Galván, G., Mercado, F.J., Olguín, E.J. (2013)** Leaves and roots of *Pistia stratiotes* as sorbent materials for the removal of crude oil from saline solution. *Water, Air & Soil Pollution*, **224**, 1421.
- Sarneel, J.M., Soons, M.B. (2012)** Post-dispersal probability of germination and establishment on the shorelines of slow-flowing or stagnant water bodies. *Journal of Vegetation Science*, **23**, 517-525.
- Sarneel, J.M., Soons, M.B., Geurts, J.J.M., Beltman, B., Verhoeven, J.T.A. (2011)** Multiple effects of land-use changes impede the colonization of open water in fen ponds. *Journal of Vegetation Science*, **22**, 551-563.
- Smolders, A. J. P. & Roelofs, J. G. M. (1996)**. The roles of internal iron hydroxide precipitation, sulphide toxicity and oxidizing ability in the survival of *Stratiotes aloides* roots at different iron concentrations in sediment pore water. *New Phytology*, **133**, 253-260.
- Smolders, A.J.P., Lamers, L.P.M., Den Hartog, C., Roelofs, J.G.M. (2003)** Mechanisms involved in the decline of *Stratiotes aloides* L. in The Netherlands: sulphate as a key variable. *Hydrobiologia*, **506**, 603-610.
- Sugier, P., Lorens, B., Chmiel, S., Turczyński, M. (2010)** The influence of *Ceratophyllum demersum* L. and *Stratiotes aloides* L. on richness and diversity of aquatic vegetation in the lakes of mid-eastern Poland. *Hydrobiologia*, **656**, 43-53.
- Zimmels, Y., Kirzhner F., Malkovskaja, A. (2006)** Application of *Eichhornia crassipes* and *Pistia stratiotes* for treatment of urban sewage in Israel. *Journal of Environmental Management*, **81**, 420-428.

**United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), (1973)** International classification and mapping of vegetation, Series 6: Ecology and conservation. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

**Van Geest, G.J., Coops, H., Roijackers, R.M.M., Buijse, A.D., Scheffer, M. (2005a)** Succession of aquatic vegetation driven by reduced water-level fluctuations in floodplain lakes. *Journal of Applied Ecology*, **42**, 251-260.

**Van Geest, G.J., Coops, H., Scheffer, M., van Nes, E.H. (2007)** Long transients near the ghost of a stable state in eutrophic shallow lakes with fluctuating water levels. *Ecosystems*, **10**, 36-46.

**Van Geest, G.J., Wolters, H., Roozen, F.C.J.M., Coops, H., Roijackers, R.M.M., Buijse, A.D., Scheffer, M. (2005b)** Water-level fluctuations affect macrophyte richness in floodplain lakes. *Hydrobiologia*, **539**, 239-248.

**Vesely, T., Flustos, P., Szakova, J. (2011)** The use of water lettuce (*Pistia stratiotes* L.) for rhizofiltration of highly polluted solution by cadmium and lead. *International Journal of Phytoremediation*, **13**, 859-872.

**Villamagna, A. M., and B. R. Murphy. (2010)** Ecological and socioeconomic impacts of invasive water hyacinth (*Eichhornia crassipes*): a review. *Freshwater Biology*, **55**, 282-298.

**Vitt, D. H. and Glime, J. M. (1984)** The structural adaptations of aquatic Musci. *Lindbergia* **10**, 95-110.

**Vitt, D. H., Van Wirdum, G., Halsey, L., Zoltai, S. (1993)** The Effects of Water Chemistry on the Growth of *Scorpidium scorpioides* in Canada and The Netherlands. *The Bryologist*, **96(1)**, 106-111.

**Voesenek, L.A.C.J., Colmer, T.D., Pierik, R., Millenaar, F.F., Peeters, A.J.M. (2006)** How plants cope with complete submergence. *New Phytologist*, **170**, 213-226.

**Whitfield, J. (2003).** How to clean a beach. *Nature*, **422**, 464-466.

**Wilson, J.R., Holst N., Rees, M. (2005)** Determinants and patterns of population growth in water hyacinth. *Aquatic Botany*, **81**, 51-67.

**Yang, X., Chen, S., Zhang, R. (2014)** Utilization of two invasive free-floating aquatic plants (*Pistia stratiotes* and *Eichhornia crassipes*) as sorbents for oil removal. *Environmental Science and Pollution Research*, **21**, 781-786

Raamatud:

**Brix, H. (1993)** Macrophyte-mediated oxygen transfer in wetlands: transport mechanisms and rates. *Constructed Wetlands for Water Quality Improvement*. Moshiri, G.A. Raamatust:

Cronk, J.K., Siobhan Fennessy, M. (2001) Wetland plants: biology and ecology. CRC Press, Florida.

**Cronk, J.K., Siobhan Fennessy, M. (2001)** Wetland plants: biology and ecology. CRC Press, Florida.

**Ernst, W.H.O. (1990)** Ecophysiology of plants in waterlogged and flooded environments. *Aquatic Botany*, **38**, 79-90; **Jackson, M.B. (1990)** Hormones and development change in plants subjected to submergence or soil waterlogging. *Aquatic Botany*, **38**,49-72. Raamatust: Cronk, J.K., Siobhan Fennessy, M. (2001) Wetland plants: biology and ecology. CRC Press, Florida.

**Flatberg, K.I. (2013)** Norges torvmoser. Akademika forlag, Trondheim.

**Ingerpuu, N., Vellak, K. (1998)** Eesti sammalde määraja. EPMÜ Zooloogia ja Botaanika Instituut. Eesti Loodusfoto. Tartu.

**Junk, W. J. (1997)** The Central Amazon floodplain: Ecology of a pulsing system. Ecological Studies, **126**. Springer Verlag, Heidelberg.

**Keddy, P. K. (2010)** Wetland ecology: principles and conservation. Second edition. Cambridge University Press. Cambridge.

**Kvet, J., Szczepanski, A., Westlake, D.F. (2009)** The Production Ecology of Wetlands: The IBP Synthesis. Cambridge University Press. Cambridge.

**Laasimer, L. (1965)** Eesti NSV taimkate. Valgus, Tallinn.

**Maastik, A., Kajander, J., Heinonen, P., Hyvärinen, V., Karttunen, K., Kosola, M.-L., Ots, H., Seuna, P. (2004)** EnDic 2004: ympäristösanakirja = keskkonnasõnaraamat = environmental dictionary ... [etc.]. Helsinki: Finnish Environment Institute (SYKE), Tallinna Raamatutrükikoda.

**Mitsch, W.J., Gosselink, J.G., Anderson, C.J., Zhang, L. (2009)** Wetland ecosystems, New York.

**Osborne, P.L. (2012)** Tropical Ecosystems and Ecological Concepts. Cambridge University Press, New York.

**Paal, J. (1997)** Eesti taimkatte kasvukohatüüpide klassifikatsioon. Keskkonnaministeeriumi Info-ja Tehnokeskus, Tallinn.

**Paal, J. (2004)** Loodusdirektiivi elupaigatüüpide käsiraamat. Digimap OÜ, Tallinn.

**Paal, J. (2011)** Jääksood, nende kasutamine ja korrastamine. Keskkonnainvesteeringute Keskus, Tartu.

**Paal, J., Leibak, E. (2013)** Eesti soode seisund ja kaitstud. AS Regio, Tartu.

**Rydin, H., Jeglum, J. (2006)** The biology of peatlands. Oxford University Press, Oxford.

**Sculthorpe, C.D. (1967)** *The Biology of Aquatic Vascular Plants*. Edward Arnold Publishers, London; **Kaul, R.D. (1976)** Anatomical observations of floating leaves. *Aquatic Botany*, **2**, 215-234. Raamatust: Cronk, J.K., Siobhan Fennessy, M. (2001) Wetland plants: biology and ecology. CRC Press, Florida.

**Symoens, J.J., Burgis, M., Gaudet, J.J. (1981)** The ecology and utilisation of African inland waters. *United Nations Environmental Programme (UNEP)*, Nairobi; **Denny, P.(Ed.). (1985)** Ecology and management of African wetland vegetation. Junk, Dordrecht, The Netherlands. Peatükk raamatust: Crafter, S.A., Howard, G.W., Njuguna, S.G. (1992) Wetlands of Kenya: Proceedings of a Seminar on Wetlands of Kenya. National museums of Kenya, Nairobi.

**Valk, U., (1988)** Eesti sood. Valgus, Tallinn.

**Van Wirdum, G. (1991).** Vegetation and hydrology of floating rich fens. Dissertation, University of Amsterdam, Amsterdam.

**Vellak, K., Ingerpuu, N., Karofeld, E. (2013)** Eesti turbasamblad. Tartu Ülikooli Kirjastus, Tartu.

Internetileheküljed:

**Glime, J. M. (2007)** Bryophyte Ecology. Volume 1 [<http://www.bryoecol.mtu.edu/>] 25. mai 2014.

**Woodville, W. (1790)** Medical botany. 1. internetileheküljelt [[http://plantgenera.org/illustration.php?id\\_illustration=125245](http://plantgenera.org/illustration.php?id_illustration=125245)] 15. mai 2014.



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

Mina, Piia Jaksi (*autori nimi*),

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihlitsentsi) enda loodud teose  
**Õõtsikute taimkate ja selle kujunemine**, (*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja on Nele Ingerpuu (PhD), (*juhendaja nimi*)

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 lihlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, **25.05.2014**