

RMK TEADUSPROJEKTI LÕPPARUANNE

1. PROJEKTI NIMETUS: Metsakuivenduse mõju potentsiaalselt ohustatud elustikule

2. PROJEKTI KESTUS **Algus:** 12.2008 **Lõpp:** 11.2011

3. PROJEKTI TAOTLEJA : Eesti Maaülikool

Telefon: 7313001

Address: Kreutzwaldi 1, Tartu 51014

Registrikoode: 74001086

Panga rekviisidid: 10102000308001 SEB Pank, kood 401

4. PROJEKTI JUHT: Raul Rosenvald Vanemteadur, PhD

5. PROJEKTI PÕHITÄITJAD

Projekti põhitäitjad:		
Ees- ja perekonnanimi	Teaduskraad	Ametikoht
1. Raul Rosenvald	PhD	vanemteadur
2. Mare Leis	BSc	teadur
3. Ann Kraut	biol.mag.	Spetsialist
4. Kadri Suislepp	biol.mag.	TÜ magistrant
5. Liina Remm	biol.mag.	TÜ doktorant
6. Mirjam Nurmla	bakal.	EMÜ magistrant
7. Katrin Aavik	bakal.	EMÜ magistrant, spetsialist

Projektiga seotud abitöõjõud:

1. Ain Nurmla		spetsialist
2. Tarmo Evestus	MSc	spetsialist
3. Hando Henno		spetsialist
4. Raul Pihu	MSc	spetsialist
5. Rein Järvekülg	BSc	teadur

6. PROJEKTI KULUD KOKKU 91 193 eurot

Kulurida	Kokku
Töötasud (põhitäitjad + abitöõjõud)	24 079
Sotsiaalmaks+ Töötuskindlustusmaks	8 288
Ostetud teenused	43 304
Lähetuskulud	796
Materjalid, tarvikud, masinad, seadmed	3 182
Muud kulud	3 254
Üldkululõiv	8 290
Kokku	91 193

7. PROJEKTI TULEMUSED

Sisukord

- 7.1 Projekti lühikokkuvõte
- 7.2 Abstract
- 7.3 Läbiviidud uuringud ja kogutud andmed
 - 7.3.1 Veekogudega seotud elustik
 - a) Must-toonekured
 - b) Kalastik
 - c) Kahepaiksed
 - 7.3.2 Pikaajaline kuivenduse mõju elustikule
 - a) Limused
 - b) Samblad
 - c) Mardikad
- 7.4 Projekti tulemused, seosed projekti eesmärkidega
 - 7.4.1 Veekogudega seotud elustik
 - a) Must-toonekured
 - b) Kalastik
 - c) Kahepaiksed
 - 7.4.2 Pikaajaline kuivenduse mõju
 - a) Limused
 - b) Samblad
 - c) Mardikad
- 7.5 Projekti eesmärkide täitmine
- 7.6 Rakenduslikud soovitusel
 - 7.6.1 Vooluveekogude sobivust elustikule mõjutavad tegurid ja soovitusel rekonstrueerimiseks
 - 7.6.2 Pikaajalise kuivenduse mõju elustikule
 - 7.6.3 Hinnang täiendavate rakendusuringute läbiviimise vajaduse kohta.

7.1 Projekti lühikokkuvõte

Metsakuivenduse tagajärjel tekkinud kraavivõrgustik pakub küll toitumis- ja elupaiku uuritud must-toonekurgedele, kaladele ja kahepaiksetele, kuid looduslike veekogutüüpidega võrreldes on see halvema kvaliteediga ning lisaks vähendab kraavivõrgustik ka looduslike veekogude kvaliteeti. Rekonstrueerimise käigus tuleks suurendada inimtekkelistes vooluveekogudes voolu kiiruse varieeruvust ja luua tiike ning settebasseine, mis vähendavad kiire kuivamise mõju elustikule. Kuigi lodumetsade elustiku liigiline koosseis muutub pärast kuivendamist, on tekkinud kõdusoodes märkimisväärne uuritud limuste, sammalde ja putukate liigirikkus ning arvukus.

7.2 Abstract

Forest drainage ditches provide habitat for black stock, fish and amphibians, but it's of lesser quality and has negative impact on natural waterbodies. To minimize risks from drying-out, variation of flow speed in streams should be reconstructed and (sludge accumulation) pools created. Although drainage alters the species composition of swamp forests, the created drained swamp forest has a species-rich community of bryophytes, molluscs, and insects.

7.3 Läbiviidud uuringud ja kogutud andmed

Projekti eesmärkideks oli uurida metsakuivenduse mõju metsaveekogudega seotud elustikule ja pikaajalise kuivenduse mõju tundlikeks peetavatele liigirühmadele.

Must-toonekurega ja limustega seotud uurimuste põhjal kaitsiti kolm magistritööd, kahepaiksete uuringu tulemustest ilmus teadusartikkel (Suislepp jt 2011) ja sammalde osa kohta on valmimas käsikiri. Nende uurimuste täpsemat metoodikat ja üldisemad tulemused leiab aruande lisadest

7.3.1 Veekogudega seotud elustik

a) Must-toonekured (R. Rosenvald)

Must-toonekurgede toitumisaladega oli seotud kolm uurimust.

Uurimus 1

Must-toonekurgede toitumisalade kvaliteedi uurimiseks määrati pesitsemisperioodi(de) jooksul kindlaks kurgede peamised toitumiskohad ja nende kasutamise ajaline dünaamika, kasutades toonekurgedele selga kinnitatud GPS saatjaid. Kokku asetati toonekure vanalindudele selga 15 saatjat, kuid aastaringset infot toitumiskohtade kohta andsid nendest ainult 10. Noorlindudele paigaldati 6 saatjat rände uurimiseks. Antud projekti teemat arvestades loeti toitumispunktideks ainult veekogud ja märgalad. Saatjate abil leitud toitumispaikades kirjeldati veekogu omadused (kokku 7 tunnust: laius, sügavus, voolu kiirus, vee läbipaistvus, põhja tüüp, võimalike saakloomade nähtavus, ligipääs toonekurele). Toitumispunktid jagati

viieks kategooriaks: kraav, looduslik oja, süvendatud oja (tekkinud loodusliku oja süvendamisel; info ajaloolistelt kaartidelt), kalatiik ja märgala (ajutise või püsiva seisva veega veekogud). Kuna vooluveekogu omadused muutuvad erinevatel lõikudel, siis pikemad veekogud jagati umbes kolmekilomeetristeks lõikudeks jälgides ka veekogu looduslikkust ja veekogu vooluhulga muutusi. Samal veekogul loeti eraldi toitumiskordadeks rohkem kui viietunnise ajavahega toitumispunkte.

Andmeanalüüsis oli kolm etappi:

- 1) Võrreldi 20 km raadiuses toonekure pesast asuvate eri tüüpi vooluveekogude pikkusi ja sama tüüpi veekogude kasutust toonekurgede poolt. Eristati kraavid, suured (valgala suurem kui 25 km²) ja väikesed, looduslikud ning süvendatud ojad. Kuna erinevatel toonekurgedel (ja ka ühe toonekure lõikes aastati) oli toitumiskordade arv erinev, siis andmete ühtlustamiseks arvutati iga toonekure jaoks eri veekogutüüpide kasutamise osakaalud (protsent) igal aastal. Samuti, kuna erinevates piirkondades toonekurgede pesade ümber on veekogude kogupikkused erinevad, siis kasutati analüüsimiseks veekogutüüpide osakaale (protsent) kogu piirkonna vooluveekogude pikkustest. Analüüsis kasutati sõltuva tunnusena toitumiskordade protsendi ja veekogude pikkuste protsendi suhet. See logaritmiti, et oleks võimalik kasutada parameetrilist statistikat. Mõjutavateks tunnusteks olid aasta, toonekurg ja veekogu tüüp.
- 2) Otsiti taaskülastusi mõjutavaid tegureid, milleks kasutati pesitsevate toonekurgede andmeid nelja aasta kohta. Iga veekogu või selle kolmekilomeetrise lõigu kohta arvutati kirjeldatud punktide põhjal keskmine kaugus pesast, veekogu laius, sügavus, voolu kiiruse klass ja läbipaistvus. Täpsem meetodika on lisana kaasa pandud magistritöös (Aavik 2010).
- 3) Võrreldi erinevat tüüpi voolava veega toitumisveekogude ja juhuslike vooluveekogude omadusi. Uuritavateks omadusteks oli ligipääs toonekurele, veekogu laius, sügavus, voolu kiirus, vee läbipaistvus, põhja tüüp ja kalade esinemine. Kasutati binaarse jaotusega logistilist regressiooni, kus sõltuvaks tunnuseks oli kasutatud toitumisveekoguna. Erinevusi uuriti kõigi vooluveekogude peale kokku ning eraldi kraavide kohta, et saaks anda suunavaid soovitusi nende rekonstrueerimiseks.

Uurimus 2

Samuti oli plaanitud uurida, kuidas toitumiskoha kaugus pesast ja taaskülastuste arv (perioodi kohta) mõjutab must-toonekure produktiivsust, mida mõõdetakse lennuvõimestunud poegade arvu kaudu.

Uurimus 3

Nurmla (2010) magiströös keskenduti vooluveekogude hulga erinevustele must-toonekure poolt pesitsuspiirkonnana erinevalt kasutatud piirkondades (10x10 km ruutudes). Samades piirkondades uuriti ka vooluveekogude ajaloolisi muutusi (kasutades tänapäevaseid ja topograafilisi kaarte aastatest 1948/1949). Täpsem meetodika on lisana kaasasolevas failis.

b) Kalastik (R. Rosenvald, R. Järvekülg)

Kalastiku uuringuks valiti üheksa must-toonekure pesa ümber 20 km raadiusest neli erineva valgala suurusega (2; 6; 15 ja 30 km²) kolme tüüpi (looduslik oja, süvendatud oja ja kraav) vooluveekogu. Algses valikus oli veekogusid rohkem, kuid välitöödel selgus, et seitse ala oli kopra poolt üle ujutatud ja 14 veekogu oli uuringuajaks kuivanud. Kalastiku seirel lähtuti EL standardites EN 14962:2006 "Water quality – Guidance on the scope and selection of fish sampling methods" ja EN 14011:2003 "Water quality – Sampling of fish with electricity" antud soovitustest. Kalastiku liigiline koosseis, liikide arvukused ja vanuseline struktuur tehti kindlaks seirepüügi käigus, kasutades reguleeritavat elektripüügi agregaat. Kokku teostati elekterpüük 98-l 100-meetrisel veekogulõigul.

Sõltuvad tunnused olid: liigirikkus ja isendite arv veekogulõigu kohta, väikestele vooluveekogudele tüüpiliste liikide arv, arvukus ja (liigi kaupa) esinemine veekogulõigul. Mõjutavad mitteamvulised tunnused olid: piirkond (9 must-toonekure pesitsusterritooriumi), veekogu tüüp (looduslik oja, süvendatud oja, kraav) ja veekogu põhja tüüp (kivid, kruus, liiv, savi, muda). Mõjutavad pidevad tunnused olid valgala suurus (km²), veekogu keskmine laius (m) ja sügavus (m), veepinna varjatus (%), voolu kiirus (m/s), vee läbipaistvus (cm), veetaimestiku katvus (%). Kogu kalastiku ning väikestele vooluveekogudele tüüpiliste liikide arvukuse ning liigirikkuse puhul kasutati üldiseid lineaarseid mudeleid (GLM) ja üksik-liikide puhul binaarse jaotusega logistilist regressiooni.

Mitmed tunnused olid omavahel olulises korrelatsioonis. Veekogu laius oli kõige tugevamalt korreleeritud teiste tunnustega, nt valgala suurusega ($r=0,66$, $p<0,001$) ja veekogu sügavusega ($r=0,60$, $p<0,001$), seega otsustati see analüüsides eemaldada.

Analüüsi esimeses etapis testiti kõikide tunnuste mõju sõltuvale tunnusele ükshaaval. Järgmises etapis lisati mudelisse kõik esimeses etapis oluliseks osutunud tunnused ja eemaldati ükshaaval kõige suurema p-väärtusega tunnused, kuni analüüsi jäid vaid olulised tunnused. Kõikides (GLM) analüüsides lisati juhusliku faktorina piirkond (see võib mõjutada teisi tegureid, kuid selle tulemused pole analüüsi seisukohast vajalikud), isegi kui see ei olnud oluline. Eraldi tähelepanu pöörati tulemuste väljatoomisel veekogu tüübile kui projekti seisukohast olulisimale tunnusele.

Väiksemate vooluveekogude tüüpilisteks liikideks (teised võivad olla juhukülalised) loeti lepamaim, luukarits, forell, trulling, ojasilm, haug, luts. Need moodustasid kokku 90,6 % koguisendite arvust ja 35 % liikide arvust.

c) Kahepaiksed (K.Suislepp, R. Rannap, R. Rosenvald)

Uuringualadeks olid kolm piirkonda Võru-, Valga- ja Viljandimaal, mis jäid 15 km raadiusesse seal uuritud (v.t punkt 7.3.1 a) must-toonekure pesadest. Igas piirkonnas valiti kolm looduslikku (kraavitamata) ja kolm kuivendatud (kraavitatud) 700x700m uuringuruutu. Uurimisalade valimise tingimuseks oli suur metsasuse osakaal (>80%) ja rohkem kui ühe kilomeetri vooluveekogude olemasolu. Looduslike ning kuivendusalaade võrreldavuse tagamiseks otsiti võimalikult sarnaste metsakasvukohatüüpidega uurimisalasid. Kokku inventeeriti nii 2009. kui 2010. aastal 18 ala. Veekogusid iseloomustavateks tunnusteks olid veekogu tüüp, põhja tüüp, vee vool, ümbritsev maastik, veekogu pikkus ja laius, maksimaalne vee sügavus, nõlva kallak, taimestikuga katvus, varjulius.

Uuritud veekogude kahepaiksete arvukust ja nende liigilist koosseisu määrati aprilli lõpus-mai alguses, kasutades päris-konjaliste kudupallide ja vesilikumunade loendust ning kulleste kahvapüüki. Juuni alguses taasküllastati kõiki sigimisveekogusid. Kahvapüügi abil kontrolliti neid uuesti, et määrata nende kvaliteet kulleste arenguks moonde läbimiseni ning mõõta taas veekogude parameetreid. Kahepaiksete elupaiku mõjutavad oluliselt sademed. Uuritud aastad olid selles osas kontrastsed: 2009. aasta mai oli tavapärasest kuivem, kuid suve algus jälle sademerikkam, 2010. aasta vastupidiselt – kevad tavapärasest sademerikkam ja suve algus pigem sademevaesem.

7.3.2 Pikaajaline kuivenduse mõju elustikule

Pikaajalise kuivenduse mõju uuriti potentsiaalselt kuivendusele tundlikeks peetavatel liigirühmadel: limustel, sammaldel ja mardikatel. Varasema TÜ looduskaitsebioloogia töörühma projekti (ETF grant 6457) käigus koguti sammalde ja puiduseoseliste mardikate materjali nimetatud liigirühmade kohta 96-l alal Mandri-Eesti riigimetsades, mis jaotusid nelja tüübirühma (palu, laane, salu, rohusoo) vahel ja olid nelja erineva majandusastmega (põlised metsad, küpsed metsad, kuni 10 a lagedad raiesmikud ja säilikpuudega raiesmikud). Käesoleva projekti käigus jätkati nendel aladel limuste uuringuid ning koguti kõigi kolme organismirühma materjali igast majandusintensiivsuse tüübist kuuel kõdusoo (ehk siis pikaajaliselt kuivendusest mõjutatud) alal (kokku 24 kõdusooala) ning määrati liikideni kõdusooalade kui ka muudest kasvukohatüüpidest (eeskätt rohusoometsadest) pärit materjal.

a) Limused (L. Remm)

Limuste inventeerimiseks koguti 2008.–2009. a koduproove 100-lt alalt, mis esindasid viit kasvukohatüübi rühma (palu, laane, salu, lodu ja kõdusoo) ja nelja majandusastet (põlis- ja raieküps mets, lage ja säilikpuudega raiesmik), viies korduses. Igalt alalt korjati kuus läbisõelutud 0,5 liitrist koduproovi. Aladel leiduvate teokodade suhtelise üldmassi hindamiseks leiti iga liigi kohta noorte ja täiskasvanud isendite kodade keskmine mass.

b) Samblad (M. Leis, P. Lõhmus, L. Remm)

Sammaldele uuring viidi läbi lodu- ja kõdusoo kasvukohas, mida käsitleti vastavalt kui olukorda enne ja pärast kuivendust. Materjal koguti 20-lt lodu- ning 24-lt kõdusoometsa 2 ha suuruselt proovialalt neljatunnise liigiinventuurina, mille jooksul koostati võimalikult täieulatuslik sammalde liiginimekiri, samaaegselt registreerides liikide poolt asustatud kasvusubstraadid, eristades puuliigid, -tüübid ning suurusklassid ja kõduastmed. Välitingimustes raskesti määratavate liikide materjal määrati laboris.

Lodu- ja kõdusoo tüübirühmade ning erineva majandusastmetega metsade liigirikkuse erinevust testiti korduvmõõtmistega dispersioonanalüüsi abil, kus kordusmõõtmistena käsitleti ühe piirkonna ja kasvukoha nelja majandusastet ning tüübirühm oli kategooriline faktortunnus. Sõltuvaks tunnuseks võeti kogu liigirikkus ning looduskaitsealiselt (LK) tähelepanuväärsete (ohustatud ja haruldaste) liikide arv uuringualal. Lodu- ja kõdusoo proovialade samblakoosluste erinevust analüüsiti MRPP testiga ja tulemuste illustreerimiseks kasutati NMS ordinatsiooni. Kõdusoo- ja lodumetsadele ja raiesmikele iseloomulike liikide selgitamiseks kasutati Indikaatorliikide analüüsi.

c) Mardikad (A.Kraut)

24-lt kõdusoo proovialalt koguti (2008. aastal) lamapuiduproove, millest laboris mardikad välja kasvatati. Igast leitud puuliigist võeti kaks eri kõduastmes puiduproovi (à 10 l), kokku 234 proovi. Saadud infot analüüsiti koos varem sama meetodikaga kogutud andmetega teiste metsatüüpide puidumardikate kohta (3775 isendit 219 liigist), võrreldes eelkõige lodu ja laanemetsade kui lähte- ja sihttüübi metsade andmetega.

7.4 Projekti tulemused, seosed projekti eesmärkidega

7.4.1 Veekogudega seotud elustik

a) Must-toonekured**Uurimus 1**

Toitumispunkte kirjeldati aastatel 2007 kuni 2010 kokku kümnel GPS-saatjaga must-toonekure vanalinnul. Kokku saadi infot 4392 toitumiskoha kohta, millest eraldiseisvate toitumiskordadena arvestati 3302 punkti, millest suuremat osa kirjeldati looduses. Lisaks kirjeldati looduses üle 600 juhuslikult valitud punkti vooluveekogudel (Tabel 1).

Tabel 1. Must-toonekurgede 2007.-2010. a. jooksul kogunenud toitumispunktid ja nende ümberarvestus toitumiskordadeks veekogutüüpide lõikes. Sulgudes on kirjeldatud juhuslike punktide arvud.

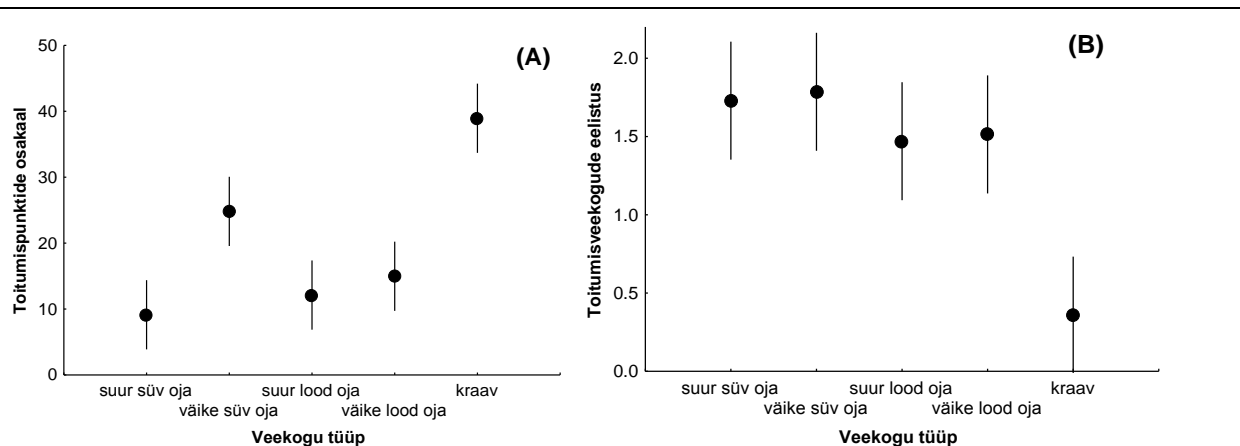
Toonekurg	Aasta	Kokku toitumispunkte	Eraldi toitumiskorrad					kokku
			kraav	süv oja	lood oja	märgala	kalatiik	
Raivo	2007	186	30	41	42	11	33	157
Raivo	2008	262	43	88	11	17	32	191
Raivo	2009	215	29(6)	21(9)	7(3)	3	92	152
Raivo	2010	145	43(9)	12(3)	16(6)	6	26	103
Valdur	2009	314	28	92(36)	130(30)	4	14	268
Valdur	2010	509	59(21)	9(20)	98(19)	100	11	277
Kaku	2009	317	83(5)	93(37)	47(6)	15	0	238
Oss	2009	348	77(14)	144(49)	4	4	0	229
Oss	2010	292	97(19)	137(47)	32(13)	7	0	273
Pirsu	2009	261	158(24)	36(5)	24(4)	7	0	225
Pirsu	2010	321	142(39)	30(13)	57(13)	72	0	301
Toomas	2010	230	95(44)	33(12)	25(10)	1	0	154
Piia	2008	217	33	54	97	6	0	190
Priidu	2008	116	21	58	21	4	0	104
Priidu	2009	77	11(1)	39(12)	6(1)	0	0	56
Priidu	2010	39	12(8)	16(13)	10(3)	0	0	38
Lembit	2009	364	148(25)	57(13)	12(2)	21	0	238
Leida	2010	179	55(9)	31(12)	20(9)	2	0	108
		4392	1164(224)	991(281)	659(119)	280	208	3302 (624)

Etapp 1.

Toonekurgede toitumispunkte oli kõige rohkem kraavidel ja väikestel süvendatud ojad (Joonis 1A), mis erinesid looduslikest ojadest ja suurtest süvendatud ojadest. Arvestades pesa ümber olevaid vooluveekogusid nende pikkuste järgi, erinesid toonekurgede jaoks veekogutüübid omavahel ($R^2=0,34$; $F_{4,75}=9,5$; $P<0,001$). Tukey HSD testi järgi väiditi kraave, kuid nii suured kui väikesed looduslikud ja süvendatud ojad omavahel ei erinenud (Joonis 1B). Toonekure isend (ehk piirkond) ega ka aasta mõju ei osutunud oluliseks.

Ainult 2009 aasta (väiksema) andmestiku põhjal (5 toonekure isendit), olid eelistatumad süvendatud ojad, omavahel statistiliselt ei erinenud kraavid ning looduslikud ojad (Aavik 2010; lisa). Seega väiksem andmestik andis oluliselt erineva tulemuse. Analüüsitava tunnuse (valem) oli küll pisut erinev, kuid kasutades kontrolli mõttes sama tunnust (valem) nagu 2009. aasta andmete põhjal magistritöös, jäid antud suurema andmestiku põhjal tehtud analüüsis ikkagi üksnes kraavid teistest erinevaks.

Järeldusena võib öelda, et kuigi toitumiskordasid oli kõige rohkem kraavidel, tulenes see nende suurest hulgast ümbritsevas maastikus. Arvestades toitumisveekogude valikuvõimalusi pesa ümbritsevas maastikus, eelistasid toonekured erineva suurusega looduslike ja süvendatud ojasid.

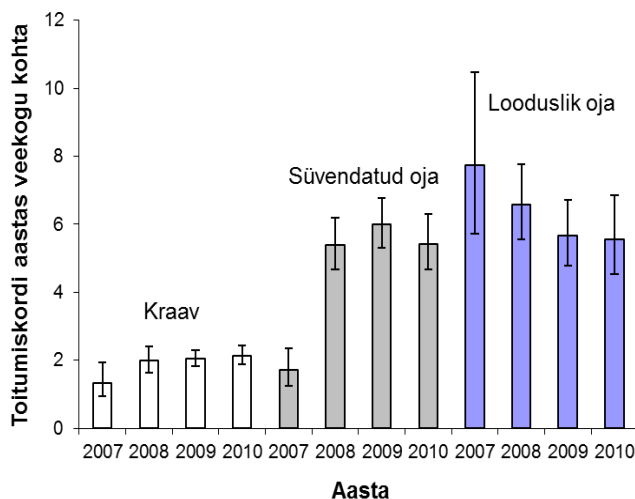


Joonis 1. Must-toonekurgede keskmine ($\pm 95\%$ usalduspiirid) toitumiskordade osakaal aasta toitumiskordade arvust (A) ja toitumisveekogu keskmine ($\pm 95\%$ usalduspiirid) eelistus ($\ln(\text{toitumiskordade osakaal/toitumisveekogude osakaal kõigist veekogudest})$); B) eri tüüpi vooluveekogudel 20 km raadiuses pesast. Andmestikuks kaheksa must-toonekurges aastatel 2007-2010.

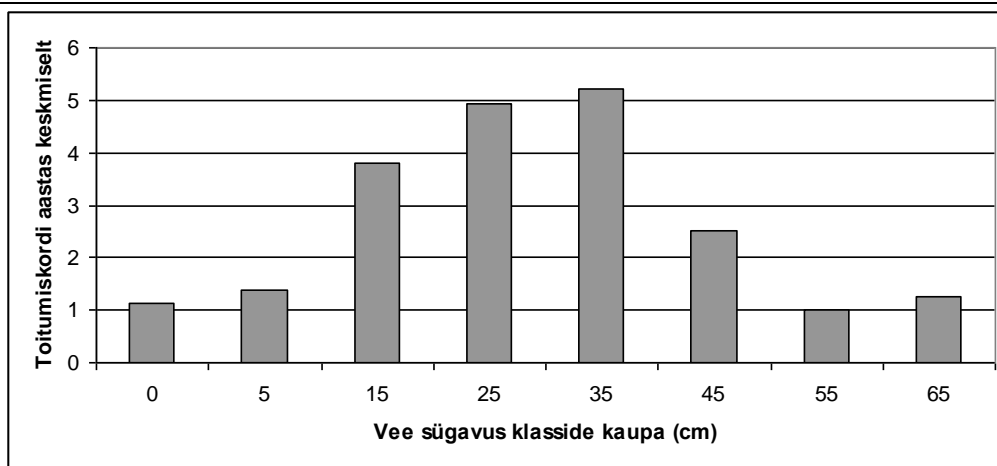
Etapp 2

Erinevate aastate kohta tehtud veekogude taaskülastuste mudelid andsid pisut erinevaid olulisi mõjutavaid tunnuseid, kuid veekogu tüüp (Joonis 2) jäi kõigis mudelites oluliseks.

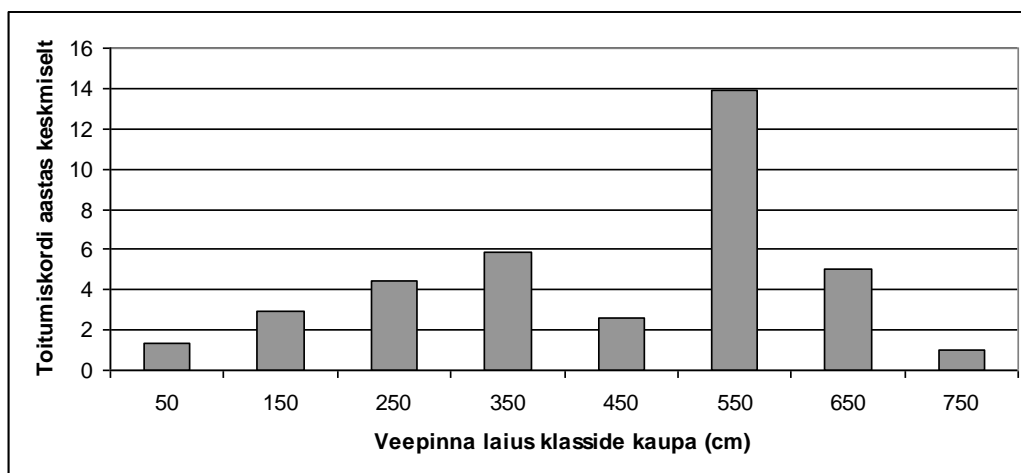
Veekogude taaskülastamisi must-toonekure poolt mõjutasid 2007. aastal veekogu tüüp ja kaugus pesast. Looduslike ojasid külastati keskmisest enam, süvendatud ojasid ja kraave keskmisest vähem. Lähedalasuvatel veekogudel käidi rohkem. 2008, 2009 ja 2010 külastati keskmisest enam looduslike ja süvendatud ojasid (omavahel ei erinenud), kraave vähem. 2008. aastal jäid mudelis oluliseks veekogutüüp, laius ruudus ning sügavus ruudus. Eelistatud veekogu laius oli 200-400 cm ning sügavus 20-30 cm. 2009 aastal mõjutasid taaskülastust veekogutüüp, veekogu laius ja laius ruudus, veekogu sügavus (joonis 3) ning kaugus pesast. Taaskülastamisel eelistati laiemaid ja sügavamaid veekogusid, kuid laiuse optimum oli 100-300 cm. Eelistatud olid lähedalasuvad veekogud. 2010. aastal jäid mudelis oluliseks veekogutüüp, veekogulõigu kaugus pesast, vee läbipaistvus ning voolu kiirus. Suurema voolu kiirusega, lähedamal asuvaid ja läbipaistvama veega veekogusid külastati rohkem.



Joonis 2. Keskmine ($\pm 95\%$ usalduspiirid) veekogu taaskülastuste arv eri tüüpi vooluveekogudel aastatel 2007-2010. Kokku on andmestikus 6 pesitsevat isendit.



Joonis 3. Keskmise toitumiskordade arv vastavate sügavusklassidega toitumisveekogudel 2009. aastal (N=272)



Joonis 4. Keskmise must-toonekurgede toitumiskordade arv vastavatesse laiusklassidesse kuuluvatel toitumisveekogudel 2009. aastal (N=272)

Toitumispunktidest ligikaudu 65% asusid vooluveekogudel, mis olid 100-300 cm laiad, kuid ühe veekogu kohta kõige enam toitumispunkte oli veekogudel, millede laiused oli 300-600 cm (joonis 4).

K. Aavik leidis 2009. aasta viie must-toonekure andmete põhjal (Aavik 2010), et süvendatud ojad olid selgelt eelistatud teistele veekogutüüpidele. Kui käesolevas aruandes tehti sama andmestiku järgi analüüs, jättes välja vaid ühe mittepesitseva toonekure, siis looduslikud ja süvendatud ojad enam omavahel ei erinenud. Seega mittepesitsevad toonekured võivad kasutada teistsuguseid veekogusid. Oluline on aga teada saada pesitsevate toonekurgede vajadusi.

Kõikide aastate tulemused näitavad (erinevatel aastatel on valimis ka osaliselt erinevad toonekured), et kraave külastatakse kõige juhuslikumalt ning looduslikele ja süvendatud ojadele pööratakse korduvalt tagasi. Sõltuvalt aastast on looduslike ja süvendatud ojade taaskülastamine erinev. Kuival 2007. aastal taaskülastati väga palju looduslike ojasid ning süvendatud ojad jäid võrdseks kraavidega.

Etapp 3

Kõikide juhuslike vooluveekogude võrdlus toonekurgede poolt toitumiseks kasutatud veekogudega näitas, et toonekurgede poolt valitud veekogud on oluliselt parema ligipääsuga, rohkem kivise ja savise põhjaga, läbipaistvama veega ning oluliselt vähem mudase põhjaga kui juhuslikud veekogud. Kui võrreldi eraldi ainult kraave, olid lõppmudelis mõjutavateks tunnusteks veekogu laius, voolu kiirus, põhja tüüp ning ligipääs toonekurele. Toitumiseks kasutatud kraavid olid juhuslikest kraavidest laiemad, kiirema vooluga, parema ligipääsuga toonekurgedele ning vähem rohtunud või mudase põhjaga. Seega kui rekonstrueerimise käigus suurendatakse kraavide voolu kiiruse varieeruvust, parandatakse nende ligipääsetavust (võsa eemaldamine) ning puhastatakse mudased veekogulõigud, võiks sellega suurendada kraavide kvaliteeti toonekurgede toitumispaigana.

Uurimus 2

Andmestik toitumisalade kvaliteedi ja selle mõju uurimiseks produktiivsusele oli liiga väike ja juhuslik. Poegadega pesa oli ühel uuritud toonekurel kolmel aastal, kahel kahel aastal ja kahel toonekurel ühel aastal. Paljud saatjatega toonekured ei pesitsenud ning osade ebaõnnestunud pesitsuste põhjused olid selgelt toitumisaladega mitteseotud (nugiserüüste; pesa allakukkumine). Toitumisalade võimaliku kvaliteedi mõju uurimiseks peaks andmestik produktiivsuse kohta olema oluliselt suurem ja/või pikaajalisem, sisaldades erinevama niiskusraamiga aastaid. Samas ei tea me kuigi palju ka edukate pesadest väljunud noorlindude saatuse kohta. Kõik kuus saatjaga varustatud noorlindu hukkusid esimesel rändeteel. Osad neist olid rõngastajate väitel selgelt alakaalulised (U. Sellis, suul. andmed). Seega ka edukas pesitsemine Eestimaal ei pruugi näidata head toitumisalade kvaliteeti ja kuigi rände alustamiseks olid noorlinnud piisavalt tugevad, ei piisanud sellest rände lõpetamiseks. Siiski ka selle hüpoteesi kontrollimiseks oleks tarvis suuremat andmestikku.

Uurimus 3

Pesitsuspiirkondades ei olnud kummalgi uuritud perioodil (1940-ndad ja tänapäev) erinevat tüüpi (looduslikud ja süvendatud ojad, kraavid) või erinevate laiusklassidega vooluveekogusid oluliselt rohkem kui neist eemal asuvates piirkondades. Võrreldes tänapäevaga oli enne 1950ndaid väikseid looduslikke ojasid oluliselt rohkem, suuri süvendatud ojasid ning kraave oluliselt vähem.

Maastiku tasemel uuritud veekogude parameetrid ei andnud infot toonekurgede elupaigakvaliteedi kohta. Töös sai kinnitust eeldatav inimõjuline vooluveekogude muutmine pärast intensiivset kuivendusperioodi alates 1950-ndatest, eriti palju on vähenenud väikeste looduslike ojade pikkused.

b) Kalastik

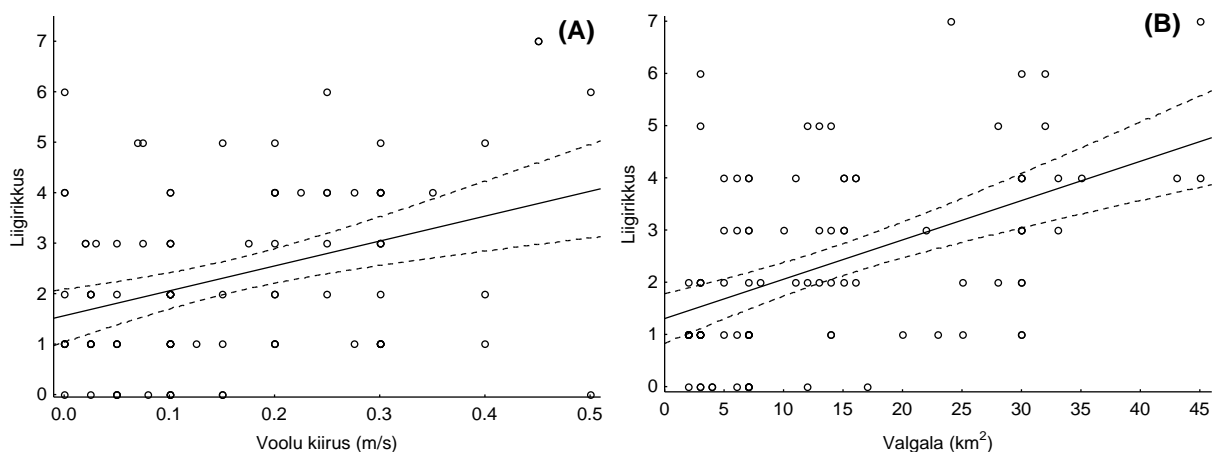
Veekogudest leiti 20 liiki kalu, kokku 6 455 isendit (Tabel 2). Looduslikus ojas oli keskmiselt 3 liiki ja 76 isendit, süvendatud ojas keskmiselt 2 liiki ja 68 isendit, kraavis keskmiselt 2 liiki ja 53 isendit.

Tabel 2. Kalaliikide keskmine arvukus veekogu 100 meetrise lõigu kohta, esinemisprotsent uuritud veekogudest ja keskmine arvukus esinemisveekogudes. Allajoonituna on märgitud väikestele vooluveekogudele tüüpilised liigid.

Liik	Keskmine arvukus	Esinemisprotsent	Arvukus esinemisvee-
<u>Lepamaim</u> (<i>Phoxinus phoxinus</i> L.)	30,2	35	85,5
<u>Luukarits</u> (<i>Pungitius pungitius</i> L.)	16,4	52	31,3
<u>Jõeforell</u> (<i>Salmo trutta morpha fario</i> L.)	4,6	13	34,9
Mudamaim (<i>Leucaspis delineatus</i>)	3,8	6	62,2
<u>Trulling</u> (<i>Barbatula barbatula</i> L.)	3,5	29	12,0
<u>Ojasilm</u> (<i>Lampetra planeri</i> Bloch)	2,3	21	10,7
<u>Haug</u> (<i>Esox lucius</i> L.)	1,5	27	5,5
<u>Särg</u> (<i>Rutilus rutilus rutilus</i> L.)	0,8	10	7,9
Ahven (<i>Perca fluviatilis</i> L.)	0,7	11	6,4
<u>Luts</u> (<i>Lota lota</i> L.)	0,6	10	15,4
<u>Völdas</u> (<i>Cottus gobio</i> L.)	0,5	4	11,8
Höbekoger (<i>Carassius auratus gibelio</i>)	0,1	2	6,0
Teib (<i>Leuciscus leuciscus</i> L.)	0,1	2	4,5
Hink (<i>Cobitis taenia</i> L.)	0,1	1	5

Rünt (<i>Gobio gobio gobio</i> L.)	<0,1	2	1,5
Viidikas (<i>Alburnus alburnus</i> L.)	<0,1	2	1,5
Nurg (<i>Blicca bjoerkna bjoerkna</i> L.)	<0,1	1	2
Vingerjas (<i>Misgurnus fossilis</i> L.)	<0,1	1	1
Angerjas (<i>Anguilla anguilla</i> L.)	<0,1	1	1
Linask (<i>Tinca tinca</i> L.)	<0,1	1	1

Veekogude kalastiku liigirikkuse puhul ainult kategooriliste tunnustega (lisaks veekogu tüübile lisatud juhusliku faktorina piirkond) tehtud mudeli järgi ($R^2=0,24$; $F=2,8$; $P=0,005$) erinesid veekogutüübid omavahel ($F_{2,87}=4,5$; $p=0,014$), Tukey HSD testi järgi oli looduslikes ojaades suurem kalastiku liigirikkus kui süvendatud ojaades ja kraavides. Lisades teised üksikuna oluliseks osutunud faktorid jäid lõppmudelisse ($R^2=0,44$, $F=6,9$; $P=0,005$) oluliseks voolu kiirus ($F_{1,87}=10,2$; $p=0,002$) ja valgala suurus ($F_{1,87}=21,9$; $p<0,001$). Seega kalastiku liigirikkus ei olene iseseisvalt veekogu tüübist, vaid eeskätt suureneb koos valgala suuruse ja voolu kiirusega (joonis 5). Erinevat tüüpi veekogude vahel valgala suurused ei erinenud ($F_{2,87}=2,0$; $p=0,144$), kuid voolu kiirus oli küll erinev ($F_{2,87}=9,0$; $p<0,001$). Tukey HSD testi järgi oli looduslike ojaade voolukiirus oluliselt suurem kui kraavidel või süvendatud ojaadel. Seega, looduslike ojaade suurem kalastiku liigirikkus tuleneb eeskätt nende suuremast voolu kiirusest.



Joonis 5. Kalastiku liigirikkuse muutused sõltuvalt voolu kiirusest ja veekogu valgala suurusest.

Arvukus ei erinenud veekogutüüpide (ega ka piirkondade) vahel, ka ükski pidev tunnus ei osutunud statistiliselt oluliseks.

Väiksematele vooluveekogudele tüüpiliste liikide liigirikkuse puhul ainult kategooriliste tunnustega (lisaks veekogu tüübile lisatud juhusliku faktorina piirkond) tehtud mudeli järgi ($R^2=0,25$; $F=2,9$; $P=0,004$) erinesid veekogutüübid omavahel ($F_{2,87}=5,2$; $p=0,007$), Tukey HSD testi järgi oli looduslikes ojaades suurem kalastiku liigirikkus kui süvendatud ojaades ja kraavides. Nii nagu kogu kalastiku arvukuse juures, ei leitud mingeid seoseid jõeliikide arvukuse ja veekogude parameetrite vahel.

Forellid ja ojasilmud eelistasid looduslike ojasid teistele tüüpidele (ojasilmud ka vältisid süvendatud ojasid), kuid mitmetunnuselises mudelis langes veekogu tüüp välja, seega mõlema puhul loodusliku oja paremus tuleneb selle paremast läbipaistvusest ja suuremast voolu kiirusest.

Lepamaimude esinemistõenäosus oli suurem suurema voolu kiiruse ja sügavusega veekogudes. Trulling eelistas looduslike ojasid ja vältis kraave, kuid muude tunnuste lisamisel enam veekogu tüüp oluliseks ei jäänud ning suurem sügavus ja kiirem vool näitasid suuremat esinemistõenäosust. Haug eelistas suurema veetaimede katvusega veekogusid ning luukaritsale ja lutsule ei osutunud ükski tunnus oluliseks.

Projekti eesmärgiks oli teha kindlaks metsaveekogudega seotud kalastiku koosseis, arvukus ja seda mõjutavad tegurid. Selgus, et kraavid kui täielikult kunstlikud veekogud, võivad olla siiski kalastikule olulisel määral kasutatavad. Kalade arvukus ei erinenud ühegi uuritud veekogutüübi vahel. Siiski liigirikkus oli oluliselt suurem looduslikes ojades ning sarnane muster esines ka väiksematele vooluveekogudele tüüpilistel liikidel (7 liiki). Järelikult looduslike ojade suurem liigirikkus ei sõltu „juhukülalistest”, vaid näitab nende suuremat mitmekesisust ja võimalust pakkuda elupaiku mitmetele liikidele korraga. Liigirikkus ühe veekogulõigu kohta on kahtlemata objektiivsem näitaja kui arvukus, mis võib sõltuda ühe kalaparve sattumisest või mittesattumisest püügialasse. Liigirikkus aga näitab veekogu mitmekesisust ja sobivust paljudele liikidele ning sõltub vähem juhuslikkusest. Kuna voolu kiirus oli kalastiku liigirikust ja mitmeid liike mõjutav tunnus, siis on oluline võimalusel tekitada rekonstrueerimisel suurema voolukiirusega lõike. Samuti vee läbipaistvus oli mitmetele liikidele oluline, seega võimalusel kasutada ka selle suurendamiseks meetmeid.

c) Kahepaiksed

Kuivendatud aladel oli veekogude arv, millest enamuse moodustasid kraavid, suurem kui loodusliku veerežiimiga aladel. Kuivendatud aladel 2009. aastal kirjeldatud 92-st veekogust moodustasid kraavid 65% ja ajutised lombid 17%. 2010. aastal kirjeldatud 129 veekogust moodustasid kraavid 54% ja ajutised lombid 27%, samas kui looduslikel aladel olid kõige sagedasemateks veekogudeks lombid ja üleujutusala (Tabel 3).

Veekogud looduslikel aladel olid keskmiselt sügavamad, kuid samas laugemate kallastega kui kuivendatud aladel. Kõige sagedasem liik uurimisaladel oli rohukonn, järgnesid rabakonn ja tähnikvesilik. Vähemal määral leidis harilikku kärnkonna, rohelist konni (tiigi- ja veekonn) ning harivesilikku.

Kuivendatud aladel kasutati kudemiseks 2009. aastal 23% veekogudest, 2010. aastal 39%; looduslikel aladel vastavalt 43% ja 38%. Kuivendatud aladel olid põhiliseks kudemisalaks kraavid (kolmandikku kraave kasutati kudemiseks), 2010. aastal lisaks ka väikeveekogud (lombid). Väikeveekogud olid suuresti eelistatud loodusliku veerežiimiga aladel, kus nad olid ka tavalisemad ja sügavamad kui kuivendatud aladel.

Tabel 3. Veekogude arvukus ja nende kasutus kahepaiksete poolt kudemisveekogudena. Valimiks on 9 looduslikku ja 9 kuivendatud uuringuruutu 2009. ja 2010. aastal.

Uuringuruut	Tüüp	Veekogude arv		% kasutatud kudemiseks	
		2009	2010	2009	2010
Looduslik	kraav	4	5	-	-
	vooluveekogu	7	8	29%	25%
	üleujutusala	8	15	38%	27%
	lomp	11	20	73%	65%
Kuivendatud	kraav	56	65	25%	37%
	vooluveekogu	1	1	-	-
	lomp	5	15	-	53%
Kokku arv		92	129	27	50

Kahepaiksete liigilist mitmekesisust metsaveekogudes seletas kolm tunnust: veetaimestik, vee maksimaalne sügavus ja veekogu tüüp. Kahepaiksed eelistasid suurema veetaimestiku osakaaluga ning sügavamaid veekogusid. Optimaalseim veesügavus oli 40–60 cm. Veekogutüüpidest olid kõige suurema kahepaiksete liigilise mitmekesisusega väikeveekogud (lombid) ja kraavid.

2009. aastal oli kahepaiksete vastsete arvukus veekogu kohta looduslikel aladel kõrgem kui kuivendatud aladel, kuid 2010. need ei erinenud. 2009. aasta juuni alguseks ei olnud viies (38%) kudemisveekogus looduslikel aladel ja kuues (43%) kuivendatud aladel enam kahepaiksete noorjärke, 2010. aastal olid vastavad arvud 1 (5%) looduslikel aladel ja 10 (32%) kuivendatud aladel. Võimalike kiskjate (kalad, röövputukad) mõju ei erinenud kuivendamata ja kuivendatud ruutude vahel.

Veetase oli langenud kahe uuringukäigu vahel 2009. aastal oluliselt vaid kuivendatud ruutudes, 2010. aastal mõlemas tüübis. Täielikku veekogude kuivamist enne moonde läbimist esines vaid kuivendatud aladel, kus 7% kraavidest 2009. aastal ja 62% väikeveekogudest 2010. aastal oli kuivanud teiseks uuringuperioodiks.

Saadud tulemustele põhinedes võib öelda, et kraavivõrgustiku rajamine võib suurendada kudemiseks kasutatavate väikeveekogude arvu maastikul, samas nende kvaliteeti ja mitmekesisust vähendades. Kuivendatud aladel kuivavad veekogud suurema tõenäosusega suve alguseks kui loodusliku veerežiimiga aladel. Eriti märkimisväärne on looduslike (seisva veega) väikeveekogude vähesus kuivendatud aladel ning nende kiire kuivamine. Seega metsakuivendusest mõjutatud aladel võivad

sademerohke kevade järel asustatud kraavid ja lombid osutada hilisemal kiirel kuivamisel kahepaiksetele ökoloogiliseks lõksuks. Suurendamiseks tõenäosust, et kuivendatud metsaalad võiksid pakkuda kahepaiksetele kvaliteetseid kudemisalasid, oleks vaja sellistel aladel püsivate veekogude olemasolu, millele tuleks tähelepanu pöörata juba kraavivõrgustiku rekonstrueerimise juures.

7.4.2 Pikaajaline kuivenduse mõju

a) Limused

Kogutud proovidest leiti 11 000 limust vähemalt 69 liigist. Teokooslus oli kasvukohatüübiti, majandusastmeti ja prooviala piires väga varieeruv. Tigude liigirikkus ja arvukus ei erinenud kõdusoodest ja lodude vahel. Kuivenduse mõju ilmnes raieküpse metsa staadiumis ning võib muu seas olla seotud okaspuude osa suurenemisega. Lodumetsade teokooslus erines laane- ja salumetsade teokooslustest, kuid pärast lodumetsade kuivendamist tekkinud kõdumetsade teokooslus tundub sarnastuvat laane- ja salumetsade omaga. Ilmselt kujuneb lodumetsade teokooslus nagu taimekoosluski (Löhmus 1984), kuivendusjärgses suktsessioonis laane- ja salumetsade omale sarnaseks. Niisiis võib järeldada, et kõdusoodes saavad elada nii looduslike laane- kui ka salumetsade liigid. Kõdusoodest leiti ka 10 Eestis ohustatud limuseliiki (eElurikkus 2010). Lodude ja kõdusoodest ohustatud liikide arv ja summaarne arvukus ei erinenud. Võimalike kuivendustundlike limustena saab siiski välja tuua 16 liiki, keda esines kõige enam lodualadel.

Üldiselt on leitud, et kuivendatud metsades väheneb soid eelistavate liikide arvukus, samas lisandub generaliste ja arumetsa liike (Remm 2008). Ka antud uurimuses selgus, et võrreldes loduga, oli kõdusoodes väiksem arvukus tömp kääbusteol (*Carychium minimum*), läiketeol (*Zonitoides nitidus*) ja suur merivaiklasel (*Succinea putris*), kes on eriti niiskuslembesed. Samad liigid on kuivendusest ohustatud ka Doonau lammimetsades (Čejka 1997, Čejka ja Hamerlik 2009).

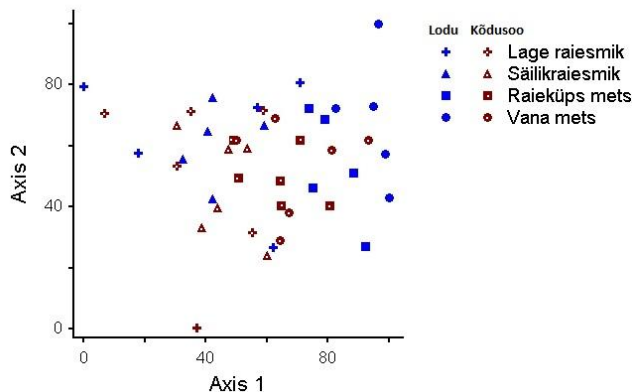
Järeldusena võib öelda, et kuivenduse mõju limustele ei ole nii tugev, kui eelnevalt eeldati. Kõdusoometsades suudavad elada paljud teiste metsatüüpide liigid. Võrreldes salumetsadega on kõdusoo teokooslused siiski selgelt looduskaitsele vähem väärtuslikud. Samuti väheneb lodudele iseloomulike liikide arvukus kõdusoodes. Seega on teatud juhtudel otstarbekas kaitsta elustikurikkaid kõdusoometsi, kuid nendele lisaks peaks kindlasti jätkama kuivendamata ka piisavalt soometsi. Kui palju on neid vaja iseloomuliku elustiku säilimiseks, vajab edasisi uuringuid.

b) Samblad

Uurimisaladelt leiti 206 liiki samblaid, sh lodu aladelt 178 ja kõdusoo aladelt 170 liiki (liikide nimekiri on antud lisana käsikirjas), neist 34 liiki on looduskaitsele väärtusega. Kuivenduse mõju üldliigirikkusele ega ka looduskaitsele tähelepanuväärsete liikide arvule ei leitud. Küll aga erines üldliigirikkus erineva majandusastmega metsades ($F_{3;27}=9,5$; $p<0,01$): lageraiesmikud olid metsadega võrreldes liigivaesemad ning vanad lodumetsad ülejäänud majandusastme x metsatüübi kombinatsioonidest liigirikkamad.

Liigilise koosseisu analüüs näitas, et kuivenduse mõju avaldub lodu ja kõdusoo metsade erinevuses (nii vanade kui ka küpsete metsade puhul $p\leq 0,01$; $A\geq 0,21$); raiesmikel aga vastupidi on lodu ja kõdusoo alad ordinatsiooniskeemil segiläbi paigutunud (joonis 6). Nagu liigirikkuse analüüs, nii ka liigilise koosseisu analüüs näitas, et raie mõjutab samblakooslusi: üsna selgelt eristusid kasvukohatüübi sees vanad metsad ja raiesmikud ($p\leq 0,004$; $A\geq 0,18$). Kõpsed metsad eristusid kõdusoo tüübirühmas oluliselt vaid lageraiesmikest ja lodu tüübirühmas säilikraiesmikest (vastavalt $p=0,001$; $A=0,17$ ning $p=0,02$; $A=0,25$). Sõltumata metsatüübist, lage- ja säilikraiesmike samblakooslused ei erinenud, samuti ei erinenud küpsete ja vanade metsade samblakooslused ($p>0,3$; $A\leq 0,03$).

Liike, mis statistiliselt oluliselt eelistasid mingit kasvukohatüüpi ja majandusastet, oli kokku 20 (tabel 4). Kõige rohkem leidis neid lodumetsades – 14, ehkki looduskaitsele tähelepanuväärseid oli nende seas vaid kolm.



Joonis 6. Kõdusoo ja lodumetsade ning -raiesmike sammalde kooslused ordinatsiooniskeemil.

Käesoleva uuringu tulemused näitavad, et kuivendus on muutnud kõdusoometsade samblakooslused lodumetsade samblakooslustest erinevaks. Raiesmikel segab kuivenduse mõju veelgi tugevam raie mõju (Joonis 6). Lodumetsad pakuvad elupaika mitmetele (liig)niiskust vajavatele liikidele, mis kõdusoometsas ei esine või esinevad harvem, nagu näiteks niiskel maapinnal ja kõdupuidul kasvav ohulähedane maksasammal haisev maakarikas (*Geocalyx graveolens*) ja niisket kõdupuitu asustav maksasammal kämmalrikardia (*Riccardia palmata*). Lodud pakuvad ka rohkem lehtpuudest kasvupindu, mis on vajalik näiteks kaitsealusele liigile sulgjas õhik (*Neckera pennata*).

Lodumetsadele leiti ka märgatavalt rohkem iseloomulikke liike kui kõdusoometsadele, kus esinevad pigem generalistid, kes saavad hakkama nii niiskes kui ka kuivas elupaigas. Üldiselt ongi kõdusoometsade eripäraks võrreldes lodudega kuivalembesemate liikide (näiteks harilik lehviksammal *Ptilium crista-castrensis*), okaspuudega seotud liikide (näiteks kännukatik *Nowellia curvifolia*) ja isegi kiviliikide (näiteks harilik lõhistanukas, *Schistidium apocarpum*) esinemine. Sarnast tendentsi näitasid ka Puhatu ja Agusalu kaitsealade inventuuri käigus kogutud andmed (Vellak ja Leis 2007).

Käesoleva uuringu käigus leiti mitmeid haruldasi ja taasavastati kaks Eestis hävinuks peetud liiki (*Amblystegium humile*, *Hypnum fertile*), mille puhul on väheste leiukohtade tõttu raske kuivenduse tundlikkust ja kasvukohaelistust määratleda. Vanade kõdusoometsade väärtust näitab aga see, et sealt leiti isegi rohkem LK tähelepanuväärseid liike kui lodu vanadest metsadest (kuigi ühelt alalt keskmiselt veidi vähem). Näiteks kaitsealuse liigi Helli ebatähtleliku (*Anastrophyllum hellerianum*) jaoks paistavad kõdusoo vanad metsad olema tähtsaks populatsioonide säilimise reservuaariks, sest seal on lisaks sobivale niiskustasemele ka piisavalt suuri kõdunenud okaspuu lamatüvesid.

Tabel 4. Dufrene-Legendre indikaatorliikide analüüsil olulistena eristunud lodu raiesmikke (Lodu R), lodu metsi (Lodu M), kõdusoo raiesmikke (Kõdus. R) või kõdusoo metsi (Kõdus. M) eelistavad liigid ja nende indikaatorväärtused (IV). Tärniga on tähistatud maksasamblad ning paksu kirjaga liigid, mis ainult metsi kaasavas analüüsis (neli tüüpi x majandusastme kombinatsiooni) iseloomustasid vanu metsi.

Liik	Eelistus	IV (%)	IV juhuslikes gruppides		
			Keskmine	St. hälve	p
<i>Aulacomnium palustre</i>	Lodu R	33,3	14,7	6,18	0,015
<i>Calliargon giganteum</i>	Lodu R	30	9,4	5,81	0,017
<i>Drepanocladus aduncus</i>	Lodu R	34,3	11,7	6	0,012
* <i>Calypogeia suecica</i>	Lodu M	26,7	12,5	5,96	0,032
* <i>Cephalozia bicuspidata</i>	Lodu M	35,8	23,3	5,32	0,028
* <i>Chiloscyphus pallescens</i>	Lodu M	35	17,9	6,12	0,016
* <i>Geocalyx graveolens</i>	Lodu M	42,3	13,3	6,21	0,002
<i>Leptobryum pyriforme</i>	Lodu M	33,1	16,7	6	0,026
<i>Neckera pennata</i>	Lodu M	39	21,6	5,67	0,008
<i>Plagiothecium succulentum</i>	Lodu M	41,9	22,7	5,23	0,004
<i>Pylaisia polyantha</i>	Lodu M	52,3	21,6	5,33	<0,001
* <i>Riccardia palmata</i>	Lodu M	48,8	14	6,23	0,001

<i>Sphagnum centrale</i>	Lodu M	23,5	10,6	5,67	0,05
* <i>Trichocolea tomentella</i>	Lodu M	30	9,9	5,78	0,021
<i>Schistidium apocarpum</i>	Kõdus. R	33,3	10,5	5,5	0,009
* <i>Anastrophyllum hellerianum</i>	Kõdus. M	32,7	14,7	6,22	0,02
* <i>Chiloscyphus polyanthos</i>	Kõdus. M	36,5	15,3	5,95	0,01
<i>Dicranum majus</i>	Kõdus. M	31,2	19,1	5,8	0,046
* <i>Nowellia curvifolia</i>	Kõdus. M	46,9	18,7	5,92	0,002
<i>Ptilium crista-castrensis</i>	Kõdus. M	78,1	19,2	5,89	<0,001

c) Mardikad

Kokku saadi 234-st puiduproovist 678 mardika-isendit 85 liigist (või liigina käsitletavast morfortüübist). Liikide nimekiri on antud lisana.

Puidumardikate liigirikkus sõltub otseselt eri liiki puude olemasolust metsas ning kõdusoometsade kohta võib öelda, et puuliigilise mitmekesisuse poolest on uuritud kõdusood sarnased lodumetsadele, aga vaesemad laanemetsadest.

Mardikaliste keskmine ja summaarne liigirikkus kõdusoometsades ei erinenud oluliselt lodumetsade keskmisest, kuid jäi alla jänsekapsa ja salumetsadele, kus mõlemas oli liigirikkus poolteist korda kõrgem. Lodu- ja kõdusoometsade mardikaliikidest kattusid umbes pooled liigid, kes kõik kuuluvad tavaliste ja laialt levinute hulka. Kõdusoodest leitud, aga lodus puudunud liikide hulgas leidis nii tavalisi puidumardikaid kui pigem rohttaimedega seotud poilasi ja valdavalt röövtoidulisi jooksiklasi. Eriti haruldasi ega kaitset vajavaid liike selle uuringuga kõdusoometsadest ei leitud. Küll aga on **tähelepanuväärsed** mitmed liigid, keda **leiti ainult lodumetsadest**. Näiteks ebakärsakas *Choragus sheppardi*, keda varem on leitud vaid mõnel korral Lääne-Eestist; samuti haruldane ebaväesklane *Euglenes pygmaeus*, kes areneb kõdus lehtpuus; ning öiesikk *Leptura annularis*, kellele Eestis on leviku põhjapiiriks. Kõdusoometsadest leitud 85 mardikaliigist 72% on kirjanduse andmetel kõdupuutu vajavad ning ülejäänud kasutavad seda juhuslikumalt, nt saagi jahtimiseks, varjumiseks või talvitumiseks. See tulemus langeb kokku teiste metsatüüpide omaga.

Lamapuidust väljakasvatamine annab väga kvaliteetset infot puitu asustavate mardikate kohta, kuid ülevaate saamiseks suuremast osast mardikafaunast tuleb kasutada teisi püügimeetodeid. Akenpüünistega samadelt aladelt kogutud info näitab trendi, et kuigi putukate üldine biomass ei erinenud lodudes ega kuivendusest mõjutatud kõdusoodes (Rosenvald jt 2011), kõdusooaladel on **mardikate arvukus ja biomass väiksem** kui lodu- ja jänsekapsa tüübis, seda eriti vanade ja küpsete metsade osas. Olulisem on aga see, milliste liikide esindajaid kuivenduse eelsetes ja järgsetes metsades elab, ning selleks jätkatakse kogutud materjali määramist (kokku u 47 000 isendit, neist u 6000 kõdusoodest) ja analüüsimist.

7.5 Projekti eesmärkide täitmine

Enamus rakendusuringu rahastamisaotluses püstitatud eesmärged täideti. Kirjeldati must-toonekure toitumispaiku ja nende mõjutatust metsakuivendusest. Tehti kindlaks väikeste metsaveekogudega seotud kalastiku ja kahepaiksete koosseis, arvukus ja seda mõjutavad tegurid, hinnati märgade metsade kuivenduse mõju limuste, sammalde ja mardikate liigirikkusele ja koosseisule ja toodi välja kuivenduse suhtes tundlikud liigid.

Planeeritud tegevustest ei suudetud põhjendada, kas toonekurgede väheneva produktiivsuse põhjuseks on toitumisalade halvenemine kuivenduse tagajärjel. Põhjuseks on liiga väike andmestik, mida ei suudetud ette planeerida. Saatjatega pesitsevad vanalinnud oleks võinud potentsiaalselt anda produktiivsuse kohta infot rohkem kui 30 pesitsusperioodi kohta, tegelik teadaoleva produktiivsusega pesitsusperioodide arv oli 10. Analüüs vajaks suuremat andmestikku ning sellest lähtuvalt võib-olla küsimuse lahendamiseks vajalik teistsugune meetodika.

7.6 Rakenduslikud soovitused

7.6.1 Vooluveekogude sobivust elustikule mõjutavad tegurid ja soovitused rekonstrueerimiseks

Antud uuringu tulemused andsid palju infot looduslike ja kuivendatud alade veekogudega seotud elustiku ja nende vajaduste kohta, mida seni teati väga vähe. Andmed toonekurgede toitumisveekogude kohta Eestis põhinesid seni juhuvaatlustel. Kalastikku on valdavalt uuritud suurematel vooluveekogudel ja

metsamaastikule tüüpiliste väiksemate vooluveekogude kalastikku on peetud vähetähtsaks (nt Marksoo 2008). Kahepaiksete kohta eesti metsades puuduvad üldse uuringud. Töös leiti, et väikesed veekogud, sealhulgas kraavid, võivad olla oluliseks elupaigaks nii kaladele kui kahepaiksetele ja sobida seega ka toitumisaladeks must-toonekurele. Samas on looduslike väikeveekogude kvaliteet elustikule sageli parem kui inimhõluga väikeveekogudel. Viimaste kvaliteeti elustikule saab siiski suurendada, kasutades teatud üldpõhimõtteid.

Antud tulemuste põhjal rakenduslikke soovitusi andes ei eeldata, et eemärgiks on kõikide vooluveekogude sobivus elustiku jaoks. Eeskätt on oluline jälgida, et metsamaastiku mastaabis oleks olemas olulisel määral vajalikke elupaiku (stabiilse veetasemega seisuveekogud; vahelduva voolu kiiruse ja põhjareljeefiga vooluveekogud) ning seda jälgida rekonstrueerimiste planeerimise faasis. Ka elupaikade tekitamiseks konkreetseid veekogusid valides tasub jälgida nende potentsiaalset sobivust: näiteks voolukiirust ja põhja mitmekesisavaid rajatisi tekitada eeskätt kiiremavoolulistele, tõenäoliselt pikemat aega veega täidetud veekogudele. Kõik soovitusel käivad eeskätt mineraalmaal olevate vooluveekogude kohta. Veekogudega seotud elurikkuse suurendamiseks:

- **Looduslikus** sängis olevate vooluveekogude **veerežiimi ja voolusängi ei tohiks muuta**, kuna väikeste looduslike ojade hulk on varasemate ajajärgudega võrreldes metsamaastikus oluliselt vähenenud (Nurmla 2010). Selliste veekogudega on seotud ka spetsiifiline elustik.
- Olulisim probleem kõigile väikeste metsaveekogudega seotud liikidele on **veekogude kuivamine sademevaesel perioodil**, mis on antud uurimuste põhjal eriti kriitiline kuivendusest mõjutatud aladel. Selle vältimiseks on vaja tekitada stabiilsemaid veekogusid. Kahepaiksetele on vajalikud eeskätt seisva veega veekogud, mis soovitavalt ei ole teiste veekogudega ühendatud, et vähendada röövluseohtu. Oluline on, et need ei kuivaks ära enne kulleste moonde läbimist. Seega on soovitatav kuivendussüsteemide rekonstrueerimise käigus rajada võimalikult palju tuletõrje- ja muid tiike. Tiigid on soovitatav teha laugete nõlvadega (kalda kalle $\leq 25^\circ$). Kui metsamajanduse seisukohast pole laugete kallaste rajamine teatud kohtades võimalik, siis tuleks vähemalt veekogu põhjakallas (st vastu lõunapäikest) teha lauge kaldaga. Kahepaiksetele on oluline kiire vee soojenemine, et kudu ja kullased saaksid areneda ning moone saaks õigeaegselt läbitud. Samal ajal pakub lauge kallas paremaid toitumisvõimalusi ka veekogusid kasutavale muule elustikule (sh must-toonekurg; toitub kuni sügavusel 50 cm). Kaitsealadel võib kahepaiksetele elupaikade taastamiseks näiteks valitud kraave sulgeda. Ka näiteks kobras tekitab metsamaastikku kahepaiksetele sobiva veerežiimiga alasid, kus vesi püsib pikalt sees ka kuival ajal. Piirkondades, kus kopra tegevus ei tekita palju majanduslikku kahju, võiks osa kopra üleujutusalasid säilitada. Samas on kopratamid tõkkes kalade liikumisel, seega võiks maksimaalne kasu kopratammidest olla valgalade servaaladel (kus need panevad kinni võimalikult vähe kalade liikumisteid). Kalastikule on kasulik vooluveevõrguga ühenduses olevate sette- ja muude tiikide kaevamine, mis tekitavad spetsiifilisi elupaiku ja kus kuivemal perioodil vesi kauem säilib.
- Teine oluline probleem on **vooluveekogude ühtlustumine** kuivendamise tagajärjel. Looduslikele ojadele on tüüpiline vahelduv voolu kiirus, veekogu laius ja sügavus ning mitmekesine põhja tüüp. Niimoodi pakub üks veekogu elupaiku paljudele erineva vajadusega organismidele. Jõgede süvendamisel ja kraavide kaevamisel on olnud üldjuhul eesmärgiks saavutada võimalikult ühtlane langus. Veekogudega seotud elustiku seisukohast peaks siiski üritama säilitada ja suurendada voolu kiiruse varieeruvust. Rekonstrueerimise juures sellised veekogu lõigud, mis on suure langu ja kiire vooluga, püüda säilitada olemasolevas seisundis. Tavaliselt sellistel lõikudel setet olulisel määral ei kogunegi, seega nende puhastamine pole otseselt vajalik. Samuti soovitaks rekonstrueerimisel sobivates (suurema languga) kohtades tekitada karestikke, põhjavalle ja väikesid paise (nt paigutades veekogusse suuremaid kive), mille abil tekivad ülespoole aeglasema vooluga ja allavoolu kiirema vooluga veekogulõigud. Lisaks kiirevoolulisemate lõikude tekitamisele võiks rekonstrueerimisel kaevata sügavamaid kohtasid (mis püüavad jäljendada looduslike hauakohtasid), eriti kiirema vooluga kraavidel või süvendatud ojadel, näiteks käanakutel, kus voolav vesi hoiab selle puhta. Kraavide mitmekesisust suurendavad ka truupidesse sisenemised ja väljumised, mis on sageli muust voolusängist sügavamad. Sellised kohad on sageli näiteks must-toonekurgede poolt kasutatavad toitumiskohadena. Rekonstrueerimisel on soovitatav jätta need kohad sügavamaks ja täita põhi kruusa või peente kividega. Veekogu põhja mitmekesistamiseks on samuti oluline kivide olemasolu vooluveekogus, antud uuringu välitöödel täheldati kividega lõikude eelistamist mitmete kalaliikide poolt kui ka toonekurgedele toitumiseks.
- Mitmed kalaliigid eelistasid selge **läbipaistva veega** veekogusid ja nende liikide looduslike veekogude eelistus tulenes selgest veest. Ka toonekurgede toitumisveekogud olid suurema läbipaistvusega kui juhuslikud veekogud ning kahepaiksed eelistavad selgeveelisi veekogusid (Rannap jt 2009). Seega võiks rekonstrueerimisel suurendada sellistele liikidele veekogude sobivust, kui rajada sellist tüüpi settebasseine, mis koguvad ka muda (lisaks tavapärasele liiva

kogumisele) ja suurendavad vee läbipaistvust. Kindlasti võiks selliseid settebasseine olla rohkem kui ainult suubumisel eesvooludesse.

- Vooluveekogude puhul on oluline tagada kalastikule **läbipääsude olemasolu** suuremate veekogudeni. Isegi kui põua ajal väiksemad vooluveekogud täielikult kuivavad, siis tammide ja koprapaisudeta suudavad kalad pärast kuiva aega vooluveekogud uuesti asustada. Samamoodi võiks püüda süvendatud ojade puhul avada vanu jõesoote – need on nii kalastiku, kui ka näiteks toonekurgede seisukohast olulised elu- ja toitumispaigad. Samas kahepaiksetele sobivad paremini just vooluveekogudega ühendamata veekogud.
- Kuigi see ei tulnud välja analüüsides, kinnitasid välitöökogemus ja varasemad uuringud, et kahepaiksetele (Rannap jt 2009) kui ka kaladele sobivad elupaigaks paremini **valgusele avatud** (või ka poolavatud) veekogud. Toonekurgedele on oluline veel lisaks ligipääs veekogudele. Juhuslikes vooluveekogudes oli toonekurgede otsene ligipääsuvõimalus veekogule oluliselt kehvem kui toitumisveekogudes. Seega kraavide (ning ka tiigikallaste) hooldamise käigus nende võsast puhastamine parandab nende sobivust elu- ja toitumispaikadena. Samas ka siin ei tohiks äärmusesse minna ning mitmekesised valgustingimused vooluveekogudes suurendaksid ilmselt enim nende sobivust elustikule.
- **Rekonstrueerimine iseenesest** ei näi olevat veekogudega seotud elustikule kahjulik. Toonekurgede jaoks on värskest rekonstrueeritud kraavid atraktiivsed – ilmselt meelstab neid kohale paljandunud mineraalpind. Samas ei ole teada sellise toiduala tegelik kvaliteet, samuti kui kaua sellised alad atraktiivsed püsivad. Küll on positiivne rekonstrueerimise tagajärjel suurenenud ligipääsuvõimalus toonekurele. Samuti võib mudastunud põhjaga veekogude asendumine rekonstrueerimise tagajärjel mineraalpõhjaga (kruus või savi) veekogudega pikemas perspektiivis olla elustikule soodus. Oluline on siiski püüda rekonstrueerimise käigus mitte hävitada olemaolevat veekogude mitmekesisust, vaid seda olulisel määral suurendada.

7.6.2 Pikaajalise kuivenduse mõju elustikule

Kuigi pikaajaline metsakuivendus ei avalda olulist negatiivset mõju limuste, sammalde ja uuritud mardikate liigirikkuusele ning arvukusele, mõjutab see siiski nende liigilist koosseisu. Sellest lähtuvalt soovitud:

- Samamoodi nagu olemasolevate looduslike veekogude säilitamine, on oluline **loodusliku veerežiimiga piirkondade säilitamine**, kuna nende kvaliteet elupaigana on kõrge (näiteks antud uurimuse kahepaiksed). Veelgi olulisem on liigiline koosseis – antud uurimuses analüüsitud loodusliku veerežiimiga alade (rohusoometsad) limuste-, sammalde- ja mardikakooslused või ka samadel aladel uuritud metsalinnustiku kooslus (Rosenvald jt 2011) erinesid teiste metsatüüpide kooslustest ning kuivenduse tagajärjel kooslused muutusid.
- Vanadele lodumetsadele iseloomulikke niiskuslembesemaid kõdupuidu ja maapinna samblaliike leidub kõdusoometsades vähem või puuduvad üldse. Kuna ka kuivendussüsteemide rekonstrueerimine võib olulisel määral muuta alade veerežiimi, tuleks **vältida kuivendussüsteemide rekonstrueerimist vanade (üleküpsete) lodumetsade ümbruses**.

7.6.3 Anda põhjendatud hinnang täiendavate rakendusuringute läbiviimise vajaduse kohta.

Kõik antud uuringud olid lühiealised ja suhteliselt väikese mahuga. Kuna varasemad elustikku puudutavad kuivendusteemalised uuringud peaaegu puuduvad, ei võimalda ka antud uurimused anda täielikku ja lõplikku hinnangut kuivendamise mõju kohta elustikule ning sisuliselt kõik uuringud vajavad jätkamist. Eriti mardikate puhul suudeti kirjeldada ainult väikest osa võimalikust kuivenduse mõjust, sest liigirikkaima elustikurühma puhul on see niivõrd tõomahukas. Antud töö raames kerkis üles aga mitu kiiret lahendamist vajavat rakenduslikku probleemi:

- **Kui palju** peaks olema metsamaastikus kalastikule (ja muule elustikule) vajalikke kärestikke ning kahepaiksetele vajalikke seisva veega vooluveekogusid, et need võiksid asendada kuivenduse tagajärjel kadunud elupaigad?
- **Milliste parameetritega** peavad tekitatud elupaigad olema, et neist oleks realselt kasu elustikule ja suudaksid piisavalt pikendada hüdroperioodi, et kahepaiksed suudaksid moonde läbida ning kalastik (vähemasti osaliselt) võiks säilida?
- **Kui palju** peaks olema kuivenduse mõjuta **rohusoometsi**, et nendega seotud elustik võiks pikaajaliselt metsamaastikus säilida ning mis tegurid seda veel mõjutavad?
- Toonekurgedega seotud uuringu käigus tuli välja **noorlindude suur suremus** rändeteedel (kõik kuus noorlindu hukkusid esimesel rändeteel). Suremuse põhjused on ebaselged. Siiski üks hüpotees on pesapojana võimalikust alatoitlusest tingitud ebapiisav tugevus rändeteel läbimiseks. Nii seda kui ka teisi alternatiivseid hüpoteese tasub edaspidi uurida.

Kirjandus:

- Aavik, K. 2010. Must-toonekure (*Ciconia nigra*) toitumisalade kvaliteet Eestis, uuring GPS-telemeetria abil. EMÜ, magistritöö.
- Čejka, T. 1997. Adaptive successional changes in malacocoenoses as a reaction to the changed hydrological conditions in the diversion area of the Gabčíkovo power plant (Slovakia, the Danube river). *Biologia* 52, 615-623.
- Čejka, T., Hamerlik, L. 2009. Land snails as indicators of soil humidity in Danubian woodland (SW Slovakia). *Polish Journal of Ecology* 57, 741-747.
- Marksoo, P. 2008. Eesti pinnaveekogude ökoloogiline seisund 2004-2008. Lepingu nr 18-25/521 lõpparuanne, Keskkonnaministeerium
- Nurmla, M. 2010. Must-toonekure (*Ciconia nigra*) pesitsuspiirkondade vooluveekogud ja nende ajaloolised muutused. EMÜ, Magistritöö.
- Rannap, R., Lõhmus, A., Briggs, L. 2009. Niche position, but not niche breadth, differs in two coexisting amphibians having contrasting trends in Europe. *Diversity and Distributions*, 15, 692-700.
- Remm, L. 2008. Metsakuivenduse mõju elustikule ja selle uuritus. Bakalaureusetöö, Tartu ülikool.
- Rosenvald, R., Lõhmus, A., Kraut, A., Remm, L. 2011. Bird communities in hemiboreal old-growth forests: The roles of food supply, stand structure, and site type. *Forest Ecology and Management* 262, 1541-1550.
- Vellak, K., Leis, M. 2007. Bryophyte flora in forests of Agusalu and Puhatu protected areas. *Forestry Studies*, 47, 87-98.

8. PROJEKTIGA HAAKUVAD DOKTORI- JA MAGISTRITÖÖD:

- Katrin Aavik, EMÜ loodusvarade kasutamine ja kaitse, magistritöö „Must-toonekure (*Ciconia nigra*) toitumisalade kvaliteet Eestis, uuring GPS-telemeetria abil.”
- Mirjam Nurmla, EMÜ loodusvarade kasutamine ja kaitse, magistritöö „Must-toonekure (*Ciconia nigra*) pesitsuspiirkondade vooluveekogud ja nende ajaloolised muutused.”
- Kadri Suislepp, Tartu Ülikool, Ökoloogia ja Maateaduste Instituut, zooloogia, magistritöö „Metsakuivenduse mõju kahepaiksetele”
- Liina Remm, Ökoloogia ja Maateaduste Instituut, zooloogia, magistritöö „Lageraie ja metsakuivenduse mõju maismaatigudele
- Uuringud moodustavad osa Ann Krauti doktoritööst, Ökoloogia ja Maateaduste Instituut, zooloogia, doktoritöö „Metsade tüübi ja majandamisviisi mõju mardikaliste mitmekesisusele”

9. PROJEKTI RAAMES AVALDATUD PUBLIKATSIOONID:

- Suislepp, K., Rannap, R., Lõhmus, A. 2011. Impacts of artificial drainage on amphibian breeding sites in hemiboreal forests. *Forest Ecology and Management*, 262, 1078-1083.
- Osaliselt projektiga (limuste ja putukate biomass) seotud publikatsioon:
- Rosenvald, R., Lõhmus, A., Kraut, A., Remm, L. 2011. Bird communities in hemiboreal old-growth forests: The roles of food supply, stand structure, and site type. *Forest Ecology and Management* 262, 1541–1550.

10. Projekti juht (nimi): Raul Rosenvald	Allkiri:	Kuupäev:
--	-----------------	-----------------

11. Taotleja esindaja kinnitus aruande õigsuse kohta (nimi, amet): Paavo Kaimre Metsandus- ja maaehitusinstituudi direktor	Allkiri:	Kuupäev:
---	-----------------	-----------------

NB! Aruanne esitada elektrooniliselt e-posti aadressil: kristjan.tonisson@rmk.ee