

KIIGUMÕISA, VIIDUMÄE JA VORMSI ALLIKATE SUURSELGROOTUTEST

Projekti Life Springday LIFE12 NAT/EE/000860 raames läbiviidud uuringute aruanne

Henn Timm

Eesti Maaülikooli limnoloogiakeskus



1. Sissejuhatus

Suurselgrootute nime all mõistetakse palja silmaga nähtavaid loomi, läbimõõduga enamasti üle 0,5 mm. Nende hulka kuuluvad peamiselt põhjaeelulised olendid: putukad, ämblikulaadsed, vähid, limused, ümarloomad, lame- ja rõngussid, käsnad ning sammalloomad. Hõljumiloomadega võrreldes on nende eelisteks lai levik, suur liigiline ja toitumistüüpide mitmekesisus; kaladega võrreldes vähene liikuvus, pisikutega võrreldes pikk eluiga. Taimedest erinevalt leidub suurselgrootuid ka pimedas (võrade varjus või sildade all). Neid on kerge koguda ja lihtne määrata. Tundlike taksonite (liikide või suuremate süstemaatiliste rühmade) leidmine näitab, et mitte ainult kogumishetkel, vaid vähemalt nende senise eluaja jooksul pole veekogus olulisi kahjustusi toimunud.

Suurselgrootuid leidub igal aastaajal ning nad reageerivad inimtegevusele tugevalt ja sageli ennustatavalt. Looduskaitsealuseid ja ohustatud sisevete suurselgrootute liike on Eestis praegu kokku 93. Natura 2000 liike (Euroopa Nõukogu Direktiiv..., 1992) on 11, kaitstavaid liike (Looduskaitseseadus, 2004) 10 (kõik Natura liigid peale jõevähi), ning Eesti Punase Raamatu (2008) liike 90. Viimane sisaldab palju liike, kes uuematel andmetel ohustatud ei ole.

Keskkonnaregistris (<http://register.keskkonnainfo.ee/envreg/main>) on 2013. a. seisuga üle 900 allika. A. Seire on Pandivere kõrgustikult lähtuvate allikate suurselgrootute kohta koostanud ülikooli lõputöö (1975) ning ülevaate surusääsklastest (1978). Põgusalt on allikate kui selgrootute elupaiku iseloomustanud ka T. Timm ja A. Järvekülg (1975). Eesti Maaülikooli limnoloogiakeskuse suurselgrootute andmebaasis on alates 1990. a. 25 proovi 14 erinevast allika kohta. Kõige rohkem on uuritud Nakimetsa allikaoja Viidumäel Saaremaal (praeguses töös Viidumäe allikas nr. 5).

Arvestades uuritud kohtade ning allikate koguarvu suhet, on allikate suurselgrootud Eestis järvede ja vooluvetega võrreldes väga vähe uuritud. Mujal Euroopas ning Põhja-Ameerikas leidub sellekohaseid kaasaegseid materjale rohkem. Mahukas selleteemaline artiklikogumik on ilmunud juba üle 15 aasta tagasi (Botosaneanu 1998). Soomes on allikate suurselgrootuid palju uurinud Jari Ilmonen Oulu Ülikoolist (Ilmonen & Paasivirta, 2005; Ilmonen et al. 2006, Ilmonen 2009, Ilmonen et al. 2009, 2012, 2013; Virtanen et al. 2009). Muudest lugudest võib näiteks tuua Austria (Staudacher & Füreder 2007), Hispaania (Barquin & Death 2009), Hollandi (Verdonschot & Schot 1987),

Inglismaa (Wood et al. 2005), Itaalia (Cantonati et al. 2006, Maiolini & Silveri 2010, Marziali et al. 2010), Poola (Dumnicka et al. 2007, 2013; Rootsi (Hoffsten & Malmqvist 2000), Põhja-Saksa (Martin & Brunke 2012), Sloveenia (Mori & Brancelj 2006), Šveitsi (von Fumetti & Nagel 2012, Zollhöfer et al. 2000), Taani (Lindegaard 1995), Tšehhi (Kroupalova et al. 2011, Kubikova et al. 2012), USA idaosa (Glazier 2012, McCabe & Sykora 2000) vastavasisulised artiklid.

Allikate traditsioonilised tüübid on voolukiiruse ja põhja iseloomu järgi reokreen (allikaoja), helokreen (allikasoo või -lomp) ning limnokreen (allikatiik).

2. Uurimisala

Uurimiskohad valis ja nummerdas Mart Thalfeldt Loodushoiu Keskusest järgmiselt (tabel 1, joonised 1-4).

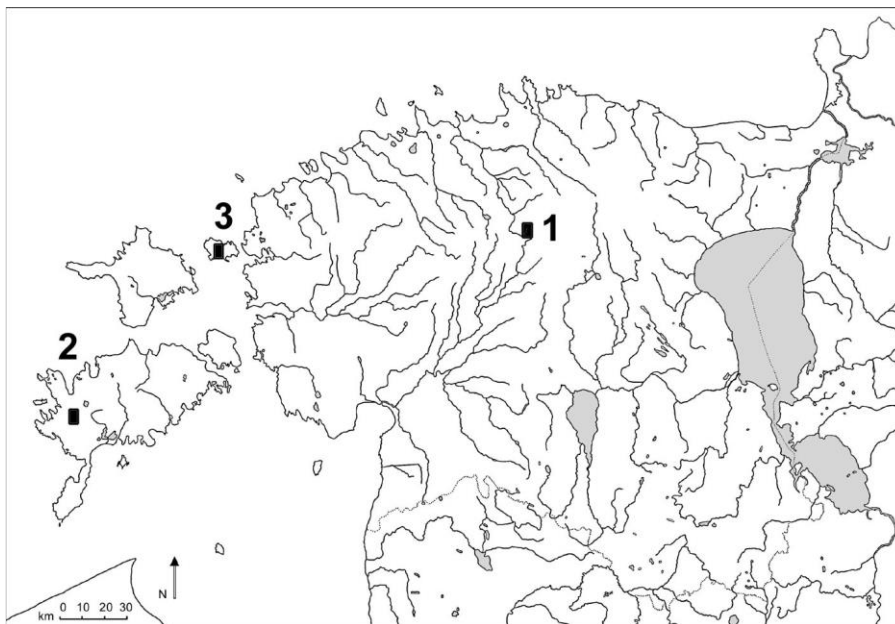
1. Kiigumõisa allikad (Järvamaa, Jägala jõe ülemjooksu valgala), 6 kohta.
2. Viidumäe allikad (Saaremaa, Vesiku oja valgala), 7 kohta
3. Vormsi allikad (Läänemaa, Vormsi saar, Prästvike järve ning Vae oja valgala), 7 kohta.

Tabel 1

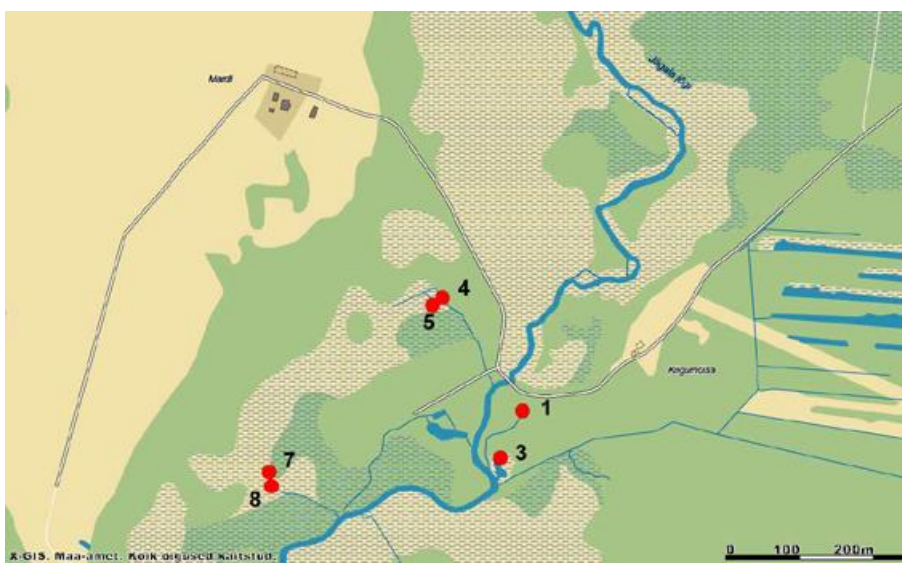
Uuritud kohtade kirjeldus. N - põhjalaius. E - idapikkus. L - limnokreen, R - reokreen, H - helokreen. * - peaaegu kuivanud

Ala ja nr.	N	E	Tüüp
Kiigumõisa			
1	59,048	25,653	L
3	59,047	25,653	L
4	59,049	25,652	R
5	59,049	25,651	L
7	59,047	25,648	L
8	59,047	25,647	L
Viidumäe			
1	58,279	22,101	R
2	58,273	22,103	R
3	58,272	22,099	R
4	58,295	22,090	H
5	58,287	22,094	R
6	58,287	22,095	H
7	58,282	22,099	R
Vormsi			
1	58,998	23,210	L
2	58,996	23,214	R
3	58,997	23,215	H*
4	59,000	23,218	L
5	58,999	23,218	H*
6	58,998	23,222	R+H
7	58,996	23,223	H*

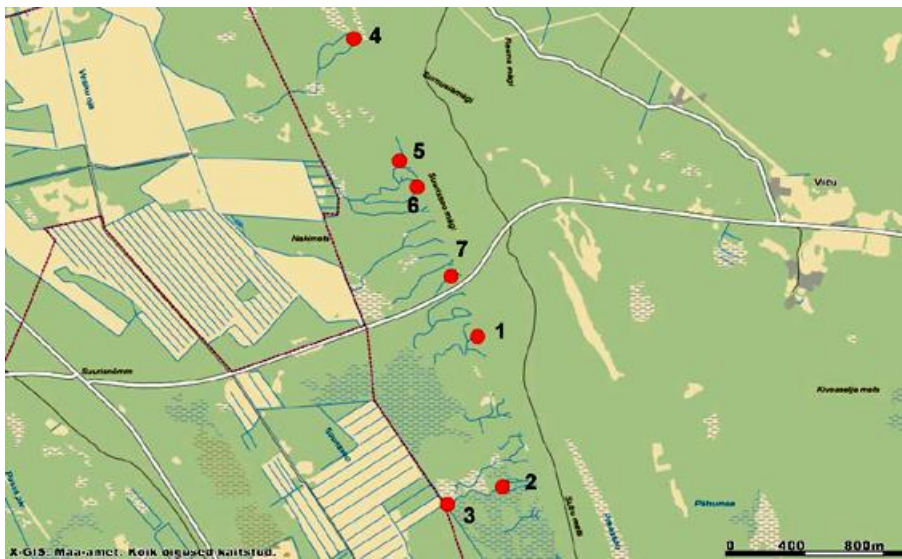
Uuritud kohtades oli proovivõtmise ajal veetase enamasti madal, mõned kohad isegi peaaegu kuivanud (Vormsi, nr. 3, 5 ja 7). Kiigumõisa allikad olid peaaegu kõik limnokreenid (allikatiigid), peale ühe soisevõitu kraavi (nr. 4). Viidumäe allikad olid enamasti ojad, peale kahe soise (nr. 4 ja 6). Vormsi allikad olid voolurežiimi järgi kõige mitmekesisemad, kuid samas osalt väga veevaesed. Vett oli palju Suurallikas (nr.1), sellest väljuvas Vae ojas (2) ning Prästvike järve servas olevas allikas nr. 4.



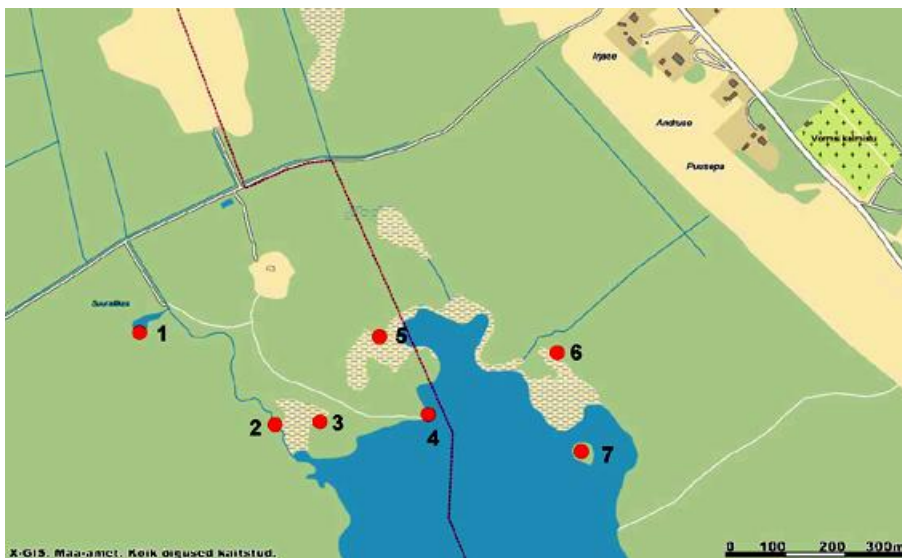
Joonis 1. Uurimisalade paiknemine Eestis. 1 - Kiigumõisa, 2 - Viidumäe, 3 - Vormsi



Joonis 2. Kiigumõisa proovikohad



Joonis 3. Viidumäe proovikohad



Joonis 4. Vormsi proovikohad

3. Meetodid

Välitööd tehti 2. (Kiigumõisa), 11. (Vormsi) ja 22. mail (Viidumäe) 2014. a.

Geograafilised koordinaadid määrati GPS 315 “Magellan” abil. Allikatüübid (kas reo-, limno- või helokreen) hinnati silma järgi.

Suurselgrootuid püüti veekogude põhjast standardkavaga (raami serva pikkus 25 cm, sõelaava läbimõõt 0,5 mm, varre pikkus 1 m) (European..., 1994). Paljude allikate väga väikese pindala tõttu koguti igal pool ainult kvalitatiivsed proovid. Igast allikast võeti üks proov. Loomad ning kahva sattunud muu tahke materjal fikseeriti kohapeal 96% piirituses; loomad sortiti, loendati ja määrati laboris. Määramistase oli vastavuses mageveekogude seisundi hindamise juhendiga (Timm & Vilbaste 2010).

Uuritud kohtadel iseloomustati suurselgrootute liigistiku järgi ka keskkonnaseisundit (ASPT indeks, Armitage et al. 1983) ning hüdro-morfoloogilisi tingimusi (MESH indeks, Timm et al. 2011). ASPT (taksoni keskmine tundlikkus) võib kõikuda piirides 0-10 ja ta on seda suurem, mida parem on keskkonnaseisund. Eesti veekogudes on ASPT etalonväärtused vooluvete erinevates elupaikades 6,1-6,9, seisuvetes 5,6-6,3 (Pinnaveekogumite... 2009). ASPT on Eesti praegustest seisundiindeksitest ainus, mida saab kasutada ka ainult kvalitatiivsetes proovides, sest ta peaaegu ei sõltu proovi suuruselt. MESH on elupaiga põhja iseloomu ja voolukiiruse kombinatsiooni hinnang loomaliikidest indikaatorite järgi. Teda saab samuti kasutada kvalitatiivsetel proovidel. Ta on seda suurem, mida kõvem põhi ja kiirem vool, väärtuste vahemik 0-3. MESH pole veel ametlik seisundiindeks. Eesti looduslikule lähedases seisundis vooluvetes on ta enamasti üle 2,5, väikestes kõva põhjaga järvedes 1-1,5 ning väikestes mudase põhjaga järvedes <1 (Timm et al. 2011).

4. Tulemused

Kokku saadi 20 proovist 795 isendit, mis kuulusid 57 taksonisse. Taksonite nimekiri on tabelis 2. Kõige tavalisem rühm oli praeguses töös liigini määramata surusääsklaste sugukonna (*Chironomidae*) vastsed, keda leidis kõigis proovides. Peaaegu igal pool oli ka vesikakandit (*Asellus aquaticus*). Jõe-kirpvähki (*Gammarus pulex*) leidis kõigis Kiigumõisa ja Viidumäe allikates, kuid ta puudus Vormsil. Herneskarpe (*Pisidium* sp.) leidis sagedamini kui mujal Viidumäe allikates. Haruldastest liikidest võib esile tõsta ehimestiivalist *Molannodes tinctus* (Viidumäe allikas 4). Viidumäel oli mitmes kohas (nr. 2, 3 ja 5) ka vöötkiili (*Cordulegaster boltoni*). Muud harvemini esinenud taksonid on tavalised loomad ja nende katkendlik leidumine allikates oli tõenäoliselt põhjustatud juhuslikkusest.

Tabel 2

Uuritud allikate suurselgrootute taksonid. Allikate numbrid on samad, mis tabelis 1.

Ki - Kiigumõisa, Vi - Viidumäe, Vo - Vormsi

Ladina nimi	Eesti nimi	Ki1	Ki3	Ki4	Ki5	Ki7	Ki8
<i>TURBELLARIA</i>	ripsussid						
<i>Dendrocoelum lacteum</i>	piimjas lamelane						
<i>OLIGOCHAETA</i> Gen. sp.	väheharjasussid		3				
<i>HIRUDINEA</i>	kaanid						
<i>Erpobdella octoculata</i>	harilik ahaskaan						
<i>BIVALVIA</i>	karbid						
<i>Pisidium</i> sp.	herneskarpe						1
<i>Sphaerium corneum</i>	harilik keraskarpe		1	5	1	3	
<i>GASTROPODA</i>	teod						
<i>Bithynia tentaculata</i>	harilik keeristigu						
<i>Galba truncatula</i>	väike sootigu						
<i>Planorbis planorbis</i>	harilik labatigu					2	2
<i>Radix balthica</i>	harilik punntigu		2			1	6
<i>Stagnicola palustris</i>	suur sootigu						
<i>CRUSTACEA</i>	vähid						
<i>Asellus aquaticus</i>	vesikakand	2		2	3	6	3
<i>Gammarus pulex</i>	jõe-kirpvähk	3	3	6	5	6	2
<i>Ostracoda</i> Gen. sp.	karpvähid					2	
<i>ARACHNIDA</i>	ämblikulaadsed						
<i>Argyroneta aquatica</i>	vesiämblik						

<i>Hydrachnidia</i> Gen. sp.	vesilestad	1					
EPHEMEROPTERA	ühepäevikulised						
<i>Baetis</i> sp.	ojapäevik						
<i>Cloeon dipterum</i>	tiigipäevik						
ODONATA	kiililised						
<i>Aeshna</i> sp.	tondihobu						
<i>Calopteryx virgo</i>	harilik vesineitsik						
<i>Cordulegaster boltoni</i>	vöötkiil						
<i>Libellula quadrimaculata</i>	harilik vesikiil						
<i>Somatochlora flavomaculata</i>	läik-hiilgekiil						
PLECOPTERA	kevikulised						
<i>Nemoura cinerea</i>	harilik kevik		3		1		
HETEROPTERA	lutikalised						
<i>Gerris argentatus</i> /sp.	väike liuskur	1					1
<i>Sigara striata</i>	harilik sõudur						
<i>Velia saulii</i>	ojapindur						
COLEOPTERA	mardikalised						
<i>Agabus</i> sp.	väleujur						
<i>Anacaena</i> sp.		1				2	
<i>Dytiscus</i> sp.	ujur						1
<i>Elodes</i> sp.	ojajalg						
<i>Enochrus</i> sp.	lombimardikas	1				1	2
<i>Halipilus</i> sp.	vesilane					1	1
<i>Hydroporus</i> sp.	kääbusujur	1					
<i>Rhantus</i> sp.	kabeujur						
TRICHOPTERA	ehmestiiivalised						
<i>Halesus tessellatus</i> /sp.	võsavana						
<i>Hydropsyche angustipennis</i>	tume jõgiehmeslane						
<i>Hydroptila</i> sp.	pisiehmeslane						
<i>Limnephilus binotatus</i> /sp.		3					
<i>Limnephilus rhombicus</i>	voolu-järvevana					1	
<i>Limnephilus stigma</i>	tünn-järvevana						
<i>Limnephilus</i> sp. 1	järvevana		8	5	1	3	2
<i>Limnephilus</i> sp. 2	järvevana					1	
<i>Molannodes tinctus</i>	sirmikvana						
<i>Plectrocnemia conspersa</i>	suurpeaehmeslane						
<i>Potamophylax latipennis</i>	harilik jõevana	6		3	1		
<i>Trichostegia minor</i>	lombipurukas						
DIPTERA	kahetiivalised						
<i>Ceratopogonidae</i> Gen. sp.	habesääsklased						
<i>Chironomidae</i> Gen. sp.	surusääsklased	30	14	36	3	4	5

<i>Ptychoptera</i> sp.	2	5	
<i>Simuliidae</i> Gen. sp.		20	2
<i>Tabanidae</i> Gen. sp.			

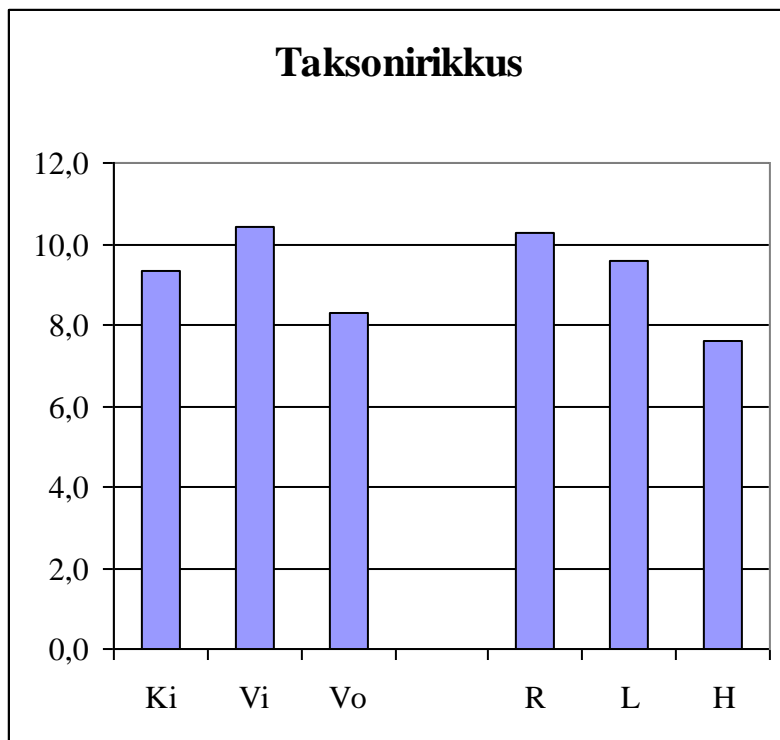
1

Uuritud kohtade iseloomustus suurselgrootute järgi piirkondade ning allikatüüpide kaupa on tabelis 3 ja joonistel 5-7.

Tabel 3

Isendite arv (Ni), taksonite arv (Nt), taksoni keskmine tundlikkus (ASPT) ning voolukiiruse ja põhja iseloomu indeks (MESH) uuritud kohtades. Allikatüübid: L - limnokreen, R - reokreen, H - helokreen. Ki - Kiigumõisa, Vi - Viidumäe, Vo - Vormsi

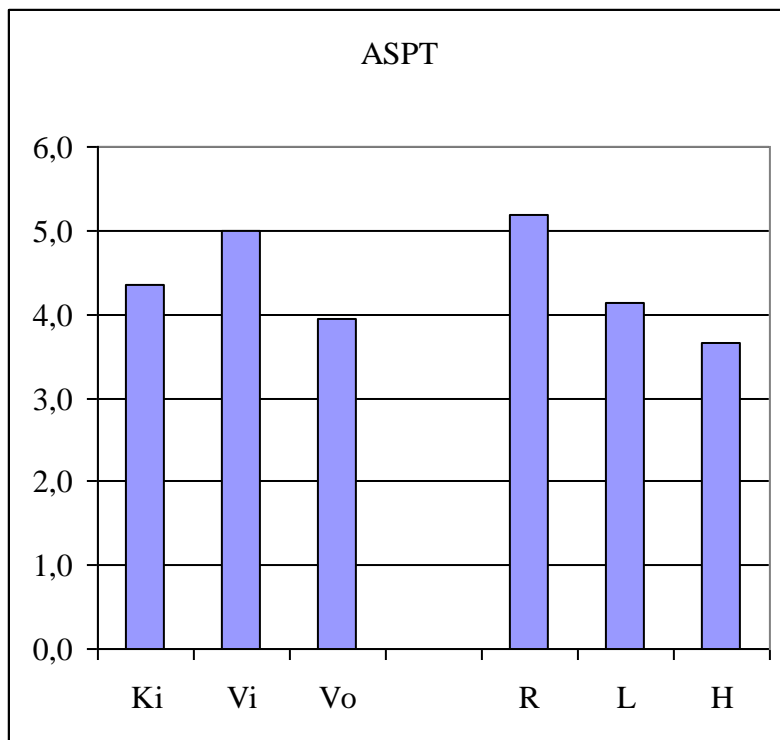
Koht	Ni	Nt	ASPT	MESH	Allikatüüp
Ki1	48	9	4,6	2,6	L
Ki3	33	8	4	1,5	L
Ki4	60	7	4,67	2,4	R
Ki5	15	7	4,2	2,4	L
Ki7	33	13	4,4	1,5	L
Ki8	27	12	4,2	1,3	L
Vi1	29	9	5,4	2,71	R
Vi2	71	12	5	2,55	R
Vi3	74	13	5,2	2,18	R
Vi4	95	13	4,33	1,8	H
Vi5	30	13	5,33	2,58	R
Vi6	27	5	4,6	2,25	H
Vi7	24	8	5,14	2,71	R
Vo1	51	11	4,2	1,33	L
Vo2	42	7	4,67	1,75	R
Vo3	12	5	3,25	1,33	H
Vo4	36	7	3,33	1	L
Vo5	40	12	4,11	1,18	H
Vo6	39	13	6	1,71	R
Vo7	9	3	2	2	H



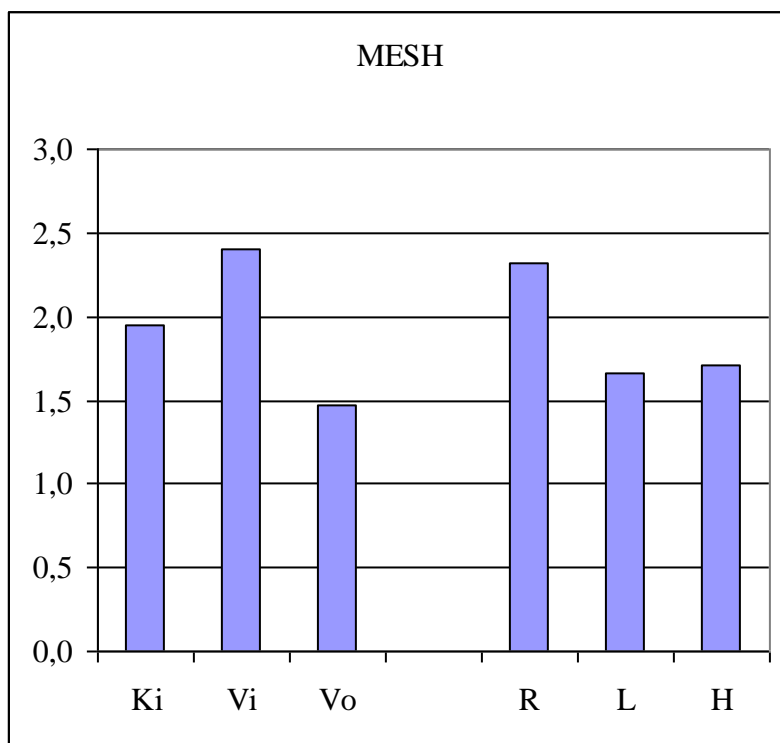
Joonis 5. Keskmine taksonirikkus piirkondade ja allikatüüpide kaupa. Siin ja järgmistel joonistel lühendid nagu tabelis 3

Isendite arvu lähemalt analüüsida pole mõtet, sest tegu oli kvalitatiivsete proovidega. Joonistelt nähtub, et ülejäänud kolme tunnuse keskvärtused järgisid sarnast mustrit. Kõige kõrgemad olid need Viidumäel, millele järgnesid Kiigumõisa ja Vormsi. Kõige rohkem ja kõige tundlikumaid taksonid oli voolavates vetes (reokreenides), mida kinnitas ka samade kohtade MESH-indeksi kõrgeim keskmine väärtus (joonis 7). Nagu tabelist 3 näha, oligi just Viidumäe piirkonnas kõige rohkem reokreene. Taksonirikkuse ja tundlikkuse poolest järgnesid reokreenidele limnokreenid ja helokreenid: s.t. soistes allikates oli keskmiselt kõige vähem ja kõige tundetumaid liike.

MESH keskvärtus osutus helokreenides isegi napilt suuremaks kui limnokreenides, kuid see vahe oli tõenäoliselt ebaoluline. Et hinnata kirjeldatud erinevuste statistilist usaldusväärsust, peaks proovide arv olema oluliselt suurem, kui praeguses töös oli võimalik koguda.



Joonis 6. Taksoni keskmine tundlikkus piirkondade ja allikatüüpide kaupa



Joonis 7. Keskmised hüdro-morfoloogilised tingimused suurselgrootute järgi, piirkondade ja allikatüüpide kaupa

Vaatamata proovide suhteliselt väikesele arvule (kokku 20), oli neid siiski peaaegu sama palju kui varem üldse samalaadilisi proove EMÜ andmebaasis. A. Seire (1975, 1978) kogutud proovid olid praegustest oluliselt teistsuguse eesmärgiga (suunatud peamiselt loomastiku asustustiheduse, biomassi ja eriti surusääsklaste liigilise koosseisu hindamiseks), ja pole praegu enam kättesaadavad. Tulemused sobivad ka seniste teadmistega taksonirikkuse ja taksonite tundlikkuse kohta veekogudes. Vooluves on nad looduslikult kõrgemad kui seisuveses (Pinnaveekogumite... 2009). See leidis kinnitust ka nüüd: varem väga vähe uuritud väikevetes - allikates.

Kirjandus

- Armitage P.D., Moss D., Wright J.F., Furse M.T., 1983. The performance of a new biological water quality score system based on a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Research* 17: 333-347.
- Barquin J., Death R.G. 2009. Physical and chemical differences in karst springs of Cantabria, northern Spain: do invertebrate communities correspond? *Aquatic Ecology* 43: 445-455.
- Botosaneanu L. (ed.), 1998. *Studies in crenobiology. The biology of springs and springbrooks.* Backhuys Publs, Leiden.
- Cantonati M, Gerecke R, Bertuzzi E, 2006. Springs of the Alps - sensitive ecosystems to environmental change: From biodiversity assessments to long-term studies. *Hydrobiologia* 562: 59-96.
- Dumnicka E, Galas J, Koperski P., 2007. Benthic invertebrates in karst springs: Does substratum or location define communities? *International Review Of Hydrobiology* 92: 452-464.
- Dumnicka E., Galas J., Jatulewicz, I., Karlikowska J., Rzonca B., 2013. From spring sources to springbrook: Changes in environmental characteristics and benthic fauna. *Biologia* 68: 142-149.
- Eesti Punane Raamat, 2008. Ohustatud seened, taimed ja loomad: Andmebaas Tartu Ülikooli Loodusmuuseumi juures.
- Euroopa Nõukogu direktiiv, 1992. Euroopa Nõukogu direktiiv 92/43/EMÜ looduslike elupaikade ning loodusliku loomastiku ja taimestiku kaitse kohta.
- European Committee for Standardization, 1994. *Water quality – Methods for biological sampling – Guidance on handnet sampling of aquatic benthic macro-invertebrates.* EN 27828. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- Fumetti, S. von, Nagel P., 2012. Discharge variability and its effect on faunistic assemblages in springs. *Freshwater Science* 31: 647-656.

- Glazier D. S., 2012. Temperature affects food-chain length and macroinvertebrate species richness in spring ecosystems. *Freshwater Science* 31: 575-585.
- Hoffsten P.O., Malmqvist B., 2000. The macroinvertebrate fauna and hydrogeology of springs in central Sweden. *Hydrobiologia*. 436: 91-104.
- Ilmonen J., 2009. Benthic macroinvertebrate and bryophyte assemblages in boreal springs: Diversity, spatial patterns and conservation. *Acta Universitatis Ouluensis A, Scientiae Rerum Naturalium* 523.
- Ilmonen J., Mykra H., Virtanen R., Paasivirta L., Muotka T., 2012. Responses of spring macroinvertebrate and bryophyte communities to habitat modification: community composition, species richness, and red-listed species. *Freshwater Science* 31: 657-667.
- Ilmonen J., Paasivirta L., 2005. Benthic macrocrustacean and insect assemblages in relation to spring habitat characteristics: patterns in abundance and diversity. *Hydrobiologia* 533: 99-113.
- Ilmonen J., Paasivirta L., Muotka T., 2006. Changes in spring macroinvertebrate assemblages following catchment-scale restoration: first results. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 29: 1377-1382.
- Ilmonen J., Paasivirta L., Virtanen R., Muotka T., 2009. Regional and local drivers of macroinvertebrate assemblages in boreal springs. *Journal of Biogeography* 36: 822–834.
- Ilmonen J., Virtanen R., Paasivirta L., Muotka, T. 2013. Detecting restoration impacts in interconnected habitats: Spring invertebrate communities in a restored wetland. *Ecological Indicators* 30: 165-169.
- Kroupalova V., Bojkova J., Schenkova J., Paril P., Horsak M., 2011. Small-Scale Distribution of Aquatic Macroinvertebrates in Two Spring Fens with Different Groundwater Chemistry. *International Review of Hydrobiology* 96: 235-256.
- Kubikova L., Simon O. P., Ticha K., Douda K., Maciak M., Bily M., 2012. The influence of mesoscale habitat conditions on the macroinvertebrate composition of springs in a geologically homogeneous area. *Freshwater Science* 31: 668-679.
- Lindegaard C., 1995. Chironomidae (Diptera) of European cold springs and factors influencing their distribution. *J. Kansas Entomol. Soc. Suppl.* 68: 108-131.
- Looduskaitseeadus, 2004. *Riigi Teataja* I, 38, 258.
- Maiolini B., Silveri L., 2010. EPT species distribution in 108 Alpine springs in Trentino (Italy). *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 30: 1639-1642.
- Marziali L., Lencioni V., Rossaro B. 2010. The chironomids (Diptera: Chironomidae) from 108 Italian Alpine springs. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 30: 1467-1470.

- Martin P., Brunke M., 2012. Faunal typology of lowland springs in northern Germany. *Freshwater Science* 31: 542-562.
- McCabe D.J., Sykora J.L., 2000. Community structure of caddisflies along a temperate springbrook. *Archiv fur Hydrobiologie*. 148:263-282.
- Mori N., Brancelj A., 2006. Macroinvertebrate communities of karst springs of two river catchments in the Southern Limestone Alps (the Julian Alps, NW Slovenia). *Aquatic Ecology* 40: 69-83.
- Pinnaveekogumite moodustamise kord ja nende pinnaveekogumite nimestik, mille seisundiklass tuleb määrata, pinnaveekogumite seisundiklassid ja seisundiklassidele vastavad kvaliteedinäitajate väärtused ning seisundiklasside määramise kord, 2009. Keskkonnaministri 28. juuli 2009. a. määrus nr 44 (RTL, 06.08.2009, 64, 941)
<https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=13210253&replstring=33>.
- Seire A., 1975. Pandivere allikatest ja nende põhjaelustikust. Tartu Riiklik Ülikool, zooloogia kateeder. Diplomitöö.
- Seire A., 1978. On the Chironomidae fauna of the Pandivere springs. *Hydrobiological Researches (Tartu) VII*: 58-70 (vene k.).
- Staudacher K., Füreder L., 2007. Habitat complexity and invertebrates in selected alpine springs (Schutt, Carinthia, Austria). *International Review of Hydrobiology* 92: 465-479.
- Zollhöfer J.M., Brunke M., Gonsler T., 2000. A typology of springs in Switzerland by integrating habitat variables and fauna. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 121: 349-376.
- Timm T., Järvekülg A., 1975. Eesti allikad ekstreemse elupaigana ja nende kaitse. Eesti loodusharulduste kaitseks. Tallinn, 76-89.
- Verdonschot P.F.M., Schot J.A., 1987. Macrofaunal community-types in helocrene springs. *Res. Inst. for Nature Manag., Annual Report 1986*. Arnhem, Leersum and Texel, 85-103.
- Virtanen R., Ilmonen J., Paasivirta L., Muotka T., 2009. Community concordance between bryophyte and insect assemblages in boreal springs: a broad-scale study in isolated habitats. *Freshwater Biol.* 54: 1651-1662.
- Wood, P.J., Gunn, J., Smith, H., Abas-Kutty, A., 2005. Flow permanence and macroinvertebrate community diversity within groundwater dominated headwater streams and springs. *Hydrobiologia* 545: 55-64.