

Verhulitsa–Lutepää piirkonna liivikute taimkattest

Jaanus Paal^{1*}, Kaie Kurg² ja Taimi Paal²

Paal, J., Kurg, K., Paal, T. 2008. On sand knobs vegetation in Verhulitsa–Lutepää region, South-Eastern Estonia. – Forestry Studies | Metsanduslikud Uurimused 49, 81–99. ISSN 1406-9954.

Abstract. Vegetation of inland sand knobs in South-Eastern Estonia was studied. 39 plant communities were described and thereafter classified into 7 syntaxonomic units: 1. *Calluna vulgaris*–*Cladina* spp. type, 2. *Koeleria glauca*–*Cladina* spp. type, 3. *Juniperus communis*–*Arctostaphylos uva-ursi*–*Cladina* spp. type, 4. *Festuca ovina*–*Cladina* spp. type, 4.1. *Pinus sylvestris*–*Festuca ovina*–*Cladina* spp. type, *Deschampsia flexuosa* variant, 4.2. *Pinus sylvestris*–*Festuca ovina*–*Cladina* spp. type, *Thymus serpyllum* variant, 4.3. *Pinus sylvestris*–*Festuca ovina*–*Cladina* spp. type, *Pleurozium schreberi* variant. Environmental variables determining the variation structure of samples are the amount (cover) of litter and the total cover of field and moss layers. The species richness of communities depends mostly on the amount of litter and marginally insignificantly ($p = 0,051$) also on humus horizon thickness. Interpreting the vegetation on 1×1 m sample quadrats as microcoenoses, 415 quadrats were clustered into 23 microcoenose types. The most frequent are the microcoenoses of *Cladina arbuscula*+*Pycnothelia papillaria*, *Cladina arbuscula*+*Festuca ovina*, *Festuca ovina*+*Cladina arbuscula* and *Festuca ovina*+*Pilosella officinarum* type, seldom occur microcoenoses of *Cetraria islandica*+*Cladina stellaris* and *Polytrichum piliferum*+*Festuca ovina* type. In all community types are presented *Cladina arbuscula*+*Festuca ovina* and *Dicranum polysetum*+*Cladina arbuscula* type microcoenoses but microcoenoses of any type are confined to only one type of communities. To maintain the peculiar features of Estonian inland sand knobs plant communities they must be kept open and in some places also the dense bottom layer vegetation must be removed.

Key words: afforestation, community types, communities maintenance, inland sands, microcoenoses.

Authors' addresses: ¹Institute of Ecology and Earth Sciences, University of Tartu, Lai St. 40, 51005 Tartu, Estonia, *e-mail: jaanus.paal@ut.ee

²Institute of Forestry and Rural Engineering, Estonian University of Life Sciences, Kreutzwaldi St. 5, 51014 Tartu, Estonia

Sissejuhatus

Eesti rannikuloidete taimkatet on põhjalikult käsitletud arvukates uurimustes alates möödunud sajandi algupoolelt (Tiismann, 1924; Pastak, 1935; Lippmaa, 1932; Laasimer, 1965; Sander, 1972; Rebassoo, 1975, 1987; Undrits, 1999 jt.), samal ajal kui sisemaiste liivikute taimkattele on pööratud hoopis vähem tähelepanu (näit. Lippmaa, 1928; Marvet, 1976; Eilart & Eilart, 1978). Ometigi on nende puhul tegemist kogu Euroopa ulatuses looduskaitselist tähtsust omavate elupaikadega, mis kuuluvad tüüpi 2330 „Hõberohu *Corynephorus* ja kasteheina *Agrostis* liikidega avatud liivikud sisemaal” (Paal, 2007). Kullamaa (Varep, 1966) ja Värska ümbruse liivikutel (Eilart, 1963; Viljasoo & Kask, 1976; Kukk, 2003; Kukk & Kukk, 2005) on leitud mit-

meid haruldasi ning kaitsealuseid taimi. Pealegi on liivikute taimekooslused inimtegevusest (tulekahjud, tallamine) kergesti mõjutatavad ja sageli ka tugevasti mõjutatud ning seetõttu suhteliselt kiiresti muutumas – kas siis degradeerumas, mille käigus taimestunud alasid asendab lahtine liiv, või taastaimestumas (Lippmaa, 1928; Laasimer, 1965, 1976; Marvet, 1976). Sellest tulenevalt vajavad sisemaa liivikute taimekooslused põhjalikumat uurimist ja hõlmamist riiklikku bioseire vaatlusvõrku.

Käesoleva töö eesmärkideks seati: 1) esitada nelja Verhulitsa–Lutepää piirkonda jääva liiviku põhjal nende taimekoosluste klassifikatsioon, 2) iseloomustada kõigi kooslusetüüpide mikrotsönoose, sest just viimaste tasemel toimuvad koosluste elementaarsed suktessiooniprotsessid, 3) selgitada mõnede keskkonnategurite mõju liivikute taimkatte kujunemisele.

Materjal ja metoodika

Uurimispiirkond ja proovialade paiknemine

Verhulitsa–Lutepää piirkonna liivikud jäävad Eesti maastikulise liigestuse põhjal Palumaa maastikurajooni, mida iseloomustab palu- ja nõmmemetsade ning rabade sage esinemine (Granö, 1922; Varep, 1964; Arold, 2005). Liivikute mullad on happelised ja tüüpilistel leedemuldadel asendab huumushorizonti kõduhorisont, sest lagunevat orgaanilist ainet akumulkeerub vähe. Eesti taimekoosluste klassifikatsiooniskeemi järgi kuulub liivikute taimkate kuivade ja parasniiskete asukohtade taimkonna luidete, liivikute ja kaljude taimekoosluste seeriasse, täpsemalt mandri ja ranniku (mittesoolakuliste) luidete ja liivikute taimkatte assotsiatsioonide rühma (Laasimer, 1965). Uurimispiirkondkliima on Eestis kõige kontinentaalsema kliimaga. Kevadel soojeneb maapind siin suhteliselt kiiresti, sügisel aga jahtub vara, sageli esineb udu ja maapinna lähedal varajast öökülma. Märgatavaid mikrokliimaatilisi erinevusi põhjustab liigestatud reljeef ja maastikuline mitmekesisus (Jaagus & Kallis, 2005).

Meie poolt uuritud liivikud on kõik ümbritsetud 70–90 aastaste nõmme- või palumännikutega ja erineval määral kinni kasvanud (tabel 1). Siiski eristuvad nad ümbritsevast metsaalast rohkete taimestumata laikude ning samblike suure katvuse poolest. Esimesed kolm liivikut asuvad Mustoja maastikukaitselal, neljas aga Värskas–Petseri maanteest ida pool, Verhulitsa külast umbes 1 km kagus. Esimesel uuritud liivikul on korduvalt toimunud põlenguid, neist viimane 1963. a. (Neemre, 2005; Kont, 2005). Ala läbib metsatee ja siht. Kohati on üsna ulatuslikke (kuni 100 m²) lahtise liivaga laiike, puud (männid) kasvavad salguti. Ümbritsevas metsas kasvab lisaks mändidele ka üksikuid kaski. Teine ja kolmas liivik paiknevad Mustoja (Värskas oja) vasakul kaldal. Kolmandast liivikust jääb põhja poole väike nõmmraba. Neljandal liivikul esineb üksikuid suuremaid või väiksemaid rändrahne. Kõigil liivikuil on siin-seal näha sõidukite jälgi lahtise liivaga.

Andmete kogumine

Algse rekognosceeringu käigus piiritleti liivikutel esinevad taimekooslused, mida eristati kokku 39. Taimekooslustena käsitleti seejuures ühesuguse füsiognoomiaga taimkatte osi, mille liigiline koosseis ning liikide ohtrusvahetuskord oli üldjoontes ühesooline (Masing, 1979).

Sambla-samblikurinnet ja puhma-rohurinnet kirjeldati igas koosluses 5–15 1×1 m suurusel prooviruudul, mis paigutati koosluse piires juhuslikult, kuid kui ruut sat-
tus kahe sünuusi piirile, nihutati see ruudust suuremat osa hõlmava sünuusi sisse.

Tabel 1. Proovialade asukoht ja puurinde parameetrid.

Table 1. Coordinates of sample plots and tree layer parameters.

Parameeter / Parameter	Prooviala / Sample area			
	1	2	3	4
Põhjalaius / Latitude	57°54'43,4"	57°54'45,6"	57°54'47,7"	57°55'47,7"
Idapikkus / Longitude	27°39'28,9"	27°39'56,9"	27°40'07,4"	27°40'44,8"
Pindala, ha Area, ha	9,0	0,5	0,4	1,6
Puude maksimaalne kõrgus, m Maximum height of trees, m	8,0	12,0	10,0	6,0
Puude keskmine kõrgus, m Average height of trees, m	3,5	8,0	4,5	5,0
Puurinde üldkatvus, % Total cover of tree layer, %	0–80	0–20	0–40	0–60
Puude rinnaspind, m ² /ha Basal area of trees, m ² /ha	0–12,0	0–8,0	9,0	11,0
Põõsarinde üldkatvus, % Total cover of bush layer, %	0–30	0–20	0–10	0–10

Prooviruutudes (kokku 415) määrati rohurinde ja samblarinde üldkatvus ning seejärel eraldi iga liigi katvus. Liigid, mis esinesid küll koosluses, aga ei sattunud prooviruutudesse, kanti koosluse liikide nimekirja tinglikult katvusega 0,1%. Põõsarinde hulka kuuluvaiks loeti ka puurinde järelkasv, mille kõrgus oli alla 4 m ja/või tüve läbimõõt 1,3 m kõrgusel alla 4 cm. Prismarelaskoobiga mõõdeti kolmes korduses puude rinnaspind. Registreeriti ka puude keskmine ja maksimaalne kõrgus, puude ning põõsaste üldkatvus.

Kõigis kooslustes hinnati järgmisi keskkonnategureid: pinnamood (1 – tasane; 2 – kallak või nõlv; 3 – kühm), mikroreljeef (1 – vähe liigestatud; 2 – keskmiselt liigestatud), valdav naaberkooslus (Nli – naaberkoosluseks liivik; Nme – naaberkoosluseks mets; Ntee – naaberalaks tee) ja koosluse pindala (pikema ja lühema läbimõõdu korrutis) m²-tes. Iga 1×1 m suuruse prooviruudu puhul määrati keskkonnateguritena mulla huumushorisondi tüsedus ning kulu/varise katvus.

Soontaimede nomenklatuuri allikaks on Leht (2007), sammaltaimede puhul Ingerpuu & Vellak (1998), samblike nomenklatuur on esitatud Randlane & Trass (1994) põhjal.

Andmetöötlus

Andmetöötlus tehti kahel erineval taimkatte struktuuri iseloomustaval tasemel: 1) 1×1 m analüüsiiruutudelt kogutud andmete põhjal, mida interpreteeriti kui taimekoosluste mikrotsünooside kirjeldusi (Корчагин, 1976; Masing, 1979), 2) koosluste tasemel, st iga koosluse piires analüüsitud 1×1 m ruutude keskmistatud andmete alusel.

Vähendamaks suure ohtrusega liikide mõju klasteranalüüsi tulemustele, transformeeriti liikide katvushinnangud enne seda ruutjuurteisendusega. Klasteranalüüsi sarnasusmaatriks arvutati eukleidilise kauguse alusel, rühmitamiseks kasutati vahe ruutude minimaalse juurdekasvu meetodit (*minimal incremental sum of squares algorithm*) (Podani, 2000).

Koosluserühmadele iseloomulike liikide indikaatorväärtused leiti M. Dufrêne ja

P. Legendre (1997) meetodil. Liikide indikaatorväärtuse statistilist olulisust hinnati Monte Carlo permutatsioonitestiga (McCune & Mefford, 1999).

Keskkonnategurite erinevust taimekoosluste rühmades testiti kanoonilise diskriminantanalüüsi abil (StatSoft Inc., 2001).

Koosluste ja mikrotsönooside liigirikkuse sõltuvust kasvukoha keskkonnateguritest hinnati samm-sammulise tunnuste sissevõtuga mitmese regressioonanalüüsi alusel (StatSoft Inc., 2001). Seejuures käsitleti keskkonnateguritena ka taimkatte üksikute rinnete ning kulu ja varise katvust.

Koosluste ja mikrotsönooside ning keskkonnategurite ühisordinatsiooniks rakendati kanoonilist vastavusanalüüsi (*canonical correspondence analysis*; Ter Braak & Šmilauer, 2002).

Tulemused

Taimekooslused

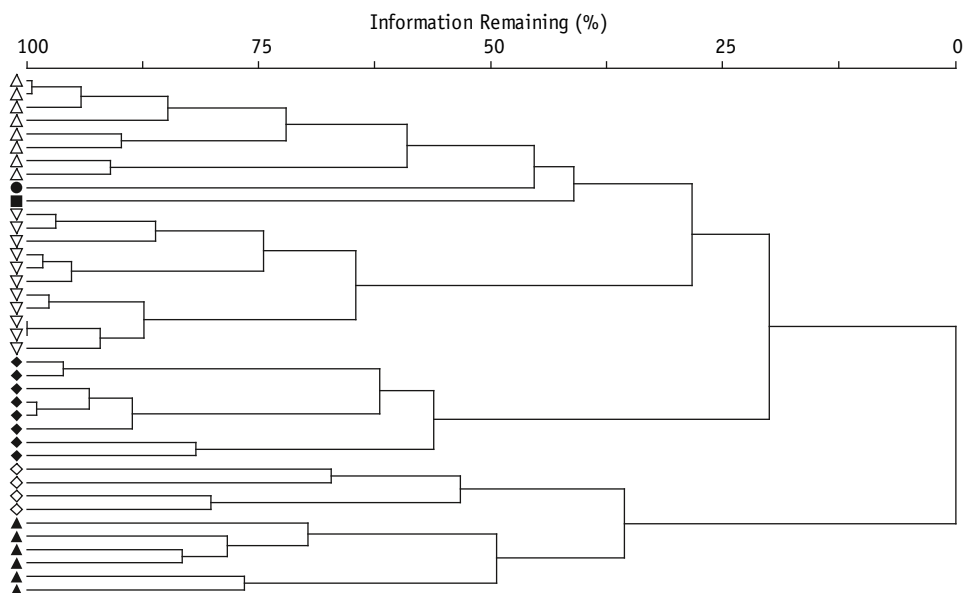
Proovialade puurindes, samuti põõsarindes ja puurinde järelkasvus registreerisime 4 liiki, rohurindes 22 ja samblarindes 19 liiki. Puurinde ohtraim liik oli mänd *Pinus sylvestris*, mida esines kõigis kooslustes ja mis pooltes kooslustes moodustas ka puurinde järelkasvu. Põõsarinde liikidest kasvas ligi pooltes kooslustes kadakat *Juniperus communis*. Kõigis kooslustes peale ühe esines lamba-aruheina *Festuca ovina*, leesikat *Arctostaphylos uva-ursi* kasvas 19-s ja nõmmtarna *Carex ericetorum* 15-s koosluses. Teisi liike kohtas harvem, sealjuures ainult ühes koosluses kasvas põldpuju *Artemisia campestris*, harilikku karutubakat *Pilosella officinarum*, mustikat *Vaccinium myrtillus* ja pohla *Vaccinium vitis-idaea*. Sambla-samblikurinde kõige sagedasem liik oli mets-põdrasamblik *Cladonia arbuscula*, ligi 2/3 kooslustest registreerisime kitsast käokõrva *Cetraria ericetorum*, lainjat kaksikhammast *Dicranum polysetum* ja liiv-karusammalt *Polytrichum piliferum*. Ainult ühes koosluses leidsime pisikupralist härmikut *Racomitrium microcarpon* ja harilikku nisasamblikku *Pycnothelia papillaria*.

Eesti kaitsealustest taimeliikidest (Keskkonnaministri 19. mai 2004. a määrus nr 51) kasvas uuritud liivikutel kolmandasse kaitsekategooriasse kuuluvat nõmmnelki *Dianthus arenarius*. Lisaks tuvastati veel kaks Eestis vähelevinud samblikuliiki – krobeline porosamblik *Cladonia pleurota* ja põhja-porosamblik *Cladonia borealis*.

Klasteranalüüsi dendrogrammi alusel eristasime seitse koosluserühma (joonis 1).

Esimesse rühma kuulub kaheksa kooslust, mille laiguti kasvava puurinde moodustab mänd. Põõsarindes leidub kadakat, puurinde järelkasv koosneb valdavalt männist, veidi lisandub ka arukaske *Betula pendula*. Puhma-rohurindes domineerivad lamba-aruhein ja kanarbik *Calluna vulgaris*, vähem kasvab leesikat, kukemarija *Empetrum nigrum* subsp. *nigrum*, jussheina *Nardus stricta*, vesihaljast haguheina *Koeleria glauca*. Sambla-samblikurindes on kõige enam mets-põdrasamblikku, vähem sarv-porosamblikku *Cladonia cornuta* ja lainjat kaksikhammast (tabel 2). Selle koosluserühma ainus statistiliselt oluline indikaatorliik on kanarbik, iseloomulikeks liikideks (mitteolulisteks indikaatorliikideks) on veel kukemari, jusshein, mänd, kuldviits *Solidago virgaurea*, mustikas ja pohl ning sarv-porosamblik. Kõige suurema üldkatvusega on sambla-samblikurinne (30,6%), puu-, põõsa- ja rohurinne on hõredad, kulu/ varise katvus ületab 65%. Selle rühma koosluste naaberkooslusteks on valdavalt samal liivikul kasvavad teised taimekooslused. Kooslused paiknevad tasasel alal, mikroreljeef on enamasti tasane ning mulla huumushorisont praktiliselt puudub.

Teine rühm on esindatud vaid ühe kooslusega. Selle puurindes kasvab võrdselt mändi ja pihlakat *Sorbus aucuparia*, põõsarindes on enam mändi, vähem kadakat ja



Joonis 1. Taimekoosluste klasteranalüüsi dendrogramm. Eristatud koosluserühmad on tähistatud järjekorras ülalt alla erinevate sümbolitega.

Figure 1. Dendrogramm of plant communities cluster analysis. Established community groups are denoted from top down with different symbols.

pihlakat. Rohurinne on hõre, kuid sambla-samblikurinde üldkatvus on 64%. Seda taimekooslust eristab ülejäänutest märgatavalt suurem vesihälja haguheina katvus. Sambla-samblikurindes esineb kõige rohkem mets-põdrasamblikku, ohtruselt järgmine on lainjas kaksikhammas (tabel 2). Kuna rühma kuulub vaid üks taimekooslus, siis indikaatorliike selle jaoks arvutuslikult määrata ei saa. Valdavalt teistest liiviku-kooslustest ümbritsetud kooslus asub lamedal künkal. Kulu/varise katvus on peaaegu 50%, huumushorisoni keskmine tüsedus üle 4 mm.

Kolmandaski rühmas on vaid üks kooslus, mis asub tasase pinnamoega alal. Puurindes kasvavad mänd ja kadakas, viimane moodustab ka suhteliselt tiheda põõsarinde. Kadaka rohkus ongi selle koosluse üheks omapäraks, lisaks veel leesika ohtrus puhma-rohurindes. Suhteliselt suur on ka kanarbiku, lamba-aruheina ja jussheina katvus. Sambla-samblikurindes on suurim katvus mets-põdrasamblikul, vähem leidub täht-porosamblikku *Cladonia uncialis*, lainjat kaksikhammast ja hari-likku palusammalt *Pleurozium schreberi*.

Siinjuures tuleb märkida, et kordusdeti, ainult ühe kooslusega esindatud rühmi nõ. „päris” kooslusetüüpidega aktsepteerida ei saa. Tavaliselt niisugused kooslused kas liidetakse mõne suurema, nendega kõige sarnasemate koosluste rühmaga, käsitletakse neid mõne kooslusetüübi alltüübi või variandina, ehk siis jäetakse kui erandid edasisest andmetöötlusest välja. Dendrogrammi alusel (joonis 1) on teise ja kolmandasse rühma klassifitseeritud kooslused kõige lähedasemad esimese rühma kooslustega. Siiski, nagu eespool märgitud, erinevad teise ja kolmanda rühma kooslused viimasest oluliselt liikide ohtrussuhete poolest, osaliselt ka liigilise koosseisu alusel ning seega oleks nende liitmine üheks rühmaks põhjendamatu. Pealegi muutuks sel

Tabel 2. Koosluserühmade tsentroidid ja indikaatorliigid. Tähistused: n – koosluste arv, x – katvuse keskmine väärtus, σ – selle standardhälve. Vastavas koosluserühmas suurimat indikaatorväärtust omavate liikide ohtrusväärtused on alla joonitud, statistiliselt oluliste liikide indiväärtus on märgitud järgmiselt: * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$.

Table 2. Centroids of community groups and their indicator species. Notations: n – number of communities, x – mean cover, σ – its standard deviation. Mean cover values of species having the maximal indicator value for a certain community groups are underlined, cover values of significant indicator species are marked as follows: * – $p < 0.05$, ** – $p < 0.01$.

Liik / Species	Koosluserühm / Community group											
	1		2		3		4		5		6	
	n=8		n=1		n=1		n=8		n=11		n=6	
	x	σ	x	σ	x	σ	x	σ	x	σ	x	σ
Pinnamood / Topography	1,0		3,0		1,0		1,6		1,2		1,3	
Mikroreljeef / Microtopography	1,1		2,0		1,0		1,1		1,1		1,3	
Huumushorisondi tusedus, mm	0,2	0,3	4,1	0,3	0,4	0,8	0,9	1,0	0,4	0,7	2,3	2,0
Thickness of humus horizon, mm												
Liikide arv / Number of species	27		9		13		26		28		29	
Keskmine liikide arv koosluses	17	5	14		21		14	4	16	5	21	4
Mean number of species in community												
Puurinne / Tree layer												
Keskmine kõrgus, m	2,1	1,0	2,0		4,0	3,3	2,1		5,1	1,4	4,7	2,3
Mean height, m												
<i>Betula pendula</i>	<0,0	<0,0	-	-	-	-	-	<0,0	<0,0	<u>0,2</u>	0,4	-
<i>Juniperus communis</i>	-	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pinus sylvestris</i>	7,1	6,1	2,0	3,0	3,2	3,0	20,5	7,8	43,2	16,3	62,5**	26,3
<i>Sorbus aucuparia</i>	-	-	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pöösarinne ja järelkasv												
Shrub layer and saplings												
Üldkatvus / Total cover	5	3	10		20	2	4		2	2	11	10
<i>Betula pendula</i>	0,1	0,1	-	-	-	-	-	<0,0	<0,0	<u>0,9</u>	2,0	-
<i>Juniperus communis</i>	0,9	1,0	2,0	20,0	0,4	0,4	0,6	1,1	0,8	1,6	8,8**	6,2
<i>Pinus sylvestris</i>	3,6	2,7	7,0	-	1,7	3,2	0,9	1,5	9,3	11,0	10,0	9,1
<i>Sorbus aucuparia</i>	-	-	1,0	-	-	-	<u>0,1</u>	0,3	-	-	-	-
Puhma-rohurinne												
Field layer												
Üldkatvus / Total cover	17	11	11		15	10	4		10	5	12	4
Liikide arv / Number of species	6	2	3		5	4	2		4	2	6	3
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	1,3	1,6	-	8,0	0,1	0,1	1,0	1,6	<u>1,5</u>	17	<0,0	0,1
<i>Artemisia campestris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	<u><0,0</u>	0,1	-	-
<i>Calluna vulgaris</i>	5,3**	7,6	-	4,0	-	-	-	<0,0	0,1	1,4	3,4	-
<i>Carex ericetorum</i>	<0,0	<0,0	-	-	0,3	0,5	0,1	0,2	1,0*	0,9	-	-
<i>Deschampsia flexuosa</i>	<0,0	<0,0	-	-	<0,0	0,1	<u>0,1</u>	0,2	-	-	-	-
<i>Dianthus arenarius</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1**	0,1	-	-
<i>Empetrum nigrum</i> subsp. <i>nigrum</i>	<u>0,8</u>	1,9	-	-	<0,0	<0,0	-	-	0,8	2,0	<0,0	0,1
<i>Festuca ovina</i>	8,1	6,2	0,4	2,5	<u>9,2</u>	4,3	8,1	4,9	6,2	3,5	6,0	5,9
<i>Hieracium umbellatum</i>	<0,0	<0,0	-	-	0,1	0,2	<0,0	<0,0	0,3	0,4	<u>0,2</u>	0,2
<i>Koeleria glauca</i>	0,3	0,7	10,2	-	0,1	0,3	0,3	0,8	<u>0,3</u>	0,4	-	-
<i>Melampyrum pratense</i>	-	-	-	-	-	-	<u>0,1</u>	0,2	<0,0	0,1	-	-
<i>Nardus stricta</i>	0,9	1,2	-	0,3	0,5	0,7	0,1	0,4	-	-	-	-
<i>Pilosella officinarum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	<u><0,0</u>	0,1	-	-
<i>Solidago virgaurea</i>	<u>0,1</u>	0,2	1,1	<0,0	-	-	<0,0	<0,0	-	-	<0,0	0,1
<i>Thymus serpyllum</i>	0,1	0,2	-	-	-	-	0,1	0,3	<u>0,4</u>	0,4	<0,0	0,1
<i>Vaccinium myrtillus</i>	<u>0,1</u>	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	<u>0,1</u>	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sambla-samblikurinne												
Bottom layer												
Üldkatvus / Total cover	31	8	64		37	22	8		32	8	32	7
Liikide arv / Number of species	8	3	6		13	9	3		10	3	12	2
Ühtluskoeffitsient	107	6	103		101	120	9		123	9	121	11
Evenness coefficient												
<i>Cetraria ericetorum</i>	0,3	0,3	-	0,2	0,2	0,4	0,5	0,4	0,9*	0,5	0,5	0,4

Liik / Species	Koosluserühm / Community group											
	1		2		3		4		5		6	
	n=8		n=1		n=1		n=8		n=11		n=6	n=4
	x	σ	x		x		x	σ	x	σ	x	σ
<i>Cetraria islandica</i>	0,3	0,5	0,0		0,1		0,2	0,5	<u>0,9</u>	1,2	0,7	1,4
<i>Cladina arbuscula</i>	28,7	6,9	54,4		20,2		11,7	7,7	24,0	6,5	20,3	5,6
<i>Cladina stellaris</i>	-	-	0,1		-		<u>0,5</u>	1,5	<0,0	0,1	<0,0	<0,0
<i>Cladonia borealis</i>	0,1	0,1	-		<0,0		<0,0	0,1	-	-	<u>0,4</u>	0,9
<i>Cladonia comuta</i>	<u>1,2</u>	2,4	-		-		0,2	0,6	0,1	0,2	0,7	0,9
<i>Cladonia crispata</i>	0,1	0,2	<0,0		0,1		0,2	0,5	0,1	0,1	0,1	0,3
<i>Cladonia deformis</i>	<0,0	<0,1	-		<0,0		0,1	0,2	0,1	0,1	<u>0,5</u>	0,9
<i>Cladonia gracilis</i>	0,1	0,2	-		<0,0		0,2	0,4	0,1	0,1	<u>0,7</u>	1,3
<i>Cladonia pleurota</i>	0,1	0,1	-		<0,0		<0,0	0,1	<0,0	<0,0	<u>0,2</u>	0,5
<i>Cladonia pyxidata</i>	0,1	0,1	<0,0		0,1		<u>0,3</u>	0,8	0,1	0,1	0,2	0,4
<i>Cladonia uncialis</i>	0,1	0,2	-		7,5		0,4	0,8	1,7	2,6	<0,0	0,1
<i>Dicranum polysetum</i>	0,4	0,5	10,0		6,0		0,7	1,7	3,3	3,2	1,6	1,2
<i>Pleurozium schreberi</i>	0,1	0,2	-		2,5		0,7	1,9	0,7	1,3	0,9	1,4
<i>Polytrichum juniperinum</i>	-	-	-		-		-	-	<u>0,4</u>	1,0	-	-
<i>Polytrichum piliferum</i>	0,3	0,6	-		<0,0		<u>2,3</u>	3,6	0,6	1,0	2,1	2,2
<i>Pycnothelia papillaria</i>	-	-	-		-		-	-	-	-	<u>0,7</u>	1,7
<i>Racomitrium canescens</i>	<0,0	<0,0	-		-		<u>4,0</u>	6,5	<0,0	0,1	1,6	3,9
<i>Racomitrium microcarpon</i>	-	-	-		-		-	-	<u>0,2</u>	0,7	-	-
Kulu/varise katvus / Litter cover	66	17	49		53		36	17	70	14	54	31
											84	12

juhul esimese koosluserühma varieeruvus väga suureks. Suure erinevuse tõttu esimese rühma kooslustest pole alust teise ja kolmanda rühma kooslusi käsitleda ka esimese rühma variantidena. Jääb üle vaid need erandlikud kooslused erinditena elimineerida, mis rangema lähenemise korral olekski ainuõige. Siiski, arvestades andmemassiivi üsnagi väikest mahtu, liivikukoosluste piiratud levikut ja nende kohta käivate kvantitatiivsete andmete nappust, otsustasime käesolevas töös neid kooslusi mitte ignoreerida.

Neljandasse rühma kuulub kaheksa kooslust. Puu- ja põõsarinne, nagu ka alustaimestu on hõredad. Rohurindes domineerib lamba-aruhein, sambla-samblikurinde ohtraim liik on mets-põdrasamblik, väiksema katvusega kasvab liiv-karusammalt ja liivhärmikut *Racomitrium canescens*. Olulisi indikaatorliike selles koosluserühmas ei ole, iseloomulikeks liikideks on nimetatud ohtramate liikide kõrval veel alpi-põdrasamblik *Cladina stellaris* ja peeker-porosamblik *Cladonia pyxidata* (tabel 2). Kooslused asuvad kas tasasel alal või laugel nõlval, nende mikroreljeef on vähe liigestatud ning huumushorisont äärmiselt õhuke.

Viies rühm on esindatud 11 kooslusega. Puurinde keskmine katvus on neis üle 20% ja puude keskmine kõrgus üle 5 m. Rohurinne on hõre, valdava lamba-aruheina kõrval leidub selles veel leesikat, vesihaljast haguheina, võnk-kastevart *Deschampsia flexuosa* ja palu-härgheina *Melampyrum pratense*. Sambla-samblikurindes kasvavad mets-põdrasambliku kõrval väiksema ohtrusega veel islandi ja kitsas käokõrv *Cetraria islandica*, *C. ericetorum*, täht-porosamblik, lainjas kaksikhammas jt. Statistiliselt olulisteks indikaatorliikideks on puhma-rohurindes võnk-kastevars ja palu-härghein ning sambla-samblikurindes islandi käokõrv ja pisikupraline härmik *Racomitrium microcarpon*. Koosluste kasvukoha pinnamood ja mikroreljeef on tasased. Huumushorisondi tüsedus jääb alla 1 mm; märkimisväärne on kulu/varise suur katvus (70%) (tabel 2).

Kuues rühm hõlmab kuut kooslust, mille puurindes leidub lisaks männile veidi arukaske; samad liigid moodustavad ka puurinde järelkasvu. Puurinde üldkatvus on üle 40% ja puude keskmine kõrgus ligi 5 m. Põõsa- ja rohurinne on hõredad; viima-

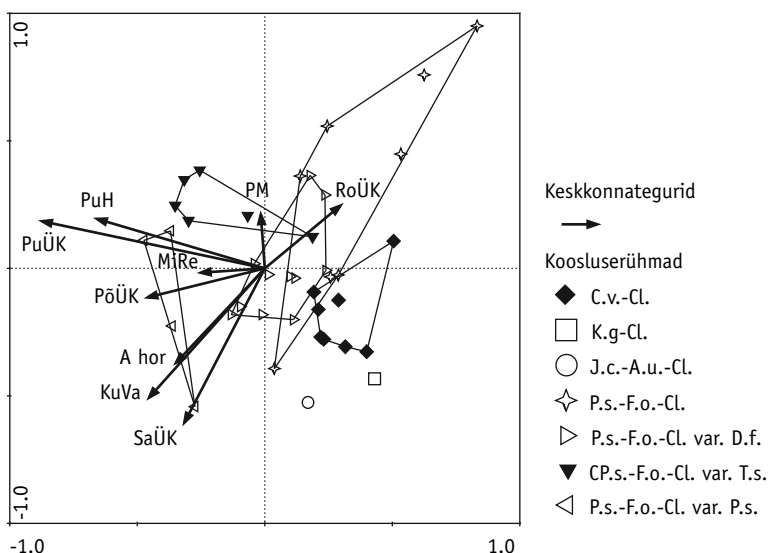
ses on ohtramaiks liigiks lamba-aruhein, väiksema katvusega kasvab leesikat, kanarbikku, nõmm-liivateed ja nõmmtarna. Sambla-samblikurindes leidub domineeriva mets-põdrasambliku kõrval küllaltki arvukalt teisigi liike. Olulisteks indikaatorliikideks osutuvad nõmmtarn ja nõmmnelk *Dianthus arenaria*, samblikest kitsas käokõrv (tabel 2). Kooslustele on iseloomuslik suhteliselt tihe männi järelkasv, lisaks sellele niisugused liigid nagu arukask, põldpuju, leesikas, nõmm-liivatee ja mitmed samblikuliigid: põhja-, väävel-, sale- ja krobeline porosamblik (*Cladonia borealis*, *C. deformis*, *C. gracilis*, *C. pleurota*) ja harilik nisasamblik. Mulla huumushorisont on väga õhuke, kulu/varise katvus >50%.

Seitsmendasse rühma kuulub neli kooslust, mille puurinne on eelmistest kooslustest veelgi tihedam ja kõrgem, tihe on ka selle järelkasv. Põõsarinde moodustab kadakas. Väga hõredas rohurindes on esindatud vaid kaks liiki: lamba-aruhein ja sariik-hunditubakas *Hieracium umbellatum*. Sambla-samblikurinde katvus on suhteliselt suur (>50%); selles valdab mets-põdrasamblik, kuid ka samblaid – lainjat kaksikhammast ja harilikku palusammalt – kasvab küllaltki ohtralt. Koosluserühmas statistiliselt olulisteks indikaatorliikideks on mänd ja kadakas, lisaks neile mets-põdrasamblik, täht-porosamblik, lainjas kaksikhammas ja harilik palusammal. Kooslused kasvavad enamasti laugetel nõlvadel. Teiste liivikukooslustega võrreldes, välja arvatud kolmandat rühma esindav kooslus, on neile kooslustele iseloomulik mulla huumushorisondi suurem түsedus (keskmiselt 2,3 mm), samuti kulu/varise väga suur katvus – 84% (tabel 2).

Lähtudes koosluserühmade kirjeldatud omadustest, võib esitada analüüsitud liivikukoosluste järgmise klassifikatsioonistruktuuri:

1. sambliku-kanarbiku tüüp (*Calluna vulgaris*–*Cladina* spp. tüüp),
2. sambliku-vesihalja haguheina tüüp (*Koeleria glauca*–*Cladina* spp. tüüp),
3. sambliku-leesika-kadaka tüüp (*Juniperus communis*–*Arctostaphylos uva-ursi*–*Cladina* spp. tüüp),
4. sambliku-lamba-aruheina tüüp (*Festuca ovina*–*Cladina* spp. tüüp),
 - 4.1. sambliku-lamba-aruheina männik, võnk-kastevarre variant (*Pinus sylvestris*–*Festuca ovina*–*Cladina* spp. tüüp, *Deschampsia flexuosa* variant),
 - 4.2. sambliku-lamba-aruheina männik, nõmm-liivatee variant (*Pinus sylvestris*–*Festuca ovina*–*Cladina* spp. tüüp, *Thymus serpyllum* variant),
 - 4.3. sambliku-lamba-aruheina männik, palusambla variant (*Pinus sylvestris*–*Festuca ovina*–*Cladina* spp. tüüp, *Pleurozium schreberi* variant).

Sambliku-lamba-aruheina männikutel mitme variandi eristamise objektiivsust kinnitab kanoonilise vastavusanalüüsi põhjal saadud taimekoosluste ordinatsiooniskeem (joonis 2), kus koosluserühmad on üksteisest hästi eristunud ja suhteliselt kompaktsed, st väikese grupisisese varieeruvusega. Ainsa erandina paistavad silma sambliku-lamba-aruheina kooslused, millele on omane ulatuslikum muutlikkus ning kattumine eeskätt sambliku-lamba-aruheina männiku võnk-kastevarre varianti kuuluvate kooslustega. Sambliku-lamba-aruheina koosluste varieerumine tuleneb eeskätt rohurinde üldkatvuse ning kulu ja varise katvuse vahekorrad koosluses. Viimase suurem katvus aga on positiivselt seotud mulla huumushorisondi түsedusega. Taimekoosluste paiknemine ordinatsiooniskeemil esimese telje suunas on selgesti seotud puurinde üldkatvuse ning kõrgusega: erinevate rühmade kooslused paiknevad vastavalt nende keskkonnategurite väärtuste suurenemisele paremalt vasakule samas järjekorras nagu nad on esitatud joonise legendil. Olulisteks taimkatte struktuuri määravateks teguriteks on samuti kulu/varise ohtrus ning sambla-samblikurinde ja rohu-puhmarinde üldkatvus, mis determineerivad koosluste paik-



Joonis 2. Taimekoosluste ja keskkonnategurite kanoonilise vastavusanalüüsi põhjal saadud ordinatsiooniskeem 1. ja 2. ordinatsioonitelje tasandil. Keskonnategurid: PuH – puurinde keskmine kõrgus, PuÜK – puurinde üldkatvus, PõÜK – põõsarinde üldkatvus, RoÜK – puhma-rohurinde üldkatvus, SaÜK – sambla-samblikurinde üldkatvus, KuVa – kulu ja varise katvus, PM – pinnamood, MiRe – mikroreljeef, A hor – huumushorisoni tüsedus. Koosluserühmad: C.v.-CL. – sambliku-kanarbiku tüüp, K.g.-CL. – sambliku- vesihälja haguheina tüüp, J.c.-A.u.-CL. – sambliku-leesika-kadaka tüüp, F.o.-CL. – sambliku-lamba-aruheina tüüp, P.s.-F.o.-CL. var. D.f. – sambliku-lamba-aruheina männik, võnk-kastevarre variant, P.s.-F.o.-CL. var. T.s. – sambliku-lamba-aruheina männik, nõmm-liivatee variant, P.s.-F.o.-CL. var. P.s. – sambliku-lamba-aruheina männik, palusambla variant.

Figure 2. Biplot of plant communities and environmental factors by canonical correspondence analysis (axes 1 and 2). Environmental factors: PuH – height of tree layer, PuÜK – total cover of tree layer, PõÜK – total cover of bush layer, RoÜK – total cover of field layer, SaÜK – total cover of bottom layer, KuVa – cover of litter, PM – topography, MiRe – microtopography, A hor – thickness of humus horizon. Community groups: Cv.-CL. – *Calluna vulgaris*-*Cladina* spp. type, K.g.-CL. – *Koeleria glauca*-*Cladina* spp. type, J.c.-A.u.-CL. – *Juniperus communis*-*Arctostaphylos uva-ursi*-*Cladina* spp. type, F.o.-CL. – *Festuca ovina*-*Cladina* spp. type, P.s.-F.o.-CL. var. D.f. – *Pinus sylvestris*-*Festuca ovina*-*Cladina* spp. type, *Deschampsia flexuosa* variant, P.s.-F.o.-CL. var. T.s. – *Pinus sylvestris*-*Festuca ovina*-*Cladina* spp. type, *Thymus serpyllum* variant, P.s.-F.o.-CL. var. P.s. – *Pinus sylvestris*-*Festuca ovina*-*Cladina* spp. type, *Pleurozium schreberi* variant.

nemise ordinatsiooniskeemil selle teise telje sihis. Esimese ja teise ordinatsioonitelje omaväärtus on vastavalt 0,173 ja 0,126, liikide ning keskkonnategurite vaheliste suhete variatsioonist iseloomustavad need teljed kumulatiivselt 43,0%; esimese telje statistilise olulisuse tase $p = 0,020$.

Ka diskriminantanalüüsi põhjal eristavad koosluserühmi üksteisest oluliselt puu-, põõsa- (koos puurinde järelkasvuga) ja puhma-rohurinde üldkatvus ning kulu/varise hulk, lisaks veel koosluste keskmine pindala (tabel 3).

Tabel 3. Koosluserühmadele vastavate keskkonnategurite keskväärtused ja nende erinevuse olulisus diskriminantanalüüsi põhjal. Tähistused: MiRe – mikroreljeef, A hor – humushorisoni tüsedus, mm, S – koosluse pindala, m², PuH – puude kõrgus, m, PuÜK – puurinde üldkatvus, %, PõÜK – põõsarinde üldkatvus, %, RoÜK – puhma-rohurinde üldkatvus, %, SaÜK – sambla-samblikurinde üldkatvus, %, KuVa – kulu/varise katvus, %.

Table 3. Mean values of environmental parameters for community groups. Notations: Pinnamood – topography, MiRe – microtopography, A hor – thickness of humus horizon, mm, S – community area, m², PuH – height of tree layer, m, PuÜK – total cover of tree layer, %, PõÜK – total cover of bush layer, %, RoÜK – total cover of field layer, %, SaÜK – total cover of bottom layer, %, KuVa – cover of litter, %.

Parameeter Parameter	Koosluserühm / Community group							p
	1	2	3	4	5	6	7	
Pinnamood Topography	1,0	3,0	1,0	1,2	1,6	1,8	1,3	0,748
MiRe	1,1	2,0	1,0	1,1	1,1	1,5	1,3	0,657
A hor	0,2	4,1	0,3	0,9	0,4	2,3	0,4	0,273
S	3800	90	600	500	490	2700	9200	0,022
PuH	2,1	2,0	4,0	5,1	3,3	7,5	4,7	0,138
PuÜK	7,1	4,0	4,0	20,5	3,2	62,5	43,3	0,004
PõÜK	5	10	20	2	2	20	11	0,002
RoÜK	17	11	15	10	10	6	12	0,004
SaÜK	31	64	37	32	22	51	32	0,086
KuVa	66	49	53	70	36	84	54	0,009

Tabel 4. Koosluste liigirikkuse sõltuvus keskkonnateguritest samm-sammulise parameetrite sissevõtuga mitmese regressiooni põhjal. Tähistused: β , B – regressioonikoefitsiendid, σ_{β} , σ_B – nende standardhälve, p – olulisuse nivoo, ülejäänud tähistused vt. tabel 3.

Table 4. Dependency of species diversity on environmental factors according to the stepwise forward multiple regression analysis. Notations: β , B – regression coefficients, σ_{β} , σ_B – their standard error, p – significance level; other notations as in Table 3.

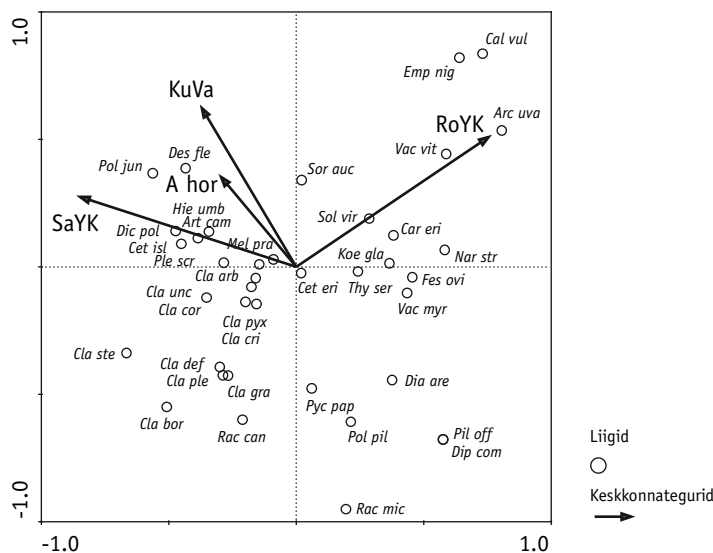
Parameeter /Parameter	β	σ_{β}	B	σ_B	p
Vabaliige / Intercept			12,455	2,709	<0,000
KuVa	0,399	0,170	0,083	0,035	0,025
A hor	-0,341	0,169	-1,345	0,664	0,051
S	0,217	0,157	<0,000	<0,000	0,178
RoÜK	-0,198	0,164	-0,138	0,115	0,236

Koosluserühmadest liigirikkaim on sambliku-lamba-aruheina männiku nõmm-liivatee variant (29 liiki; tabel 2), üks kuni kolm liiki vähem registreeriti sambliku-lamba-aruheina männiku võnk-kastevare variandis, sambliku-lamba aruheina tüübis ning sambliku-kanarbiku tüübis. Ka liikide keskmine arv on suurem sambliku-lamba-aruheina männiku nõmm-liivatee variandi kooslustes (21 liiki), sama palju liike esineb sambliku-lesika-kadaka koosluses. Ehkki samm-sammulise mitmese regressioonanalüüsi põhjal jääb koosluste liigirikkust mõjutavatest pidevatest keskkonnateguritest regressioonimudelisse neli parameetrit, osutub neist olulist mõju avaldavaks faktoriks üksnes kulu/varise katvus, siiski on ka humushorisoni tüseduse olulisuse tase (0,051) vaid minimaalselt üle konventsionaalselt aktsepteeritava väärtuse (tabel 4).

Mikrotsönoosid

Analüüsiaruutude (mikrotsönooside) taimkatte võib klasteranalüüsi dendrogrammi alusel rühmitada 23 tüüpi. Neist enamikku iseloomustab rohurindes ühe ja sama liigi – lamba-aruheina ning sambla-samblikurindes mets-põdrasambliku domineerimine (tabel 5). Seega eristuvad mikrotsönoositüübid üksteisest peamiselt kaasdominantide ja/või kaasnevate liikide koosseisu ja nende ohtruse põhjal. Näiteks 1. tüüpi kuuluvates mikrotsönoosides kasvab muude tüüpidega võrreldes enam nõmm-liivavateed; 2. tüüpi mikrotsönoosides on lamba-aruheina kaasdominantiks ja oluliseks indikaatorliigiks jusshein; 4. mikrotsönoositüüpi eristab sambla-samblikurindes kasvav kitsas käokõrv jne. 3. ja 15. mikrotsönoositüüp on oma liigilise koosseisu poolest peaaegu identsed, aga neist esimese mikrotsönoosides on rohu- ja samblarinde üldkatvus vastavalt 6% ja 27%, teise mikrotsönoosides aga 8% ja 51%. Ka huumushorisondi түседuses ilmneb selge erinevus – 3. tüüpi mikrotsönooside puhul on see vaid 0,1 mm, seega huumushorisont praktiliselt puudub, 15. tüüpi mikrotsönoosides aga 0,6 mm.

Keskmine liikide arv ei ulatu üheski mikrotsönoositüübis üle 7, jäädes harilikult 3–5 liigi piirsesse. Vaid üksikutes mikrotsönoosides võib leida 10–12 liiki. Mikrotsönooside taimkatte struktuuri määrab oluliselt puhma-rohurinde ja sambla-samblikurinde üldkatvus ning nende vastastikune suhe (joonis 3); kaks esimest ordinaatsioonitelge kirjeldavad liikide ja keskkonnategurite vahelise seose variatsioonist 85,9%, telgede omaväärtus on vastavalt 0,301 ja 0,062. Nagu koosluste, nii ka mikrotsönooside tasemel on keskkonnateguritest omavahel võrdlemisi tugevasti seotud huumushorisondi түседus ja kulu/varise katvus, mis on ootuspärane, sest huumushorisondi түседus sõltub paljuski kulu ja varise hulgast.



Joonis 3. Mikrotsönoosides esinevate taimeliikide ja keskkonnateguritena käsitletud tunnuste kanoonilise vastavusanalüüsi põhjal saadud ordinaatsiooniskeem 1. ja 2. ordinaatsioonitelje tasandil. Keskkonnategurite tähistused vt. joon. 1, liikide täisnimed on esitatud tabelis 2.

Figure 3. Biplot of microcoenoses plant species and environmental factors by canonical correspondence analysis (axes 1 and 2). Notations as in Fig. 1, full names of species are presented in Table 2.

Kõige sagedamini esineb uuritud liivikutel *Cladina arbuscula*+*Pycnothelia papillaria*, *Cladina arbuscula*+*Festuca ovina*, *Festuca ovina*+*Cladina arbuscula* ja *Festuca ovina*+*Pilosella officinarum* tüüpi mikrotsönoose, kõige harvemini registreeriti aga *Cetraria islandica*+*Cladina stellaris* ja *Polytrichum piliferum*+*Festuca ovina* tüüpi mikrotsönoose (tabel 6).

Tiheda samblikukatttega *Cladina arbuscula*+*Festuca ovina* mikrotsönoose, nagu ka suure sammalde katvusega *Dicranum polysetum*+*Cladina arbuscula* mikrotsönoose esineb kõigis kooslusetüüpides. Samas ei ole ühegi tüübi mikrotsönoosid nii kooslusespetsiifilised, et esineksid ainult ühe tüübi kooslustes. Võib täheldada, et *Cetraria* spp., *Polytrichum* spp., *Dicranum polysetum*'i ning *Pleurozium schreberi* rohked mikrotsönoosid puuduvad või on suhteliselt harvad puudeta sambliku-kanarbikukooslustes. Nii puudeta kui puudega sambliku-lamba aruheina kooslustes leidub erinevat tüüpi mikrotsönoose peaaegu sama suurel arvul. Ilmneb siiski, et tihedama puurindega palusambla variandi sambliku-lamba aruheina männikutest on taandunud *Cladina arbuscula*+*Nardus stricta* ja *Cladina arbuscula*+*Koeleria glauca* tüüpi mikrotsönoosid (tabel 6).

Tabel 5. Mikrotsönoositüüpide tsentroidid ja indikaatorliigid. Tähistused: A hor – humushorisondi tusedus, mm, KuVa – kulu/varise katvus, RoÜK – puhma-rohurinde üldkatvus, %, SaÜK – sambla-samblikurinde üldkatvus, %, * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$.

Table 5. Centroids of microcoenose types and their indicator species. Notations: A hor – thickness of humus horizon, mm, KuVa – cover of litter, %, RoÜK – total cover of field layer, %, SaÜK – total cover of bottom layer, %, * – $p < 0.05$, ** – $p < 0.01$.

Liik / Species	Mikrotsönoositüüp / Microcoenose type												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Liikide arv Number of species	5	6	4	5	5	4	7	5	5	4	4	4	5
Pinnamood / Topography	1,9	2,1	2,0	2,2	0,7	1,8	1,3	1,8	2,4	1,9	1,1	2,0	1,3
A hor	0,6	0,4	0,1	0,6	0,1	2,0	0,0	1,2	0,8	2,1	0,5	0,5	1,8
KuVa	59,1	61,8	57,5	67,9	76,7	90,6	41,3	74,0	76,3	90,0	50,9	58,2	77,0
RoÜK	23,8	18,1	6,3	10,6	20,8	2,3	3,9	4,4	8,1	6,4	31,4	38,6	6,4
SaÜK	23,8	22,9	26,5	32,1	33,3	27,8	50,0	64,0	45,0	53,3	13,5	39,1	67,5
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,1	27,9**	3,6	1,0
<i>Betula pendula</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Calluna vulgaris</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,1**	0,0
<i>Carex ericetorum</i>	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,2	0,0	0,6	0,3	0,0	0,7
<i>Dianthus arenarius</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
<i>Empetrum nigrum</i> subsp. <i>nigrum</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Festuca ovina</i>	21,9	12,9	6,2	9,8	7,3	0,5	3,3	4,0	8,1	5,9	3,1	1,9	4,3
<i>Hieracium umbellatum</i>	0,0	0,0	0,1	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Juniperus communis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Koeleria glauca</i>	0,4	0,0	0,0	0,0	13,5**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
<i>Melampyrum sylvaticum</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5*
<i>Nardus stricta</i>	0,0	5,1**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Solidago virgaurea</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Thymus serpyllum</i>	0,9	0,0	0,0	0,5	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
<i>Vaccinium myrtillus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
<i>Cetraria ericetorum</i>	0,2	0,3	0,0	6,6**	0,5	0,2	0,0	0,0	0,3	0,0	0,9	0,3	0,4
<i>Cetraria islandica</i>	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,4	0,1	26,0**	0,0	0,0	0,0	0,5	1,5
<i>Cladina arbuscula</i>	21,2	21,4	26,1	23,8	31,2	25,5	21,9	23,0	10,3	37,8	12,4	37,6	57,0

Liik / Species	Mikrotsönoositüüp / Microcoenose type												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Cladina stellaris</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0*	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Cladonia borealis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Cladonia cornuta</i>	0,2	0,1	0,4	0,8	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3
<i>Cladonia crispata</i>	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	3,8**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Cladonia deformis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1**	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Cladonia gracilis</i>	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	8,0**	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Cladonia pleurota</i>	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	2,0**	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Cladonia pyxidata</i>	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Cladonia uncialis</i>	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	1,0	31,9**	10,3	0,0	0,0	1,5
<i>Dicranum polysetum</i>	1,0	0,3	0,1	0,8	2,0	1,3	1,3	4,0	0,8	0,3	0,0	2,7	7,6
<i>Pleurozium schreberi</i>	0,2	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,5
<i>Polytrichum juniperinum</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,1**	0,0	0,0	0,0
<i>Polytrichum piliferum</i>	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Pycnothelia papillaria</i>	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0

Tabeli 5 järg

Liik / Species	Mikrotsönoositüüp / Microcoenose type									
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Liikide arv / Number of species	4	4	5	5	4	3	4	4	3	5
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	1,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,4
<i>Artemisia campestris</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
<i>Calluna vulgaris</i>	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Carex ericetorum</i>	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	1,0	0,0	0,4	0,0	2,3
<i>Deschampsia flexuosa</i>	0,0	0,0	0,7	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Dianthus arenarius</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diphasiastrum complanatum</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Empetrum nigrum</i> subsp. <i>nigrum</i>	0,0	0,2	0,0	10,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
<i>Festuca ovina</i>	0,5	7,1	1,2	3,2	3,4	3,6	3,7	27,0**	17,6	7,7
<i>Hieracium umbellatum</i>	0,0	0,3	0,3	0,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Juniperus communis</i>	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Koeleria glauca</i>	0,1	0,1	0,1	0,0	0,5	0,0	0,2	0,1	0,0	0,6
<i>Melampyrum sylvaticum</i>	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Nardus stricta</i>	0,3	0,1	0,0	0,0	0,1	0,3	0,0	1,5	0,0	0,0
<i>Pilosella officinarum</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Thymus serpyllum</i>	0,0	0,1	0,1	1,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
<i>Cetraria ericetorum</i>	0,3	0,4	0,6	0,2	0,7	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
<i>Cetraria islandica</i>	0,5	0,3	0,9	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2
<i>Cladina arbuscula</i>	69,2**	50,2	27,8	15,7	8,6	1,1	3,2	2,9	5,3	12,5
<i>Cladina stellaris</i>	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Cladonia borealis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
<i>Cladonia cornuta</i>	1,6	0,2	0,2	0,7	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
<i>Cladonia crispata</i>	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,1	0,0
<i>Cladonia deformis</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1
<i>Cladonia gracilis</i>	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,2	0,1	0,1
<i>Cladonia pleurota</i>	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1
<i>Cladonia pyxidata</i>	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,1	0,0
<i>Cladonia uncialis</i>	0,1	0,0	0,4	0,0	0,5	0,0	0,2	0,0	0,1	0,3
<i>Dicranum polysetum</i>	0,1	0,1	41,1**	13,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,6
<i>Pleurozium schreberi</i>	0,0	0,0	0,1	35,5**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Polytrichum juniperinum</i>	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Polytrichum piliferum</i>	0,1	0,0	0,0	0,0	0,8	0,3	26,1**	5,5	0,1	1,6
<i>Pycnothelia papillaria</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0
<i>Racomitrium canescens</i>	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,6	0,1	0,0	24,7**
<i>Racomitrium microcarpon</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabeli 5 järg

Liik / Species	Mikrotsönoositiüp / Microcoenose type									
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Liikide arv Number of species	4	4	5	5	4	3	4	4	3	5
Pinnamood / Topography	2,2	2,0	1,8	2,3	1,4	1,9	2,2	2,5	1,8	3,0
A hor	1,1	0,6	3,1	1,8	0,7	0,3	0,0	0,0	0,3	0,1
KuVa	81,1	69,9	71,4	55,1	65,7	35,6	14,7	29,7	48,2	27,4
RoÜk	2,3	7,6	2,8	16,1	4,4	5,2	4,2	28,8	17,8	11,3
SaÜk	71,4	51,3	70,4	65,0	13,0	3,6	31,1	9,5	5,9	39,4
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	1,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,4
<i>Artemisia campestris</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
<i>Calluna vulgaris</i>	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Carex ericetorum</i>	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	1,0	0,0	0,4	0,0	2,3
<i>Deschampsia flexuosa</i>	0,0	0,0	0,7	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Dianthus arenarius</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diphysastrum complanatum</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Empetrum nigrum</i> subsp. <i>nigrum</i>	0,0	0,2	0,0	10,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
<i>Festuca ovina</i>	0,5	7,1	1,2	3,2	3,4	3,6	3,7	27,0**	17,6	7,7
<i>Hieracium umbellatum</i>	0,0	0,3	0,3	0,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Juniperus communis</i>	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Koeleria glauca</i>	0,1	0,1	0,1	0,0	0,5	0,0	0,2	0,1	0,0	0,6
<i>Melampyrum sylvaticum</i>	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Nardus stricta</i>	0,3	0,1	0,0	0,0	0,1	0,3	0,0	1,5	0,0	0,0
<i>Pilosella officinarum</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Thymus serpyllum</i>	0,0	0,1	0,1	1,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
<i>Cetraria ericetorum</i>	0,3	0,4	0,6	0,2	0,7	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
<i>Cetraria islandica</i>	0,5	0,3	0,9	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2
<i>Cladina arbuscula</i>	69,2**	50,2	27,8	15,7	8,6	1,1	3,2	2,9	5,3	12,5
<i>Cladina stellaris</i>	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Cladonia borealis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
<i>Cladonia cornuta</i>	1,6	0,2	0,2	0,7	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
<i>Cladonia crispata</i>	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,1	0,0
<i>Cladonia deformis</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1
<i>Cladonia gracilis</i>	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,2	0,1	0,1
<i>Cladonia pleurota</i>	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1
<i>Cladonia pyxidata</i>	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,1	0,0
<i>Cladonia uncialis</i>	0,1	0,0	0,4	0,0	0,5	0,0	0,2	0,0	0,1	0,3
<i>Dicranum polysetum</i>	0,1	0,1	41,1**	13,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,6
<i>Pleurozium schreberi</i>	0,0	0,0	0,1	35,5**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Polytrichum juniperinum</i>	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Polytrichum piliferum</i>	0,1	0,0	0,0	0,0	0,8	0,3	26,1**	5,5	0,1	1,6
<i>Pycnothelia papillaria</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0
<i>Racomitrium canescens</i>	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,6	0,1	0,0	24,7**
<i>Racomitrium microcarpon</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0

Arutelu

Laasimeri (1965) väitel on liivikute assotsiatsioonide rühma kuuluvate koosluste taimkate sekundaarne. Kagu-Eestis on liivikud tekkinud subboreaalsel ja subatlantilisel kliimaperioodil siin kasvanud salumännikutest, mis aletati ja muudeti põlluks. Põldude söötijätmisel kujunesid kergema lõimisega muldadel sambliku- ja kanarbi-kumännikud, mille muld korduvate põlengute tagajärjel veelgi vaesustus ja kohati paljandus (Laasimer, 1958, 1976). Värska ümbruse liivikute ala kasutati möödunud sajandi algupoolel sõjaväe harjutusväljakutena. Raiete, tallamise ja kaevamiste tõttu nõmmemetsade taimkate hävis ning tekkisid lahtise liivaga alad (Laasimer, 1976; Marvet, 1976).

Lahtise liiva taastaimestumist on kirjeldanud Marvet (1976) Pikamäe liiviku

Tabel 6. Koosluserühmade ja mikrotsönoositiüüpide vastavuse risttabel. Mikrotsönoositiüüpide nime-
tustes on esimesel kohal domineeriva liigi nimi. Tähistused: MTT – mikrotsönoositiüüp, n_1 – mikrotsönooside arv, n_2 – koosluserühmade arv, milles mikrotsönoositiüüp on esinda-
tud, n_3 – mikrotsönoositiüüpide arv koosluserühmas; liikide täisnimed on esitatud tabelis 5.

Table 6. Cross-table of community groups and microcoenose types. In the names of microcoenoses
on the first position the name of dominating species stands. Notations: MTT – microcoenose
type, n_1 – number of microcoenoses, n_2 – number of community groups where microcoenose
type is presented, n_3 – number of microcoenose types in the community group; full names of
species are presented in Table 5.

No	MTT	Koosluserühm / Community group							n_1	n_2
		1	2	3	4	5	6	7		
1	<i>Fes ovi+Thy ser</i>	5	-	-	10	1	4	1	21	5
2	<i>Cla arb+Nar str</i>	5	-	1	4	7	-	-	17	4
3	<i>Cla arb+Fes ovi</i>	4	-	1	8	7	6	-	26	5
4	<i>Cla arb+Cet eri</i>	-	-	-	5	3	3	-	11	3
5	<i>Cla arb+Koe gla</i>	2	2	-	1	1	-	-	6	4
6	<i>Cla arb</i>	5	-	-	10	1	6	3	25	5
7	<i>Cla arb+Cla gra</i>	2	-	-	-	4	2	-	8	3
8	<i>Cet isl+Cla ste</i>	-	-	-	3	1	1	-	5	3
9	<i>Cla unc+Cla arb</i>	-	-	1	4	1	-	2	8	4
10	<i>Cla arb+Pol jun</i>	-	-	-	8	-	-	1	9	2
11	<i>Arc uva+Cla arb</i>	2	-	1	3	-	5	-	11	4
12	<i>Cal vul+Cla arb</i>	7	-	1	-	-	3	-	11	3
13	<i>Cla arb+Mel pra</i>	2	-	-	8	-	-	-	10	2
14	<i>Cla arb+Cla cor</i>	5	1	1	6	1	1	3	18	7
15	<i>Cla arb+Fes ovi</i>	4	1	1	17	6	5	3	37	7
16	<i>Dic pol+Cla arb</i>	-	1	1	7	1	1	3	14	6
17	<i>Ple sch+Emp nig</i>	1	-	1	3	1	2	2	10	6
18	<i>Cla arb+Pyc pap</i>	7	-	-	23	12	11	3	56	5
19	<i>Fes ovi+Pil off</i>	1	-	1	8	18	4	-	32	5
20	<i>Pol pil+Fes ovi</i>	-	-	1	-	4	4	-	5	3
21	<i>Fes ovi+Pol pil</i>	3	-	-	5	8	3	1	20	5
22	<i>Fes ovi+Cla arb</i>	5	-	-	13	11	2	2	33	5
23	<i>Rac can+Cla arb</i>	-	-	-	-	11	6	1	18	3
n_3		16	4	11	19	19	18	12	411	

näitel. Tuultele avatud paikades on esimesteks asukateks vesihaljas haguhein ja liiv-
aruhein *Festuca sabulosa*. Seejärel asuvad kasvama punane aruhein *F. rubra* ja lamba-
aruhein, nõmmtarn *Carex ericetorum*, sarikjas hunditubakas *Hieracium umbellatum*,
ümaralehine kellukas *Campanula rotundifolia*, palu-härghein *Melampyrum pratense* jt.
Esimeste kõrreliste järel ilmuvad peagi samblikud ja samblad, puhmastaimed hak-
kavad kasvama mõneti hiljem. Liiva kinnistumisel pioneerliigid tasapisi kaovad.

Tuulte eest varjatud kohtades, mikronõgudes, kinnitavad liiva kõigepealt samb-
likud ja samblad – liiv-karusammal *Polytrichum piliferum* ja mustjas puidusamblik
Placynthiella uliginosa (= *Biatora uliginosa*), seejärel liivhärmik *Racomitrium canescens*,
tinasamblikud *Stereocaulon* spp. Neile järgnevad koosluse arengu käigus põdra-
samblikud *Cladina* spp., mis liiva kinnistudes muutuvad valitsevaks. Siis ilmuvad
puhmastaimed, rohhtaimede kasvamaminek on tiheda sambla-samblikuvaiba poolt
takistatud.

Liivikute taimkatte kujunemist mõjutavad neid ümbritsevad metsad. Need kait-
sevad liivikuid tuuleerosiooni eest, ühtlasi asustavad metsadest pärit liigid tasapisi
lahtiste liivikute äärealasid, toetades nii nende taimestumist. Ümbritsevatest met-

sadest lisandub liivikutele varist, mis soodustab huumushorisoni tuseduse kasvu, kuid samas ka mulla ülaosast toitainete kiiret leostumist (Pettersson, 1965).

Verhulitsa-Lutepää piirkonna liivikud on suuremalt jaolt taastaimestunud ja paiguti isegi metsastunud, kohati on liivikutele rajatud männikuid ka istutamise teel. Liigilise koosseisu ning ka koosluste ja mikrotsönooside mitmekesisus on veidi suurem avatud ja poolavatud kasvukohtades. Just seal domineerivad näiteks vesihaljas haguhein ning leesikas, liivikukoosluste hilisemates suktessioonistaadiumides on nende liikide ohtrus väike või nad on taimkattest täielikult välja tõrjutud. Juba Lippmaa (1934) täheldas, et puurinde tiheduse ja kõrguse suurenedes liivikute taimkate stabiliseerub ning valdavaks muutuvad tüüpilised samblikumänniku liigid. Näiteks lamba-aruheina, mida registreerisime pea kõikides kooslustes, peetakse Soomeski iseloomulikuks kinnistunud liivikutele (Hellemaa, 1998). Käesolevas töös uuritud liivikute taimkatte mosaiiksus avaldub nii koosluste kui mikrotsönooside tasemel peamiselt dominantliikide katvuse proportsioonide muutumises ning teatud kaaslevate liikide lisandumises või puudumises.

Võrreldes Verhulitsa-Lutepää liivikute taimekooslusi Eesti rannikuluidete või ka kuivade nõmmeniitude kooslustega, võib tõdeda selget eripära. Rannikuluidete taimekooslustest on kõige sarnasemateks kooslusteks halli rannikuluute kasvukohatüübis (Paal, 1997) kasvavad liiv-aruheina-vesihalja haguheina ja nõmm-liivatee-hobumadara kooslused (Laasimer, 1965; Rebassoo, 1975, 1987). Ent meie poolt uuritud liivikutel ei kasva liiv-aruheina *Festuca polesica*, mis on esimese viidatud kooslusetüübi üks kaasdominantliike, puuduvad paljud teisedki luidetele omased liigid – luide-aruhein *Festuca rubra* subsp. *arenaria*, liiv-vareskaer *Leymus arenarius*, jäneskastik *Calamagrostis epigeios*, sininukk *Jasione montana*, harilik kukehari *Sedum acre*, hobumadar *Galium verum*, harilik näär *Pimpinella saxifraga*, murunurmikas *Poa annua*, longus põisrohi *Silene nutans*, mägimaran *Potentilla crantzii*, väike oblikas *Rumex acetosella* jt.

Ka Kagu-Eesti kuivadel nõmmeniitudel võib leida nõmm-liivatee-hobumadara ja liiv-aruheina-vesihalja haguheina kooslusi, lisaks nendele veel lamba-aruheina-nõmmtarna ning lamba-aruheina-kassikäpa kooslusi (Krall et al., 1980). Siiski ei saa nendegi koosluste puhul täheldada koosluste struktuuri selget sarnasust siinkäsitletud liivikute omaga; mitmed nimetatud kooslusetüüpidele iseloomulikud liigid on Verhulitsa-Lutepää piirkonna liivikukooslustes puudu.

Vesihalja haguheina valitsemisega taimekooslusi on kirjeldatud samuti Kagu-Rootsis – Ida-Skånes ja Ölandi saarel, kus nad esindavad kõige loodepoolsemaid stepivööndiga seotud taimekooslusi (Andersson, 1950; Pålsson, 1974). Kooslused kasvavad lubjarikastel liivastel aladel, mis on samas huumuse poolest vaesed ja mida on varem mõningal määral kultiveeritud. Nende püsimiseks on vaja püsivat inim-mõju, st karjatamist või kündmist. Võrreldes meie poolt kirjeldatud sambliku-vesihalja haguheina kooslusega on Rootsi vastavad kooslused mitmeid kordi liigirikkamad: soontaimi kasvab neis 50–60 liiki, sammaltaimi 5–10 ja samblikke 10–15 liiki (Rosén & Borgegård, 1999).

Arvestades Verhulitsa-Lutepää liivikute taimekoosluste eripära, tuleks vähemalt Mustoja maastikukaitseala piires kaaluda mõnel liivikul metsastumise piiramist, aga ka tiheda sambla-samblikukatte osalist purustamist, mis on vajalik mitmetele vähese konkurentsivõimega liikidele, sh kaitsealustele nõmmnelgile *Dianthus arenarius* ja karukelladele *Pulsatilla* spp. kasvuvõimaluse loomiseks. Ka Rootsis on leitud, et säilinud liivikukooslusi tuleb hoida erinevate meetmetega avatuina (Mattiasson, 1974).

Kasutatud kirjandus

- Andersson, O. 1950. The Scanian sand vegetation – a survey. – *Botaniska Notiser*, 103, 145–172.
- Arold, I. 2005. Eesti maastikud. (Estonian landscapes). Tartu, Tartu Ülikooli Kirjastus. 453 pp. (In Estonian).
- Dufrène, M., Legrendre, P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. – *Ecological Monographs*, 67, 345–366.
- Eilart, J. 1963. Pontiline ja pontosarmaatiline element Eesti flooras. (The Pontic and Ponto-Sarmathian elements in Estonian flora). Tartu, Eesti NSV Teaduste Akadeemia. 264 pp. (In Estonian).
- Eilart, S., Eilart, J. 1978. Täiendavat Põlva rajooni floora ja vegetatsiooni tundmiseks. (Some additional data about the flora and vegetation in Põlva district). – Põlva rajoonis. Kodu-uurijate seminarkokkutulek 17.-20.08.1978. Tallinn, 28-33. (In Estonian).
- Granö, J.G. 1922. Eesti maastikulised üksused. (Estonian landscape units). – *Loodus*, 2, 105–122; 4, 193–214. (In Estonian).
- Hellemaa, P. 1998. The development of coastal dunes and their vegetation in Finland. – *Fennia*, 176, 111–221.
- Ingerpuu, N., Vellak, K. (eds.). 1998. Eesti sammalde määraja. (Keybook of Estonian bryophytes). Tartu, Eesti Loodusfoto. 239 pp. (In Estonian).
- Jaagus, J., Kallis, A. 2005. Setomaa ilm. (Weather of Setomaa). – Puura, I., Pihu, S. (eds.). XXVIII Eesti Looduseuurijate päev. Setomaa loodus. Tartu, 84–94. (In Estonian).
- Keskonnaministri 19. mai 2004. a määrus nr 51. 2004. (Decree of Estonian Minister of Environment no. 51. 19.05.2004). III kaitsekategooria liikide kaitse alla võtmine. (List of category III species). [WWW document]. – URL <https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=760308>. [Accessed 7 December 2008]. (In Estonian).
- Kont, A. 2005. Mustoja mõhnastik. (Mustoja kame field). – Puura, I., Pihu, S. (eds.). XXVIII Eesti Looduseuurijate päev. Setomaa loodus. Tartu, 55–65. (In Estonian).
- Krall, H., Pork, K., Aug, H., Püss, Ö., Rooma, I., Teras, T. 1980. Eesti NSV looduslike rohumaade tüübid ja tähtsamat taimekooslused. (Types and most important plant communities of the Estonian S.S.R. grasslands). Tallinn, Eesti NSV Põllumajandusministeeriumi Informatsiooni ja Juurutamise Valitsus. 87 pp.
- Kukk, Ü. 2003. Setomaal kasvab huvitavaid taimi. (Interesting plant species grow in Setomaa). – *Eesti Loodus*, 7/8, 28–30. (In Estonian).
- Kukk, Ü., Kukk, E. 2005. Märkmeid Setomaa taimestiku uuritusest ja omapärast. (Notes about investigation and peculiarities of Setomaa vegetation). – Puura, I., Pihu, S. (eds.). XXVIII Eesti Looduseuurijate päev. Setomaa loodus. Tartu, 66–70. (In Estonian).
- Laasimer, L. 1958. Nõmmemetsade geobotaaniline iseloomustus ja areng Eestis. (Geobotanical characterization and development of heath forests in Estonia). – Valk, U., Markus, M. (eds.). Nõmmede taasmetsastamise ja nõmmemetsade majandamise küsimusi. Tartu, ENSV Teaduste Akadeemia, 29–41. (In Estonian).
- Laasimer, L. 1965. Eesti NSV taimkate. (Vegetation of the Estonian S.S.R.). Tallinn, Valgus. 399 pp. (In Estonian).
- Laasimer, L. 1976. Kagu-Eesti nõmmede taimkatte minevik ja tulevik. (Past and future of the heath vegetation in south-eastern Estonia). – Vilbaste, A. (ed.). XI looduseuurijate päev. Lühiettekanded. Tallinn, ELUS, 12–14. (In Estonian).
- Leht, M. (ed.). 2007. Eesti taimede määraja. (Keybook of Estonian plants). Tartu, Eesti Loodusfoto. 447 pp. (In Estonian).
- Lippmaa, T. 1928. Taimkate. (Vegetation). – Rmt-s. Tammekann, A., Kant, E., Veski, J.V. Setumaa. Maateaduslik, tulunduslik ja ajalooline kirjeldus. Tartu, Eesti Kirjameeste Setsi kirjastus, 247–254. (In Estonian).
- Lippmaa, T. 1932. Beiträge zur Kenntnis der Flora und Vegetation Südwest-Estlands. (Contribution to knowledge on flora and vegetation of southwestern Estonia). – Acta Instituti et Horti Botanici Universitatis Tartuensis (Dorpatensis), II, 3–4, 1–254 + 15. (In German).
- Lippmaa, T. 1934. Taimeühingute uurimise meetodika ja Eesti taimeühingute klassifikatsiooni põhijooni. (Methods of vegetation unions study and main principles of classification of the Estonian vegetation unions). – Lippmaa, T. (ed.). Tartu Ülikooli Looduseuurijate Seltsi Aruanded, Tartu, 1–170. (In Estonian).
- Marvet, A. 1976. Värskä Pikamäe liivik. (Pikamäe sand knob near Värskä). – Vilbaste, A. (ed.). XI Eesti Looduseuurijate päev. Lühiettekanded. Tallinn, 18–19. (In Estonian).
- Masing, V. (ed.) 1979. Botaanika. Õpik kõrgkoolidele, III osa. Taimeökoloogia, taimegeograafia, geobotaanika. (Botany. A textbook for universities. Part III. Plant ecology, plant geography, geobotany). Valgus, Tallinn. 413 pp. (In Estonian).
- Mattiasson, G. 1974. Sandstätt. Vegetation, dynamik och skötsel. (Sand-steppe. Vegetation, dynamics and management). – Meddelanden från Avdelningen för ekologisk botanik, Lunds universitet, 2, 83 pp. (In Swedish).
- McCune, B., Mefford, M.J. 1999. PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data, version 4. MjM Software Design. USA, Gleneden Beach, Oregon. 237 pp.

- Neemre, A. 2005. Setomaa loodusväärtused Põlvamaa piires. (Nature values of Setomaa in Põlvamaa district). – Puura, I., Pihu, S. (eds.). XXVIII Eesti Looduseuurijate päev. Setomaa loodus. Tartu, 47–54. (In Estonian).
- Paal, J. 1997. Eesti taimkatte kasvukohatüüpide klassifikatsioon. (Classification of Estonian vegetation site types). Tallinn, Keskkonnaministeerium & ÜRO keskkonnaprogramm. 297 pp. (In Estonian).
- Paal, J. 2007. Loodusdirektiivi elupaigatüüpide käsiraamat. (Handbook of the Habitat Directive habitats). 2nd ed. Tallinn, Auratükk. 308 pp. (In Estonian).
- Påhlsson, L. 1974. Relationship of soil, microclimate and vegetation on a sandy hill. – *Oikos* 25, 21–34.
- Pastak, E. 1935. Harilaiu taimkate. (Vegetation of Harilaid). – *Loodusuurijate Seltsi Aruanded*, XLII, 1–2, 70–113. (In Estonian).
- Pettersson, B. 1965. Maritime sands. – The plant cover of Sweden. – *Acta Phytogeographica Suecica*, 50, 105–110.
- Podani, J. 2000. Introduction to the exploration of multivariate biological data. Leiden, Backhuys Publishers. 407 pp.
- Randlane, T., Trass, H. (eds.). 1994. Eesti suursamblikud. (Macrolichens of Estonia). Tartu, Greif. 400 pp. + 96. (In Estonian).
- Rebassoo, H.-E. 1975. Sea-shore plant communities of the Estonian islands. Tartu, Academy of Sciences of the Estonian S.S.R. 176 + 136 pp.
- Rosén, E., Borggård, S.-O. 1999. The open cultural landscape. – Rydin, H., Snoeijs, P., Diekmann, M. (eds.). Swedish plant geography. *Acta Phytogeographica Suecica*, 84, 113–134.
- Sander, R. 1972. Eesti lüitemännikute geobotaaniline ülevaade. (Geobotanical review on Estonian sand dune pine forests). Diplomitöö. (Diploma thesis). Tartu, Tartu Riiklik Ülikool. 82 + 4 pp. (In Estonian).
- StatSoft Inc. 2001. Statistica (data analysis software system), version 6.0. [WWW document]. – URL <http://www.statsoft.com>
- Ter Braak, C.J.F., Šmilauer, P. 2002. CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide. Wageningen ja České Budějovice, Biometris. 499 pp.
- Tiismann, B. 1924. Hiiesaares rannikuluited, nende kinnitamine ja metsastamine. (Coastal dunes at Hiiesaares, their fixation and afforestation). – *Tartu Ülikooli metsaosakonna toimetused*, 1, 1–96.
- Undrits, A. 2000. Eesti liivarandade taimekooslused, nende klassifikatsioon ja analüüs. (Plant communities of the Estonian sandy shores, their classification and analysis). Lõputöö. (Diploma thesis). Tartu, Tartu Ülikool. 42 + 8 pp. (In Estonian).
- Varep, E. 1964. The landscape regions of Estonia. – Publications on geography, IV. Transact of the Tartu State University. Tartu, University of Tartu, 3–28.
- Varep, H. 1966. Mõningaid andmeid Eesti NSV liivataimedest. (Some data about the sand plants in the Estonian S.S.R.). Diplomitöö. (Diploma thesis). Tartu, Tartu Riiklik Ülikool. 47 + 27 pp. (In Estonian).
- Viljasoo, L., Kask, M. 1976. Haruldaste taimede levikust Põlva rajoonis. (About distribution of rare plant species in Põlva district). – Vilbaste, A. (ed.). XI Eesti Looduseuurijate päev. Lühiettekanded. Tallinn, ELUS, 36–38. (In Estonian).
- Корчагин, А.А. 1976. Строение растительных сообществ. Полевая геоботаника, том V. (Structure of plant communities. Field geobotany, Part V). Наука, Ленинград. 320 с. (In Russian).
- Ребассо, Х.-Э. 1987. Биоценозы островков восточной части Балтийского моря, их состав, классификация и сохранение. (Biocoenoses of eastern Baltic islets, their composition, classification and protection). Таллин, Валгус. 402 с. (In Russian).

On sand knobs vegetation in Verhulitsa–Lutepää region, South-Eastern Estonia

Jaanus Paal, Kaie Kurg and Taimi Paal

Summary

Vegetation of inland sand knobs in South-Eastern Estonia was studied in four areas (Table 1). All in all 39 plant communities were described including 4 species in tree and shrub layers, 22 species in field layer and 19 species in bottom layer. Though in the majority of communities *Cladina arbuscula* and *Festuca ovina* dominated, accord-

ing to the cluster analysis dendrogram (Figure 1) the communities were classified into 7 syntaxonomic units (Table 2):

1. *Calluna vulgaris*–*Cladina* spp. type,
2. *Koeleria glauca*–*Cladina* spp. type,
3. *Juniperus communis*–*Arctostaphylos uva-ursi*–*Cladina* spp. type,
4. *Festuca ovina*–*Cladina* spp. type,
 - 4.1. *Pinus sylvestris*–*Festuca ovina*–*Cladina* spp. type, *Deschampsia flexuosa* variant,
 - 4.2. *Pinus sylvestris*–*Festuca ovina*–*Cladina* spp. type, *Thymus serpyllum* variant,
 - 4.3. *Pinus sylvestris*–*Festuca ovina*–*Cladina* spp. type, *Pleurozium schreberi* variant.

The established types and their variants differ essentially according to the abundance proportions between the species and usually every type has reliable indicator species (Table 2). On the CCA ordination biplot (Figure 2) the considered types are well separated from each other. Environmental variables determining the variation structure of samples are first of all the amount of litter and the total cover of field and moss layers. The former environmental variables together with the total cover of tree and shrub layers and communities mean area separate the community types according to the discriminant function analysis (Table 3). The most species-rich are the communities of *Thymus serpyllum* variante of *Cladina* spp.–*Festuca ovina*–*Pinus sylvestris* type including altogether 29 species. The species richness of communities depends mostly on the amount of litter and marginally insignificantly ($p = 0,051$) also on humus horizon thickness (Table 4).

Interpreting the vegetation on 1×1 m sample quadrats as representing microcoenoses, 415 quadrats were clustered into 23 microcoenose types, many of which are characterized by dominance of *Cladina arbuscula* and/or *Festuca ovina*. However the abundance proportions of these species are again different and also various co-dominating species separate microcoenose types (Table 5). The average number of species does not exceed 7 in microcoenoses of any type, usually it is 3–5. The most frequent are the microcoenoses of *Cladina arbuscula*+*Pycnothelia papillaria*, *Cladina arbuscula*+*Festuca ovina*, *Festuca ovina*+*Cladina arbuscula* and *Festuca ovina*+*Pilosella officinarum* type, seldom microcoenoses of *Cetraria islandica*+*Cladina stellaris* and *Polytrichum piliferum*+*Festuca ovina* type occur. In all community types *Cladina arbuscula*+*Festuca ovina* and *Dicranum polysetum*+*Cladina arbuscula* type microcoenoses are presented (Table 6). At the same time, microcoenoses of any type are confined to only one type of communities. Still it appears that the microcoenoses of *Cladina arbuscula*+*Nardus stricta* and *Cladina arbuscula*+*Koeleria glauca* type are not more represented in the *Pleurozium schreberi* variante *Cladina* spp.–*Festuca ovina*–*Pinus sylvestris* type communities where the tree canopy is the closest.

The studied communities have developed on areas used in the first decades of the previous century as military training field. Now the open areas with loose sand are almost revegetated and predominantly naturally afforested. Comparison of the considered community types with communities on Estonian coastal sand dunes as well as with *Koeleria glauca* communities on south-easter Sweden shows that the communities on Estonian inland sands have remarkably less species and though some dominating species can be common, the total species lists overlaps only partly. To maintain the peculiar features of Estonian inland sand knobs plant communities they must be kept open and in some places also the dense bottom layer vegetation must be removed.

Received October 10, 2008, revised December 4, 2008, accepted December 5, 2008