

28

Teija Virola

Vesimakrofyyttiseurantojen kehittäminen Saimaan alueella

Väliraportti, kesä 2000

Sisällys

1 Johdanto	5
2 Aineisto ja menetelmät	5
2.1 Tutkimusalueet	5
2.2. Maastomenetelmät	6
2.3 Aineiston käsittely	8
3 Tulokset	9
3.1 Lajisto	9
3.2 Sukeltaminen, haraus ja haravointi	13
3.3 Runsausarviot	13
3.4 Rantojen avoimuuden ja pohjanlaadun merkitys	14
3.5 Rarefaktiot	14
3.6 Lajiston samankaltaisuus linjojen välillä	18
4 Tulosten tarkastelu	18
4.1 Ruutulinja vai leveä sarka?	18
4.2 Lajien runsauksien mittaaminen	19
4.3 Runsausarvioiden luotettavuus	19
4.4 Näytealojen määrä	19
4.5 Näytealojen sijainnin merkitys	20
4.6 Syvien pohjien tutkiminen	21
4.7 Yleistä maastokokemuksista ja välineistä	22
4.8 Ajankäyttö ja kustannukset	22
4.9 Tarvittava asiantuntemus	23
4.10 Tulevia tutkimustarpeita	23
5 Tiivistelmä	25
Kirjallisuus	27
Liite	

1 Johdanto

EU:n vesipolitiikan puitedirektiivin mukaan jäsenvaltioiden on huolehdittava, että pinta- ja pohjavesien tilan seuraamiseksi laaditaan ohjelmia yhtenäisen kokonaiskuvan saamiseksi vesien tilasta eri alueilla. Pintavesien osalta ohjelmiin kuuluvat mm. ekologisen ja kemiallisen tilan seuranta. Ekologisen tilan seuranta koskee erityisesti vesikasveja, kasviplanktonia, pohjaeläimiä ja kalastoa. Ohjelmat on käynnistettävä viimeistään seitsemän vuoden kuluttua direktiivin voimaantulosta, joka tapahtui joulukuussa vuonna 2000. Vesistöt luokitellaan direktiivin mukaan ekologisen tilan perusteella viiteen laatuluokkaan (erinomainen, hyvä, tyydyttävä, välttävä ja huono). Päämääränä on saavuttaa kaikissa vesistöissä vähintään hyvä laatuluokka.

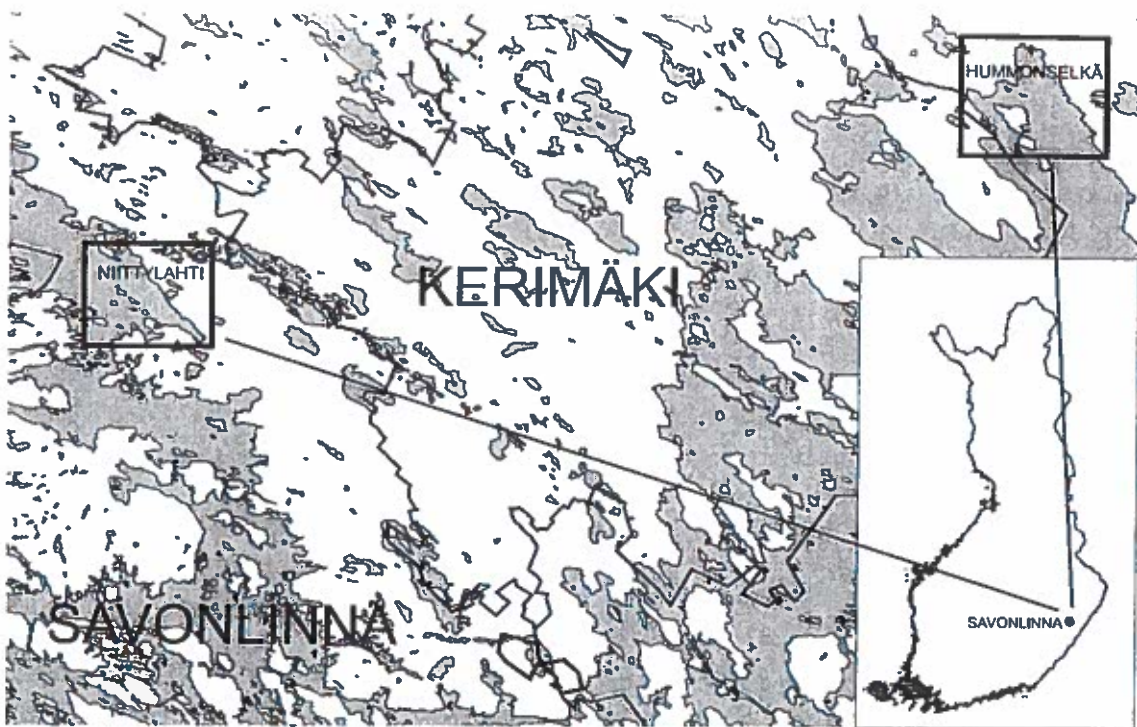
Suurikokoisia vesikasveja eli vesimakrofyyttejä ei tähän mennessä ole juurikaan käytetty vesien tilan järjestelmällisiin seurantoihin. Vesimakrofyyttien avulla on kuitenkin myös Suomessa tutkittu jonkin verran vesien laatua, veden laadun kehitystä ja veden korkeuden vaihtelun vaikutuksia (Hellsten ym. 2000a, Hellsten ym. 2000b). Koska näiden kasvien merkitys ekosysteemin toiminnalle ja rantavyöhykkeiden maisemalle on suuri, niiden käyttöä pintavesimuodostumien ekologisen tilan arvioinnissa ja seurannoissa olisi tutkittava. Kirjallisuuden pohjalta makrofyyttien käyttöä vesien tilan seurannoissa on tarkasteltu lähemmin mm. Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisussa (Niemi 1990) ja Etelä-Savon ympäristökeskuksen monisteessa 25 (Virola 2000).

Etelä-Savon ympäristökeskus teki EU:n vesipuitedirektiivin mukaisten vesimakrofyyttiseurantojen kehittämiseen tähtävää tutkimusta Saimaan Haukivedellä ja Puruvedellä kesällä 2000. Työn tarkoituksena oli kokeilla ja vertailla erilaisia maastomenetelmiä vesipuitedirektiivin edellyttämiä vesimakrofyyttiseurantoja varten sekä selvittää, millainen työmäärä ja tarkkuus olisi riittävä seurantojen tarpeisiin.

2 Aineisto ja menetelmät

2.1 Tutkimusalueet

Tutkitut alueet ovat Puruveden Hummonsella Kerimäellä ja Haukiveden Niittylahti Savonlinnassa (kuva 1). Molemmat alueet kuuluvat Saimaaseen, mutta vesiyhteys alueiden välillä on heikko, ja alueet sijaitsevat useiden kymmenien kilometrien etäisyydellä toisistaan. Olosuhteiltaan tutkimusalueet ovat hyvin erilaisia. Puruvesi on karu ja hyvin kirkasvetinen järvi, jossa näkösyvyys on 10 m, kun taas Haukivesi on selvästi rehevöityneempi ja sen näkösyvyys on 3 m.



Kuva 1. Yleiskartta tutkimusalueiden sijainnista Saimaalla.

2.2. Maastomenetelmät

Näytealojen sijaintipaikan valinta Hummonselällä ja Niittylahdella tehtiin ositetulla satunnaisotannalla. Tutkittavien alueiden rantaviiva jaettiin kolmeen rantatyyppiin: avoimet ($>180^\circ$), puoliavoimet ($90 - 180^\circ$) ja suojaiset rannat ($<90^\circ$) (Palomäki 1992). Kutakin avoimuutta edustavan rantaviivan pituus (mm) mitattiin kartalta ja kunkin rantatyyppin prosenttiosuudet koko kohteen rantaviivasta laskettiin. Kun näytealojen lukumäärä oli päätetty, niitä sijoitettiin kullekin rantatyyppille kyseisen rantatyyppin osuuden mukainen määrä. Satunnaislukutaulukosta poimittiin näytealojen lukumäärää vastaava määrä lukuja. Saatuja satunnaislukuja vastaava millimetrielukema rantaviivalta merkittiin näytealan (= ruutulinja + sarka) paikaksi kartalle. Näytealoja sijoitettiin Hummonselälle 14 ja Niittylahdelle 11 kappaletta. Näiden tarkemmat sijaintipaikat näkyvät liitteenä olevissa kartoissa.

Maastotyöt tehtiin Puruvedellä 17. - 28.7. ja Haukivedellä 31.7. - 11.8.2000. Maastossa näytealojen sijainnin tarkempi satunnaistaminen tapahtui siten, että kaukaa ulpalta katsoen valittiin rannalta joku selvä kiintopiste, johon ruutulinja ja sarka sijoitettiin. Jos kartalle merkitty paikka sijaitsi liian lähellä asutusta tai muutettua rantaa, paikkaa siirrettiin hiukan kauemmaksi. Tällöinkin ulpalta katsoen valittiin kiintopiste linjan ja saran alkamispaikaksi. Linjan alkupisteeseen lyötiin merkiksi tolppa, ja paikasta otettiin differentiaali-GPS -laitteella koordinaatit.

Ruutulinja

Kasvillisuusselvityksessä käytettiin perinteistä linjamenetelmää, jossa neliömetrin kokoisia näyteruutuja sijoitettiin peräkkäin linjalle, joka suunnattiin kohtisuoraan rannalta ulapalle päin. Linjan lähtöpaikka sijoitettiin rannassa siihen kohtaan, missä vesikasvillisuus tai saraikko alkoi. Jotta linja saataisiin suoraksi, käytettiin narua, joka kiristettiin ankkureiden ja keppien avulla paikalleen. Tutkimusruudut sijoitettiin tämän narun oikealle puolelle. Kartoitus tehtiin pohjassa kävelen siihen syvyyteen asti, mihin kahluusaappailla päästiin, eli rannasta n. 1,1 metrin syvyyteen. Apuna käytettiin vesikiikaria, haravaa, syvyysmittakeppiä ja neliömetrin kokoista näytealakehikkoa. Syvemmillä kartoitus tehtiin sukeltamalla, jolloin käytettiin laitesukellusvälineitä ja neliömetrin kokoista metallista näytealakehikkoa. Suurimmaksi osaksi linjoilta katsottiin jokainen peräkkäinen neliometri, mutta syvässä vedessä, paikoilla, joissa kasvillisuus näytti hyvin homogeeniselta tai kasvillisuutta ei selvästikään ollut, harvennettiin näyteruutujen väliä. Tällöin linjalta otettiin tasavälein joka toinen, joka kolmas tai joka viides ruutu. Tiedot kerättiin vesiputkilokasveista (Linkola 1933), näkinpartaislevistä ja saroista. Joidenkin linjojen rantaruuduilta kerättiin tiedot kaikista löytyneistä kasvilajeista. Muiden kuin em. lajien tiedot jätettiin kuitenkin tämän tutkimuksen aineiston käsittelystä pois. Kasvilajeille annettiin runsausarvot (1 - 4) sen mukaan, monellako näytealaruudun neljänneksellä kutakin lajia esiintyi. Tutkituista ruuduista merkittiin ylös kasvillisuustietojen lisäksi syvyys ja pohjan laatu (louhikko, kivikko, hiekka, hiesu tai muta). Jos linjan sijaintipaikka osui lahden rannalle, linjan loppupää pyrittiin ulottamaan lahden syvimpään kohtaan asti.

Kasvillisuussarka

Edellä mainitun ruutulinjan viereen rannasta katsoen vasemmalle puolelle rajattiin 10 m leveä näyteala eli sarka, jolta selvitettiin lajisto noin metrin syvyydelle asti. Saralla kasvaville lajeille annettiin yleisyysarviot sen perusteella, mikä oli kunkin lajin yleisyys sillä alueella, millä kyseistä lajia kasvoi. Yleisyys arvioitiin Norlinin 7 asteikolla (Meriläinen & Toivonen 1979) mukaisesti: 1 = hyvin harvinainen, 2 = harvinainen (alle 1 % yleisyys), 3 = jokseenkin harvinainen (1 - 5 %), 4 = kohtalainen (6 - 25 %), 5 = (melko yleinen (26 - 50 %), 6 = yleinen (50 - 75 %), 7 = hyvin yleinen (75 - 100 %). Eri havainnoitsijoiden tekemien lajilistojen ja lajien runsausarvioiden vertailtavuuden selvittämiseksi kaksi eri ryhmää keräsi lajilistat ja runsausarviot samalta 10 metrin saralta (Haukiveden linja nro 8). Havainnot ja runsausarviot olivat toisistaan riippumattomia, koska tekijät eivät tienneet toisen ryhmän tekemistä arvioista.

Menetelmien vertailemiseksi kokeiltiin vesikiikarin, haravan ja Maristo-haran (Maristo 1941) käyttöä syvässä vedessä, missä sukeltamalla oli tarkasti selvitetty pohjan kasvillisuus. Haralla vedettiin noin 10 metrin mittaisia vetoja 1,5 - 2 metrin syvyydestä.

2.3 Aineiston käsittely

10 metrin levyisiltä saroilta ja viereisiltä ruutulinjoilta saatua lajimäärää verrattiin keskenään sen selvittämiseksi, saadaanko tarkalla pienen alueen kartoituksella vai nopealla suuremman havaintoalueen kartoituksella isommat lajimäärät. Eri henkilöiden (kaksi kahden hengen ryhmää) tekemiä lajilistoja ja lajien runsausarvioita samalla 10 metrin levyisellä, 1 metrin syvyyteen ulottuvalla saralla verrattiin toisiinsa. Sukeltamisen tarpeellisuuden selvittämiseksi tarkasteltiin myös, paljonko on sellaisia lajeja, joiden esiintyminen rajoittuu lähinnä tai ainoastaan sukellussyvyyksille (yli 110 cm:n syvyyteen).

Ruutulinjoilta kerätty aineisto jaettiin neljään syvyysvyöhykkeeseen: vyöhyke 1 = 0 - 0,5 metrin syvyydet, vyöhyke 2 = 0,51 - 1,1 metrin syvyydet, vyöhyke 3 = 1,11 - 2,1 metrin syvyydet ja vyöhyke 4 = yli 2,1 metrin syvyydet. Syvyydet sidottiin NN-tasoihin. Käytännössä kaksi ensimmäistä vyöhykettä tutkittiin kahlaten vesikiikarin ja haravan avulla ja kaksi jälkimmäistä sukeltamalla. Aineistosta laskettiin rarefaktiokäyriä eri syvyysvyöhykkeille siten, että Puru- ja Haukivesi käsiteltiin erikseen, ja näillä molemmilla alueilla kivikkopohjaiset linjat (pääosa ruuduista oli kivipohjaisia) ja muut (hiekkä, hiesu, muta ja savi) käsiteltiin erikseen. Koordinaatistoon pystyakselille sijoitettiin lajimäärä ja vaaka-akselille sijoitettiin ruutujen lukumäärä 1, 2, 3, 4, 5, 6, jne. Koordinaatiston ensimmäinen piste kertoo, mikä lajimäärä saadaan keskimäärin, jos kyseiseltä vyöhykkeeltä valitaan yksi ruutu. Toinen piste kertoo kahden ruudun keskimääräisen yhteislajimäärän, kolmas piste kolmen ruudun keskimääräisen yhteislajimäärän jne. Kun otoskoko on tarpeeksi iso, nähdään kuinka monta ruutua pitää tutkia, jotta saadaan selville esim. 70 %, 80 % tai 90 % kyseisellä vyöhykkeellä kasvavista lajeista. Koska Puruvedellä sukellussyvyyydessä (110 cm:stä syvemmälle) tapahtui sekaannusta raanin (*Littorella uniflora*) ja rantaleinikin (*Ranunculus reptans*) tunnistamisessa, nämä kaksi lajia jätettiin kahden syvimmän vyöhykkeen käsittelystä pois.

Vastaavat rarefaktiokäyrät piirrettiin Puruveden ja Haukiveden aineistolle siitä, miten lajimäärä kasvaa, kun tutkittujen linjojen määrää kasvatetaan. Jotta Puruveden ja Haukiveden aineistojen vertailu olisi helpompaa, molemmilta otettiin käsittelyyn sama määrä satunnaisesti valittuja linjoja (10 kpl). Näiden linjojen lajistoa rannasta 1 metrin syvyydelle tarkasteltiin rarefaktiokäyrillä.

Pohjan laadun ja rannan avoimuuden merkitystä lajimääriin testattiin kovarianssianalyysillä siten, että kontrolloitiin tutkimusruutujen määrän vaikutus linjan lajimäärään: koska linjalta löydettyjen lajien määrä on positiivisesti riippuvainen tutkimusruutujen lukumäärästä, tämä otettiin testauksessa huomioon. Saatu tulos siis kertoo, miten pohjan laatu ja rannan avoimuus on suhteessa linjalta löydettyyn lajimäärään, jos jokaiselta linjalta tutkitaan sama määrä ruutuja. Joitakin pohjanlaatuja edustavia linjoja oli niin vähän, että pohjan laadun merkityksen vertailu oli vaikeaa. Tämän vuoksi hiekka- ja mutapohjaisten linjojen aineistot yhdistettiin ja niitä verrattiin kivipohjaisiin linjoihin.

Linjojen välistä lajiston samankaltaisuutta verrattiin laskemalla samankaltaisuusindeksejä. Kahden linjan välinen Jaccardin samankaltaisuusindeksi (S) saadaan seuraavasti: $S = A/(A+B+C)$, missä A = niiden lajien lukumäärä, jotka esiintyvät

molemmilla linjoilla, B = vain linjalla 1 esiintyvien lajien määrä ja C = vain linjalla 2 esiintyvien lajien määrä (esim. Ranta ym. 1992). Vertailusta jätettiin pois ne linjat, joilta kaikkia syvyysvyöhykkeitä ei tutkittu tai kaikkia syvyysvyöhykkeitä ei ollut. Näitä olivat lähinnä linjat, jotka sijaitsivat matalan lahden rannalla, jolloin syvimmat vyöhykkeet jäivät puuttumaan.

Raportissa käytetään kasvilajeista Retkeilykasvion (Hämet-Ahti ym. 1998) mukaisia tieteellisiä nimiä.

3 Tulokset

3.1 Lajisto

Vedessä kasvavia putkilokasveja löydettiin kaikkiaan 34 lajia; Puruvedeltä löydettiin 28 lajia, ja Haukivedeltä 29. Lisäksi näkinpartaisleviä löytyi molemmilta kohteilta yksi laji, *Nitella flexilis*. Puruvedellä kaikki löydetyt lajit esiintyivät ruutulinjoiilla, mutta Haukivedellä oli neljä lajia, jotka löydettiin vain 10 metrin saroilta (kelluskeiholehti *Sagittaria natans*, ratamosarpio *Alisma plantago-aquatica*, kolmihedevesirikko *Elatine triandra* ja kurjenmieikka *Iris pseudacorus*). Taulukossa 1 ovat löydetyt lajit ja niiden frekvenssit (= moneltako ruudulta ja ruutulinjalta lajia löydettiin) sekä lajien esiintymisen minimi- ja maksimisyvyudet Puru- ja Haukivedellä. Taulukossa 2 näkyvät linjoittain Puruveden ja Haukiveden ruutulinjoiilta löydetyt kasvilajit, linjojen alkupisteiden koordinaatit, tutkimuspäivät ja kyseisten päivien vedenkorkeudet. Eri lajien ruutufrekvenssit eivät ole verrannollisia toisiinsa, koska linjat tehtiin matalalla vyöhykkeillä kattavammin kuin syvillä: koska syvillä vyöhykkeillä ruuduista tutkittiin usein vain joka toinen, joka kolmas jne., ei voida verrata matalalla ja syvällä kasvavien lajien runsautta sillä perusteella, moneltako ruudulta kutakin lajia on löydetty. Lisäksi on muistettava, että linjoja tehtiin Puru- ja Haukivedellä eri määrä ja että linjojen pituudet vaihtelivat suuresti. Jotain viitettä lajien runsauksista voidaan kuitenkin esiintymisruutujen määrästäkin nähdä. Eri lajien esiintymislinjojen määrät ovat sen sijaan paremmin vertailukelpoisia.

Lajinmääritysongelmia aiheutti raani (*Littorella uniflora*), joka oli hankala havaita, koska se kasvoi syvällä (120 - 280 cm:n syvyydessä) osittain rantaleinikin (*Ranunculus reptans*) seassa. Varmistuttuaan lajin tunnistuksesta viimeisinä maastopäivinä sukeltaja arvioi jälkikäteen, että raania esiintyi Puruvedellä em. syvyydellä useimmilla linjoilla.

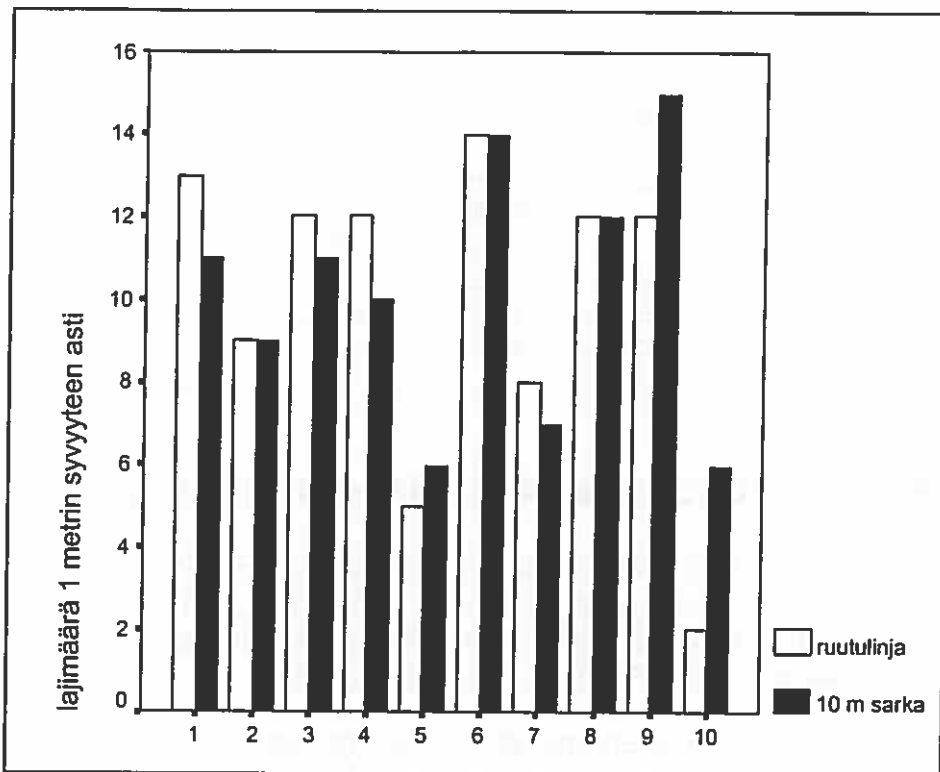
Rannasta metrin syvyydelle tutkittaessa löydetyt lajimäärät ruutulinjalla ja viereisellä 10 metrin saralla eivät merkitsevästi eronneet toisistaan (parittainen t-testi: $t = -0.32$, $df = 9$, $P = 0.76$; kuva 2). Tutkimusruuduilta löydetyt muut kuin vesikasvi- ja saralajit on lueteltu taulukossa 3. Näiden muiden lajien mukanaolon aineistossa ei katsottu tuovan hyödyllistä lisätietoa. Vesisammalet voisivat antaa hyödyllistä tietoa, mutta niiden lajinmääritys tuotti hankaluuksia.

Taulukko 1. Puru- ja Haukivedellä tavattujen kasvilajien esiintymislinjojen (= ruutulinjat) ja -ruutujen lukumäärä sekä ylin ja alin havaittu kasvussyvyys (cm). + -merkki viittaa lajeihin, jotka havaittiin 10 metrin saroilla, mutta ei ruutulinjalla.

	Puruvesi				Haukivesi			
	Linjoja	Ruutuja	min-syvyys	max-syvyys	Linjoja	Ruutuja	min-syvyys	max-syvyys
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	2	2	10	20	0	0	+	
<i>Carex acuta</i>	13	82	0	49	7	41	0	58
<i>Carex rostrata</i>	2	6			0	0		
<i>Carex vesicaria</i>	0	0			1	2	4	15
<i>Elatine triandra</i>	0	0			0	0	+	
<i>Eleocharis acicularis</i>	11	219	18	250	8	106	15	150
<i>Eleocharis palustris</i>	10	48	0	120	4	15	15	91
<i>Elodea canadensis</i>	9	74	31	444	2	2	90	140
<i>Equisetum fluviatile</i>	6	94	0	110	4	29	2	80
<i>Glyceria fluitans</i>	1	1	5	5	2	8	12	22
<i>Iris pseudacorus</i>	0	0			0	0	+	
<i>Isoetes echinospora</i>	14	181	10	180	10	96	25	160
<i>Isoetes lacustris</i>	14	466	55	420	8	123	70	300
<i>Lemna minor</i>	0	0			1	1	75	75
<i>Littorella uniflora</i>	x	x	121	280	0	0		
<i>Lobelia dortmanna</i>	13	458	3	280	6	62	38	170
<i>Myriophyllum alterniflorum</i>	14	144	33	610	3	20	70	200
<i>Nuphar lutea</i>	2	4	110	130	5	41	50	320
<i>Phalaris arudinacea</i>	8	12	0	10	4	5	0	30
<i>Phragmites australis</i>	11	287	0	190	4	161	0	140
<i>Polygonum amphibium</i>	5	43	4	100	1	1	1	1
<i>Potamogeton berchtoldii</i>	2	21	270	510	1	2	100	120
<i>Potamogeton gramineus</i>	3	27	15	115	0	0		
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	8	57	80	480	1	8	210	230
<i>Potamogeton natans</i>	1	1	105	105	2	21	35	100
<i>Ranunculus peltatus</i>	8	36	73	470	4	9	70	220
<i>Ranunculus reptans</i>	12	x	0		6	64	2	130
<i>Sagittaria natans</i>	0	0			0	0	+	
<i>Sagittaria sagittifolia</i>	1	2	55	80	0	0		
<i>Scirpus lacustris</i>	1	1			0	0		
<i>Sparganium minimum</i>	0	0			2	16	60	100
<i>Sparganium sp.</i>	0	0			4	36		
<i>Sparganium gramineum</i>	2	22	2	160	1	2	40	55
<i>Subularia aquatica</i>	10	126	5	160	1	1	140	140
<i>Utricularia intermedia</i>	1	7	5	20	0	0		
<i>Utricularia vulgaris</i>	0	0			1	1	75	75
<i>Nitella flexilis</i>	5	20	150	800	4	31	82	240

Taulukko 3. Puruveden ja Haukiveden kasvillisuuslinjoilta löydetyt rantakasvit ja sammalet.

Laji	Puruvesi	Haukivesi	Laji	Puruvesi	Haukivesi
<i>Achillea millefolium</i>		x	<i>Potentilla palustris</i>	x	x
<i>Agrostis canina</i>	x		<i>Prunella vulgaris</i>	x	
<i>Agrostis capillaris</i>	x		<i>Ranunculus acris</i>	x	
<i>Agrostis stolonifera</i>	x		<i>Rhamnus frangula</i>	x	
<i>Alnus glutinosa</i>	x	x	<i>Salix cinerea</i>	x	x
<i>Alnus incana</i>	x	x	<i>Salix phylicifolia</i>	x	x
<i>Athyrium filix-femina</i>	x		<i>Salix sp.</i>	x	
<i>Betula pendula</i>	x		<i>Scutellaria galericulata</i>	x	
<i>Betula pubescens</i>	x	x	<i>Sorbus aucuparia</i>	x	x
<i>Calamagrostis canescens</i>	x	x	<i>Sphagnum sp.</i>	x	
<i>Calamagrostis purpurea</i>	x	x	<i>Trientalis europaea</i>		x
<i>Calligon megalophyllum</i>		x	<i>Vaccinium myrtillus</i>	x	x
<i>Calluna vulgaris</i>	x		<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	x	x
<i>Caltha palustris</i>	x		<i>Vicia cracca</i>	x	
<i>Climacium dendroides</i>		x	<i>Viola canina</i>	x	
<i>Drepanocladus aduncus</i>		x	<i>Viola palustris</i>	x	
<i>Drepanocladus capillifolius</i>		x			
<i>Drepanocladus sp.</i>	x				
<i>Dryopteris carthusiana</i>	x				
<i>Epilobium angustifolium</i>	x				
<i>Equisetum arvense</i>	x	x			
<i>Equisetum fluviatile</i>	x	x			
<i>Equisetum hyemale</i>		x			
<i>Fissides adianthoides</i>	x				
<i>Galium palustre</i>	x	x			
<i>Galium trifidum</i>		x			
<i>Galium uliginosum</i>	x	x			
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	x	x			
<i>Juncus alpinoarticulatus</i>	x				
<i>Juncus filiformis</i>	x	x			
<i>Lactuca sibirica</i>		x			
<i>Luzula pallidula</i>	x				
<i>Luzula pilosa</i>		x			
<i>Lysimachia vulgaris</i>	x	x			
<i>Lythrum salicaria</i>	x	x			
<i>Maianthemum bifolium</i>		x			
<i>Melampyrum pratense</i>	x	x			
<i>Melampyrum silvaticum</i>	x	x			
<i>Melica nutans</i>	x				
<i>Mentha arvensis</i>		x			
<i>Molinia caerulea</i>	x	x			
<i>Myosotis laxa</i>	x	x			
<i>Myrica gale</i>	x				
<i>Orthilia secunda</i>	x				
<i>Oxalis acetosella</i>	x				
<i>Pedicularis palustris</i>	x	x			
<i>Peucedanum palustre</i>	x	x			
<i>Phalaris arundinacea</i>	x	x			
<i>Picea abies</i>	x	x			
<i>Pinus sylvestris</i>	x	x			
<i>Pleurozium schreberi</i>	x				
<i>Poa nemoralis</i>	x				
<i>Polytrichum sp.</i>	x				
<i>Populus tremula</i>	x	x			
<i>Potentilla erecta</i>	x				



Kuva 2. Lajimäärät rannasta 1 metrin syvyyteen asti ruutulinjalla ja viereisellä 10 metrin levyisellä saralla.

3.2 Sukeltaminen, haraus ja haravointi

Linjalta, jolta oli sukeltamalla löydetty melko runsaasti ulpukkaa (*Nuphar lutea*), molempia lahnaruohoja (*Isoetes echinospora*, *I. lacustris*) ja palpakon (*Sarganium sp.*) pohjaruusukkeita, saatiin 10 metrin vetoja haraamalla vasta neljännellä vedolla ylös ensimmäinen kasviyksilö (palpakko). Haravan avulla sen sijaan pohjasta nousi kaikkia kasvilajeja, joita sukeltamallakin löydettiin. Lajeja, joita löytyi ainoastaan sukellussyvyyksiltä eli yli 110 cm:n syvyydeltä, olivat Puruvedellä raani ja näkinpartaislevä (*Nitella flexilis*) ja Haukivedellä ahvenvita ja äimäruoho. Lisäksi lajeja, jotka kasvoivat lähes yksinomaan sukellussyvyyksillä, olivat Puruvedellä vesirutto (*Elodea canadensis*), ahvenvita, järvisätkin (*Ranunculus peltatus*) ja ruskoärviä (*Myriophyllum alterniflorum*). Haukivedellä tällaisia olivat ruskoärviä, järvisätkin ja näkinpartaislevä.

3.3 Runsausarviot

Eri henkilöiden tekemät runsausarviot samalta 10 m:n saralta erosivat toisistaan (taulukko 4). Tilastolliseen testaamiseen otoskoko on liian pieni, mutta ero on selvä muutenkin: lähes jokaisen lajin kohdalla kahden ryhmän tekemät runsausarviot poikkeavat toisistaan. Toiselta ryhmältä kokonaan havaitsematta jääneitä lajeja olivat kolmihedevesirikko (*Elatine triandra*) ja rantaleinikki.

Taulukko 4. Lajit ja eri ryhmien tekemät lajien runsausarviot (1 - 7) samalta kasvillisuussarjalta.

Laji	Arvio 1	Arvio 2	Laji	Arvio 1	Arvio 2
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	3	2	<i>Nuphar lutea</i>	3	4
<i>Carex acuta</i>	5	4	<i>Phalaris arudinacea</i>	-	1
<i>Carex vesicaria</i>	4	4	<i>Polygonum amphibium</i>	2	2
<i>Elatine triandra</i>	3	-	<i>Potamogeton natans</i>	6	7
<i>Eleocharis acicularis</i>	2	4	<i>Ranunculus reptans</i>	-	2
<i>Eleocharis palustris</i>	3	2	<i>Subularia aquatica</i>	3	2
<i>Equisetum fluviatile</i>	3	4	<i>Sparganium sp.</i>	4	4
<i>Isoetes echinospora</i>	4	3			

3.4 Rantojen avoimuuden ja pohjanlaadun merkitys

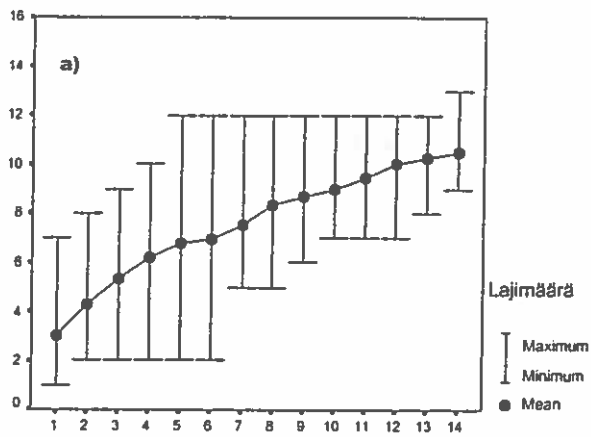
Rantojen avoimuus ei vaikuttanut merkitsevästi linjojen lajimääriin Puruvedellä, kun linjalta tutkittujen ruutujen määrä oli tilastollisesti vakioitu ($F = 2.66$, $df = 3$, $P = 0.11$). Sen sijaan Haukivedellä suojaisilla rannoilla lajimäärät olivat selvästi suurempia kuin avoimilla rannoilla ($F = 5.28$, $df = 3$, $P = 0.03$).

Puruveden kivikkopohjaisten linjojen lajimäärät eivät merkitsevästi eronneet hiekka- ja mutapohjaisten rantojen lajimäärästä syvyyssvyöhykkeellä 1 - 50 cm ($F = 3.02$, $df = 2$, $P = 0.09$), mutta syvemmällä vyöhykkeellä (51 - 110 cm) hiekka- ja mutapohjaisten linjojen lajimäärät olivat suurempia kuin kivipohjaisten ($F = 13.11$, $df = 2$, $P = 0.001$). Haukivedellä kivipohjaisten rantojen lajimäärä oli selvästi pienempi kuin hiekka- ja mutapohjaisten sekä 1 - 50 cm:n syvyyssvyöhykkeessä ($F = 5.40$, $df = 2$, $P = 0.038$) että 51 - 110 cm:n syvyyssvyöhykkeessä ($F = 7.35$, $df = 2$, $P = 0.015$).

3.5 Rarefaktiot

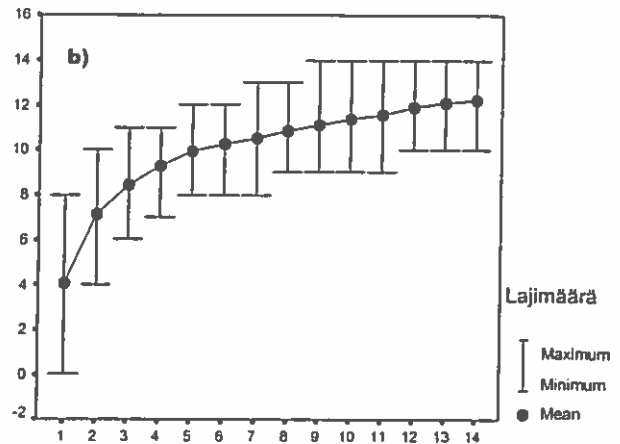
Rarefaktiokäyrästä (kuva 3) nähdään, että näyteruutuja lisättäessä lajimäärät nousevat aluksi jyrkästi, ja kun kaikki yleisimmät lajit on saatu ruuduille, käyrät alkavat loiveta. Käyrät jatkuvat vain neljäentoista ruutuun asti, millä määrällä saadaan useimmissa tapauksissa keskimäärin 70 - 80 % kaikista kyseiseltä syvyyssvyöhykkeeltä löydetyistä lajeista. Lajistossa on nähtävästi melko paljon harvinaisia lajeja, joita esiintyy vain yhdellä tai muutamalla ruudulla, mikä voidaan päätellä siitä, että käyrät näyttävät jatkuvan hitaasti nousevina hyvin pitkään, ennen kuin kaikki lajit on löydetty.

Kuvaajien mukaan kivipohjaisilla linjoilla tarvitaan enemmän ruutuja kuin hiekkapohjaisilla, jotta sama osuus linjan lajeista saataisiin ruuduille. Tämä johtuu kasvillisuuden harvuudesta kivipohjilla. Esimerkiksi Puruveden matalimmalla syvyyssvyöhykkeellä hiekkapohjaisilta linjoilta saadaan 14 näyteruudulla keskimäärin n. 75 % kaikista vyöhykkeen lajeista, kun taas kivipohjaisilta linjoilta saadaan 14 ruudulla keskimäärin vain n. 55 % kaikista vyöhykkeen lajeista. Syvemmillä vyöhykkeillä tarvitaan ilmeisesti enemmän ruutuja kuin matalalla, jotta näyteruuduille saataisiin tietty osuus kaikista vyöhykkeellä esiintyvistä lajeista.



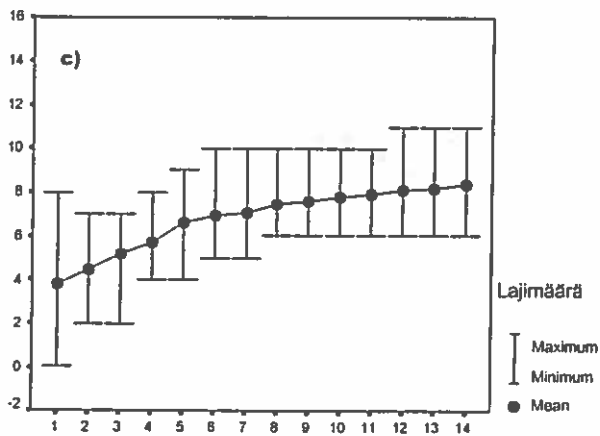
Tutkittujen ruutujen lukumäärä

Puruvesi, hiekka- ja mutapohjat; syvyys 1-50 cm. Kokonaislajimäärä 14.



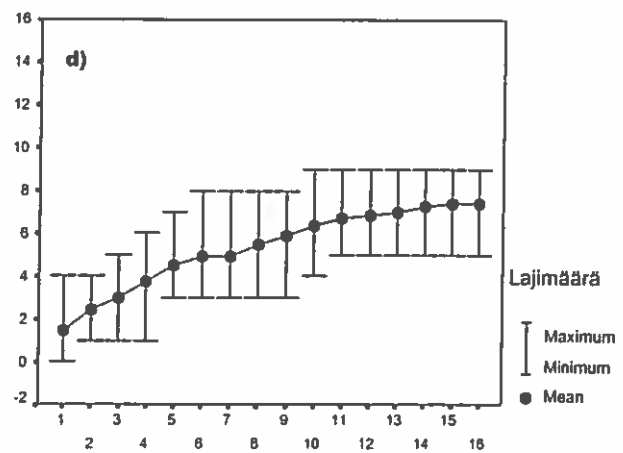
Tutkittujen ruutujen lukumäärä

Puruvesi, hiekka- ja mutapohjat; syvyys 51-110 cm. Kokonaislajimäärä 16.



Tutkittujen ruutujen lukumäärä

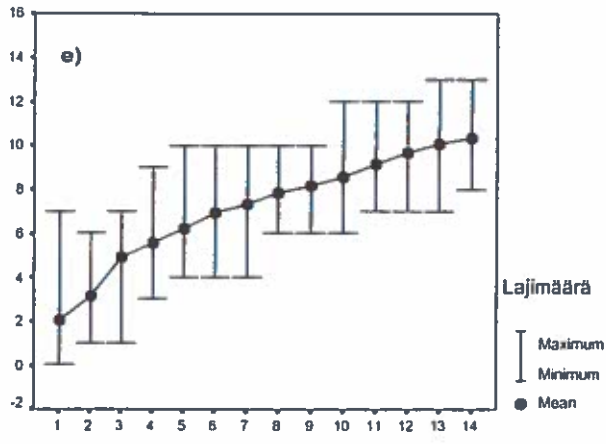
Puruvesi, hiekkapohjat; syvyys 111-210 cm. Kokonaislajimäärä 15.



Tutkittujen ruutujen lukumäärä

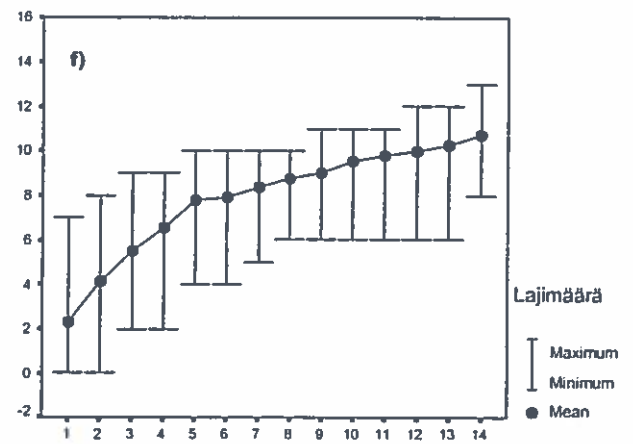
Puruvesi, hiekka- ja mutapohjat; syvyys >210 cm. Kokonaislajimäärä 10.

Kuva 3 (a, b, c, d). Rarefaktiokäyrät lajimäärän kasvusta suhteessa tutkittujen ruutujen määrään Puruveden erilaisilla pohjatyypeillä.



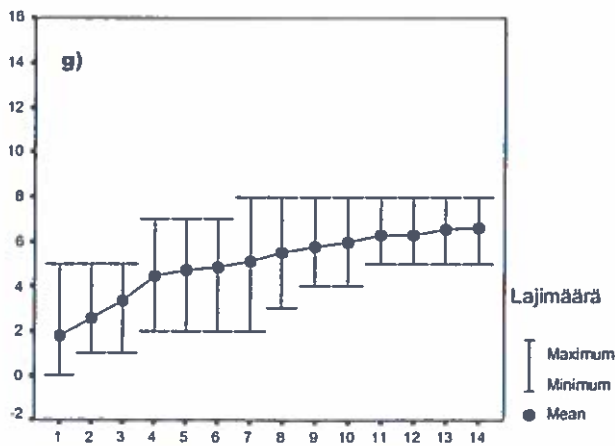
Tutkittujen ruutujen lukumäärä

Puruvesi, kivipohjat; syvyys 1-50 cm. Kokonaislajimäärä 19.



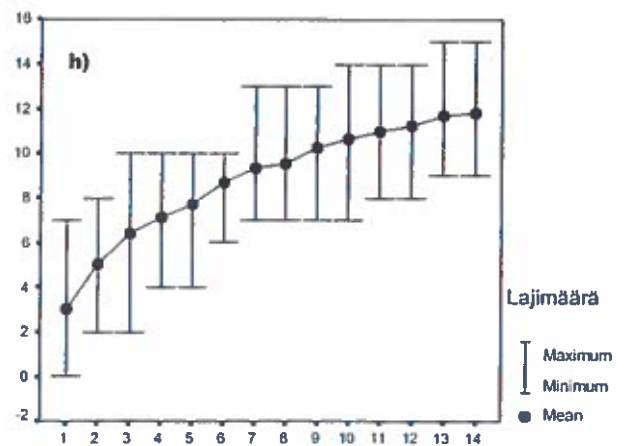
Tutkittujen ruutujen lukumäärä

Puruvesi, kivipohjat; syvyys 51-110 cm. Kokonaislajimäärä 14.



Tutkittujen ruutujen lukumäärä

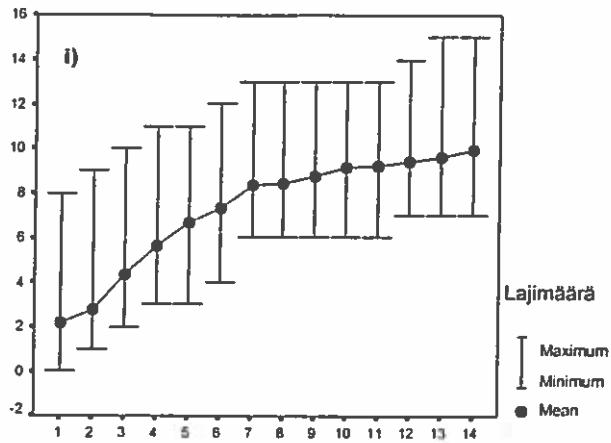
Puruvesi, kivipohjat; syvyys 111-210 cm. Kokonaislajimäärä 9.



Tutkittujen ruutujen lukumäärä

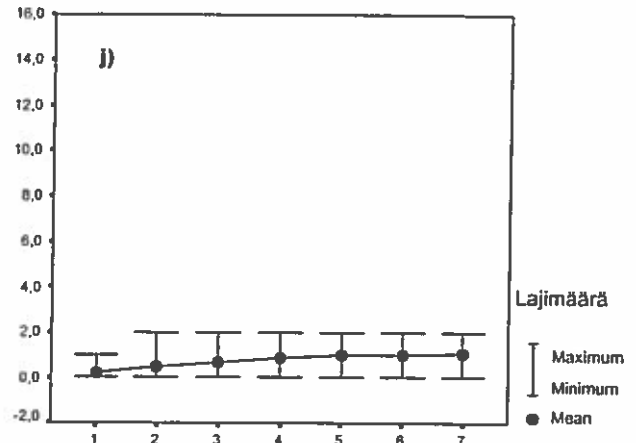
Haukivesi, muta- ja hiekkapohjat; syvyys 1-50 cm. Kokonaislajimäärä 15.

Kuva 3 (e, f, g h). Rarefaktiokäyrät lajimäärän kasvusta suhteessa tutkittujen ruutujen määrään Puruveden ja Haukiveden erilaisilla pohjatyypeillä.



Tutkittujen ruutujen lukumäärä

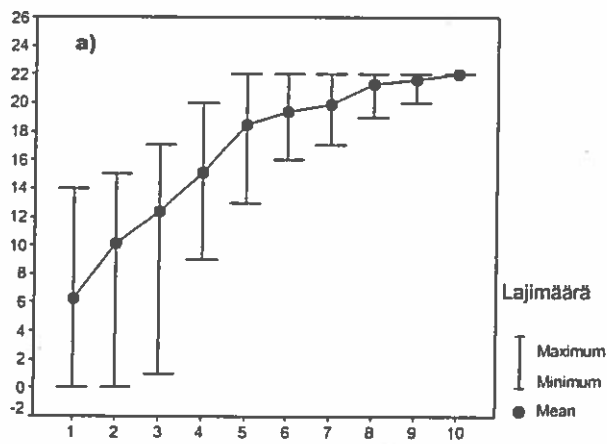
Haukivesi, muta- ja hiekkapohjat; syvyys 51-110cm. Kokonaislajimäärä 15.



Tutkittujen ruutujen lukumäärä

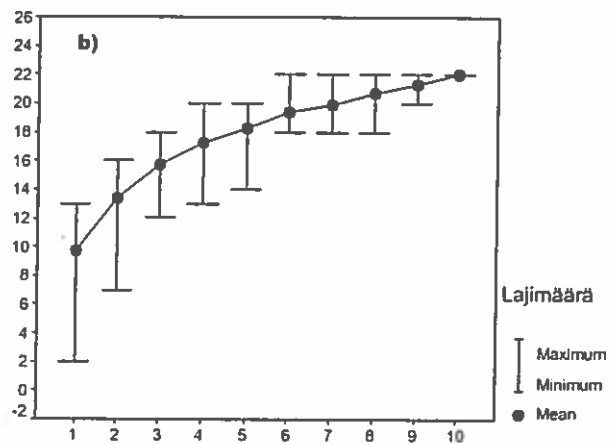
Haukivesi, kivipohjat; syvyys 1-50 cm. Kokonaislajimäärä 2.

Kuva 3 (i, j). Rarefaktiokäyrät lajimäärän kasvusta suhteessa tutkittujen ruutujen määrään Haukiveden erilaisilla pohjatyypeillä.



Tutkittujen linjojen määrä

Haukivesi



Tutkittujen linjojen määrä

Puruvesi

Kuva 4. Rarefaktiokäyrät lajimäärän kasvusta suhteessa tutkittujen linjojen määrään Puruvedellä ja Haukivedellä.

Kuvasta 4 nähdään, miten kokonaislajimäärä lisääntyy, kun tutkittujen linjojen määrää lisätään. Selvin ero on vaihteluvälin leveys Haukiveden aineistossa verrattuna Puruveteen. Tämä kertoo siitä, että Haukivedellä linjat eroavat lajistoltaan toisistaan enemmän kuin Puruvedellä. Toisaalta Haukivedellä käyrä näyttää tasoittuvan melko hyvin kymmenenteen otokseen mennessä, kun taas Puruvedellä käyrä jatkaa edelleen nousuaan. Todennäköisesti tämä kertoo siitä, että Puruvedellä tarvitaan kuitenkin paljon otoksia alueen suuren koon ja ehkä kasvillisuuden alhaisen peittävyuden vuoksi. 10 metrin saroista tehdyt vastaavat kuvaajat olisivat suunnilleen samannäköisiä kuin kuvan 4 rarefaktiot, koska viereisellä saralla ja ruutulinjalla lajimäärät olivat suunnilleen samoja.

3.6 Lajiston samankaltaisuus linjojen välillä

Puruvedellä kahden satunnaisesti valitun linjan välinen lajiston samankaltaisuus Jaccardin indeksinä oli keskimäärin 0.54, eli jos tutkitaan kaksi linjaa, keskimäärin 54 prosenttia niiden lajeista löytyy molemmilta linjoilta. Vaihtelu oli kuitenkin suurta: heikoimmillaan kahden linjan välinen samankaltaisuus oli 31 ja parhaimmillaan 93 prosenttia. Jos verrataan kunkin linjan lajistoa lähimpänä sijaitsevan linjan lajistoon, samankaltaisuus on 0.63, mikä on merkitsevästi suurempi kuin vertailulinjan ja kaikkien kauempana sijaitsevien linjojen lajiston välinen samankaltaisuus keskimäärin (parittainen t-testi: $t = 3.355$, $df = 13$, $P = 0.005$). Haukivedellä kahden linjan lajeista samoja oli keskimäärin vain 26 prosenttia, eivätkä viereiset linjat muistuttaneet toisiaan enempää kuin muutkaan (parittainen t-testi: $t = -0.88$, $df = 9$, $P = 0.40$).

4 Tulosten tarkastelu

4.1 Ruutulinja vai leveä sarka?

Se, että ruutulinjalta ja viereiseltä saralta saadut lajimäärät eivät merkitsevästi eronneet toisistaan, ei tarkoita sitä, etteikö leveällä havaintoalueella kasvaisi enemmän lajeja kuin kapealla. Tulos kertoo lähinnä siitä, että nopealla laajan näytealan tutkimisella saadaan hyvin nopeasti kerättyä yhtä suuri lajilista kuin tarkalla ja hitaalla pienemmän alueen tutkimisella. Leveältä saralta jää havaitsematta lähinnä joitakin huomaamattomia ja vähälukuisia lajeja. Sen sijaan pienten ruutujen tarkalla tutkimisella saadaan tekijästä riippumaton tieto yleisimpien lajien frekvenssistä ja runsaudesta, kun taas laajalla näytealalla runsausmittausten tekeminen on ongelmallista. Siksi olisi varmasti järkevää yhdistää kaksi edellämainittua menetelmää järvien kasvillisuusseurannoissa. Ruutulinja -menetelmällä saadaan lisäksi tieto lajien syvyysjakaumasta, jos ruutuja sijoitetaan riittävän lyhyin välimatkoin.

4.2 Lajien runsauksien mittaaminen

Tutkimuksessa käytettiin lajien runsauden mittana sitä, monellako kunkin tutkitun neliöruudun neljänneksellä lajia kasvaa. Tämä osoittautui useimmille lajeille melko karkeaksi mittariksi. Esimerkiksi ruovikossa ruo'on tiheyden täytyisi muuttua radikaalisti, ennen kuin tällä menetelmällä havaitaan muutoksia. Harvassa kasvaville lajeille em. mittari sopii, mutta jos halutaan tarkempaa tietoa lajien runsauksista, on käytettävä toisenlaisia mittareita. Kaikille lajeille sopivaa yksittäistä runsauden mittaamenetelmää tuskin löytyy, joten eri lajeille pitäisi olla erilaisia menetelmiä. Esimerkiksi pelkästään nuottaruohoa ja lahнаруohoa kasvavilla pohjilla, joita on lähinnä syvässä vedessä, sukeltaja voisi melko helposti laskea joko kasvien yksilömääriä tai, jos tutkimuksessa käytetty kehikko jaettaisiin pienempiin osaruutuihin (neliömetrin kehikko esim. 9 osaan), sukeltaja voisi laskea, monellako osaruudulla laji kasvaa.

Tässä tutkimuksessa ei selvitelty, millaisia otoskokoja tarvitaan, jotta kasvilajien yleisyyksistä tutkituilla järvillä voitaisiin vetää johtopäätöksiä tietyllä luottamustasolla. Esim. pohjaeläimillä asiaa ovat tutkineet Veijola ym. (1996). Useimmat vesikasvilajit esiintyvät selvästikin niin laikuttaisesti ja vaihtelevin tiheyksin, että pieniä näytealoja pitäisi olla hyvin paljon, jotta niiden avulla voitaisiin tehdä yleistyksiä lajien tarkoiksi runsausarvoiksi tutkituilla järvillä. Tämän vuoksi seurannassa käytettävien runsausmittojen on pakko olla melko karkeita. Tarkat runsausmittaukset näytealoilta ovat hyödyllisiä, jos järven tilan ajallista muuttumista halutaan seurata samoilta pysyviltä näytealoilta useiden vuosien ajan. Sen sijaan kovin tarkat mittaukset voivat olla turhia, jos näytealoja ei tehdä pysyviksi.

4.3 Runsausarvioiden luotettavuus

Kahden ryhmän tekemät runsausarviot 10 metrin levyisellä saralla vesirajasta metrin syvyyteen vaihtelivat lähes jokaisen lajin kohdalla. Otoskoko oli pieni, mutta jotain viitettä vertailu varmasti antaa. Arvioiden ero oli yleensä yhden luokan verran suuntaan tai toiseen. Vaikeasti havaittavan hapsiluikan runsausarvioiden välillä on kuitenkin kaksi yksikköä, ja kolmihedevesirikkaa ei toinen ryhmä ole havainnut lainkaan, vaikka toinen ryhmä sijoitti sen runsausluokkaan 3. Vaikka kokeneiden tutkijoiden käyttö pienentänee hajontaa, subjektiivisten arvioiden ajallinen, paikallinen ja tekijästä riippuva vaihtelu on kuitenkin ongelmallista, ja tällaisen aineiston tilastollinen käsittely on hankalaa.

4.4 Näytealojen määrä

Kahdelta syvimmältä vyöhykkeeltä tehtyihin rarefaktiokäyriin on suhtauduttava varauksella, koska usein syvemmälle mentäessä ruutujen väliä harvennettiin, eikä kaikkia linjoja tehty siihen syvyyteen asti, missä kasvillisuus loppuu. Linjojen pituus vaihtelee, mikä myös aiheuttaa sen, että joiltakin linjoilta tulee rarefaktioihin suurempi edustus kuin toisilta. Oikeaoppisempaa olisi ottaa jokaiselta linjalta ja jokaiselta syvyysvyöhykkeeltä sama määrä näyteruutuja. Rarefaktiot tehtiin

valitsemalla ruutuyhdistelmät satunnaisesti kunkin syvyysvyöhykkeen sisältä. Todennäköisesti ruutujen määrän kasvaessa lajimäärä lisääntyisi nopeammin, jos ruudut sijoitettaisiin tasavälein.

Eri linjojen aineistojen yhdistäminen samaan rarefaktioon ei välttämättä ollut hyvä ratkaisu, sillä syvyydeltään ja pohjanlaadultaan samantyyppisetkin linjat erosivat kasvillisuudeltaan usein paljonkin toisistaan, erityisesti Haukivedellä. Esimerkiksi ruovikkoisilta paikoilta olisi varmasti tullut hyvin erilainen rarefaktiokäyrä, kuin kelluslehtiskasvillisuuden vallitsemilta rannoilta. Käyrien tekeminen jokaiselle linjalle erikseen olisi kuitenkin ollut kovin aikaa vievää. Simberloff (1978) on kehittänyt tietokoneohjelman, jonka avulla alueen lajimäärä voidaan arvioida otosten perusteella. Menetelmä edellyttää kuitenkin yksilöiden satunnaista levinneisyyttä tutkitulla alueella ja yliarvioi lajimäärää sitä enemmän, mitä laikuittaisemmin lajit esiintyvät (Simberloff 1978). Tällaisenaan kuvaajista saadaan jonkinlaista viitettä siitä, millaisia otoskokoja keskimäärin tarvitaan. Tärkeää on kiinnittää huomiota vaihteluväleihin, eikä pelkästään keskiarvoihin.

Varsinaisessa seurantatyössä näyteruudut kannattaisi sijoittaa tasavälein, mutta kuitenkin siten, että kaikilta syvyysvyöhykkeiltä tulee riittävä määrä ruutuja. Linja kannattaisi siis ensin jakaa syvyysvyöhykkeisiin ja kunkin vyöhykkeen sisälle sijoittaa näyteruudut tasavälein, kun ensin tiedetään, montako ruutua kultakin vyöhykkeeltä aiotaan ottaa. Ruutujen lukumäärän lisäksi pitäisi tietää, kuinka monelle linjalle ruudut tulisi sijoittaa. Mitä useammasta paikasta näytealoja otetaan, sitä parempi.

4.5 Näytealojen sijainnin merkitys

Puruvedellä lajimäärät kivikkopohjaisilla linjoilla eivät merkitsevästi eronneet hiekka- ja mutapohjaisten rantojen lajimäärästä matalimmalla syvyysvyöhykkeellä (1 - 50 cm), mutta syvemmällä vyöhykkeellä (51 - 110 cm) hiekka- ja mutapohjaisten linjojen lajimäärät olivat suurempia kuin kivipohjaisten. Haukivedellä kivipohjaisten rantojen lajimäärä oli selvästi pienempi kuin hiekka- ja mutapohjaisten. Kivisillä rannoilla ei myöskään ilmeisesti kasva sellaisia kasvilajeja, joita ei löytyisi myös hiekka- tai mutapohjilta. Kivikkorantojen kasvillisuus voi olla riittämätön kertomaan järven tilasta, koska siellä pohjan laatu voi estää kasvillisuuden ilmaantumista riippumatta siitä, millainen veden laatu on. Esimerkiksi isot kivet voivat peittää koko tutkimusruudun alan. Tutkimuslinjojen sijainnin valinnan voisi siis tehdä siten, että kivikkorannat jätetään pois käsittelystä.

Suojaisissa lahdissa voi lahden eristyneisyyden takia olla hyvinkin erilaiset olosuhteet kuin muualla järvessä. Haukiveden aineistosta todettiin, että suojaisilla rannoilla lajimäärät olivat merkitsevästi suurempia kuin avoimilla. Jos suojaiseen lahteen tulee suuri ravinnekuormitus ympäröiviltä maa-alueilta, se voi aiheuttaa muista vesistön osista poikkeavaa paikallista rehevöitymistä. Tämän takia olisi parasta sijoittaa tutkimuslinjat sellaisille paikoille, jotka kertovat koko järvioltaan yleisestä tilasta, eikä vain paikallisesta ympäristökuormituksesta.

Mitä useampaan paikkaan linjoja tehdään, sitä luotettavampi kuva järven kasvillisuudesta saadaan. Vaikka ruutuja tehtäisiin hyvinkin paljon, ei riitä, jos ruudut otetaan vain yhdeltä linjalta. Järven koon lisäksi myös järven sisäisestä ympäristötekijöiden vaihtelusta riippuu, kuinka monta havaintoaluetta on riittävä määrä. Mitä tarkemmin näytepaikkojen valinta pystytään vakioimaan (esim. jätetään pois kivikkorannat ja eristyneet lahdet, ulotetaan näytealat rannasta vain kahluusvyvydelle asti), sitä pienemmällä otoskoolla selvittää.

Puruveden kasvillisuuslinjoilla todettiin, että toisiaan lähellä sijaitsevien linjojen lajisto on keskenään samankaltaisempi kuin kauempana sijaitsevien linjojen. Se, että Haukivedellä vierekkäiset linjat eivät muistuttaneet toisiaan enempää kuin muutkaan, johtuu epäilemättä pienen otoskoon lisäksi siitä, että Haukivedellä kasvillisuus ja ympäristötekijät olivat paikallisesti vaihtelevampia. Esimerkiksi reheväkasvuisen mutapohjaisen linjan läheisyydestä saattoi alkaa kivikkopohjainen alue, jossa ei kasvanut kasveja lainkaan. Joka tapauksessa olisi eduksi, että havaintoalueet sijaitsisivat suunnilleen tasaisten välimatkojen päässä toisistaan. Yleensäkin, jos verrataan toisiinsa kahta lähellä toisiaan sijaitsevaa aluetta ja kahta toisistaan etäällä sijaitsevaa aluetta, lähellä toisiaan sijaitsevat alueet ovat luonnossa keskimäärin samankaltaisempia kuin toisistaan etäällä sijaitsevat. Tämä johtuu sekä ympäristötekijöistä että siitä, että lajit ymmärrettävästi leviävät helpoiten lähiympäristöönsä - varsinkin vesikasvit, koska niillä kasvullinen lisääntyminen on selkeästi tärkein lisääntymistapa. Jos siis halutaan saada mahdollisimman kattava yleiskuva järven kasvillisuudesta ja mahdollisimman suuri osa lajeista sisällytettyä havaintoaloille, kannattaa sekä ruudut että linjat sijoittaa siten, että ne kattavat koko kohdealueen ja ovat suunnilleen tasaisten välimatkojen etäisyydellä toisistaan.

Vaikka näytealojen sijoittaminen vakioitaisiin tiettyjen ympäristötekijöiden suhteen (esimerkiksi tietynlaiset rantatyytit jätetään huomiotta), muiden kuin näiden ennalta määrättyjen tekijöiden suhteen näytealojen paikat tulisi valita satunnaisesti. Tällöin ei tule ongelmaa, että paikat valittaisiin tietoisesti esimerkiksi jonkun kasvillisuusesiintymän kohdalle.

4.6 Syvien pohjien tutkiminen

Noin 100 - 110 cm:n syvyyteen asti kasvillisuuden tutkiminen onnistui hyvin kahlaamalla (hyvin pehmeillä pohjilla siten, että yksi henkilö istui veneen keulassa ja tutki kasvillisuutta, toinen työnsi venettä ja teki muistiinpanoja). Molemmilla tutkimusjärvillä kasvillisuutta esiintyi kuitenkin paljon syvemmillä, kuin mihin vesikiikarilla pystyi näkemään. Pohjan haraamisen kohdistaminen tietylle tarkalle alalle oli teknisesti vaikeaa ja lajien runsauksien määrittäminen haraamalla hankalaa, sillä jotkut lajit irtosivat pohjasta helpommin kuin toiset, esim. lahna-ruoho huonommin.

Tiheäpiikkisellä haravalla kasvit saadaan ilmeisen hyvin irtoamaan pohjasta ja haravointi onnistuu ehkä 2,5 - 3 metrin vesisyvyyteen. Haraaminen ja haravointi vaurioittavat kasvillisuutta, mikä mahdollisesti aiheuttaa ongelmia, jos seurantatutkimuksia halutaan tehdä toistamiseen samoilla paikoilla. Jos halutaan saada

selville esimerkiksi lajien esiintymisen maksimisyvyksiä, sukeltaminen on melko välttämätöntä.

Sukeltaminen osoittautui erityisesti Puruvedellä hyödylliseksi, kun haluttiin syvällä kasvavien kasvien runsauksista tarkkoja tietoja. Sukeltaja pääsee lähelle pohjakasveja, joten sukeltamalla pystytään kartoittamaan kasvillisuutta nopeasti ja lajinmääritys ja runsausarviot ovat luotettavia. Sukeltaminen ei kuitenkaan ole välttämätöntä, jos ei tarvita tarkkaa tietoa lajien runsauksista syvillä pohjilla tai esiintymissyvyyksien alarajoista. Lajeja, jotka kasvoivat ainoastaan syvässä vedessä, oli vain muutama, ja nekin olivat yleensä hyvin havaittavissa veneestä käsin (ahvenvita ja järvisätkin) tai helposti haraan tarttuvia. Kuitenkin raani tai näkinpartaislevä voivat helposti jäädä huomaamatta Puruvedellä ilman sukeltajaa, vaikka ne kyseisellä järvellä olivatkin suhteellisen yleisiä lajeja.

4.7 Yleistä maastokokemuksista ja välineistä

Työhön valitut menetelmät ja välineet toimivat yleisesti ottaen hyvin, mutta erityisesti sukeltamisen toteutuksessa esiintyi etupäässä kokemattomuudesta johtuvia hankaluuksia. Sukeltaminen nopeutuisi ja helpottuisi huomattavasti, jos sukeltajalla olisi käytettävissä veden alla kirjoittamiseen soveltuvat kirjoitusvälineet. Ruutukehikon tulisi olla vedenpinnan yläpuolella helposti liikuteltava, mutta myös sellainen, ettei se vajoa helposti pohjamutaan. Tällöin valkoinen, leveä, litteä, mielellään kokoonpantava metallikehikko olisi käyttökelpoinen.

Sukeltaja pääsee lähelle pohjakasvillisuutta, joten jopa versojen laskeminen onnistuu. Tarkkoja runsausarvioita helposti laskettavista lajeista (nuottaruoho, lahnaruohot) haluttaessa voidaan toimia kahdella tavalla:

- laskemalla yksilömäärä useammalta pieneltä alalta (0,25 m²)
- käyttämällä esim. 9 osaan jaettua 1 neliömetrin ruutua, josta lasketaan, monellako yhdeksästä osaruudusta lajia kasvaa.

Rantalinjoilla tarvitaan ainakin kahdenlaisia kehikkoja. Peruskäytössä olisi uppoava, helposti näkyvä kehikko, ehkä samantyyppinen kuin sukeltajalle kaavailtu. Tiheässä ruovikossa kehikkoa on hankala pujotella kasvien väliin. Siellä kelluva, yhdestä kulmasta avattava kehikko olisi paras. Linjan vetäminen suoraan tuotti vaikeuksia, koska ankkuri ei pysynyt paikallaan, ja pienetkin aallot vetivät narun kaarelle. Ratkaisuna olisi painavamman, esim. 8 kg:n ankkurin käyttö ja tukeva köysi. Jos halutaan tarkasti verrata samalla paikalla tehtyjä aiempia linjatutkimuksia, pitäisi linjat saada tarkasti kohdalleen.

4.8 Ajankäyttö ja kustannukset

Yhden neliömetrin ruudun tarkkaan kasvillisuuden tutkimiseen kahlaamalla kului kahdelta ihmiseltä aikaa keskimäärin 5 minuuttia syvyydestä riippuen. Syvällä työskentely oli hidasta, koska pieniä pohjalehtisiä oli hyvin vaikea tunnistaa lajilleen irrottamatta niitä pohjasta. Ajan tarvetta kasvatti suuresti lajien runsauden määrittäminen. Tämän vuoksi on hankala verrata ruutujen tutkimiseen käytettyä

aikaa 10 metrin levyisellä saralla käytettyyn aikaan - jälkimmäisellähän tehtiin ainoastaan lajilista (rannasta lähtien noin metrin syvyydelle), ja annettiin nopeat runsausarviot lajeille. Tähän käytettiin aikaa näytealan pituudesta ja kasvillisuuden määrästä riippuen 20 - 30 minuuttia.

4.9 Tarvittava asiantuntemus

Vaikka yleisiä vesikasvilajeja ei ole kovin paljon, lajien riittävää hallintaa ei opi muutamassa päivässä, ellei jonkinlaista lajintuntemuspohjaa ole jo aiemmin. Lajien opettelu kuivanäytteistä ei riitä, koska tuoreena maastossa lajit näyttävät usein hyvin erilaisilta kuin kuivattuna. Peruslajien tuntemus on suhteellisen helposti omaksuttavissa, mutta se ei välttämättä riitä. Jotta kasvi osattaisiin ottaa mukaan jälkikäteen määritettäväksi, tarvitaan tiedon lisäksi kokemusta. Lajistossa on usein harvinaisuuksia, jotka voidaan sekoittaa tuttuihin lajeihin. Tämä aiheuttaa ongelmia tulosten tulkintaan erityisesti, jos toisiaan muistuttavat lajit ovat täysin erilaisissa elinympäristöissä eläviä lajeja. Koska vesikasvien lajimäärä ei ole kovin suuri, väärin lajinmääritysten vaikutus tulosten tulkinnessa voi olla merkittävä.

Vesikasvikartoittajalla tulisi olla riittävän lajintuntemustiedon lisäksi kokemusta vesikasvien kartoittamisesta erityyppisillä vesillä. Kokemus ja määritysvarmuus saavutetaan parhaiten työskentelemällä kokeneen asiantuntijan kontrollissa ja jatkossakin tarkistamalla kaikki epävarmat määritykset maastosta mukaan otettuja kasvinäytteitä käyttäen sekä kirjallisuuteen tai asiantuntijaan tukeutuen.

4.10 Tulevia tutkimustarpeita

Jos sukeltaminen katsotaan liian kalliiksi menetelmäksi rutiiniseurantoihin, tarvittaisiin tarkempaa tietoa haravan ja erilaisten haratyyppien käyttökelpoisuudesta. Tässä tutkimuksessa käytetystä Maristo-typin (Maristo1941) harasta saatiin huonoja kokemuksia, mutta muitakin haratyyppisiä (esim. Luther 1951, Mäkrinta 1978) on olemassa. Kesällä 2000 sukeltajien kasvillisuuslinjojen tietoja voidaan käyttää hyväksi verrattaessa haravalla ja haralla saatuja tietoja sukeltamalla saatuihin. Puruvesi soveltuisi tällaiseen tutkimukseen hyvin, koska siellä esiintyy runsaasti kasvillisuutta syvillä pohjilla.

Jatkossa olisi tärkeää saada tutkimusaineistoa useista erilaisista järvi-kohteista, jotta tutkimuksista saatu tieto olisi yleistettävissä useampiin järvityyppeihin. Sitten kun alustavasti tiedetään, mitä menetelmiä seurannassa tullaan käyttämään, voidaan tutkia mm., millaisia otoskokoja tarvitaan, jotta kasvilajistosta ja lajien yleisyyksistä ja runsauksista tutkituilla järvillä voidaan vetää luotettavia johtopäätöksiä. Tarvittaessa tällaisia analyysejä voidaan tehdä tietokoneohjelmilla (ks. esim. Veijola ym. 1996). Myös järven koon vaikutusta tarvittavaan näytealojen määrään pitäisi selvittää. Pidemmällä aikavälillä olisi selvitettävä esimerkiksi kuinka suurina ovat lajien vuosittaiset runsausvaihtelut, jotta nämä voidaan erottaa järven tilassa tapahtuvien muutosten aiheuttamista kasvillisuusmuutoksista. Jatkossa tutkittavaksi tulee myös se, mitä kasvillisuusmuuttujia järvillä kannattaa alkaa seurata ja millaisia kriteereitä järven tilalle tulisi asettaa. Tällöin pitäisi kerätä

aineistoa useilta järviltä ja testata monimuuttujamenetelmillä, minkä ympäristömuuttujien kanssa eri kasvillisuusmuuttujat korreloivat parhaiten.

Kiitokset

Esitän kiitokset hyvästä yhteistyöstä Pirjo Hiituselle, Olavi Sandmanille ja Arto Ustinoville. Maastotöissä auttamisesta kuuluu erityinen kiitos Jarmo Haloselle ja Teemu Hentiselle. Neuvoista ja kommentteista osoitan suuret kiitokset erityisesti Seppo Hellstenille sekä myös Krister Karttuselle, Heikki Tanskaselle, Heikki Toivoselle ja Kirsi Valtalle. Maastotöissä avustivat myös Harri Huotari, Markku Mäkeläinen, Sari Partanen, Anne Tarvainen ja Mika Visuri. Pirjo Leinoselle kuuluu kiitos käytännön järjestelyistä ja luonnoksen muokkaamisesta julkaisukuntoon.

5 Tiivistelmä

Vesikasvillisuustutkimuksia tehtiin Puruveden Hummonselällä ja Haukiveden Niittylahdella tarkoituksena vertailla erilaisia vesikasvillisuuden tutkimusmenetelmiä ja arvioida niiden käyttökelpoisuutta vesipuitedirektiivin mukaisten seurantojen tarpeisiin.

Järvikohteilla tehtiin rannalta ulapalle päin kahdenlaisia tutkimusaloja: neliömetrin kokoisista näyteruuduista koostuvia linjoja, joilla tehtiin tarkkoja lajistoselvityksiä ja lajien runsausmittauksia, sekä näiden viereen 10 metriä leveitä sarkoja, joilla tehtiin nopeammat kasvillisuusselvitykset. Kerätyn aineiston avulla mm. verrattiin eri ihmisten tekemiä lajien runsausarvioita, tutkittiin sukeltamisen, harauksen ja haravankäytön käyttökelpoisuutta kasvillisuustutkimuksessa, selvitettiin näytealojen määrän ja sijainnin merkitystä ja pohdiskeltiin maastomenetelmien toteuttamiseen liittyviä käytännön ongelmia.

Johtopäätöksenä todettiin mm., että pienten kasvillisuusruutujen tutkiminen on hidasta, mutta sen hyöty on tekijästä riippumattomien runsaustietojen saaminen lajeista. Suuremman näytealan ylimaikaisella tutkimisella saadaan nopeasti kerättyä lajilista, mutta lajien runsauksista täytyisi tällöin tyytyä arvioihin, jotka tässäkin tutkimuksessa vaihtelivat tekijästä riippuen. Järkevintä voisi olla käyttää kummankin tyyppisiä näytealoja, eli pieniä ruutuja frekvenssien selvittämiseksi ja suuria näytealoja mahdollisimman kattavan lajilistan nopeaksi keräämiseksi. Sukeltaminen todettiin nopeaksi ja tarkaksi menetelmäksi syvien pohjien tutkimiseen. Haraamalla saadut tiedot olivat epävarmoja verrattuna sukeltamalla saatuihin. Haravan avulla kasvit irtosivat pohjasta tehokkaasti ja nousivat pintaan näkyville.

Kivikkopohjaisilla ja avoimilla rannoilla lajimäärät olivat pienempiä kuin suojaisilla ja muta- tai hiekkapohjaisilla rannoilla. Seurannassa tutkimusalojen sijaintipaikkoja voisi vakioda siten, että tutkimusaloja ei sijoiteta kivikkorannoille, joissa pohjan laadun vaikutus lajimääriin on suuri, eikä kovin suojaisille rannoille, missä paikallisten kuormitustekijöiden vaikutus voi olla merkittävä. Koska kasvillisuus ja eri kasvilajit esiintyvät järvillä laikuittaisesti, tutkimusalojen sijoittelu suunnilleen tasaisten välimatkojen etäisyydelle toisistaan olisi järkevää; linjoilla kuitenkin siten, että kaikki syvyysvyöhykkeet otetaan huomioon tasapuolisesti. Tällöin järven kasvillisuudesta saataisiin mahdollisimman kattava kokonaiskuva.

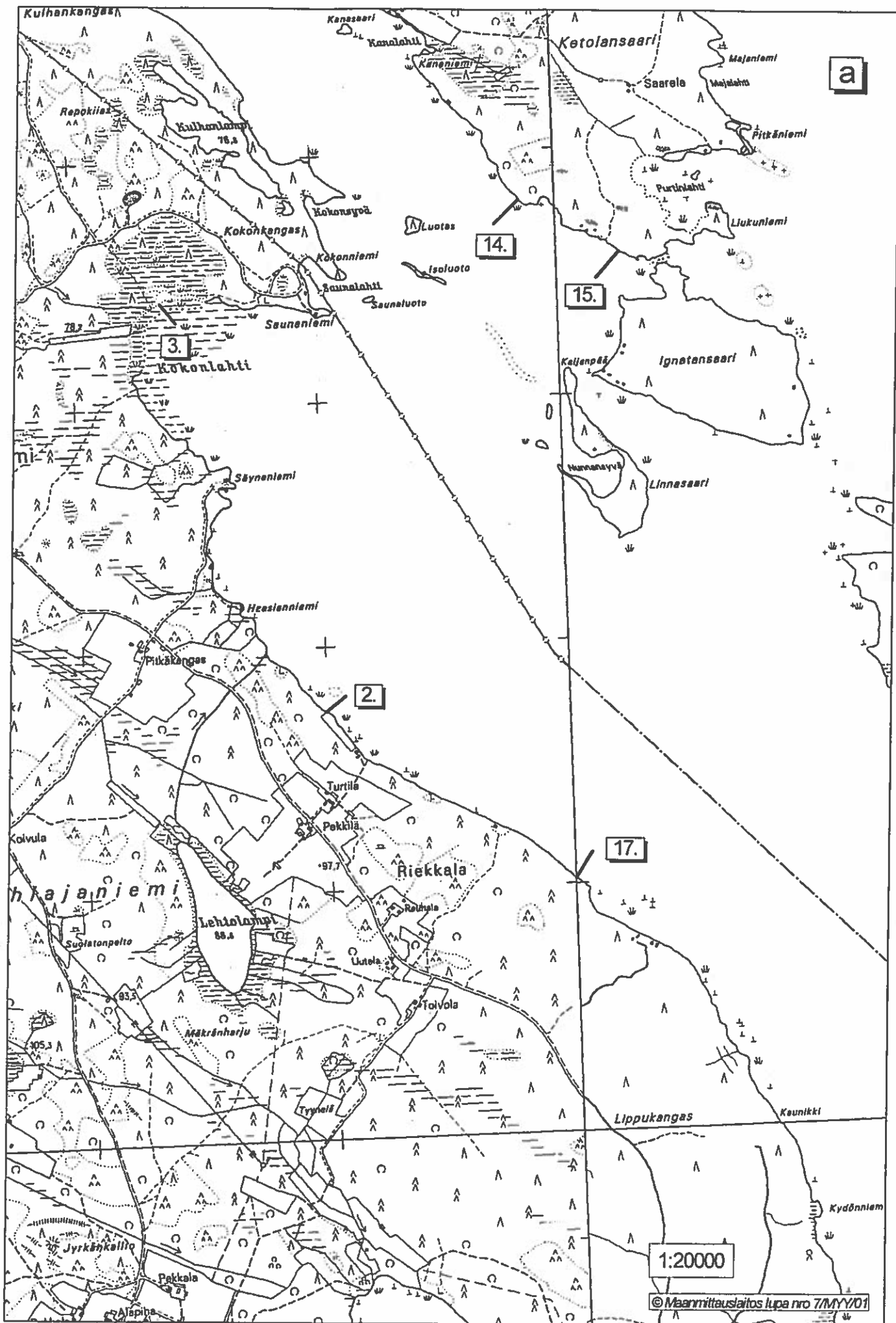
Tästä tutkimuksesta vedetyt johtopäätökset eivät välttämättä ole sovellettavissa kaikkiin järvityyppeihin. Tulevaisuudessa tutkimustietoa tarvittaisiinkin erilaisista järvityypeistä, ja ennen kaikkea siitä, mitkä kasvillisuusmuuttujat erilaisilla järvityypeillä ovat seurannan kannalta oleellisia ja millaisilla otosmäärillä saadaan riittävän hyvät lajistotiedot ja lajeista luotettavat runsaustiedot. Lisäksi haravaa ja erilaisia haroja käyttämällä saatua kasvillisuustietoa tulisi verrata sukeltamalla saatuun tietoon syvien pohjien kasvillisuudesta.

Kirjallisuus

- Hellsten, S., Huttu, U., Visuri, M., Kerätär, K., Sinisalmi, T., Riihimäki, J., Juntura, E., Väisänen, T. ja Savolainen, M. 2000a: Ähtärinjärven säännöstelyn kehittämiselvitys – nykytila ja siihen vaikuttavat tekijät sekä mahdollisuudet säännöstelyn kehittämiseen. Alueelliset ympäristöjulkaisut 148. Länsi-Suomen ympäristökeskus.
- Hellsten, S., Visuri, M., Kerätär, K. ja Savolainen, M. 2000b: Ähtärinjärven säännöstelyn kehittämiselvitys. – Perännejärven nykytila ja Ähtärinjärven säännöstelyvaihtoehtojen vaikutukset. Alueelliset ympäristöjulkaisut 155. Suomen ympäristökeskus.
- Hämet-Ahti, L., Suominen, J., Ulvinen, T. ja Uotila, P. (toim.) 1998: Retkeilykasvio. Luonnontieteellinen keskusmuseo, Kasvimuseo, Helsinki.
- Linkola, K. 1933: Regionale Artenstatistik der Susswasserflora Finnlands. *Annales Botanici Societatis Vanamo* 3(5): 1-13.
- Luther, H. 1951 Verbreitung und Ökologie der höheren Wasserpflanzen im Brackwasser der Ekenäs-Gegend in Sudfinnland. I Allgemeiner Teil *Acta Bot. Fennica* 49: 1-176.
- Maristo, L. 1941 Die Seetypen Finnlands auf floristischer und vegetations-physiognomischer Grundlage *Ann. Bot. Soc. Vanamo* 15: 1-314.
- Meriläinen, J. ja Toivonen, H. 1979 Lake Keskimmäinen, dynamics of vegetation in a small shallow lake. *Ann. Bot. Fenn.* 16:123-139.
- Mäkirinta, U. 1978 Die pflanzensoziologische Gliederung der Wasservegetation im See Kukkia, Südfinnland. -*Acta Univ. Oulu* A75: 1-157.
- Niemi, R. A. 1990: Vesimakrofytyt vesien tilan seurannassa. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja. Helsinki 1990. 98 s.
- Palomäki, R. 1992: Oulujärven rantatyyppien ja rantahabitaattien suhteellisten osuuksien arviointi. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 385: 1-31.
- Ranta, E., Rita, H., Kouki, J. 1992: Biometria. Tilastotiedettä ekologeille. Yliopistopaino, Helsinki.
- Simberloff, D. 1978: Use of rarefaction and related methods in ecology. Teoksessa: Dickson, K. L., Cairns Jr., J. ja Livingstone, R. J. (toim.), *Biological data in water pollution assessment: Quantitative and statistical analyses.* 150-165.
- Veijola, H., Meriläinen, J. ja Marttila, V. 1996: Sample size in the monitoring of benthic macrofauna in the profundal of lakes. Evaluation of the precision of estimates. – *Hydrobiologia* 322: 301-315.

Virola, T. 2000: Makrofytytien käyttö ympäristöseurannassa. - Vesipolitiikan puitedirektiivin näkökulma. Etelä-Savon ympäristökeskuksen moniste 25. 26 s.

**Näytteenottolinjojen ja sarkojen sijainti kartalla:
Niittylahti (abcd) ja Hummonselkä (ef)**



a

14.

15.

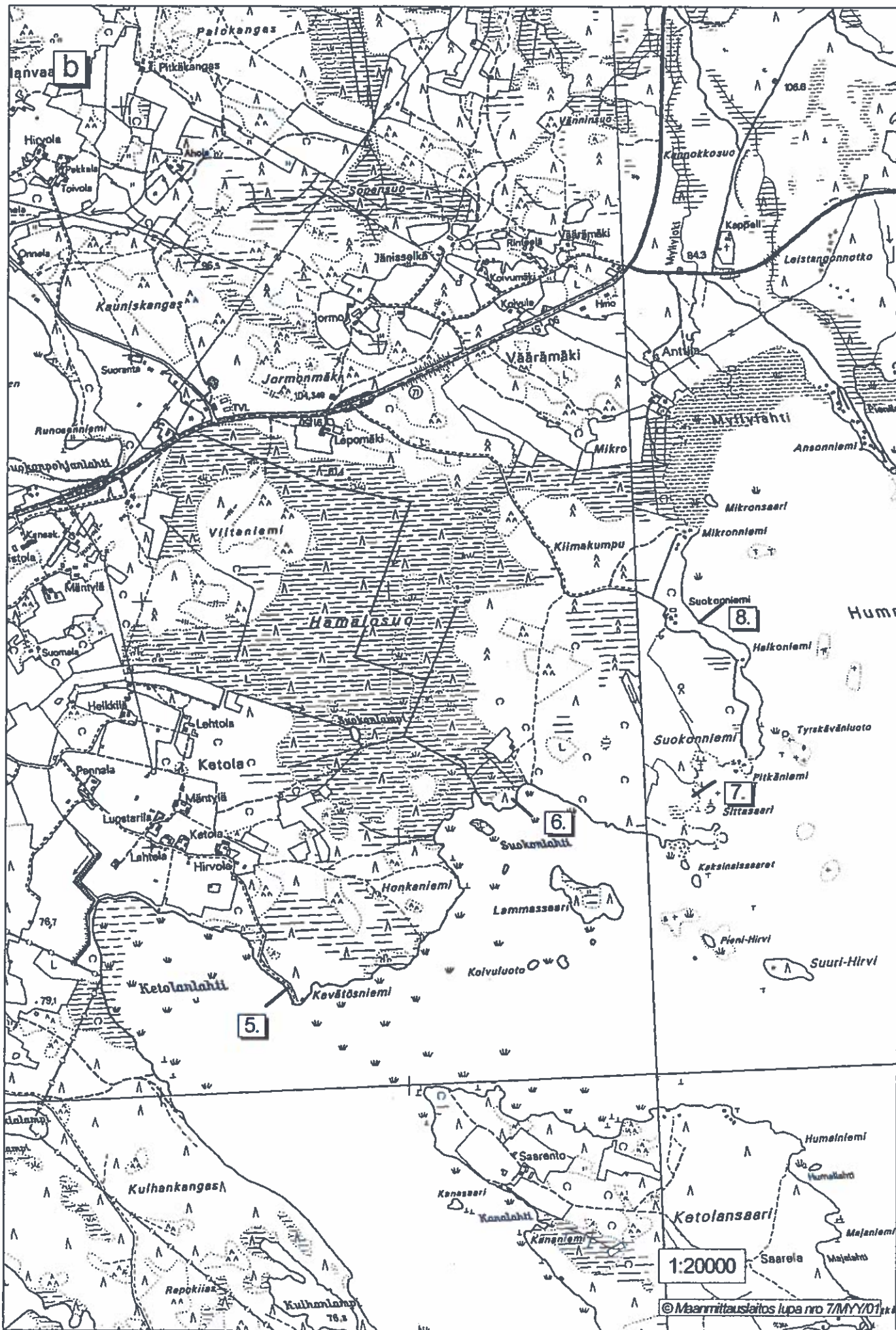
3.

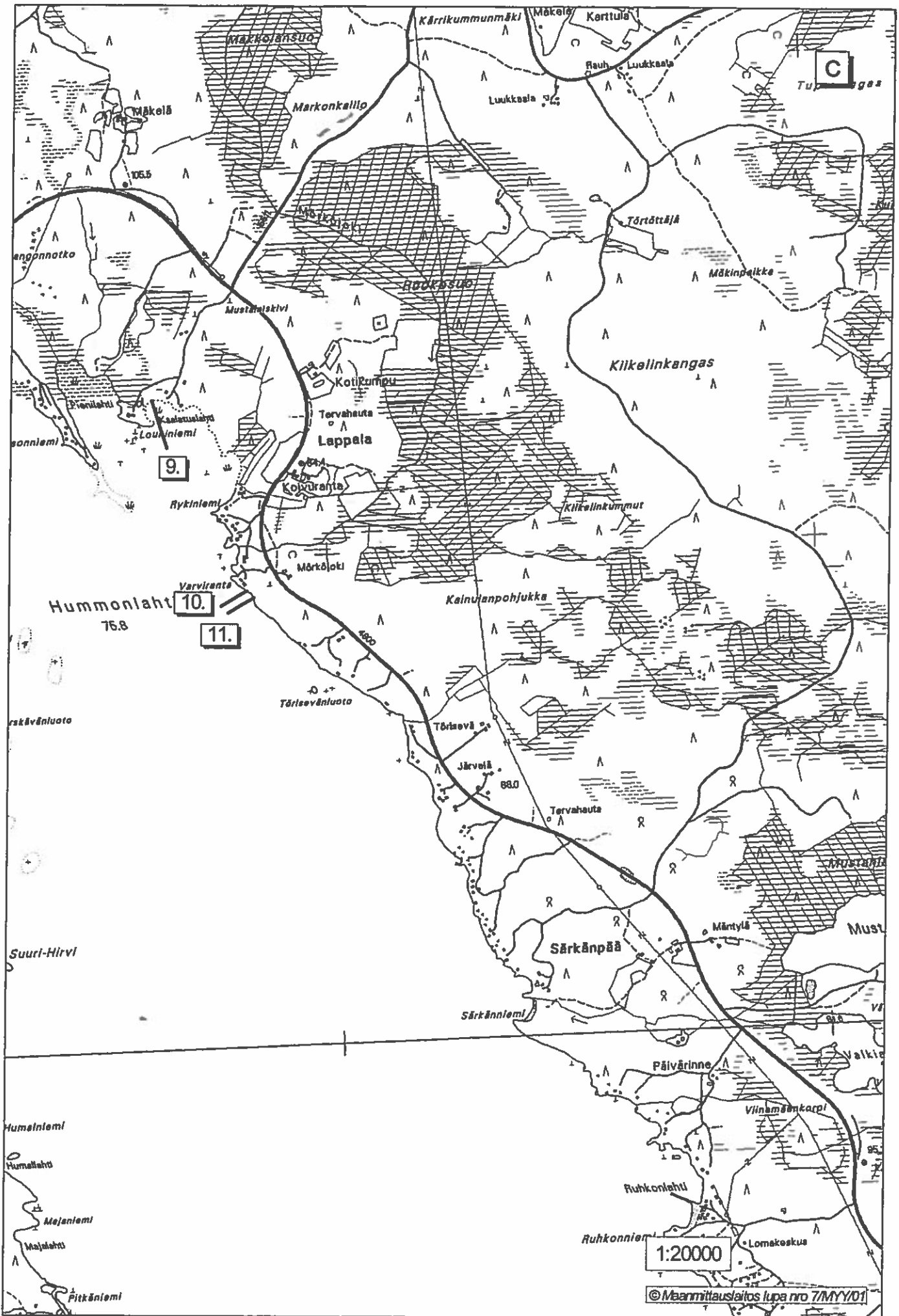
2.

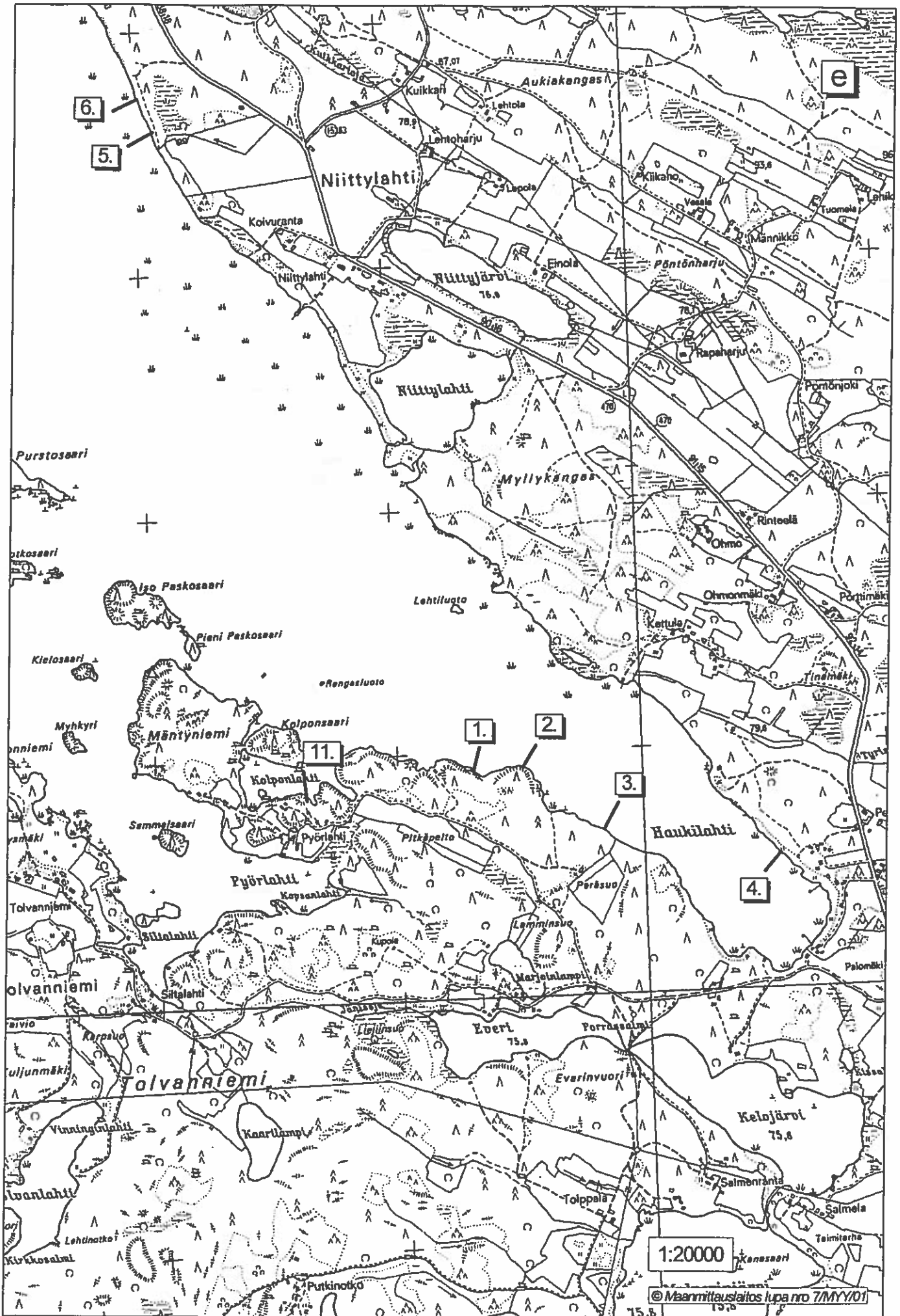
17.

1:20000

© Maanmittauslaitos lupa nro 7/MYY/01







6.

5.

e

Niittylahti

Niittylähti

Myllykangas

Haukilahti

Mäntyniemi

Pyörilähti

Tolvanniemi

11.

1.

2.

3.

4.

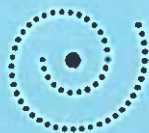
1:20000

© Maanmittauslaitos lupa nro 7/MYY/01



0420

5100



ETELÄ-SAVON
YMPÄRISTÖKESKUS

