

HAUKIEN HABITAATINVALINTA PIENISSÄ METSÄJÄRVISSÄ

Merkintä-takaisinpyyntiaineiston analysointi paikkatietomenetelmillä



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Forssa, Kestävä kehitys

Kevät, 2017

Sabrina Nykänen

Kestävä kehitys
Forssa

Tekijä	Sabrina Nykänen	Vuosi 2017
Työn nimi	Haukien habitaatinvalinta pienissä metsäjärvisissä - Merkintä-takaisinpyyntisaineiston analysointi paikkatietomenetelmillä	

TIIVISTELMÄ

Helsingin yliopiston KESKALA-hankkeen (Kestävän kalastuksen periaate kalakantojen hoidossa) tutkimusjärvien haukipopulaatioita on tutkittu pitkään merkintä-takaisinpyyntimenetelmällä. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli saada hauista kerätty tutkimusaineisto visuaaliseen muotoon ja tutkia paikkatiedon avulla haukien habitaatinvalintaa.

Tutkimusaineiston visualisointia varten järvien havaintoruutukartat ensin georeferoitiin ja digitoitiin. Haukien kutuaikaisen (viikot 16–23) ja kasvukauden aikaisen (viikot 24–41) habitaatin ominaisuuksia tutkittiin yhdistämällä haukihavainnot pyyntipaikan ominaisuuksiin. Paikkatietoanalyysillä selvitettiin, mihin havainnot keskittyivät eri pyyntikausina sekä vesikasvien elomuotojen yhteyttä havaintojen määrään. Muita tutkimusruutujen havaintojen määrään ja haukien keskipituuteen vaikuttavia tekijöitä tutkittiin korrelaatioanalyysillä (Pearsonin korrelaatio). Haukikantojen säätelyn aiheuttamia muutoksia habitaatinvalintaan selvitettiin jakamalla aineisto alamitta- ja välimittajärviin ja vertailemalla kalastusta edeltävää ja sen lopuvaiheen tilannetta keskenään.

Tutkimusaineisto georeferoitiin ja digitoitiin onnistuneesti. Paikkatietoanalyysien perusteella haukien suosimat kutuhabitaatit sijaitsivat ojen läheisyydessä ja matalissa kasvillisuuden peitossa olleissa rannoissa. Kutuajan jälkeen hauet hajautuivat laajemmalle alueelle. Kutuajana havainnot vaikuttivat olevan runsaimpia alueilla, joissa kasvoi ilmaversoisia kasveja, mutta kutuajan jälkeen vesikasvien elomuodolla ei näyttänyt olevan merkitystä hauen esiintymisen kannalta. Säätelyllä ei tämän tarkastelun perusteella voida sanoa olevan selvää vaikutusta haukien habitaatinvalintaan. Korrelaatioanalyysien tulokset ovat vain suuntaa antavia.

Avainsanat paikkatietojärjestelmät, hauki, habitaatti, merkintä-takaisinpyynti

Sivut 79 sivua, joista liitteitä 19 sivua

Sustainable Development

Forssa

Author	Sabrina Nykänen	Year 2017
Subject	Habitat choice of pike in small forest lakes – Analysis of mark-recapture data using geographical information system	

ABSTRACT

The pike populations in the study lakes of the project KESKALA (Ecosystem-based fisheries management – criteria for the sustainable fishing) led by the University of Helsinki, have been studied for a long time by mark-recapture monitoring. The aims of this thesis were to modify the pike data to visual format, and to study with spatial data the habitat choice of pike.

To visualize the research data, the lakes' observation square maps were first georeferenced and digitized. The characteristics of the pike spawning (weeks 16–23) and growth (weeks 24–41) period habitats were studied by connecting the pike observations to the observation square characteristics. Spatial analyses were used to find out, where the pike observations concentrated in different fishing seasons, and the connection of macrophytes' life forms with the number of observations. Other factors affecting the number of observations and the average size of pike in the observation squares were analyzed with Pearson's correlation coefficient. The changes in the habitat choice caused by pike fishing were evaluated by dividing the data into two lake groups depending on the fisheries regulation (minimum length limit and harvestable slot length limit), and comparing the preceding and final stage of fishing with each other.

The research material was georeferenced and digitized successfully. The spatial analyses revealed that the pike favored spawning habitats situated near streams and shallow macrophyte covered shores. After the spawning period the pike dispersed to a wider area. During the spawning period, the observations seemed to be more abundant in areas with helophytes, but after the spawning period the macrophytes' life form did not seem to have significance relative to the pike's occurrence. The fisheries' regulation did not have a clear impact on the habitat choice of pike on the grounds of this study. The results of the correlation analyses are just approximate.

Keywords geographic information systems, pike, habitat, mark-recapture

Pages 79 pages including appendices 19 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	TUTKIMUKSEN TAUSTA	2
2.1	Kestävän kalastuksen periaatteet	2
2.2	KESKALA-hankkeen tutkimusjärvien haukikantojen säätely.....	4
2.3	Hauen ekologia.....	4
2.3.1	Esiintyminen ja elinvaatimukset.....	5
2.3.2	Ravinnonkäyttö ja kasvu.....	5
2.3.3	Kutu ja liikkuminen	6
2.3.4	Kasvillisuuden merkitys osana hauen habitaattia	7
2.4	Paikkatietomenetelmät tutkimusvälineinä.....	8
2.4.1	Rasteri- ja vektorimuotoinen paikkatietoaineisto.....	8
2.4.2	Paikkatietoaineiston georeferointi ja digitointi.....	9
2.4.3	Paikkatietoanalyysit.....	10
3	AINEISTO JA MENETELMÄT	13
3.1	Tutkimusjärvet	13
3.2	Haukien merkintä-takaisinpyynti	15
3.3	Karttojen georeferointi ja digitointi	15
3.4	Tutkimusjärvien vesikasvillisuuskartoitukset.....	16
3.5	Aineiston käsittely ja analysointi.....	18
3.5.1	Tietokantojen yhdistäminen SQL-kysely-komennolla.....	18
3.5.2	Havaintojen frekvenssien havainnollistaminen	19
3.5.3	Vesikasvillisuuskartoitusten visualisointi	19
3.5.4	Vesikasvillisuudessa tapahtuneiden muutosten analysointi.....	20
3.5.5	Habitaattimuuttujien yhteys haukimuuttujiin	20
4	TULOKSET	22
4.1	Georeferointi ja digitointi.....	23
4.2	Tutkimusjärvien vesikasvillisuuden pääpiirteet ja kehitys.....	23
4.3	Haukihavaintojen jakautuminen ja frekvenssit tutkimusruuduissa.....	28
4.4	Kasvilajit suosituimmissa habitaateissa	35
4.5	Muiden habitaattimuuttujien vaikutus haukien habitaatinvalintaan.....	37
4.5.1	Habitaattimuuttujien vaikutus haukien keskipituuteen	37
4.5.2	Habitaattimuuttujien vaikutus haukihavaintojen määrään	39
5	TULOSTEN TARKASTELU	48
5.1	Tutkimusaineiston paikantamiseen vaikuttaneet tekijät.....	48
5.2	Vesikasvillisuuden kehitys ja yhteys havaintojen määrään	48
5.3	Haukihavaintojen jakautuminen eri pyyntikausina	50
5.4	Pyyntipaikan ominaisuuksien vaikutus haukimuuttujiin	51
6	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	54
	LÄHTEET.....	56

Liitteet

- Liite 1 Rasterimuotoiset paikkatiedottomat havaintoruutukartat
- Liite 2 Tutkimusjärvien vuoden 2006 vesikasvillisuuskartoituskartat
- Liite 3 Haukihavaintojen frekvenssit vuosittain
- Liite 4 Korrelaatiomatriisit

1 JOHDANTO

Hauella (*Esox lucius*) on niin vesiekosysteemin kuin kalastuksen kannalta tärkeä rooli Suomen vesistöissä. Haukea voidaankin pitää avainlajina monissa vesistöissä, ja ravintoketjun huippupetona sen tiedetään säätelevän saaliskalakantojen kokoa ja rakennetta (Craig 2008, 6; Tiainen, Olin, Lehtonen, Nyberg & Ruuhijärvi 2017, 169). Kun isoja petokaloja kuten haukia on vesistöissä riittävästi, ne pitävät muun muassa särkikalakantoja kurissa, vaikuttaen myönteisesti järvien ravintoverkkoon ja näin myös veden laatuun (Särkkä 1996, 110–111). Hauki on ahvenen ohella myös yleisimpiä vapaa-ajankalastajien saalislajeja (Luke, n.d.a). Vuonna 2015 hauen osuus vapaa-ajankalastajien Suomen sisävesistä saadusta kokonaiskalansaaliista oli 27 %, ja hieman yli 97 % kaikista sisävesissä pyydystetyistä haukisaaliista oli vapaa-ajankalastajien pyydystämää (Luke, n.d.b). Vapaa-ajankalastuksella on tämän perusteella suuri vaikutus haukikantoihin, ja varsinkin isojen yksilöiden ylikalastus voi johtaa niiden häviämiseen vesistöistä (Tiainen ym. 2017, 175–180; Nilsson, Skov & Farrell 2008, 140). Näin ollen kalastuksen säätely on tärkeää niin vesiekosysteemin, kuin vedenlaadun ylläpidon kannalta. Myös keskeisimmät hauen habitaatin rakenteet on säästettävä turvaamaan haulle luontaista elinympäristöä ja lisääntymistä, jotta kannat pysyisivät elinkelpoisina. Tästä syystä onkin tärkeää selvittää, minkälaista habitaattia hauet suosivat eri vuodenaikoina ja vaikuttaako kalastus habitaatin valintaan. Ainakin vesikasvillisuuden tiedetään olevan tärkeä osa hauen habitaattia lähes koko sen elinkaaren aikana (Craig 1996, 51–66).

Ympäristötutkimus on tärkeä osa kestäväällä pohjalla olevaa luonnonvarojen hallintaa, joka huomioi ekosysteemien toimintakyvyn ja -periaatteet. Ympäristön tutkimisella tähdätään ihmisen toiminnan vaikutuksen erottamiseen luonnon omista prosesseista, sekä pyritään löytämään keinoja, joilla voidaan minimoida aiheutettua vaikutusta, sillä päätöksenteon tueksi tarvitaan tutkimuksiin perustuvaa tietoa. Tutkimustoimintaan kohdistuvat taloudelliset paineet nostavat kuitenkin tarvetta kustannustehokkaille tutkimusmenetelmille ja usein myös jo olemassa olevan tutkimusaineiston hyödyntämistä uusiin tutkimuksiin. Paikkatietojärjestelmien rooli tässä yhteydessä on kiistaton.

Helsingin yliopiston Ympäristötieteiden laitoksen KESKALA-hankkeessa on tehty vuodesta 2005 lähtien tutkimusta kalastuksen ja kalavesien hoidon strategian kehittämiseksi, joka ohjaisi kalastusta kalavarojen biologisesti kestäväen käytön mukaisesti. Hankkeen aikana on kerätty paljon aineistoa, jota ei ole vielä siirretty paikkatietojärjestelmään. Tämän opinnäytetyön keskeiset tavoitteet ovat saada KESKALA-hankkeessa useamman vuoden ajan merkintä-takaisinpyynnillä hauista kerätty tutkimusaineisto visuaaliseen muotoon sekä tutkia paikkatiedon avulla haukien habitaatinvalintaa.

2 TUTKIMUKSEN TAUSTA

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on Helsingin yliopiston Bio- ja ympäristötieteellisen tiedekunnan Ympäristötieteiden laitos. Opinnäytetyö on osa KESKALA-hanketta (Kestävän kalastuksen periaate kalakantojen hoidossa), joka käynnistettiin Helsingin yliopiston Ympäristötieteiden laitoksella vuonna 2005. Bergsrådet Bror Serlachius Stiftelse -säätiö on hankkeen pääasiallinen rahoittaja. KESKALA-hankkeessa tehdään tutkimusta sellaisen kalastuksen ja kalavesien hoidon strategian kehittämiseksi, joka ohjaisi kalastusta kalavarojen biologisesti kestävä käytön mukaisesti. (Helsingin yliopisto, 2006a; Olin, Tiainen, Nyberg & Lehtonen 2013, 3.) Tavoitteeseen pääsemiseksi on tutkittu keskeisimpiä kalayhteisön tilaan vaikuttavia tekijöitä ja niiden välisiä vuorovaikutuksia. Tarkennettuna tutkimuksen kohteena ovat kalojen elinympäristö, kalojen ravintoeläimistö ja kalayhteisön ominaisuudet sekä kalastuksen vaikutus niihin. (Helsingin yliopisto, 2006b.) Kalalajit, joihin hankkeessa erityisesti kiinnitetään huomiota, ovat hauki, ahven ja kuha – eli eteläsuomalaisten järvien tärkeimmät petokalat (Olin ym. 2013, 3).

Hankkeen aikana on kerätty paljon aineistoa, jota ei ole vielä paikannettu. Opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa uutta tietoa KESKALA-hankkeen käyttöön käsittelemällä aiemmin hauista kerätty tutkimusaineisto hankkeelle täysin uudella tutkimusmenetelmällä, eli paikkatietojärjestelmällä. Kun haukihavainnot saadaan paikannettua, aineistoa voidaan tarkastella uudesta näkökulmasta ja yhdistää siihen muuta paikkaan sidottua tietoa, kuten kasvillisuuskartoitusten tuloksia. Opinnäytetyön keskeiset tavoitteet ovat saada KESKALA-hankkeessa useamman vuoden ajan hauista kerätty tutkimusaineisto visuaaliseen muotoon sekä tutkia paikkatiedon avulla haukien habitaatinvalintaa.

Haukien liikkumisesta ja habitaatinvalinnasta on sekä suomalaisia että ulkomaalaisia tutkimuksia, mutta ne ovat toteutettu eri menetelmillä kuin tässä opinnäytetyössä aiotaan toteuttaa. Aiemmat tutkimukset ovat olleet pääasiassa radiotelemetrisiä tutkimuksia, joissa käytetään kalojen paikantamiseen niihin kiinnitettyjä lähettämiä. Radiotelemetriaa on käytetty menetelmänä Suomessa muutamassa haukien liikkumisesta ja habitaatinvalintaa käsittelevässä tutkimuksessa, mutta merkintä-takaisinpyyntitutkimusten aineistoa ei ole vielä käytetty tämänkaltaisissa tutkimuksissa, vaikka merkintä-takaisinpyynti on menetelmänä ollut jo pitkään käytössä.

2.1 Kestävän kalastuksen periaatteet

Ihminen vaikuttaa toiminnallaan monin tavoin kalastoon ja kalojen elinympäristöön. Yksi keskeisimmistä huolenaiheista on kalastuksessa ilmenevä valikoivuus (kalalaji, kalan koko, pyyntitapa), joka voi huonontaa kalakantojen uusiutumista ja kalavesien tilaa. Valikoiva kalastus voi vaikuttaa negatiivisesti myös kalakantojen rakenteeseen ja perimään. (Lehtonen 2005,

3.) Varsinkin isojen yksilöiden ylikalastus voi johtaa niiden menetykseen monissa vesistöissä (Tiainen ym. 2017, 175–180; Nilsson ym. 2008, 140). Tämän seurauksena on syntynyt tarve kalastuksen säätelyyn, jotta kalakannat pysyisivät elinkelpoisina. Kalastuksen säätelyllä pyritään luonnonvarojen kestäväään käyttöön, joka on kirjattu myös kalastuslakiin (Helsingin yliopisto, 2006c).

Kalakantojen elinkelpoisuudella tarkoitetaan, että kalakannan eri elämäntaiheiden (poikas-, nuoruus-, aikuisvaihe sekä lisääntyminen) elinympäristön bioottiset ja abioottiset vaatimukset täyttyvät. Kalakannan elinkelpoisuus edellyttää myös, ettei kalastus ylitä kannan tuottoa tai vaaranna kalojen luontaista lisääntymistä pitkällä aikavälillä – toisin sanoen sitä, että kalastus on ekologisesti kestävällä pohjalla. Ekologisesti kestävä kalastus ei myöskään vaaranna kalakantojen geneettistä monimuotoisuutta tai muuta vesiekosysteemiä. Kestävästi toteutettu kalastus antaa myös tuleville sukupolville mahdollisuuden hyödyntää kalakantoja. (Lehtonen 2005, 3; Lehtonen 2014, 12.) Käytännössä kestävä kalastuksen periaatteita toteutetaan sekä saaliskalojen että pyydysmenetelmän valinnalla.

Kalastuksen tulisi keskittyä luontaisesti lisääntyviin ja elinvoimaisiin kalakantoihin (Lehtonen 2005, 3). Kalakannat lisääntyvät luontaisesti, kun kannassa on riittävästi emokaloja. Erityisesti suuret emoyksilöt tuottavat runsaasti elinvoimaisia poikasia ja ovat avainasemassa kalakantojen uudistumisessa. Emokalojen ikäkin vaikuttaa lisääntymismenestykseen, sillä vanhemmat yksilöt ovat kokeneempia kutijoita: ne löytävät paremmat lisääntymisalueet, ovat menestyneempiä kutukumppanin hankkimisessa ja niiden kutuaika on pidempi. Emokalojen on myös päästävä olosuhteiltaan suotuisille kutualueille, jotta kutu onnistuisi. (Helsingin yliopisto, 2006d; Olin, Estlander, Tiainen, Rask & Lehtonen 2012, 28–30.)

Istutuksien sijaan tulisi suosia luonnonlisääntymistä, ja näin siis siirtyä istutuskeskeisestä kalastuksen säätelyyn perustuvaan kalakantojen hoitoon (Lehtonen 2014, 12). Kalastuksen säätely toteutetaan kestävä kalastuksen periaatteiden mukaisesti, kun pyynti ei ole liian voimakasta, eikä kohdistu kutemattomiin tai perimältään parhaisiin yksilöihin (Helsingin yliopisto, 2006c). Yhden tai useamman kutukerran periaatteella pyritään siihen, että kalat voivat lisääntyä vähintään kerran elinaikanaan. Tästä syystä kaloja ei pitäisi pyytää ennen kuin ne ovat saavuttaneet sukukypsyyden vaatiman koon, ja kalalajeille voidaan tarvittaessa säätää alin pyyntimitta. (MMM 2015, 6.) Ylämittarajoituksella säilytetään kookkaimmat ja nopeakasvuiset yksilöt, jotka ovat perimältään parhaita. Saaliiksi tulisi siis valita keskikokoisia kaloja. Muut säätelykeinot ovat verkkojen solmuvälirajoitukset, pyydysten ja pyyntilupien määrän säätely, saaliskiintiöt sekä pyyntiaika- ja aluerajoitukset (Helsingin yliopisto, 2006c).

2.2 KESKALA-hankkeen tutkimusjärvien haukikantojen säätely

Vuonna 2008 KESKALA-hankkeessa käynnistettiin Haarajärven, Haukijärven, Hokajärven ja Majajärven haukikantojen säätely. Haukikantojen säätelyn tavoitteena oli selvittää, miten valikoiva kalastus vaikuttaa kantojen tiheyteen, biomassaan sekä koko- ja ikärakenteeseen. Samalla haluttiin vertailla eri pyyntimittojen, alamitan (40 cm) ja välimitan (40–64,9 cm), käyttöönoton aiheuttamia vaikutuksia haukikantoihin. Pyyntimittojen vaikutuksia vertailemalla pystyttiin selvittämään, miten kannat reagoivat perinteisempään alamittasäätelyyn sekä välimittasäätelyyn, jossa kestävä kalastuksen periaatteiden mukaisesti isoimmat haukiyksilöt säästetään. (Lehtonen, Estlander, Horppila, Nurminen, Olin, Rask, Ruuhijärvi & Tiainen 2017, 115–116; Tiainen ym. 2017, 172–173.)

KESKALA-hankkeen tutkimuksessa valittiin alamitaksi 40 cm, koska kaikilla tutkimusjärvillä tämä vastaa suunnilleen naarashaukien pituutta, kun ne saavuttavat lisääntymiskypsyyden. Välimitan ylärajaksi valittiin 65 cm, koska haluttiin olla varmoja siitä, että järviin jää riittävästi suuria kokoluokkia edustavia haukiyksilöitä. Alamittaa käytettiin Hokajärvellä ja Majajärvellä, ja välimittaa käytettiin Haarajärvellä ja Haukijärvellä. Tutkimuksessa pyrittiin poistamaan vuosittain sekä alamittajärvillä että välimittajärvillä 50 % poistopyynnin kohteena olevan kannanosan biomassasta. Kantojen poistopyynti jatkui vuoteen 2012 saakka, ja seuranta jatkui vielä vuoteen 2013. (Lehtonen ym. 2017, 116; Tiainen ym. 2017, 172–173.)

Haukien poistopyynnin kokonaissaalis oli 2008–2012 välisenä aikana Haarajärvellä 10,9 kg ha⁻¹ ja 22,4 kpl ha⁻¹, Haukijärvellä 12,9 kg ha⁻¹ ja 15,5 kpl ha⁻¹, Hokajärvellä 14,7 kg ha⁻¹ ja 24,2 kpl ha⁻¹ sekä Majajärvellä 22,5 kg ha⁻¹ ja 31,9 kpl ha⁻¹. (Tiainen ym. 2017, 175.) Eri pyyntimitat vaikuttivat eri tavoin haukien tiheyteen ja kokorakenteeseen. Järvillä, joissa käytettiin poistopyynnin aikana välimittaa, haukikantojen tiheys ja biomassa vähenivät vain vähän, eikä tulos ollut tilastollisesti merkitsevä. Haukien keski-koossakaan ei havaittu merkitsevää muutosta. Sen sijaan järvillä, joissa käytössä oli alamitta, haukikantojen tiheys ja biomassan määrä vähenivät sekä haukien keskikoko pieneni tilastollisesti merkitsevästi. Hokajärvellä vain tiheyden pieneneminen ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Isokokoiset hauet (> 65 cm) hävisivät alamittasäätelyn järviltä kokonaan neljän vuoden jälkeen poistopyynnin alettua. (Tiainen ym. 2017, 175–180.)

2.3 Hauen ekologia

Hauella tiedetään olevan niin vesiekosysteemin kuin kalastuksen kannalta tärkeä rooli Suomen vesistöissä. Haukea voidaankin pitää avainlajina monissa vesistöissä, ja sen tiedetään säätelevän saaliskalakantoja (Craig 2008, 6; Tiainen ym. 2017, 169). Hauki on ahvenen ohella myös yleisimpiä vapaa-ajankalastajien saalislajeja (Luke, n.d.a).

2.3.1 Esiintyminen ja elinvaatimukset

Hauki on laajasti holarktisen alueen vesistöihin levittäytynyt petokala. Hauki esiintyy koko Suomessa ja Ruotsissa, Norjassa kuitenkin vain maan kaakkoisosassa ja Ruijassa. Eteläisimmillään haukea tavataan Euroopassa Ranskassa, Italiassa, Kreikan pohjoisosissa sekä Kaukasuksessa. (Koli 1998, 69.) Luonnonvarakeskuksen (Luke) mukaan (Luke, n.d.a) hauki on ahvenen ohella Suomen sisävesien yleisin kalalaji, ja haukea esiintyy noin 80–90 % järvistä. Hauki on elinvaatimuksiltaan ja ravinnonkäytöltään hyvin sopeutuvainen, mikä on vaikuttanut hauen yleisyyteen. Haukea tavataan niin joissa ja järvissä kuin murtovesialueilla. (Craig 2008, 6–9.) Haukivesissä on oltava happea noin 3 mg/l, mutta hauki tulee toimeen myös, jos happea on 1,5–2 mg/l. Hauki sietää hyvin hapanta vettä ja sen lisääntyminen vaarantuu vasta, kun veden pH on 4,5 tienoilla. Veden lämpötilaa ei pidetä hauen levinneisyyttä rajoittavana tekijänä (Koli 1998, 69–70), mutta se vaikuttaa hauen aktiivisuuteen ja kasvunopeuteen (Johansson 2007, 61; Craig 1996, 90, 96–98). Hauen optimilämpötila on noin 19–21 °C, ja isot yksilöt viihtyvät viileämmässä vedessä kuin pienet (Craig 1996, 96–98).

Hauki sietää hyvin myös rehevöitymistä, vaikka pitkälle rehevöityneissä vesissä haukikanta usein heikkenee. Mahdollisena syynä kannan heikkenemiseen rehevöityneissä vesistöissä on osittain pidetty särkikalakantojen runsastumisen vaikutusta haukien lisääntymiseen mädin syönnin seurauksena. Osaltaan kannan heikkenemiseen vaikuttanee myös se, että rehevissä vesissä kalastetaan tehokkaasti petokaloja. (Koli 1998, 69–70.) Kolmas huomionarvoinen syy on, että rehevöityminen vaikuttaa haukikantoihin veden samenenemisen ja vesikasvillisuuden häviämisen myötä. Rehevöitymisen edetessä ravinnerikkaassa vedessä vesikasvillisuuden ja kasviplanktonin välinen kilpailu lisääntyy, jonka seurauksena vesistö voi muuttua kasviplanktonipainotteiseksi ja sameavetiseksi. Hauelle kasvillisuuden häviäminen merkitsee lajinomaisen saalistustavan vaikeutumista, altistumista predaatiolle ja kutualustojen häviämistä. Samea vesi haittaa hauen näkökykyyn perustuvaa saalistusta. (Craig 1996, 67.)

2.3.2 Ravinnonkäyttö ja kasvu

Hauet saalistavat yksin ja yleensä väijymällä saalistaan (Vehanen, Hyvärinen, Johansson & Laaksonen 2006, 154; Koli 1998, 73). Ne vaanivat suojassa ja syöksyvät ohi kulkevan saaliin kimppuun. Hauet ovat pääasiassa piskivorisia eli kalansyöjiä. (Chapman & Mackay 1984, 109.) Poikaset käyttävät kuitenkin aluksi ravinnokseen eläinplanktonia. Myöhemmin pienet hauet syövät hyönteistoukkia ja muita selkärangattomia sekä kalanpoikasia. Sisävesissä hauen kannalta tärkeimmät saaliskalat ovat särkikalat ja ahven. Hauet syövät myös lajitovereitaan. (Koli 1998, 72; Luke, n.d.a.) Hauki on joka tapauksessa saalistajana opportunistinen ja käyttää tarpeen mukaan ravinnokseen myös muun muassa sammakoita, myyriä ja vesilintujen poikasia (Luke, n.d.a).

Haukipoikanen kasvaa noin 10 cm ensimmäisenä kesänään ja kasvunopeus säilyy samana seuraavina 3–4 vuotena. Vasta sen jälkeen pituuskasvu hidastuu. 5–6 vuotiaana hauki on noin 50 cm pituinen ja se saavuttaa 1 m pituuden 6–10 vuotta myöhemmin. Sukupuoli, ravitsemustila sekä perinnölliset tekijät vaikuttavat hauen pituuden ja painon suhteen vaihteluun. Naaraat kasvavat nopeammin kuin koiraat, ja kaikki suurhauet (10–20 kg) ovat naaraita. (Koli 1998, 71–72; Luke, n.d.a.)

2.3.3 Kutu ja liikkuminen

Haukikoiraat ovat 2–4 vuoden ja -naaraat ovat 3–4 vuoden ikäisiä saavuttaessaan sukukypsyyden (Luke, n.d.a). Hauen kutuaika alkaa Suomen eteläosassa sisävesissä huhti–toukokuussa, yleensä kuitenkin toukokuun alkupuolella, kun veden lämpötila on noin 1–4 astetta. Suomen pohjoisosissa kutu alkaa myöhemmin seuraten lämpötilan kehitystä. (Koli 1998, 70.) Kutu kestää tyypillisesti 1–2 viikkoa (Luke, n.d.a). Hauet hyödyntävät sisävesissä kevättulvaa, jotta mädillä ja poikasilla olisi paremmat mahdollisuudet selvitä. Kutualueina käytetään matalavetisiä, kasvillisuus pohjaisia paikkoja. (Koli 1998, 70.) Hauelle soveltuvilla kutualueilla ei esiinny voimakasta vedenvirtausta ja ne tarjoavat jonkin tuulensuojan. Järvissä tällaiset kutuhabitatit voivat olla litoraalialueita, matalia lahtia, tulvarantoja sekä sivujokia ja -ojia. (Craig 1996, 46; Casselman & Lewis 1996, 162.) Koiraat saavuvat kutupaikoille ensimmäiseksi, naaraat tulevat vähän myöhemmin valitsemaan sopivan kutupaikan. Hauella ei ole kutureviiriä, vaan samalla kutualueella kutee monia pareja samaan aikaan. Kutupari liikkuu laajalla alueella, jotta mäti levittäytyisi tehokkaasti. Näin on varmaa, että ainakin osa paikoista on hyviä mädin kehitykselle. Poikaset eivät myöskään kasaannu niiden kuoriuduttua ja ravintokilpailu vähenee, kun mäti on hajallaan. (Koli 1998, 70.)

Aiemmat merkintätutkimukset ovat osoittaneet, että hauki on hyvin paikallinen kalalaji (Vehanen ym. 2006, 154; Koli 1998, 70). Vehanen ym. (2006, 154) mukaan paikallapysyminen voi johtua esimerkiksi taipumuksesta olla etsimättä saalista aktiivisesti uimalla. Hauen oletetaan liikkuvan pidempiä matkoja pääasiassa kutuaikana ja kutupaikkojen määrällä vesistöissä on vaikutusta liikkumismatkojen pituuteen (Koli 1998, 70). Suurin osa kutualueilta pois vaeltavista hauista palaa samalle kutualueelle, jota käyttivät edellisenä vuonna (Vehanen ym. 2006, 158; Rosell & MacOscar 2002, 191). Kalapopulaation sukukypsän osuuden koostuminen sekä vaeltavista että paikoillaan pysyvistä yksilöistä on tärkeää populaation selviytymisen kannalta esimerkiksi, jos elinympäristössä tapahtuu jokin äkillinen muutos (Vehanen ym. 2006, 154–158). Kutuajan ulkopuolella hauet liikkuvat omalla saalistusalueellaan. Hauet voivat kuitenkin liikkua pidempiä matkoja myös ravinnon perässä, esimerkiksi nousemalla jokiin saalistamaan kutumatkalla olevia salakoita. (Koli 1998, 70.)

2.3.4 Kasvillisuuden merkitys osana hauen habitaattia

Kasvillisuuden tiedetään olevan tärkeä osa hauen habitaattia lähes koko sen elinkaaren aikana. Se toimii haukien kutualustana, kuoriutuneiden alkioiden kiinnittymisalustana, poikasten kasvualueina ja on myös oleellinen komponentti aikuisten haukien reviirissä. Hauet ovat vähemmän riippuvaisia kasvillisuudesta vain isokokoisina ja kutuajan ulkopuolella. (Craig 1996, 51–66.)

Kutuhabitaattien ympäristövaatimuksien täyttyminen on kaikista tärkein edellytys elinvoimaisen haukikannan muodostumiselle, mikä tarkoittaa myös kudulle sopivan kasvillisuuden esiintymistä (Craig 1996, 63). Hauet käyttävät kutualustoinaan eläviä tai kuolleita uposkasveja sekä tulva-aikaan veden alle jääneitä maanpäällisiä kasveja. Kutualustat sijaitsevat pääasiassa matalassa vedessä (5–60 cm), vaikka syvässä järvissä kuteminen voi tapahtua osittain myös syvemmällä (2–7 m), esimerkiksi myöhään kutevien haukiyksilöiden kohdalla. (Craig 1996, 51.) Veden pinnan alla oleva kasvusto pitää mädin erillään pohjasta, missä happipitoisuudet voivat olla matalia. Hauki voi käyttää monenlaista kasvillisuutta kutualustana, eikä kasvillisuuden lajilla näyttäisi olevan suurta vaikutusta kutualustan valintaan. Toisaalta joidenkin tutkimusten perusteella näyttäisi siltä, että hauki voi välttää tiettyjen kasvilajien käyttämistä kutualustana ja, että joillakin kutualustoilla voi olla suurempi mätitiheys. Näiden tutkimusten perusteella hauen mieluisimmat kutualustat ovat sarat, heinät ja kaislat. (Craig 1996, 33, 51–52; Casselman & Lewis 1996, 162.)

Haukipoikaset kuoriutuvat kahdessa viikossa veden lämpötilan ollessa 10 astetta. Poikasten kuoriutumisen jälkeinen ruskuaispussivaihe kestää noin viikon, jonka aikana haukipoikaset käyttävät niiden päässä sijaitsevaa kiinnittymisrauhasta tarttuakseen vesikasveihin. Alkiot voivat tehdä myös lyhyitä uintimatkoja kiinnittymisalustasta toiseen. Ruskuaispussivaihe on ohi, kun poikaset ovat runsaan senttimetrin mittaisia, kiinnittymisrauhanen on pienentynyt ja uimarakko on täyttynyt ilmasta. (Koli 1998, 70; Craig 1996, 55–56.)

Kasvillisuus on myös myöhemmin tärkeä osa haukipoikasten habitaattia. Haukipoikaset tarvitsevat kasvuhabitaateillaan kasvillisuuspeitettä kätkeytyäkseen saalistukselta ja kannibalismilta, mutta kasvillisuus toimii sekä suojana, että ravinnon lähteenä myös haukipoikasten saaliille. Vesikasvillisuuden määrä ja eri lajit vaikuttavat selkärangattomien määrään ja monimuotoisuuteen. Haukipoikastiheys on suurempi alueilla, joissa on enemmän uposkasveja, kuin alueilla, joissa on enemmän ilmaversoisia kasveja tai ei ole kasvillisuutta lainkaan. Yleensä kun poikaset saavuttavat yli 20 mm koon, ne vaeltavat alueille, joissa kasvillisuus on väljempää. Vaelluksen arvellaan johtuvan muun muassa veden korkeuden laskemisesta, veden lämpötilan noususta, valon voimakkuudesta ja ravintokilpailusta. (Craig 1996, 58–62.)

Poikasvaiheen jälkeen hauet tarvitsevat edelleen sopivan suojan, jotta voisivat saalistaa lajinomaiseen tapaan (Craig 1996, 63). Ultraääni- tai radioaaltolähetintutkimuksissa on havaittu, että hauet suosivat vesistöjen litoraalialueita, joten vesikasvillisuuden on todettu olevan avaintekijä myös aikuisen hauen habitaatin valinnassa (Craig 1996, 64; Chapman & Mackay 1984, 109–115). Sekä haukipoikasia, että aikuisia haukia tavataan 35–70 % kasvillisuuden peittämällä alueilla (Craig 2008, 8). Habitaatin valintaan vaikuttanee lisäksi se, että litoraalialueet ovat tuottavia ja niissä esiintyy runsaasti hauen saaliskaloja. Tuulen synnyttämät aallot kuitenkin samentavat vettä matalilla alueilla ja, koska hauet saalistavat käyttäen näköaistia, ne voivat välttää rantavyöhykkeiden läheisyydessä olevia paikkoja tuulisuuden takia. (Craig 1996 95; Chapman & Mackay 1984, 109–115.) Chapman ja Mackay (1984, 109–115) ovat lisäksi havainneet, että isompikokoiset hauet ovat joustavampia habitaatinvalinnan suhteen. Huippupedolle joustavuus on eduksi, sillä se mahdollistaa ravinnon hankinnan vesistön kaikilta alueilta (Chapman & Mackay 1984, 109–115). Hauen koolla on vaikutusta valintaan, sillä isommat hauet (> 25 cm) havaitaan useammin suhteellisen syvässä vedessä ja kasvillisuuden ulkopuolella kuin pienemmät hauet (< 25 cm) (Craig 1996, 64–65). Pienet hauet suosivat matalia ja kasvillisuuden peittämiä alueita, koska ne tarvitsevat suojapaikkoja predaatiolta ja niiden käyttämää ravintoa on enimmäkseen tämänkaltaisissa ympäristöissä. Suuret hauet sen sijaan voivat liikkua litoraalialueelta syvempään veteen saaliskalojen perässä. Liian matala vesi ja tiheä kasvillisuus voi myös olla haitaksi suurien haukien liikkumiselle ja saalistukselle. (Craig 1996, 65–66.) Johanssonin (2007, 63) mukaan, jos vesistöjen pohjanmuodot ovat riittävän vaihtelevat, isot hauet eivät ole riippuvaisia kasvillisuudesta.

2.4 Paikkatietomenetelmät tutkimusvälineinä

Kartat ovat erinomainen tapa visualisoida paikkaan sidottua tietoa. Paikkatietojärjestelmien yhtenä suurena etuna voidaan pitää kykyä verrata saman paikan eri ominaisuuksia keskenään, mikä mahdollistaa yhteyksien ja säännönmukaisuuksien löytämisen tutkimusaineistoista (Longley, Goodchild, Maguire & Rhind 2011, 352–355).

2.4.1 Rasteri- ja vektorimuotoinen paikkatietoaineisto

Paikkatieto sisältää informaatiota tutkittavien kohteiden sijainnista ja ominaisuuksista. Paikkatiedoista koostuva aineisto voi olla rasteri- tai vektorimuotoinen, joten on tärkeää hahmottaa näiden kahden aineistomuodon eri ominaisuudet. Rasterimuotoinen aineisto on pikseleistä muodostuva kuvatiedosto, kuten ilma- ja satelliittikuvat tai maastokartta. Jokainen pikseli edustaa yhtä tiettyä arvoa tai ominaisuutta. Rasterimuotoisen aineiston tarkkuus eli resoluutio määräytyy sen pikselien koon mukaan. Esimerkiksi yksi pikseli satelliittikuvissa voi vastata 0,5 m–1 km todellisuudessa. (Longley ym. 2011, 87–88, 232–234.)

Vektorimuotoinen aineisto sen sijaan koostuu pistemäisistä, viivamaisista ja aluemaisista objekteista, jotka muodostuvat yhdestä tai useammasta tukipisteestä sekä näiden tukipisteiden koordinaattitiedoista. Muun muassa GPS-vastaanottimella maastossa kartoitetut kohteet ovat vektorimuotoisia. (Longley ym. 2011, 88–89, 234–236.) Vektorimuotoisen aineiston kohteiden sijaintia ja ominaisuustietoja voidaan muokata. Lisäksi kohteiden ominaisuustietoja voidaan etsiä tietokannasta. Vektorimuotoisen aineiston luettavuus ei heikkene skaalatessa, kuten rasterimuotoisen aineiston kärsii, mutta sen sijaintitarkkuus riippuu tiedonkeruumenetelmästä ja lähdeaineiston mittakaavasta. (Koivunen, 2001a.)

2.4.2 Paikkatietoaineiston georeferointi ja digitointi

Longley ym. (2011, 230) jakavat paikkatietoaineiston keruun ensisijaisiin ja toissijaisiin menetelmiin. Ensisijaisella menetelmällä kerätty aineisto on sellaista, joka on mitattu suoraan kohteesta, kuten erilaisilla sensoreilla suoritettut kaukokartoitukset ja GPS-vastaanottimella tehdyt mittaukset. Toissijaiset tiedonkeruumenetelmät sen sijaan tarkoittavat kaikkia niitä tekniikoita, joita käytetään tutkimukseen tarvittavan rasteri- ja vektorineiston luomiseen tulosteista. Toisin sanoen se merkitsee analogisen aineiston muuntamista digitaaliseksi. (Longley ym. 2011, 232–243.) Kaikki analoginen data pitää konvertoida digitaaliseen muotoon ennen kuin sitä voidaan käyttää paikkatietojärjestelmässä (Heywood, Cornelius & Carver 2011, 137). Tulosteet voivat olla muun muassa painettuja karttoja ja ilmapuvia, ja niistä luodaan rasteriaineistoa yksinkertaisesti skannaamalla. Yksi tärkeimmistä syistä skannata analogisia tulosteita digitaalisiksi on se, että rasterimuotoinen aineisto toimii usein pohja-aineistona sekä vektorimuotoisen paikkatietoaineiston luomisessa, että paikkatietoanalyysissä. Jotta kuva-aineisto soveltuisi edellä mainittuun tarkoitukseen, se on oikaistava johonkin koordinaattijärjestelmään, eli se on ensin georeferoitava. (Longley ym. 2011, 236–239.)

Georeferointi tarkoittaa ilman paikkatietoa olevan kartan tai kuvan asemointia vastinpisteiden avulla. Longleyn ym. (2011, 239) mukaan luotettava georeferointi edellyttää kolmea tarkkaan määriteltyä vastin pistettä, mutta Heywood ym. (2011, 138) suosittelevat käyttämään ainakin viittä vastin pistettä. Kun kuvia georeferoidaan paikkatieto-ohjelmassa, on kuvan rekisteröintivaiheessa valittava sille karttaprojektio ja koordinaattijärjestelmä, joka vastaa sen kartan järjestelmää, johon se halutaan asemoida. Tämän jälkeen referenssikartasta ja georeferoitavasta kartasta etsitään kohteita, jotka löytyvät helposti kummastakin tiedostosta. (Longley ym. 2011, 143.) Georeferoinnin lopputulos on parempi, jos vastinpisteet sijoitetaan mahdollisimman hajanaisesti karttakuvan alueelle. Paikkatieto-ohjelmistot myös ilmoittavat georeferointivirheen eli residuaalin arvon, jonka tulisi olla lähellä nollaa. Vähäinen virhe ei kuitenkaan vaikuta merkittävästi georeferoinnin tarkkuuteen. (Antikainen & Kortsalo 2012, 79.) Esimerkiksi QGIS (n.d.) suosittelee opetusmateriaalissaan pitämään georeferointivirheen 10 pikselin alapuolella.

Yleensä skannattu aineisto siis georeferoidaan, jotta se saisi maantieteellisen sijainnin ja se voitaisiin myöhemmin saattaa vektorimuotoon. Digitoinnilla tarkoitetaan vektorimuotoisen aineiston tuottamista rasterimuotoisesta aineistosta jäljentämällä, ja se jaetaan manuaalisiin ja automaattisiin menetelmiin. Ensimmäinen on yleensä aikaa vievä prosessi ja altis inhimillisille virheille. Jälkimmäinen on nopeampi ja kustannustehokas tapa luoda laajoista rasteriaineistoista vektorimuotoisia, mutta se vaatii yleensä jäljikorjauksen prosessissa syntyvien virheiden korjaamiseksi. (Longley ym. 2011, 238–242.) Manuaalinen menetelmä on kuitenkin automaattista yleisempi tapa digitoida pieniä määriä aineistoa (Heywood ym. 2011, 138), ja se soveltuu myös tämän opinnäytetyön tarkoituksiin parhaiten käsiteltävän aineiston luonteen ja suppeuden takia, joten tässä yhteydessä automaattista digitointia ei ole tarvetta käsitellä laajemmin.

Manuaalinen digitointi tehdään joko tietokoneeseen kytketyllä digitointipöydällä tai tietokoneen kuvaruudulla paikkatieto-ohjelmistossa. Georeferoidusta rasteriaineistosta digitoitavat kohteet ja kohdeluokat päätetään lopullisen kartan käyttötarkoituksen mukaan. Digitoidessa luodaan piste-mäisiä, viivamaisia ja aluemaisia kohteita. Kohteille annetaan prosessin aikana myös ominaisuustietoja, jotka tallentuvat paikkatietokantaan. (Heywood ym. 2011, 138–139.) Heywood ym. (2011, 141) pitävät manuaalista digitointia yhtenä merkittävimmistä paikannusvirheitä tuottavasta prosesseista paikkatietojärjestelmässä. Menetelmän tuottaman aineiston tarkkuus riippuu eri tekijöistä, kuten lähdeaineiston mittakaavasta ja resoluutiosta sekä käytetyn laitteiston ja ohjelmiston laadusta. Paikannusvirheitä voi tietenkin syntyä myös karttaa rekisteröitäessä, ja jos jäljentämistä ei tehdä huolellisesti, joten tuotetun aineiston virheettömyys riippuu myös sen tuottaman ihmisen kokemuksesta ja asiantuntijuudesta. (Heywood ym. 2011, 141.)

2.4.3 Paikkatietoanalyysit

Paikkatietoanalyysiksi kutsutaan kaikkia niitä paikkaan sidotun tiedon käsittelemenetelmiä, joilla lisätään sijaintitietojen arvoa, ja jotka paljastavat maantieteellisissä ilmiöissä säännönmukaisuuksia ja poikkeamia, joiden havaitseminen voisi muuten olla hankalaa. Paikkatietoanalyysijä hyödyntämällä paikkatietoaineistoilla tuotetaan uutta tietoa, jolla voidaan hakea vastauksia ennalta määritettyihin tutkimuskysymyksiin sekä edistää tehokkaan päätöksenteon toteutumista. Paikkatietoanalyysit johtavat usein myös uusien tutkimuskysymysten määrittelyyn. (Longley ym. 2011, 352; Heywood ym. 2011, 175.)

Analyysimenetelmät voidaan jakaa visuaalisiin ja laskennallisiin paikkatietoanalyysihin sekä kyselyihin. Visuaalisessa analyysissä tutkittavasta ilmiöstä tehdään johtopäätöksiä nopeasti ja intuitiivisesti ihmissilmän tarkastellessa yhdestä tai useammasta paikkatietoaineistosta koostettua kartta-

kuvaa. Vaikka visuaaliset analyysit ovat yksinkertaisempia kuin laskennalliset, ne ovat silti tehokkaita. Laskennalliset analyysit tapahtuvat paikkatieto-ohjelmistossa erilaisilla laskentaan perustuvilla operaatioilla. Kyselyt tehdään myös ohjelmistossa ja ne kohdistuvat paikkatietoaineiston ominaisuustietoihin. (Longley ym. 2011, 352; Koivunen, 2001b.)

Paikkatietoanalyysi voi olla joko vektori- tai rasteripohjainen, riippuen paikkatietoaineistosta ja analyysin tarkoituksesta (Holopainen, Tokola, Vastaranta, Heikkilä, Huitu, Laamanen & Alho 2015, 51). Tässä opinnäytetyössä työskennellään vektorimuotoisen paikkatietoaineiston kanssa, joten myös teoriaosuudessa keskitytään niihin. On siis olemassa erilaisia keinoja, joilla suoritetaan vektoripohjaisia paikkatietoanalyysijä, mutta tässä luvussa käsitellään pääpiirteittäin vain niitä menetelmiä, jotka ovat oleellisia tämän opinnäytetyön tutkimuskysymysten kannalta. Opinnäytetyössä käytetyt analyysimenetelmät ovat suhteellisen yksinkertaisia, mutta ne ovat tavoitteisiin nähden soveltuvia. Eri analyysimenetelmät voivat sopia samojen asioiden selvittämiseen, jolloin on valittava menetelmistä tehokkain. Tutkimuskysymyksiin voidaan hakea vastauksia myös yhdistelemällä eri paikkatietoanalyysimenetelmiä.

Ensinnäkin paikkatieto-ohjelmistoissa on mahdollista laskea alueiden ja luokkien pinta-aloja ja piirejä, pisteiden välisiä etäisyyksiä sekä viivojen pituuksia. Tämä tietenkin edellyttää, että karttataso on oikaistu johonkin tasokoordinaatistoon. Kun laskenta tehdään vektorimuotoiselle paikkatietoaineistolle, voidaan laskennasta saadut tulokset tallentaa myös tietokannan ominaisuustaulukkoon sen sisältämien karttakohteiden uusina ominaisuuksina, jolloin tiedot ovat tallennuksen jälkeen aina saatavilla niitä tarvittaessa. (Holopainen ym. 2015, 56; Heywood ym. 2011, 176, 178.)

Vektorimuotoisen paikkatietoaineiston puskuroinnilla tarkoitetaan puskurivyöhykkeen laskemista piste-, viiva- ja aluekohteiden ympärille. Puskuroinnin tuloksena saadaan uusi aluemainen kohde, jonka äärireuna noudattaa haluttua etäisyyttä puskuroidusta kohteesta. Puskurivyöhykkeet voidaan määrittää kaikille kohteille yhtä suureksi tai ne voivat olla eri kokoisia riippuen kohteille annetuista arvosta, jotka luetaan niiden ominaisuustaulukosta. (Holopainen ym. 2015, 51, 63; Heywood ym. 2011, 182.)

Tiedon luokittelu syntyy tarpeesta visualisoida paikkaan sidottu informaatio mahdollisimman selkeästi. Yksityiskohtaisemman ja tarkemman paikkatietoaineiston ominaisuustiedoista muodostettujen luokkien avulla aineiston sisältämän informaation hahmottaminen ja analysointi ovat ihmisilmälle helpompaa, koska luokittelu pienentää alkuperäisten muuttujien hajontaa. Menetelmä edistää myös tulosten tulkittavuutta. Tiedon luokittelun lähtökohtana on, että ihmisellä on kyky hahmottaa enintään vain 7–10 luokkaa yhtä aikaa. (Holopainen ym. 2015, 55.) Karttaa, jossa tieto on luokiteltu, kutsutaan teemakartaksi.

Kyselyt kohdistuvat vektoriaineistojen ominaisuustietoihin. Karttatasossa olevien vektorikohteiden ominaisuuksia kuvaavat tiedot ovat tallennettuina tietokantaan, joka voi olla järjestelmän ulkopuolinen tai sisäinen. Yhteys sovellukseen toteutetaan tietokantakielen eli SQL-kyselykielen (Structured Query Language) avulla. (Holopainen ym. 2015, 56.) SQL-kyselyllä voidaan muun muassa hakea tietokannan ominaisuustaulukosta tietokantakielellä määritellyjä ehtoja täyttäviä rivejä ja sarakkeita sekä luoda aineistosta osajoukkoja, joita voidaan tarkastella koko tietokannan sijaan. SQL-kysely mahdollistaa lisäksi uusien sarakkeiden luomisen, joiden arvot on laskettu jo olemassa olevien sarakkeiden arvojen perusteella, sekä kahden tai useamman tietokannan liittämisen ominaisuustiedon perusteella tulostietokannaksi. (Holopainen ym. 2015, 56–58; Pitney Bowes Software n.d.)

Jollain maantieteellisellä alueella tapahtuneita muutoksia voidaan tarkastella muutosanalyysillä. Muutoksia voidaan havainnollistaa esimerkiksi aikasarjoilla, joissa jokaisesta esitettävästä ajankohdasta tehdään oma karttansa ja muutokset esitetään rajoissa. Jotta aikasarjan eri karttakuvat olisivat vertailukelpoisia keskenään, niillä pitää olla sama luokittelu ja luokkajako. Esitettävien ajankohtien aineisto voi olla kerätty eri kriteerein ja erilaisista tietolähteistä, joten on syytä varmistaa, että aikasarjassa esiintyvät muutokset eivät johdu tiedon keruusta tai tiedon korjauksesta johtuvista eroista. (Holopainen ym. 2015, 105.)

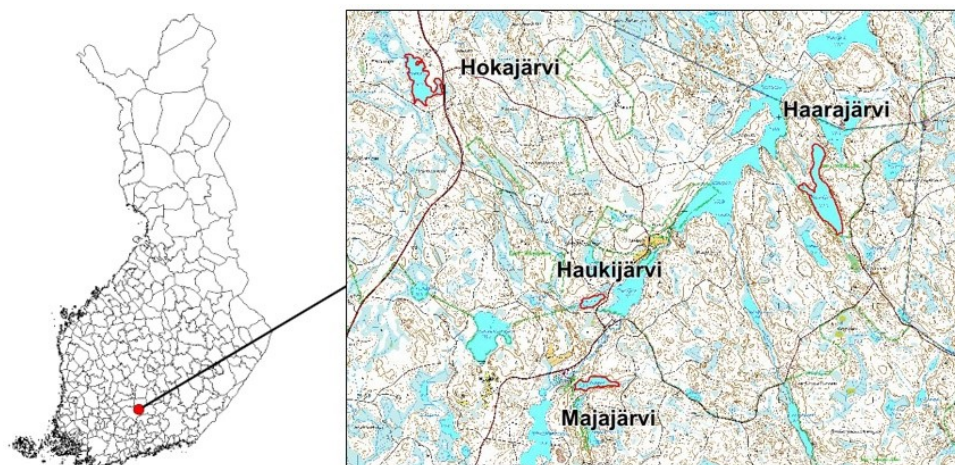
Eri karttojen ja tietokantojen kohteiden ja niiden ominaisuuksien alueellista yhteyttä voidaan tutkia päällekkäisyysanalyysillä. Yksinkertaisimmillaan päällekkäisyysanalyysi voi tarkoittaa kahden eri teemakartan asettamista päällekkäin ja niiden visuaalista vertailua. (Heywood ym. 2011, 189.)

3 AINEISTO JA MENETELMÄT

Tässä opinnäytetyössä hyödynnettiin KESKALA-hankkeessa hauista kerättyä havaintoaineistoa, jota on yhteensä kahdeksan vuoden ajalta. Aineisto on kerätty hankkeen merkintä-takaisinpyyntitutkimuksessa Hämeenlinnan Evon alueella sijaitsevilla metsäjärvillä, jotka ovat olleet pitkään rauhoitettuja tutkimuskäyttöön. Tutkimusaineiston visualisointia varten järvien tutkimusruudut ensin georeferoitiin ja digitoitiin, jotta aineisto saataisiin käyttötarkoituksen mukaisessa ja tutkimukseen soveltuvassa muodossa paikkatietojärjestelmään. Haukien kutuaikaisen ja kasvukauden aikaisen habitaatin ominaisuuksia päätettiin tutkia yhdistämällä haukihavainnot pyyntipaikan ominaisuuksiin. Paikkatietoanalyysillä pyrittiin selvittämään, mihin havainnot keskittyivät eri pyyntikausina sekä vesikasvillisuuden elomuotojen yhteyttä havaintojen määrään. Muiden habitaattimuuttujien (kasvillisuuden etäisyys rannasta, esiintymissyvyys ja peittävyys sekä pohjan kaltevuus) vaikutusta havaintojen määrään ja haukien keskipituuksien tutkimusruuduissa tutkittiin korrelaatioanalyysillä (Pearsonin korrelaatio). Haukikantojen säätelyn aiheuttamia muutoksia habitaatinvalintaan selvitettiin jakamalla aineisto alamitta- ja välimittajärviin ja vertailemalla kalastusta edeltävää ja sen loppuvaiheen tilannetta keskenään.

3.1 Tutkimusjärvet

Opinnäytetyössä käsiteltiin yhteensä neljän tutkimusjärven haukihavainnot: Haarajärvi, Haukijärvi, Hokajärvi ja Majajärvi (Kuva 1). Järvet sijaitsevat Hämeenlinnan Evon alueella ja kuuluvat Ekojärven valuma-alueeseen, joka on osa Kokemäenjoen vesistöaluetta (SYKE, n.d.). Kaikki tutkimusjärvet ovat olleet pitkään kalastuskielossa ja rauhoitettuja tutkimuskäyttöön, eivätkä ne altistu maatalouden tai teollisuuden päästöille. Tämän kaltaisissa, lähes koskemattomissa ympäristöissä kerätty tutkimusaineisto on tällä tieteenalalla yhä harvinaista. (Tiainen 2008, 14; Tiainen ym. 2017, 171.)



Kuva 1. Tutkimusjärvien sijainnit (MML, n.d.a).

Tutkimusjärvet ovat tyypillisiä pieniä (2,1–13,8 ha) runsashu-
muksisia metsäjärviä, joiden rehevyystaso on oligo-mesotrofinen (Tau-
lukko 2). Järvien keskisyvyys on 2,2–6,1 m ja suurin syvyys 6–12 m. Yksit-
täisten valuma-alueiden koot vaihtelevat 1,9–6,34 km² välillä. Kaikkien jär-
vien kesä- ja talviaikainen lämpötilakerrostuneisuus on voimakasta, minkä
vuoksi niiden alusvesi on mainittuina aikoina hapetonta (lukuun ottamatta
Haarajärveä). Tutkimusjärvillä vallitsevat kalalajit ovat hauki, ahven ja ja
särki, mutta järvillä esiintyy vaihtelevasti myös muitakin lajeja (lahna, sa-
lakka, made, siika, muikku ja suutari). Hokajärveä lukuun ottamatta järvien
kapea litoraalialue rajoittaa hauille suotuisten habitaattien tarjontaa. (Ti-
ainen 2008, 14; Tiainen ym. 2017, 171.) Lisäksi vesikasvillisuuden vähäisyys
ja korkean humuspitoisuuden aiheuttama alhainen näkösyvyys tekevät
tutkimusjärvien saalistusolosuhteista haasteelliset haukien kannalta (Saari
2014, 37).

Taulukko 1. Tutkimusjärvien koordinaatit ja morfometria (SYKE, n.d.;
SYKE, 2015; Tiainen 2008, 15)

Järvi	Koordinaatit (P, I)	Pinta-ala (ha)	Rantaviiva (km)	Keskisyvyys (m)	Suurin syvyys (m)	Valuma- alue (km ²)
Haarajärvi	6790189, 402465	13,8	2,67	6,1	12	2,11
Haukijärvi	6789048, 400011	2,1	0,66	2,2	8	5,56
Hokajärvi	6791396, 398180	8,4	2,22	4,2	6	6,34
Majajärvi	6788174, 400038	3,4	1,09	4,6	12	1,90

Taulukko 2. Tutkimusjärvien vedenlaatutiedot. Arvot ovat kasvukauden
aikaisia keskiarvoja ja vaihteluvälejä vuosien 2006–2013 näyt-
teistä (lukuun ottamatta pH:ta ja värilukua). TP = kokonaisfosfo-
ripitoisuus ja TN = kokonaistyyppipitoisuus. (Helsingin yliopisto,
2006e; Olin ym. 2013, 25–27; Tiainen ym. 2017, 171)

Järvi	TP (µg/l)	TN (µg/l)	pH	Näkösyvyys (cm)	Väriluku (mg Pt/l ⁻¹)	Klorofylli-a (µg/l)
Haarajärvi	13 (11–19)	433 (380–524)	6,3	156 (133–198)	150	7 (5–8)
Haukijärvi	30 (11–42)	644 (365–891)	6,4	84 (67–112)	330	10 (7–17)
Hokajärvi	12 (7–18)	391 (291–490)	6,1	164 (127–215)	130	4 (3–6)
Majajärvi	25 (15–36)	693 (585–862)	5,8	91 (76–112)	340	13 (6–33)

3.2 Haukien merkintä-takaisinpyynti

KESKALA-hankkeen tutkimusjärvien haukipopulaatioiden tiheyttä, biomassaa ja kokorakennetta on tutkittu 2006–2013 merkintä-takaisinpyyntimenetelmällä (Tiainen ym. 2017, 171). Menetelmällä kerättyä tutkimusaineistoa käytetään tässä opinnäytetyössä haukien habitaatinvalinnan tutkimiseen. Tutkimusaineiston keruussa käytetyt menetelmät ja keruuajankohdat eri järvillä ovat keskenään vertailukelpoisia (Tiainen 2008, 14).

Merkintä-takaisinpyynnissä yli 30 cm pituiset sukukypsät hauet merkittiin yksilöllisellä merkillä ja tunnistettiin merkissä olevan koodin avulla. Kalojen yksilölliset merkinnät mahdollistavat muun muassa kalojen liikkeiden ja kasvun selvittämisen havaintokertojen välillä. Alle 30 cm kokoisia haukia ei merkitty, koska niillä on suurempi riski kuolla merkinnän ja vapautumisen jälkeen. Kaikki hauet myös evälekattiin (vatsaevän kärki) merkin irtoamisen varalta. Tutkimuksessa käytettiin vuonna 2006 Carlin-merkkejä ja vuodesta 2007 eteenpäin käytettiin T-bar -merkkejä. Kummatkin merkit laiteaan injektioneulojen avulla hauen selkäevän tyveen. (Tiainen 2008, 10, 19; Tiainen ym. 2017, 172.) Hauet merkittiin ilman nukutusta muovisissa, tarkoitukseen soveltuissa merkintäputkissa. Merkitsemisen yhteydessä hauen pituus mitattiin 1 mm tarkkuudella putkeen asennetulla mittanauhalla. (Tiainen 2008, 19.)

Yksittäisten pyyntimenetelmien valikoivuuden minimoimiseksi merkintä-takaisinpyyntitutkimuksessa hyödynnettiin useita pyyntimenetelmiä. Ottamalla käyttöön erilaisia pyyntimenetelmiä haluttiin myös kasvattaa saalismäärää ja parantaa pyyntialueen peittävyttä. (Tiainen ym. 2017, 171.) Järvien litoraalialueet ovat olleet tasaisella kalastuspaineella (Olin 2017). Hauet ovat helpoiten pyydystettävissä kutuaikana, joten merkinnät ajoitettiin pääasiassa keväälle. Näin pystyttiin merkitsemään mahdollisimman suuri haukimäärä lyhyessä ajassa. (Tiainen 2008, 19.) Kevätpyynti aloitettiin heti jäiden lähdön jälkeen, ja pyyntivälineinä käytettiin luokkirysiä ja katiskoja 2–3 viikon ajan. Luokkirysät sijoitettiin haukien kutualueille ja katiskat sijoitettiin tasaisesti järvien rantaviivoille. Kesällä ja syksyllä haukia pyydettiin NORDIC-verkoilla ja vapavälineillä. NORDIC-verkkoja (silmäkoko 5–55 mm) käytettiin vuosittain kolme kertaa heinä–elokuussa. Vapapyynti soutuveneestä käsin ajoittui elo–syyskuulle, jolloin haukia pyrittiin pyydystämään järvien koko litoraalialueelta neljä kertaa eri päivinä ja aikoina. (Tiainen ym. 2017, 171–172.)

3.3 Karttojen georeferointi ja digitointi

Tutkimusjärvet on KESKALA-hankkeen alussa jaettu numeroituihin havaintoruutuihin (leveys rantaviivan suunnassa 25 m pienimmillä ja 50 m isoimmilla järvillä) aineistonkeruuta varten. Havaintoruudut on jaettu rantaruutuihin, joissa on alle 3 m syvä vesi, ja ulapan ruutuihin, joissa veden syvyys on yli 3 m. Järvien ruudutus on tehty skannaamalla historiallisia järvikart-

toja ja piirtämällä tutkimusruudut näiden karttojen päälle Corel Draw -ohjelmalla (Olin 2016b). Alkuperäiset kartat ovat Brofeldtin (1920) Evon kalastuskoeasema-nimisestä teoksesta. Ruudutetut järvikartat (Liite 1) ovat toimineet perustana myös haukihavaintojen sijainnin seurannassa. Vaikka haukihavainnoille on annettu tutkimusruudun tarkkuudella sijaintipaikka, KESKALA-hankkeessa ei ole aiemmin käsitelty tutkimusaineistoa paikkatietojärjestelmässä. Vailla koordinaatistoa olevat havaintoruutukartat oli oikeaistava koordinaattijärjestelmään hauista kerätyn tutkimusaineiston visualisointia ja paikkatietoanalyysyä varten, joten valmiiksi digitaalisessa muodossa olevat ruudutetut järvikartat georeferoitiin MapInfo Professional 12 -ohjelmalla. Georeferoinnin jälkeen tutkimusruudut voitiin digitoita, ja näin luoda paikkatietoon sidottu vektorimuodossa oleva aineisto. Vektoriaineisto digitoitiin manuaalisesti tietokoneen kuvaruudulla MapInfo Professional 12 -ohjelmaa hyödyntäen.

Georeferoinnin ja digitoinnin taustalla oleva materiaali saatiin tämän opinäytetyön toimeksiantajalta. Georeferoitavaan materiaaliin kuului havaintoruutukarttojen lisäksi myös järvien kasvillisuuskartat vuodelta 2006 (Liite 2). Järvien syvyyskäyriä sekä etsittiin SYKE:n avoimista paikkatietoaineistoista, että kyseltiin Hämeen ELY-keskukselta, mutta pian kävi ilmi, ettei näin pieniä järviä ole näiden tahojen toimesta kartoitettu (Seppälä 2017), joten historiallisista järvikartoista digitoitiin tutkimusjärvien havaintoruutujen lisäksi myös syvyyskäyrät. Aineistoa saatiin myös Maanmittauslaitoksen (MML) avoimien aineistojen tiedostopalvelusta, josta ladattiin kaksi eri karttaa: peruskarttarasteri (1:20 000, png) ja maastotietokanta (1:10 000, ESRI shapefile). Kyseiset kartat ovat sijaintitarkkuudellaan laadukkaimmat valtakunnallinen rasterikartta-aineisto ja maastoa kuvaava aineisto (MML n.d.b, n.d.c). MML:n kartoissa ja tässä tutkimuksessa käytetään EUREF-FIN-koordinaattijärjestelmän ETRS-TM35FIN -karttaprojektiota.

3.4 Tutkimusjärvien vesikasvillisuuskartoitukset

Vesikasvillisuuskartoituksessa päämääränä on kerätä aineisto, joka kuvaa vesistön makrofytytien eli vesikasvillisuuden koostumusta ja runsaussuhteita. Kartoituksia varten on kehitetty eri menetelmiä, joiden käyttö riippuu tutkimuksen laajuudesta ja tarkoituksesta. Järvien kasvillisuuskartoituksia tehdään yleisimmin linjamenetelmällä. Vesikasvillisuuden koostumus ja runsaussuhteet ovat myös yksi vesipolitiikan puitteiden (VPD) vesistöjen ekologisen tilan luokittelun laadullinen tekijä. (Kuoppala, Hellsten & Kanninen 2008, 7, 10–11.) Tavallisesti vesikasvillisuuskartoituksia tehdäänkin kyseiseen tarkoitukseen. KESKALA-hankeen ja tämän opinäytetyön puitteissa vesikasvillisuuskartoitukset tehtiin kuitenkin hieman eri menetelmillä kuin perinteisissä kartoituksissa, sillä myös niiden käyttötarkoitus on perinteisestä poikkeava. KESKALA-hankeen tutkimusjärvillä on tehty kahtena eri vuotena vesikasvillisuuskartoituksia, joiden päämääränä on ollut selvittää litoraalivyöhykkeen ominaisuuksia kalojen elinympäristönä (Olin, Estlander, Immonen, Jutila, Lehtonen, Nurminen, Tiainen, Valonen & Vinni 2008, 6). Koska vesikasvillisuudella on merkittävä rooli osana

haukien habitaattia, tarkoituksena oli yhdistää ruutukohtaiset haukihavainnot järvistä tehtyihin vesikasvillisuushavaintoihin.

Ensimmäiset vesikasvillisuuskartoitukset tehtiin 1.–3.8.2006 hankkeen tutkijoiden toimesta. Samana vuotena KESKALA-hankkeessa tehtiin myös muita tutkimusjärvien tilaa kuvaavia alkuselvityksiä. Kasvilajisto kartoitettiin soutuveneestä käsin tutkimusjärvien koko litoraalityyhykkeeltä. Apuna käytettiin haravaa, Luther-haravaa ja vesikiikaria. (Olin ym. 2008, 6.) Järvien kasvillisuuden niukkuudesta johtuen kartoituksissa ei tehty varsinaisia kasvillisuuslinjoja. Kasvillisuuden esiintymissyvyydet, eli missä syvyydessä rannasta kasvillisuus loppuu, mitattiin ja eri elomuotojen tiheydet ja peittävyudet arvioitiin satunnaisissa ruudukoissa. (Nurminen 2017a.)

Vuoden 2016 vesikasvillisuuskartoitukset tehtiin 2–4.8. tämän opinnäytetyön puitteissa yhdessä toimeksiantajaa edustavan ohjaajan kanssa. Tutkimusjärvillä tehtiin edelleen vain karkeat kartoitukset, sillä perinteiset vesikasvillisuuskartoitukset tehdään yksityiskohtaisemmillä menetelmillä, kuin tässä yhteydessä arvioitiin olevan tarvetta (Olin 2016a). Tarkoituksena oli vertailla vuoden 2016 tilannetta vuoden 2006 tilanteeseen ja kirjata oleelliset muutokset ylös. Kasvillisuushavainnot tehtiin soutuveneestä järvien litoraalityyhykkeillä havaintoruutukohtaisesti, ja tiedot yhdistettiin myöhemmin digitoituun ruutuaineistoon paikkatieto-ohjelmiston avulla. Jokaiselle ruudulle määriteltiin yksi valtalaji, mutta myös muu ruudussa esiintyvä vesikasvillisuus tunnistettiin ja kirjattiin ylös. Havaintoruutujen pinnalla näkyvän kasvillisuuden peittävyys arvioitiin prosentteina, ja ruuduille määriteltiin lisäksi pohjan laatu (kasvillisuus, kivi, muta, puuaines). Samalla mitattiin kasvillisuuden etäisyys rannasta ja esiintymissyvyys samasta kohdasta. Näiden kahden tiedon perusteella joka ruudulle laskettiin pohjan kaltevuus. Haukien habitaatin laajuus riippuu vesirajasta alkavan vedenalaisen rinteiden jyrkkyydestä (joka kuvaa keskimääräistä vesipatsaan paksuutta) sekä kasvillisuuden etäisyydestä rannasta. Loivaa rantaa voi pitää parempana kuin jyrkkää rantaa (Craig 1996, 32, 45–67). Jokainen tutkimusruutu myös valokuvattiin.

Vesikasvillisuuskartoituksissa hyödynnettiin myös Trimblen Geoexploder 6000 series (GeoXT 3.5G) GPS-vastaanotinta. Paikkatieto-ohjelmassa digitoitiedut havaintoruututietokannat ladattiin tarkkuus-GPS-vastaanottimeen, jonka avulla navigoitiin litoraalityyhytyyden keskipisteeseen. Kartoituksessa pyrittiin kuitenkin soutamaan vesikasvillisuuden kannalta edustavimpaan kohtaan tutkimusruudussa. GPS-vastaanottimen avulla arvioitiin myös kasvillisuuden etäisyyttä rannasta. GPS-vastaanottimeen luodun kirjaston käyttäminen havaintojen kirjaamisessa ylös todettiin aikaa vieväksi, joten tiedot merkittiin havaintolomakkeisiin. Havaintolomakkeista tehtiin järvi-kohtaisia Excel-taulukoita, jotka myöhemmin vietiin paikkatieto-ohjelmaan tietojen paikantamista varten.

3.5 Aineiston käsittely ja analysointi

Ennen paikkatieto-ohjelmistoon saattamista tutkimusaineisto oli käsiteltävä käyttökelpoiseen muotoon Excel -ohjelmalla. Merkintä-takaisinpyynnin tutkimusaineistoa esikäsiteltiin yhdessä opinnäytetyön toimeksiantajaa edustavan ohjaajan kanssa. Haukihavainnoista luotuun Excel-taulukoon jätettiin tämän opinnäytetyön puitteissa tehtävien tutkimuksien kannalta oleelliset muuttujat. Havaintoaineisto yhdistettiin kartta-aineistoon havaintojen ruututiedon perusteella, joten ruuduttomat tai muuten sijainniltaan epävarmat havainnot poistettiin aineistosta.

Haukihavainnot erottuvat toisistaan havainnon ajankohdan ja hauen pyyntimenetelmän perusteella. Haukien habitaattivalintaa päätettiin tutkia jakamalla aineisto ajallisesti kahteen osaan: kutuaikaan (huhti–toukokuu, eli kevähavainnot) sekä kutuajan jälkeiseen aikaan (kesä–syyskuu, eli kesähavainnot), jolloin hauet ovat omilla reviiressään. Kudun aikaista habitaattia tutkittiin viikkojen 16–23 havainnoilla ja kutuajan jälkeistä habitaattia viikkojen 24–41 havainnoilla. Havaintojaksojen erona ovat myös pyyntimenetelmät: kutuaikana on käytetty passiivisia pyyntivälineitä eli katiskoja ja rysiä; kutuajan jälkeen on käytetty vapavälineitä ja NORDIC-verkkoa. Poistopyynnin tiedetään vaikuttaneen tutkimusjärvien haukikantojen kokorakenteeseen ja tiheyteen (Tiainen ym. 2017, 175–180), mikä taas vaikuttaa haukien käyttäytymiseen (Sharma & Borgstrøm 2008, 6), joten haukikantojen säätelyssä käyttöönotettujen pyyntimittojen ja kasvillisuuden kehityksen vaikutusta haukien habitaatinvalintaan tutkittiin jakamalla tutkimusaineisto vuosiryhmiin, 2006–2008 (ennen kalastuksen alkua) ja 2011–2013 (kalastuksen loppuvaiheessa), joita vertailtiin keskenään.

Ulapan tutkimusruuduissa (> 3 m) tehdyt havainnot päätettiin poistaa aineistosta, sillä niiden määrä oli vähäinen. Ulapan havaintoja oli yhteensä 9 kpl: Haarajärvellä 3 kpl, Haukijärvellä 1 kpl, Hokajärvellä 4 kpl ja Majajärvellä 1 kpl. Ulapalta pyydettyjen haukien keskipituus oli 46,6 cm (vaihteluväli 20,9–92,5 cm), ja niistä vain kaksi oli alle 25 cm pituisia.

3.5.1 Tietokantojen yhdistäminen SQL-kysely-komennolla

Georeferoinnin ja digitoinnin tuloksena luodut vektorimuotoiset tutkimusruututietokannat sisälsivät ainoastaan aluemaisia kohteita ja näille määritettyjä tutkimusruutujen numeroita. Tässä opinnäytetyössä käytetyt haukihavainto- ja kasvillisuuskartoitusaineistot sen sijaan sisältävät tilastotietoa näistä maantieteellisistä alueista, mutta olivat vielä vailla paikannusta. Koska tavoitteena oli havainnollistaa paikkatietojen avulla tutkimusaineistojen sisältämää ruutukohtaista tilastotietoa, Excel-taulukoissa olevat ruutukohtaiset havaintoaineistot yhdistettiin vektorimuotoisiin litoraalialueista tehtyihin tutkimusruututietokantoihin MapInfo Professional 12 -ohjelman SQL-kysely-komennolla. Havaintoaineistoille luotiin Excel-taulukoiden pohjalta paikkatieto-ohjelmistossa tietokannat, jotta liitos onnistuisi.

SQL-kysely-komennon avulla luotiin erillisiä tulostietokantoja, joissa karttatiedot ja tilastotiedot on yhdistetty ominaisuustiedon perusteella yhdeksi tietokannaksi. Tämä tehtiin kirjoittamalla lauseke, jossa määriteltiin, miten eri tietokantojen rivit haluttiin yhdistää. Tässä tapauksessa liitos tapahtui tutkimusruudun numeron perusteella. SQL-kyselyjen tulokset tallennettiin tulevaa käyttöä varten erillisiksi tietokannoiksi.

3.5.2 Havaintojen frekvenssien havainnollistaminen

Jotta havaintojen maantieteellistä jakautumista eri vuosina ja pyyntikausina voitiin tarkastella, tutkimusjärvien haukihavainnot ryhmiteltiin ja visualisoitiin tutkimusruuduittain. Tarkoituksena oli löytää järvien kutuajan ja kasvukauden suosituimmat ruudut, eli minne järvien havainnot keskittyvät ja miten havaintojen tiheys vaihtelee tutkimusruuduissa eri ajankohtina. Vuosien välisten vaihtelun havainnollistamiseksi teemakartat tehtiin myös eri havaintovuosille erikseen vertailuvuosiryhmien lisäksi.

Havainnot esitettiin järvittäin teemakartoilla tutkimusruutujen havaintojen määrän prosentuaalisena osuutena tarkasteltavan vuoden tai vuosi-ryhmien sekä järven ja pyyntikauden kokonaissaaliista, jotta eri ajankoh- tien havaintojen määrän jakautumista voitaisiin vertailla keskenään ja vuosien väliset vaihtelut saaliin määrässä eivät vaikuttaisi tuloksiin. Ruutujen arvot laskettiin paikkatieto-ohjelmassa SQL-kyselyllä. Tutkimusjärville tehtiin omat luokittelut, koska niiden vuosittaisessa havaintojen määrässä oli suurta vaihtelua ja havainnot jakautuvat ruutuihin eri tavoin. Samojen luokkien käyttäminen olisi vääristänyt kuvaa, jota näillä kartoilla haettiin, eli mitkä ovat juuri kyseessä olevan järven suosituimmat ruudut.

3.5.3 Vesikasvillisuuskartoitusten visualisointi

Vuoden 2016 vesikasvillisuuskartoitukset päätettiin visualisoida teemakar- toilla. Vesikasvillisuushavainnot yhdistettiin digitoituihin ruututietokantoi- hin aiemmin tässä opinnäytetyössä selostetulla SQL-kysely-toiminnolla. Rantaruutuja käsiteltiin niin, että ruudun alkuperäisen ulkorajan sijaan ul- korajana oli kasvillisuuden mitattu etäisyys rannasta. Ruudut eivät yleensä olleet kokonaan kasvillisuuden peitossa, joten kokonaisten tutkimusruutu- jen käyttö tässä yhteydessä aiheutti hieman virheellisen kuvan. Rantaruu- dut muokattiin MapInfo Professional 12 -ohjelman puskurointi-komen- nolla käyttäen kasvillisuuden etäisyys rannasta -muuttujan arvoa. Kasvilli- suuden peittävyyseroja havainnollistettiin luokittelulla (luokat: 5–9, 10– 19, 20–29, 30–39, 40–49, 50–59, 60–69 ja ≥ 70). Luokittelu tehtiin kaikille järville samanlaiseksi, jotta niiden väliset erot olisivat heti havaittavissa. Vaikka luokittelutavasta johtuen syntyikin tyhjiä luokkia, se antaa toden- mukaisemman kuvan järvien peittävyyseroista. Tyhjiä luokkia muodostui, koska eri järvien peittävyysarvot eivät kattaneet kaikkia luokkia.

3.5.4 Vesikasvillisuudessa tapahtuneiden muutosten analysointi

Eri vuosien kasvillisuuskartoituksia päätettiin vertailla keskenään asemoilmaalla kasvillisuuskartat päällekkäin ja laskemalla prosentuaalisesti, kuinka monessa ruuduista on ollut muutoksia kasvillisuudessa. Samalla arvioitiin kasvillisuuden kehityssuuntaa. Vuoden 2006 kartoituksia käytettiin analyysissä suuntaa antavina, sillä opinnäytetyöntekijän saatavilla ei ollut vuoden 2006 vesikasvillisuuskarttoja (Liite 2) tarkempaa tietoa kyseisen vuoden kartoituksista. Hauen habitaatin kannalta oleellisimpana tarkkailtavana muutoksena pidettiin valtalajeissa tapahtuneita muutoksia, joten järvilla esiintyneet seoslajit ja muut pienet kasvustot jätettiin tämän tarkkailun ulkopuolelle. Muutoksen tulkittiin tapahtuneen, jos tutkimusruudusta oli hävinnyt vuonna 2006 esiintyneitä valtalajeja tai tutkimusruutuun oli ilmestynyt uusia valtalajeja vuonna 2016. Muutosanalyysissä käytettiin apuna vuoden 2016 valokuvia. Vuoden 2006 vesikasvillisuuskartoituksissa jotkut lajit oli merkitty rantaviivan toisella puolella kasvaviksi. Nämä kasvustot tulkittiin karttataarkastelussa sellaisiksi, jotka eivät kasvaneet vuonna 2006 valtalajeina vedessä.

3.5.5 Habitaattimuuttujien yhteys haukimuuttujiin

Haukien habitaatinvalintaa tutkittiin vuoden 2016 vesikasvillisuuskartoituksissa selvitettyjen habitaattimuuttujien perusteella, jotka ovat: valtalaji, kasvillisuuden etäisyys rannasta, esiintymissyvyys ja peittävyys sekä pohjan kaltevuus. Valtalajien yhteyttä havaintojen määrään tutkimusruuduissa selvitettiin kasvillisuuskarttojen ja frekvenssikarttojen päällekkäisyysanalyysillä. Eri muuttujia kuvaavat teemakartat siis asemoitiin päällekkäin ja tarkastelussa keskityttiin havaintomäärän mukaan suosituimpien ruutujen kasvilajien ja elomuotojen selvittämiseen. Tutkimusruutujen havaintojen kokonaismäärän ja haukien keskipituuden tilastollista riippuvuutta kasvillisuuden etäisyydestä rannasta, esiintymissyvyydestä ja peittävydestä sekä pohjan kaltevuudesta tutkittiin hajontakuviolla ja Pearsonin korrelaatiokertoimella. Keskipituuden kohdalla jätettiin pois ruudut, joissa ei tehty lainkaan haukihavaintoja

Tarkasteltavien muuttujien havaintoparit esitetään hajontakuviossa pisteinä. Pistejoukko muodostaa kuvion, joka voi osoittautua säännönmukaiseksi, jolloin kuvion avulla voidaan arvioida mahdollisen riippuvuuden voimakkuutta, muotoa ja suuntaa. Jos hajontakuviossa ilmenee säännönmukaisuutta, muuttujien välisen yhteyden tutkimista jatketaan laskemalla niiden välinen korrelaatiokerroin (r), jolla mitataan muuttujien välisen yhteyden voimakkuutta. Korrelaatiomatriisin avulla esitetään samaan aikaan useiden muuttujien parittaiset korrelaatiokertoimet. Pearsonin korrelaatiokerrointa käytetään riippuvuuden voimakkuuden selvittämiseen, kun muuttujat on mitattu välimatka- tai suhdeasteikolla, ja se mittaa vain muuttujien välistä lineaarista yhteyttä. Muuttujien välinen lineaarinen yhteys on voimakasta, kun korrelaatiokerroin on lähellä lukua +1 tai -1, ja kertoimen etumerkki kertoo riippuvuuden suunnan. Jos korrelaatiokerroin

on 0, yleensä se tarkoittaa, ettei muuttujien välillä ole yhteyttä. Muuttujien välillä voi kuitenkin olla muunlaista yhteyttä, vaikka yhteys ei ole lineaarinen. Poikkeavat arvot voivat myös vaikuttaa korrelaatiokertoimen arvoon. Korrelaatiokertoimen selitysasteella (r^2) ilmaistaan prosentteina, kuinka suuri osa selitettävän muuttujan (y) vaihtelusta voidaan selittää selittävän muuttujan (x) avulla. (Holopainen & Pulkkinen 2008, 229–239, 278; Heikkilä 2014, 192–193.)

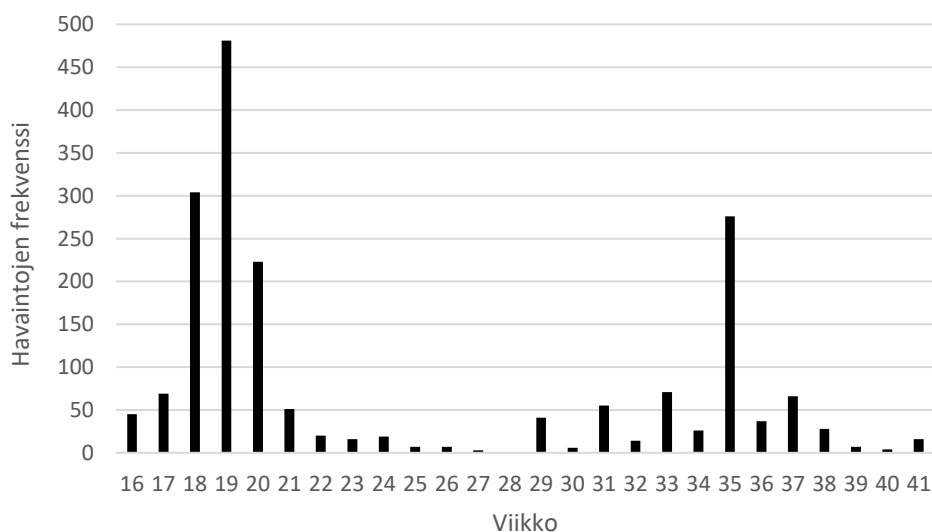
Korrelaatiokertoimen tilastollista merkitsevyyttä testataan p-arvolla, joka ilmoittaa, esiintyykö muuttujissa lineaarista riippuvuutta. Pearsonin korrelaatiokertoimen merkitsevyyden testaus edellyttää, että molemmat muuttujat noudattavat ainakin suunnilleen normaalijakaumaa. Havaintoparien määrä ja käytetty merkitsevyytaso vaikuttavat siihen, kuinka suuri korrelaatiokertoimen tulee olla, jotta tulos olisi tilastollisesti merkitsevä. Tässä opinnäytetyössä korrelaatiokertoimia pidettiin tilastollisesti merkitsevinä, jos niiden p-arvo oli 2-suuntaisessa testissä $< 0,05$. Korrelaatiokertoimen nolosta poikkeavuus tulkittiin sattumasta johtuvaksi, jos p-arvo oli suurempi kuin valittu merkitsevyytaso. P-arvot laskettiin tarkoitukseen soveltuvalla valmiilla laskentapohjalla. (Heikkilä 2014, 194–195; Holopainen & Pulkkinen 2008, 242.)

4 TULOKSET

Tässä opinnäytetyössä käsitelty tutkimusaineisto koostui yhteensä 1892 haukihavainnosta (Taulukko 3). Selvästi eniten havaintoja tehtiin Haarajärvellä (998 kpl) ja vähiten Haukijärvellä (117 kpl). Havaintoaineisto sisältää myös merkitsemättömät (< 30 cm) ja kuolleina pyydetyt hauet. Suurin osa haukihavainnoista ajoittui viikoille 16–23 eli kutuaikaan (Kuva 2). Kutuajan havaintoja oli yhteensä 1209 ja kasvukauden havaintoja 683 (Taulukko 4).

Taulukko 3. Viikkojen 16–41 havaintojen jakautuminen vuosina 2006–2013 (n=1892)

Järvi	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Yhteensä
Haarajärvi	94	122	206	136	116	129	122	73	998
Haukijärvi	16	16	10	16	10	12	17	20	117
Hokajärvi	55	25	71	79	65	67	77	41	480
Majajärvi	46	53	38	31	31	40	36	22	297
Yhteensä	211	216	325	262	222	248	252	156	1892



Kuva 2. Havaintojen ajoittuminen vuosina 2006–2013 (n=1892). Frekvenssit viikoittain. Viikkojen 16–23 havainnoilla tutkittiin kutuaikaa ja viikkojen 24–41 havainnoilla kutuajan jälkeistä aikaa.

Taulukko 4. Vuosien 2006–2013 havaintojen (n=1892) jakautuminen kutuaikaan (vk 16–23) ja sen jälkeiseen aikaan (vk 24–41)

	Viikot 16–23	Viikot 24–41	Yhteensä
Haarajärvi	653	345	998
Haukijärvi	57	60	117
Hokajärvi	327	153	480
Majajärvi	172	125	297
Yhteensä	1209	683	1892

4.1 Georeferointi ja digitointi

Georeferointivirheen eli residuaalin arvo kyettiin pitämään pääsääntöisesti nollana tai lähellä nollaa. Suurin georeferoinnissa esiintyvä residuaali oli 6 pikseliä (Taulukko 5). Georeferoinnista syntyvien virheiden minimoimiseksi jokaisen järvikartan kohdalla käytettiin 6 vastinpistettä, joiden sijainti valittiin järvien rantaviivojen muotojen perusteella siten, että kohdat olisivat selkeästi havaittavissa sekä referenssikartassa että asemoitavassa kartassa. Pisteet sijoitettiin rantaviivoille myös mahdollisimman hajanaisesti.

Rantaruutuja digitoitiin yhteensä 130 kappaletta ja ulapan ruutuja yhteensä 117 kappaletta (Taulukko 5). Historiallisista järvikartoista digitoitiin tutkimusjärvien havaintoruutujen lisäksi myös niiden syvyyskäyrät, koska syvyyskäyrästä ei ollut saatavilla päivitettyä aineistoa muista lähteistä. Digitointiprosessin aikana syntyviltä virheiltä vältyttiin muun muassa hyödyntämällä piirtovaiheessa MapInfo -ohjelman Poimi-työkalua, joka vastaa ArcGIS -ohjelman Snapping -työkalua. Työkalulla määritetään tarkasti digitoitavan kohteen sijainti suhteessa muihin kohteisiin siten, että se auttaa kursoria löytämään muiden kohteiden tukipisteet (Antikainen & Kortsalo 2012, 65). Täydentäessä digitoitujen kohteiden ominaisuustietoja pidettiin huolta siitä, että lyöntivirheitä ei syntynyt.

Taulukko 5. Residuaalin (px = pikseli) vaihteluväli ja keskiarvo sekä digitoitujen tutkimusruutujen määrä järvittäin (rantaruudut = < 3 m; ulapan ruudut = > 3 m)

	Vaihteluväli	Keskiarvo	< 3 m	> 3 m	Yhteensä
Haarajärvi	1–6 px	3,2 px	47	53	100
Haukijärvi	1–5 px	4,2 px	19	21	40
Hokajärvi	1–6 px	3,3 px	27	8	35
Majajärvi	0–6 px	2,8 px	37	35	72
Yhteensä			130	117	247

4.2 Tutkimusjärvien vesikasvillisuuden pääpiirteet ja kehitys

KESKALA-hankkeen vuoden 2007 toimintakertomukseen on raportoitu, että vuonna 2006 tutkimusjärvien vesikasvillisuus oli Hokajärveä lukuun ottamatta niukkaa ja kapealla vyöhykkeellä. Syyksi arvioitiin järvien humuspitoisuudesta johtuva alhainen näkösyvyys sekä jyrkkärantaisuus. Haarajärvellä, Haukijärvellä ja Majajärvellä kelluslehtiset kasvit (pääasiassa ulpukka ja lumme) muodostivat suurimmat vesikasvillisuusvyöhykkeet. Hokajärvellä on muita tutkimusjärviä kirkkaampi vesi ja laajemmat matalat alueet, joten vain siellä vesikasvillisuus oli runsaampaa ja ilmaversoiset kasvit (pääasiassa järvikorte, järviruoko, sarat, raate ja terttualpi) muodostivat suurimman vesikasvillisuusvyöhykkeen. (Olin ym. 2008, 20.) Liitteessä 2 on vuoden 2006 kasvillisuuskartoituksen perusteella tehdyt kartat.

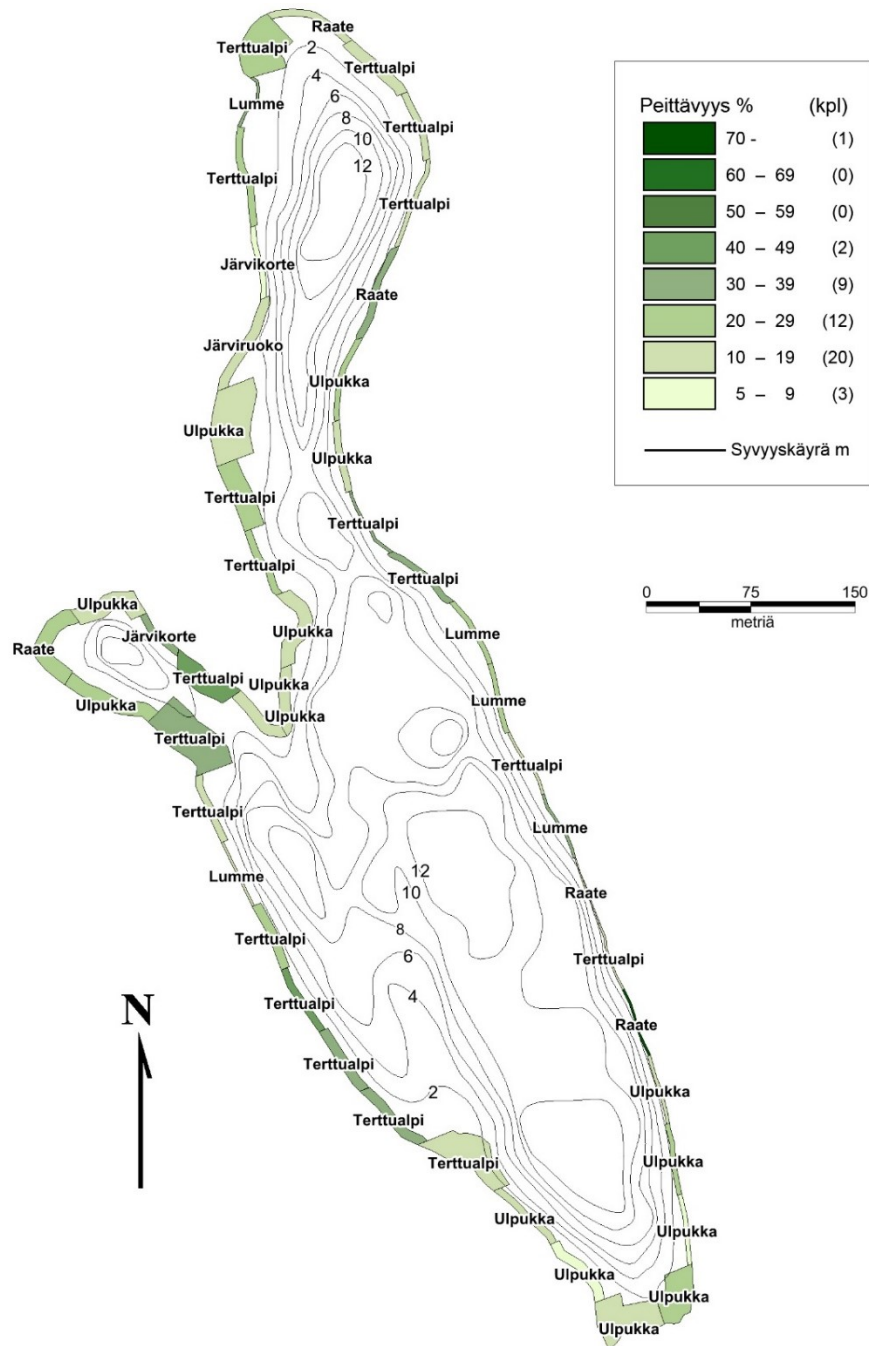
Vuonna 2016 tutkimusjärvien vesikasvillisuus oli edelleen Hokajärveä lukuun ottamatta pääsääntöisesti kapealla vyöhykkeellä (Kuvat 3–6, s. 25–28). Kasvillisuuden esiintymistä rajoittavina tekijöinä voi pitää samoja kuin 2006 kartoituksissa. Taulukossa 6 on esitetty vertailu vuonna 2006 ja 2016 tutkimusjärvillä esiintyneistä vesikasvillisuuslajeista. Lajien kirjo on ollut suurinta kumpanakin vuotena Hokajärvellä (14 ja 12 kasvilajia) ja Majajärvellä (13 ja 14 kasvilajia). Vuonna 2016 täysin kasvittomia tutkimusruutuja järvien litoraaliaalueilla ei ollut lainkaan, vaikka rannat ovat voineet olla paikoin kasvittomia. Ulpalan ruuduissa, eli yli 3 m syvillä alueilla, sen sijaan ei esiintynyt lainkaan uposkasveja tai ilmaversoisia. Kasvillisuutta esiintyi syvimmillään Haarajärvellä 0,5–2,3 m, Haukijärvellä 0,3–0,9 m, Hokajärvellä 0,7–2,5 m ja Majajärvellä 0,5–1,6 m välillä. Kasvillisuuden etäisyydet rannasta vaihtelivat Haarajärvellä 1–28 m, Haukijärvellä 0,5–6 m, Hokajärvellä 2,5–72 m ja Majajärvellä 2–9 m. Kasvillisuuden peittävyden vaihteluvälit olivat Haarajärvellä 5–70 %, Haukijärvellä 5–40 %, Hokajärvellä 5–25 % ja Majajärvellä 10–70 %. Järvien litoraaliaalueiden pohjan laatu oli valtaosin mutaa ja puuta (57,4 %, 84,2 %, 92,6 % ja 100 %).

Taulukko 6. Tutkimusjärvien vesikasvillisuuslajien kirjo kartoitusvuosina 2006 (I) ja 2016 (II) (x = 2006 mainittu tai 2016 havaittu laji)

	Haarajärvi		Haukijärvi		Hokajärvi		Majajärvi	
	I	II	I	II	I	II	I	II
Hapsivita (<i>Potamogeton pectinatus</i>)					x	x		
Järvikorte (<i>Equisetum fluviatile</i>)	x	x			x	x	x	x
Järviruoko (<i>Phragmites australis</i>)	x	x	x	x	x	x	x	x
Kurjenjalka (<i>Potentilla palustris</i>)				x		x		x
Kurjenmiekka (<i>Iris pseudacorus</i>)				x			x	x
Lumme (<i>Nymphaea candida</i>)	x	x			x	x	x	x
Myrkykeiso (<i>Cicuta virosa</i>)		x		x				x
Pikkulimaska (<i>Lemna minor</i>)								x
Pikkupalpakko (<i>Sparganium minimum</i>)					x	x		
Purovita (<i>Potamogeton alpinus</i>)	x				x		x	
Raate (<i>Menyanthes trifoliata</i>)	x	x	x	x	x	x	x	x
Rantapalpakko (<i>Sparganium emersum</i>)	x	x			x		x	x
Sara (<i>Carex sp.</i>)	x	x	x	x	x	x	x	x
Terttualpi (<i>Lysimachia thyrsoiflora</i>)	x	x			x	x	x	x
Uistinviita (<i>Potamogeton natans</i>)					x	x		
Ulpukka (<i>Nuphar lutea</i>)	x	x	x	x	x	x	x	x
Vehka (<i>Calla palustris</i>)	x	x	x	x	x	x	x	x
Vesiherne (<i>Utricularia sp.</i>)					x	x		
Vesikuusi (<i>Hippuris vulgaris</i>)							x	x
Vesitähti (<i>Callitriche sp.</i>)			x	x				
Yhteensä	10	10	6	9	14	13	12	14

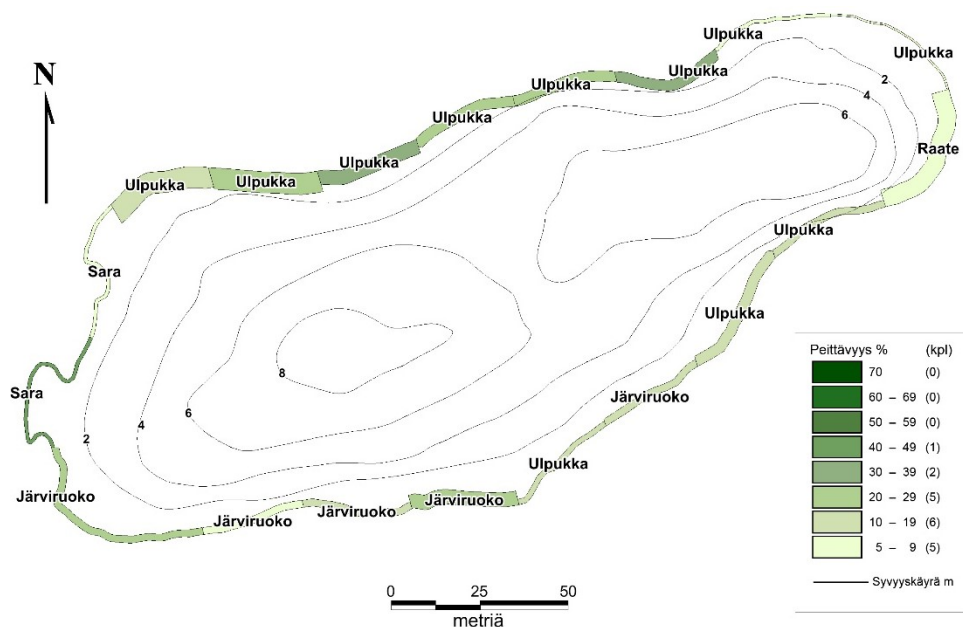
Haarajärven (Kuva 3, s. 25) ilmaversoisista vesikasveista terttualpi määriteltiin valtalajiksi 40,4 % tutkimusruuduista. Terttualpea esiintyi varsinkin Haarajärven lounaisosassa. Muita tutkimusruuduissa valtalajin aseman saavuttaneita ilmaversoisia kasveja olivat raate (10,6 %), järvikorte (4,3 %) ja järviruoko (2,1 %). Järven eri puolilla muun kasvillisuuden seassa kasvoi

myös rantapalpakkoa, saraa, vehkaa sekä myrkkyykeisoa, jota ei ollut mainittu vuoden 2006 kasvillisuuskartoituksessa. Haarajärven kelluslehtisistä vesiskasveista valtalajeiksi määriteltiin ulpukka (31,9%), jota esiintyi etenkin tulo- ja purkuojan läheisyydessä, ja lumme (10,6%). Haarajärvellä on tapahtunut muutoksia valtalajeissa 72 % tutkimusruuduista. Muutokset aiheutuivat pääasiassa terttualpeen, ulpukan ja raatteen leviämisestä ja runsastumisesta järven koko itäpuoliskolla. Samalla järvikortteen, lumpeen ja sarojen kasvustot harvenivat järven länsipuoliskolla. Lisäksi vuonna 2006 esiintynyttä uposlehtistä purovitaa ei 2016 tavattu enää tulo-ojan suulla, eikä muuallakaan järvellä.



Kuva 3. Haarajärven vuoden 2016 vesikasvillisuuskartoitus.

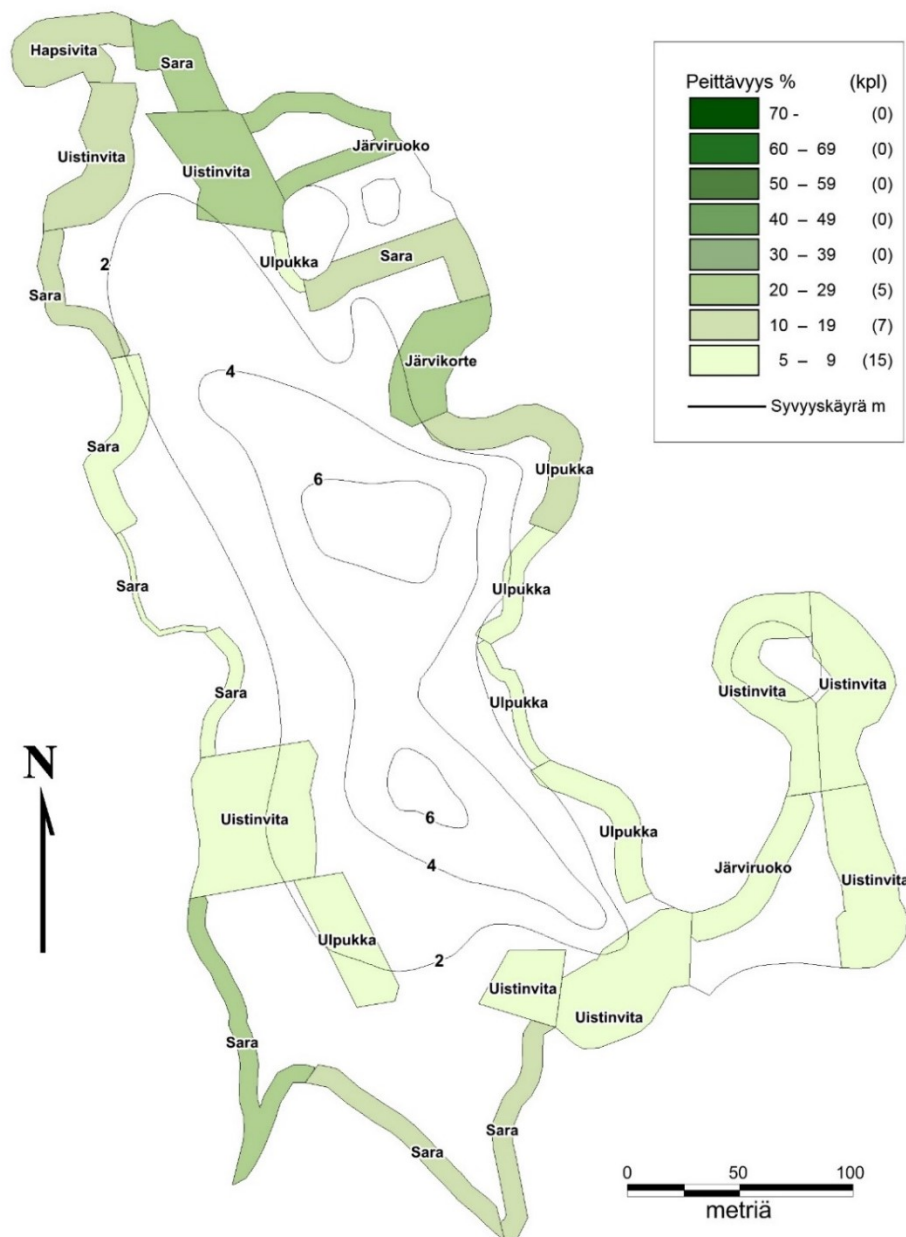
Haukijärvellä (Kuva 4) esiintyneet ilmaversoiset valtalajit olivat järviruoko (26,3 %), sara (10,5 %) ja raate (5,3 %). Valtalajien seassa eri puolella järveä kasvoi myös kurjenjalkaa, kurjenmiekkää ja myrkkyykeisoa, joita ei ollut mainittu edellisessä kasvillisuuskartoituksessa, sekä jo aiemmin järvellä tavattua vehkaa. Haukijärven ainoa kelluslehtinen vesikasvi oli ulpukka, joka sai valtalajin aseman 57,9 % järven tutkimusruuduista ja esiintyy laajemmin järven pohjoisosissa. Lähellä tulo-ojaa järven länsiosassa esiintyi pienenä kasvustona mahdollisesti myös vuonna 2006 samalla paikalla havaittua uposlehtistä vesitähteä, mutta havainto jäi epävarmaksi. Haukijärven ruuduista 42 %:ssa oli tapahtunut jokin muutos valtalajeissa. Muutokset keskittyivät valtaosin järven lounaisosaan, tulo- ja purkuojan lähetyville. Muutokset liittyivät järviruo'on ja sarojen leviämiseen rannoilta vesistöön. Vehka sen sijaan hävisi valtalajeista järven itäosassa. Haukijärven vedenkorkeus oli laskenut noin 40 cm, mutta sitä ennen se oli ollut kyseisen järven normaalitasoa huomattavasti korkeammalla, millä on voinut olla vaikutusta kasvillisuudessa tapahtuneisiin muutoksiin.



Kuva 4. Haukijärven vuoden 2016 vesikasvillisuuskartoitus.

Hokajärven (Kuva 5, s. 27) ilmaversoisista kasveista sarat oli määritelty valtalajiksi 33,3 % tutkimusruuduista. Saraa esiintyi varsinkin järven länsi- ja lounaisrannoilla. Ilmaversoisista valtalajeihin voi lukea vielä järviruo'on (7,4 %) ja järvikortteen (3,7 %). Muita järven eri puolilla muun kasvillisuuden seassa kasvavia ilmaversoisia lajeja olivat pikkupalpakko, raate, terttu-alpi ja vehka sekä kurjenjalka, jota ei ollut mainittu aikaisemmassa kasvillisuuskartoituksessa. Hokajärven kelluslehtisistä vesikasveista valtalajeina voidaan pitää uistinvitaa (29,6 %), ulpukkaa (22,2 %) ja hapsivitaa (3,7 %). Vidat olivat valtalajeja tulo- ja purkuojien läheisyydessä. Kelluslehtisistä lummetta esiintyi seoslajina. Uposlehtistä purovitaa ja ilmaversoisista rantapalpakkoa ei Hokajärvellä vuonna 2016 tavattu lainkaan. Irtokeijujaa vesihernettä tavattiin järven pohjois- ja eteläosissa ojen tuntumassa. Hoka-

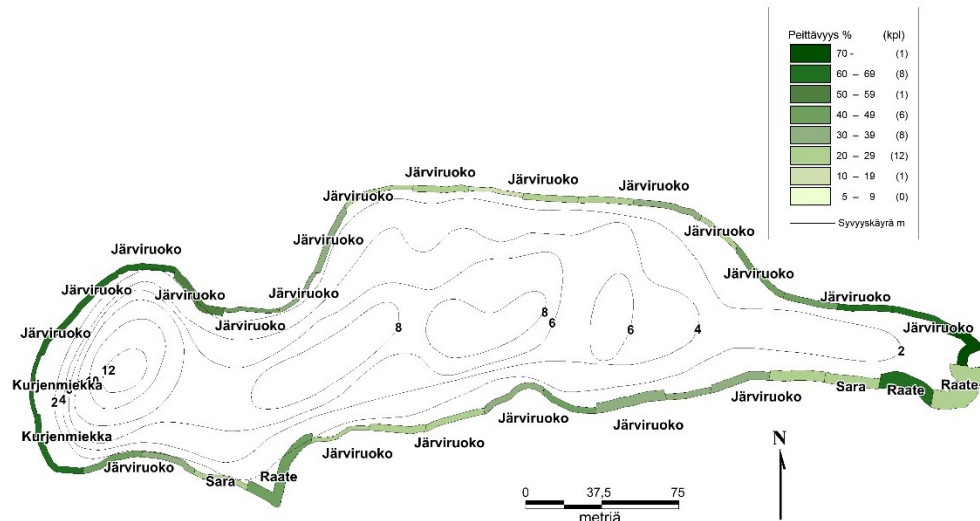
järvellä on tapahtunut muutoksia valtalajeissa 63 % tutkimusruuduista. Sarat ovat levinneet varsinkin järven länsipuolella, samalla kun järvikortteen määrä on siellä hieman vähentynyt. Pikkupalpakkoa ei tavattu enää samoissa ruuduissa kuin vuonna 2006. Purovitaa ei havaittu enää.



Kuva 5. Hokajärven vuoden 2016 vesikasvillisuuskarttoitus.

Majajärvellä (Kuva 6, s. 28) ilmaversoiset olivat ainoita, jotka vuoden 2016 kartoituksessa saavuttivat valtalajin aseman. Selvästi runsaimmin esiintyi järviruokoa, joka määriteltiin 81,1 % tutkimusruuduista valtalajiksi. Järviruokoa esiintyi koko litoraalialueella. Muut ilmaversoiset valtalajit olivat raate (8,1 %), kurjenmieikka (5,4 %) ja sarat (5,4 %). Raatetta ja saroja esiintyi valtalajeina järven tulo-ojien läheisyydessä. Järven eri puolilla muun kasvillisuuden seassa kasvoi ilmaversoisista myös järvikortetta, rantapalpakkoa, terttualpea, vehkaa ja vesikuusta sekä kelluslehtisistä lummetta ja

ulpuukkaa. Seoslajeina kasvoi paikoittain kurjenjalkaa, myrkkyykeisoa sekä vain muutamana hyvin pienenä kasvustona pikkulimaskaa (irtokelluja). Näitä lajeja ei ollut mainittu aikaisemmassa kartoituksessa. Purovitaa ei tavattu lainkaan vuonna 2016. Majajärven ruuduista 86 %:ssa on tapahtunut muutoksia valtalajeissa, joten muutokset ovat laajalla alueella. Majajärven vedenkorkeus oli noussut majavan rakentaman padon takia. Muutokset johtuivat täten mahdollisesti ilmaversoisten kasvien (sara, järviruoko, kurjenmiekkä) joutumisesta nousseen vedenpinnan alle. Purovitaa ja ranta-palpakkoa sen sijaan ei havaittu enää ojien suista.



Kuva 6. Majajärven vuoden 2016 vesikasvillisuuskarttoitus.

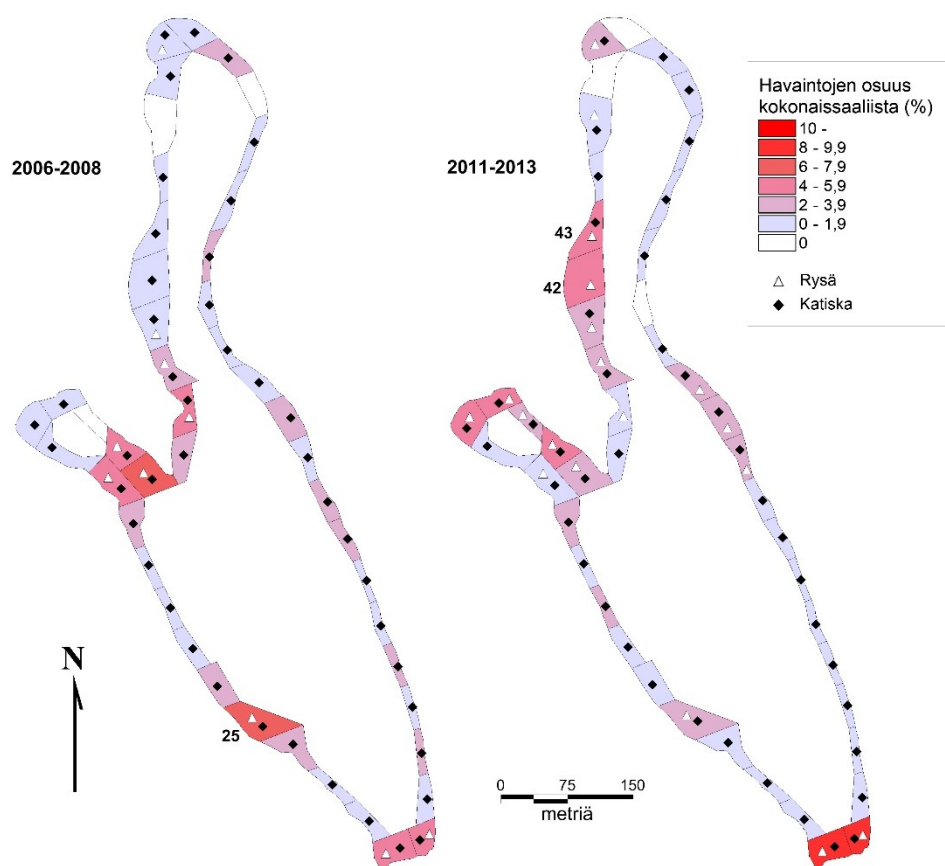
Saatavilla olleiden tietojen perusteella kasvillisuuden esiintymisetäisyydet rannasta, kasvusyvytydet ja peittävydet eivät näyttäneet muuttuneen merkittävästi. Eri vuosien kasvillisuuskarttoitusten vertailun perusteella vaikuttaisi kuitenkin siltä, että järvien valtalajistossa on tapahtunut muutoksia, jotka on otettava huomioon haukien habitaattivalintaa tarkastellessa. Vesikasvilajien määrässä ei ole tapahtunut dramaattista muutosta, mutta on mahdollista, että joko järvillä jo esiintyneet valtalajit ovat vallanneet itselleen uutta elintilaa tai ilmaversoiset kasvit ovat levinneet rannoilta veteen ja näin ehkä syrjäyttäneet vuoden 2006 valtalajeja vaikuttaen järvien valtalajien välisiin runsaussuhteisiin.

4.3 Haukihavaintojen jakautuminen ja frekvenssit tutkimusruuduissa

Tässä yhteydessä analysoidut teemakartat kuvaavat siitä, miten haukihavainnot jakautuvat järvien tutkimusruutuihin tietyllä aikavälillä. Tällä vuosiryhmiin perustuvalla paikkatietoanalyysillä haettiin vastausta siihen, miten haukihavainnot sijoittuivat maantieteellisesti kutuaikana ja sen jälkeen teemakarttojen perusteella. Samalla tarkasteltiin havaintomäärältään erottuvien tutkimusruutujen ympäristön ominaisuuksia. Analyysin perusteella voidaan sanoa, että havainnot keskittyivät kutuaikana järvien länsipuoliskolle (Majajärveä lukuun ottamatta), ojien läheisyyteen ja mataliin

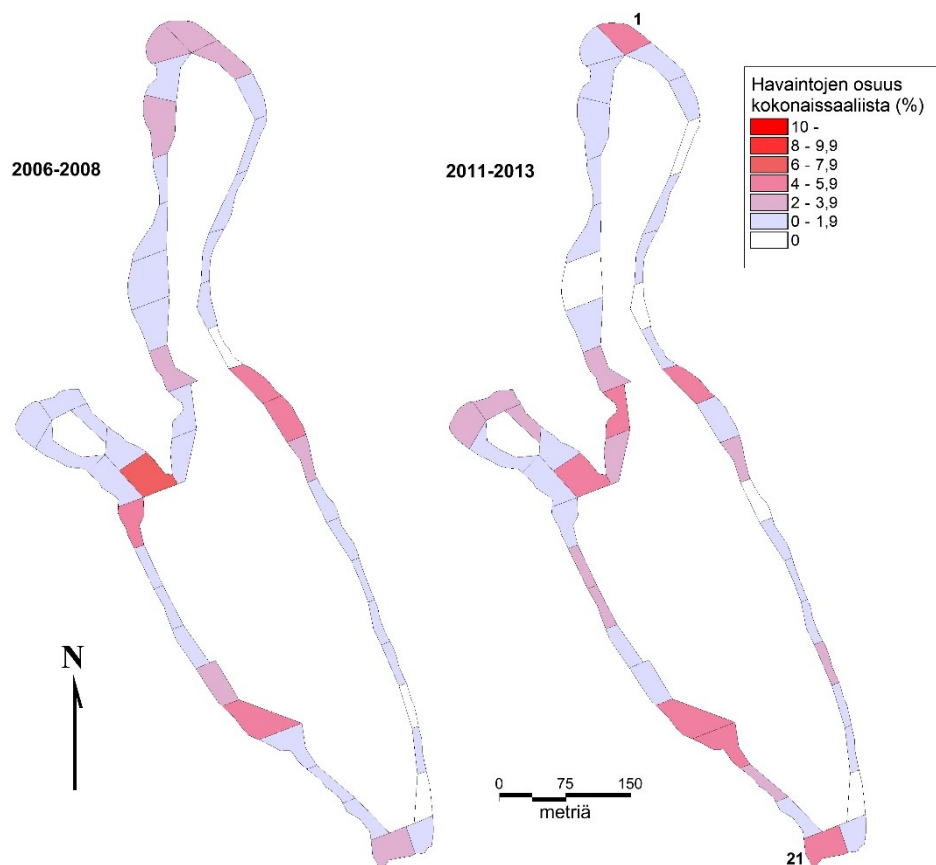
kasvillisuuden peitossa oleviin rantoihin. Kutuajan jälkeen taas samanlaista keskittymää ei ole, vaan havainnot jakautuvat hajanaisemmin ja tasaisemmin joka puolelle järveä. Vuosiryhmien (2006–2008 ja 2011–2013) välillä oli joitakin eroja keskittymässä, mutta tämän analyysin perusteella ei voida tarkalleen sanoa johtuivatko erot poistopyynnin vaikutuksesta vai kasvillisuuden kehityksestä. Kun tarkastelun kohteena olivat eri vuosille tehdyt yksittäiset teemakartat (Liite 3), niin tulokset olivat pääasiassa samoja kuin vuosiryhmätarkastelussa. Samat alueet korostuivat, mutta vuosien välinen vaihtelu oli kuitenkin suurta.

Haarajärvellä vuosina 2006–2008 ja 2011–2013 (Kuva 7) kutu aikana tehtiin havaintoja lähes joka tutkimusruudussa (93,6 % ruuduista). Teemakarttatarkastelun perusteella voidaan sanoa, että kumpanakin ajankohtana havaintojen määrä oli suurin järven länsipuoliskolla ja ojien läheisyydessä. Merkittävimmit erot näiden vuosiryhmien välillä olivat se, että 2006–2008 purkuojien tuntumassa korostuva alue sijaitsi lähempänä niemen kärkeä kuin 2011–2013; sekä se, että 2006–2008 teemakartassa järven lounaisosassa erottuu oja-alueiden lisäksi yksittäinen ruutu (ruutu 25, johon laskee pieni puro), mutta vuosina 2011–2013 erottuu kaksi ruutua (ruudut 42–43) niemen jälkeen pohjoiseen mentäessä.



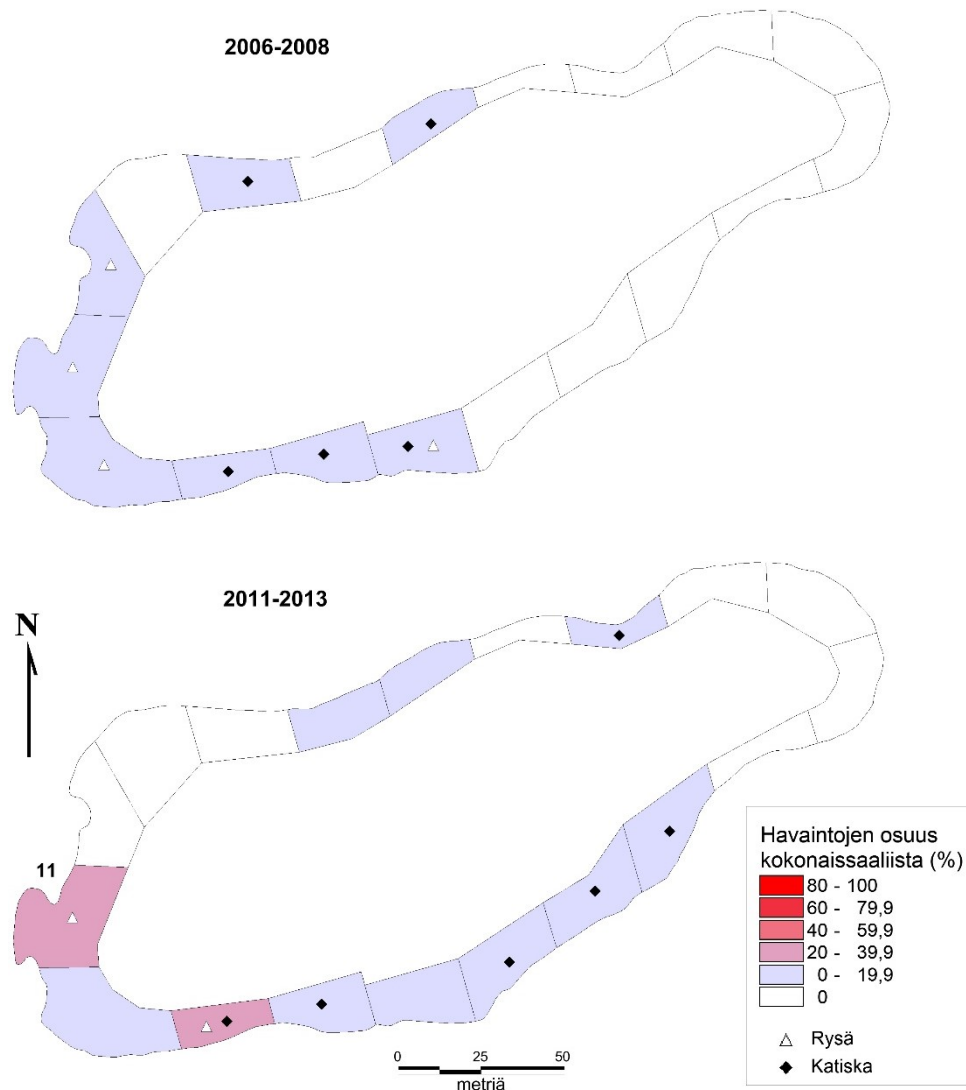
Kuva 7. Havaintojen jakautuminen 2006–2008 ja 2011–2013 kutu aikana Haarajärvellä. Kartassa näkyvät numerot ovat tutkimusruutujen numeroita.

Vuosina 2006–2008 ja 2011–2013 (Kuva 8) kutuajan jälkeisenä aikana haukia pyydettiin Haarajärvellä edelleen lähes joka ruudusta (93,6 % ja 89,4 % ruuduista). Havaintoja tehtiin hajanaisemmin, sillä suosituimmat ruudut eivät sijainneet enää vain järven länsipuolella, vaan niitä oli myös järven itäpuolella ja pohjoisessa. Kummankin vuosiryhmän haukihavaintojen määrä oli kutuajan jälkeen suurinta järven keskiosan ruuduissa niemen tuntumassa sekä lounaisosassa samassa kohdassa kuin vuosina 2006–2008 kutuaikaan. Edellä mainittujen alueiden lisäksi vuosina 2011–2013 myös tulo-oja (ruutu 21) ja aivan pohjoisessa yksittäinen ruutu (ruutu 1) erottuvat selkeämmin kuin vuosina 2006–2008.



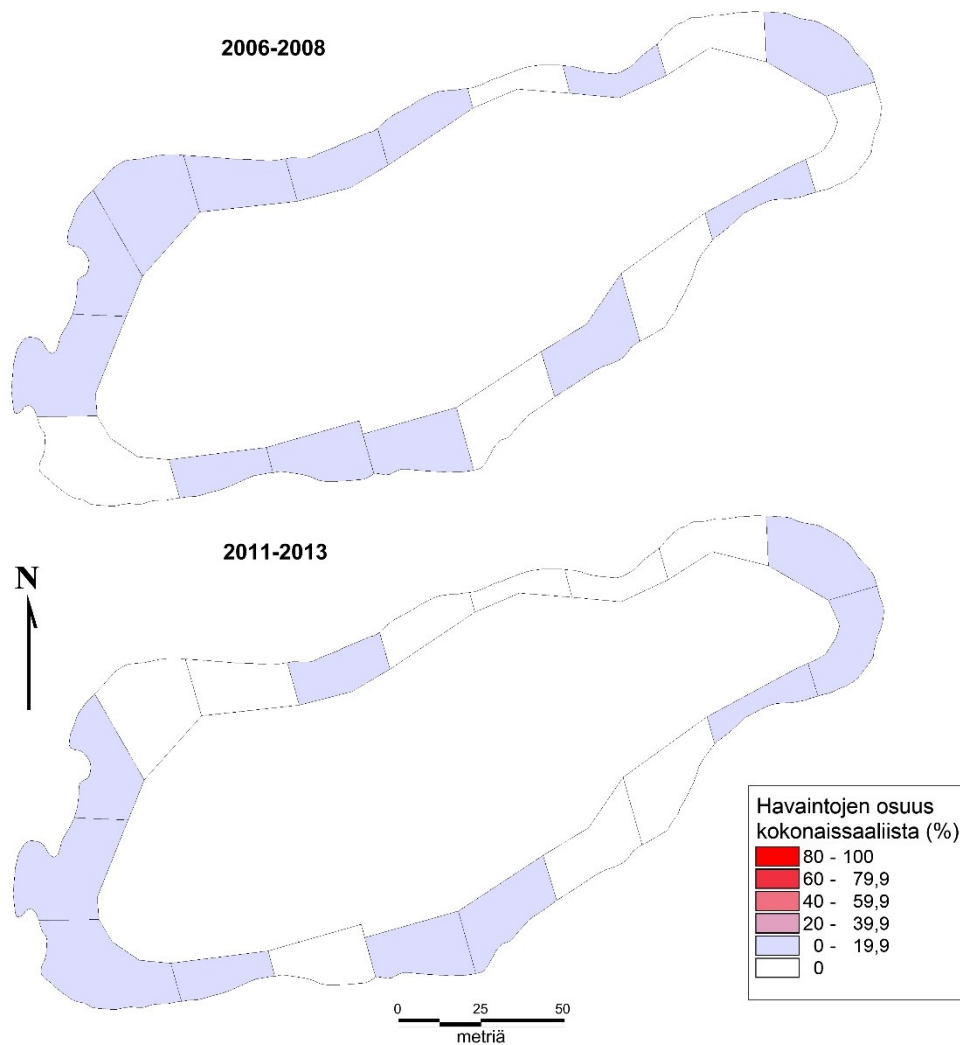
Kuva 8. Havaintojen jakautuminen 2006–2008 ja 2011–2013 kutuajan jälkeen (viikot 24–41) Haarajärvellä. Kartassa näkyvät numerot ovat tutkimusruutujen numeroita.

Haukijärvellä vuosina 2006–2008 (Kuva 9, s. 31) kutuaikaan havainnot sijoittuivat vain järven länsipuoliskon ruutuihin (42,1 % ruuduista), jossa myös järven tulo- ja purkuoja sijaitsevat. Havainnot jakoutuivat tasaisesti niihin ruutuihin, joissa niitä tehtiin. Vuosina 2011–2013 (Kuva 9, s. 31) samana pyyntikautena tilanne oli hieman muuttunut, sillä haukia pyydettiin jonkin verran myös järven itäpuoliskolla, vaikka aivan itäisimmät ruudut olivat havainnottomia. Eniten tutkimusruutuja, joissa tehtiin havaintoja (57,9 % ruuduista), oli järven lounais- ja eteläpuolella, ja eniten haukia pyydettiin järven lounaisosassa tulo-ojan läheisyydessä (ruutu 11).



Kuva 9. Havaintojen jakautuminen 2006–2008 ja 2011–2013 kutuajana (viikot 16–23) Haukijärvellä. Kartassa näkyvä numero on tutkimusruudun numero.

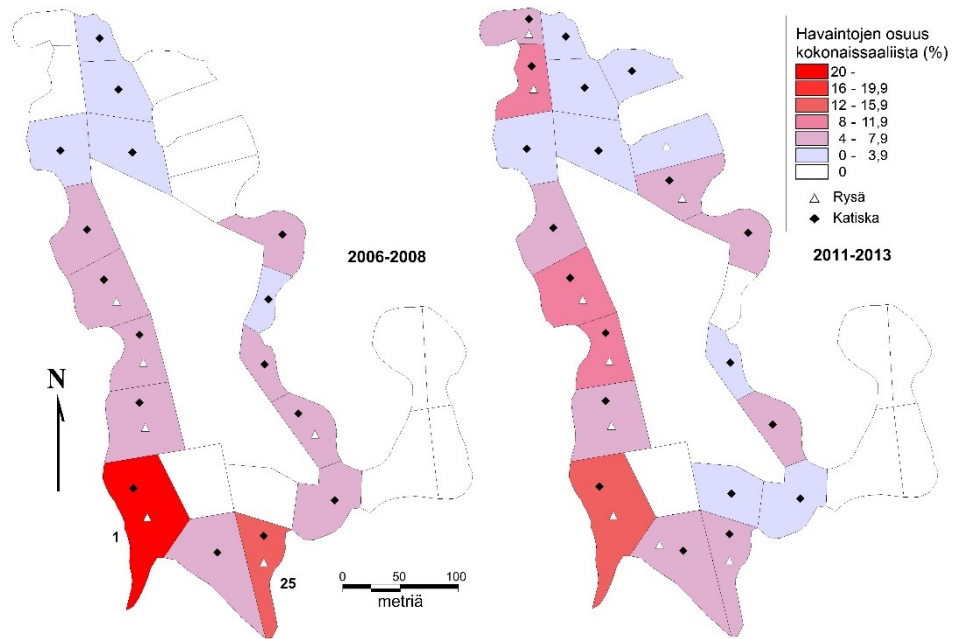
Vuosina 2006–2008 (Kuva 10, s. 32) kutuajan jälkeen havaintoja tehtiin Haukijärvellä laajemmalla alueella (68,4 % ruuduista) kuin samoina vuosina kutuajaan, koska haukia pyydettiin myös järven itäpuoliskolta. Vuosina 2011–2013 (Kuva 10, s. 32) kutuajan jälkeen tutkimusruutuja, joissa oli tehty havaintoja (52,6 % ruuduista), oli vain yksi vähemmän kuin kutuajana samoina vuosina, mutta järven lounaisosa ei korostunut enää ja itäisimmissä ruuduissa oli myös tehty haukihavaintoja. Ainoa ero kutuajan jälkeisen ajan eri vuosiryhmien välillä oli, että vuosina 2011–2013 Haukijärven pohjoisella puolella oli enemmän ruutuja, joissa ei tehty lainkaan haukihavaintoja.



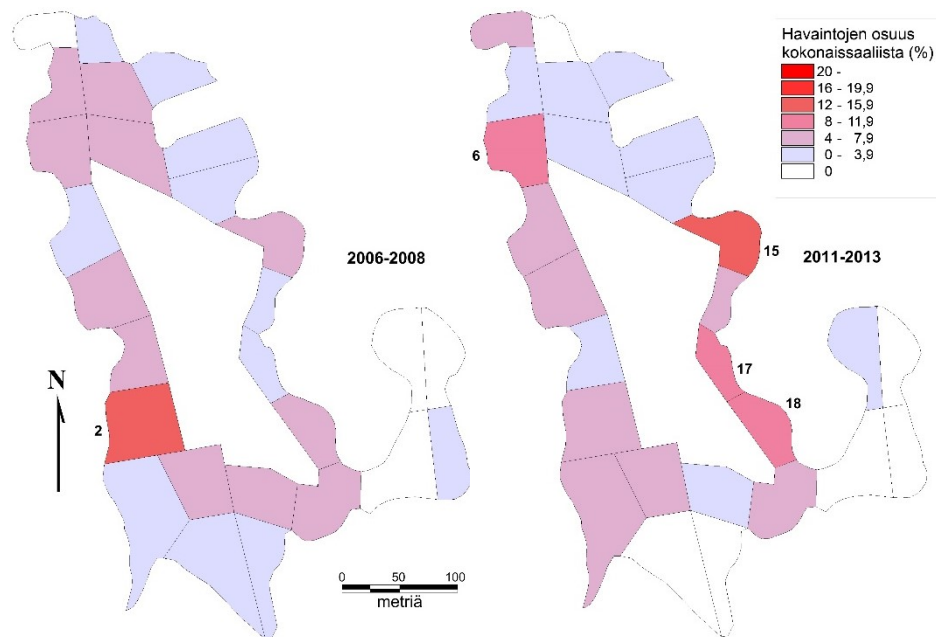
Kuva 10. Havaintojen jakautuminen 2006–2008 ja 2011–2013 kutuajan jälkeen (viikot 24–41) Haukijärvellä.

Hokajärven vuosien 2006–2008 (Kuva 11, s. 33) kutuajan haukihavainnot jakautuivat laajalle alueelle (59,3 % ruuduista). Havaintojen määrä oli suurinta purkuojan läheisyydessä, ja niiden määrä vaikuttaa teemakartan mukaan vähenevän pohjoiseen mentäessä. Vuosina 2011–2013 (Kuva 11, s. 33) samana pyyntikautena havaintoja oli tehty laajemmalla alueella (77,8 % ruuduista), ja tällä ajanjaksolla myös tulo-ojan läheinen alue oli suosituimpien ruutujen joukossa. Havainnot eivät enää vähentyneet pohjoiseen mentäessä, vaikka eniten havaintoja tehtiin edelleen purkuojan lähellä. Havainnot näyttivät painottuvan järven länsipuolelle.

Kutuajan jälkeisenä aikana havainnot eivät Hokajärvellä enää painottuneet oja-alueille. Vuosina 2006–2008 (Kuva 12, s. 33) havainnot jakautuivat laajemmalle alueelle kuin samana ajankohtana kutuaikaan (85,2 % ruuduista). Suosituin ruutu (ruutu 2) sijaitsi edelleen järven lounaisosassa, mutta kutuajan suosituimmat ruudut (ruudut 1 ja 25) eivät korostuneet enää. Vuosina 2011–2013 (Kuva 12, s. 33) kutuajan jälkeen havaintoja on tehty edelleen laajalta alueelta (77,8 % ruuduista). Suosituimmat ruudut olivat tällä kertaa järven itäpuolella (ruudut 15, 17 ja 18) ja luoteessa (ruutu 6).



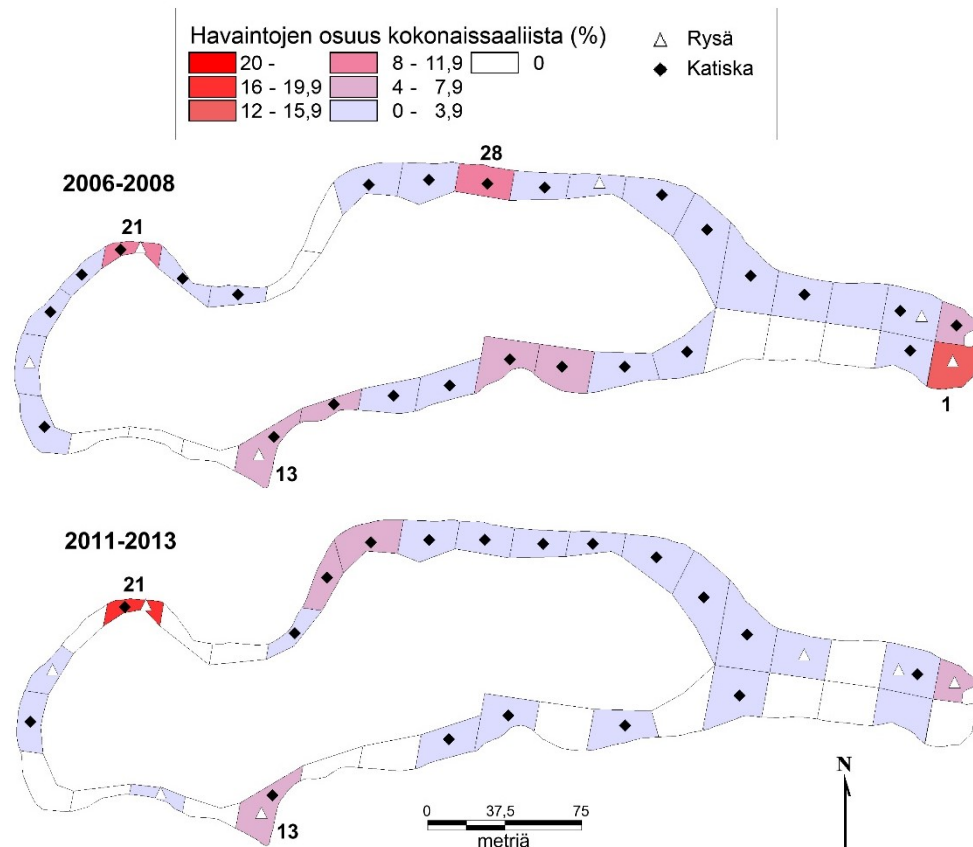
Kuva 11. Havaintojen jakautuminen 2006–2008 ja 2011–2013 kutuaikana (viikot 16–23) Hokajärvellä. Kartassa näkyvät numerot ovat tutkimusruutujen numeroita.



Kuva 12. Havaintojen jakautuminen 2006–2008 ja 2011–2013 kutuajan jälkeen (viikot 24–41) Hokajärvellä. Kartassa näkyvät numerot ovat tutkimusruutujen numeroita.

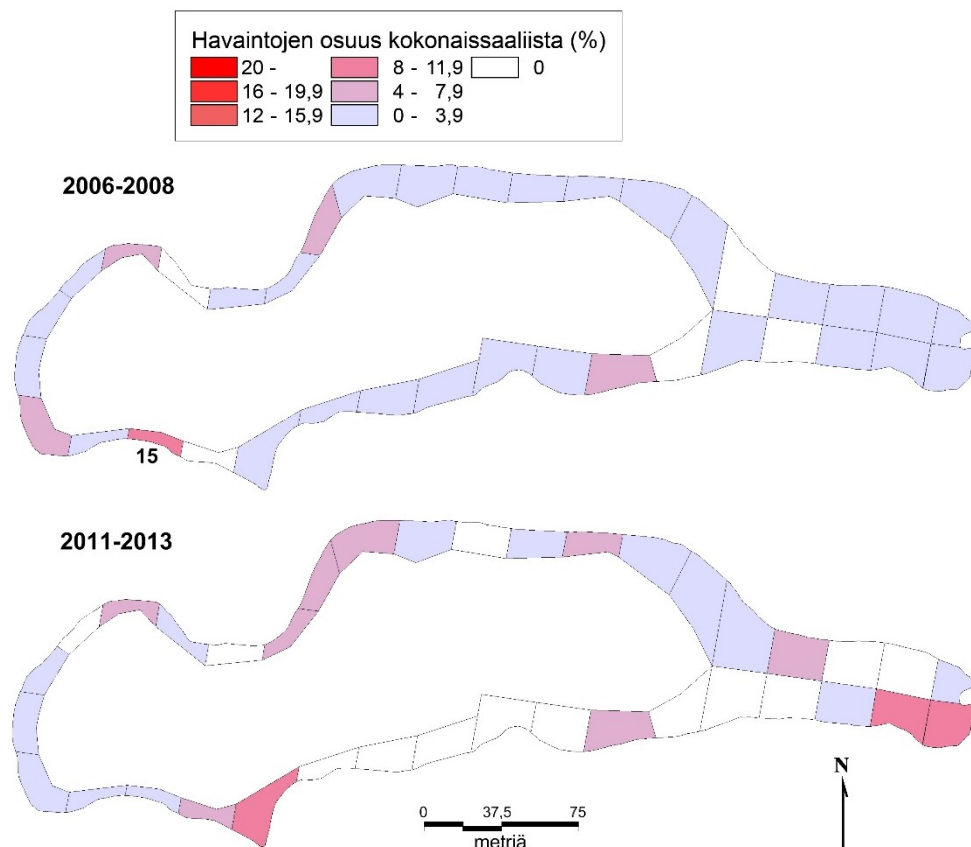
Majajärvellä kutuaikana vuosina 2006–2008 ja 2011–2013 (Kuva 13, s. 34) tehtiin haukihavaintoja suuressa osassa järven ruutuja (78,4 % ja 62,2 % ruuduista) ja melko hajanaisesti. Joka tapauksessa kumpanakin ajankoh-

tana järven purkuoja (ruutu 21) erottui teemakartoilta. Myös järven etelärannalla sijaitseva tulo-oja (ruutu 13) erottui, mutta heikosti. Idässä sijaitseva tulo-oja (ruutu 1) ja yksittäinen ruutu pohjoisalueella (ruutu 28) korostuivat vuosina 2006–2008, mutta eivät enää vuosina 2011–2013, jolloin purkuoja (ruutu 21) oli suosituin ruutu.



Kuva 13. Havaintojen jakautuminen 2006–2008 ja 2011–2013 kutuaikana (viikot 16–23) Majajärvellä. Kartassa näkyvät numerot ovat tutkimusruutujen numeroita.

Kutuaajan jälkeisenä aikana vuosina 2006–2008 ja 2011–2013 (Kuva 14, s. 35) haukihavaintoja Majajärvellä tehtiin edelleen suurimmasta osasta järveä (86,5 % ja 64,9 % ruuduista). Vuosina 2006–2008 havaintojen jakautuminen oli melko tasaista ja vain yksi ruutu korostui (ruutu 15) muita voimakkaammin. Samana pyyntikautena vuosina 2011–2013 järven eteläpuoliskossa erottui pitkä, lähes yhtenäinen alue, johon ei sijoittunut lainkaan havaintoja sinä aikana, ja silloin kummankin tulo-ojan alueilla havaintojen määrä oli suurinta.



Kuva 14. Havaintojen jakautuminen 2006–2008 ja 2011–2013 kutuajan jälkeen (viikot 24–41) Majajärvellä. Kartassa näkyvä numero on tutkimusruudun numero.

4.4 Kasvilajit suosituimmissa habitaateissa

Tässä tarkastelussa oletuksena on, että vuoden 2006 kasvillisuuskartoitus kuvaa parhaiten vuosien 2006–2008 kasvillisuustilannetta, ja vuoden 2016 kartoitus on lähempänä vuosien 2011–2013 tilannetta.

Havaintojen frekvenssejä kuvaavien teemakarttojen ja kasvillisuuskartoitusten päällekkäisyysanalyysillä haluttiin tutkia kasvilajien ja elomuotojen yhteyttä havaintojen määrään tutkimusruuduissa. Tarkastelussa keskityttiin havaintomäärän mukaan suosituimpien ruutujen kasvilajien ja elomuotojen selvittämiseen. Kaikkien tutkimusjärvien kohdalla näyttäisi olevan mahdollista, että haukien kutuaikana havainnot ovat runsaimpia alueilla, joissa kasvaa runsaammin ilmaversoisia kasveja (saroja, järviruokoa), mutta kutuajan jälkeen suojaa tarjoavan kasvillisuuspeitteen elomuodolla tai lajilla ei ole suurta merkitystä hauen esiintymisen kannalta.

Haarajärvellä havainnot vaikuttivat painottuneen kutuaikana järven länsipuoliskolle, jossa myös kasvillisuus on runsainta. Vuosina 2006–2008 suosituimmat ruudut sijaitsivat alueilla, joiden valtalajisto olivat vuoden 2006 kartoituksen perusteella monipuolinen. Lähes kaikissa suosituimmissa ruu-

duissa esiintyi saraa ja järvikortetta. Näiden lisäksi esiintyi myös muun muassa terttualpea, lummetta ja ulpukkaa. Vuoden 2016 kartoituksen perusteella vuosina 2011–2013 havainnot olivat runsaslukuisempia alueilla, joilla kasvoi valtalajeina pääasiassa ulpukkaa, mutta myös raatetta ja terttualpea purkuojan lähetyvillä sekä järviruokoa pohjoiseen mentäessä. Yhteinen piirre näille ruuduille oli, että lähes kaikissa kasvoi seoslajina järviruokoa, vaikkei sitä aiemmin kasvanut niissä vedessä, ja kaikissa kasvoi jokin ilmaversoinen kasvi. Kutuajan jälkeen vuosina 2006–2008 suosituimpien ruutujen valtalajistoon kuului terttualpi, sarat, lumme ja ulpukka vuoden 2006 kartoituksen perusteella. Vuoden 2016 kasvillisuuskartoituksen mukaan vuosina 2011–2013 kutuajan jälkeen suosituimmissa ruuduissa kasvoi valtalajeina ulpukkaa, terttualpea ja raatetta. Lähes kaikissa kasvoi seoslajina myös järviruokoa.

Vuoden 2006 vesikasvillisuuskartoituksen mukaan Haukijärven kasvilajisto koostui pääasiassa ulpukasta ja raatteesta niissä ruuduissa, joissa tehtiin haukihavaintoja vuosina 2006–2008 kutuaikana. Muita valtalajeja olivat vehka ja vesitähti tulo-ojan suulla. Vuoden 2016 kasvillisuuskartoituksen perusteella vuosien 2011–2013 suosituimmissa ruuduissa valtalajit olivat järviruoko ja sara, joita ei vuonna 2006 havaittu kyseisissä ruuduissa ollenkaan. Muissa tutkimusruuduissa oli valtalajeina pääasiassa järviruokoa järven lounaisosissa ja ulpukkaa muilla alueilla. Kutuajan jälkeen niissä ruuduissa, joissa tehtiin havaintoja, kasvilajisto oli ulpukkavaltaista vuosina 2006–2008 vuoden 2006 kartoituksen perusteella. Vuoden 2016 kartoituksen perusteella vuosina 2011–2013 länsi- ja lounaisosissa valtalajeja olivat sarat ja järviruoko, muualla ulpukka ja raate.

Hokajärvellä tehtiin kutuaikana vuosina 2006–2008 eniten havaintoja ruuduissa, joiden valtalajisto koostui saroista, järvikortteesta ja vesisherneestä vuoden 2006 vesikasvillisuuskartoituksessa. Vuosina 2011–2013 kutuaikaiset havainnot alkoivat yleistyä järven länsipuoliskolla samoilla alueilla, joilla sarat olivat runsastuneet ja levinneet vuoden 2016 vesikasvillisuuskartoituksen perusteella, sekä tulo-ojan tutkimusruudussa, jossa vuonna 2016 uistinviita oli merkitty valtalajiksi. Uistinvidan lisäksi vuonna 2016 tulo-ojan suulla kasvoi runsaasti myös saroja. Kutuajan jälkeen sekä 2006–2008 että 2011–2013 tehtiin eniten havaintoja ruuduissa, joissa kasvoi valtalajeina pääasiassa kelluslehtisiä kasveja, kuten ulpukkaa ja uistinviitaa.

Majajärvellä havaintoja tehtiin eniten vuosina 2006–2008 kutuaikaan sellaisissa ruuduissa, joissa kasvoi vuoden 2006 kasvillisuuskartoituksen mukaan valtalajeina ulpukkaa, järviruokoa, purovitaa ja vesikuusta. Järviruokoa kasvoi vedessä vain purkuojan lähellä, ja purovitaa ja vesikuusta kasvoi vain itäisen tulo-ojan suulla. Vuosina 2011–2013 ainoa erottuva ruutu oli purkuoja, jonka kasvillisuus on pysynyt vuosien saatossa samana vuoden 2016 kartoituksen perusteella. Kutuajan jälkeen vuosina 2006–2008 suosituimmassa ruudussa kasvoi valtalajeina terttualpea, lummetta ja ulpukkaa vuoden 2006 kartoituksen mukaan. Vuosina 2011–2013 kutuajan jälkeen

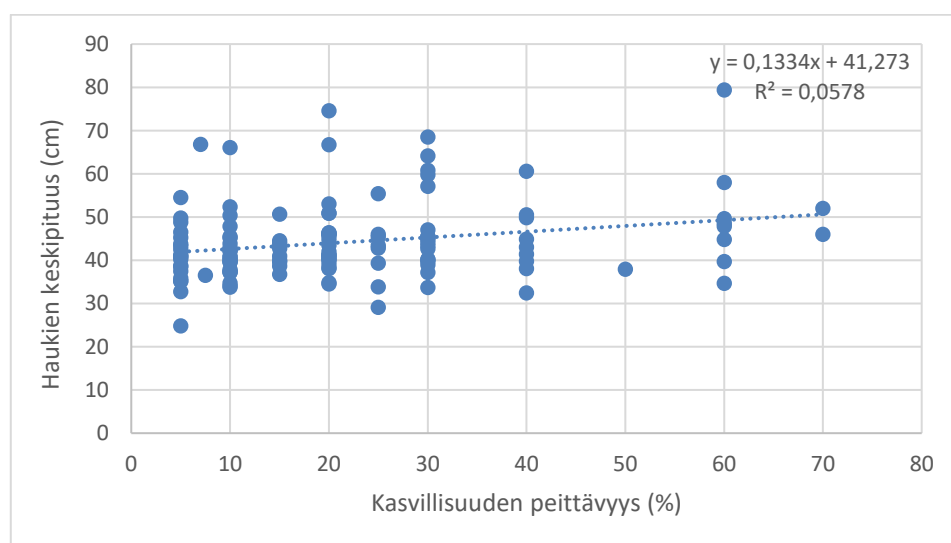
suosituimmissa ruuduissa kasvoi valtalajeina raatetta vuoden 2016 kartoituksen mukaan.

4.5 Muiden habitaattimuuttujien vaikutus haukien habitaatinvalintaan

Pearsonin korrelaatiokertoimilla haluttiin tutkia, millä habitaattimuuttujilla on suurin vaikutus haukihavaintojen kokonaismäärään ja haukien keskipituuteen tutkimusruuduissa eri pyyntikausina. Tutkittaessa habitaattimuuttujien ja haukien keskipituuden välistä yhteyttä, aineistosta jätettiin pois tutkimusruudut, joissa ei oltu tehty lainkaan havaintoja. Aineisto jaettiin kutuajan ja kutuajan jälkeisen ajan lisäksi alamitta- ja välimittajärviin sekä kahteen eri vuosiryhmään, jotta haukikantojen säätelyssä käytettyjen pyyntimittojen vaikutusta habitaatin valintaan voitaisiin vertailla. Vaikka aineistossa oli tilastollisesti merkitseviä korrelaatiokertoimia, ne ja niiden selitysasteet jäivät pääasiassa alhaisiksi, jonka lisäksi hajonta oli suurta. Näin ollen tuloksiin tulee suhtautua varauksella ja niitä voi pitää vain suuntaa antavina. Isoissa aineistoissa pienetkin korrelaatiokertoimet saattavat olla tilastollisesti merkitseviä. Korrelaatiokertoimen suuruus ja merkitsevyys eivät kuitenkaan välttämättä tarkoita, että tuloksella olisi käytännön merkitystä, jos korrelaatiolle ei löydy järkevää selitystä, joka perustuu hauen biologiaan.

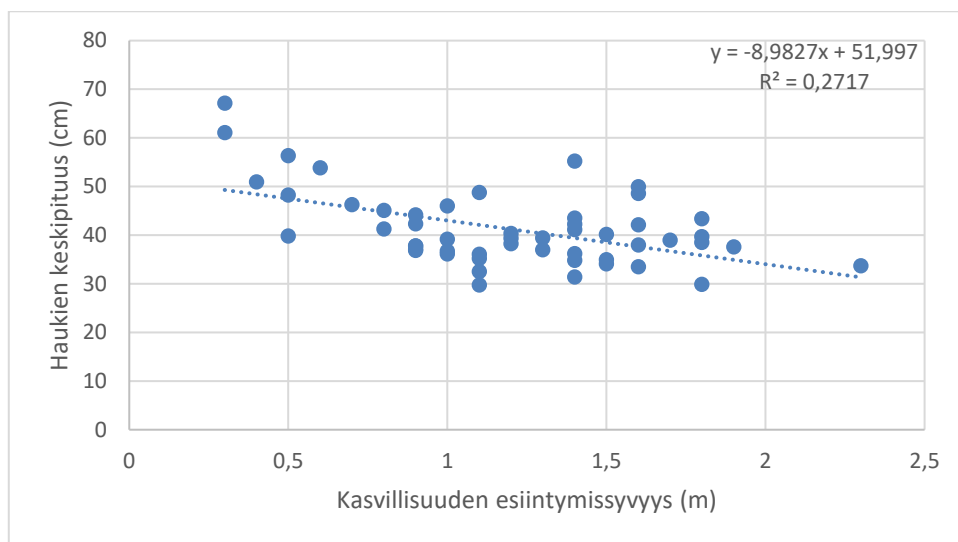
4.5.1 Habitaattimuuttujien vaikutus haukien keskipituuteen

Vuosien 2006–2013 kutuajan havainnoissa mikään habitaattimuuttujista ei vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi haukien keskipituuteen (Liite 4). Sen sijaan kutuajan jälkeen voitiin havaita positiivinen lineaarinen riippuvuus kasvillisuuden peittävyden ja tutkimusruudussa pyydettyjen haukien keskipituuden välillä ($r = 0,240$, $n = 126$, $r^2 = 0,06$, $p = 0,007$). Hajonta ei ollut suurta (Kuva 15), mutta kertoimen selitysaste jäi alhaiseksi.



Kuva 15. Hauen keskipituuden ja kasvillisuuden peittävyden välinen riippuvuus kutuajan jälkeen 2006–2013.

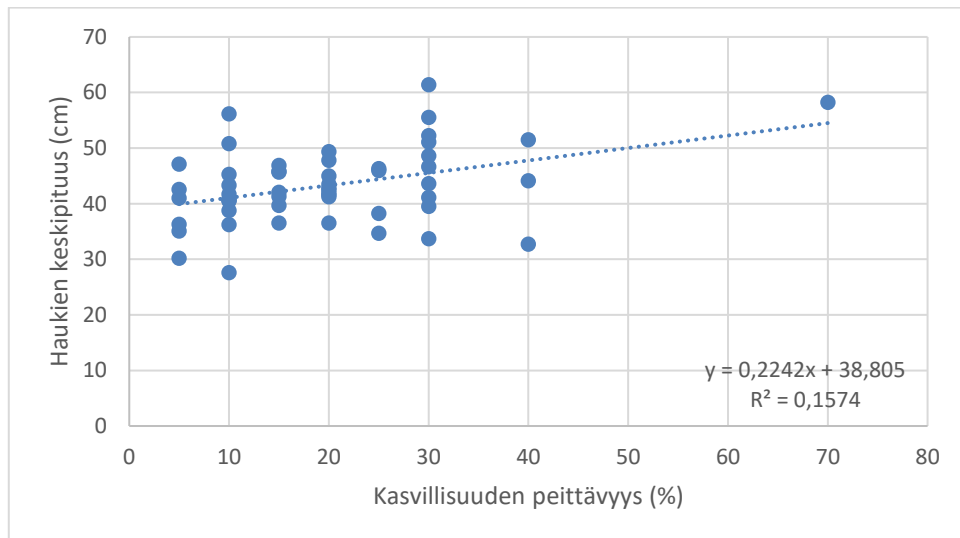
Kutuaikana vuosina 2006–2008 välimittajärvillä kasvillisuuden esiintymissyvyys korreloi haukien keskipituuden kanssa negatiivisesti ($r = -0,521$, $n = 52$, $r^2 = 0,27$; $p = 0,0001$). Kuviosta (Kuva 16) voi selvästi nähdä sen, että ruuduissa, joissa kasvillisuus kasvaa syvemmissä vedessä, haukien keskipituus on keskimäärin lyhyempi kuin ruuduissa, joissa kasvillisuus kasvaa matalammassa vedessä. Korrelaatiokerroin ja sen selitysaste olivat myös kohtalaisen korkeita. Vuosina 2011–2013 samanlaista yhteyttä ei ollut enää havaittavissa (Liite 4).



Kuva 16. Hauen keskipituuden ja kasvillisuuden esiintymissyvyyden välinen riippuvuus välimittajärvillä kutuaikaan vuosina 2006–2008.

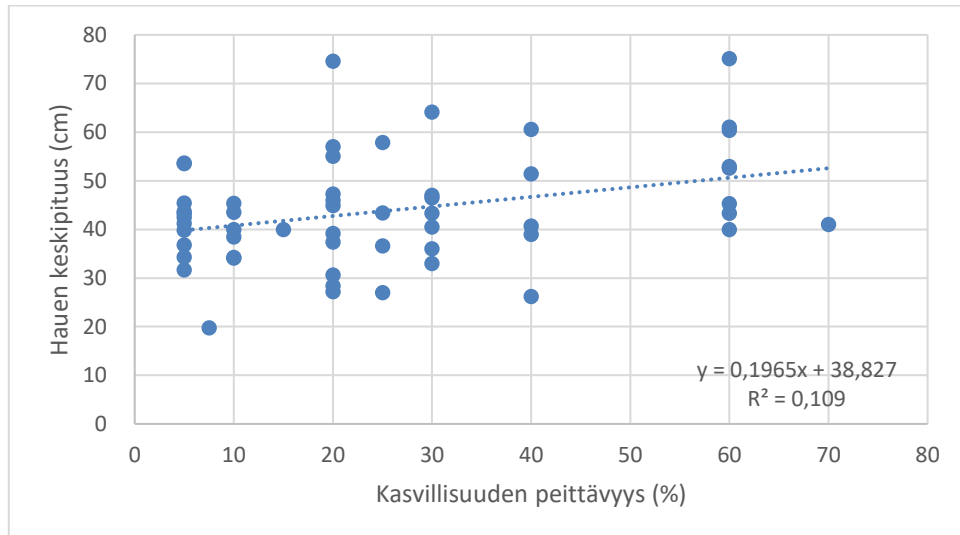
Alamittajärvillä kutuaikana habitaattimuuttajat eivät korrelaatiokerrointen perusteella vaikuttaneet haukien keskipituuteen tilastollisesti merkitsevästi kumpanakaan tutkittuna ajankohtana (Liite 4).

Kutuaajan jälkeen vuosina 2006–2008 välimittajärvillä tutkimusruutujen haukien keskipituus ei korreloinut tilastollisesti merkitsevästi habitaattimuuttajien kanssa (Liite 4). Myöhemmin vuosina 2011–2013 kasvillisuuden peittävyys ja tutkimusruudussa pyydettyjen haukien keskipituuden välillä oli positiivinen lineaarinen riippuvuus ($r = 0,397$, $n = 52$, $r^2 = 0,16$; $p = 0,0036$). Kuviosta (Kuva 17, s. 39) voi nähdä, että ruuduissa, joissa kasvillisuuden peittävyys on alhaisempi, myös haukien keskipituus on keskimäärin lyhyempi. Havaintopisteet ovat jakautuneet kohtalaisen tasaisesti regressiosuoran ympärille, ja korrelaatiokerroin ja sen selitysaste ovat kohtalaisen korkeita.



Kuva 17. Hauen keskipituuden ja kasvillisuuden peittävyyden välinen riippuvuus välimittajärvillä kutuajan jälkeen vuosina 2011–2013.

Kutuajan jälkeen vuosina 2006–2008 alamittajärvillä kasvillisuuden peittävyysprosentti korreloi positiivisesti tutkimusruuduissa pyydettyjen haukien keskipituuden kanssa ($r = 0,330$, $n = 55$, $r^2 = 0,11$; $p = 0,014$), mutta hajonta oli suurta (Kuva 18). Kutuajan jälkeen vuosina 2011–2013 alamittajärvillä tutkimusruutujen haukien keskipituus ei korreloinut tilastollisesti merkitsevästi habitaattimuuttujien kanssa (Liite 4).

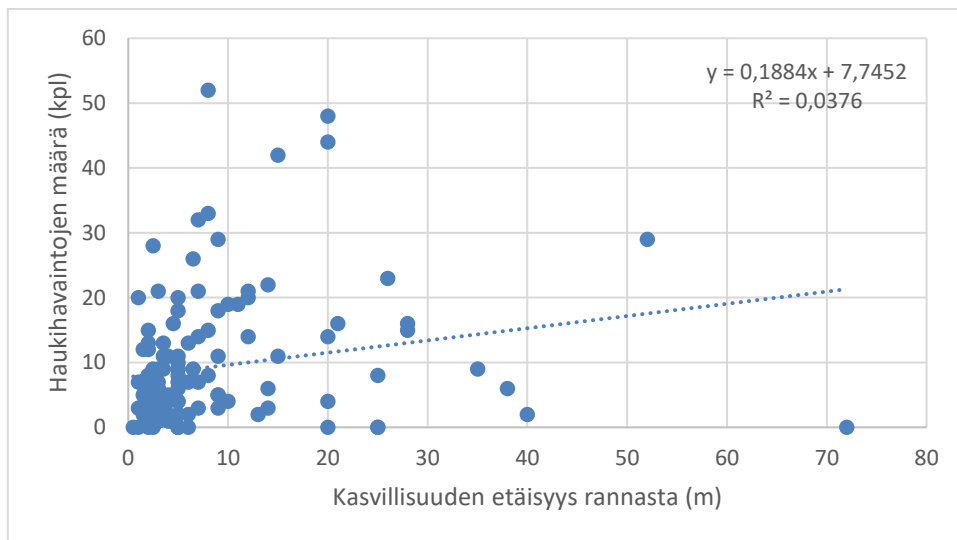


Kuva 18. Hauen keskipituuden ja kasvillisuuden peittävyyden välinen riippuvuus alamittajärvillä kutuajan jälkeen vuosina 2006–2008.

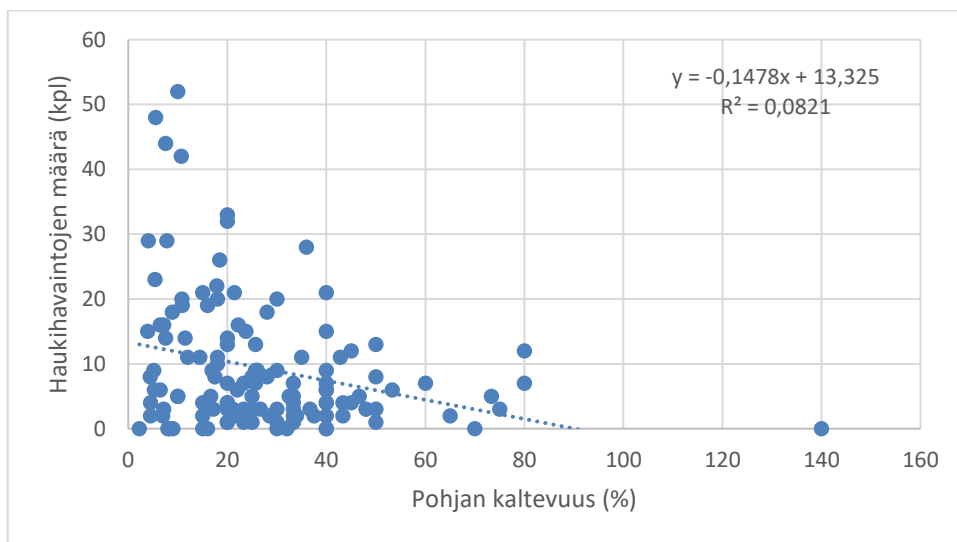
4.5.2 Habitaattimuuttujien vaikutus haukihavaintojen määrään

Vuosien 2006–2013 havaintojen perusteella kutuaikana kasvillisuuden etäisyys rannasta korreloi positiivisesti ($r = 0,194$, $n = 130$, $r^2 = 0,04$; $p = 0,027$) ja pohjan kaltevuus negatiivisesti ($r = -0,286$, $n = 130$, $r^2 = 0,08$; $p = 0,001$) tutkimusruuduissa pyydettyjen haukien kokonaismäärään kanssa.

Korrelaatiokertoimet olivat tilastollisesti merkitseviä, mutta ne jäivät kuitenkin melko alhaisiksi. Myös kerrointen selitysaste oli alhainen ja hajonta oli hyvin suurta (Kuvat 19 ja 20).

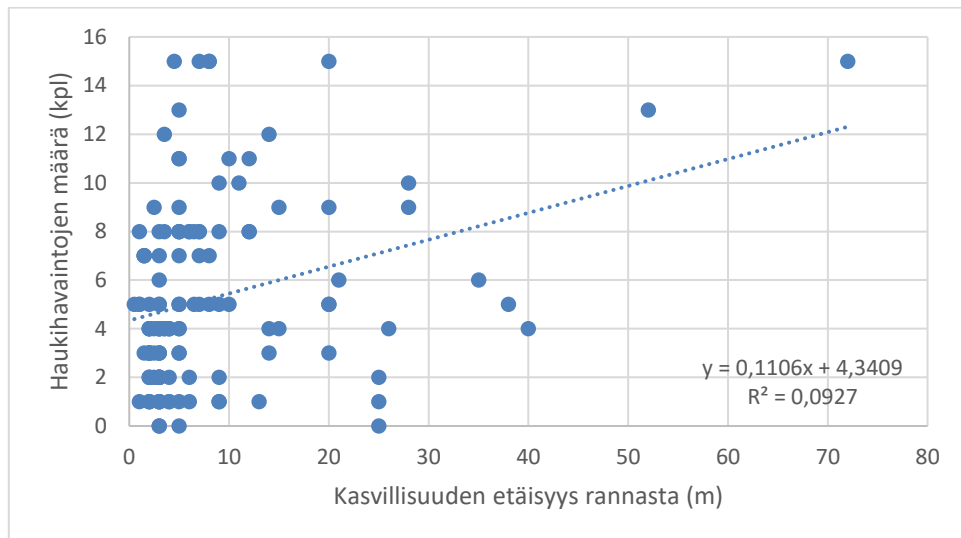


Kuva 19. Haukihavaintojen määrän ja kasvillisuuden etäisyyden rannasta välinen riippuvuus kutuaikana 2006–2013.

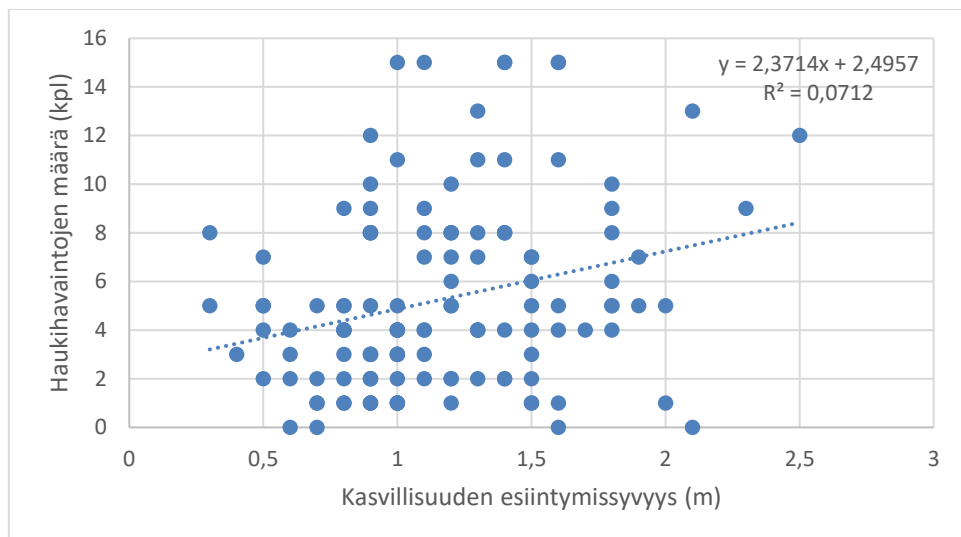


Kuva 20. Haukihavaintojen määrän ja habitaattimuuttujien välinen riippuvuus kutuaikana 2006–2013.

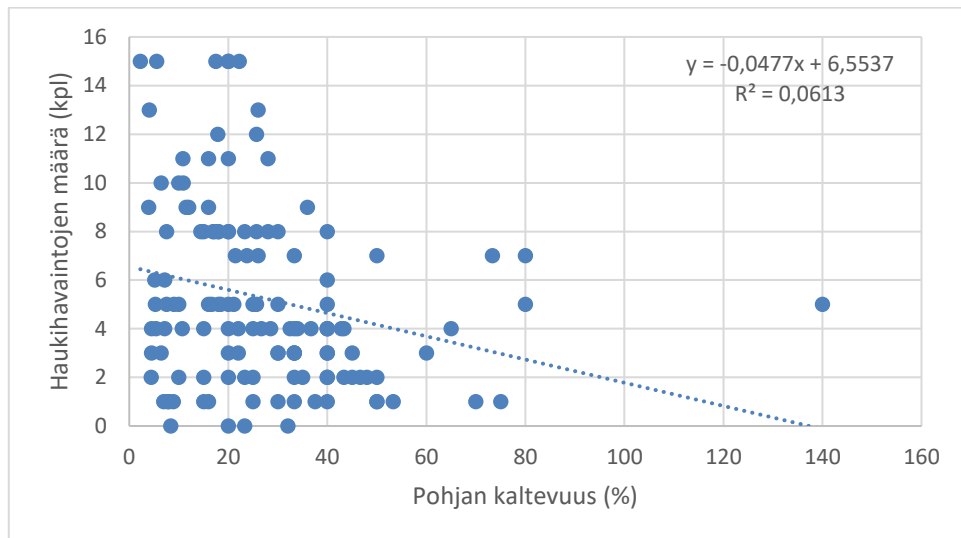
Kutuajan jälkeen haukihavaintojen kokonaismäärään tutkimusruuduissa vaikuttivat kasvillisuuden etäisyys rannasta ($r = 0,305$, $n = 130$, $r^2 = 0,09$; $p = 0,0004$) ja esiintymissyvyys ($r = 0,267$, $n = 130$, $r^2 = 0,07$; $p = 0,002$) sekä pohjan kaltevuus ($r = -0,247$, $n = 130$, $r^2 = 0,06$; $p = 0,005$). Vain pohjan kaltevuus korreloi negatiivisesti havaintojen määrän kanssa. Hajonta oli kuitenkin hyvin suurta (Kuvat 21–23, s. 41–42) ja kerrointen selitysasteet jäivät alhaisiksi.



Kuva 21. Haukihavaintojen määrän ja kasvillisuuden etäisyyden rannasta välinen riippuvuus kutuajan jälkeen vuosina 2006–2013.

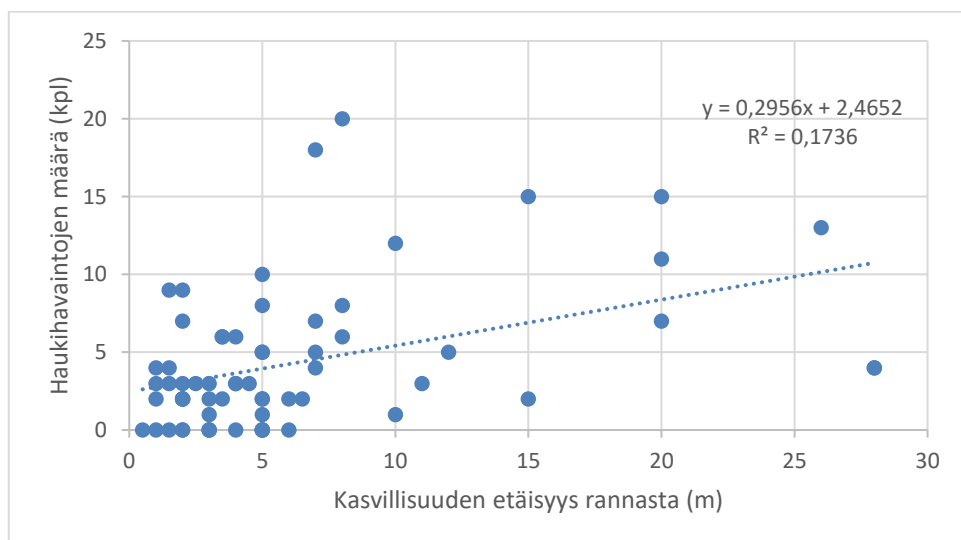


Kuva 22. Haukihavaintojen määrän ja kasvillisuuden esiintymisyvyyden välinen riippuvuus kutuajan jälkeen vuosina 2006–2013.

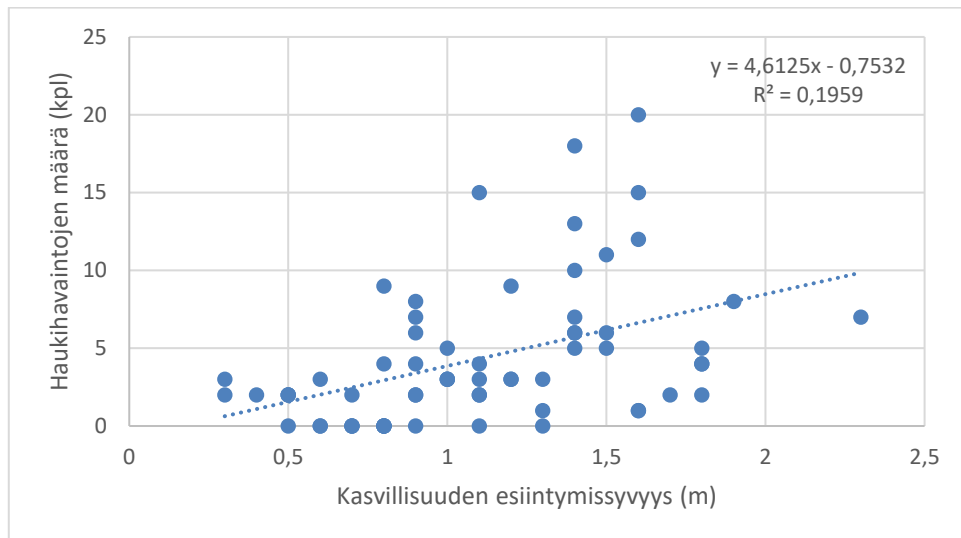


Kuva 23. Haukihavaintojen määrän ja pohjan kaltevuuden välinen riippuvuus kutuajan jälkeen vuosina 2006–2013.

Kutuaikana 2006–2008 järvillä, joilla pyydettiin haukia käyttäen välimittaa, tutkimusruutujen kasvillisuuden etäisyys rannasta ($r = 0,417$, $n = 66$, $r^2 = 0,17$; $p = 0,0005$) ja esiintymissyvyys ($r = 0,443$, $n = 66$, $r^2 = 0,20$; $p = 0,0002$) korreloivat positiivisesti tutkimusruudussa pyydettyjen haukien kokonaismäärän kanssa. Korrelaatiokertoimet ja niiden selitysasteet olivat kohtalaisen korkeita, mutta myös hajonta oli hyvin suurta (Kuvat 24 ja 25, s. 42–43).

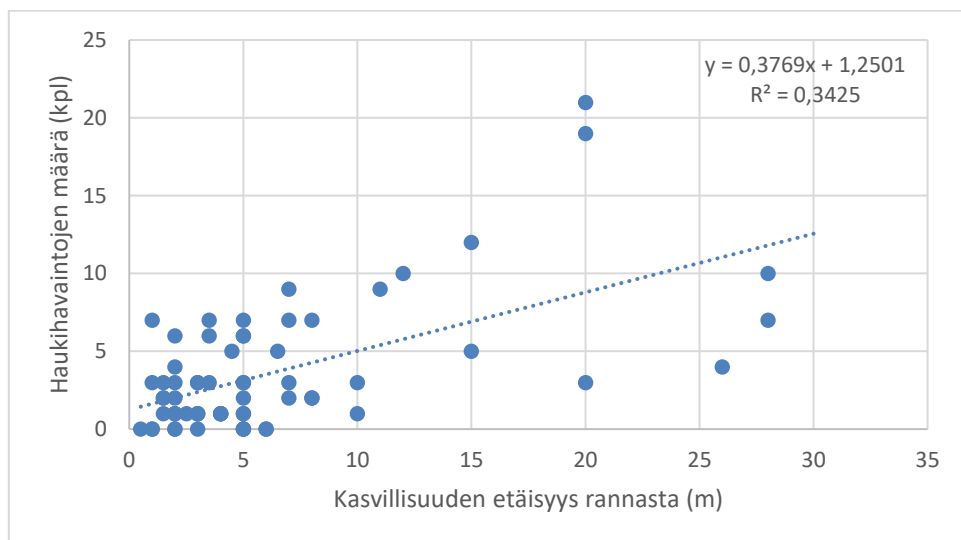


Kuva 24. Haukihavaintojen määrän ja kasvillisuuden etäisyyden rannasta välinen riippuvuus välimittajärvillä kutuaikana vuosina 2006–2008.

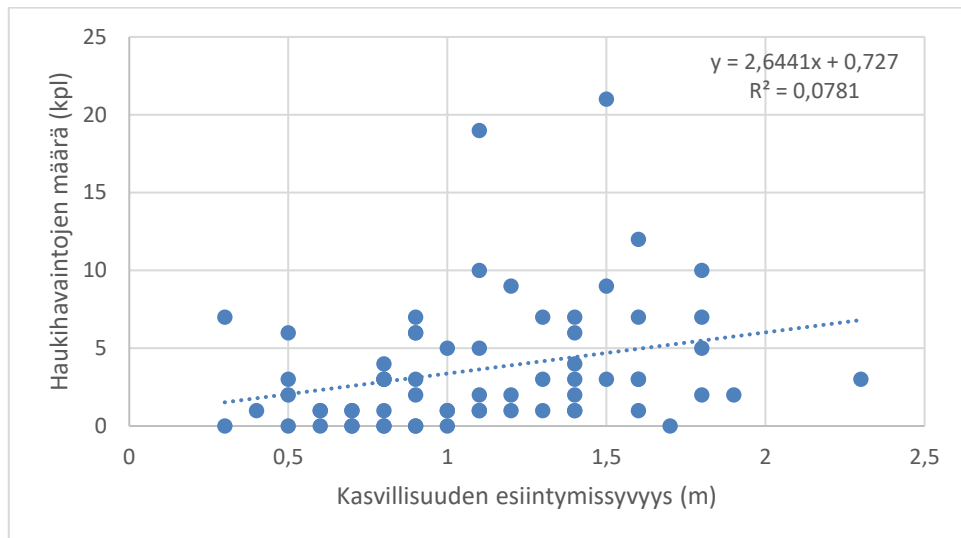


Kuva 25. Haukihavaintojen määrän ja kasvillisuuden esiintymisyvyyden välinen riippuvuus välimittajärvillä kutuaikana vuosina 2006–2008.

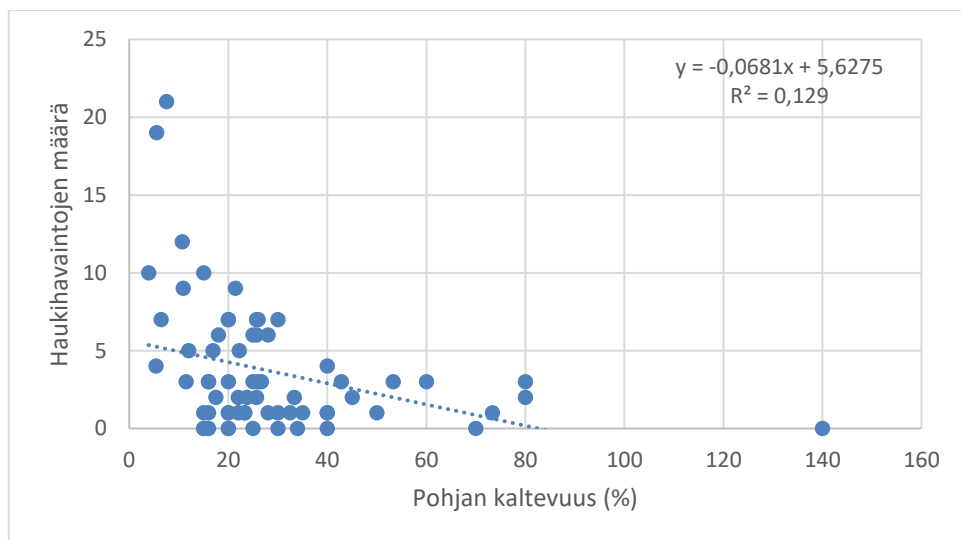
Kutuaikana vuosina 2011–2013 kasvillisuuden etäisyys rannasta ($r = 0,585$, $n = 66$, $r^2 = 0,34$; $p = 0,0000$) ja esiintymisyvyys ($r = 0,279$, $n = 66$, $r^2 = 0,08$; $p = 0,023$) korreloivat edelleen positiivisesti haukihavaintojen kokonaismäärän kanssa. Pohjan kaltevuuden ja havaintojen määrän välillä oli negatiivinen lineaarinen riippuvuus ($r = 0,359$, $n = 66$, $r^2 = 0,13$; $p = 0,003$). Korrelaatiokertoimet ja niiden selitysasteet olivat osittain kohtalaisen korkeita, mutta myös hajonta oli hyvin suurta (Kuvat 26–28, s. 43–44).



Kuva 26. Haukihavaintojen määrän ja kasvillisuuden etäisyyden rannasta välinen riippuvuus välimittajärvillä kutuaikana vuosina 2011–2013.

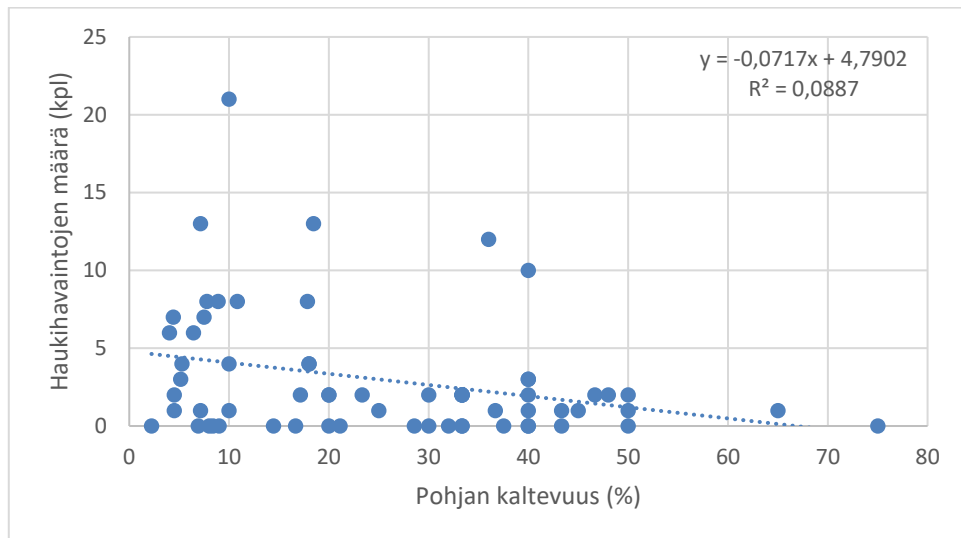


Kuva 27. Haukihavaintojen määrän ja kasvillisuuden esiintymissyvyyden välinen riippuvuus välimittajärvillä kutuaikana vuosina 2011–2013.



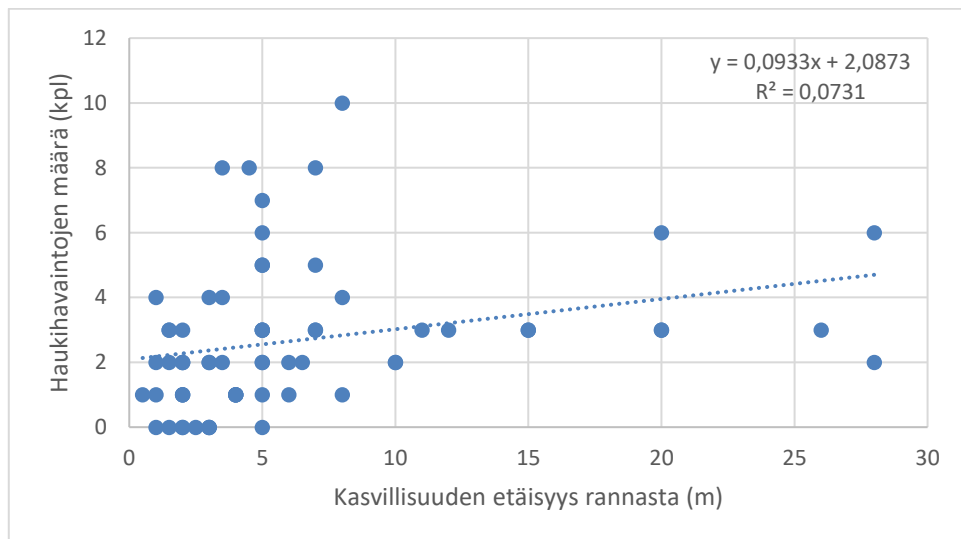
Kuva 28. Haukihavaintojen määrän ja pohjan kaltevuuden välinen riippuvuus välimittajärvillä kutuaikana vuosina 2011–2013.

Kutuaikana 2006–2008 järvillä, joilla pyydettiin haukia käyttäen alamittaa, habitaattimuuttujien ja haukihavaintojen kokonaismäärän välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää riippuvuutta (Liite 4). Vuosina 2011–2013 ainoastaan pohjan kaltevuus korreloi negatiivisesti havaintojen kokonaismäärän kanssa ($r = -0,298$, $n = 64$, $r^2 = 0,09$; $p = 0,017$), mutta hajonta oli suurta (Kuva 29, s. 45).

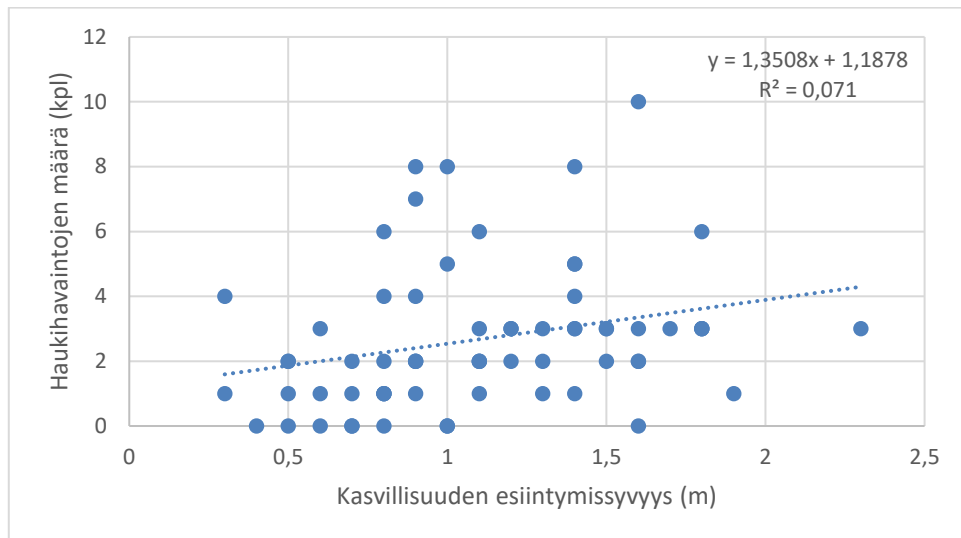


Kuva 29. Haukihavaintojen määrän ja pohjan kaltevuuden välinen riippuvuus alamittajärvillä kutuajana vuosina 2011–2013.

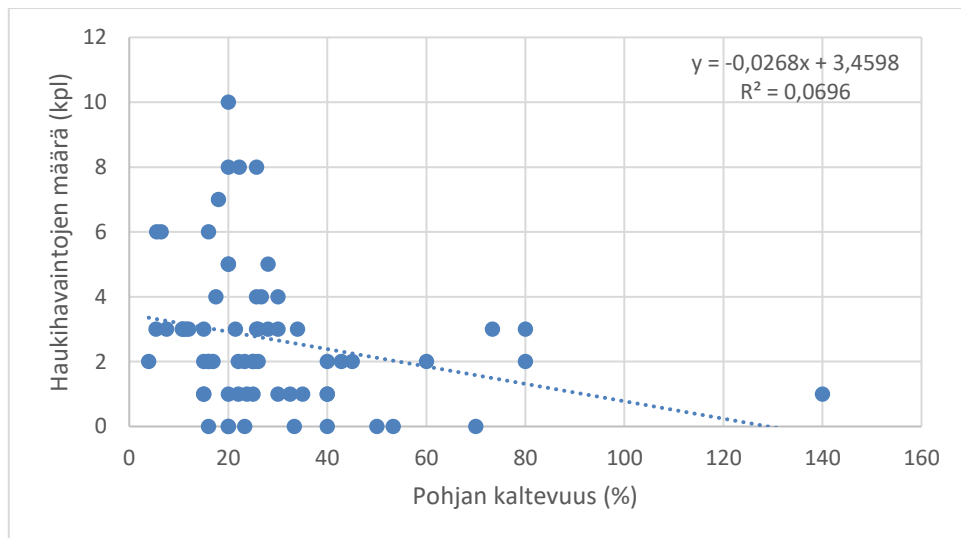
Välimittajärvillä kutuajan jälkeen 2006–2008 tutkimusruudun kasvillisuuden etäisyys rannasta ($r = 0,270$, $n = 66$, $r^2 = 0,07$; $p = 0,028$) ja esiintymisyvyys ($r = 0,266$, $n = 66$, $r^2 = 0,07$; $p = 0,030$) korreloivat positiivisesti haukihavaintojen kokonaismäärän kanssa. Pohjan kaltevuuden ja havaintojen määrän välillä oli negatiivinen korrelaatio ($r = -0,264$, $n = 66$, $r^2 = 0,07$; $p = 0,032$). Korrelaatiokertoimet ja niiden selitysasteet olivat alhaisia, ja hajonta oli hyvin suurta (Kuvat 30–32, s. 45–46). Vuosina 2011–2013 tutkitut habitaattimuuttajat eivät korreloineet enää tilastollisesti merkitsevästi haukihavaintojen määrän kanssa (Liite 4).



Kuva 30. Haukihavaintojen määrän ja kasvillisuuden etäisyyden rannasta välinen riippuvuus välimittajärvillä kutuajan jälkeen vuosina 2006–2008.

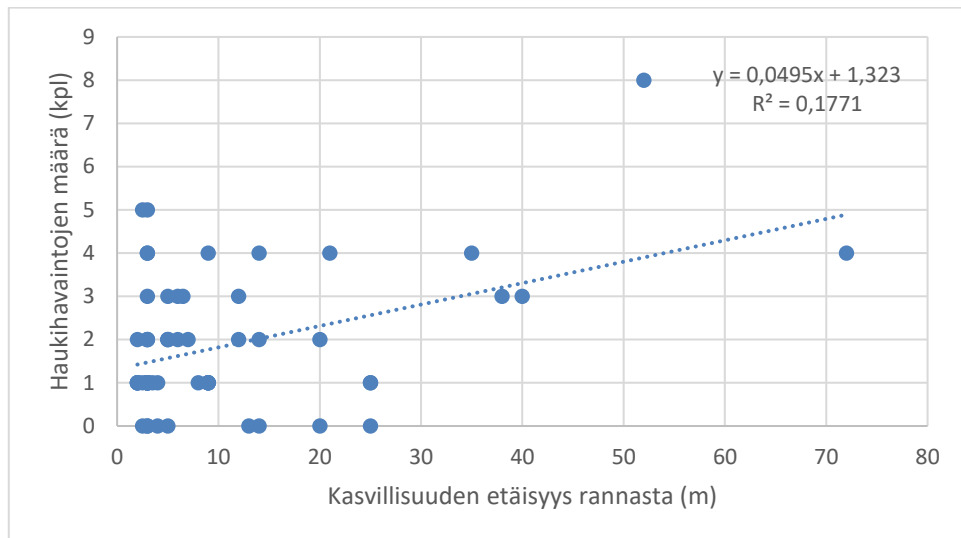


Kuva 31. Haukihavaintojen määrän ja kasvillisuuden esiintymissyvyyden välinen riippuvuus välimittajärvillä kutuajan jälkeen vuosina 2006–2008.

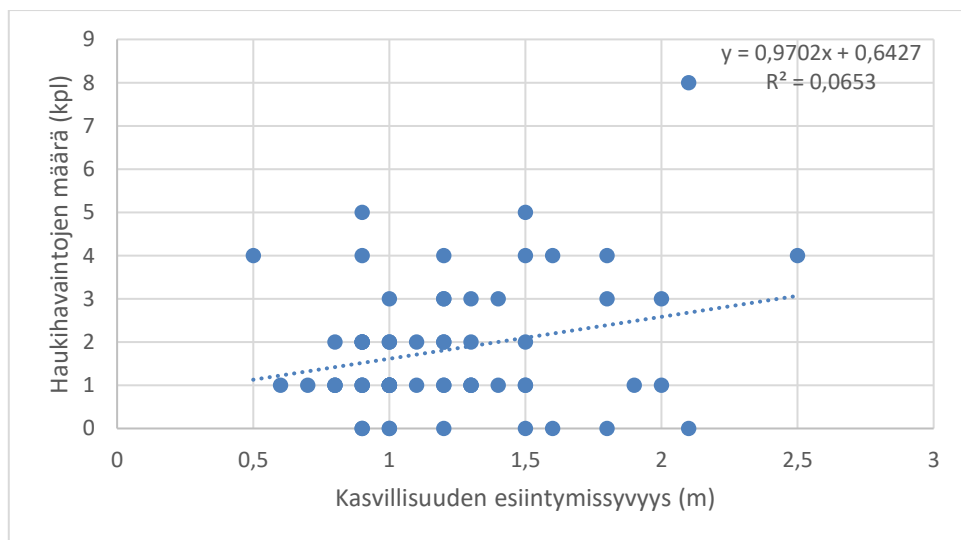


Kuva 32. Haukihavaintojen määrän ja pohjan kaltevuuden välinen riippuvuus välimittajärvillä kutuajan jälkeen vuosina 2006–2008.

Alamittajärvillä kutuajan jälkeen 2006–2008 tutkimusruutujen kasvillisuuden etäisyys rannasta ($r = 0,421$, $n = 64$, $r^2 = 0,18$; $p = 0,0005$) ja esiintymissyvyys ($r = 0,256$, $n = 64$, $r^2 = 0,07$; $p = 0,041$) korreloivat positiivisesti haukihavaintojen kokonaismäärän kanssa. Korrelaatiokerroin ja sen selitysaste olivat kohtalaisen korkeita ensimmäisen muuttujan kohdalla. Hajonta oli kuitenkin hyvin suurta (Kuvat 33 ja 34, s. 47). Vuosina 2011–2013 habitaattimuuttajat eivät enää korreloineet tilastollisesti merkitsevällä tavalla tutkimusruudussa pyydettyjen haukien määrän kanssa (Liite 4).



Kuva 33. Haukihavaintojen määrän ja kasvillisuuden etäisyyden rannasta välinen riippuvuus alamittajärvillä kutuajan jälkeen vuosina 2006–2008.



Kuva 34. Haukihavaintojen määrän ja kasvillisuuden esiintymissyvyyden välinen riippuvuus alamittajärvillä kutuajan jälkeen vuosina 2006–2008.

5 TULOSTEN TARKASTELU

Opinnäytetyön keskeisiä tuloksia tarkastellaan tässä luvussa aihealueittain pohtimalla tuloksiin vaikuttaneita tekijöitä ja niiden luotettavuutta.

5.1 Tutkimusaineiston paikantamiseen vaikuttaneet tekijät

Georeferoinnissa ja digitoinnissa käytettyjä menetelmiä voidaan pitää luotettavina, vaikka yleensä manuaalisten menetelmien seurauksena syntyy paljon virheitä (Heywood ym. 2011, 141), sillä virhelähteiden poistamisessa käytettiin yleisesti hyväksytyjä toimintatapoja. Suurin georeferoinnissa esiintyvä residuaali oli 6 pikseliä, joka on kuitenkin reilusti vähemmän kuin QGIS:n (n.d.) suosittelema 10 pikseliä. Lisäksi Mökkönen (2006, 28) on todennut historiallisten karttojen kohdalla paikkatieto-ohjelman ilmoittamasta asemoinnissa syntyneestä virheestä, että se kertoo enemmänkin asemoitavan kartan ja referenssikartan välisestä erosta, kuin suoraan asemoinnin onnistumisesta.

KESKALA-hankkeen havaintoruutukartat oli tehty hyvin vanhoille järvikartoille, joista vanhin oli 1896 vuoden ja uusin 1910 vuoden kartta. Tästä syystä georeferointi osoittautui odotettua hankalammaksi, sillä historialliset järvikartat on tehty noin 100 vuotta sitten sen ajan analogisella tekniikalla, joten näiden karttojen mittaustarkkuus ei vastaa modernien järvikarttojen tarkkuutta. Maanmittaus- ja paikkatietotekniikat ovat luonnollisesti kehittyneet, ja historialliset ja uudet kartat eivät siis ole välttämättä vertailukelpoisia keskenään, koska ne ovat keskenään erimuotoisia ja eri mittakaavassa. Lisäksi järvien rantaviiva on saattanut muuttua merkittävästi vuosien varrella muun muassa umpeenkasvun tai veden korkeuden vaihtumisen seurauksena, mikä lisää entisestään historiallisten järvikarttojen epäluotettavuutta. Havaintoruudut on joka tapauksessa tehty vuonna 2005 näiden historiallisten karttojen päälle ja ruutujen sijaintia on arvioitu koko ajan silmämääräisesti tutkimusten aikana maastossa. Näin ollen myöskään järvien historiallisella kehityksellä 1896–2005 välillä ole merkitystä havaintoruutujen sijainnin ja paikantamisen kannalta, sillä kyseisen aikavälin muutokset eivät ole olleet vaikuttamassa ruutujen sijainnin näköhavaintoon perustuvan paikannuksen aikana. Paikannukset perustuvat tutkijoiden omaan näkemykseen ruutujen sijainnista maaston muotojen avulla, jonka luotettavuus on melko hyvä, sillä tutkimusruudut ovat laajoja.

5.2 Vesikasvillisuuden kehitys ja yhteys havaintojen määrään

Tutkimusjärvien kasvillisuuden lajimäärä, etäisyys rannasta, esiintymisyvyys ja peittävyys eivät olleet muuttuneet merkittävästi saatavilla olevan aineiston perusteella. Tutkimusjärvien valtalajistoissa oli kuitenkin tapahtunut muutoksia, jotka pyrittiin ottamaan huomioon haukien habitaattiva-

lintaa tarkastellessa. Muutokset aiheutuivat mahdollisesti järvillä jo esiintyneiden valtalajien leviämisestä tai ilmaversoisten kasvien, kuten sarojen ja järviruo'on, leviämisestä rannoilta veteen. Ilmaversoiset ovat mahdollisesti syrjäyttäneet vuoden 2006 valtalajeja vaikuttaen näin valtalajien runsaussuhteisiin. Ilmaversoisten kasvien leviämistä ja runsastumista voi pitää luonnollisena osana järvien sukkessiota, ja esimerkiksi järviruoko pystyy leviämään kasvullisesti melko syvään veteen ja kauemmaksi rannasta, samoin kuin myös sarat ja järvikorte, jos olosuhteet tämän sallivat (Nurminen 2017b). Ilmaversoiset ovat toisaalta myös voineet päätyä kuivalta maalta järveen veden tulviessa. Lisäksi majavan tiedetään vaikuttaneen ainakin Haukijärven ja Majajärven veden korkeuksiin.

Kaikkien tutkimusjärvien kohdalla näyttäisi olevan mahdollista, että haukien kutuaikana havainnot ovat runsaimpia alueilla, joissa kasvaa runsaammin ilmaversoisia kasveja (saroja, järviruokoa), mutta kutuajan jälkeen suojaa tarjoavan kasvillisuuspeitteen elomuodolla tai lajilla ei ole suurta merkitystä hauen esiintymisen kannalta. Tulos vastaa aiempien tutkimusten (Craig 1996, 33, 51–52; Casselman & Lewis 1996, 162) kautta syntyneitä yleiskäsityksiä siitä, että kutuaikana hauet suosivat saroista, heinistä ja kaisloista muodostuneita kutualustoja. Ilmaversoisten leviäminen voi olla siis mahdollinen tekijä haukihavaintojen yleistymiseen tietyillä alueilla. Tulosta voi pitää kuitenkin vain suuntaa antavana, sillä kasvillisuudesta ei ole tietoa kuin vain kahdelta eri vuodelta ja hieman eri menetelmin kartoitettuna. Tarkempia tutkimustuloksia oltaisiin saatu, jos tutkimusruutujen kasvillisuutta oltaisiin arvioitu useammin.

Vesikasvillisuuskartoitusten luotettavuuteen voi vaikuttaa se, että ne tehtiin perinteisestä linjamenetelmästä poikkeavalla tavalla. Toisaalta myös tavoitteena oli hyödyntää näiden kartoitusten tuloksia poikkeavaan tarkoitukseen, eli haukien elinympäristön tutkimiseen. Koska haukihavainnot on tehty KESKALA-hankkeen merkintä-takaisinpyyntitutkimuksessa havaintoruuduittain, myös vesikasvillisuuskartoitukset oli tarkoituksenmukaisempaa tehdä ruuduittain. Eri vuosien kasvillisuuskartoitusten vertailu oli kuitenkin haastavaa muun muassa siksi, että vuonna 2006 valtalajeja oli valittu useampi ja 2016 joka ruudulle valittiin vain yksi valtalaji. Lisäksi vuoden 2006 kasvillisuustiedot ovat puutteellisia kasvillisuuden kasvuetäisyyden rannasta, kasvusyvytyden ja peittävyysprosentin suhteen. Saatavilla ollut tieto oli vain suuntaa antavaa, kasvillisuuskartoista luettua tietoa.

Ulan ruuduissa tehdyt havainnot rajattiin pois tutkitusta havaintoaineistosta, sillä niiden määrä oli vähäinen. Ulan havainnot oli yhteensä kaikilta neljältä tutkimusjärveltä vain 9, joten näiden havaintojen perusteella voidaan päätellä vain, että tutkimusjärvien hauet käyttävät mieluiten habitaattinaan KESKALA-hankkeen tutkimusjärvien litoraalialueita. Ulapalta pyydettyjen haukien keskipituus oli 46,6 cm, ja niistä vain kaksi (22,2 %) oli alle 25 cm pituisia. Tämä tulos vastaa aiempien tutkimusten pohjalta muodostunutta käsitystä siitä, että isompikokoiset hauet ovat joustavampia habitaattivalinnan suhteen, ja > 25 cm pituisia haukia tavataan useimmin

syvemmissä vedessä ja kasvillisuuden ulkopuolella kuin < 25 cm pituisia (Chapman & Mackay 1984, 109–115; Craig 1996, 64–65).

5.3 Haukihavaintojen jakautuminen eri pyyntikausina

Tutkimusjärvien havaintojen maantieteellistä sijoittumista ja määrää tutkimusruuduissa tarkastellessa vuosiryhmittäin (2006–2008 ja 2011–2013) voitiin päätellä, että Majajärveä lukuun ottamatta kaikilla järvilla haukihavainnot painoutuivat suhteellisen suppealle alueelle pääasiassa järvien länsipuoliskoille kutuaikana. Vain kahden vuosiryhmän kohdalla (Haarajärvi ja Haukijärvi vuosina 2011–2013) kutuaikana tehtiin prosentuaalisesti suuremmasta osasta ruuduista havaintoja kuin kutuajan jälkeen. Tulos voi johtua mahdollisesti siitä, että tämänkaltaisissa pienissä metsäjärvissä haulle soveltuvia syönnöshabitaatteja on laajemmin ympäri järveä, kun taas haulle soveltuvia kutualueita on rajoitettu määrä. Lisäksi kaikkien järvien kohdalla havainnot näyttivät keskittyvän kutuaikana ojien lähetyville, kun taas kutuajan jälkeen näin ei käynyt. Ainoa poikkeus oli Majajärvi vuosina 2011–2013 kutuajan jälkeen, jolloin havaintoja oli edelleen eniten ojien lähetyville. Majajärvellä haukien tiheys ja keskikoko vähenivät kaikkein voimakkaimmin vuosien 2008–2012 poistopyynnin seurauksena (Tiainen ym. 2017, 175–178), mikä on voinut vaikuttaa haukien jakautumiseen reviereille.

Ojien sijaitseminen järvien länsipuoliskolla voisi ainakin osittain selittää, miksi hauet suosivat kutuaikana tutkimusruutuja, jotka sijaitsevat kyseisellä puolella järveä. Ojilla on vaikutusta järvien jääkannen sulamiseen keväällä, ja tulvarannat muodostuvat yleensä tänne. Tulvavesi houkuttaa kutuaikaan haukia, joten tämä vaikuttanee havaintojen keskittymiseen näille alueille. Myös auringon säteilyllä on keväällä vaikutusta siihen, mistä jääkansi sulaa ensin järvillä, mutta varsinkin siihen, miten vesi lämpenee. Vedden lämpeneminen käynnistää haukien kudun. Tämä voisi ainakin osittain selittää, miksi kutuaikaan Majajärvellä järven eteläpuoliskolla oli paljon tutkimusruutuja, joissa ei tehty lainkaan havaintoja, sillä Majajärven eteläpuoleinen rinne varjostaa järveä ja etelästä säteilevä auringon valo lämmittää pohjoista puoliskoa.

Tässä tutkimuksessa hauet näyttivät hajautuvan laajemmalle alueelle vasta kutuajan päädyttyä, kuten myös Rosellin & MacOscarin (2002) merkintä-takaisinpyyntitutkimuksessa. Toisaalta kutuaikana rysien ja katiskojen paikat ovat voineet osittain vaikuttaa siihen, miten pyyntiponnistus on jakautunut järville, ja näin osaltaan vaikuttaa havaintojen painottumiseen tiettyihin tutkimusruutuihin. Kutuajan jälkeen haukia myös pyydettiin jonkin verran hajanaisemmin ja tasaisemmin eri puolelta järveä, mikä on voinut vaikuttaa tuloksiin.

Jokaisen järven haukihavainnoista tehtiin myös erikseen yksittäisiä havaintovuotuvia kuvaavia teemakarttoja, joissa kutuaika ja kasvukausi havainnollistettiin edelleen erikseen. Eri järvien ja pyyntikausien vuodet 2006–2013

kattavista aikasarjakoosteista (Liite 3) pystyi tekemään pääasiassa samankaltaisia johtopäätöksiä kuin vuosiryhmäkarttoja tarkastellessa. Näistä voitiin kuitenkin myös päätellä, että haukihavaintojen jakautumisessa pitkin järvien litoraalialueita ja määrässä tutkimusruuduissa oli runsaasti vaihtelua eri vuosien välillä. Vaihtelu voi selittyä sillä, että eri vuosina olosuhteet (sää ja vesikasvillisuus) ovat olleet erilaisia ja vesi on lämmennyt eri tavalla. Kutupaikat ovat kuitenkin olleet suurin piirtein samoja alueita vuodesta toiseen: matalia ja loivasti syveneviä kasvillisuuden peittämiä rantoja ja oja-alueita. Tämä voi tarkoittaa joko sitä, että vesikasvillisuus ei välttämättä yksin selitä havaintojen frekvenssejä eri tutkimusruuduissa, tai että havaintojen frekvenssi on vahvasti sidoksissa siihen, miten kasvillisuus kehittyy kunakin vuonna, mikä taas riippuu sääolosuhteista. Vaihteluun vaikuttaa tässä yhteydessä oleellisesti myös se, että havaintojen määrä oli vähäisempi verrattuna vuosiryhmittäin tehtyyn tarkasteluun.

Haukijärven kutuaikaista vuosittaista aikasarjakoostetta tarkastellessa huomattiin, että havainnot alkavat keskittyä yhteen ruutuun (ruutu 11) vuosina 2009–2012. Vasta vuonna 2013 havainnot ovat hajautuneina laajemmalla alueella, eli myös järven itäpuoliskolla, mikä on vaikuttanut Haukijärven 2011–2013 vuosiryhmän kartan ilmeeseen ja tulkintaan. Sen sijaan Haukijärven kutuajan jälkeisen ajan aikasarjakoostetta tarkastellessa huomattiin, että havainnot keskittyvät vain harvaan ruutuun vuosina 2008 (ruudut 11 ja 13) ja 2010 (ruutu 12). Kutuaikana Hokajärven aivan itäisimmissä tutkimusruuduissa ei tehty lainkaan havaintoja, koska kyseisissä ruuduissa ei ole ollut keväisin pyydyksiä. Samoissa ruuduissa haukihavaintoja tehtiin vähän kuitenkin myös kutuajan jälkeen kesällä.

5.4 Pyyntipaikan ominaisuuksien vaikutus haukimuuttujiin

Kutuaikana (viikot 16–23) habitaattimuuttajat korreloivat tilastollisesti merkitsevästi hauen keskipituuden kanssa ainoastaan välimittajärvillä vuosina 2006–2008. Korrelaatiokertoimen perusteella haukien keskipituus pieneni tutkimusruutujen kasvillisuuden kasvusyvyiden kasvaessa, ja kertoimen selitysaste oli suhteellisen suuri. Kasvusyvyys kasvaa kasvillisuuden etäisyyden rannasta kasvaessa, joka on tutkimusjärvillä suurempi rannoilla, joilla vesi syvenee loivasti (Liite 4). Loivilla rannoilla vesi pääsee muodostamaan tulvarantoja helpommin, mikä taas houkuttelee kutevia haukia. Tämän perusteella isoimmat hauet valitsivat ainakin välimittajärvillä 2006–2008 kutuaikana habitaateikseen sellaisia järven kohtia, joissa rannat olivat jyrkempiä, eli epäedullisempia kutupaikkoja. Tulos voi johtua siitä, että isot hauet eivät olleet kyseisillä alueilla kutemassa vaan saalista massa ennen kutua ja sen jälkeen. Toisaalta matalampaan veteen muodostuu tavallisemmin ilmaversoisten muodostama vyöhyke, ja hauki suosii näitä vesikasveja kutualustoinaan. Tulosta ei voi kuitenkaan yleistää, sillä se koskee vain aiemmin mainittua ajankohtaa.

Kutuajan jälkeisenä aikana (viikot 24–41) hauen keskipituus kasvoi tutkimusruudun kasvillisuuden peittävyiden kasvaessa. Tulos on yllättävä, sillä

oletuksena oli, että pienet hauet viihtyvät tiheämmässä kasvillisuudessa kuin suuret hauet. Ehkä vesikasvillisuuden vähäisyydestä ja alhaisesta näkösyvyydestä johtuvat järvien haasteelliset saalistusolosuhteet vaikuttavat tähän käyttäytymiseen, sillä kasvillisuus toimii sekä suojana, että ravinnon lähteenä myös hauen saaliskaloille ja niitä on eniten järvien litoraalialueilla. Tämän lisäksi, vaikka veden pinnalla näkyvän kasvillisuuden peittävyys on suuri, pinnan alla on väljää ja isoille hauille tilaa, sillä kasvillisuuden peittävyys muodostuu näillä tutkimusjärvillä pääasiassa kelluslehtisistä.

Sekä kutuaikana, että sen jälkeen tutkimusruutujen haukihavaintojen määrää lisäsi kasvillisuuden etäisyys rannasta ja vähensi pohjan kaltevuus, jotka kummatkin vaikuttavat haukien habitaatin laajuuteen. Kun ranta syvenee loivasti, myös kasvillisuuden kasvuetäisyys rannasta kasvaa, mikä taas lisää habitaatin pinta-alaa ja havaintojen määrää. Laajempaan habitaattiin mahtuu enemmän haukiyksilöitä kutemaan ja saalistamaan kuin pienempään habitaattiin. Kutuaikana pohjan kaltevuus oli merkittävämpi kriteeri haukihavaintojen määrän kannalta kuin kasvillisuuden etäisyys rannasta todennäköisesti siksi, että jyrkkärantaisessa tutkimusruudussa keväällä vesi ei pääse muodostamaan kudulle otollisia tulvarantoja. Kutuajan jälkeen myös kasvillisuuden kasvusyvyys lisäsi havaintojen määrää, ja se yhdessä kasvillisuuden etäisyyden kanssa vaikuttivat enemmän haukihavaintojen määrään verrattuna pohjan kaltevuuteen. Tämä johtunee siitä, että jyrkkärantaisessa tutkimusruudussa hauen habitaatti on kapeampi kuin loivasti syvenevällä rannalla. Kasvillisuuden esiintymissyvyys lisäsi havaintojen määrää vain kutuajan jälkeen luultavasti siksi, että sen voidaan olettaa laajentavan haukien syönnöshabitaattia. Joka tapauksessa välimittajärvillä kasvillisuuden kasvusyvyys korreloi positiivisesti haukihavaintojen määrän kanssa myös kutuaikana. Lisäksi kaikki kolme muuttujaa myös korreloivat keskenään: pohjan kaltevuuden kasvaessa kasvillisuuden esiintymissyvyys ja etäisyys rannasta vähenevät, ja kasvillisuuden etäisyyden kasvaessa myös esiintymissyvyys kasvaa (Liite 4). Tästä syystä kasvillisuuden esiintymissyvyyden rooli havaintojen määrän lisääntymisessä jäi epäselväksi.

Säätelytarkastelussa ei havaittu selvästi kalastuksesta johtuvia muutoksia hauen habitaattivalinnassa. Jos eri käsittelyjen välillä ei olisi ollut eroa habitaatin valinnassa ennen kalastusta, mutta kalastuksen jälkeen habitaatin valinta olisi ollut erilainen eri säätelyn järvissä, eri pyyntimitat olisivat voineet olla yksi syy muuttuneeseen habitaatin valintaan. Toisaalta kummankin pyyntimitan käyttöönotto laski enemmän tai vähemmän järvien haukien tiheyttä ja biomassaa, millä on voinut olla vaikutusta haukien käyttäytymiseen. Esimerkiksi kutuaikana pohjan kaltevuus alkoi korreloida ala- ja välimittajärvillä vasta kalastuksen jälkeen (2011–2013), mikä mahdollisesti tarkoittaa, että alhaisessa tiheydessä valitaan korostuneesti parempia kutuhabitaatteja, eli loivasti syveneviä rantoja. Kutuajan jälkeen sekä alaelettä välimittajärvillä kalastusta edeltävänä aikana (2006–2008) useampi habitaattimuuttuja korreloi tutkimusruudussa pyydettyjen haukien määrän kanssa, mutta kalastuksen jälkeen (2011–2013) mikään muuttujista ei

enää vaikuttanut havaintojen määrään. Tämä viittaa siihen, että vähentynyt kannibalismin uhka ei ehkä rajoita pienempien haukien habitaatteja vain suojaisille paikoille. Toisaalta ei voida olla varmoja siitä, että näitä huomiota kiinnittäneitä seikkoja ei olisi aiheuttaneet kasvillisuusmuutokset tai sääolosuhteiltaan erilaiset keväät. Säätelyllä ei siis tämän tarkastelun perusteella voida sanoa olevan selvää vaikutusta haukien habitaaattivintaan.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Helsingin yliopiston vuonna 2005 käynnistämän KESKALA-hankkeen merkintä-takaisinpyyntitutkimuksessa oli kertynyt paljon aineistoa, jota ei oltu vielä koskaan sijoitettu paikkatietojärjestelmään. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli saada hauista kerätty tutkimusaineisto visuaaliseen muotoon ja tutkia paikkatiedon avulla haukien habitaatinvalintaa. Tutkimusjärvien havaintoruutukartat georeferoitiin ja digitoitiin tutkimusaineiston visualisointia varten. Haukien kutuaikaisen ja kasvukauden aikaisen habitatin ominaisuuksia tutkittiin pääasiassa paikkatietoanalyysillä. Tutkimusruutujen havaintojen määrään ja haukien keskipituuteen sekä pituuteen vaikuttavia tekijöitä tutkittiin Pearsonin korrelaatiokertoimella. Myös haukikantojen säätelyn aiheuttamia muutoksia haukien habitaatinvalintaan yritettiin selvittää.

Opinnäytetyölle asetetut päätavoitteet saavutettiin. Tarvittavien karttojen georeferointi ja digitointi onnistuivat, ja paikkatieto-ohjelman ilmoittama georeferointivirhe jäi pieneksi. Vektorimuodossa oleva aineisto oli havaintoaineiston visualisoinnin ohella edellytys tässä opinnäytetyössä tehdyille paikkatietoanalyysille. Ulapalla sijainneissa tutkimusruuduissa tehtyjen havaintojen vähäisyydestä voitiin päätellä, että KESKALA-hankkeen neljän pienen tutkimusjärven hauet käyttivät koostaan riippumatta mieluiten habitaatteinaan järvien litoraalialueita, johtuen luultavasti kasvillisuuden vähäisyyden ja samean veden aiheuttamista haasteellisista saastusolosuhteista. Paikkatietoanalyysien avulla selvisi, että haukien suosimat kutuhabitatit sijaitsivat ojien läheisyydessä ja matalissa kasvillisuuden peitossa olevissa rannoissa. Kutuajan jälkeen hauet hajautuivat laajemmalle alueelle, sillä ilmeisesti haulle sopivia syönnöshabitatteja on järvillä enemmän suhteessa kudulle sopiviin alueisiin. Kutuaikana havainnot vaikuttivat olevan runsaimpia alueilla, joissa kasvoi ilmaversoisia kasveja, mutta kutuajan jälkeen vesikasvien elomuodolla ei näyttänyt olevan suurta merkitystä hauen esiintymisen kannalta. Saadut tulokset vastaavat aiempien tutkimuksien tuloksia.

Tutkimusjärvien vesikasvillisuuskartoituksissa ilmeni, että järvien valtalajistoissa on tapahtunut muutoksia, joilla voi olla vaikutusta tuloksiin. Muutokset aiheutuivat mahdollisesti järvillä jo esiintyneiden valtalajien leviämisestä tai ilmaversoisten kasvien leviämisestä rannoilta veteen sukkesion myötä. Säätelyllä ei tämän tarkastelun perusteella voitu sanoa olevan selvää vaikutusta haukien habitaatinvalintaan. Lisäksi korrelaatiokerrointen tuloksia voitiin pitää vain suuntaa antavina, paikkatietoanalyysijä tukevana aineistona, koska korrelaatiokertoimet ja niiden selitysasteet jäivät pääasiassa alhaisiksi. Käytetyt paikkatietomenetelmät ja -analyysit osoittautuivat yksinkertaisuudestaan huolimatta melko tehokkaiksi haukien habitaatinvalinnan tutkimiseen, mutta jatkossa, jos halutaan saada tarkempia tuloksia vastaavilla menetelmillä, tulisi kasvillisuutta seurata useammin.

Opinnäytetyön tuloksia voidaan hyödyntää muun muassa pohdittaessa haukikantojen suuruuteen vaikuttavia tekijöitä tai kunnostettaessa rantoja haukien kutuun ja syönnösalueiksi sopiviksi. Tulokset voivat olla hyödyllisiä myös järven kunnostusta suunnitteleville tahoille, jotta hauen kannalta keskeisimmät kasvilajit ja muut habitaatin rakenteet säästettäisiin turvaamaan hauen luontaista elinympäristöä ja lisääntymistä. Esimerkiksi vesikasvillisuuden niitto tulisi suunnitella niin, ettei se vaurioita haulle sopivia kutu- ja syönnöshabitaatteja. Petokalakannan säilymisellä on myönteinen vaikutus koko järven ravintoverkkoon ja näin myös veden laatuun, ja kutuhabitaattien ympäristövaatimusten täytyminen on edellytys elinvoimaisen haukikannan muodostumiselle.

Opinnäytetyön toimeksiantajan asettamat odotukset täytyivät. KESKALA-hankkeelle opinnäytetyöstä oli hyötyä, sillä se mahdollisti aiemmin kerätyn tutkimusaineiston tarkastelun hankkeelle uudella tutkimusmenetelmällä ja näkökulmasta. Opinnäytetyön tulokset ovat tärkeitä, ja niitä voidaan hyödyntää KESKALA-hankeen jatkotutkimuksissa. Opinnäytetyön aikana tuotettu kartta-aineisto luovutetaan toimeksiantajalle, ja samaa aineistoa voidaan myös tarvittaessa hyödyntää esimerkiksi haukien liikkeiden tutkimiseen. Vaikka eri hauen pyyntimittojen käyttöönotolla ei tässä opinnäytetyössä pystytty sanomaan olevan vaikutusta haukien habitaatinvalintaan kannan rakenteen muutoksen seurauksena, niin tulokset eivät myöskään poissulkeneet tätä mahdollisuutta. Yhteyttä ei löydetty ehkä siksi, että käytetyt tilastolliset menetelmät eivät olleet sellaisia, jotka ottaisivat huomioon eri muuttujien yhteisvaikutusta. Selittävät muuttujat olivat myös yhteydessä toisiinsa, joten oli vaikea sanoa, mikä oli lopulta yksittäisen muuttujan vaikutus haukihavaintojen määrään ja haukien keskipituuteen. Jatkotutkimuksen aiheena voisikin olla kalastuksen säätelyn vaikutuksen selvittäminen tilastollisella monimuuttuja-analyysillä.

Opinnäytetyön tekijän ymmärrys tutkimusprosessista ja paikkatietoanalyysien käytettävyydestä tämän kaltaisissa tutkimuksissa syventyi. Opinnäytetyöprosessi myös opetti, kuinka tärkeää tutkimuksen sopiva rajaus on työn varhaisessa vaiheessa, sekä miten huolellisesti laadittu työsuunnitelma vaikuttaa itse työn kulkuun ja lopputuloksiin. Opinnäytetyön tekoon tuotti haastetta se, ettei tekijällä ollut aiempaa kokemusta tilastollisista menetelmistä tai vahvaa tieteellistä tietoperustaa opinnäytetyön aiheesta, vaikkakin paikkatietomenetelmät olivat jo entuudestaan hallussa. Opinnäytetyön aihe ei täysin vastannut koulutusohjelman sisältöä, mutta opinnäytetyössä käytetyt menetelmät ja sen aihepiiri ovat kuitenkin ympäristösuunnittelijan työn ja luonnonvara-alan näkökulmasta tärkeitä. Samankaltaista tutkimusta ei myöskään oltu vielä tehty ainakaan Suomessa kyseisillä menetelmillä, ja vastaavat tutkimukset, joissa on kohteena pienet ja lähes koskemattomat suomalaiset metsäjärvet ovat harvassa.

LÄHTEET

- Antikainen, H. & Kortsalo, P. (2012). *Johdatus ArcGIS 10 -ohjelmiston käyttöön*. Oulun yliopiston maantieteen laitoksen opetusmoniste no. 42. Oulu: Oulun yliopistopaino. [790101P_johdatus_arcgis_10-ohjelmiston_kayttoon.pdf](#)
- Brofeldt, P. (1920). Evon kalastuskoeasema. 25-vuotinen toiminta ja tulokset 1892-1917. *Suomen kalatalous* 6, 141.
- Casselman, J. M. & Lewis, C. A. (1996). Habitat requirements of northern pike (*Esox lucius*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53, 161–174.
- Chapman, C. A. & Mackay, W. C. (1984). Versatility in habitat use by a top aquatic predator, *Esox Lucius* L. *Journal of Fish Biology* 25, 109–115.
- Craig, J. F. (1996). *Pike – Biology and exploitation*. Fish and Fisheries Series 19. Lontoo: Chapman and Hall.
- Craig, J.F. (2008). A short review of pike ecology. *Hydrobiologia* 601, 5–16.
- Heikkilä, T. (2014). *Tilastollinen tutkimus*. Helsinki: Edita Publishing Oy.
- Helsingin yliopisto (2006a). Kestävän kalastuksen periaate kalakantojen hoidossa — KESKALA. Keskala-hankkeen tavoitteet. Haettu 27.12.2016 osoitteesta <http://www.helsinki.fi/keskala/etusivu/tavoitteet.htm>
- Helsingin yliopisto (2006b). Kestävän kalastuksen periaate kalakantojen hoidossa — KESKALA. Tutkimus. Haettu 27.12.2016 osoitteesta <http://www.helsinki.fi/keskala/tutkimus/index.htm>
- Helsingin yliopisto (2006c). Kestävän kalastuksen periaate kalakantojen hoidossa — KESKALA. Kalastuksen säätely. Haettu 7.12.2016 osoitteesta <http://www.helsinki.fi/keskala/kalastajalle/kalastussaately.htm>
- Helsingin yliopisto (2006d). Kestävän kalastuksen periaate kalakantojen hoidossa — KESKALA. Kalakantojen luontaisen lisääntymisen turvaaminen. Haettu 7.12.2016 osoitteesta <http://www.helsinki.fi/keskala/kalastajalle/lisaantyminen.htm>
- Helsingin yliopisto (2006e). Kestävän kalastuksen periaate kalakantojen hoidossa — KESKALA. Tutkimusjärvet. Haettu 16.1.2017 osoitteesta <http://www.helsinki.fi/keskala/tutkimusjarvet/index.htm>

- Heywood, I., Cornelius, S. & Carver, S. (2011). *An Introduction to Geographical Information Systems*. Fourth edition. Harlow: Pearson Education Limited.
- Holopainen, M. & Pulkkinen, P. (2008). *Tilastolliset menetelmät*. Porvoo: WSOY.
- Holopainen, M., Tokola, T., Vastaranta, M, Heikkilä, J., Huitu, H., Laamanen, R. & Alho, P. (2015). *Geoinformatiikka luonnonvarojen hallinnassa*. Helsingin yliopiston metsätieteiden laitoksen julkaisuja 7, 1–152.
- Johansson, K. (2007). *Haukien liikkeet ja habitaatinvalinta – Radiolähetinseuranta Kajaaninjoella 2002–2003*. Pro gradu -tutkielma. Hydrobiologia. Helsingin yliopisto.
- Koivunen, T. (2001a). Paikkatietoaineistot. Haettu 6.3.2017 osoitteesta http://www.oulu.fi/virtualgis/osa1_03b.htm
- Koivunen, T. (2001b). GIS-analyysitoiminnot. Haettu 6.3.2017 osoitteesta http://www.oulu.fi/virtualgis/osa1_06b.htm
- Koli, L. (1998). *Suomen kalat*. Porvoo: WSOY.
- Kuoppala, M., Hellsten, S. & Kanninen, A. (2008). *Sisävesien vesikasviseurantojen laadunvarmistus*. Suomen ympäristökeskus. Suomen ympäristö –sarjan julkaisuja 36/2008. Haettu 2.3.2017 osoitteesta <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/38384>
- Lehtonen, H. (2005). Onko kalastus kestäväällä pohjalla?. *Vapaa-Ajan Kalastaja* 1, 3.
- Lehtonen, H. (2014). Ovatko Suomen kalakannat elinkelpoisia ja kestävästi kalastettuja? *Kestävä kalastus ja vesiluonnon monimuotoisuus elinkelpoisten kalakantojen edellytyksenä*. Haettu 5.12.2016 osoitteesta <http://www.ymparistoakatemia.fi/wp-content/uploads/2014/10/taitto-aukeamittain.pdf>
- Lehtonen, H., Estlander, E., Horppila, J., Nurminen, L., Olin, M., Rask, M., Ruuhijärvi, J. & Tiainen, J. (2017). Preface to the Special Issue "Ecologically sustainable fishing": Project KESKALA background, objectives and conclusions. *Boreal Environment Research* 22, 115–118.
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J. & Rhind, D. W. (2011). *Geographic Information Systems & Science*. Third edition. Hoboken: John Wiley and Sons, Inc.
- Luke (n.d.a). Tietoa kalalajeista. Hauki. Haettu 9.3.2017 osoitteesta <http://kalahavainnot.fi/kalalajitieto/hauki/>

Luke (n.d.b). Tilastotietokanta. Kala- ja riistatilastot. Rakenne ja tuotanto. Kokonaiskalansaalis. Haettu 9.3.2017 osoitteesta <http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE>

MML (n.d.a). Avoimien aineistojen tiedostopalvelu. Haettu 16.6.2016 osoitteesta <https://tiedostopalvelu.maanmittauslaitos.fi/tp/kartta>

MML (n.d.b). Tuotekuvaukset. Peruskarttarasteri. Haettu 16.6.2016 osoitteesta <http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/asiantuntivalle-kayttajalle/tuotekuvaukset/peruskarttarasteri>

MML (n.d.c). Tuotekuvaukset. Maastotietokanta. Haettu 16.6.2016 osoitteesta <http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/asiantuntivalle-kayttajalle/tuotekuvaukset/maastotietokanta-0>

MMM (2015). Valtioneuvoston asetus kalastuksesta. Muistio 23.11.2015. Haettu 7.12.2016 osoitteesta <http://mmm.fi/documents/1410837/1801522/Kalastusasetus-muistio.pdf/3e4181aa-597c-479a-9b71-ca7bfb45bf4>

Mökkönen, T. (2006). *Historiallinen paikkatieto. Digitaalisen paikkatiedon tuottaminen historiallisista kartoista*. Ympäristöministeriö. Suomen ympäristö –sarjan julkaisuja 34/2006. Haettu 2.3.2017 osoitteesta https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38805/SY34_2006_Historiallinen_paikkatieto.pdf?sequence=1

Nilsson, P. A., Skov, C. & Farrell, J. M. (2008). Current and future directions for pike ecology and management: a summary and synthesis. *Hydrobiologia* 601, 137–141.

Nurminen, L. (2017a). Kysymyksiä kasvillisuuskartoituksista, haukihabi-taattityö. Sähköpostiviesti tekijälle 24.3.2017.

Nurminen, L. (2017b). Kysymyksiä kasvillisuuskartoituksista, haukihabi-taattityö. Sähköpostiviesti tekijälle 21.4.2017.

Olin, M. (2016a). Opinnäytetyö. Sähköpostiviesti tekijälle 23.5.2016.

Olin, M. (2016b). Opinnäytetyö. Sähköpostiviesti tekijälle 16.6.2016.

Olin, M. (2017). Henkilökohtainen tiedonanto. Opinnäytetyöpalaveri 15.3.2017, Helsingin yliopisto.

Olin, M., Estlander, S., Immonen, S., Jutila, J., Lehtonen, H., Nurminen, L., Tiainen, J., Valonen, T. & Vinni, M. (2008). Kestävän kalastuksen periaate kalakantojen hoidossa (KESKALA) –hankkeen toimintakertomus vuodelta

2007. Haettu 17.1.2017 osoitteesta <http://www.helsinki.fi/keskala/julkaisut/toimintakertomus2007.pdf>

Olin, M., Estlander, S.K., Tiainen, J. M., Rask, M. & Lehtonen, H. (2012). Isot tuottavat paljon ja parasta laatua. *Suomen kalastuslehti* 119(8), 28–30.

Olin, M., Tiainen, J., Nyberg, K. & Lehtonen, H. (2013). Kestävän kalastuksen periaate kalakantojen hoidossa (KESKALA) –hankkeen toimintakertomus vuodelta 2013. Haettu 16.1.2017 osoitteesta <http://www.helsinki.fi/keskala/julkaisut/Toimintakertomus2013.pdf>

Pitney Bowes Software (n.d.). MapInfo Professional 12 -ohjelmiston sisäinen käyttöohje.

QGIS (n.d.). QGIS Opetusmateriaali. 14.2. Lesson: Kartan georeferointi. http://docs.qgis.org/2.2/fi/docs/training_manual/forestry/map_georeferencing.html

Rosell, R. S. & MacOscar, K. C. (2002). Movements of pike, *Esox lucius*, in Lower Lough Erne, determined by mark-recapture between 1994 and 200. *Fisheries Management and Ecology* 9, 189–196.

Saari, O. (2014). *Hauen (Esox lucius L.) ravinnonkäyttö pienissä suomalaisissa metsäjärvissä mahanäytteiden ja vakaiden isotooppien perusteella*. Pro gradu –tutkielma. Akvaattiset tieteet. Jyväskylän yliopisto.

Seppälä, R. (2017). Evon järvien syvyyskäyrät. Sähköpostiviesti tekijälle 24.1.2017.

Sharma, C. M. & Borgstrøm, R. (2008). Increased population density of pike *Esox Lucius* – a result of selective harvests of large individuals. *Ecology of Freshwater Fish* 2008.

SYKE (2015). VALUE – valuma-alueen rajaustyökalu. Haettu 2.2.2017 osoitteesta <http://paikkatieto.ymparisto.fi/value/>

SYKE (n.d.). Ympäristötiedon hallintajärjestelmä Hertta. Vesivarat. Haettu 2.2.2017 osoitteesta <https://www.wp2.ymparisto.fi/scripts/hearts/welcome.asp>

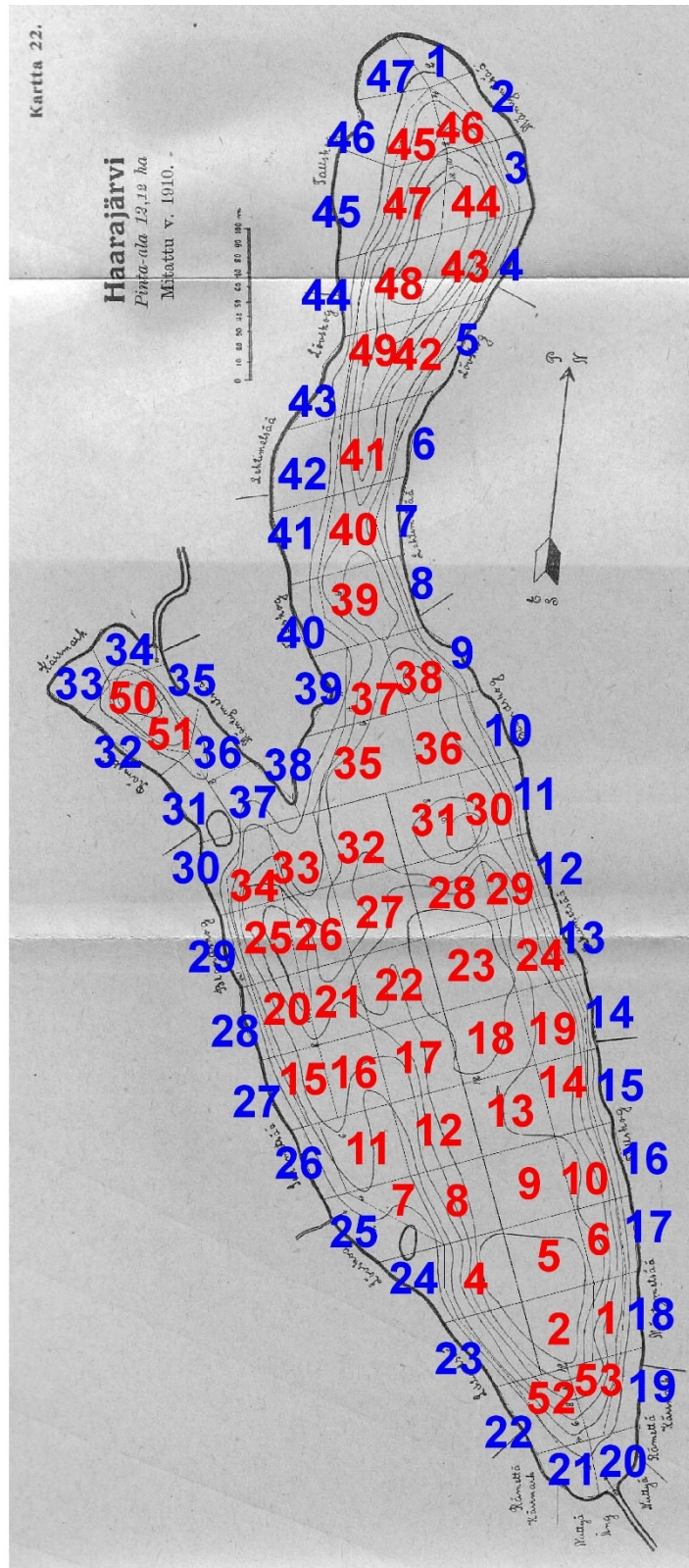
Särkkä, J. (1996). *Järvet ja ympäristö – Limnologian perusteet*. Tampere: Tammer-Paino Oy.

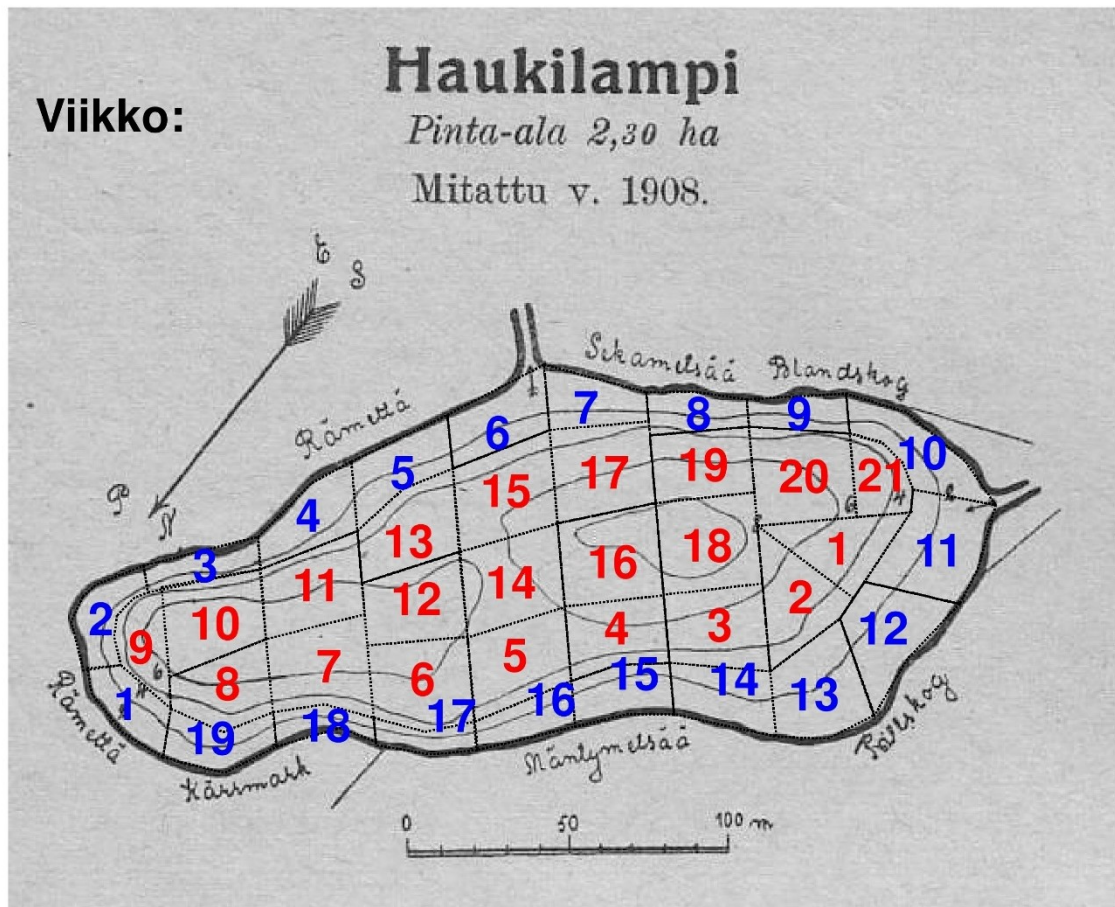
Tiainen, J. (2008). *Verkkokoekalastus ja merkintä-takaisinpyynti metsäjärvien kalakantojen ja kalayhteisön rakenteen arvioinnissa*. Pro gradu –tutkielma. Kalabiologia ja kalatalous. Jyväskylän yliopisto.

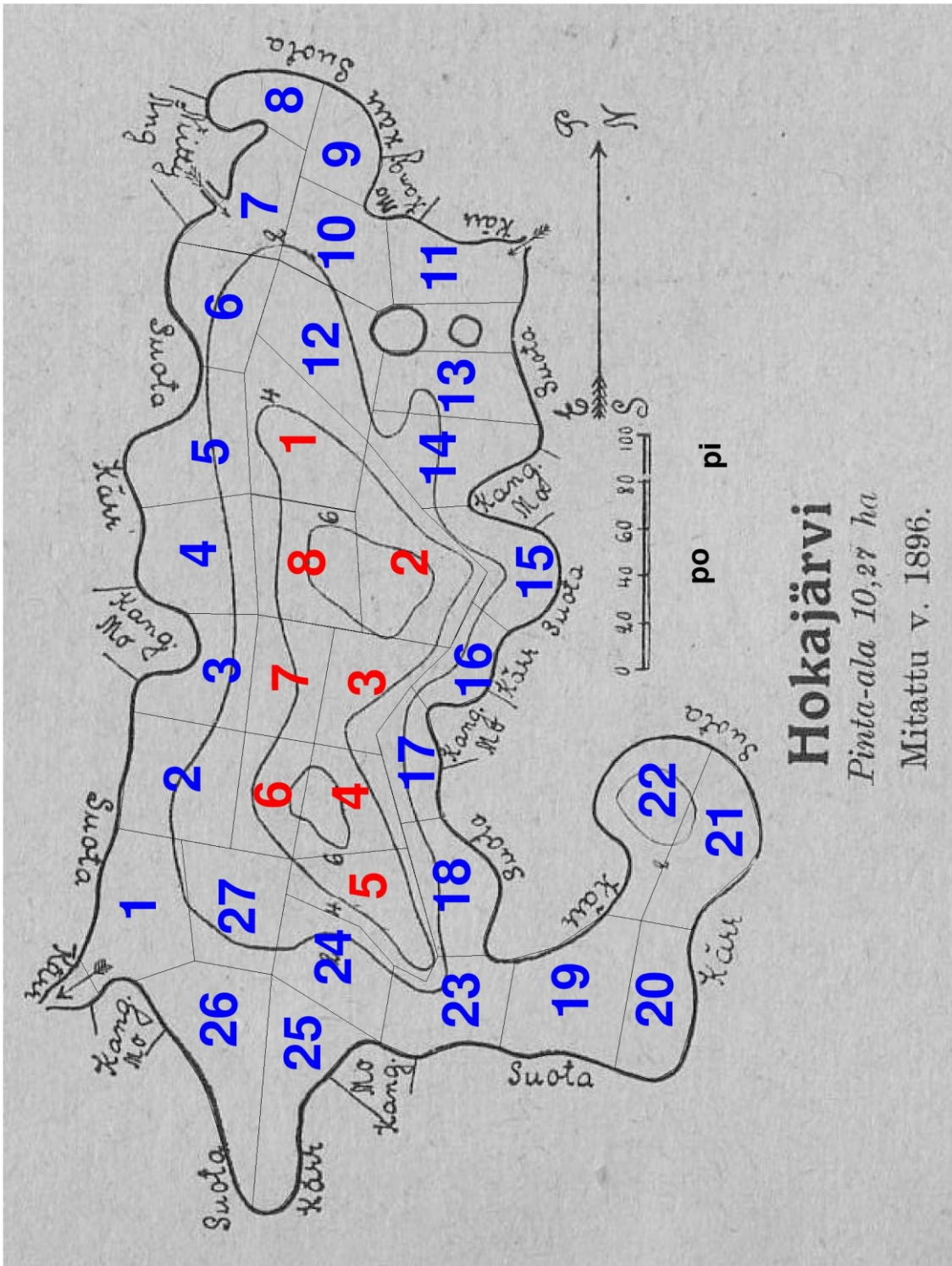
Tiainen, J., Olin, M., Lehtonen, H., Nyberg, K. & Ruuhijärvi, J. (2017). The capability of harvestable slot-length limit regulation in conserving large and old northern pike (*Esox lucius*). *Boreal Environment Research* 22, 169–186.

Vehanen, T., Hyvärinen, P., Johansson, K. & Laaksonen, T. (2006). Patterns of movement of adult northern pike (*Esox lucius* L.) in a regulated river. *Ecology of Freshwater Fish* 15, 154–160.

RASTERIMUOTOISET PAIKKATIEDOTTOMAT HAVAINTORUUTUKARTAT







Hokajärvi

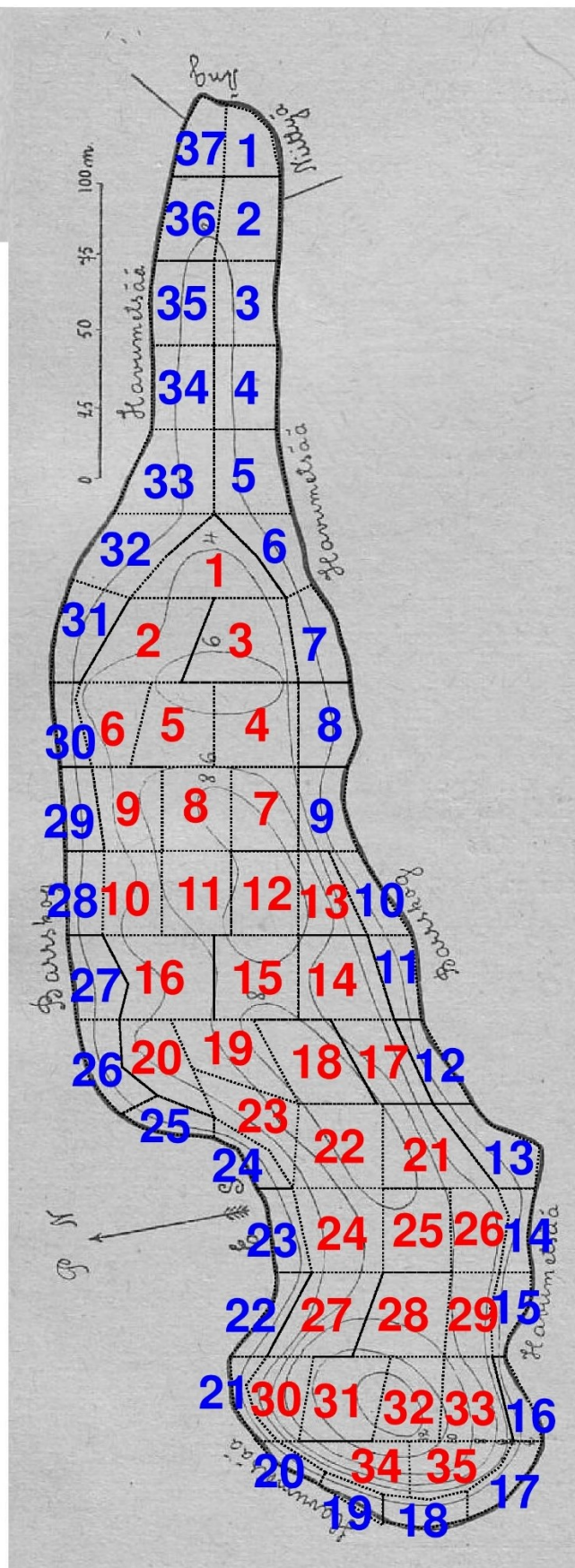
Pinta-ala 10,27 ha

Mitattu v. 1896.

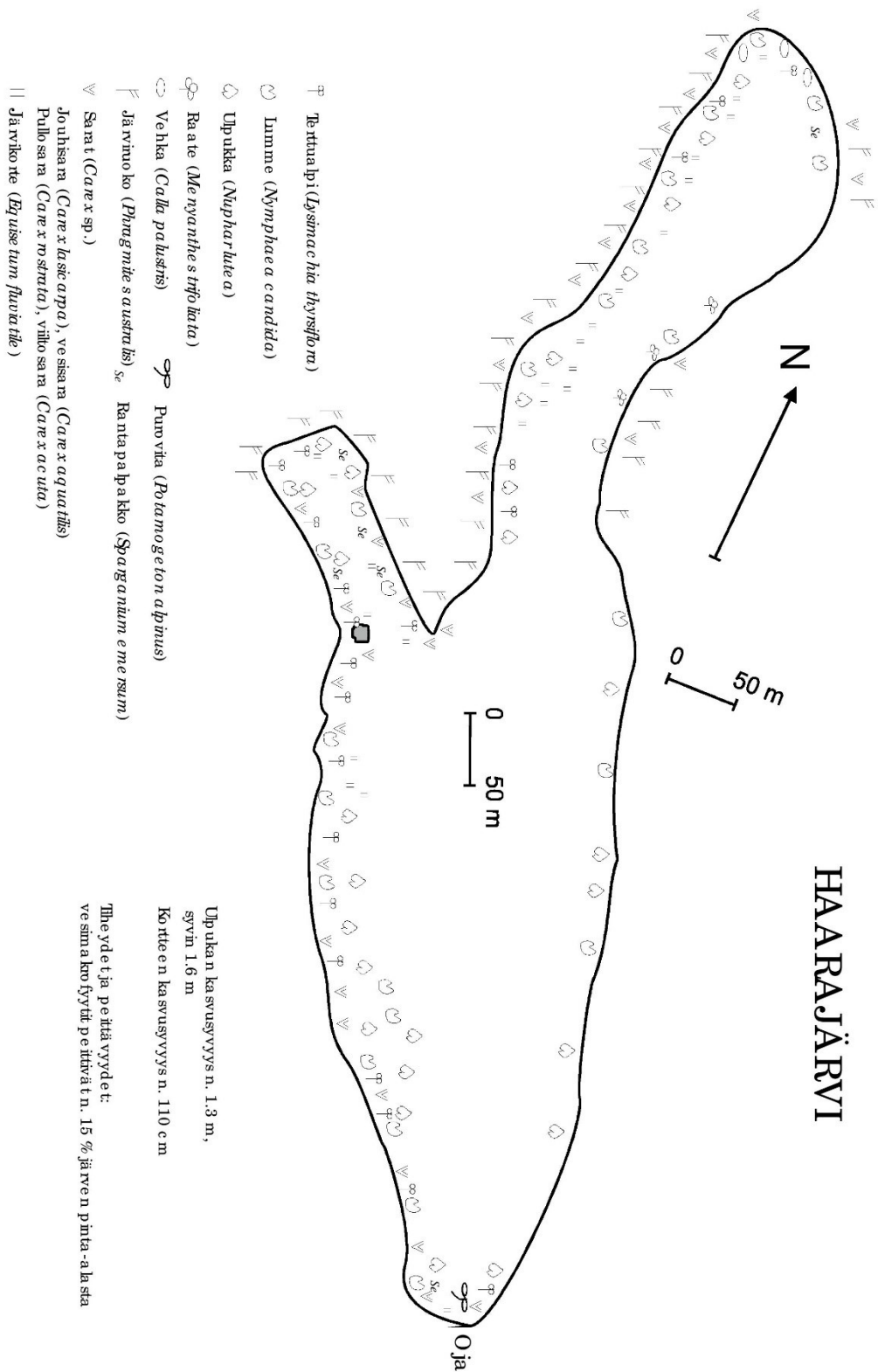
Majajärvi

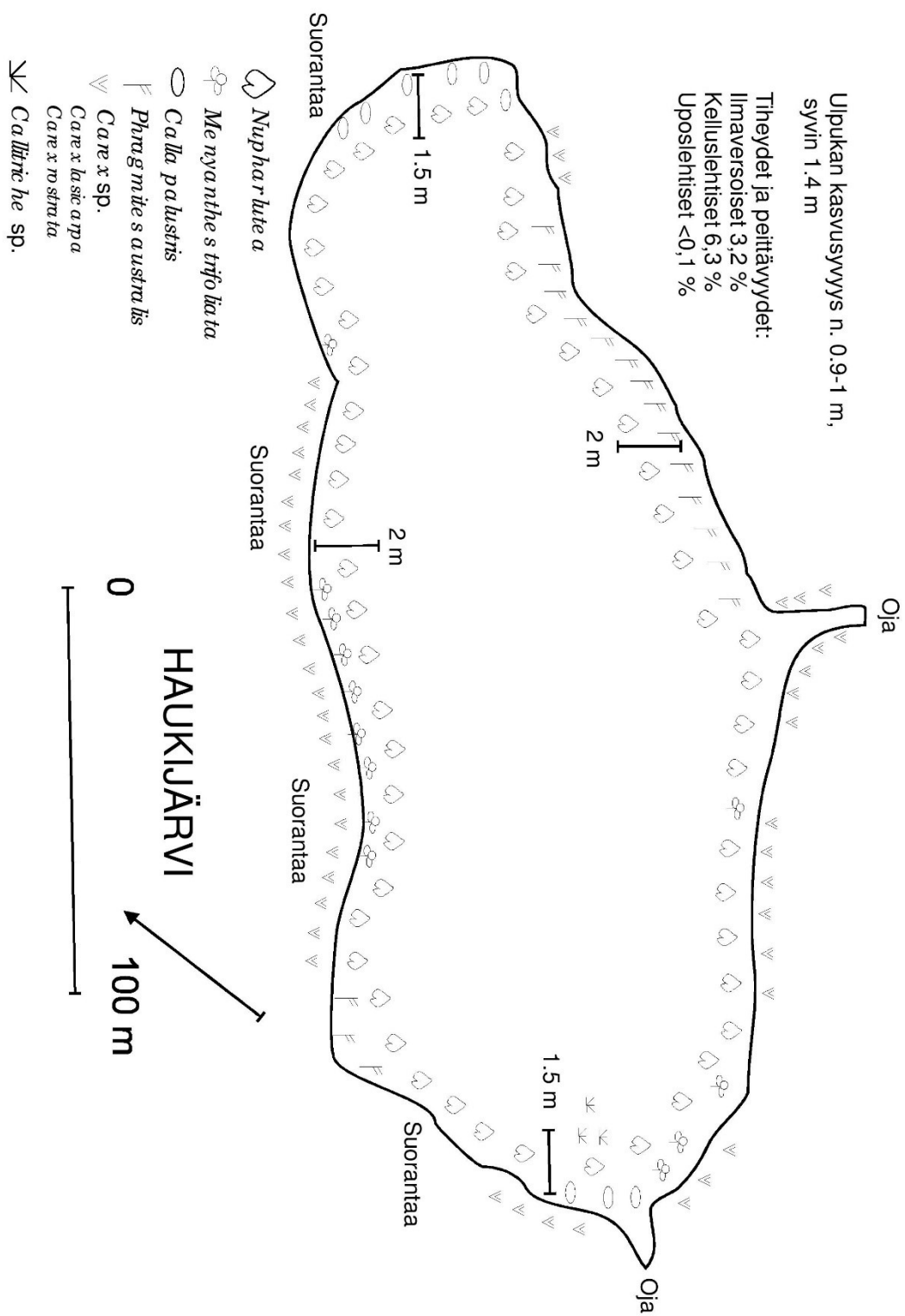
Pinta-ala 3,39 ha

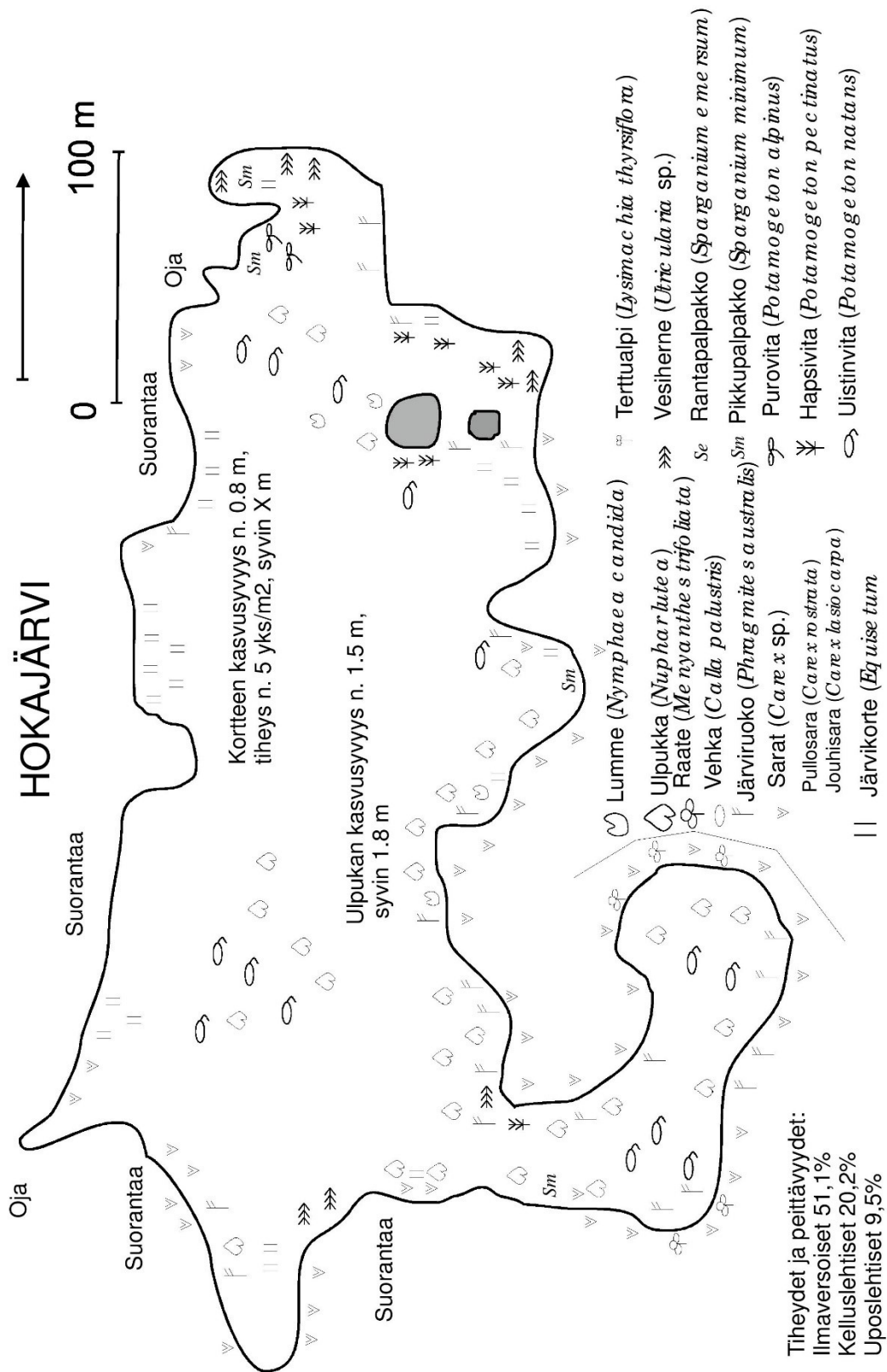
Mitattu v. 1904.

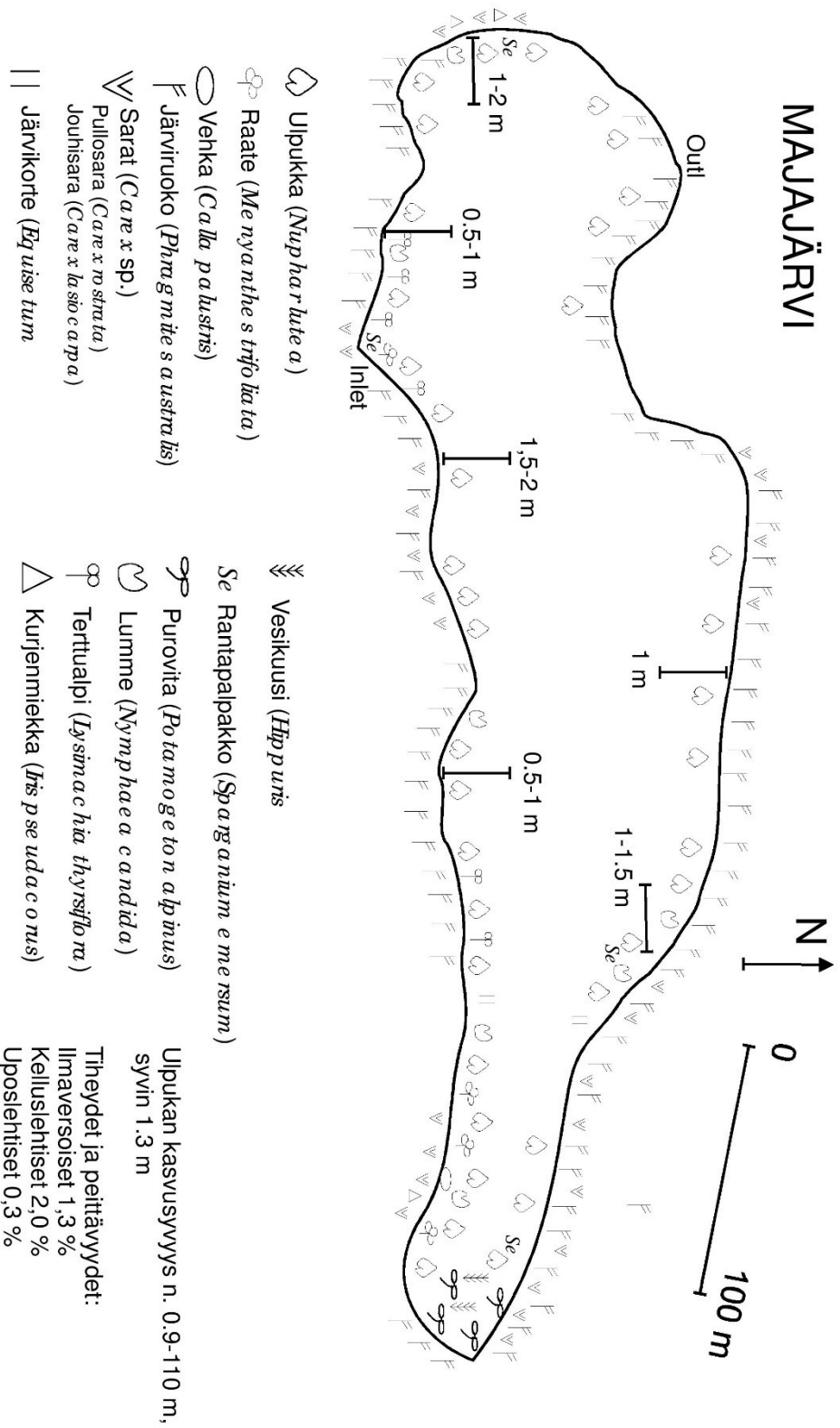


TUTKIMUSJÄRVIEN VUODEN 2006 VESIKASVILLISUUSKARTOITUSKARTAT

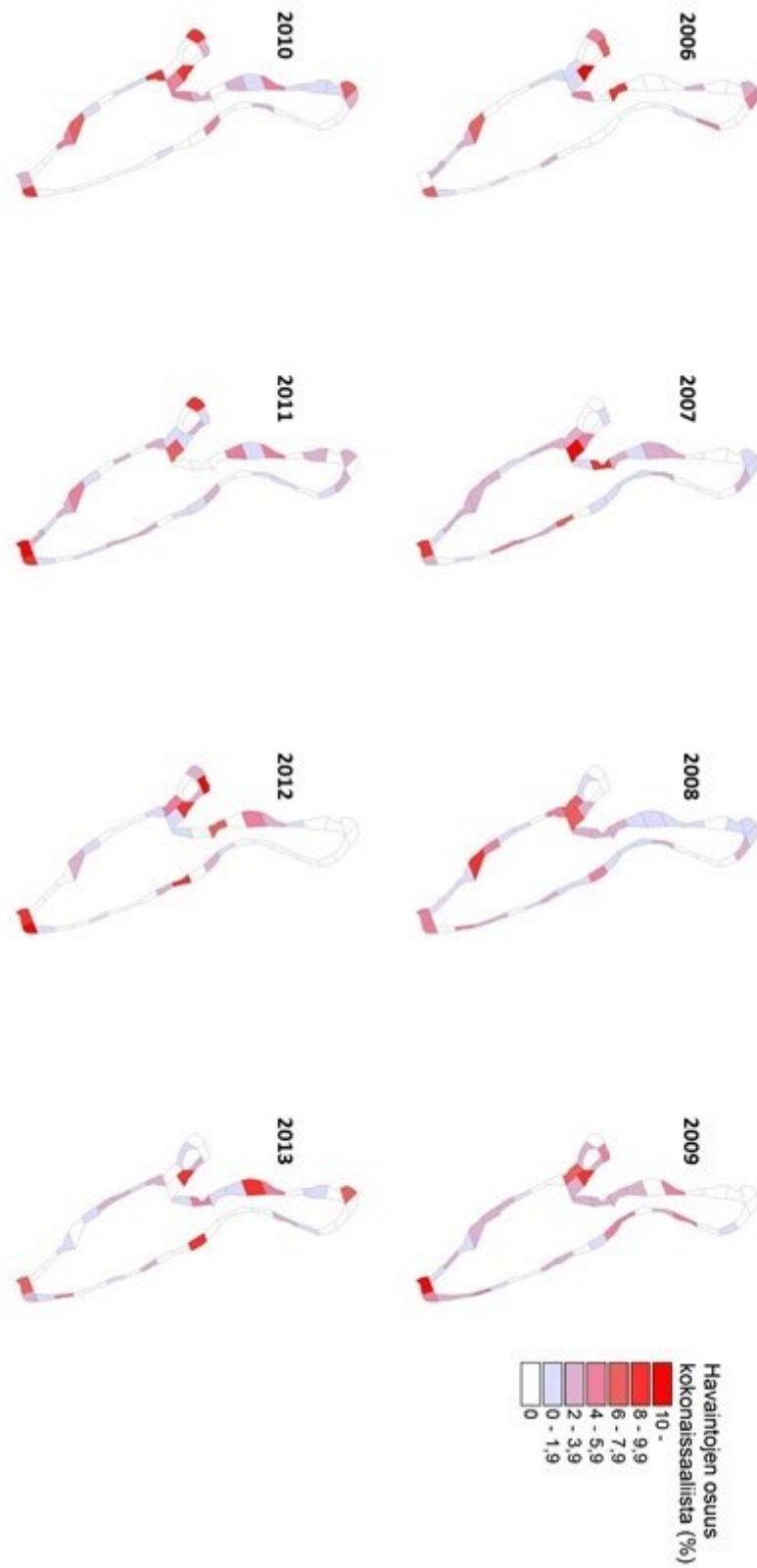






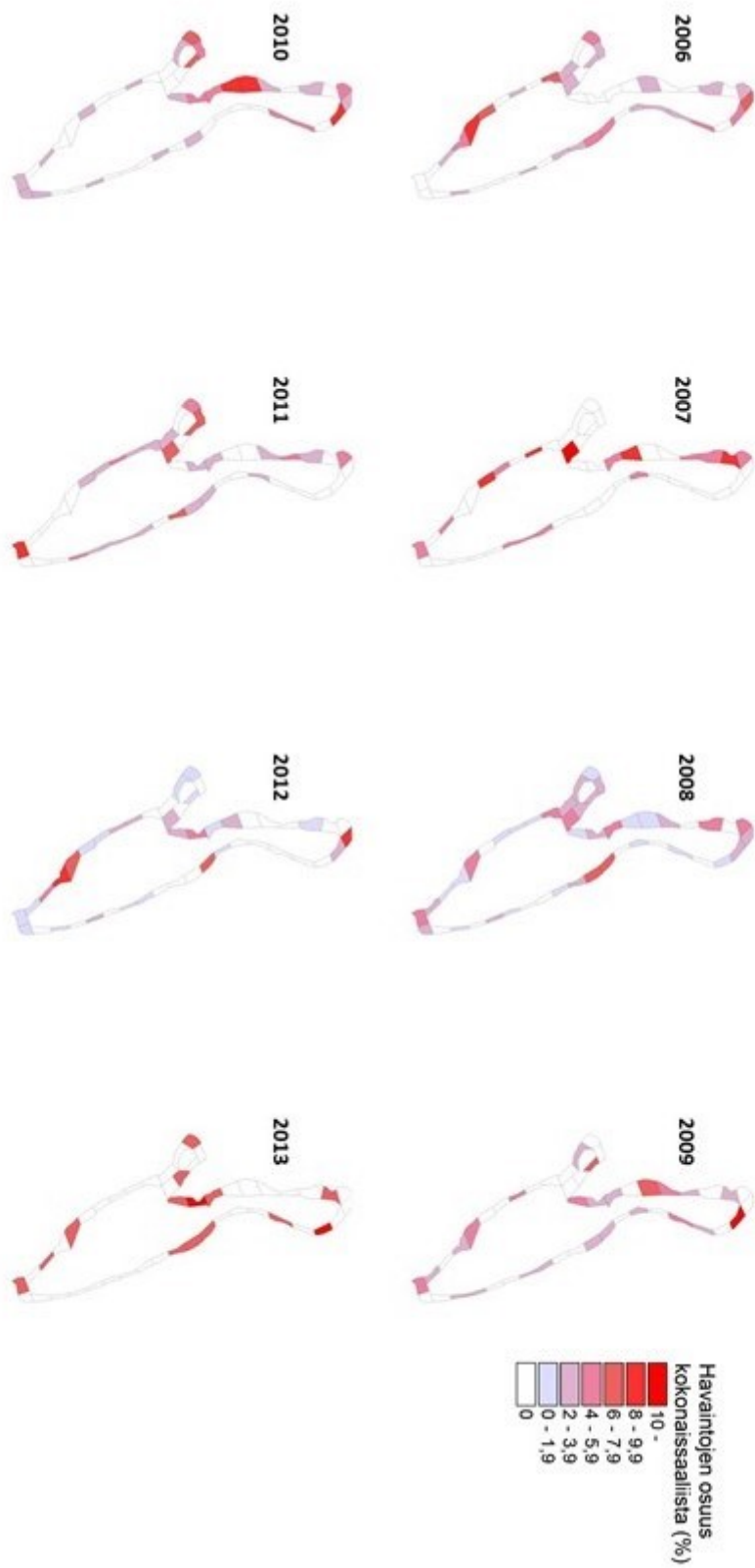


HAUKIHAVAINTOJEN FREKVENSIT VUOSITTAIN



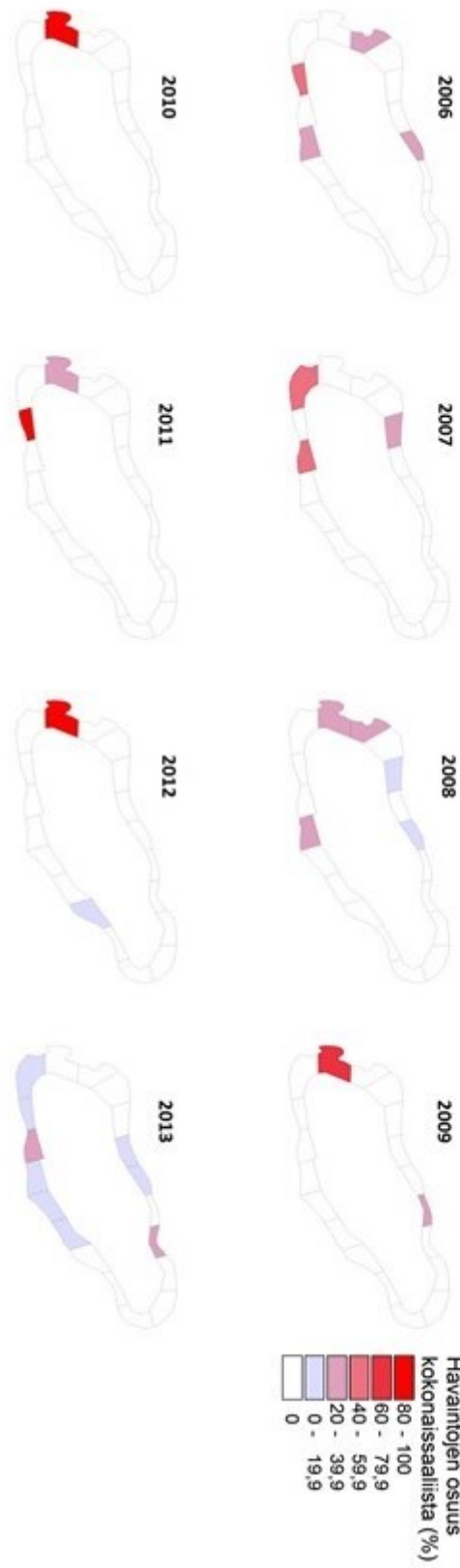
Haarajärvi

kutuajan jälkeinen aika (viikot 24–41)



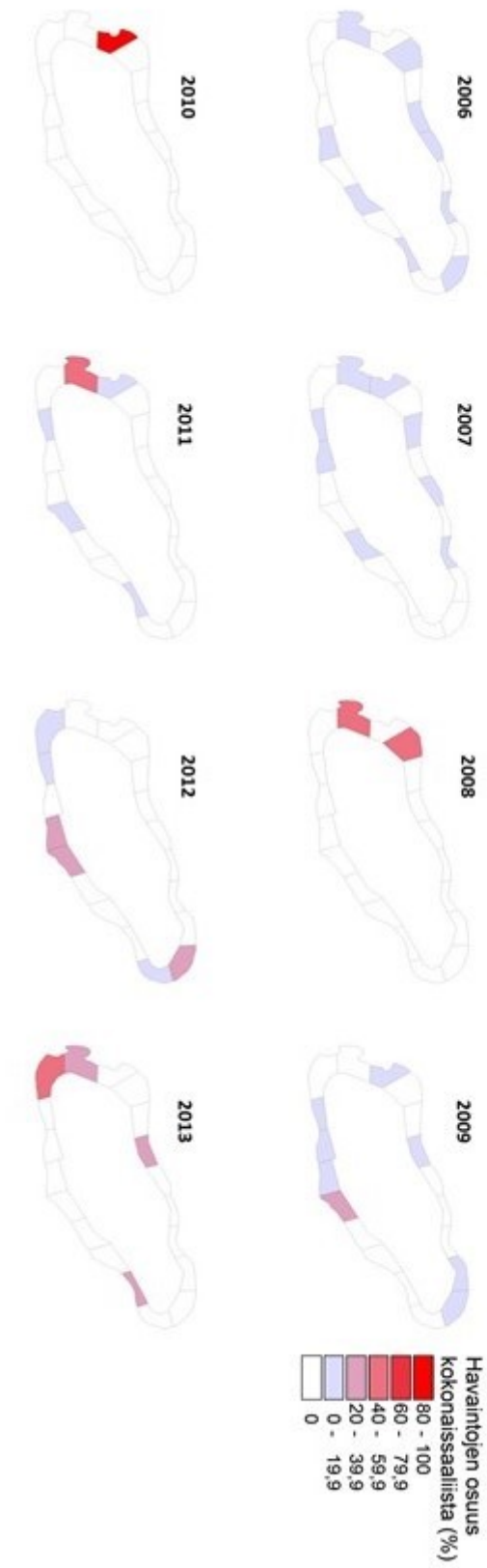
Haukijärvi

kutuaika (viikot 16–23)



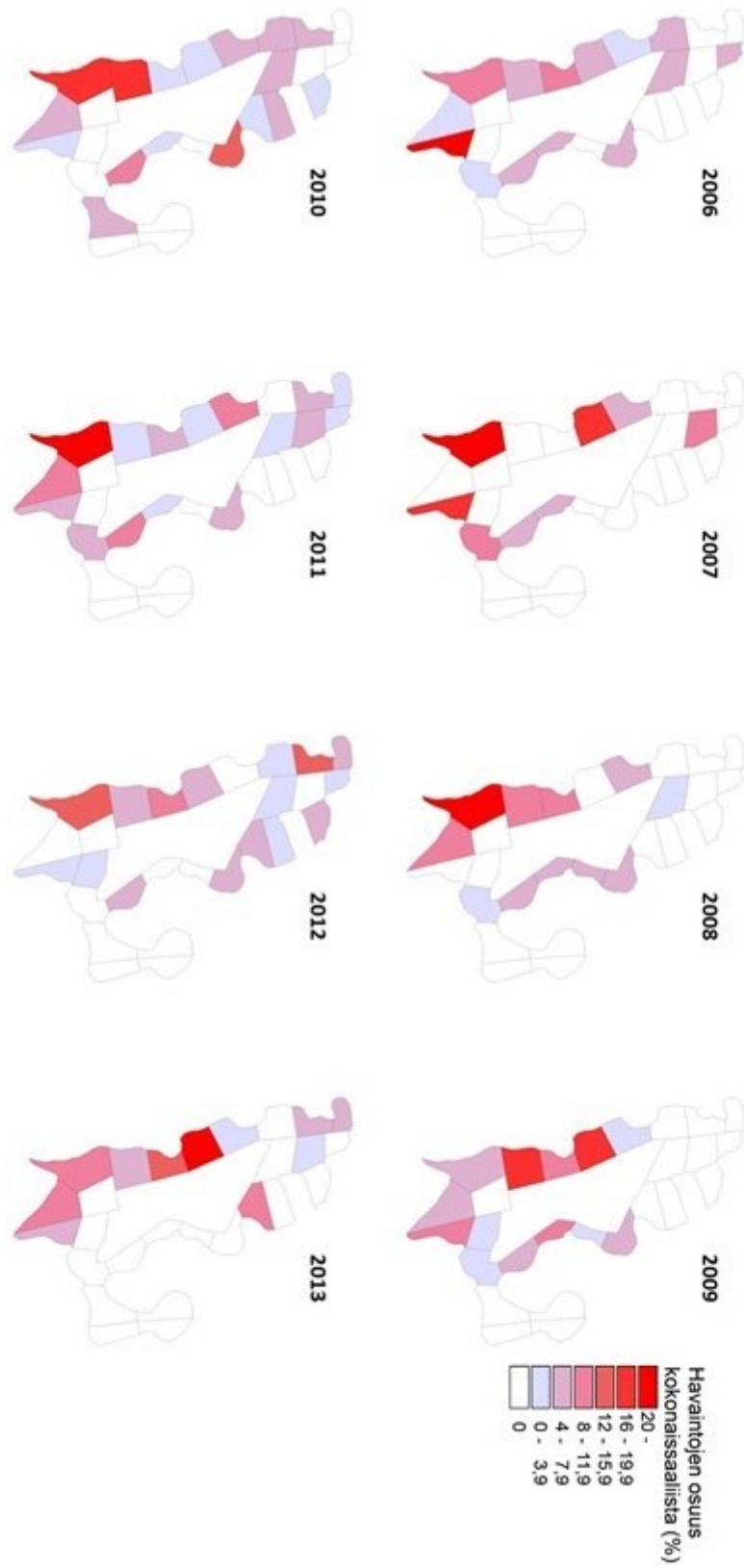
Haukijärvi

kutuajan jälkeinen aika (viikot 24–41)



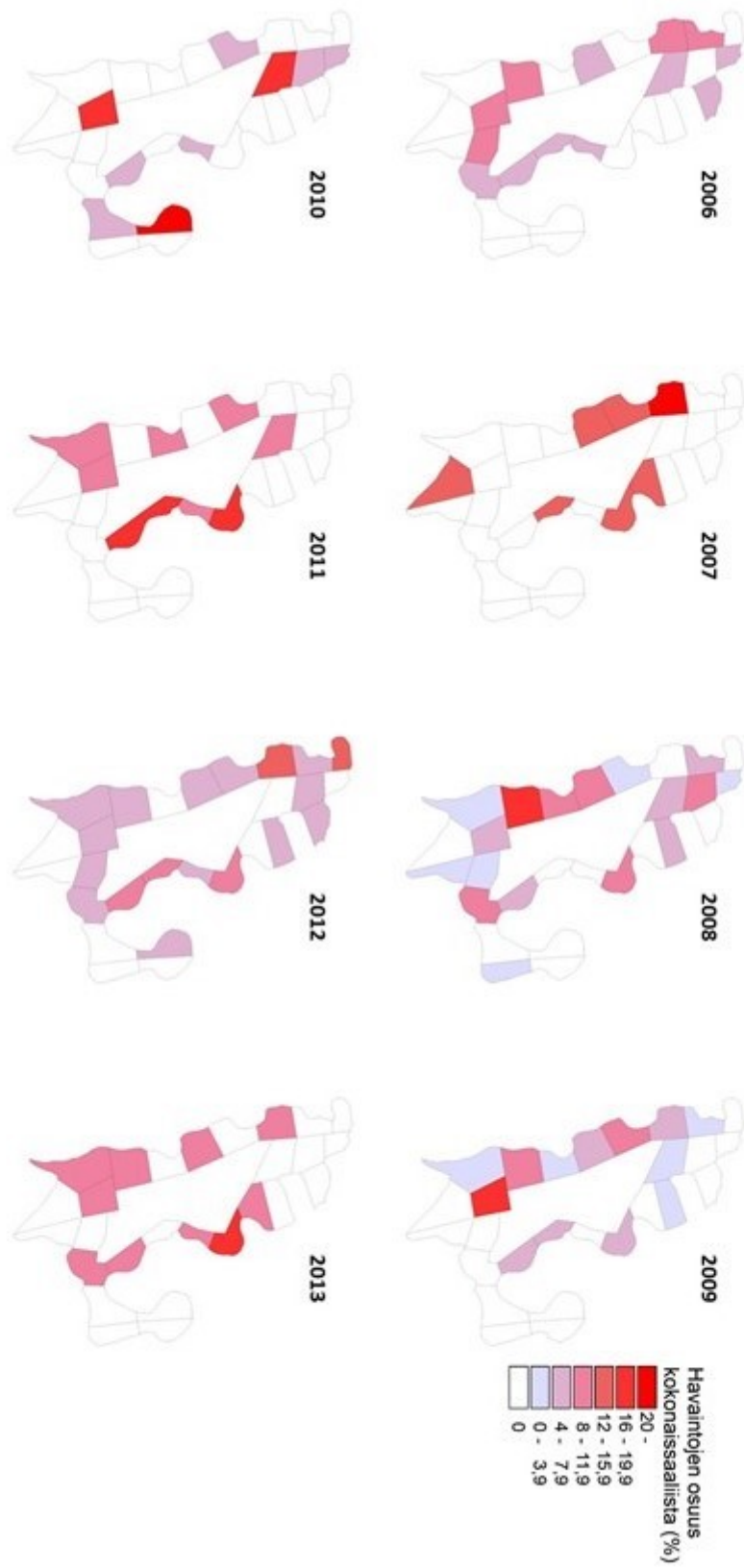
Hokajärvi

kutuaika (viikot 16–23)



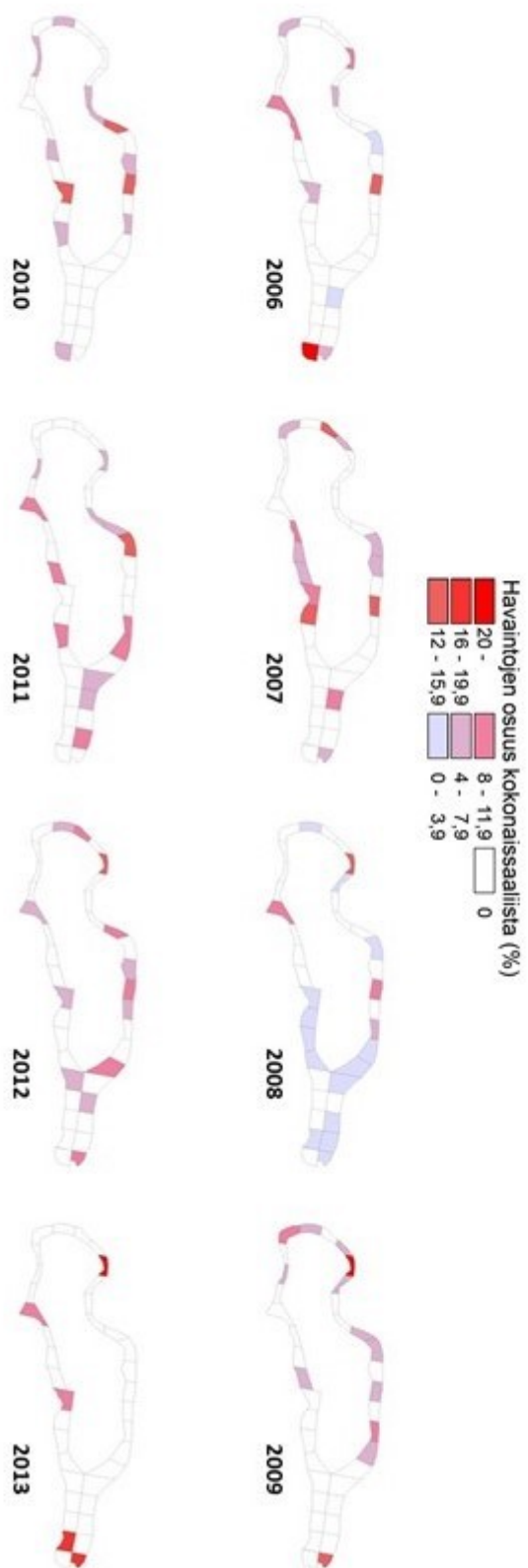
Hokajärvi

kutuajan jälkeinen aika (viikot 24–41)



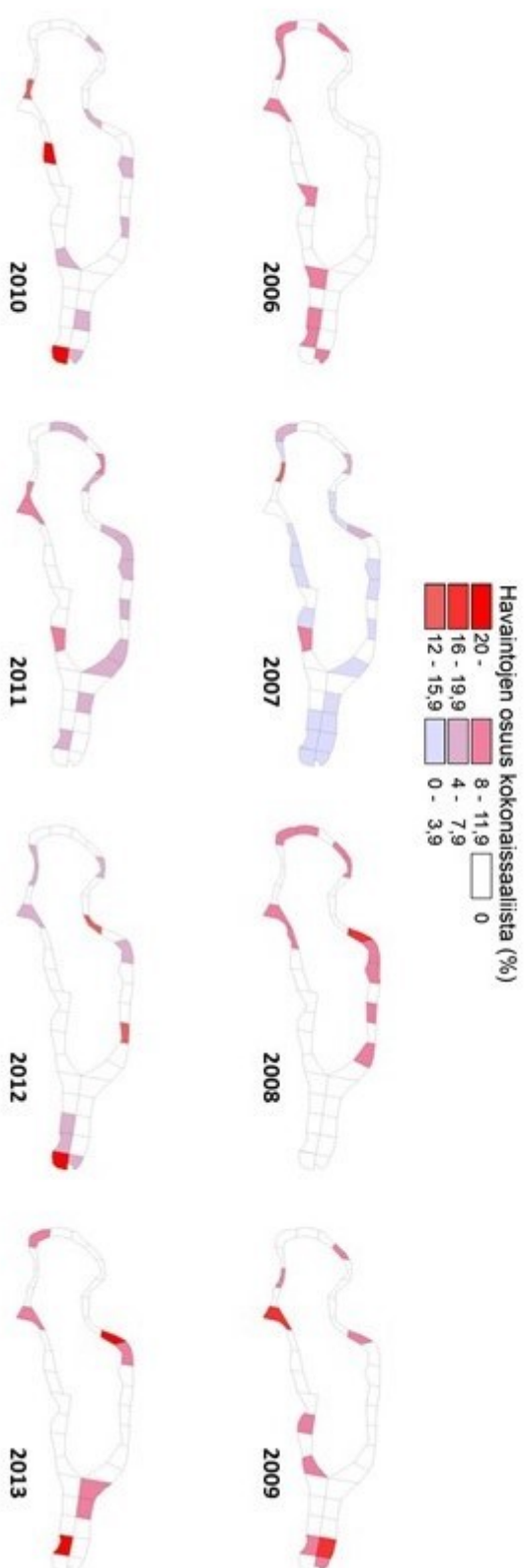
Majajärvi

kutuaika (viikot 16–23)



Majajärvi

kutuajan jälkeinen aika (viikot 24–41)



KORRELAATIOMATRIISIT

Aineisto on jaettu kutuaikaan (viikot 16–23) ja kutuajan jälkeiseen aikaan (viikot 24–41). Välimittajärvillä tarkoitetaan Haarajärveä ja Haukijärveä, ja alamittajärvillä Hokajärveä ja Majajärveä. Kaikki lihavoidut korrelaatioker-
toimet ovat tilastollisesti merkitseviä (p -arvo $< 0,05$).

Haukien keskipituus

Habitaattimuuttujien vaikutus tutkimusruudussa pyydettyjen haukien kes-
kipituuteen eri pyyntikausina vuosina 2006–2013.

	Kutuaika (n = 118)	Kutuajan jälkeinen aika (n = 126)
Kasvillisuuden etäisyys rannasta	-0,048	-0,111
Kasvillisuuden esiintymissyvyys	-0,117	-0,046
Pohjan kaltevuus	-0,066	-0,153
Kasvillisuuden peittävyys	0,155	0,240

Habitaattimuuttujien vaikutus väli- ja alamittajärvien tutkimusruuduissa
pyydettyjen haukien keskipituuteen kutuaikana.

	Välimittajärvet 2006–2008 (n = 52)	Välimittajärvet 2011–2013 (n = 55)	Alamittajärvet 2006–2008 (n = 45)	Alamittajärvet 2011–2013 (n = 44)
Kasvillisuuden etäisyys rannasta	-0,134	-0,139	-0,005	-0,187
Kasvillisuuden esiintymissyvyys	-0,521	-0,060	-0,003	-0,202
Pohjan kaltevuus	-0,112	-0,193	0,108	0,052
Kasvillisuuden peittävyys	0,043	0,070	0,022	0,239

Habitaattimuuttujien vaikutus väli- ja alamittajärvien tutkimusruuduissa
pyydettyjen haukien keskipituuteen kutuajan jälkeen.

	Välimittajärvet 2006–2008 (n = 57)	Välimittajärvet 2011–2013 (n = 52)	Alamittajärvet 2006–2008 (n = 55)	Alamittajärvet 2011–2013 (n = 45)
Kasvillisuuden etäisyys rannasta	-0,128	-0,104	-0,013	0,034
Kasvillisuuden esiintymissyvyys	-0,104	-0,049	0,031	0,259
Pohjan kaltevuus	-0,094	-0,028	0,150	0,216
Kasvillisuuden peittävyys	-0,020	0,397	0,330	0,133

Haukihavaintojen määrä

Habitaattimuuttujien vaikutus tutkimusruudussa pyydettyjen haukien määrään eri pyyntikausina vuosina 2006–2013.

	Kutuaika (n = 130)	Kutuaajan jälkeinen aika (n = 130)
Kasvillisuuden etäisyys rannasta	0,194	0,305
Kasvillisuuden esiintymissyvyys	0,171	0,267
Pohjan kaltevuus	-0,286	-0,247
Kasvillisuuden peittävyys	-0,071	-0,163

Habitaattimuuttujien vaikutus väli- ja alamittajärvien tutkimusruuduissa pyydettyjen haukien määrään kutuaikana.

	Välimittajärvet 2006–2008 (n = 66)	Välimittajärvet 2011–2013 (n = 66)	Alamittajärvet 2006–2008 (n = 64)	Alamittajärvet 2011–2013 (n = 64)
Kasvillisuuden etäisyys rannasta	0,417	0,585	-0,099	0,067
Kasvillisuuden esiintymissyvyys	0,443	0,279	-0,242	-0,097
Pohjan kaltevuus	-0,202	-0,359	-0,137	-0,298
Kasvillisuuden peittävyys	0,182	0,123	-0,083	-0,213

Habitaattimuuttujien vaikutus väli- ja alamittajärvien tutkimusruuduissa pyydettyjen haukien määrään kutuaajan jälkeen.

	Välimittajärvet 2006–2008 (n = 66)	Välimittajärvet 2011–2013 (n = 66)	Alamittajärvet 2006–2008 (n = 64)	Alamittajärvet 2011–2013 (n = 64)
Kasvillisuuden etäisyys rannasta	0,270	0,135	0,421	0,112
Kasvillisuuden esiintymissyvyys	0,266	0,217	0,256	0,164
Pohjan kaltevuus	-0,264	-0,075	-0,226	-0,206
Kasvillisuuden peittävyys	0,190	-0,139	-0,169	-0,127

Habitaattimuuttajat

Habitaattimuuttajien välinen korrelaatio ilman järvijakoa (n = 130).

	Kasvillisuuden etäisyys rannasta	Kasvillisuuden esiintymissyvyys	Pohjan kaltevuus	Kasvillisuuden peittävyys
Kasvillisuuden etäisyys rannasta	1,000			
Kasvillisuuden esiintymissyvyys	0,517	1,000		
Pohjan kaltevuus	-0,538	-0,189	1,000	
Kasvillisuuden peittävyys	-0,290	-0,141	0,201	1,000

Habitaattimuuttajien välinen korrelaatio välimittajärvillä (n = 66).

	Kasvillisuuden etäisyys rannasta	Kasvillisuuden esiintymissyvyys	Pohjan kaltevuus	Kasvillisuuden peittävyys
Kasvillisuuden etäisyys rannasta	1,000			
Kasvillisuuden esiintymissyvyys	0,568	1,000		
Pohjan kaltevuus	-0,537	-0,229	1,000	
Kasvillisuuden peittävyys	0,012	-0,014	-0,059	1,000

Habitaattimuuttajien välinen korrelaatio alamittajärvillä (n = 64).

	Kasvillisuuden etäisyys rannasta	Kasvillisuuden esiintymissyvyys	Pohjan kaltevuus	Kasvillisuuden peittävyys
Kasvillisuuden etäisyys rannasta	1,000			
Kasvillisuuden esiintymissyvyys	0,528	1,000		
Pohjan kaltevuus	-0,629	-0,110	1,000	
Kasvillisuuden peittävyys	-0,453	-0,296	0,489	1,000