

KALA- JA RIISTARAPORTTEJA nro 232

*Pentti Valkeajärvi  
Raimo Riikonen  
Tapio Keskinen*

**Siian kutusyvyyden ja säännöstelyn vaikutus  
siikaan Päijänteessä**

Laukaa 2001



RIISTAN- JA KALANTUTKIMUS

## Siian kutusyvyys ja säännöstelyn vaikutus siikaan Päijänteessä

Päijänteen vedenpinnan säännöstely aloitettiin vuonna 1964. Vedenpinnan talvialenema on vuosina 1964-1999 ollut keskimäärin 39 cm, kun se luonnontilassa olisi ollut 13 cm. Siika on Päijänteellä taimenen jälkeen virkistyskalastajien halutuin saaliskala, ja ammattikalastajille sillä on ajoittain suuri taloudellinen merkitys. Tutkimuksen tavoitteena oli arvioida säännöstelyn ja eräiden muiden tekijöiden yhteyttä luonnonvaraisen pikkusiian (*Coregonus lavaretus wartmanni*) vuosiluokkien runsaudenvaihteluun. Lisäksi tehtiin mätipumppauksia siian kutusyvyyden kartoittamiseksi ja arvioitiin aallokon vaikutusta mädin jakautumiseen eri syvyysohkykeissä värjätyin kutupohjille istutetun siianmädin avulla. Päijännettä vertailualueena käyttäen arvioitiin myös alapuolisen Konnivesi-Ruotsalaisen siikakompensaation tarvetta. Hanke oli jatkoa vuonna 1999 päättyneelle osaksi samansisältöiselle tutkimukselle.

Siianmätiiä pumpattiin moottoripumpulla 0,25-5 metrin syvyysohkykeeltä seitsemästä eri syvyydestä marras-joulukuussa 2000. Pumppausten saalis oli 242 mätimunaa. Mädin esiintyminen keskittyi 0,75-1 metrin syvyyteen (maksimi 0,85 metrissä). Värjäystä mädistä säilyi kutupohjilla keskimäärin 1,9 %. Säilyvyys oli parasta 0,5-1 metrin syvyydessä. Tärkeimmäksi syyksi pieneen eloonjäämiseen arvioitiin predaatiota. Suojaisilla rannoilla mätiiä säilyi lähes rantaan asti. Tuulen vaikutus ulottui selvänä metrin syvyyteen. Vuosien 1965-1999 kaltaisessa tilanteessa mädistä arvioitiin tuhoutuneen talvisen vedenpinnan aleneman ja jään vaikutuksesta keskimäärin 24 % (vaihtelu 6-50 %), josta säännöstelyn osuus on ollut keskimäärin noin 14 %-yksikköä (vaihtelu 0-33 %). Mätitappioista johtuva laskennallinen rekryytitappio on ollut noin 240 000 kesänvanhaa poikasta. Korrelaatio- ja regressioanalyysien perusteella kyseinen mädin tuhoutuminen ei kuitenkaan vaikuttanut merkittävästi kalastettavaan siikakantaan ( $R^2=0,030$ ). Tutkituista yhdeksästä muuttujasta ainoastaan muikun kutukanta korreloi merkittävästi (negatiivisesti) seuraavana vuonna syntyvän siikavuosisluokan runsauden kanssa ( $R^2=0,449$ ). Myös siikavuosisluokan syntymävuotena runsaalla muikkukannalla (yksikkösaalis) oli merkittävä negatiivinen vaikutus siikavuosisluokkaan. Nykyisessä tilanteessa suositeltavaa olisi kuitenkin kompensoida mätitappioita Päijänteessä 100 000-150 000 :lla kesänvanhalla siianpoikasella vuosittain. Lievä muutos säännöstelykäytännössä ei vaikuta kompensaatioon. Konnivesi-Ruotsalaisessa kompensaatiotarpeeksi arvioitiin nykyisessä tilanteessa 30 000 kesänvanhaa siianpoikasta ja ekologisessa vaihtoehdossa 10 000 poikasta.

## Päijänne, siika, säännöstely, kutusyvyys, vuosiluokkien runsaus, tuulen vaikutus, kompensaatio

Riista- kalatalouden tutkimuslaitos  
Laukaan kalantutkimus ja vesiviljely  
Vilppulantie 415  
41360 Valkola  
Puh. 0205 751 514 Faksi 0205 751 519

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos  
PL 6  
00721 Helsinki  
Puh. 020 575 11 Faksi 020 575 1201

# Sisällys

1. JOHDANTO .....	1
2. TUTKIMUSALUE .....	2
3. MENETELMÄT .....	4
3.1. Kalakanta-aineisto .....	4
3.2. Kutusyvyyden kartoittaminen .....	4
3.3 Mädin säilyvyys ja tuulen vaikutus .....	5
3.4. Mätituhojen arviointi .....	6
4. TULOKSET .....	7
4.1. Siianmädin syvyysjakauma .....	7
4.2. Vedenpinnan alenemisesta johtuvat mätituhot .....	7
4.3. Mädin säilyvyys ja tuulen vaikutus .....	10
4.4. Siian vuosiluokan runsautta säätelevät tekijät .....	13
5. TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	17
5.1. Siian kutusyvyys .....	17
5.2. Mädin säilyvyys .....	17
5.3. Säännöstelystä johtuvat mätituhot ja poikastappiot .....	18
5.4. Säännöstely ja siian vuosiluokan vahvuus .....	19
5.5. Säännöstelykäytännön muutossuositusten vaikutus Päijänteessä .....	19
5.6. Säännöstelyn vaikutukset siikaan Konnivesi-Ruotsalaisessa .....	20
5.7. Suositukset .....	21
KIITOKSET .....	23
VIITTEET .....	24

# 1. Johdanto

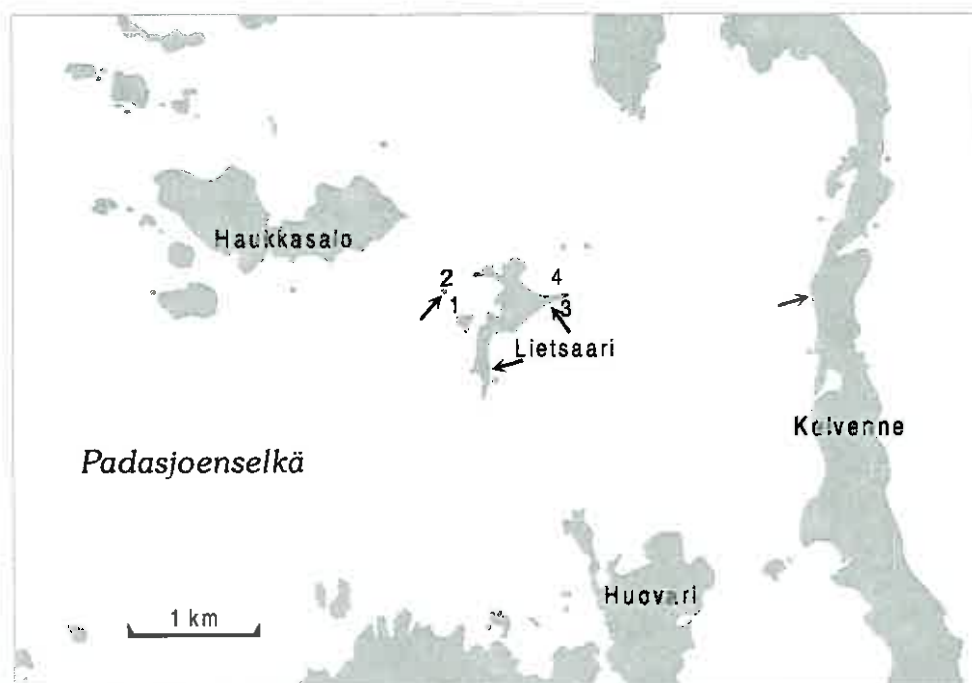
Päijänteen vedenkorkeutta on säännöstelty vuodesta 1964 lähtien. Säännöstelyn vaikutusta Päijänteen siikakantaan arvioitiin ensimmäisen kerran 1970-luvulla (Hakkari ym. 1978) ja viimeksi 1990-luvun lopulla (Valkeajärvi 1999). Tuossa 1990-luvun hankkeessa kartoitettiin siian kutusyvyyttä ja tarkasteltiin tilastollisesti siian vuosiluokkavahvuuden riippuvuutta vedenkorkeuden vaihteluista ja muista mahdollisista muuttujista. Näissä tutkimuksissa siian mätimunia löytyi kuitenkin erittäin vähän ja mätituhot jouduttiin lähinnä arvioimaan muita vertailutietoja hyväksi käyttäen (mm. Hakkari ja Kurttila 1981, Hakkari ja Bibiceanu 1985). Säännöstelyn aiheuttamiksi mätitappioiksi arvioitiin 13-20 %. Korrelaatiota siian vuosiluokkavahvuuden ja vedenpinnan talvialeneman välillä ei kuitenkaan havaittu. Kompensaatioksi suositeltiin 100 000 – 300 000 kesänvanhan planktonsiian poikasen istuttamista vuosittain, koska säännöstelystä joka tapauksessa aiheutuu mätitappioita.

Syksyllä 2000 käynnistettiin Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen ja Kaakkois-Suomen ympäristökeskuksen yhteisenä projektina jatkohanke, jonka tavoitteena oli tarkentaa edellisen tutkimuksen tuloksia vahinkoarvion osalta sekä antaa siikaa koskeva kompensaatiosuositus. Lisätavoitteeksi asetettiin Päijänteen alapuolella olevan Konnivesi-Ruotsalaisen siikakompensaation tarpeen arviointi.

Tutkimuksessa arvioitiin luonnonvaraisen pikkusiian (*Coregonus lavaretus wartmanni*) vuosiluokkien runsaudenvaihtelun ja säännöstelyn välistä yhteyttä sekä kartoitettiin mätipumppauksin siian kutusyvyyttä ja aallokon vaikutusta mädin jakautumiseen eri syvyysvyöhykkeissä. Lisäksi arvioitiin eräiden muiden abioottisten ja bioottisten tekijöiden vaikutusta siian vuosiluokan runsaudenvaihteluun aiemman ohjelman mukaisesti (Valkeajärvi 1999).

## 2. Tutkimusalue

Tutkimus keskittyi Päijänteen eteläosiin Tehinselälle ja Padasjoenselälle edeltävän hankkeen mukaisesti (Valkeajärvi 1999). Kalakantanäytteet ja kalastuskirjanpitoliedot on kerätty Tehinselältä. Judinsalonselällä ja Tehinselällä sijaitsevat Päijänteen kaksi yleisvettä, joilla viime vuosina on kalastanut kuusi Päijänteen yhdeksästä troolikunnasta. Siian kutusyvyuden kartoitustyöt tehtiin Padasjoenselällä Lietsaaren ympäristössä. Mädin pumppauslinjoja oli Lietsaaren itä-, etelä- ja länsirannoilla sekä Kelvenneen länsirannalla (kuva 1).

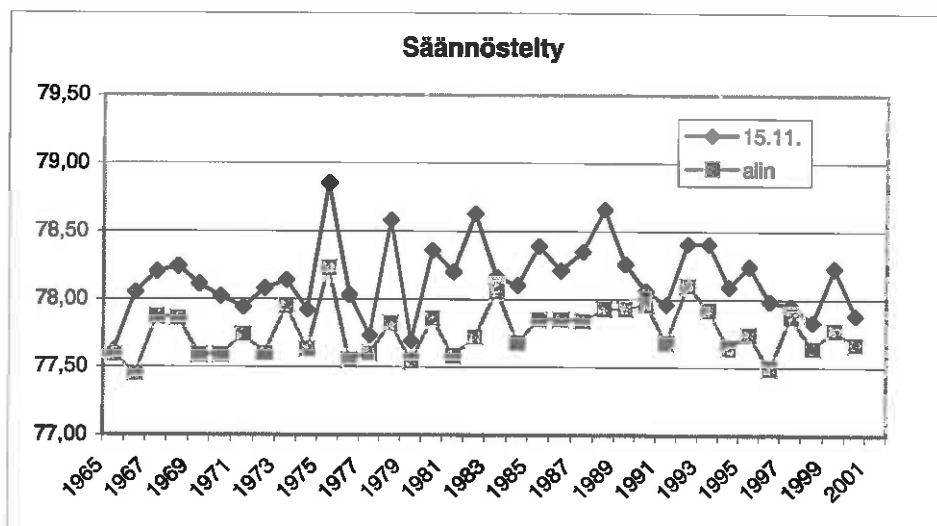
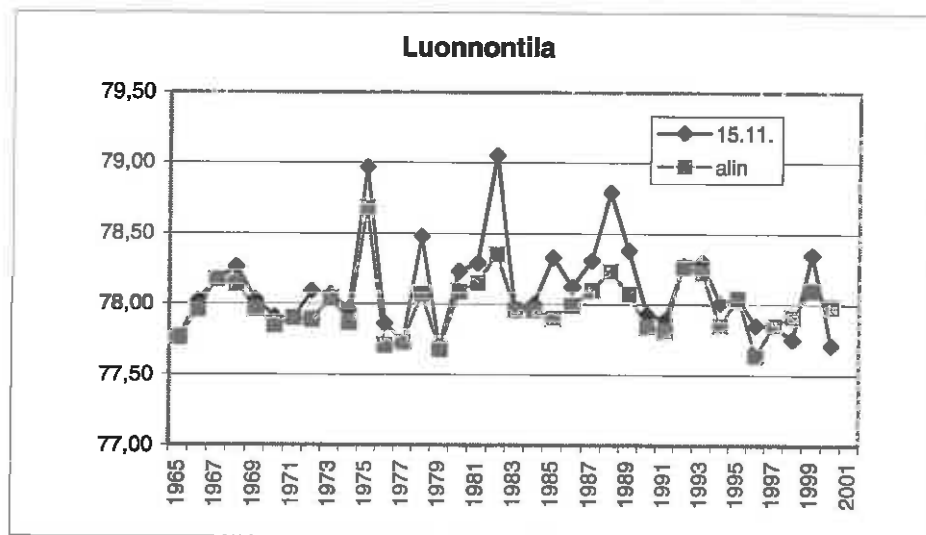


**Kuva 1. Siian kutusyvyuden kartoitusalue Padasjoenselällä. Tärkeimmät mädin pumppausalueet on merkitty nuolilla ja värimädin istutuslinjat numeroilla.**

Vuosina 1965-2000 Päijänteen vedenpinnan korkeus on ollut siian kutuaikana (15.11.) keskimäärin NN+78,15 m. Alin vedenkorkeus (yleensä huhtikuun puolivälissä) on ollut keskimäärin 39 cm vähemmän (taulukko 1, kuva 2). Palautuslaskelmin on osoitettu, että luontainen vedenkorkeus olisi ollut kutuaikana 3 cm säännöstelytilannetta alhaisempi ja luonnollinen alenema keskimäärin 13 cm. Säännöstely on siis lisännyt talvialenemaa 26 cm:llä. Siian kutuaikana vedenpinta on yleensä ollut nousussa, joten alenema talven maksimista on ollut jonkin verran suurempi. Alenema on ollut suurimmillaan 91 cm ja pienemmillään 3 cm. Luonnontilassa vedenpinta olisi muutamana vuotena noussut kevättä kohti leudon talven johdosta.

**Taulukko 1. Vedenpinnan korkeutta ja muutosta kuvaavia tunnuslukuja (NN+ m) vuosilta 1965-2000 palautuslaskelmin arvioidussa luonnontilassa sekä vallinneessa säännöstelytilanteessa.**

	Luonnontila				Säännöstelty			
	Keskiarvo	SD	Min	Max	Keskiarvo	SD	Min	Max
Vedenpinta 15.11.	78,12	0,33	77,69	79,05	78,15	0,27	77,62	78,85
Alin pinta keväällä	77,99	0,21	77,64	78,68	77,76	0,18	77,45	78,23
Alenema m	0,13	0,19	-0,27	0,70	0,39	0,21	0,03	0,91



**Kuva 2. Alin vedenpinnan korkeus (NN+ m) keväisin 1965-2000 sekä samalle vuodelle kohdistettu edellisen syksyn siian kutuajan (15.11.) vedenkorkeus palautuslaskelmin arvioidussa luonnontilassa ja vallinneessa säännöstelytilanteessa.**

## 3. Menetelmät

### 3.1. Kalakanta-aineisto

Tässä tutkimuksessa on käytetty vuosina 1985-2000 Päijänteen Tehinselältä kerättyä kalakanta-aineistoa. Aineisto on sama kuin edellisessä samaa aihetta käsitelleessä tutkimuksessa (Valkeajärvi 1999) täydennettynä vuosien 1999 ja 2000 materiaalilla, joka käsittää vuosittaiset 150-200 siika- ja muikkunäytettä. Aineisto on kerätty Tehinselän troolisaaliista heinä-syyskuussa. Lisäksi Keski-Päijänteen yleisvesiltä on ollut käytävissä kuuden troolikalastajan saaliskirjanpito ja tiedusteluihin perustuvat saalistiedot vuosilta 1986-1991 (Valkeajärvi 1997) ja 1996 (Valkeajärvi ja Salo 2000). Vedenkorkeustiedot Kalkkisten mittauspaikeilla saatiin Kaakkois-Suomen Ympäristökeskukselta ja kesä-elokuun keskilämpötiloina käytettiin Ilmatieteen laitoksen tuloksia Jyväskylän lentoasemalta.

Näytekalojen kokonaispituus mitattiin millimetrin ja paino gramman tarkkuudella. Sukupuoli ja sukukypsyys määritettiin ja siikamuoto tunnistettiin siivilähampaiden perusteella. Ikä ja takautuva kasvu määritettiin vatsaevien välistä otetuista suomuista.

Siian ja muikun vuosiluokkien suhteellinen runsaus arvioitiin troolin yksikkösaaliin perusteella ikäjakaumia hyväksi käyttäen (Valkeajärvi ja Bagge 1995, Valkeajärvi 1999). Muikulla vuosiluokan runsausindeksinä on käytetty troolin elokuun yksikkösaalista (kpl/h) toisena kesänä (1+) ja siialla kolmantena kesänä (2+). Molempien lajien kohdalla katsotaan rekrytoinnin trooliin olleen täydellistä tässä vaiheessa. Siian ja muikun kutukannan indeksinä on käytetty aikuisten yksilöiden yksikkösaalista (kg/h, muikulla 1+ ja vanhemmat, siialla 3+ ja vanhemmat).

Vedenpinnan tason tai sen muutoksen yhteyttä siian vuosiluokan runsauteen sekä ensimmäisen kesän kasvuun tarkasteltiin erityisesti kahden eri vedenkorkeustekijän avulla, jotka olivat keskimääräisen kutuajan vedenkorkeus (15.11.) ja vedenpinnan alenema kutuajankohdasta kevään minimiin. Lisäksi testattiin varsinkin sellaisia muuttujia, jotka pienemmällä aineistolla osoittivat merkitsevää tai suuntaa-antavaa korrelaatiota. Tällaisia olivat siian yksikkösaalis, siian kutukanta, muikun yksikkösaalis, muikun kutukanta ja muikkuvuosiluokan runsaus.

Tilastollinen tarkastelu on tehty korrelaatioanalyysillä sekä yhden tai useamman muuttujan lineaarisella regressioanalyysillä. Jakaumien normalisuus testattiin Kolmogorov-Smirnovin testillä (Lillieforsin muunnos). Normaaliajakautta noudattaville muuttujille laskettiin Pearsonin korrelaatiokerroin siian vuosiluokan runsauden suhteen ja muille Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin.

### 3.2. Kutusyvyiden kartoittaminen

Siian kutusyvyiden kartoittaminen perustui mätimunien etsintään oletetuilta kutupohjilta. Tutkittavat rannat valittiin kalastajilta saatujen tietojen perusteella. Ne sijaitsivat Padasjoenselällä Lietsaaren ja Kelventeen rannoilla suurelta osin samoilla paikoilla kuin tammikuussa 1999 (Valkeajärvi 1999). Kutupohjien rakennetta arvioitiin silmävaraisesti.

Pumppaukset tehtiin 28.11.-13.12.2000 välisenä aikana polttomoottorikäyttöisellä Robin PTG-201T keskipakoispumpulla veneestä käsin (ks. Viljanen 1985). Suulaketta ohjattiin jäykän varren avulla pohjalle asetetussa 50\*50 cm:n kehikossa edestakaisin

useaan kertaan. Yli kahden metrin syvyydessä sukeltaja ohjasi suulaketta. Näyte pumpattiin seulapohjaiseen muovikäppiin (silmäko 1 mm). Neljä rinnakkaista näytealaa yhdistettiin yhdeksi 1 m<sup>2</sup>:n näytteeksi. Näytepurkit säilytettiin viileässä parin lähipäivän aikana tapahtunutta käsittelyä varten.

Näytesyvytydet olivat: 0,25 m, 0,5 m, 1,0 m, 1,5 m, 2,0 m, 3,0 m ja 5,0 m. Kehikon ylä- ja alareunan syvyys poikkesi enintään 10 cm keskiarvosyvyyydestä riippuen rannan kaltevuudesta. Neljännesneliön otoksia kertyi yhteensä 476 kpl tutkitun alan ollessa kaikkiaan 119 m<sup>2</sup>.

Pumpun riittävästä tehosta haluttiin varmistua vielä jälkikäteen testaamalla pumppua 11.1.2001 Konneveden Kivisalmessa erilaisilla sora- ja kivikkopohjilla, jotka pyrittiin valitsemaan Päijänteen oloja mahdollisimman hyvin vastaaviksi. Yhteensä kymmenelle puolen metrin syvyydessä olevalle kehikon kokoiselle koealalle laitettiin 100 siian mätimunaa kullekin. Pumppaus tapahtui parin minuutin kuluttua istutuksesta samalla tavalla kuin normaalissa näyteenotossa. Vedenpumppausteho oli kaikessa näyteenotossa noin 1 l/s.

Testipumppauksissa mädistä saatiin takaisin 83,7 % (vaihtelu 76-93 %, SD 6,4 %). Hävikki voi johtua munien rikkoutumisesta tai joutumisesta kivien alle, josta pumppu ei niitä pysty imemään (imukykyä riitti sormenpäänkokoisiin kiviin). Pumpun todettiin imevän tehokkaasti kehikon ulkopuoleltakin, jos reunan alle jäi rako. Enimmillään pumpun vaikutus (mätin siirtyi) ulottui noin 10 cm:n päähän, mutta oli tehokasta noin 5 cm:iin asti. Kehikon ulkopuolelta tulevan mädin arvioitiin kompensoivat koealoille jäävän mätimäärän, joten koealojen tiheyslukuja voidaan pitää sellaisenaan uskottavina.

Varsinaisten imurointilinjojen lisäksi luonnonmätinä saatiin värimädin istutuslinjoilta (ks. kappale 3.3.). Nämä imuroinnit täydensivät varsinaisten linjojen harvahaikoa otantaväliä. Koska väriinjat ulottuivat vain kahden metrin syvyyteen, pumppauksia kertyi syvälle vähemmän kuin matalaan. Molemmat pumppaustulokset yhdistettiin, mätintiheys laskettiin neliometriä kohti ja tulosten perusteella piirrettiin mädin esiintymisen syvyysjakauma.

Syksy 2000 oli tavallista leudompi, jonka vuoksi siian kudun arvioitiin keskittyneen marraskuun 20. päivän vaiheille normaalin 15. päivän asemasta. Vedenpinta nousi oletetusta kutuajankohdasta varsinaisten linjojen keskimääräiseen pumppausajankohtaan 15 cm ja väriinjien pumppausajankohtaan 23 cm. Mädin esiintymissyvyyttä korjattiin näillä luvuilla matalammaksi vastaamaan kutuajankohdan syvyyttä.

### 3.3 Mädin säilyvyys ja tuulen vaikutus

Mädin säilyvyyttä ja tuulen vaikutusta mädin syvyysjakaumaan pyrittiin arvioimaan istuttamalla merkittävä siianmätinä. Laukaan kalantutkimuksen ja vesiviljelyn tiloissa hautoutumassa ollutta mätinä värjättiin punaiseksi pitämällä sitä vähintään vuorokausi alizariiniliuoksessa (50 mg/l). Tavoitteena ei ollut mädin hengissä säilyminen, vaan värimädin erottuminen luonnonmädistä.

Värimätinä istutettiin viidelle eri linjalle 28.11.-1.12. välisenä aikana. Linjat alkoivat rannasta, sijaitsivat eri ilmansuuntiin avautuvilla rannoilla ja ulottuivat noin kahden metrin syvyyteen. Rannat olivat profiililtaan erilaisia. Linjat valittiin normaalien mätinpumppauslinjojen läheltä. Pumppauskehikon (0,25 m<sup>2</sup>) rajaamalle alalle levitettiin mahdollisimman tasaisesti 200 mätimunaa, jolloin istutustiheydeksi tuli 800 mätinunaa neliometrille. Kehikkoa siirrettiin mittansa verran syvemmälle ja istutettiin samanlainen erä mätinä. Näin edettiin kahteen metriin asti sukeltajan tehdessä syvät istutukset. Linjat merkittiin pohjaan narulla.



Värimättilinjat tutkittiin 12. ja 13.12, jolloin mäti ehti olla pohjalla 12-15 vuorokautta. Pumppaus tapahtui kehikon mitta kerrallaan edeten kuitenkin niin, että vain joka toisesta tai kolmannelta ruudusta pumpattiin. Nopeasti syveneillä rannoilla pumppausväli oli lyhyempi kuin matalilla rannoilla. Mädin sivuttaissuuntaisen leviämisen arvioimiseksi pumpattiin linjojen sivuilta yhteensä kymmeniä näytealoja 1,5 metrin päähän linjasta ja satunnaisesti kauempaakin. Näytteet säilytettiin jääkaapissa ja tutkittiin muutaman päivän kuluessa.

Tiedot tuulen nopeudesta ja suunnasta värimädin inkubointiaikana saatiin Ilmatieteen laitokselta. Tuuleen suuntaa ilmaiseva koodi 360 tarkoittaa pohjoista, 180 etelää, 270 länttä, jne. Tutkimuksessa käytettiin Pulkkilanharjun automaattiaseman mittaustuloksia. Etäisyys säähavaintoasemalta Lietsaareen on noin 15 km. Tuulen osuvuus tutkimusrannoille arvioitiin luokituksella 0-100 siten, että luku 100 ilmaisee kohtisuoraa tuulta ja 0 rannan täydellistä suojaisuutta tuuleen nähden. Tuulen vaikutusindeksi saatiin kertomalla osuvuus seurantajakson suurimmalla päivittäisellä tuulen nopeudella (kolmen tunnin keskiarvo).

### 3.4. Mätituhojen arviointi

Keskimääräinen mätituhon arviointi toteutettiin todetun mädin syvyysjakauman perusteella olettaen, että kaikki mäti tuhoutui kuivilleen jäävältä vyöhykkeeltä sekä jääpeitteen kattamalta alueelta. Jään paksuutena käytettiin 40 cm. Löydetty mätimäärä katsottiin riittäväksi kuvaamaan luotettavasti mädin syvyysjakautumaa, eikä vaihtoehtoisia jakaumamalleja esitetty (vrt. Valkeajärvi 1999). Pumppauspisteet yli kahden metrin syvyydessä olisivat kuitenkin antaneet lisävarmuutta harvahkon näytteenottovälin johdosta.

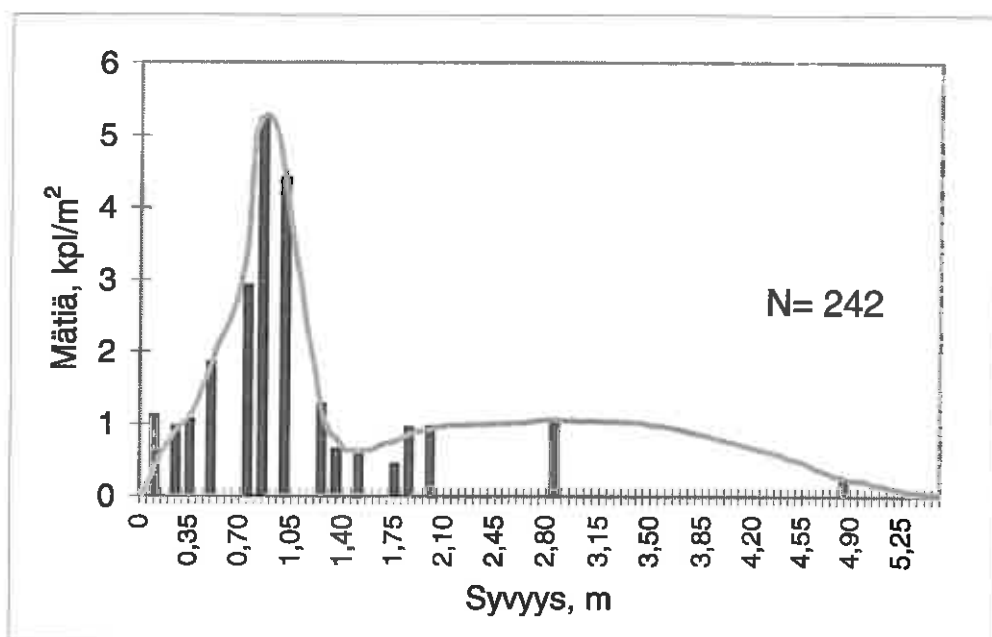
Säännöstelystä ja luontaisesta vedenpinnan alenemisesta johtuvan vahingon arvioimiseksi laadittiin käyrä, jolta erilaisen vedenpinnan aleneman tuho vaikutus voidaan arvioida. Käyrä laskettiin pinta-alaprosentteina mädin syvyysjakaumasta jään vaikutus huomioon ottaen. Kokonaismätituhosta on vähennettävä luontainen mätituhon säännöstelyn osuuden arvioimiseksi. Kokonaismätituhon ja luontaisen tuhon suhteen laskettiin regressiokäyrä.

## 4. Tulokset

### 4.1. Siianmädin syvyysjakauma

Tutkimusalueella siianmätiä esiintyi kaikissa pumppaussyvyyksissä kymmenestä sentistä viiteen metriin. Mädin esiintyminen keskittyi 0,75-1 metrin syvyyteen esiintymishuipun ollessa 0,85 metrissä (5,2 kpl/m<sup>2</sup>). Mätimunien määrä linjoilla vaihteli 0 - 27 kappaaleeseen näytettä kohti. Tyhjiä linjoja oli vain yksi. Kolmen parhaan linjan saalis oli 44 % koko mätisaaliista (kuva 3).

Eniten mätiä sisältäneet pohjat olivat rannasta runsaan puolen metriin syvyyteen asti hienon hiekan tai soran (läpimitta alle 0,5 cm) peittämiä. Sen jälkeen oli kivikkoisempi vyöhyke, jossa kivien läpimitta oli 5-20 cm. Kivien välissä oli jonkin verran hiekkaa. Noin kahdesta metristä alkaen pohja muuttui pehmeän sedimentin peittämäksi.



Kuva 3. Siianmädin syvyysjakauma marras-joulukuussa 2000 Päijänteen Padasjoenselällä.

Muikun mätimunia löytyi pumppauksissa viisi kappaletta. Ne sijaitsivat viiden metrin syvyydessä.

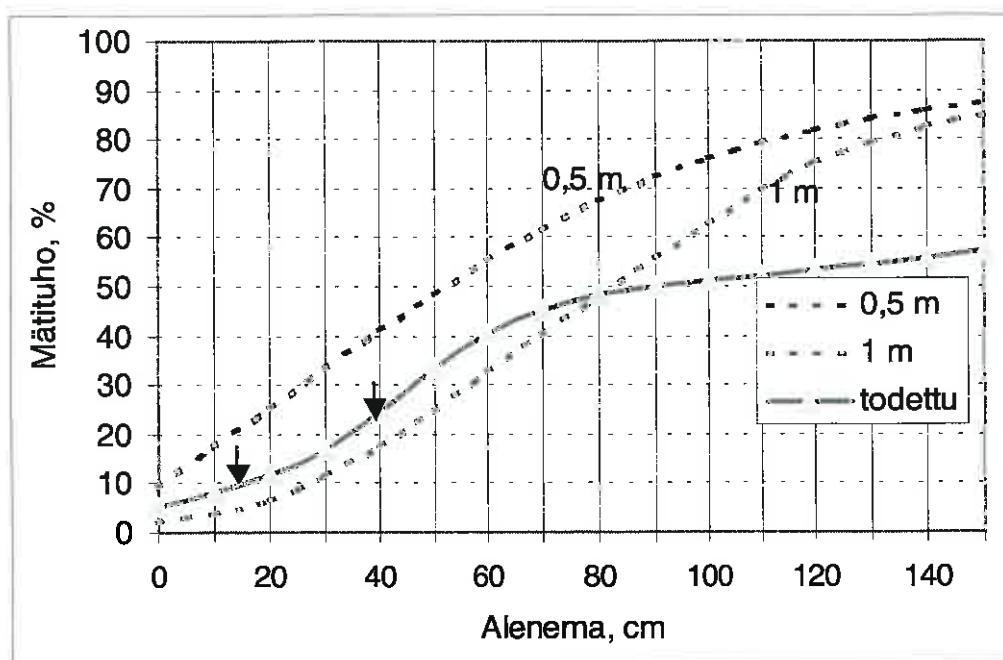
### 4.2. Vedenpinnan alenemisesta johtuvat mätituhot

Vuosina 1965-1999 vedenpinnan alenemisesta johtuvat siian mätituhot arvioitiin mädin syvyysjakauman perusteella piirretyn käyrän avulla (kuva 4). Koska säännöstelyvuosien aineisto viittaa epälineaariseen riippuvuussuhteeseen kokonaismätituhon ja luonnonmukaisen tuhon välillä, on säännöstelyn osuutta syytä tarkentaa kyseisen käyrän avulla (kuva 5). Näin ollen kuvan 3 kokonaismätituhosta on vähennettävä kuvasta

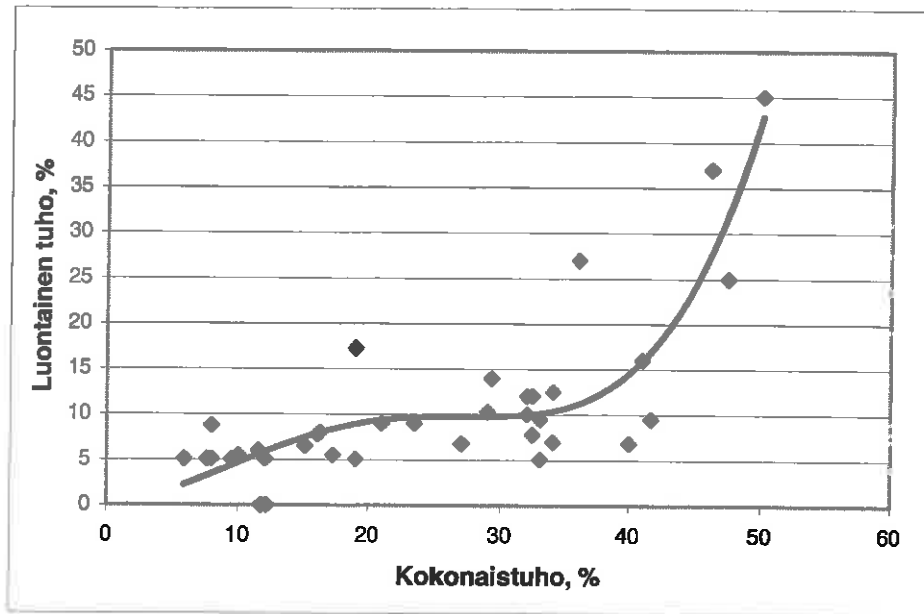
4 saatava kokonaismätituhoa vastaava luonnontuho, jotta säännöstelyn vahinkoprosentti saadaan tarkennettua. Esimerkiksi 60 cm:n alenemaa vastaava kokonaismätituhoo on 40 %, josta säännöstelyn osuus on 25 %-yksikköä (40-15=25 %). Linearisessa tilanteessa säännöstelyn osuus olisi ollut 30 %.

Säännöstelykaudella 1965-1999 vedenpinnan talvialenemasta johtuva kokonaismätituhoo on ollut keskimäärin 24 % (vaihtelu 6-50 %, SD = 13 %). Luonnollisen aleneman ja jään vaikutusta tästä on 10 %-yksikköä (vaihtelu 0-45 %, SD = 9 %), jolloin säännöstelystä aiheutunut mätitappio on ollut 14 % (vaihtelu 0-33 %, SD = 9 %). Yhtenätoista (11) vuotena 35:stä (31 %) mätiä olisi tuhoutunut luontaisesti enemmän kuin säännöstelyn aiheuttama lisätuhoo (kuva 6).

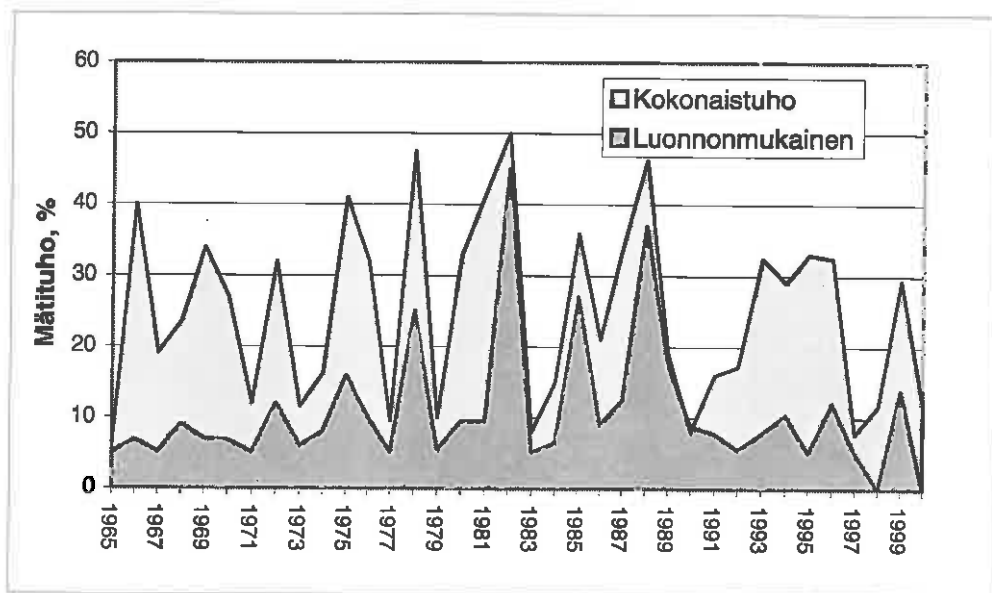
Jään vaikutuksesta nolla-alenemistakin on jo seurannut noin 5 %:n mätituhot. Vertailun vuoksi kuvassa 3 on esitetty myös edellisen tutkimuksen vastaavat käyrät, jolloin mädin jakautumiselle esitettiin kaksi vaihtoehtoista käyrää (Valkeajärvi 1999). Uuteen aineistoon perustuva käyrä sijoittuu aiempien estimaattien välimaastoon. Myös syvällä olevan mädin suurempi osuus vaikuttaa käyrän muotoon.



Kuva 4. Vedenpinnan talvialenemasta johtuva siian mätituhoo (%) vuoden 2000 todettujen mätihavaintojen perusteella sekä teoreettisissa tilanteissa mädin esiintymiskeskittymän ollessa 0,5 metrissä tai 1 metrissä (Valkeajärvi 1999). Kuvassa on havainnollistettu vuosien 1965-1999 keskimääräisestä kokonaisalenemasta (39 cm) aiheutuva mätituhoo ja luonnontuho ja luonnontuho (13 cm) johtuva mätituhoo nuolilla. Näiden erotus kertoo säännöstelyn aiheuttaman mätituhon.



**Kuva 5. Vedenpinnan alenemasta johtuvan kokonaismätituhon ja luontaisen mätituhon välinen riippuvuus vuosina 1965-1999.**



**Kuva 6. Vedenpinnan talvialenemaa seurannut siianmäen kokonaistuhonarvio (%) ja luonnonmukaisen aleneman osuus kokonaistuhosta Päijänteessä vuosina 1965-1999.**

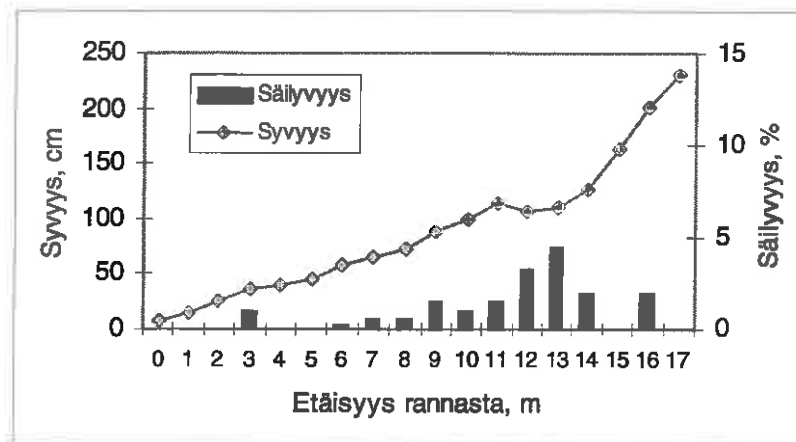
### 4.3. Mädin säilyvyys ja tuulen vaikutus

Värimätiä istutettiin neljälle linjalle yhteensä 23 000 mätimunaa. Istutuslinjoilta saatiin takaisin 247 mätimunaa (1,9 %). Linjojen sivuille tehdyt pumppaukset tuottivat lisäksi saaliiksi 57 mätimunaa. Värimädin säilyvyys vaihteli linjojen kesken siten, että linjalta 2 saatiin takaisin 3,2 % istutetusta mädistä ja linjoilta 1 ja 3 vain yksi prosentti mädistä. Linjalta 4 värimätiä ei löytynyt lainkaan. Linjalla 1 säilyvyys vaihteli metrin jaksoissa (0,5 m<sup>2</sup>) 0-4,5 %, linjalla 2 vaihtelurajat olivat 0-14,5 %, ja linjalla 3 vaihtelua oli 0-6,5 % (kuva 7).

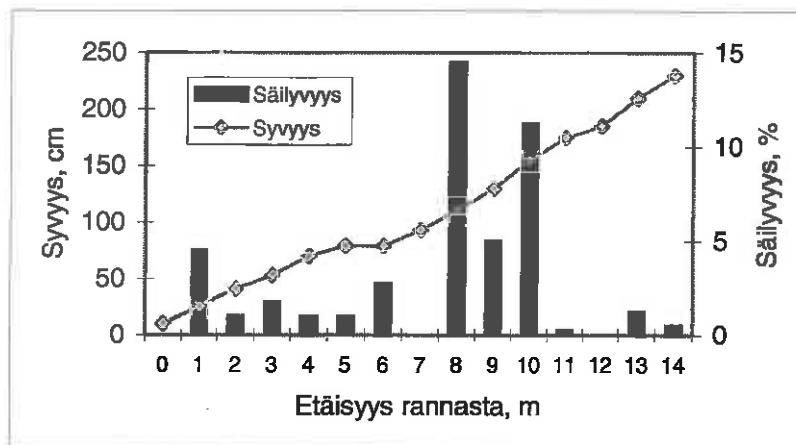
Parhaiten mäti säilyi 0,5-1,5 m:n syvyydessä. Linjojen kesken esiintyi kuitenkin jonkin verran eroja värimädin syvyysjakaumassa. Linjalta 2 mätiä löytyi lähes koko istutussyvyydeltä (0-2,3 m), kun taas linjan 1 saalis painottui metrin syvyyteen ja linjan 3 noin 0,6 metrin syvyyteen. Linjojen matalissa ja syvissä päissä mäti oli siis säilynyt huonoimmin.

Värimädin järvessäoloaikana vallitsivat etelälounaiset tuulet (keskimääräinen koodi 193). Keskimääräinen tuulen nopeus (vuorokauden keskiarvo) vaihteli 1-7 m/s maksimituulen ollessa kolmen tunnin keskiarvona 11 m/s (taulukko 2). Päiviä, jolloin tuulen nopeus ylitti 5 m/s vähintään kolmen tunnin ajan oli kuusi. Tuulet osuivat parhaiten värilinjoille 1 ja 3, joilla tuulen vaikutusindeksit olivat 900 ja 990. Linjat 2 ja 4 jäivät osittain saarten suojaan tuulen vaikutusindeksin ollessa molemmissa 480.

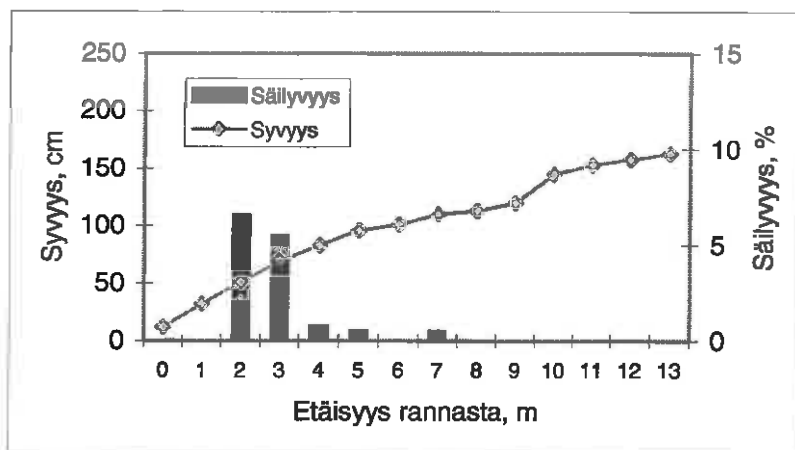
### Linja 1



### Linja 2



### Linja 3

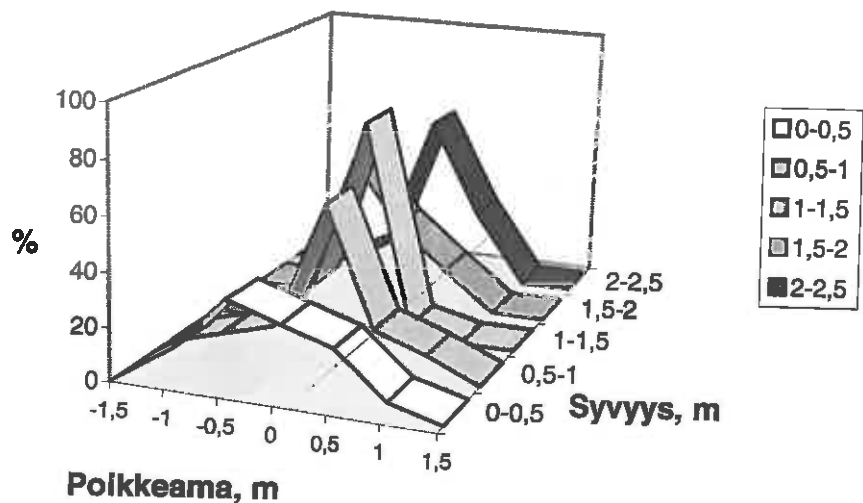


Kuva 7. Värimädin säilyvyys metrin jaksoina rannasta syvällempäin (%) ja rannan syvyysprofiili kolmella tutkimuslinjalla.

**Taulukko 2. Tuulisuusarvoja värimädin istutusrannoilla Ilmatieteen laitoksen Pulkkilanharjun havaintoaseman mukaan sekä päivittäiset tuulen vaikutusindeksit vuonna 2000.**

Pvm	Suurin tuuli m/s	Keski-tuuli m/s	Keski-suunta (astetta)	Suurimman tuulen suunta (astetta)	Vaikutus Linja 1	Vaikutus Linja 2	Vaikutus Linja 3	Vaikutus Linja 4
28.11.	7	7	158	160	630			
29.11.	2	1	183	205	180			
30.11.	10	5	150	160	900		900	300
1.12.	8	5	269	300	160	480	80	480
2.12.	6	3	224	160	540	120	540	180
3.12.	4	3	254	260	160	160	80	0
4.12.	3	2	174	120	180	120	255	180
5.12.	4	2	133	180	400	80	220	0
6.12.	3	2	198	205	270	60	150	60
7.12.	4	3	189	180	400	80	220	0
8.12.	5	3	199	180	500	100	275	0
9.12.	5	3	173	140	300	100	450	150
10.12.	2	1	204	195	180	40	100	40
11.12.	4	2	193	180	400	80	220	0
12.12.	6	3	221	150	480	180	600	300
13.12.	11	5	166	140			990	330
Keski-arvo	5,3	3,1	193	182	379	133	345	137
Keski-hajonta	2,6	1,9	36	46	210	116	154	292

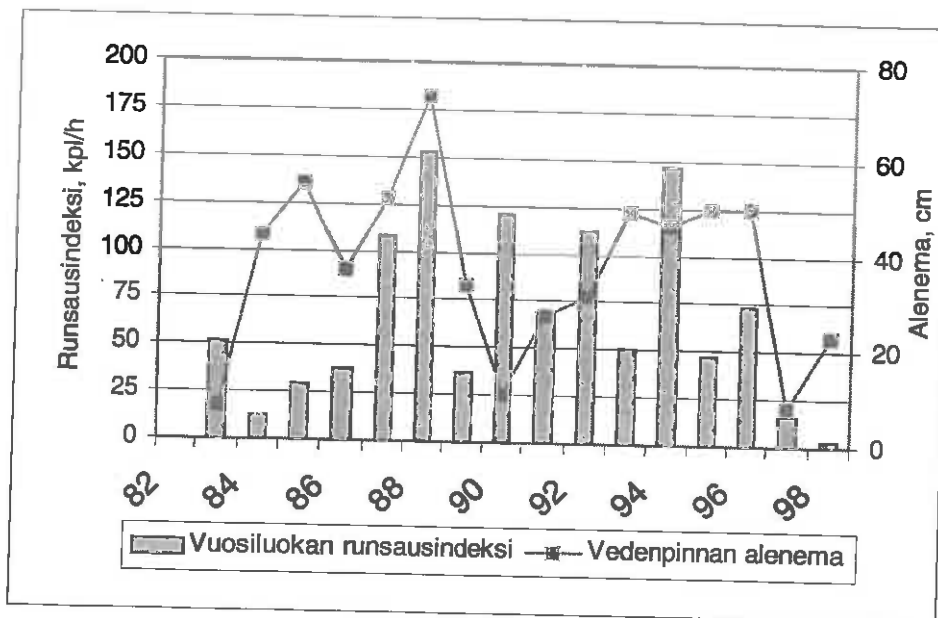
Löydetystä värimädistä 77 % sijaitsi istutuslinjoilla ja 23 % linjojen ulkopuolella (kuva 8). Kehikon leveydeltä (0,5 m) linjojen molemmin puolin löytyi 33 % ja 21 % varsinaisen linjan mätimäärästä. Jakauman vinous kertoo sivuttaisen tuulen vaikutuksesta, joka ulottui selvimmin alle yhden metrin vyöhykkeeseen. Myös yli 1,5 metrin syvyydessä mätiä oli jonkin verran välittömästi linjan vieressä, mutta tuulta merkittävämpi syy leviämiseen voi olla sukeltajan aiheuttamat pyörteet istutuksen yhteydessä. Myös pohjaeläimet ja kalat ovat voineet siirtää mätiä. Metrin päässä linjasta mätiä oli jo erittäin vähän ja kaikki havaittu löytyi alle metrin syvyydessä. Kauempaa linjan ulkopuolelta värimätiä ei löytynyt.



Kuva 8. Värjätyin silanmädin leviäminen istutuslinjojen sivuille tuulen vaikutuksesta kolmen linjan keskiarvona (% kyseisen syvyysluokan sisältä löytyneestä mädistä).

#### 4.4. Siian vuosiluokan runsautta säätelevät tekijät

Vuosina 1983-1998 siikavuosisluokan runsausindeksi oli keskimäärin 66 ja vaihtelu 3-153 (CV=72 %). Jakson alussa ja lopussa vuosiluokat olivat kaikkein heikoimpia. Samana aikana vedenpinta on kevättalvisin alentunut keskimäärin 37 cm vaihtelun ollessa 7-73 cm (CV=50 %) (kuva 9).



Kuva 9. Pikkusiian vuosiluokkien voimakkuudet (kpl/troolin vetotunti) ja vedenpinnan talvialenema vuosina 1983-1998.

Siikavuosisluokan vahvuuden riippuvuutta verrattiin yhdeksän muuttujan kanssa (taulukko 3). Näistä muuttujista siikavuosisluokan vahvuus korreloi tilastollisesti merkit-

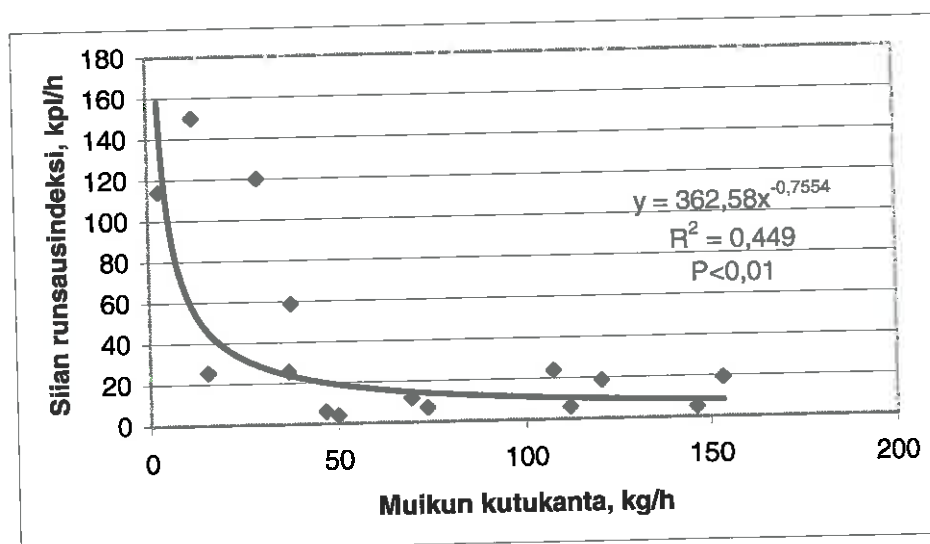


sevästi (negatiivisesti) vain edellisen syksyn muikun kutukannan (kuva 10) ja saman vuoden muikun yksikkösaaliin kanssa (kuva 11).

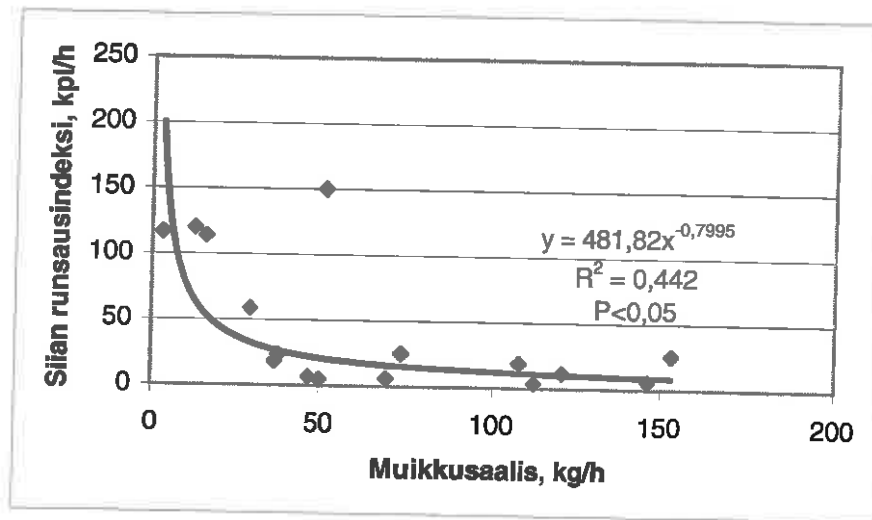
**Taulukko 3. Korrelaatiomatriisi siian vuosiluokan vahvuuden ja eri tekijöiden välisistä suhteista. Vertailuissa on käytetty Pearsonin korrelaatiota ( $r$ ) ja Spearmanin järjestyskorrelaatiota ( $r_s$ ). Tilastollisesti merkitsevät korrelaatiot on merkitty tähdellä (\*).**

Vaikuttava tekijä		R/R <sub>s</sub>	P	N
Muikkuvuosiluokan runsaus	$r_s$	-0,194	>0,05	16
Muikun yksikkösaalis troomissa	$r_s$	0,521	<0,05*	16
Siian yksikkösaalis troomissa	$r_s$	0,055	>0,05	14
Siian kutukanta ed. syksynä	$r_s$	0,247	>0,05	14
Muikun kutukanta ed. syksynä	$r_s$	-0,661	<0,01**	15
Kesä-elokuun keskilämpötila	$r$	0,020	>0,05	16
Marraskuun 15. päivän vedenkorkeus	$r$	0,423	>0,05	16
Vedenpinnan alenema talvella	$r$	0,174	>0,05	16
Talvialenemaan perustuva mätituho	$r_s$	-0,022	>0,05	16

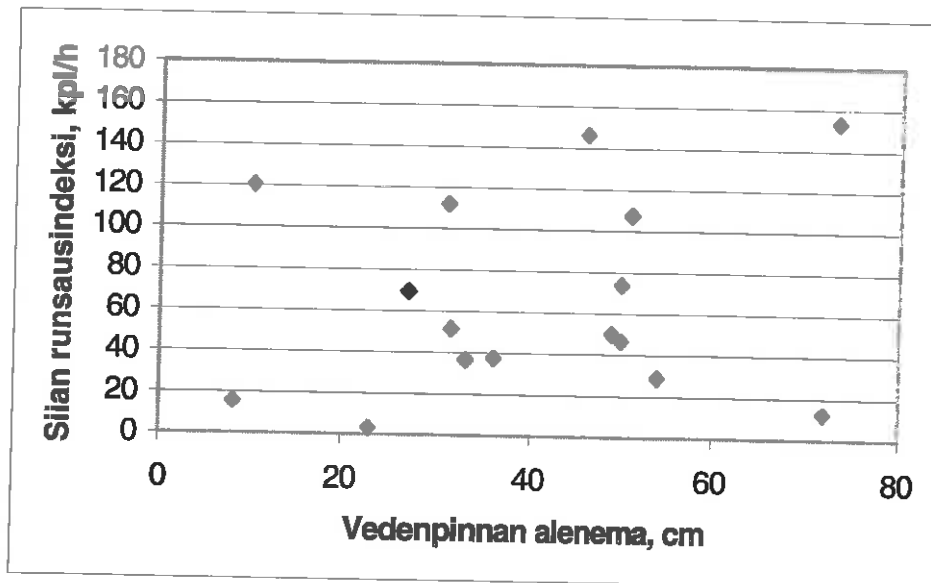
Vedenpinnan aleneman suuruus marraskuun 15. päivän (kutuaika) ja kevään minimin välillä ei siis näy kalastuskoon (2+) saavuttaneessa vuosiluokassa (kuva 12). Myöskään kutuajankohdan vedenkorkeus ei korreloi merkitsevästi siikavuosi- luokan kanssa (joskin suuntaa-antavasti,  $P < 0,10$ ) (kuva 13).



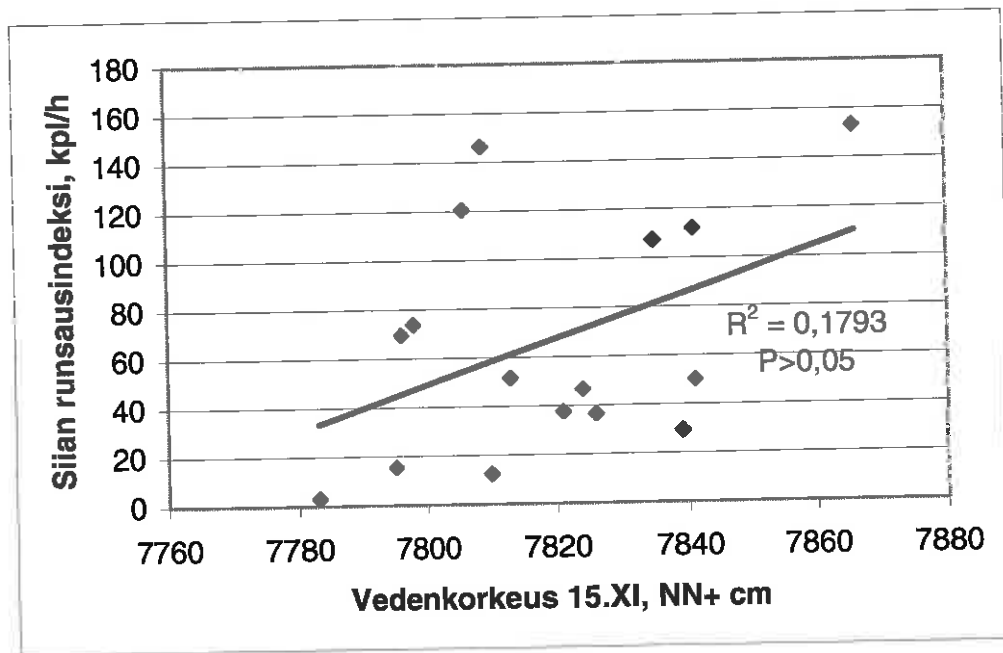
**Kuva 10. Siikavuosi- luokan runsauden ja edellisen vuoden muikun kutukan- nan välinen riippuvuus.**



Kuva 11. Siikavuosisluokan runsauden ja saman vuoden muikun yksikkösaaliin (kg/h troomissa) välinen riippuvuus.



Kuva 12. Siikavuosisluokan runsauden ja edellisen talven vedenpinnan aleneman välillä ei ole riippuvuutta.



Kuva 13. Siikavuosisluokan runsauden ja edellisen vuoden marraskuun 15. päivän vedenkorkeuden välinen riippuvuus.

## 5. Tarkastelu ja johtopäätökset

### 5.1. Siian kutusyvyys

Järvikutuisen siian kutusyvyyttä on selvitetty Suomessa useissa tutkimuksissa. Kaikissa tapauksissa kudun on arvioitu sijoittuvan varsin matalaan, yleensä 0,5-3 metrin syvyyteen (mm. Hakkari ja Kurttila 1981, Hakkari ja Bibiceanu 1985, Salojärvi ym. 1985, Heikinheimo-Schmid ja Huusko 1987). Päijänteen järvikutuisen siian kutusyvyyden Järvi (1953) arvioi sijoittuvan 0,75-1 metrin syvyyteen. Hakkarin ym. (1978) kalastajille tekemän kyselyn mukaan kutusyvyys olisi 0,5-2 m. Kalastajat arvelivat kudun siirtyneen säännöstelyn alkamisen jälkeen jonkin verran syvemmälle eli vyöhykkeelle 0,5-6 metriin. Päijänteen ensimmäisissä mätipumppauksissa talvella 1999 saatiin varmoja viitteitä kutusyvyydestä tai ainakin mädin sijaintisyvyydestä pumppaushetkellä (Valkeajärvi 1999). Tuolloin vähäisen mätisaaliin perusteella kudun arvioitiin painottuvan 0,5-1 metrin syvyyteen.

Syksyllä 2000 tehdyt mätipumppaukset Padasjoenselällä onnistuivat hyvin. Ajankohta heti kudun jälkeen oli oikea. Sääolot suosivat ja predaatio ei ollut ehtinyt vähentää haitallisesti mädin määrää (vrt. Hakkari ja Bibiceanu 1985). Näiden tutkimusten jälkeen ei ole enää suurta epätietoisuutta siian kutusyvyydestä Päijänteellä. Mahdollisesta vuosien välisestä vaihtelusta ei kuitenkaan ole vielä käsitystä. Mädin esiintymisen selvä keskittymä oli 0,75-1 metrin syvyydessä, ja suurin mätitiheys todettiin 0,85 metrin syvyydessä. Aiemmat arviot olivat siten osuneet varsin oikeaan, erityisesti Järven (1953) arvio puolen vuosisadan takaa. Mädin löytyminen aivan matalasta (10 cm) ja melko syvältäkin (5 m) osoittaa mädin esiintymisvyöhykkeen Valkeajärven (1999) teoreettisia laskelmia laajemmaksi. Mädistä puolet oli syksyllä 2000 0-1 metrin syvyydessä ja toinen puoli 1-5 metrin syvyydessä, osa kenties jopa syvemmällä. Mädin jakautumiskäyrän muoto (mahdollinen kaksihuippuisuus) antaa viitteitä tuulen vaikutuksesta (vrt. Hakkari ja Bibiceanu 1985). Koska kutusyvyydestä ei ole tarkkoja tutkimuksia säännöstelyä edeltävältä ajalta, kudun mahdollisesta siirtymisestä syvemmälle ei voida olla varmoja.

Mädin pumppaustulos ei suoraan kerro kutusyvyyttä vaan mädin sijaintisyvyyden pumppaushetkellä. Mäti on ennen järven jäätymistä tuulelle alttiina, ja vedenpinnan muutokset kudun ja pumppauksen välisenä aikana on otettava huomioon kutusyvyyttä arvioitaessa. Mädin säilyvyyden kannalta ratkaisevaa on kuitenkin, millä syvyydellä se sijaitsee siinä vaiheessa kun säännöstelyn vaikutus alkaa. Päijänteellä keinotekoinen vedenpinnan lasku ohittaa luonnonmukaisen yleensä helmikuussa.

### 5.2. Mädin säilyvyys

Kutupohjille laitetusta värjätyistä mädistä säilyi vajaan kahden viikon aikana keskimäärin vain 1,9 %. Värimädin säilyvyys oli parasta 0,5-1 metrin vyöhykkeellä eli samassa syvyydessä, missä myös luonnonmädin esiintymisen huippu oli. Suuren hävikin syynä lienee pääosin predaatio, jonka tällä perusteella voidaan arvioida painottuvan heti kudun jälkeiseen aikaan kuten myös Viljanen (1985) on arvioinut. Myös mätipumppausten paremmat tulokset syksyllä avovedestä kuin talvella jäältä käsin viittaavat samaan (Hakkari ja Bibiceanu 1985). Aivan rantavyöhykkeessä myös aallokon vaikutuksesta on voinut hajota mätimunia niiden pyöriessä hiekan seassa. Mätimunien kuoria havaittiin usein näytteissä. Koska luonnonmätiä löytyi alle puolen metrin vedestä, aallokon hajottava vaikutus ei liene merkittävä, joskin pitkä avovesikausi lisää

riskiä. Värimädin säilyvyyttä ei voida kuitenkaan yleistää luonnonmätiin, sillä punainen mätimuna on predaattorien paljon helpompi havaita pohjalta kuin hiekanvärisen oikean mätijyväsän.

Mätipumppauksissa saatiin useita kivisimppuja. Kolmen simpun maha tutkittiin, ja kaikista löytyi jäänteitä värimädistä. Myös särjen tiedetään viihtyvän siian kutupaikoilla ja syövän sen mätiä. Siika itsekin voi syödä omaa mätiään (Valkeajärvi, julkaisematon havainto). Monet pohjaeläimistä ovat ainakin potentiaalisia mädinsyöjiä. Särkän (1979, 1983) mukaan petomaisten pohjaeläinten maksimiesiintymisen Konnevedessä on 2-4 metrin syvyydessä pehmeillä pohjilla. Kivipohjilla niiden esiintyminen ei ole yhtä keskittynyttä tiettyyn syvyyteen. On mahdollista, että mädin esiintymis- huippuun vajaan metrin vedessä vaikuttaa ympäröiviä alueita pienempi pohjaeläinpredaatio ja ehkä myös pienempi kalapredaatio. Tärkein syy tähän voi olla paremmat suojapaikat mädille. Tässä vyöhykkeessä oli runsaammin pieniä kivenkoloja kuin aivan rannassa ja toisaalta syvemmällä yli kahden metrin syvyydessä. Joka tapauksessa luonnonmädin löytymisen painottuessa samaan syvyyteen värimädin kanssa voidaan päätellä, että olot juuri tällä syvyydellä ovat mädin säilyvyydelle otollisimmat. Toisaalta 1-5 metrin syvyysalue on pinta-alaltaan laaja, ja sen merkitys mädin kokonais-säilyvyydelle mahdollisesti hyvinkin suuri.

Aallokko saattoi kasata mätiä juuri siihen vyöhykkeeseen, jossa mätiä esiintyi eniten. Tuulen vaikutuksen arviointia värimädin leviämiseen vaikeutti kuitenkin mädin suuri hävikki, joka todennäköisesti johtui predaatiosta eikä tuulesta. Hävikkihän oli jokseenkin täydellinen 1,5 m syvemmällä, mihin vallinneilla tuulilla tuskin oli vaikutusta. Lisäksi tuulilta suojaisella linjalla 2 mätiä säilyi muita linjoja paremmin lähes rantaan asti. Melko hyvästä suojasta huolimatta linjalta 4 ei löytynyt lainkaan mätiä. Sen sijainti lähes niemen kärjessä altisti paikan mahdollisesti pyörteisille virtauksille. Toisaalta pohja oli lähes kauttaaltaan pehmeää sedimenttiä, jonka tyyppisellä pohjalla mäti ei säilynyt muillakaan linjoilla. Kuivalta maalta värilinjojen päistä seulotuista näytteistä ei löytynyt mätimunia, joten aallokko tuskin heitti merkittävästi mätiä rannalle.

### 5.3. Säännöstelystä johtuvat mätituhot ja poikastappiot

Säännöstelyn on osoitettu lukuisin tutkimuksin vaikuttaneen haitallisesti siikakantaan (mm. Nilsson 1968, Toivonen 1972, Hakkari ja Kurttila 1981, Bodaly ym. 1984, Heikinheimo-Schmid ja Huusko 1987, Huhmarniemi ym. 1985, Huusko ym. 1989). Näissä tapauksissa vedenpinnan talvinen alenema on ollut paljon suurempi kuin Päijänteen nykyisessä säännöstelyssä. Vuoden 1999 tutkimuksissa (Valkeajärvi 1999) säännöstelystä johtuviksi mätitappioiksi arvioitiin 13-20 % kahdella kutusyvyuden vaihtoehdolla. Syksyn 2000 mätitutkimukset tarkensivat lukemaksi 14 % keskimääräisellä 39 cm:n alenemalla. Mätiä löytyi aiempaa matalammasta mutta myös syvemmältä. Luonnollisen vedenlaskun ja jään vaikutuksesta on tuhoutunut keskimäärin noin 10 % .

Päijänteen pikkusiian kesänvanhojen (0+) rekryyttien määräksi arvioitiin vuoden 1991 tilanteessa 2,4 miljoonaa yksilöä (Heikinheimo ja Valkeajärvi 1998). Arvio perustuu vuoden 1991 siikasaaliiseen, joka puolestaan koostuu pääosin vuosiluokista 1987-1990 (Valkeajärvi, julkaisematon). Niiden keskimääräinen vahvuus oli vuoden 1991 saaliin ikäjakaumalla painotettuna 61 % suurempi kuin vuosiluokkien 1985-1998 keskiarvo, mikä johtuu pääosin heikosta muikkukannasta. Näin ollen viimeisen 14 vuoden aikana pikkusiikoja on rekrytoitunut kesänvanhoiksi Päijänteellä keskimäärin noin 1,48 miljoonaa. Säännöstelystä johtuvat mätitappiot (14 %) huomioon ottaen luonnontilassa rekryyttejä olisi syntynyt 1,72 miljoonaa.

*Säännöstelystä johtuvat laskennalliset menetykset olisivat siten olleet noin 240 000 kesänvanhaa (0+) pikkusiaan poikasta, jos oletetaan mätitappioiden siirtyvän sellaisenaan poikastuottoon.*

Jakson 1985-1998 edustavuutta keskimääräisen tilanteen kuvaajana heikentää poikkeuksellisen syvä muikkukato, joka vallitsi kaksi kolmasosaa ajasta, ja jona aikana siikakanta runsastui. Pitemmän ajanjakson keskimääräinen rekryyttimäärä voi sen vuoksi olla jonkin verran edellä mainittua pienempi. Toisaalta Heikinheimo ja Valkeajärvi (1998) arvioivat Pohjois-Päijänteen rekryyttiosuudeksi vain 16 % (Etelä-Päijänne 84 %). Siian luontainen rekrytointi saattaakin tulevaisuudessa kasvaa Pohjois-Päijänteellä vedenlaadun parantuessa ja runsaiden ahven- ja särkikantojen heikentyessä muun muassa parhaillaan (2001) käynnissä olevan tehokalastuksen vaikutuksesta. Näin ollen esitettyä lukua voidaan pitää kohtuullisena keskiarvotilanteen kuvaajana vallinneessa säännöstelyssä.

#### 5.4. Säännöstely ja siian vuosiluokan vahvuus

Säännöstelystä johtuvan vedenkorkeuden vaihtelun on osoitettu selittävän syntyvän vuosiluokan runsautta eräissä tapauksissa (mm. Nilsson 1968, Hakkari ja Kurttila 1981, Bodaly ym. 1984, Heikinheimo-Schmid ja Huusko 1987, Huhmarniemi ym. 1985). Päijänteellä siian vuosiluokan runsauden vaihtelua selittää tutkituista muuttujista vain muikkukanta. Runsaan muikun kutukannan vaikutuksesta syntyy seuraavana keväänä heikko siikavuosi, kuten jo aiemmin oli osoitettu (Valkeajärvi 1999). Yhteys saattaa liittyä runsaan muikkukannan aiheuttamaan siian fekunditeetin heikkenemiseen ja edelleen poikastuottoon. Pikkusiiian fekunditeetista ei kuitenkaan ole aikasarjaa käytettävissä. Ajatusta kuitenkin tukee se, että siian kasvu on muikun runsautessa hidastunut ja samalla kunto mahdollisesti myös heikentynyt.

Tarkastellut vedenkorkeusmuuttujat, kutuajan vedenkorkeus, vedenpinnan talvialenema ja alin vedenkorkeus keväällä eivät selittäneet tilastollisesti merkittävästi siian vuosiluokkien runsaudenvaihtelua. Suuntaa-antava positiivinen riippuvuus suhte saatiin kutuajan vedenkorkeuden ja vuosiluokan välille. Tähän sisältyy kuitenkin merkittävää epävarmuutta. Aikasarjan lyhyys on vielä ongelma, joskin ne muuttujat, joilla on selvää vaikutusta siikavuosiin runsauteen alkavat paljastua. Nykyisen kaltaisen talvialeneman yhteyttä vuosiluokan runsauteen ei todennäköisesti saada kuitenkaan tilastollisesti merkittäväksi aikasarjaa kasvattamalla.

*Tutkimus vahvisti aiempia alustavia johtopäätöksiä, että säännöstelyvuosien 1965-2000 vedenpinnan talvialenemista johtuneet siian mätitappiot eivät ole vaikuttaneet merkittävästi 2+ -ikäisenä kalastukseen rekrytoituviin vuosiluokkiin.*

#### 5.5. Säännöstelykäytännön muutossuosittelujen vaikutus Päijänteessä

Päijänteen säännöstelyn kehittämiseksi Marttunen ja Järvinen (1999) ovat esittäneet suosituksia vedenkorkeuden muuttamisesta, joilla pyritään vähentämään säännöstelystä aiheutuvia haittoja. Näistä ehdotuksista lähinnä tammi-huhtikuun vedenkorkeuksien muutossuosittelut voivat vaikuttaa siikakantaan. Suositusten sanoma on seuraava:

Joinakin tavanomaisina keväinä ja tavanomaista kuivempina keväinä pyritään toteuttamaan korkeampiin kevätalivedenkorkeuksiin, jotta vedenkorkeus olisi loppukevällä ja alkukesällä virkistyskäytön ja vesiluonnon kannalta toteutunutta paremmalla tasolla. Tällaisina talvina ja keväinä vedenpinta pyritään pitämään tammi-huhtikuussa tason NN+77,95-78,00 yläpuolella.

Toteutuneessa säännöstelyssä kevään alin vedenkorkeus on ollut keskimäärin NN+77,83 eli 12-17 cm Marttusen ja Järvisen (1999) suositusta alempana. Siian vuosi-  
siluokan runsauden ja kevätalivedenkorkeuden välillä ei kuitenkaan havaittu tilastolli-  
sesti merkitsevää riippuvuutta, joten suosituksen toteuttaminen ei sellaisenaan vaikuta  
siianmädin selviytymiseen. Siian mädin kannalta ratkaisevampaa on ennen kaikkea,  
pieneneekö samalla vedenpinnan alenema kudusta kevään minimiin. Nykyisessä tilan-  
teessa kevätalivedenkorkeuden ja talvialeneman välillä ei ollut tilastollista riippuvuut-  
ta ( $P>0,05$ ). Toisin sanoen kevätalivedenkorkeuden nosto ei välttämättä merkitsisi  
aleneman pienenemistä. Marttunen ja Järvinen (1999) suosittelivat kuitenkin syys-  
lokakuun vedenpinnan nostamista tai pitämistä tasolla NN+78,30-78,40. Se olisi siian  
kutuaikana vällinneitä nykyisiä vedenkorkeuksia 15-25 cm korkeampi. Tavanomaisina  
ja tavanomaista kuivempina keväänä vedenpinnan talvialenema tulisi siten olemaan  
enintään 30-45 cm (toteutunut koko säännöstelykauden keskiarvo 39 cm). Nykyisen  
säännöstelyn aikana joka kolmas vuosi (34 %) alenema on jäänyt 30 cm:n alapuolelle.

*Kevätaliveden ja syys-lokakuun vedenpinnan vähäisen noston vaikutus siikakantaan  
olisi Päijänteellä marginaalinen ja tuskin mitattavissa. Jos talvinen vedenpinnan  
alenema samalla pienenisi, mädin selviytyminen paranisi. Muutaman sentin kaventu-  
minen alenemassa ei kuitenkaan vaikuttaisi rekrytoituvan vuosiluokan runsauteen,  
joka ei näytä muutenkaan riippuvan vedenpinnan nykyisen kaltaisesta alenemasta.  
Mahdollinen syksyinen vedenpinnan nosto toisaalta eliminoisi aleneman pienenemi-  
sen.*

## 5.6. Säännöstelyn vaikutukset siikaan Konnivesi-Ruotsalaisessa

Päijänteen alapuolella sijaitsevia Ruotsalaista ja Konnivettä on säännöstelty vuodesta  
1959 lähtien Vuolenkosken padon avulla tulvasuojelullisista ja voimataloudellisista  
syistä (Tuomisto 1994, Korhonen 1999). Säännöstelyn alussa Konniveden luonnonti-  
laista keskivedenkorkeutta nostettiin lähes metrillä, jolloin myös Ruotsalaisen veden-  
pinta nousi. Säännöstelyn aikana Konniveden vedenkorkeutta on pidetty koko avo-  
vesikauden ja alkutalven korkeudessa NN+77,40 m. Lupaehtojen mukaan sitä on las-  
kettava helmikuun alusta huhtikuun loppuun noin 60 cm:llä korkeuteen NN+76,80.  
Tämän jälkeen vedenpinta nostetaan hyvin nopeasti edellä mainittuun avovesikorkeu-  
teen.

Konniveden ja Ruotsalaisen siikakantoja ei ole tutkittu eikä järvissä esiintyviä siika-  
muotoja juurikaan tunneta. Yläpuolisessa Päijänteessä esiintyy luontaisesti pikkusiika,  
järvisiikaa ja planktonsiikaa, joista pikkusiika on vahvasti dominoiva (Valkeajär-  
vi 1999). Samoja siikamuotoja esiintyy myös Päijänteen yläpuolisilla vesireiteillä, ja  
kaikkialla pikkusiika, paikoin murokkaaksi kutsuttu on vallitsevana saaliissa. Ruotsa-  
laisen ja Päijänteen välissä on Kalkkistenkoski, jossa siian lippopyyntiä harrastetaan  
kesäisin. Kalastajien arvioiden mukaan siika nousee koskeen Ruotsalaisesta. Vuonna  
1987 otettujen näytteiden perusteella kyseessä on sama pikkusiikamuoto kuin Päijän-  
teessä (Valkeajärvi, julkaisematon). Onkin melko todennäköistä, että vallitsevana  
luonnonvaraisena siikamuotona Konnivedessä ja Ruotsalaisessa on juuri pikkusiika,  
*Coregonus lavaretus wartmanni*.

Pikkusiika kutee Päijänteessä matalaan rantaveteen kuten se tekee myös Saarijärven  
Pyhäjärvässä (Hakkari ja Kurttila 1981) ja Etelä-Saimaalla (Hakkari ja Bibiceanu  
1985). Myös virtakutuiset kannat ovat mahdollisia. Kalkkistenkoskessakin siikojen  
tiedetään kutevan (Arvo Vainio, suull. tiedonanto), mutta tietoa ei ole siikamuodosta.  
Koska varmuutta siian kutusyvytydestä Konnivedessä ja Ruotsalaisessa ei ole, arvio  
säännöstelystä aiheutuvista mätitappioista on tehtävä parhaan mahdollisen vertailu-  
alueen eli Päijänteen tietojen perusteella (kuva 4).

Vuosina 1964-1997 Konniveden vedenkorkeus on ollut marraskuun puolivälissä siian kutuaikaan keskimäärin NN+77,38 m. Alin vedenkorkeus huhtikuun lopulla on ollut keskimäärin NN+76,75 m. Keskimääräinen alenema on siis ollut 63 cm. Palautuslaskelmin arvioidussa luonnontilassa kutuajan ja kevätminimin välillä olisi ollut vajaan 5 cm:n alenema. Kudun jälkeen vedenpinta olisi noussut vuodenvaihteeseen asti alentuen keväällä vain vähän ohi kutuajan tason. Luontaisia mätitappioita on siten aiheutunut lähinnä vain jääpeitteestä. Ylempänä olevassa Ruotsalaisessa (Jyrängönvirta välissä) tilanne on ollut varsin samanlainen sekä säännöstelyn aikana että laskennallisessa luonnontilassa.

*Jos oletukset kutusyvyiden suhteen pitävät paikkansa, Konnivedessä ja Ruotsalaisessa on säännöstelyvuosina 1964-1997 rannoille kudetusta siian mädistä tuhoutunut noin 40 %, josta säännöstelyn osuus on 30-35 %. Kalkkistenkosken ja Jyrängönvirran merkitystä siian kutualueena ei tarkoin tunneta. On kuitenkin todennäköistä, että ainakin Ruotsalaisen siikakannasta osa kutee Kalkkistenkoskessa. Säännöstelyn vaikutus tähän osapopulaatioon lienee vähäisempi.*

Konnivesi-Ruotsalaisen säännöstelyn kehittämistä pohdittaessa on esitetty seuraavat vaihtoehdot säännöstelylle: nykyinen, voimatalouspainotteinen, ekologinen ja luonnonmukainen.

*Esitetyistä säännöstelykäytännön muutosvaihtoehdoista paras olisi luonnonmukainen, jolloin siialle aiheutuisi vain luontaiset noin 5 %:n mätitappiot. Ekologisessa vaihtoehdossa kevätkuoppa olisi 30 cm ja säännöstelystä johtuvat mätituhot noin 10 %. Voimatalousvaihtoehdossa siialle aiheutuisi mätitappioita lähes 50 %.*

Koska Konniveden ja Ruotsalaisen siikakannoista ei ole vastaavia kantatietoja, kuin Päijänteestä, vaikutuksia rekrytointiin on vaikea arvioida. Todennäköisesti nykyinen säännöstely (60 cm:n kevätkuoppa) on aiheuttanut rekrytointimenetyksiä ja pienentänyt saalista. Rekrytoinnin menetykset tuskin ovat suorassa suhteessa mätitappioihin.

*Jos Konnivesi-Ruotsalaisen vuotuinen keskimääräinen rekrytointitaso oletetaan samaksi kuin Päijänteessä (15 kpl 0+ -poikasta/ha), olisi vuotuinen poikastuotanto 13 100 ha:n alalta ollut noin 195 000 kesänvanhaa poikasta. Nykyisestä säännöstelystä johtuvista mätitappioista (35 %) seuraisi rekrytointitappioita noin 68 000 poikasta. Ekologisessa vaihtoehdossa 10 %:n mätitappiot tuottaisivat suoralla laskutavalla noin 19 000 poikasen menetykset.*

## 5.7. Suositukset

Päijänteessä säännöstelystä johtuvien mätitappioiden (14 %) laskennallinen vaikutus rekryyttien määrään (0+) on 240 000 poikasta. Toisaalta regressioanalyysillä tutkittiin mädin kokonaistuhon (24 %) vaikutusta rekrytoituvaan vuosiluokkaan. Tulokset vahvistivat aiempaa käsitystä, että tämänsuuruinen mätitappio ei ole havaittavissa siikakannassa ja saaliissa vuosiluokan rekrytoituessa kalastukseen kolmantena kesänä (2+). Pelkän säännöstelyn osuuden havaitseminen on siten vielä epätodennäköisempää. Tämä johtunee seuraavista seikoista:

- muut tekijät kuin säännöstely vaikuttavat enemmän siikakantaan
- tappio kompensoituu jäljelle jääneiden poikasten parempana selviytymisenä
- mätiiä on oletettua enemmän säännöstelyvyöhykkeen alapuolella



Edellisen perusteella voidaan antaa seuraavat suositukset:

*Nykyisen kaltaisesta säännöstelystä ei aiheudu siian kalastukselle havaittavia mentyksiä. Koska ylimääräisiä mätitappioita kuitenkin aiheutuu, nykyisessä tilanteessa olisi suositeltavaa kompensoida mätitappioita istuttamalla Päijänteeseen vuosittain 100 000 – 150 000 siianpoikasta. Päijänteen säännöstelyn muuttaminen Marttusen ja Järvisen (1999) esittämällä tavalla ei aiheuta muutoksia kompensatiotarpeeseen.*

*Konnivesi-Ruotsalaisen kohdalla kohtuullinen kompensatiotaso olisi nykyisessä tilanteessa noin 30 000 kesänvanhaa siianpoikasta ja ekologisessa vaihtoehdossa noin 10 000 poikasta.*

*Päijänteen kalakantojen seuranta tulisi jatkaa ja edelleen tehostaa ongelmakeskeiseen suuntaan kalatalouden jatkuvaa tarvetta varten. Säännöstelykäytännön mahdollinen muuttuminen korostaa osaltaan seurannan tarvetta. Konnivesi-Ruotsalaisella tulisi tehdä perusselvitys järvioltaan kalakannoista, erityisesti siikakannasta.*

## Kiitokset

Tutkimuksen käynnistymisessä ja ideoinnissa on Pekka Vähänäkin (Kaakkois-Suomen ympäristökeskus) panos ollut merkittävä. Markus Tapaninen ja Timo Vatto sukeltelivat hyiseen veteen kuin hylkeet. Simo Jallin paikallistuntemus ja työinto olivat kohdallaan. Jorma Kääpä toimitti tarvittavat kalanäytteet. Markku Raatikainen käsitteli kalanäytteet sekä määritteli iät ja kasvut. Markku Viljasen myötävaikutuksella saatiin Joensuun yliopiston Karjalan tutkimuslaitoksesta käyttöön Robin eli moottoripumppu. Jouni Mikkonen toimitti tutkimuksen tarvitsemat vedenkorkeustiedot. Outi Heikinheimo antoi hyviä parannusehdotuksia käsikirjoitukseen. Kiitokset kaikille avusta ja onnistuneesta yhteistyöstä.

## Viitteet

- Bodaly, R.A., Johnson, T.W.D., Fudge, R.J.P. & Calyton, J.W. 1984. Collapse of the lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*) fishery in southern Indian Lake, Manitoba, following lake impoundment and river diversion. *Can. J. Fish. Aqu. Sci.* 41(4), p. 692-700.
- Hakkari, L. & Bibiceanu, S. 1985. Siian, harjuksen ja muikun lisääntymisbiologiasta Saimaalla vuosina 1980-1983. *Vesihallituksen tiedotus* 255, s. 187-206.
- Hakkari, L., Ellonen, T. & Selin, P. 1978. Säännöstelyn vaikutuksista Päijänteen arvokalakantoihin ja pohjaeläimistöön. Jyväskylän yliopisto. Hydrobiologian tutkimuskeskus. Moniste. 31 s.
- Hakkari, L. & Kurttila, I. 1981. Säännöstelyn vaikutuksesta Saarijärven Pyhäjärven siikakantaan. *Hydrobiologian tutkimuskeskuksen tiedonantoja* 70, 22 s.
- Heikinheimo-Schmid, O. & Huusko, A. 1987. Kemijärven kalatalouden nykytila ja ehdotukset kalakantojen hoitotoimenpiteiksi. *RKTL. Monistettuja julkaisuja* 69, 210 s.
- Heikinheimo, O. & Valkeajärvi, P. 1998. Taimenen ja siian kalastuksen säätely Päijänteellä. Päätösanalyysitarkastelu. *Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar* 140, 40 s.
- Helminen, H., Sarvala, J. & Sydänoja, A. 1991. Säännöstelyn vaikutukset Säkylän Pyhäjärven muikun ja siian poikastuotantoon. Tutkimusraportti kevään 1991 kalataloudellisesta velvoiteseurannasta. Turun yliopisto. Biologian laitos. 21 s.
- Huhmarniemi, A., Niemi, A. & Palomäki, R. 1985. Whitefish and vendace stocks in the regulated Lake Pyhäjärvi, central Finland. Teoksessa: J. S. Alabaster, (ed.), *Habitat modification and freshwater fisheries*. London. p. 165-172.
- Huusko, A., Sutela, T., Karjalainen, J., Hellsten, S. & Hirvonen, A. 1989. Ekologiset näkökohdat joidenkin Pohjois-Suomen järvien säännöstelyssä. Valtion teknillisen tutkimuskeskus. *Tiedote* 988, 95 s.
- Järvi, T.H. 1953. Über die Coregonen s.str. in Päijänne und in einigen anderen Gewässern Mittelfinnlands. *Acta Zool. Fennica* 75, s. 1-33.
- Korhonen, P. 1999. Konnivesi-Ruotsalaisen säännöstelyn vaikutukset kalakantoihin ja kalastukseen. *Suomen ympäristö* 321, s. 73-99.
- Nilsson, N.-A. 1968. Säännösteltyjen vesien kalat. Teoksessa: Svärdsön, G., Nilsson, N.-A., Dahlström, H. & Tuunainen, P. (toim.): *Kalat, kalavesien hoito ja kalanviljely*, s. 65-78.
- Marttunen, M. & Järvinen, E. 1999. Päijänteen säännöstelyn kehittäminen. Yhteenve-to ja suosituksat. *Suomen ympäristö* 357, 168 s.
- Särkkä, J. 1979. The zoobenthos of Lake Päijänne and its relations to some environmental factors. *Acta Zool. Fennica* 160, p. 1-46.
- Särkkä, J. 1983. A quantitative ecological investigation of the littoral zoobenthos of an oligotrophic Finnish lake. *Ann. Zool. Fennici*, p. 157-178.
- Toivonen, J. 1972. Vedensäännöstelyn vaikutus Inarinjärven kalakantoihin ja kalastukseen. Täydentävä lausunto. *Moniste*. 28 s. + liitteet.
- Tuomisto, A. 1994. Myllykoski Oy. Vuolenkosken voimalaitos. Konniveden ja Ruotsalaisen säännöstelyn kevätalennuksen muutos. *Selvitys* 21.7.1994. Imatran Voima Oy. Ympäristönsuojeluyksikkö. 12 s. + liitteet 18 s.

Valkeajärvi, P. 1997. Päijänteen kalakannat ja kalastus 1990-luvun alkupuolella. Päijänne-luontokeskuksen julkaisuja 2, s. 107-115.

Valkeajärvi, P. 1999. Päijänteen säännöstelyn vaikutus siikakantaan. RKTL. Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 161, 34 s.

Valkeajärvi, P. & Bagge, P. 1995. Larval abundance, growth, and recruitment of vendace (*Coregonus lavaretus* (L.)) at high and low stock densities in Lake Konnevesi, Finland, in 1979-1992. Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol. 46, p. 203-209.

Valkeajärvi, P. & Salo, H. 2000. Kalastus ja kalastuksen arvottaminen Päijänteellä vuonna 1996. Kala- ja riistaraportteja 196, 21 s. + 43 liitettä.

Viljanen, M. 1985. Muikun ja siian mädin ja poikasten esiintyminen Etelä-Saimaalla. Joensuun yliopisto, Karjalan tutkimuslaitoksen julkaisuja 72, s. 233-245.