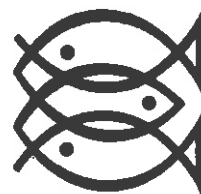
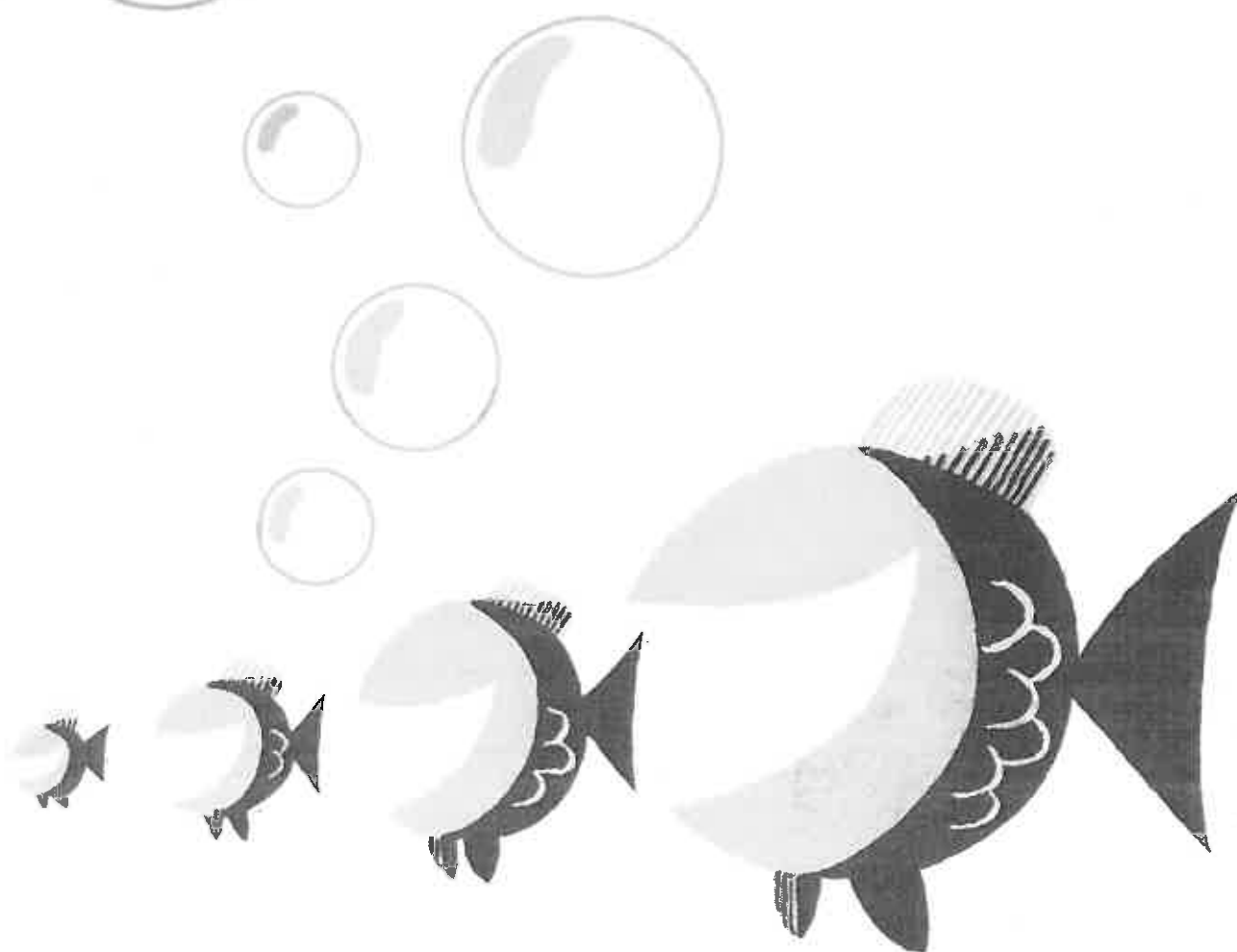


RIISTA-JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS

KALATUTKIMUKSIA- FISKUNDERSÖKNINGAR



5
1990



RIISTA-JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS
**KALATUTKIMUKSIA -
FISKUNDERSÖKNINGAR**



Vastaava toimittaja: Eero Aro

Toimittajat: Mikael Hildén, Aimo Järvinen, Marja-Liisa Koljonen, Finn Löf, Eija Nylander, Riitta Rahkonen, Petri Suuronen, Lauri Urho ja Aune Vihervuori

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Kalantutkimusosasto
Kalanviljelyosasto
PL 202
00151 Helsinki

puh. 90 - 624 211
telex 19101236 vdx sf
telefax 90 - 631 513
telebox tbx668

Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar sarjassa julkaistaan kalatalouteen liittyviä tutkimuksia, suunnitelmia, raportteja, selvityksiä, lausuntoja, esitelmiä sekä tutkimusten aineistoja tai muita vastaavia kirjoituksia. Julkaisukielenä ovat pääsääntöisesti suomi ja ruotsi. Kirjoitusohjeita on saatavilla Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen tietopalvelussa (PL 202, 00151 Helsinki).

Julkaisun jakelusta päätetään kunkin numeron osalta erikseen. Julkaisua koskevat tiedustelut osoitetaan tietopalveluun.

Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar on jatkoa sarjoille: "Maataloushallituksen kalataloudellinen tutkimustoimisto. Monistettuja julkaisuja" (no:t 1-42) ja "Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja" (no:t 1-97), "Tiedonantoja" (no:t 1-24) ja "Meddelanden" (no:t 1-21).

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston ja kalanviljelyosaston muut julkaisusarjat ovat "Finnish Fisheries Research" ja "Suomen Kalatalous".

Ansvarig redaktör: Eero Aro

Redaktörer: Mikael Hildén, Aimo Järvinen, Marja-Liisa Koljonen, Finn Löf, Eija Nylander, Riitta Rahkonen, Petri Suuronen, Lauri Urho ja Aune Vihervuori

Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet
Fiskeriforskningsavdelningen
Fiskodlingsavdelningen
PB 202
00151 Helsingfors

tel. 90 - 624 211
telex 19101236 vdx sf
telefax 90 - 631 513
telebox tbx668

I serien Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar publiceras undersökningar, planer, rapporter, utredningar, utlåtanden, föredrag samt forskningsmaterial eller motsvarande artiklar som behandlar fiskerihushållningen. Publikationsspråken är i huvudsak finska och svenska. Skrivinstruktioner kan erhållas från Vilt- och fiskeriforskningsinstitutets informationstjänst (PB 202, 00151 Helsingfors).

Publikationens distribueringsfastställes skilt för varje nummer. Förfrågningar angående tidskriften bör riktas till informationstjänsten.

Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar är en fortsättning på "Maataloushallituksen kalataloudellinen tutkimustoimisto. Monistettuja julkaisuja" (nr 1-42) ja "Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja" (nr 1-97), "Tiedonantoja" (nr 1-24) och "Meddelanden" (nr 1-21).

Övriga publikationsserier från Vilt- och fiskeriforskningsinstitutets fiskeriforskningsavdelning och fiskodlingsavdelning är "Finnish Fisheries Research" och "Suomen Kalatalous".

RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS
KALATUTKIMUKSIA – FISKUNDERSÖKNINGAR

No 5

1990

**Ravun (*Astacus astacus* L.) biologiasta, kannanarvioinnista ja
istutuksen kannattavuudesta pienessä hapanvetisessä metsäjärvessä**

Esa Erkamo

Helsinki 1990

ISSN 0787-8478
Helsinki 1990
Yliopistopaino

**RAVUN (*Astacus astacus* L.) BIOLOGIASTA, KANNANARVIOINNISTA JA
ISTUTUKSEN KANNATTAVUUDESTA PIENESSÄ HAPANVETISESSÄ METSÄJÄRVESSÄ**

Pro gradu -tutkielma
Jyväskylän yliopisto
Biologian laitos
Hydrobiologian ja
limnologian osasto
4.2.1988

Esa Erkamo

ALKUSANAT

Tämä työ on osa Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen tutkimusprojektia, jossa selvitettiin raputuotannon biologisia perusteita.

Lausun kiitokseni FL Kai Westmanille ja FK Markku Pursiaiselle arvokkaista neuvoista sekä mahdollisuudesta työskennellä Evon kalastuskoeasemalla. Lisäksi haluan kiittää koko Evon kalastuskoeaseman henkilökuntaa ja kesäharjoittelijoita saamastani koe-ravustusavusta.

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT

1.	JOHDANTO.....	1
2.	AINEISTO JA MENETELMÄT.....	4
2.1.	Tutkimusalue.....	4
2.2.	Rapukannan perustaminen.....	6
2.3.	Koeravustukset.....	7
2.4.	Rapujen merkitseminen.....	8
2.5.	Poikastuotannon arviointi.....	9
2.6.	Tietojen kirjaaminen ja taustatietojen keruu.....	9
2.7.	Populaation koon ja rapujen eloonjäämisosuuden arviointi.....	10
2.7.1.	Menetelmien valinta.....	10
2.7.2.	Merkintä-takaisinpyyntimenetelmien asettamat ehdot ja niiden toteutuminen rapukantojen arvioinnissa.....	11
2.7.3.	Otosvirheen välttäminen.....	14
2.7.4.	Eloonjäämisosuuden arviointi.....	15
2.7.5.	Populaation koon arviointi.....	17
2.8.	Rapujen pyydystettävyyden arviointi.....	18
3.	TULOKSET.....	21
3.1.	Rapusaaliit ja saaliin rakenne.....	21
3.2.	Kasvu ja kuorenvaihto.....	23
3.3.	Elinpaikan valinta.....	28
3.4.	Rapujen pyydystettävyyys.....	34
3.5.	Eloonjäämisosuus.....	41
3.6.	Populaation koon kehitys.....	55
3.7.	Poikastuotanto.....	59
3.8.	Predaatio.....	63

4.	TULOSTEN TARKASTELU.....	65
4.1.	Kasvu ja kuorenvaihto.....	65
4.2.	Elinpaikan valinta.....	68
4.3.	Pyydystettävyys.....	69
4.4.	Eloonjäämisosuus.....	71
4.5.	Predaatio.....	74
4.6.	Kannanarviointi.....	75
4.7.	Populaation raputiheys.....	78
4.8.	Poikastuotanto.....	79
4.9.	Istutuksen kannattavuus.....	82
5.	YHTEENVETO.....	85
	TIIVISTELMÄ.....	89
	SAMMANDRAG.....	90
	SUMMARY.....	91
	KIRJALLISUUS.....	92

1. JOHDANTO

Rapu eli jokiäyriäinen Astacus astacus (L.), Decapoda, Crustacea, esiintyy lähes koko Euroopassa. Päälevinneisyysalueen muodostavat Pohjanmereen ja Itämereen laskevat vesistösystemit (ABRAHAMSSON 1971c). Suomessa ravun luontainen levinneisyys rajoittui Etelä-Suomeen, mutta kotiutusistutusten ansiosta sen levinneisyysalue on laajentunut Pohjois-Suomeen asti. Päälevinneisyysalue ulottuu Suomussalmi - Pello linjalle asti, mutta tätäkin pohjoisempaan tavataan erillisiä pienialaisia kantoja. Rapua esiintyy kaiken tyyppisissä vesissä suurista järvistä pieniin lampiin ja puroihin. Tiheimmät populaatiot tavataan puroissa ja joissa (WESTMAN ja NYLUND 1985).

Maassamme on runsaasti ravulle soveltuvia elinalueita. 56 000 yli 1 ha:n järvestämme, 122 000 yli 5 aarin lammestamme (RAATIKAINEN 1984), yli 20 000 km jokiuomistamme (Vesihallitus 1977) ja kenties sadoista tuhansista kilometreistä puroja ja ojia valtaosa on ravulle soveltuvaa elinympäristöä.

Viime vuosisadan vaihteessa Suomi oli Euroopan suurin rapujen viejä. JÄRVEN (1910) mukaan 20 miljoonan ravun kokonaissaaliista vietiin n. 15.5 miljoonaa ulkomaille. Tuolloin ravun levinneisyys rajoittui linjan Kaskinen - Mikkeli - Lappeenranta eteläpuolelle, joten se vastasi vain noin neljännestä nykyisestä levinneisyysalueesta. Tänä päivänä saalis arvioidaan n. 2 - 3 miljoonaksi ravuksi. Syinä saaliin pienentymiseen ovat olleet rapurutto Aphanomyces astaci (Shicora), joka vuosisadan alussa romahdutti rapukannat, sekä vesirakentaminen ja vesien likaantuminen yms. vesien luonnon-tilaa muuttaneet tekijät (WESTMAN 1981a).

Eräs mahdollisuus raputaloutemme elvyttämiseen olisi rapujen istuttaminen lukuisiin pienvesiin, joihin rapu ei ole kyennyt

levittäytymään huonon leviämiskykynsä vuoksi. Pienissä suljetuissa vesistöissä ja reittivesien latvajärvissä kannat olisivat suojatumpia ruttoa vastaan kuin suuremmissa vesistöissä.

Pienvesiä voidaan hoitaa ja manipuloida tehokkaasti, esim. teho-kalastuksen tai rotenonkäsittelyjen avulla. Erääksi pienvesien hoitotavaksi onkin esitetty (mm. WESTMAN 1973) rapujen ja siikojen istuttamista rotenonilla tyhjennettyihin pienjärviin. Nämä lajit eivät haittaa toisiaan ja kilpailijoiden puuttuessa voivat antaa korkean hehtaarituoton.

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksessa on 1960-luvun lopulta lähtien selvitetty ravun ekologiaa, sekä rapukantojen hyödyntämismahdollisuuksia pienissä metsäjärvissä (WESTMAN ja PURSIAINEN 1979, PURSIAINEN 1980, WESTMAN ja PURSIAINEN 1980).

Tämä tutkielma pyrkii osaltaan selvittämään ravun biologiaa metsäjärviympäristössä. Tutkittavan metsäjärven erityispiirteenä on veden happamuus. Happosateiden vaikutuksesta yhä useammat pienjärvet ovat happamoitumassa. Tämän on todettu mm. EteläRuotsissa heikentävän ja tuhoavan rapukantoja (SVÄRDSON 1974, FÜRST 1977b). Myös Suomessa on rapukantojen todettu heikentyneen happaman laskeuman johdosta (TUUNAINEN ym. 1986).

Mitkä tekijät happamoituvassa vesistössä vaikuttavat haitallisesti rapukantoihin? Jos esim. lisääntyminen häiriyytyy, voidaanko rapukantoja hoitaa kannattavasti "put and take" -periaatteella, eli istuttamalla esikasvatettuja poikasia tai erityisluvin pyydettyjä alamittaisia siirtoistukkaita, jotka pyydetään pois niiden saavutettua laillisen pyyntikoon.

Tässä tutkielmassa selvitetään rapujen kasvua, kuolevuutta, lisääntymistä ja elinpaikan valintaa. Lisäksi selvitetään istutuksen kannattavuutta, rapujen pyydystettävyyttä sekä ravulle soveltuvia kannanarviointimenetelmiä.

Tutkittava rapukanta on perustettu istuttamalla vuosina 1977 - 1979. Aiemmin ei tutkimusjärvessä ole tavattu rapuja.

Tutkimusaineisto kerättiin pääosin vuosina 1980 - 1983 kirjoittajan toimiessa kesäisin tutkimusapulaisena RKTL:n Evon kalastuskoeasemalla ja kalanviljelylaitoksella.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1. Tutkimusalue

Tutkimusjärvi sijaitsee Hämeen läänissä Lammin kunnassa Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen alaisen Evon kalastuskoeaseman ja kalanviljelylaitoksen läheisyydessä toimien yhtenä kalastuskoeaseman 27 koejärvestä.

Haarajärven Valkjärvi on pinta-alaltaan 3.54 ha. Rantaviivaa on n. 1 km. Järvi sijaitsee tuulilta hyvin suojatussa painanteessa. Valuma-alue koostuu pääasiassa tuoreista kivikkokankaista. Järvessä ei alunperin ole ollut minkäänlaista tulo-ojaa mutta nykyisin järven pohjoispäähän tulee metsäoja. Poisto-oja lähtee niinikään järven pohjoispäästä laskien kohisevana purona 14 metriä alempana sijaitsevaan Haarajärveen.

Järveä voidaan luonnehtia oligohumoosiseksi. Näkösyvyys on n. 2.5 metriä. Kevättalvisiin näytteenottoihin perustuvat vedenlaatutiedot vuosilta 1976 - 1985 on esitetty taulukoissa 1 ja 2.

Järvi on ainakin osittain meromiktinen johtuen suojaisesta sijainnista ja järven kokoon nähden suuresta keskisyvyydestä (kuva 1). Keväällä veden lämpökerrostuneisuus muodostuu nopeasti ja harppauskerros vakiintuu 2.5 - 3.5 metrin syvyyteen. Näin tapahtui mm. vuosina 1980 - 1982 joka kevät. Alusvesi jäi vähähappiseksi ja kylmäksi, esim. kesällä 1981 pysyi veden lämpötila 4 metrin syvyydessä koko kesän alle 6 °C:ssa happipitoisuuden laskiessa alkukesän 4 mg/l:sta syyskuun 1.2 mg:an litrassa. Ilmeisesti syyskierto tapahtuu säännöllisesti ja täydellisemmin kuin kevätkierto, sillä maalís - huhtikuussa otetuissa näytteissä ei alusvesi ole ollut täysin hapetonta. Vuosien 1976 - 1985 kevätnäytteissä alusveden happikyllästeisyys vaihteli 0 - 50 %:n välillä.

Koska järven alusvesi on lähes ympäri vuoden vähähappisessa tilassa, on rapujen, kalojen ja monien muiden vesieläinten elinpiiri rajoittunut ylimpiin vesikerroksiin.

TAULUKKO 1. Pintaveden laatu metrin syvyydellä Haarajärven Valkjärvässä maalisk. - huhtikuussa otetuissa näytteissä vuosilta 1976 - 1985.

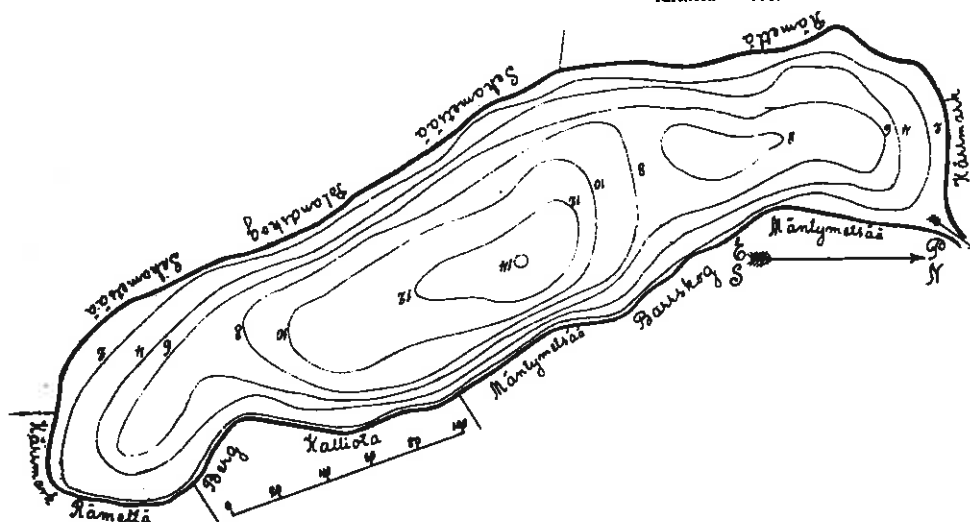
vuosi	1976	1977	1978	1979	1981	1983	1984	1985
lämpötila C	1.8	0.6	1.0	1.4	1.0	1.4	0.8	1.0
happikykyll. %	67	76	78	74	54	80	80	98
pH	6.0	5.9	5.8	6.0	5.3	6.6	6.3	5.9
väri mg Pt/l	40	60	70	50	50	60	50	60
johtokyky uS	28	25	18	20	20	17	19	23
KMnO ₄ mg/l	25	34	36	33	26	-	-	-
COD Mn mg/l	-	-	-	-	-	7.0	6.2	8.0
kok.kovuus dH	0.4	-	-	-	1.1	1.0	0.9	0.9
Ca- kovuus dH	.53	-	-	-	.40	-	-	-
Ca ²⁺ &Mg ²⁺ mmol/l	-	-	-	-	-	.18	.16	.16
Ca ²⁺ mmol/l	-	-	-	-	-	.05	.06	.05
Fe mg/l	.24	.15	.55	.52	.39	.40	.36	.51

TAULUKKO 2. Syvänteen veden laatu 10 - 11 metrin syvyydessä Haarajärven Valkjärvässä maalisk. - huhtikuussa otetuissa näytteissä vuosilta 1976 - 1985.

vuosi	1976	1977	1978	1979	1981	1983*	1984*	1985*
lämpötila C	3.8	3.0	4.0	3.3	3.7	2.2	3.5	4.0
happikykyll.%	0	8	5	23	9	50	42	40
pH	5.8	5.8	5.8	5.7	5.9	6.1	5.8	5.7
väri mg Pt/l	50	60	100	70	180	125	70	70
johtokyky uS	28	24	19	20	45	19	20	23
KMnO ₄ mg/l	31	32	38	35	45	-	-	-
COD Mn mg/l	-	-	-	-	-	8.5	7.7	8.2
kok.kovuus dH	.57	-	-	-	1.1	-	.73	.90
Ca- kovuus dH	.35	-	-	-	.40	-	-	-
Ca ²⁺ &Mg ²⁺ mmol/l	-	-	-	-	-	.18	.13	.16
Ca ²⁺ mmol/l	-	-	-	-	-	.05	.05	.04
Fe mg/l	.41	.32	1.7	.90	.39	1.6	.79	.59

* = näytteenottosyvyys 7 metriä.

Valtaosa järven pohjasta on pehmeää detritusliejua, ja vain jyrkimmin viettävillä rannoilla sekä aivan rantatörmän tuntumassa tavataan kovaa pohjaa. Pehmeä pohja on kauttaaltaan vesisammalen Fontinalis antipyretica (L.) peitossa rantaviivasta aina n. 2.5 - 3 metrin syvyydelle saakka. Vesisammalta lukuunottamatta vesimakrofyyttejä esiintyy vain pieninä kasvustoina. Lajeista mainittakoon yleisimpinä Nuphar lutea (L.), Nymphaea candida (L.), Nymphaea tetragona (Georgi), Lysimachia thyrsiflora (L.), Iris pseudacorus (L.), Sparganium simplex (L.) sekä useita Carex- lajeja.



Järveen istutettiin kolmena peräkkäisenä vuotena 1977 - 1979 yhteensä 1268 rapua. Ensimmäisen istutuserän ravut oli pyydetty Lopen Valkjärvestä ja kahden seuraavan istutuserän ravut olivat Lammin Kauhajärvestä. Ravut istutettiin tasavälein ympäri järven. Istukkaat olivat pääosin sukukypsiä ja niiden sukupuolijakauma oli lähes 1:1. Kaikki istutukset tehtiin syyskesällä (taulukko 3). Selkäkilpien keskipituudet määritettiin 100 ravun otoksista.

TAULUKKO 3. Rapuistutukset Haarajärven Valkjärveen

Istutus- aika	Istukkaiden lukumäärä	Selkäkilven keskipituus (mm) ja keskihajonta					
		Naaraat			Koiraat		
pvm.	yks.	yks.	k.p.	k.h.	yks.	k.p.	k.h.
29.7.1977	500	54	43	3.3	46	45	3.3
4.9.1978	527	61	41	6.6	39	44	6.0
10.8.1979	241	44	38	5.2	56	41	4.2

2.3. Koeravustukset

Vuonna 1978 ravustettiin 2 eri ajankohtana 100 merralla ja v. 1979 yhden kerran 200 merralla. Näiden ravustusten perusteella todettiin, että ainakin huomattava osa vuosien 1977 ja 1978 istukkaista oli selvinnyt hengissä. Keväällä 1980 aloitettiin laajamittaiset koeravustukset. Avovesikaudella 1980 pyydettiin 7 eri ajankohtana kaikkiaan 2269 mertayötä (kpl mertoja * kpl pyyntiöitä) ja 1981 avovesikaudella 9 eri ajankohtana yhteensä 2624 mertayötä. Lisäksi vuosina 1982 - 1985 ravustettiin 1 - 2 ajankohtana vuosittain.

Koeravustukset tehtiin 200 merralla, jotka laskettiin 5 metrin välein n. 2.5 metrin etäisyydelle rantaviivasta. Merrat syötettiin särjellä, laskettiin pyyntiin klo 17.00 alkaen ja koettiin seuraavana aamuna alkaen klo 8.00. Vastaavaa pyyntimenettelyä on käytetty lähes kaikissa RKTL:n koeravustuksissa viime vuosina. Käytetyllä mertamäärällä saatiin järven koko ranta-alue ravustettua samalla kerralla. Merrat oli kiinnitetty yhtenäiseen selkäsiimaan, jossa 5 metrin välein oli muovinen numerolappu. Näin saatiin merroille kiinteät sijaintipaikat ja voitiin seurata rapusaalista eri pyyntipisteissä sekä rapujen vaelluksia.

Merrat olivat rakenteeltaan sylinterimäisiä, 2-nieluisia ja kokoonpainuvia. Havaksen silmäkoko oli 7 mm, ja se pitää pyydyksessä yli 70 mm:n mittaiset ravut. RKTL:n koeravustuksissa on tätä ns. "Evomertaa" käytetty vuodesta 1978 lähtien. Merran rakenteen ovat kuvanneet yksityiskohtaisesti WESTMAN ym. (1979).

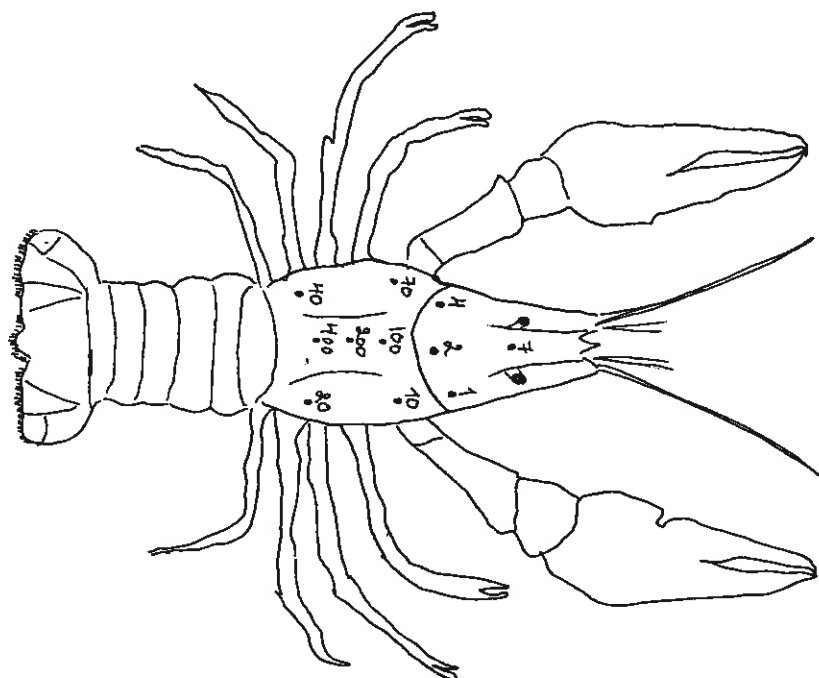
Vastaavan tyyppisiä mertoja ovat käyttäneet myös ruotsalaiset rapututkijat mm. ABRAHAMSSON (1971b) ja FÜRST (1974).

Milloin pyydettiin kahtena tai useampana peräkkäisenä yönä, sumputettiin edellisyön tai -öiden saalis pyyntijakson loppuun asti. Pyyntijakson lopussa ravut palautettiin pyyntipaikoilleen. Kesällä 1981 kuitenkin luovutettiin sumputusmenettelystä saaliin vähäisyyden vuoksi.

Mertapyyntien lisäksi koetettiin rapuja pyytää sukeltamalla kahtena eri ajankohtana kesällä 1980. Sukellukset tehtiin yöllä taskulampun valossa. Kesällä 1981 yritettiin pyytää alle 70 mm mittaisia rapuja rantakiviä kääntelemällä sekä sähkökalastuslaitteen avulla.

2.4. Rapujen merkitseminen

Kaikki istutetut ravut oli merkitty uropodileikkauksin niin, että ravun istutuserä oli nähtävissä pyrstöstä. Kesän 1979 pyynnissä saaliiksi saadut ravut merkittiin piirtämällä spriiliukoisella tussikynällä rasti keskelle selkakilpeä. Vuodesta 1980 lähtien käytettiin ABRAHAMSSONin (1965) kehittämää merkintämenetelmää, jossa kuvan 2 pistekoodin mukaisesti poltettiin akkukäyttöisellä 12 v:n juotoskolvilla pisteitä ravun selkakilpeen. Käytetty Weller TCP juotoskolvi oli varustettu termostaatilla ja no. 9 juotospäälä. Termostaatti pitää kolvin kärjen lämpötilana n. 470 °C, missä lämpötilassa se polttaa kevyellä painalluksella pisteen ravun kuoreen. Polttomerkinnän havaittiin olevan selvästi tunnistettava vielä 2 - 3 kuorenvaihdon jälkeen ja uropodileikkauksen 4 - 6 kuorenvaihdon jälkeen. Merkit vahvistettiin tarvittaessa.



KUVA 2. ABRAHAMSSONin (1965) pistekoodi rapujen yksilölliseen merkintään.

2.5. Poikastuotannon arviointi

Poikastuotantoa selvitetettiin rapuemoilla tehdyissä haudontakokeissa vuosina 1980 ja 1981, jolloin alkukesän pyynneissä saadut mätää kantavat naaraat otettiin talteen metalliverkkosumppuihin. Sumput sijoitettiin varjoisaan paikkaan ja pehmennykseksi ja ravinnoksi niihin laitettiin vesisammalta ja lehtikariketta, vuonna 1980 myös hieman kalaa.

Emoravut siirrettiin metalliverkkosumpuista yksilöllisiin haudontaputkiin v. 1980 noin viikkoa ja v. 1981 noin 2 viikkoa ennen mätimunien oletettua kuoriutumisaikaa. Mustasta viemäriputkesta tehdyn haudontaputken rakenne oli sellainen, että putki oli jaettu metalliverkolla kahteen yhtäsuureen osaan, joista toiseen sijoitettiin emo ja toisesta saatiin talteen emostaan irrottautuneet poikaset. Metalliverkko esti emoa syömästä poikasiansa. Irrottautuneet tai irronneet poikaset laskettiin 2 vrk:n välein ja istutettiin matalaan veteen. Kun kaikki poikaset olivat lähteneet emon pyrstön alta, vapautettiin myös emot.

Lisääntymiskykyisten naaraiden osuus kaikista saaliiksi saaduista naaraista määritettiin tarkastamalla loppukesän pyynneissä limarauhasen kehittyneisyys pyrstöjaokkeiden alapinnalta. Mikäli limarauhaset eivät vielä olleet näkyvissä, tarkistettiin näkykö mäti kellertävän- tai ruskehtavanpunaisena rypäleenä selkäkilven alla. Myös alkukesän pyynneissä määritettiin mätää kantavien tai kantaneiden naaraiden osuus pyydetyistä naaraista.

2.6. Tietojen kirjaaminen ja taustatietojen keruu

Kaikista pyydetyistä ravuista mitattiin selkäkilven pituus 1 mm tarkkuudella. Lisäksi kirjattiin ravun sukupuoli, yksilöllinen numero, istutuserä, pyyntimerran numero, limarauhasen esiintyminen sekä kuoren kovuus ja maininta jos rapu oli hiljakkoin vaihtanut kuorta. Myös erilaiset vioitukset, kuten saksien puuttuminen, reiät panssarissa, sekä katkenneet jalat ja tuntosarvet kirjattiin.

Pintaveden ja ilman lämpötilat sekä luonnehdinta sääoloista kirjattiin kaikkien pyyntien yhteydessä. Ennen vuotta 1981 vedenlaatutietojen keruu oli satunnaista kevättalvisia vesinäytteenottoja lukuun ottamatta. Kesällä 1981 kaikilla pyyntikerroilla mitattiin syvänteiden kohdalta pH, johtokyky sekä vesipatsaan lämpötila ja happipitoisuus metrin välein. Myös veden korkeus tarkistettiin keväällä 1981 asennetusta mittapaalusta.

Rapuihin kohdistuvaa predaatiota pyrittiin arvioimaan koekalastusten kalalajikoostumuksen perusteella, sekä tutkimalla löytyisikö järven rannoilta merkkejä salaravustuksesta tai eläinten syömien rapujen jätteitä. Kesällä 1980 kerättiin 11.6. - 25.7. katiskoista saaliiksi saaduista ahvenista suurimmat ja tutkittiin olivatko ne syöneet ravun poikasia. Kaikkiaan analysoitiin 187 ahvenen vatsalaukku ja suolisto.

Kesäkuussa 1981 tehtiin järven rantakartoitus, jossa selvitettiin 5 metrin välein (mertojen kohdilla) tehdyin mittauksin pohjan kovuus rantaviivan läheisyydessä, 2.5 m etäisyydellä ja 5 m etäisyydellä rannasta. Myös veden syvyys mitattiin 2.5 ja 5 metrin etäisyyksillä rantaviivasta. Lisäksi arvioitiin kultakin (yht. 200:lta) 25 neliömetrin alalta pohjan laatu peittävyysprosentteina ilmaistuna, sekä pohjan varjoisuus.

2.7. Populaation koon ja rapujen eloonjäämisosuuden arviointi

2.7.1. Menetelmien valinta

Populaation koon luotettava arvioiminen on osoittautunut keskeiseksi vaikeudeksi rapujen tuotantobiologisissa tutkimuksissa (ABRAHAMSSON 1971c, BROWN ja BREWIS 1979). Tässä tutkielmassa on tarkasteltu kannanarviointiin liittyviä ongelmia kirjallisuustietojen avulla, sekä etsitty sellaisia menetelmiä, joiden asettamat ehdot olisivat mahdollisimman vähäisessä ristiriidassa rapujen käyttäytymisen kanssa.

Kuten edellä on selostettu, näytteenotto tehtiin mertapyyntinä. Kannanarvioinnissa käytettiin merkintä-takaisinpyyntimenetelmää. Tämä menetelmä valittiin koska tutkimusjärven olosuhteissa muut menetelmät eivät tuntuneet realistisilta. Järven pohjaa peitti niin paksu vesisammalkerros, että näytealamenetelmien käyttö olisi ollut erittäin vaikeaa. Ravut liikkuvat vesisammalen alla ja sen sisässä, joten niiden havaitseminen oli lähes mahdotonta. Sähköravustusta ja sukelluspyyntiä yö- ja päiväaikaan kokeiltiin, mutta kummatkin menetelmät osoittautuivat tuloksettomiksi.

2.7.2. Merkintä-takaisinpyynti menetelmien asettamat ehdot ja niiden toteutuminen rapukantojen arvioinnissa.

Merkintä-takaisinpyynti menetelmille ovat yhteisiä seuraavat ehdot (CORMACK 1968, BEGON 1979):

1. Merkit eivät saa hävitä pyyntien välisinä ajanjaksoina. Merkit on myös kyettävä tulkitsemaan luotettavasti.
2. Pyyntimenetelmä ei valikoi yksilöitä esim. iän, sukupuolen, koon, tai fysiologisen tilan mukaan.
3. Merkityt yksilöt sekoittuvat täydellisesti populaatioon.
4. Pyydyttäminen, käsittely, tai merkintä ei saa vaikuttaa yksilön todennäköisyyteen tulla pyydettyksi, eli:
 - merkintämenettely ei saa vaikuttaa kuolevuuteen eikä emigraatioon.
 - merkintämenettely ei saa aiheuttaa opittua pyydyksen välttämistä tai pyydyshakuisuutta.
 - merkintämenettely ei saa vaikuttaa merkittyjen eläinten aktiivisuuteen siten, että se takaisinpyyntihetkellä poikkeaisi muun populaation aktiivisuudesta.
5. Pyynti-/näytteenottojaksot ovat lyhyitä verrattuna niiden välisiin ajanjaksoihin.
6. Merkitty yksilö ei saa poistua populaatiosta jonkin pyynnin ajaksi ja palata takaisin jonkin myöhemmän pyynnin ajankohdaksi pyydettyväksi.

Ensimmäinen ehto merkkien pysyvyydestä on toteutettavissa luotettavasti ABRAHAMSSONin (1965) menetelmää käyttäen. Myös käytettyä uropodimerkintää voidaan pitää erittäin luotettavana sekä merkinnän pysyvyyden, että tulkittavuuden osalta.

Pyynnin satunnaisuusoletus toteutuu vain harvoin mertapyynnissä. Jotta jokaisella ravulla olisi yhtäläiset mahdollisuudet tulla pyydetyksi, tulisi mertojen sijaita niin tiheävälisesti, että jokainen rapu on jonkin merran houkutusalueella. ABRAHAMSSON (1969) totesi merran pyytävän rapuja (Astacus astacus) n. 13 neliömetrin alalta.

On eduksi, jos pyydykset sijaitsevat niin lähekkäin, että niiden houkutusalueet leikkaavat toisiaan (gear competition). Tällainen kompetatiivinen pyynti vähentää rapujen "sisäisen pyydystettävyyden" (inherent catchability, vulnerability) vaikutusta pyyntitulokseen, sillä mitä lähempänä toisiaan merrat sijaitsevat jollakin alueella, sitä vähemmän on rapujen välistä kilpailua mertaan pääsystä. Jos mertoja on harvakseltaan, vähentävät suuret ja agressiiviset ravut pienempien tai vähemmän aktiivisten yksilöiden osuutta saaliissa. Kompetatiivisella pyynnillä saadaan populaation koon estimaateille pienemmät varianssit kuin nonkompetatiivisella pyynnillä, sillä pyydetään suurempia fraktioita pyyntialueen populaatiosta.

Nonkompetatiivisessa pyynnissä pyydysten paikat tulisi valita satunnaisesti, jotta kaikilla ravuilla olisi samat mahdollisuudet tulla pyydystetyiksi. Edellä mainituista käyttäytymistekijöistä johtuen pyynti ei tällöinkään ole satunnaista, vaan valikoi rapuja niiden "sisäisen pyydystettävyyden" mukaan.

Nonkompetatiivisessa pyynnissä voidaan verrata saalis/merta - arvoja keskenään, koska jokaisen merran pyytämä saaliis on riippumaton muiden samanaikaisesti pyytävien mertojen lukumäärästä.

Tässä tutkimuksessa sijoitettiin merrat vakiopaikoille 5 metrin välein ympäri järven. Samanlaista menettelyä on käytetty useim

missa RKTL:n koeravustuksissa (esim. WESTMAN ja PURSIAINEN 1979, PURSIAINEN 1980). Kannanarvioinnin osalta olisi selvästi kompetatiivinen ja satunnainen pyydysasettelu ollut edullisempi. Kiinteät sijaintipaikat valittiin, koska haluttiin säilyttää vertailtavuus RKTL:n muihin koeravustuksiin, ja koska se oli käytännöllistä rapujen elinpaikkojen selvittämisessä. Toisaalta voitiin päätellä, ettei pyynnin kompetatiivisuutta tullut vaatia, koska rapukanta oli harva, eikä voimakasta kilpailua mertaan pääsystä tulisi esiintymään.

Kolmannessa ehdossa edellytetään rapujen sekoittuvan täydellisesti populaatioon. WESTMAN ja PURSIAINEN (1979) ovat käyttäneet pyyntivälin pituutena kahta viikkoa, missä ajassa on edellisen pyynnin vaikutus ja merkittujen täydellinen sekoittuminen populaatioon oletettu tapahtuneeksi. ABRAHAMSSONin (1971a) ja MALMQVISTin (1976) tulokset rapujen liikkumisaktiivisuudesta tukevat tätä käsitystä.

Ehdon no. 2 lisäksi ehto no. 4 on osoittautunut ongelmalliseksi. BROWN ja BREWIS (1979) havaitsivat Austropotamobius pallipes -rapukoiraiden olevan mertahakuisia (traphappy) ja naaraiden vaikeammin pyydettäviä (trapshy). Oppiminen näytti voimistavan koiraiden mertahakuisuutta. Myös Cherax tenuimanus -ravulla on todettu opittua mertahakuisuutta (MORRISSY 1975). Koiraiden parempi pyydystettävyyden ja opittu mertahakuisuus aiheuttavat sen, että merkityillä yksilöillä on suurempi todennäköisyys tulla pyydetyiksi kuin merkitsemättömillä. Tämän johdosta aliarvioidaan populaation koko. WESTMAN ym. (1979) arvelevat myös jokiravulla (Astacus astacus) tilanteen olevan juuri tällainen, etenkin jos aineisto on hankittu mertapyynnillä.

Merkintämenettelyn ei ole todettu aiheuttaneen kuolleisuutta ravulla. Tosin kirjallisuudesta ei löytynyt tietoja oliko merkinnän vaikutusta kuolleisuuteen tutkittu. Asia päätettiin testata Haarajärven Valkjärven merkintä-takaisinpyyntiaineistosta nelikenttätestien avulla.

Vaikuttaako pyydetyksi tuleminen yhtenä yönä pyydystettävyyteen

seuraavina öinä, ja jos vaikuttaa, kuinka pitkään tämä vaikutus kestää? Tämän sekä eräiden muiden kysymysten selvittämiseksi järjestettiin Evon kalanviljelylaitoksella lammikkokoe, joka selostetaan yksityiskohtaisesti kappaleessa 2.8.

Kuudennen ehdon toteutuminen on vaarassa, kun rapujen pyydystettävyydessä esiintyy voimakkaita vaihteluja, esim. kuorenvaihtojen yhteydessä. Ennen kuorenvaihtoa ja jonkin aikaa sen jälkeen kuoren kovetuttua rapujen aktiivisuus on selvästi kohonnut ja ne ovat helposti pyydystettäviä (esim. ABRAHAMSSON 1971a). Kuoren vaihtojen aikaan pyydystettävyys on nollatasoa.

2.7.3. Otosvirheen välttäminen

BROWN ja BREWIS (1979) tutkivat Austropotamobius pallipes -lajilla mertapyyynnin ja käsinkeruun soveltuvuutta populaation koon arviointiin. Aineiston tarkan analysoinnin perusteella voitiin todeta, että käsin kerätyssä aineistossa useimmat merkintä- takaisinpyynti-mallien asettamat ehdot täyttyivät, mutta mertapyyntiaineisto ei ehtoja täyttänyt. He suosittelivat mertapyyntiä käytettäväksi joko vain merkintäpyyntiin tai vain takaisinpyyntiin, mutta ei molempiin.

Mertapyyynnin aiheuttaman otosvinouman välttämiseksi ja poistamiseksi on käytetty useita erilaisia menetelmiä, mm. ABRAHAMSSON ja GOLDMAN (1970) käyttivät mertapyyynnin yksikkösaalista raputiheyden indeksinä. Tämä voidaan sopivan kertoimen avulla muuttaa todelliseksi raputiheydeksi. Tämä kerroin voidaan määrittää samanaikaisen sähköravustuksen, käsinkeruun tai muun luotettavan näytealamenetelmän avulla.

ABRAHAMSSON (1971a) arvioi koiraiden ja naaraiden osapopulaatiot erikseen. Inaktiivisten naaraiden määrä arvioitiin menetelmällä, jossa määritettiin naaraiden ja koiraiden prosentuaaliset saalisosuudet syyskuussa, jolloin eri sukupuolet olivat yhtä hyvin pyydystettävissä. Näitä syyskuun saalisosuuksia käytettiin popu-

laation koon arviointiin silloin kun osa naaraista oli inaktiivisia. Tällöin molempien sukupuolien yhteenlaskettu määrä saaliissa, mikäli myös naaraat olisivat olleet aktiivisia, saatiin kaavasta:

$$\frac{\text{saaliiksi saatujen koiraiden määrä} \cdot 100}{\text{koiraiden \% osuus syyskuussa}} = \text{koiraiden ja naaraiden yhteenlaskettu saalis, mikäli myös kaikki naaraat olisivat olleet aktiivisia}$$

Vähentämällä saadusta yhteislukumäärästä koiraiden lukumäärä saadaan hypoteettinen vinoutumaton arvio naaraiden lukumäärästä saaliissa, mikäli ne kaikki olisivat olleet aktiivisia.

WESTMANin ja PURSIAISEN (1980) mukaan mertapyynnillä saadaan melko luotettavia kannan arvioita mikäli käytetään merta, josta ravut eivät pääse karkaamaan, sukupuolet ja kokoluokat käsitellään erillisinä, pyyntitekniikka standardoidaan ja käytetään riittävän suuria pyyntiponnistuksia sellaisina ajankohtina, jolloin rapujen aktiivisuus on suurimmillaan.

PURSIANEN (1980) kokeili menetelmää, jossa näytekoon suurentamiseksi ja edustavuuden parantamiseksi pyydettiin useana peräkkäisenä yönä sumputtaen saaliiksi saadut ravut. Kaikki sumputetut ravut vapautettiin samalla kertaa ja ne jaettiin satunnaisesti ympäri järven. Koska sumpuissa olevat ravut eivät olleet kilpailemassa muiden rapujen kanssa mertaan pääsystä saatiin tavanomaista suurempi osa populaatiosta pyydettyksi.

Myös tässä tutkimuksessa käytettiin sumputusmenetelmää. Sukupuolet ja kokoluokat käsiteltiin erillisinä aina milloin se oli mahdollista. Luvussa 2.8. selostetulla lammikkokokeella tutkittiin ravun koon ja sukupuolen vaikutusta pyydystettävyyteen.

2.7.4. Eloojäämisosuuden arviointi

Eloojäämisosuuden ja populaation koon arviointi kytkeytyvät

kiinteästi toisiinsa, joten edellä käsitelty pyyntitekniikkaa ja otosvirheen välttämistä koskevat näkökohdat on huomioitava myös arvioitaessa rapujen eloonjäämisosuutta.

Uropodimerkintöjen avulla voitiin eloonjäämisosuutta arvioida menetelmillä, jotka perustuvat merkityn ryhmän saaliin vähenemään suhteessa pyyntiponnistuksiin tai muun populaation saaliiseen. JONES (1976) esittelee useita tällaisia metodeja, kuten: HEINCKEN (1913), JACKSONin (1939), BEVERTONin ja HOLTin (1956), ROBSONin ja CHAPMANin (1961), PAULIKin (1963) ja GULLANDin (1969) menetelmät. Analysoitaessa saalista havaittiin, että näitä laskentamenetelmiä ei voitu käyttää, koska rapujen pyydystettävyyden vaihtelu oli suuresti eri pyyntiajankohtina ja saalis oli usein liian niukka.

Eloojäämisosuuden arvioinnissa päädyttiin soveltamaan menetelmiä, joissa näytteet käsitellään yhdistettyinä, ja siksi näytteenottovirheet osin kumoutuvat. Kahden ensimmäisen istutusryhmän eloonjääntiä arvioitiin PAULIKin ja ROBSONin (1969) menetelmällä. Menetelmän soveltamista kuitenkin haittasi se, että jouduttiin vertaamaan keskikooltaan toisistaan poikkeavia ryhmiä keskenään. Koska eri kokoisten rapujen pyydystettävyydet poikkeavat toisistaan, oli pyydystettävyyserot kompensoitava. Tämä tehtiin kokeellisesti määritettyjen pyydystettävyyssarjojen avulla. Pyydystettävyyden määrittäminen on selostettu luvussa 2.8.

Syksystä 1979 kevääseen 1980 saatiin eloonjäämisosuuden estimaatit yhdistämällä PAULIKin ja ROBSONin menetelmällä saatuja arvioita populaation koon arvioihin, jotka saatiin PETERSENin (1896) menetelmällä vuosien 1979 ja 1980 merkintä-takaisinpyyntiaineistosta.

Keväästä 1980 lähtien eloonjäämisosuutta arvioitiin 2 eri menetelmällä, yksikkösaaliiden vähenemään perustuvalla menetelmällä ja FISHERin ja FORDin (1947) menetelmällä. Ensin mainitussa menetelmässä kunkin istutuserän rapujen muodostamat saaliit ja niiden pyytämiseen vaaditut pyyntiponnistukset summattiin erikseen pyyntikausille 1980 ja 1981. Ravut laskettiin vuosisaaliiseen vain kerran, vaikka ne olisivat tulleet pyydytyksi useita kertoja.

Yksikkösaaliiden suhdetta käytettiin eloonjäämisosuuden estimaattina. Vuosina 1980 ja 1981 oli pyydetty suunnilleen samoina ajankohtina ja samalla intensiteetillä, joten yksikkösaaliit sopivat hyvin vertailtaviksi keskenään.

Loppukesästä 1980 lähtien saaliit olivat niukkoja, eikä kaikkien merkintäryhmien osalta saatu riittäviä yksilömääriä eloonjäämisosuuden tai ryhmän koon luotettavaan määrittämiseen. BEGONin (1979) mukaan niukan merkintä-takaisinpyyntiaineiston käsittelyssä FISHERin ja FORDin (1947) menetelmä on luotettavin, mikäli eloonjäämisosuutta voidaan pitää kutakuinkin vakiona. Tällä menetelmällä näytti mahdolliselta saada ainakin suuntaa antavia arvioita, joten sitä käytettiin sekä eloonjäämisosuuden, että populaation koon määrittämiseen. Eloonjäämisosuuden vakioisuus testattiin pyyntiaineistosta X^2 -testin avulla.

Eräiden merkintäryhmien osalta jouduttiin yhdistämään ajallisesti lähekkäisten pyyntien saaliit, jotta saataisiin riittävä pyyntitulos. Pyyntidatan yhdistelyssä pyrittiin siihen, että kussakin pyynnissä tulisi saada vähintään 5 aiemmin annettua merkkiä. Yhdistettyjen pyyntien oli kuitenkin täytynyt tapahtua ajallisesti niin lähekkäin, ettei niiden välisenä aikana ollut voinut tapahtua huomattavaa kuolleisuutta. Laskennallisena pyyntipäivänä käytettiin yhdistettyjen pyyntien välisen ajanjakson keskimmäistä päivää.

2.7.5. Populaation koon arviointi

Populaation kokoarviot vuosille 1977 - 1979 tehtiin PAULIKin ja ROBSONin (1969) menetelmällä saatujen eloonjäämisosuuden arvioiden avulla. Syksyn 1979 ja kevään 1980 kokoarviot eri istutusryhmille määritettiin PETERSENin (1896) menetelmällä. Toukokuusta 1980 lähtien ryhmien kokoarviot tehtiin FISHERin ja FORDin (1947) menetelmällä sekä yksikkösaaliin vähenemän perusteella. Syyt menetelmien valintaan selostettiin eloonjäämisosuuden arvioinnin yhteydessä (luku 2.7.4.).

Saatujen estimaattien oikeellisuuden arviointiin käytettiin BEGONin (1979) s. 49 - 51 esittämiä taulukoita, jotka perustuvat ROBSONin ja REGIERin (1964) ja ROFFin (1973) tekemiin simulaatiotöihin. Taulukoista saatiin virhetasot, joiden välissä todellinen populaation koko on 95 %:n todennäköisyydellä (ideaalipopulaatiossa). Kesquivirhe Petersen-estimaateille laskettiin BAILEYn (1951) esittämällä kaavalla. Niinikään ryhmien kokoarvioiden oikeellisuuden kontrolloimiseksi laskettiin saaliskirjanpidosta ryhmien vähimmäiskoot toukokuussa 1980 ja 1981 sekä elokuussa 1980.

2.8. Rapujen pyydystettävyyden arviointi

Pyydystettävyyteen liittyvien kysymysten selvittämiseksi tehtiin Evon kalanviljelylaitoksen emorapulammikoissa 10.8. - 11.9.1981 pyydystettävyysskoe. Noin 100 neliömetrin suuruiseen emorapulammikkoon sijoitettiin 100 koirasrapua ja 200 naarasrapua, jotka merkittiin yksilöllisesti ABRAHAMSSONin (1965) menetelmällä. Koiraiden pituus selkäkilven pituutena ilmaistuna vaihteli 47 - 63 mm välillä ja naaraiden pituus välillä 41 - 55 mm. Koiraat, sekä 100 naarasta, jotka eivät olleet lisääntyneet vuonna 1981, merkittiin 21.7. - 23.7.1981. Loput naaraat olivat samana kesänä lisääntyneitä ja ne merkittiin 3.8. eli heti kun niiden kuori oli kovettunut kuorenvaihdon jälkeen. Kaikki ravut siirrettiin emorapulammikkoon välittömästi merkinnän jälkeen.

Rapuja ruokittiin särjen paloilla 12.8. asti, minkä jälkeen ne eivät saaneet kokeen kestäessä lisäravintoa. Rapuja pyydettiin viidellä vakiopaikalla sijaitsevalla "Evo-merralla" jokaisena arkiyönä koko koejakson ajan. Merrat laskettiin pyyntiin särjellä syötitettyinä iltapäivisin klo 15.30 ja koettiin aamulla klo 7.30. Saaliit kirjattiin mertakohtaisesti. Saalistietojen lisäksi kirjattiin ympäristötekijöistä veden lämpötila, pilvisuus-%, sademäärä, sekä tuulen suunta ja voimakkuus.

Kummallekin sukupuolelle erikseen määritettiin pyydystettävyyden suhde selkäkilven pituuteen: Ravut jaettiin luokkiin selkäkilven

pituuden mukaan. Luokkaväliksi valittiin 3 mm, jota pienempi luokkaväli ei antanut riittävästi yksilöitä kuhunkin luokkaan. Tietyn mittaisten rapujen osuutta lammikossa verrattiin vastaavan mittaisten rapujen osuuteen saaliissa. Näin saatiin kullekin pituusluokalle pyydystettävyyttä kuvaava 0 ja 1 välillä oleva tunnusluku. Näille tunnusluvuille laskettiin regressioyhtälö selkäkilven pituuden suhteen.

Koska koe suoritettiin sellaisena ajankohtana vuodesta, jolloin sekä naaraiden että koiraiden aktiivisuus on suurimmillaan, ja koska rapuja ei ruokittu kokeen kestäessä (voimakas ravintokilpailu), voidaan saadun regressioyhtälönkatsoa kuvaavan ravun koosta riippuvaa aggressiivisuuteen perustuvaa hierarkiaa ja sen aikaansaamaa pyydystettävyyseroa puhtaimmillaan ja voimakkaimmillaan.

Ravun koosta ja sukupuolesta aiheutuvien pyydystettävyyserojen lisäksi tutkittiin sitä, mikä vaikutus ravun pyydystämisellä on sen pyydystettävyyteen seuraavina pyyntiöinä. Kun rapu saatiin pyydetyksi, tutkittiin oliko kyseinen yksilö pyydetty aiemmin ja kuinka pitkä aika edellisestä pyynnistä oli kulunut. Koejakson lopussa laskettiin montako tapausta havaittiin, joissa yksilö oli saatu pyydetyksi uudelleen n vuorokauden kuluttua edellisestä pyynnistä. Näiden tapausten lukumääriä verrattiin siihen montako teoreettista mahdollisuutta kullakin yksilöllä oli ollut tulla pyydetyksi n vuorokauden kuluttua. Esim. 4 vuorokauden kuluttua edellisestä pyynnistä oli mahdollista tulla pyydetyksi vain 4 kertaa (perjantaina ja seuraavana tiistaina), koska viikonloppuisin ei pyydetty. Parhaat mahdollisuudet tulla uudelleen pyydetyksi n vuorokauden kuluttua olivat kun n oli 7, sillä 7 vuorokauden kuluttua ensimmäisestä pyyntipäivästä oli aina pyyntipäivä. Kun edellisestä pyynnistä oli kulunut yli 15 vuorokautta oli pyydystettävyysselvästi alentunut ja n arvoille 16 - 31 tiedot yhdistettiin taulukossa 7. Mahdollisten ja toteutuneiden pyyntitapausten suhteesta laskettiin pyydystettävyyssindeksi kuvaamaan rapujen pyydystettävyyttä ajan funktiona kunkin ravun edellisestä pyyntikerrasta.

ABRAHAMSSONin (1965) menetelmällä tehdyn merkinnän vaikutusta pyydystettävyyteen analysoitiin seuraavalla menetelmällä: Kaikista ravuista, jotka merkittiin Haarakjärven Valkjärvellä vuonna 1980 (350 kpl) ja lammikkokokeen yhteydessä v. 1981 (300 kpl) lueteloitiin yksilöt, joita ei merkinnän jälkeen saatu enää pyydetyksi. Vertaamalla kaikkien annettujen merkintäpisteiden lukumääriä eri merkintäpisteiden esiintymistaajuuteen pyytämättä jääneiden rapujen osapopulaatiossa tutkittiin, oliko joku tai jotkut merkintäpisteet aiheuttaneet heikon pyydystettävyyden. Vastaavalla tavalla tutkittiin eri merkintäpisteiden esiintymistaajuutta vähintään kahdesti pyydetyksi tulleilla ravuilla.

3. TULOKSET

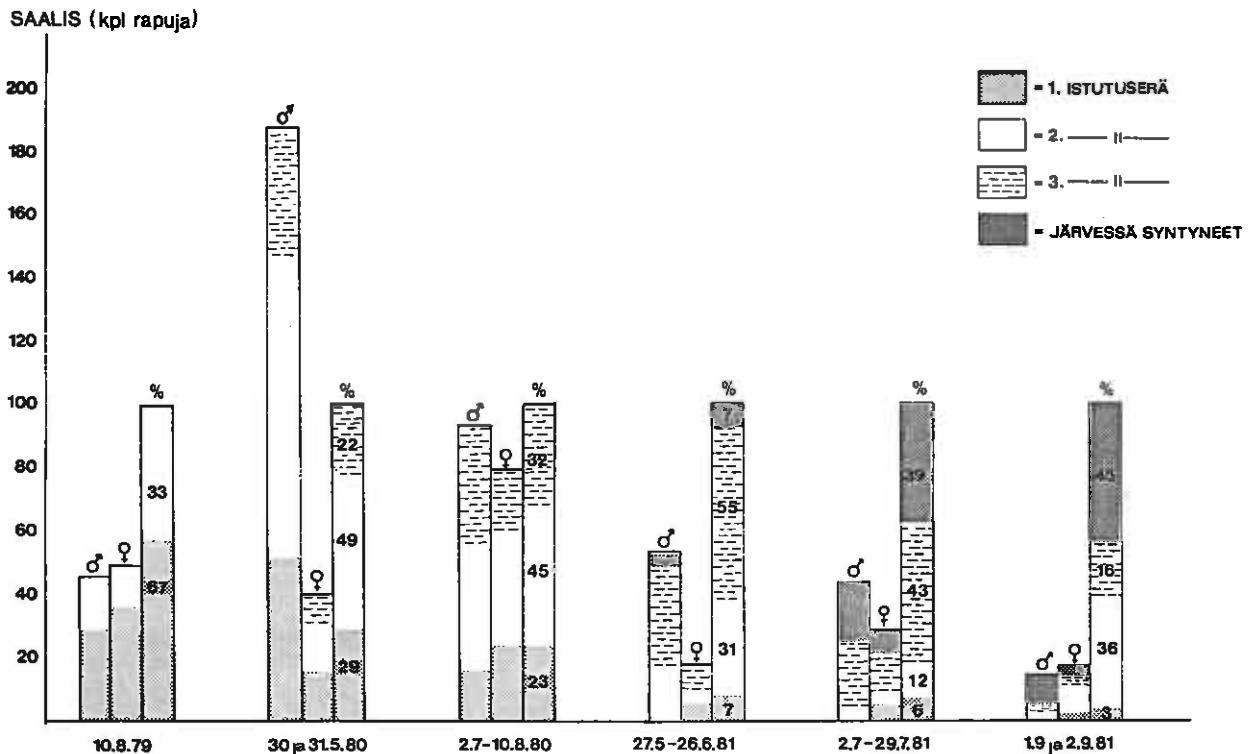
3.1. Rapusaaliit ja saaliin rakenne

Saalis oli suurimmillaan syksyllä 1979 ja keväällä 1980 sekä selvästi alentunut edellisvuosiin verrattuna vuonna 1981 (taulukko 4).

TAULUKKO 4. Rapujen pyyntipäivämäärät ja saaliit

Pyynti- päivä	Mertoja	Saalis	Keskipituus (mm) ja keskihajonta		Naaraiden osuus
	kpl	yks.	k.-pit.	k.h.	%
13.7.1978	100	2	47.5	-	50
17.7.1978	100	17	52.8	3.2	35
10.8.1979	200	96	54.0	5.4	51
30.5.1980	200	136	52.0	6.8	15
31.5.1980	200	92	50.8	6.2	22
18.6.1980	194	67	55.2	6.7	9
19.6.1980	194	36	53.1	5.1	19
2.7.1980	200	8	49.0	5.0	38
10.7.1980	200	51	53.6	7.0	31
11.7.1980	200	57	52.2		47
24.7.1980	194	20	50.5	5.0	40
25.7.1980	194	20	49.5	6.3	75
10.8.1980	193	16	50.3	3.6	63
1.10.1980	150	7	46.4	7.1	43
2.10.1980	150	4	48.3	4.5	75
27.5.1981	195	13	50.4	4.0	0
9.6.1981	175	13	50.3	4.3	8
16.6.1981	200	12	50.8	3.7	33
17.6.1981	200	6	49.2	3.4	50
23.6.1981	200	11	50.1	5.2	55
24.6.1981	200	5	50.4	4.8	20
25.6.1981	200	7	46.7	7.3	0
26.6.1981	29	2	47.0	-	0
2.7.1981	200	6	47.6	6.3	33
7.7.1981	200	9	45.3	5.2	22
9.7.1981	100	4	42.5	9.5	50
16.7.1981	200	18	48.5	8.0	28
17.7.1981	100	9	49.1	6.3	11
29.7.1981	125	26	47.6	7.2	58
1.9.1981	100	14	46.1	5.1	36
2.9.1981	200	18	51.9	6.6	67
3.6.1982	170	27	47.0	7.6	30
4.6.1982	91	12	46.2	6.4	33
28.5.1983	200	22	48.6	5.6	29
1.10.1984	50	-	-	-	-
26.7.1985	100	-	-	-	-

Rapujen keskikoko saaliissa kasvoi kesäkuulle 1980 saakka. Tällöin 1. istutuserän koiraat olivat kasvaneet n. 12 - 14 cm mittaisiksi. Kesän lopulla valtaosan näistä suurista koiraista on täytynyt kuolla melko samanaikaisesti, esim. kuorenvaihdon yhteydessä, sillä vielä 10.7. ja 11.7. ne muodostivat 14 % koko naissaaliista mutta ainuttakaan niistä ei tavattu enää 11.7. jälkeisissä pyynneissä. Viimeiset 1. istutuserän naaraat pyydettiin syksyllä 1981. Myös kahden myöhemmän istutuserän viimeiset koiraat saatiin kolmantena ja viimeiset naaraat neljäntenä kesänä istutuksen jälkeen. Eri istutuseristä peräisin olevien rapujen esiintyminen saaliissa on esitetty kuvassa 3.



KUVA 3. Eri istutusten tuottama rapusaalis ja prosentuaalinen osuus saaliista 10.8.1979 - 2.9.1981.

Naaraiden osuus saaliista vaihteli kesän 1980 pyynneissä välillä 13 - 57 % ja kesän 1981 pyynneissä välillä 0 - 58 %. Naaraiden osuus kokonaissaaliista oli pienimmillään toukokuun alusta heinäkuun alkuun ja suurimmillaan (yli 50 %) heinäkuun lopulta myöhään syksyyn.

Kesällä 1981 saatiin varmuus onnistuneesta lisääntymisestä ensimmäisen järvestä syntyneen vuosiluokan tultua pyyntikokoiseksi. Vuosien 1981 - 1985 koeravustukset osoittivat kuitenkin syntyneen rapukannan lyhytikäiseksi.

3.2. Kasvu ja kuorenvaihto

Pituuskasvu kuorenvaihtoa kohden saatiin mitatuksi kesällä 1980 72:lta ja kesällä 1981 27:ltä istutetulta ravulta. Selkäkilven pituus kasvoi 90 %:lla naaraista 2 - 4 mm valta-arvon ollessa 4 mm ja keskiarvon 3.05 mm. Koiraista n. 80 %:lla selkäkilven kasvu oli 4 - 6 mm. Valta-arvo oli 5 mm ja keskiarvo 4.8 mm. Kasvussa ei ollut huomattavia eroja eri istutusryhmien kesken (kuva 4). Koirilla kasvu vaihteli suuresti. Paras kasvu kuorenvaihtoa kohden oli 11 mm. Yksi rapu oli lyhentynyt kuorenvaihdossa selkäkilven pituutena mitattuna 2 mm ja 3 rapua oli lyhentunut 1 mm. Lisäksi 3 rapua ei ollut kasvanut kuorenvaihdosta huolimatta.

Rapujen pituuskasvua vuosina 1977 - 1979 arvioitiin pyydettyjen rapujen keskipituuksien avulla (taulukko 5). Saaliissa havaittujen keskipituuden muutosten perusteella on oletettavaa, että ravut vaihtoivat kuortaan heti istutussyksynä ja sen jälkeen aina kerran kasvukaudessa. Kasvu oli kuorenvaihtoa kohden suunnilleen sama kuin vuosina 1980 ja 1981. Istutussyksynä tapahtuneen "ylimääräisen" kuorenvaihdon ansiosta istukkaiden pituuskasvu oli kuitenkin nopeampaa vuosina 1977 - 1979 kuin vuosina 1980 ja 1981.

TAULUKKO 5. Rapujen selkakilpien keskipituudet millimetreinä (l) mitattujen yksilöiden lukumäärä (n), keskipituuden muutokset edellisestä mittausajankohdasta (l), sekä oletetut kuorenvaihtojen lukumäärät (okv) Haarakjärven Valkjärven mertapyyntisaaliissa viitenä eri mittausajankohtana vuosina 1977 - 1979.

Mittaus- ajankohta	1.istutuserä		2.istutuserä	
	naaraat	koiraat	naaraat	koiraat
27.7.1977	l = 43.0 n = 54	l = 45.0 n = 46		
17.7.1978	l = 51.2 n = 6 l = 8.2 okv = 2	l = 53.6 n = 11 l = 8.6 okv = 2		
4.9.1978			l = 41.0 n = 61	l = 42.0 n = 39
10.8.1979 - 19.6.1980		l = 59.6 n = 119 l = 6.0 okv = 1		l = 51.9 n = 154 l = 9.9 okv = 2
10.8.1979 - 25.7.1980	l = 52.6 n = 80 l = 1.4 okv = 1		l = 46.8 n = 64 l = 5.8 okv = 2	

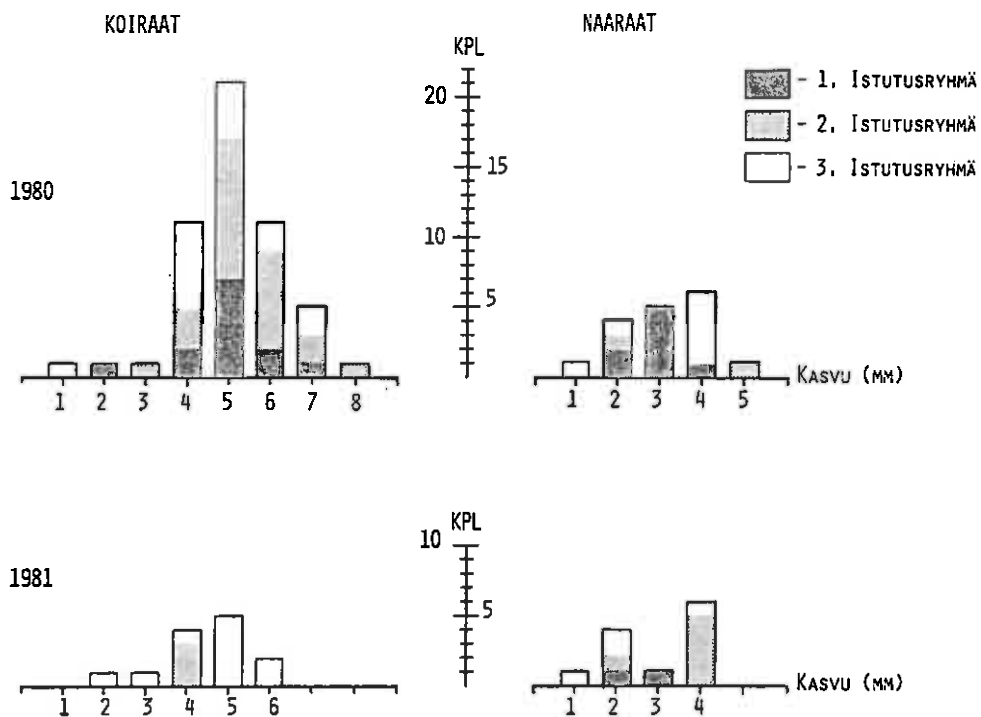
Kesällä 1980 kuorenvaihto tapahtui koiraille ja marroilla naarailla 19.6. - 10.7. Poikasia kantavat naaraat vaihtoivat kuortaan 25.7. - 10.8. Vuonna 1981 kuorenvaihdot ajoittuivat noin viikkoa myöhem-
miksi kuin 1980, ilmeisesti johtuen alkukesän 1981 viileästä säästä.

Pääsääntöisesti ravut siis vaihtoivat kuortaan vain kerran. Kuitenkin kolmen pyyntikokoisen koiraan havaittiin vaihtaneen kuorensa kahdesti kasvukaudella 1980. Vuonna 1978 syntyneiden n. 8-9 cm mittaisten rapujen havaittiin niinikään vaihtaneen kuortaan kahdesti (kesällä 1981).

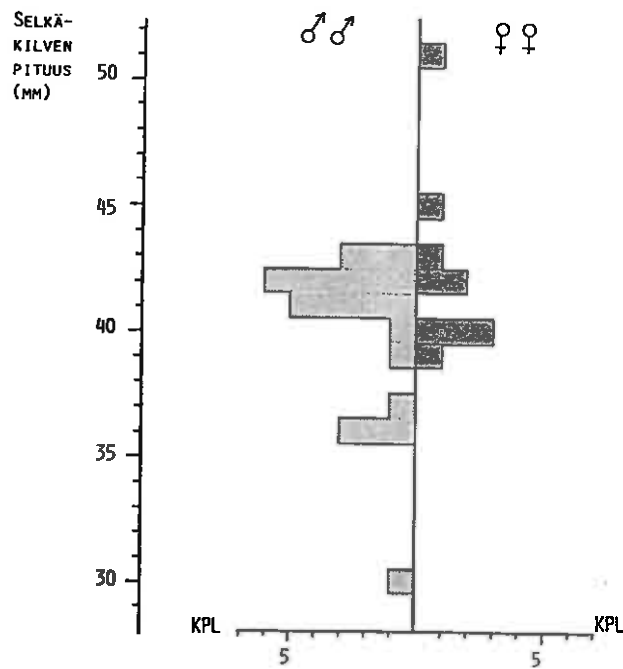
Naaraita, joiden tiedettiin sekä lisääntyneen että vaihtaneen kuortaan kesällä 1980, saatiin vuonna 1981 pyydetyksi 8 yksilöä. Niistä 7/8 lisääntyi, ja 6/8 vaihtoi kuortaan myös kesällä 1981.

Kesä- ja heinäkuun pyynneissä 1981 saatiin saaliiksi 28 koejärvessä syntynyttä rapua, joiden kokojakauma on esitetty kuvassa 5. Kaikki ravut pienintä lukuunottamatta ovat todennäköisesti 1. istutuserän rapujen kesällä 1978 syntyneitä jälkeläisiä ja siis 3 vuoden ikäisiä. Myöhempien pyyntien kokojakaumat v. 1981 - 1983 esitetään kuvissa 6 ja 7. Mahdollisimman edustavan kokojakauman saamiseksi esitetyissä jakaumissa on yhdistetty koko kuorenvaihtojen välinen saalis.

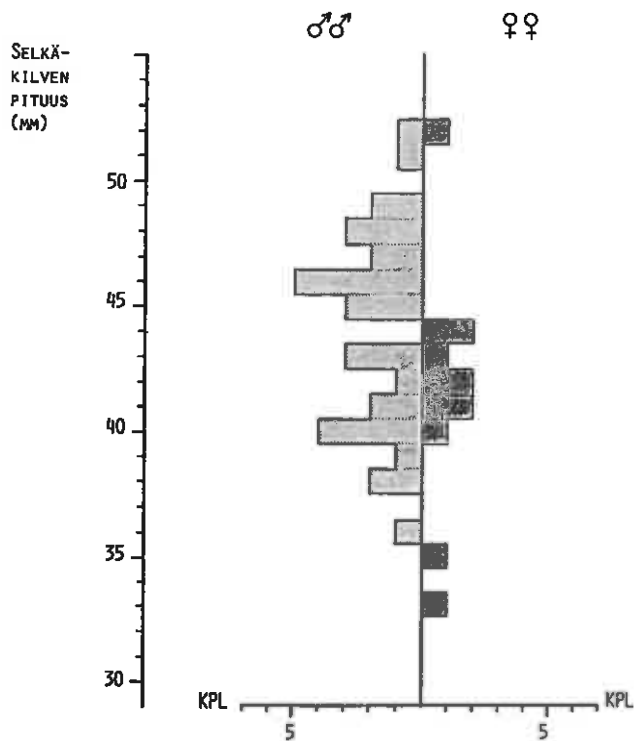
Rapujen kasvu Haarajärven Valkjärvessä oli erittäin nopeaa. Lailisen 10 cm pyyntikoon nopeakasvuisimmat ravut saavuttivat neljännen kasvukautensa lopulla, valtaosa kuitenkin vasta 4-vuotiaina. Huomattava osa naaraista lisääntyi 3-vuotiaina.



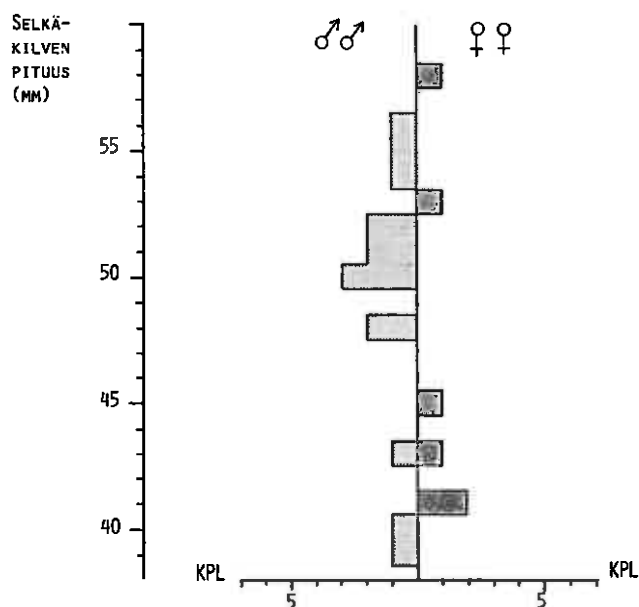
KUVA 4. Rapujen selkakilven pituuskasvu (mm) Haarajärven Valkjärvässä 1981 ja 1982 (nolla- ja miinuskasvut on jätetty pois).



KUVA 5. Haarajärven Valkjärvessä syntyneiden rapujen kokojakauma mertapyynneissä 25.6. - 29.7.1981.



KUVA 6. Haarajärven Valkjärvessä syntyneiden rapujen kokojakauma mertapyynneissä 1.9.1981 - 4.6.1982.



KUVA 7. Haarajärven Valkjärvessä syntyneiden rapujen kokojakauma mertapyyntyneissä 27. - 28.5.1983.

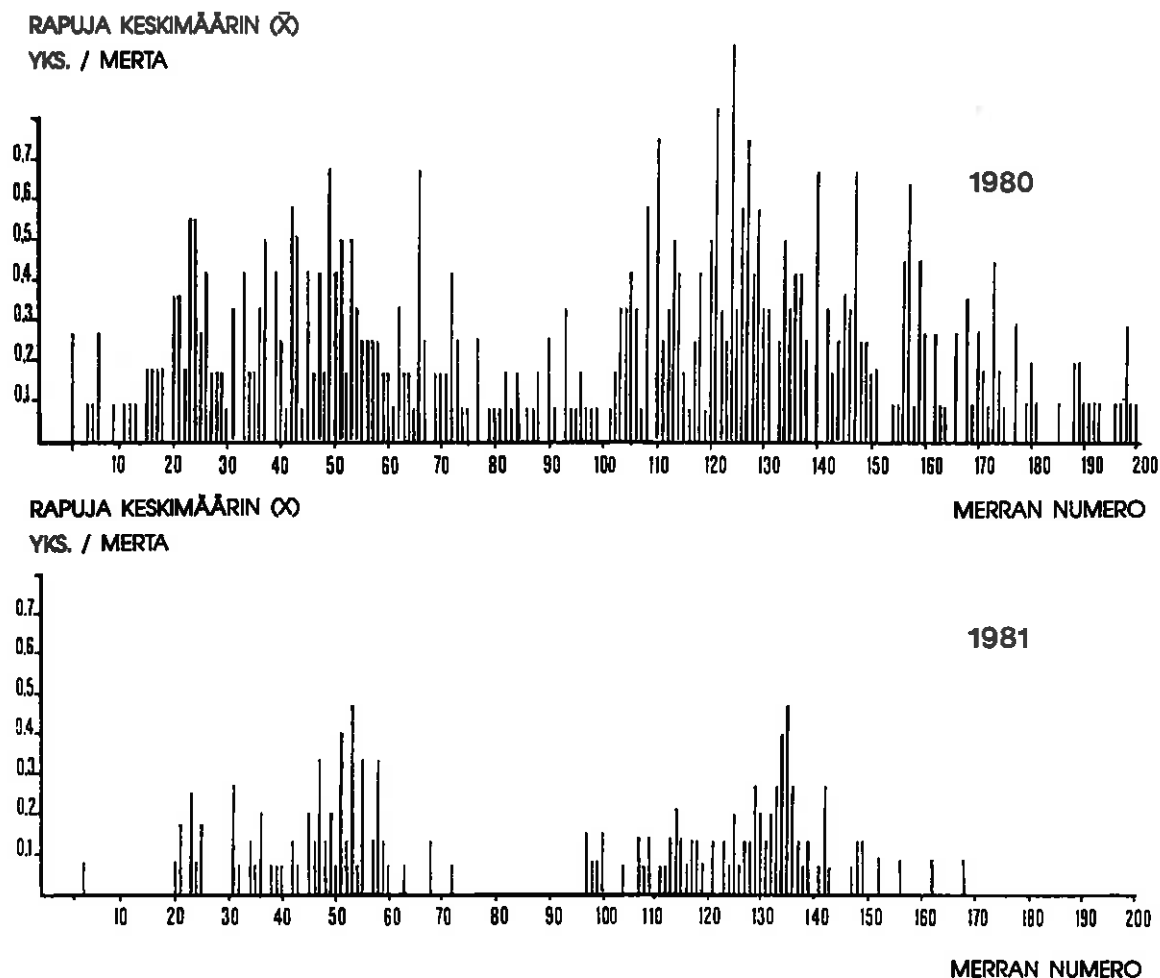
3.3. Elinpaikan valinta

Rapusaalis vuosina 1980 ja 1981 keskittyi kahdelle n. 250 ja 300 metrin mittaiselle rantajaksolle, jotka sijaitsivat järven itä- ja länsirannalla vastapäätä toisiaan (kuvat 1 ja 8). Nämä olivat järven jyrkimmin viettäviä rantoja. Tehdyn rantakartoituksen mukaan pohjan viettävyys näillä alueilla rantaviivaa lähinnä olevalla 2.5 metrin levyisellä vyöhykkeellä oli yli 20 astetta. Paras saalis saatiin alueilta, joilla pohjan viettävyys oli yli 30 astetta. Kauempana 2.5 - 5.0 metrin etäisyydellä rannasta sijaitsevilla pohja-alueilla viettävyys vaihteli enimmäkseen 5 ja 20 asteen välillä, eikä yhtä voimakasta korrelaatiota pohjan kaltevuuden ja rapusaaliin välillä ollut havaittavissa kuin lähempänä rantaa sijaitsevilla alueilla (kuva 9).

Myös pohjan kovuuden ja saaliin suuruuden välillä vallitsi positiivinen korrelaatio (kuva 10). Sen sijaan pohjan varjostus ei

näyttänyt oleellisesti vaikuttavan elinpaikan valintaan (kuva 11). Parhailla saalispaikoilla esiintyi kallio-, kivi-, tai sorapohjaa ja avoimesta pohjasta osa oli lehtikarikkeen peitossa. Vesisammalen peittävyys oli vähäisempi hyvien saaliiden alueilla kuin muualla (kuva 12).

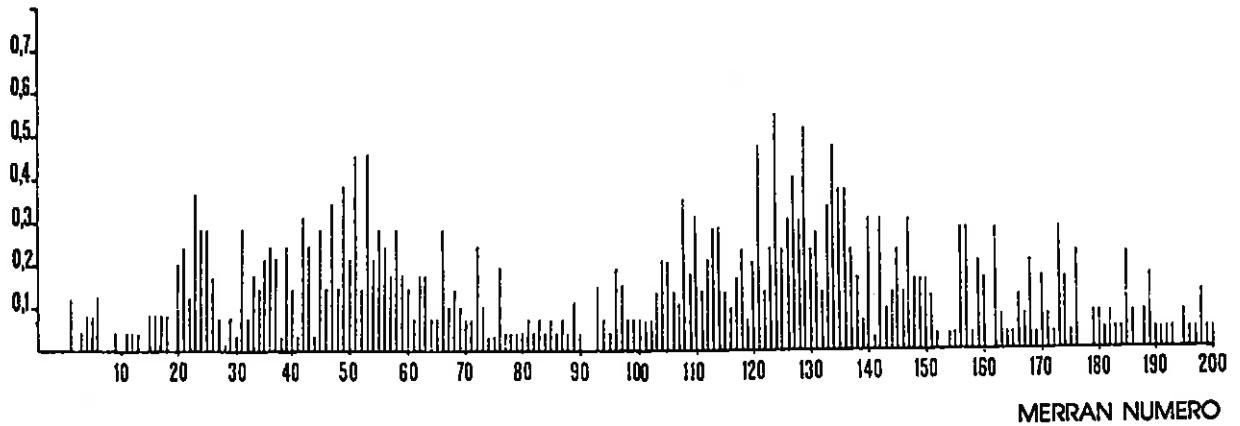
Vesiputkilokasvien esiintyminen oli harvaa ja hajanaista, eikä niiden sijoittuminen näyttänyt vaikuttavan rapujen elinpaikan valintaan. Kaatuneita liekopuita oli runsaasti järven rantavesissä. Vaikka ne tarjosivatkin suojapaikkoja, eivät pelkät liekopuut ilman muutoin soveliaista pohjaa näyttäneet houkuttelevan rapuja. Kaikkein heikoimmat saaliit saatiin järven etelä- ja pohjoispäistä, jotka olivat matalia, liejuisia ja kauttaaltaan vesisammalen peitossa. Kummallakin alueella rantaviivan asti ulottui räme (kuvat 1 ja 12).



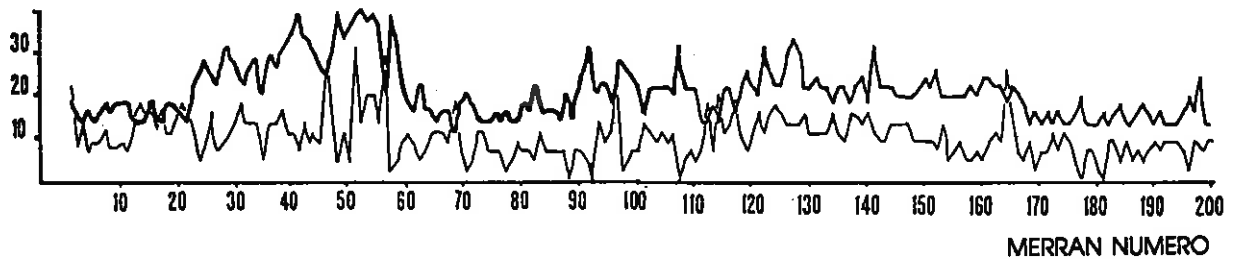
KUVA 8. Keskimääräinen mertakohtainen rapusaalis eri rantaalueilla Haarakjärven Valkjärvestä vuosina 1980 ja 1981.

RAPUJA KESKIMÄÄRIN $\bar{x}$

YKS. / MERTA



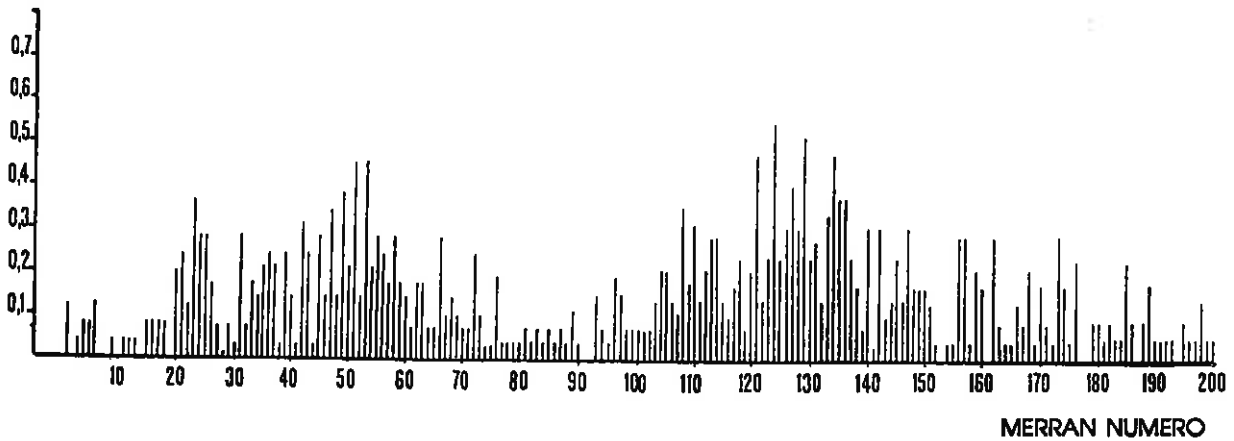
POHJAN KALTEVUUS (°)



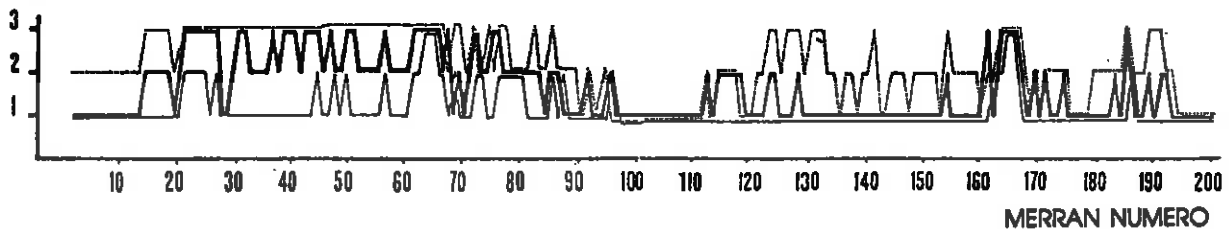
KUVA 9. Rapusaaliin suhde pohjan kaltevuuteen Haarakjärven Valkjärnessä vuosina 1980 - 1981. Paksu viiva = pohjan kaltevuus 0 - 2.5 m rantaviivasta; ohut viiva = pohjan kaltevuus 2.5 - 5 m rantaviivasta.

RAPUJA KESKIMÄÄRIN $\bar{x}$

YKS. / MERTA

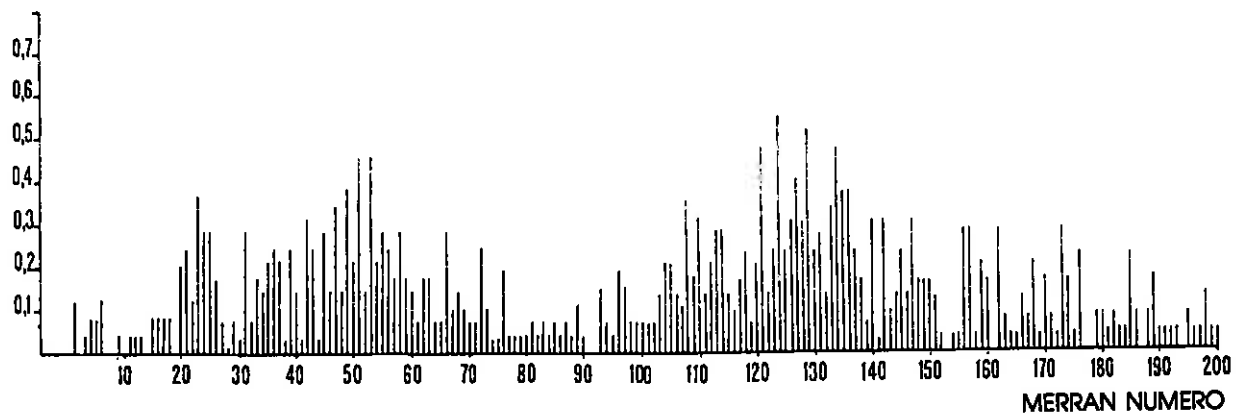


POHJAN PEHMEYS (ORDINAALIASTEIKKO; PEHMEÄ = 1, KOVA = 3)

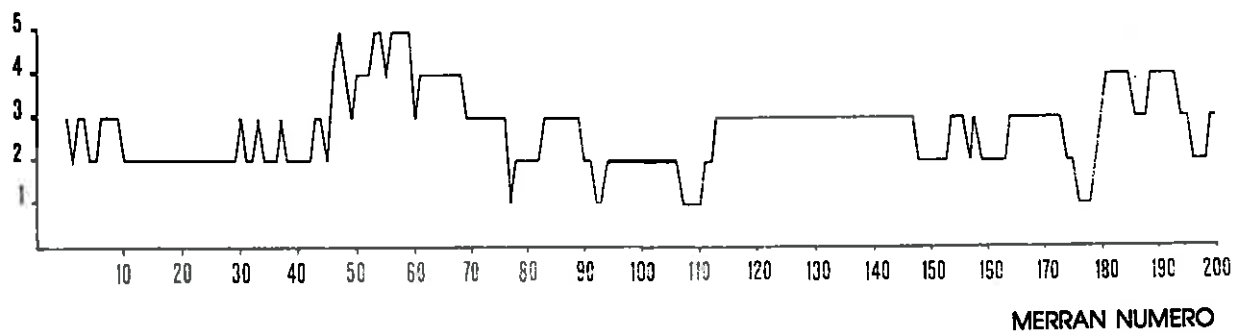


KUVA 10. Rapusaaliin suhde pohjan pehmeuteen Haarajärven Valkjär-
vessä vuosina 1980 - 1981. Katkoviiva = pohjan pehmeys rantatörmän
vieressä; paksu viiva = pohjan pehmeys 2.5 m etäisyydellä ranta-
viivasta; ohut viiva = pohjan pehmeys 5.0 m etäisyydellä ranta-
viivasta.

RAPUJA KESKIMÄÄRIN $\bar{x}$
YKS. / MERTA

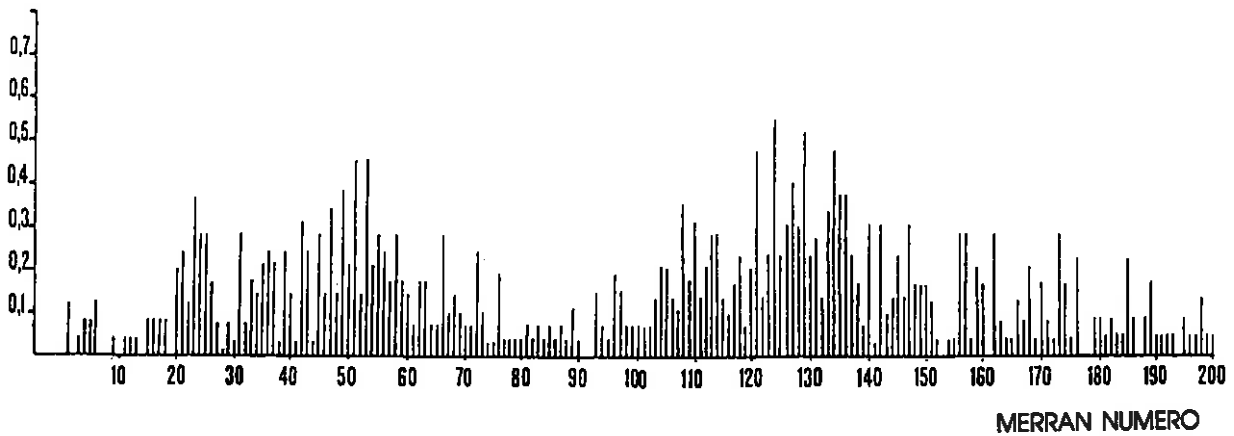


POHJAN VARJOSTUS (ORDINAALIASTEIKKO; EI VARJOSTUSTA = 1, VOIMAKAS VARJOSTUS = 5)

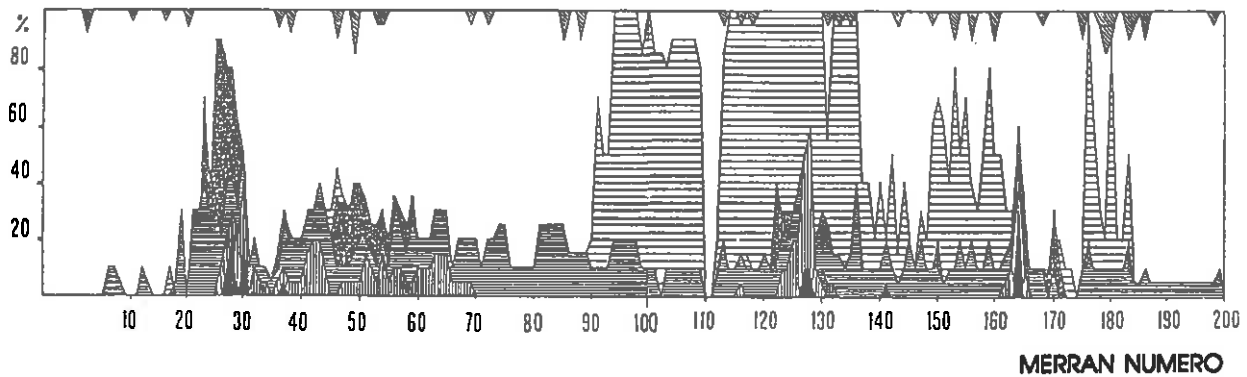


KUVA 11. Rapusaaliin suhde pohjan varjoisuuteen Haarajärven Valkjärvässä vuosina 1980 - 1981.

RAPUJA KESKIMÄÄRIN ($\bar{x}$)
YKS. / MERTA



POHJAN LAATU (PEITTÄVYYS - %)



- = VESISAMMALTA
- = AVOINTA LIEJUPOHJAA
- = KAATUNEITA PUITA
- = KIVIÄ, SORAA
- = VESIPUTKILOKASVEJA
- = KARIKETTA
- = KALLIOPOHJAA

KUVA 12. Rapusaaliin suhde pohjan laatuun Haarajärven Valkjärnessä vuosina 1980 -1981.

3.4. Rapujen pyydystettävyys

Evon kalanviljelylaitoksen emorapulammikoissa tehdyssä pyydystettävyyskokeessa saatiin kuukauden mittaisen pyyntijakson 11.8. - 11.9.1981 aikana 300 lammikkoon laitetusta merkitystä ravusta pyydettyksi 31 % yhden kerran, 17 % kaksi kertaa, 7 % kolme kertaa ja 4 % 4 - 7 kertaa. 41 % ravuista ei saatu pyydettyksi. Saaliin määrä eri pyyntiöinä esitetään taulukossa 6.

 TAULUKKO 6. Rapusaaliit lammikkokokeessa vuonna 1981.

Saalis, kpl rapuja							
Pvm.	Merta no.	1	2	3	4	5	Kaikki yhteensä
11.8.		8	3	2	5	8	26
12.8.		7	4	—	2	1	14
13.8.		2	2	1	4	7	16
14.8.		8	—	2	1	1	12
18.8.		9	—	4	11	2	26
19.8.		1	1	4	1	2	9
20.8.		3	3	—	1	2	9
21.8.		6	5	—	6	—	17
25.8.		6	4	—	5	—	15
26.8.		4	4	2	3	2	15
27.8.	15	6	5	4	3		33
28.8.	3	5	4	7	2		21
1.9.	4	14	6	7	2		33
2.9.	1	—	—	7	—		8
3.9.	3	—	1	2	5		11
4.9.	2	4	—	4	2		12
8.9.	5	3	—	2	2		12
9.9.	1	3	3	2	3		12
10.9.	3	2	—	1	—		6
11.9.	1	3	7	3	1		15
11.8.–11.9.		92	66	41	78	45	322

Parhaat saaliit saatiin sateisina öinä. Sade ja pilvisyys eivät kuitenkaan yksin selittäneet saaliin vaihtelua. Eräs selittävä tekijä oli edellisestä pyynnistä kulunut aika. Kolmesti viikon paras saalis saatiin tiistaina, jolloin ei ollut pyydetty 3 edellis yönä. Nämä pyyntiyöt olivat myös sateisia. Taulukossa 7 esitetään useammin kuin kerran pyydettyjen rapujen pyydystettävyys ajan funktiona kunkin ravun edellisestä pyyntikerrasta. Rapujen

pyydystettävyys oli korkeimmillaan 2 - 5 vuorokauden sekä 10 - 11 vuorokauden kuluttua edellisestä pyydystyskerrasta. Kun edellisestä pyynnistä oli kulunut yli 2 viikkoa, oli pyydystettävyys selvästi alentunut. Aineisto on niukka, joten tulokseen on suhtauduttava varauksellisesti. Taulukon 7 tulokset saivat kuitenkin vahvistusta verrattaessa koejakson saaliita viikoittain. Ensimmäisellä pyyntiviikon jälkeisellä viikolla saatiin pyydettyä keskimäärin 30 %, toisella 26 %, kolmannella 15 % ja neljännellä viikolla 10 % em. pyyntiviikolla saaliiksi saaduista yksilöistä.

TAULUKKO 7. Useammin kuin kerran pyydettyjen rapujen pyyntivälijakauma ja siitä johdettu pyydystettävyysindeksi lammikkokokeessa 1981.

Kulunut vuoro- kausia siitä kun rapu oli viimeksi pyy- dystetty. (n)	Montako mahdolli- suutta yksilöllä tulla pyydettyksi pyyntijakson aika- na n vuorokau- den kuluttua?	Montako tapausta havaittu kaikil- yksilöillä yhteensä ?	Pyydys- tettä- vyysin- deksi
1	15	11	0.73
2	10	14	1.40
3	5	8	1.60
4	4	5	1.25
5	8	14	1.75
6	12	10	0.80
7	16	15	0.94
8	12	13	1.08
9	8	8	1.00
10	4	7	1.75
11	3	4	1.33
12	6	2	0.33
13	9	3	0.33
14	12	10	0.83
15	9	7	0.78
16 - 31	57	11	0.19

Kuukauden kestäväen pyyntijakson alku- ja loppupuolella saatiin pyydettyä selvästi eri yksilöitä. Eri sukupuolten välillä ei havaittu eroja aktiivisuuden ajoittumisessa, ei myöskään lisäantyneiden ja martojen naaraiden välillä, eikä eri kokoluokkien välillä.

Kuten oli osattu odottaakin, havaittiin lammikkokokeessa ravun pituuden ja pyydystettävyyden välillä voimakas riippuvuussuhde (taulukot 8 - 10).

 TAULUKKO 8. Rapunaaraiden pyydystettävyyden selkäkilven pituuden funktiona (lammikkokokeen perusteella).

Selkä- kilven pituus (mm) *	Rapuja lai- tettu lam- mikkoon yks.	Yksilösaalis (Y1) yks.	% istu- tetuista	Kokonaissaalis (Y2) yks.	% istu- tetuista
41-43	14	5	36	7	50
44-46	48	21	44	35	73
47-49	66	40	61	81	123
50-52	50	32	64	70	140
53-55	21	15	71	39	186

suhteellinen pyydystettävyyden:

Y1:n perusteella = $-0.89 + 0.03(\text{selkäk.pituus mm.})$ $R^2 = 0.95$
 Y2:n perusteella = $-4.28 + 0.11(\text{ - " - })$ $R^2 = 0.98$

Yksilösaaliiseen (Y1) : rapu laskettiin vain kerran.

Kokonaissaaliiseen (Y2): rapu laskettiin mukaan joka kerran sen tultua pyydetyksi.

* Regressioyhtälön määrittämiseen käytettiin luokkakeskursia.

 TAULUKKO 9. Rapukoiraiden pyydystettävyys selkäkilven pituuden funktiona (lammikkokokeen perusteella).

Selkä- kilven pituus	Rapuja lai- tettu lam- mikkoon	Yksilösaalis (Y1)		Kokonaissaalis (Y2)	
(mm) *	yks.	yks.	% istu- tetuista	yks.	% istu- tetuista
47-49	4	2	50	6	150
50-52	18	10	56	17	94
53-55	41	21	51	28	68
56-58	30	20	67	30	100
59-63	7	6	86	12	171

suhteellinen pyydystettävyys:

Y1:n perusteella = $-0.82 + 0.03(\text{selkäk.pituus mm.})$ $R^2 = 0.80$

Y2:n perusteella = ei hyväksyttävää regressioyhtälöä

Yksilösaaliiseen (Y1) : rapu laskettiin vain kerran.

Kokonaissaaliiseen (Y2): rapu laskettiin mukaan joka kerran sen tultua pyydetyksi.

* Regressioyhtälön määrittämiseen käytettiin luokkakeskuskuksia.

Tarkasteltaessa montako yksilöä emorapulammikkoon istutetuista ravuista saatiin pyydetyksi koejakson aikana eivät koiras- ja naarasrapujen pyydystettävyydet juuri eronneet. Naaraat tulivat kuitenkin koiraita useammin pyydetyksi monta kertaa. Naaraita oli vähintään 3 kertaa pyydetyistä yksilöistä 74 % ja vähintään 4 kertaa pyydetyistä 92 %. Lammikon ravuista 67 % oli naaraita. Vähintään kolmesti pyydetyistä naaraista 94 % oli yli 47 mm ja koiraista 89 % yli 50 mm selkäkilven pituudeltaan. Verrattaessa saman mittaisia koiras- ja naarasrapuja havaittiin naaraat paremmin pyydystettäviksi. Koivuonna lisääntyneillä ja lisääntymättömillä naarailla ei ollut mainittavaa pyydystettävyyseroa.

 TAULUKKO 10. Rapujen pyydystettävyyden selkakilven pituuden funktiona (v. 1981 lammikkokeen perusteella). Eri sukupuolet yhdistetty. Sukupuolijakauma 100 naarasta + 100 koirasta.

Selkä- kilven pituus	Rapuja lai- tettu lam- mikkoon	Yksilösaalis (Y1)		Kokonaissaalis (Y2)	
(mm) *	yks.	yks.	% istu- tetuista	yks.	% istu- tetuista
41-43	14	5	36	7	50
44-46	48	21	44	35	73
47-49	37	22	59	46	124
50-52	43	26	60	52	121
53-55	51	28	55	48	94
56-58	30	20	67	30	100
59-63	7	6	86	12	171

suhteellinen pyydystettävyyden:

Y1:n perusteella = $-0.56 + 0.02(\text{selkäk.pituus mm.})$ $R^2 = 0.86$

Y2:n perusteella = ei hyväksyttävää regressioyhtälöä

Yksilösaaliiseen (Y1) : rapu laskettiin vain kerran.

Kokonaissaaliiseen (Y2): rapu laskettiin mukaan joka kerran sen tultua pyydetyksi.

* Regressioyhtälön määrittämiseen käytettiin luokkakeskuslaskentaa.

Koska pidettiin mahdollisena, että myös merkintä voisi aiheuttaa pyydystettävyyseroja, selvitettiin eri merkintäpisteiden esiintymistä juurilla ravuilla, joita ei saatu pyydetyksi (taulukko 11) sekä vähintään kahdesti merkinnän jälkeen pyydetyillä ravuilla (taulukko 12). Taulukoista 11 ja 12 nähdään, että minkään tietyn merkintäpisteen polttaminen ravun kuoreen ei aiheuttanut tilastollisesti edes suuntaa-antavaa muutosta ravun pyydystettävyyteen. Kuitenkin oli havaittavissa heikko riippuvuus ravun pään alueella sijaitsevien merkintäpisteiden lukumäärän ja ravun pyydystettävyyden välillä (taulukko 13).

 TAULUKKO 11. ABRAHAMSSONin (1965) merkintämenetelmän mukaisten
 merkintäpisteiden (kuva 2.) odotetut ja havaitut esiintymisfrek-
 venssit Haarakjärven Valkjärvellä 1980 ja Evon kalanviljelylai-
 toksella 1981 merkityillä ravuilla, joita ei merkinnän jälkeen
 saatu pyydettyiksi.

Merkintäpiste tai pisteyhdistelmä	Odotettu kpl	Havaittu kpl	Poikkeama % odotetusta
--------------------------------------	-----------------	-----------------	---------------------------

Pään alue

1	32.5	33	+2
2	32.5	24	-26
4	32.0	28	-12.5
7	32.0	36	+12.5
1+2=3	32.5	35	+8
1+4=5	32.5	38	+17
2+4=6	32.0	29	-9
1+7=8	32.0	42	+31
2+7=9	31.4	33	+5
ei merkkiä	32.5	24	-26

Kylkien alue

10	41.1	36	-12
20	35.4	38	+7
40	31.4	33	+5
70	29.1	29	+0
10+20=30	34.8	37	+6
10+40=50	29.1	28	-4
20+40=60	29.1	25	-14
10+70=80	28.5	28	-2
20+70=90	23.4	22	-6
ei merkkiä	38.7	44	+14

Selän alue

100	63.8	69	+8
200	94.0	101	+7
400	54.0	45	-17
ei merkkiä	39.6	35	-12

 TAULUKKO 12. ABRAHAMSSONin (1965) merkintämenetelmän mukaisten merkintäpisteiden (kuva 2.) odotetut ja havaitut esiintymisfrekvenssit Haarajärven Valkjärvellä 1980 ja Evon kalanviljelylaitoksella 1981 merkityillä ravuilla, jotka pyydettiin vähintään kahdesti merkinnän jälkeen.

Merkintäpiste tai pisteyhdistelmä	Odotettu kpl	Havaittu kpl	Poikkeama % odotetusta
--------------------------------------	-----------------	-----------------	---------------------------

Pään alue

1	14.5	13	-10
2	14.5	15	+3.5
4	14.4	18	+25
7	14.4	16	+11
1+2=3	14.5	11	-24
1+4=5	14.5	13	-10
2+4=6	14.4	14	-3
1+7=8	14.4	12	-17
2+7=9	14.2	15	+6
ei merkkiä	14.5	18	+24

Kylkien alue

10	17.1	21	+23
20	15.4	14	-9
40	14.2	13	-8
70	13.5	12	-11
10+20=30	15.2	17	+12
10+40=50	13.5	16	+19
20+40=60	13.5	13	-4
10+70=80	13.3	14	+5
20+70=90	11.8	14	+19
ei merkkiä	16.7	10	-40

Selän alue

100	35.5	28	-21
200	45.0	46	+2
400	17.0	24	+41
ei merkkiä	28.0	28	+0

 TAULUKKO 13. Pyydystettävyyden riippuvuus merkintäpisteiden lukumäärästä ravun pääalueella (yhdistetyt Haarajärven Valkjärven 1980 ja lammikkokokeen 1981 aineistot).

Pyytämättömät ravut	Odotettu kpl	Havaittu kpl	Poikkeama % odotetusta
ei merkkiä	32.5	24	-26
1 piste	129.0	121	-6
2 pistettä	160.0	177	+11

Vähintään kahdesti pyydetty	Odotettu kpl	Havaittu kpl	Poikkeama % odotetusta
ei merkkiä	14.5	18	+24
1 piste	57.8	62	+8
2 pistettä	72.0	65	-10

$$X = 6.32$$

$$v = 5$$

$$P = 0.28$$

Veden lämpötila laski lammikkokokeessa koejakson aikana 19 °C -asteesta 12.5 asteeseen. Lämpötilan lasku oli nopeinta koejakson alussa. Kolmen viimeisen pyyntiviikon aikana veden lämpötila oli lähes vakio laskien hitaasti 13.4 asteesta 12.5 asteeseen. Lämpötilan muutos ei näyttänyt vaikuttavan ainakaan välittömästi rapusaaliin määrään, sillä parhaat ja heikoimmat saaliit saatiin suunnilleen samoissa lämpötilaolosuhteissa.

3.5. Eloonsijämisosuus

29.7.1977 istutettiin 500 rapua, joilta leikattiin vasemman uropodin ulommainen jaoke pois. Seuraavana syksynä 4. päivänä syyskuuta istutettiin toinen, 527 ravun erä. Niiltä leikattiin oikea uropodi. Toisen ryhmän istuttamisen jälkeen saatiin pyydetyksi kaikissa myöhemmissä pyynneissä yhteensä 148 eri yksilöä 1. istutuserästä ja 204 eri yksilöä 2. istutuserästä. Mikäli ei ole

syytä olettaa, että kuolevuus poikkeaisi 4.9.1978 jälkeen huomattavasti istutusryhmien kesken, pitäisi PAULIKin ja ROBSONin (1969) mukaan olla totta, että 1. ryhmän eloonjäämisosuus ajalle 29.7.1977 - 4.9.1978 = $(148/500) / (204/527) = 0.76$.

Kuitenkin, kuten jo aiemmin kappaleessa 3.1. todettiin, 1. istutusryhmän rapujen kuolevuus lisääntyi voimakkaasti kesällä 1980, joten oikeampaan tulokseen päästään kun suoritetaan edellinen laskutoimitus siten, että huomioidaan vain kesän 1980 kuorenvaihtoihin mennessä pyydetyt ravut. Tällöin eloonjäämisasteeksi saadaan $(142/500) / (174/527) = 0.86$.

Kolmas rapuerä (241 kpl) istutettiin 10.8.1979 ja merkittiin leikkaamalla telson. Niistä saatiin myöhemmin pyydetyksi yhteensä 110 eri yksilöä. Ensimmäisen istutusryhmän eloonjäämisosuus voitiin määrittää myös kolmannen istutuserän avulla ajalle 29.7.1977 - 10.8.1979. Kuten aiemmassa 1. istutusryhmää koskevassa arviossa, tässäkin on huomioitava vain kesän 1980 kuorenvaihtoihin mennessä pyydetyt yksilöt. Eloonjäämisosuudeksi saadaan $(99/500) / (65/241) = 0.73$.

Toisen istutusryhmän rapuja saatiin pyydetyksi 10.8.1979 jälkeen 177 kpl, joten ryhmän rapujen eloonjäämisosuudeksi ajalle 4.9.1978 - 10.8.1979 saadaan $(177/527) / (110/241) = 0.74$.

Edellä esitetyissä eloonjäämisosuuden arvioissa on jätetty huomiotta rapujen pyydystettävyyden vaikutus ko. arvioihin. Eri istutusryhmissä saaliin keskikoko oli varsin erilainen: 1. istutusryhmässä keskipituus oli 11.4 cm, 2. istutusryhmässä 10.2 cm ja 3. istutusryhmässä 8.0 cm tai 9.2 cm riippuen siitä, huomioitiinko kaikki pyydetyksi saadut yksilöt vai ainoastaan kesän 1980 kuorenvaihtoihin mennessä pyydetyt. Erot rapujen koossa eivät ole voineet olla aiheuttamatta eroja rapujen pyydystettävyyteen ja sitä kautta myös eloonjäämisosuuden estimaatteihin.

Kokoerojen kompensoimiseksi korjattiin saadut estimaatit kappaleessa 3.4. esitetyn regressioyhtälön antamalla suhteellisilla

pyydystettävyyshkertoimilla (taulukko 14).

 TAULUKKO 14. Pyydystettävyydellä korjatut eloonjäämisosuuden arviot
 1. ja 2. istutusryhmille 1977 - 1979.

1. istutusryhmä:

$$S (29.7.1977-4.9.1978) = (142/500) / (((.71/.58)174)/527) = 0.70$$

$$S (29.7.1977-10.8.1979) = (99/500) / (((.71/.33)65)/241) = 0.34$$

2. istutusryhmä:

$$S (4.9.1978-10.8.1979) = (177/527) / (((.58/.47)110)/241) = 0.60$$

Viljelylammikossa tehdyssä pyydystettävyyshkoeksessa havaittiin koiras- ja naarasrapujen pyydystettävyyden muuttuvan eri tavalla suhteessa ravun kokoon. Eri sukupuolille laskettiin omat pyydystettävyyshsyhtälöt ja niistä saatujen suhteellisten pyydystettävyyshkertoimien avulla ja edellä selostetulla menetelmällä laskettiin eloonjäämisosuuden estimaatit erikseen kummallekin sukupuolelle (taulukko 15).

 TAULUKKO 15. Pyydystettävyydellä korjatut eloonjäämisosuuden arviot
 1. ja 2. istutusryhmille 1977 - 1979 laskettuna erikseen kummallekin
 sukupuolelle.

1. istutusryhmä:

$$\text{koiraat: } S (29.7.77-4.9.78) = (71/230) / (((.75/.56)118)/206) = 0.40$$

$$S (29.7.77-10.8.79) = (59/230) / (((.75/.45)45)/135) = 0.46$$

$$\text{naaraat: } S (29.7.77-4.9.78) = (71/270) / (((.69/.52)56)/321) = 1.14$$

$$S (29.7.77-10.8.79) = (40/270) / (((.67/.55)20)/106) = 0.53$$

2. istutusryhmä:

$$\text{koiraat: } S (4.9.78-10.8.79) = (122/206) / (((.56/.45)80)/135) = 0.80$$

$$\text{naaraat: } S (4.9.78-10.8.79) = (55/321) / (((.55/.51)30)/106) = 0.50$$

Huomiota herättävät erityisesti 1. istutusryhmän naaraiden korkea eloonjäävyysarvio 1.14 ja sitä vastaava arvio 0.40 koirasravuilla. Vaikuttaa siltä, että ravuista istutuksen yhteydessä otetuista sukupuolijakaumista yksi tai useampi olisi virheellinen. Jakaumat perustuvat 100 ravun otoksiin, joita otettaessa ei käytetty mitään satunnaistamismenetelmää, vaan ravut poimittiin "umpimähkäisesti" laatikosta, jossa kaikki istukkaat olivat. Otosten tarkoituksena oli ollut lähinnä antaa kuva istutettujen rapujen keskikoosta. Eloonjäämisosuuden arviointitavasta johtuen melko pienetkin sopivan suuntaiset virheet alkuperäisen sukupuolijakauman arvioinnissa saattoivat aiheuttaa huomattavaa virhettä S:n arvoihin. Koska 1. istutusryhmän naaraille saatu S:n arvo oli mahdoton, on epäiltävä muidenkin taulukossa 15 esitettyjen eloonjäämisosuuden estimaattien olevan virheellisiä. Tällä perusteella katsottiin parhaaksi käsitellä eri sukupuolet yhdistettyinä.

Yhteenvetona PAULIKin ja ROBSONin (1969) menetelmällä saaduista eloonjäämisosuuden arvioista vuosille 1977 - 1979 esitetään taulukko 16, jossa aiemmin lasketut pyydystettävyydellä korjatut S:n arvot (taulukosta 14) on muunnettu eloonjäämisosuudeksi viikko- ja vuositasoille.

PAULIKin ja ROBSONin (1969) menetelmällä saatiin eloonjäämisosuus määritetyksi 1. ja 2. istutusryhmille syksyyn 1979 asti. Syksystä 1979 kesään 1980 eloonjäämisosuus arvioitiin epäsuorasti populaation koon määrittämisen kautta. Vuoden jaksolle 1980 - 1981 saatiin S:n estimaatit yksikkösaaliin vähenemän perusteella (taulukko 17).

 TAULUKKO 16. Pyydystettävyydellä korjatut eloonjäämisosuuden arviot
 1. ja 2. istutusryhmille v. 1977 - 1979 muunnettuna viikko- ja
 vuositason arvoiksi.

Istutusryhmä ja ajan- jakso, jolta eloonjää- misaste määritetty.	Eloonjäämisosuus	
	viikon jaksolle	vuoden jaksolle

1. istutusryhmä:

määrittäminen 2.istutus- ryhmän avulla ajalle 29.7.1977 - 4.9.1978	S = 0.9938	S = 0.72
--	------------	----------

määrittäminen 3.istutus- ryhmän avulla ajalle 29.7.1977 - 10.8.1979	S = 0.9899	S = 0.59
---	------------	----------

2. istutusryhmä:

määrittäminen 3.istutus- ryhmän avulla ajalle 4.9.1978 - 10.8.1979	S = 0.9896	S = 0.58
--	------------	----------

 TAULUKKO 17. Eri istutusryhmien eloonjäämisosuus arvioituna vuo-
 sien 1980 ja 1981 yksikkösaaliiden avulla.

Istutusryhmä	Yksikkösaalis (c/ce)*100 vuonna 1980	Yksikkösaalis (c/ce)*100 vuonna 1981	Eloonjäämisosuus
--------------	--	--	------------------

1.istutusryhmä

naaraat	2.42	0.38	0.16
koiraat	5.46	0.00	0.00

2.istutusryhmä

naaraat	2.83	0.57	0.20
koiraat	8.95	0.75	0.08

3.istutusryhmä

naaraat	1.42	0.72	0.51
koiraat	4.40	2.06	0.47

Yksikkösaaliis (rapuja/mertayö) kerrottiin 100:lla turhien desi-
 maalien poistamiseksi taulukosta.

Syksystä 1979 arvioitiin eloonjäämisosuutta myös FISHERin ja FORDin (1947) menetelmällä. Eri ryhmien pyyntitaulukot eloonjäämisosuuden määrittämiseen vaadittavine laskutoimituksineen sekä S:n vakioisuustestin tuloksineen esitetään taulukoissa 19 - 26. Näissä taulukoissa käytetyt symbolit on selitetty taulukossa 18.

TAULUKKO 18. Taulukoissa 20-25 käytetyt symbolit selityksineen.

- n_i = Pyynnissä i pyydetyksi tulleiden rapujen lukumäärä.
- m_i = Pyynnissä i pyydetyksi tulleiden merkkien lukumäärä.
- r_i = Välittömästi pyynnin i jälkeen vapautettujen merkit-
tyjen rapujen lukumäärä.
- $\sum_i m_{ij} (i-j)$ = Pyydetyksi tulleiden merkkien m yhteenlaskettu ikä,
eli "hengissä" selvittyjen päivien lukumäärä.
- M_i = Pyynnin i hetkellä pyydetävissä olevien merkkien
lukumäärä.
- $\sum_i \sum_j m_{ij} (i-j)$ = Kaikkina pyyntipäivinä pyydetyksi tulleiden merkkien
yhteenlaskettu ikä, eli havaittu TDS (total days
survived).
- A_i = Hetkellä i populaatiossa olevien merkkien keski-ikä.
- $A_i m_i$ = Pyynnissä i pyydetyksi tulleiden merkkien laskennal-
lisesti arvioitu yhteenlaskettu ikä.
- $\sum_i A_i m_i$ = Kaikissa pyynneissä pyydetyksi tulleiden merkkien
laskennallisesti arvioitu yhteenlaskettu ikä, eli
arvioitu TDS (total days survived).
- χ^2 = Khii toiseen -testiarvo.
- P = Todennäköisyys, että $m_{ij} (i-j)$ ja $A_i m_i$ arvojen erot
johtuvat yksin satunnaistekijöistä.
-

 TAULUKKO 19. 1.istutusryhmän naaraiden pyyntitaulukko ja eloon-
 jäämisosuus määritettynä FISHERin ja FORDin (1947) menetelmällä
 ajalle 10.8.1979 - 10.8.1980.

Pyynti- päivät	n_i	m_i	r_i	Viik- koja	Pyynti- viikko	Uudelleen pyydettyjä merkkejä (kpl/pyynti)		
						1	44	50
10.8. 1979	36	-	36		1			
				43				
29.5.- 19.6. 1980	24	5	24		44	5		
				6				
9.7.- 10.8. 1980	24	6	24		50	1	5	

Pyyntiviikko	$\sum_{j=1}^{(i-j)} m_{ij}$	$\hat{A}_i m_i$	$\hat{M}_i$
44	215	215.00	4.80
50	79	78.96	21.73
	294	293.96	

$$S = 0.9542/\text{viikko}$$

Eloonjäämisosuus ei voinut olla vakio, koska M:n arvoksi saatiin 4.80 ja kuitenkin saatiin 5 merkkiä pyydettyksi 29.5. -19.6.1980. Syksyllä 1979 ja talvella 1979-1980 eloonjäämisosuuden on täytynyt olla parempi kuin 0.9542/viikko, vähintään 0.96 viikko. Vastaavasti kesällä 1980 eloonjäämisosuus on ollut alle 0.9535/viikko. Kesän 1980 eloonjäämisosuus on arvioitu taulukossa 20.

TAULUKKO 20. 1.istutusryhmän naaraiden pyyntitaulukko ja eloonjäämisosuus määritettynä FISHERin ja FORDin (1947) menetelmällä kesälle 1980.

Pyynti- päivät	n _i	m _i	r _i	Viik- koja	Pyynti- viikko	Uudelleen pyydettyjä merkkejä (kpl/pyynti)				
						1	4	7	9	11
29.5.- 31.5.	16	-	3		1					
				3						
17.6.- 19.6.	8	-	21		4	-				
				3						
9.7.- 11.7.	13	4	13		7	-	4			
				2						
23.7.- 25.7.	9	1	9		9	-	1	-		
				2						
10.8.	4	2	4		11	-	-	-	2	
				7						
30.9.- 2.10.	1	1	1		18	-	-	1	-	-

Pyyntiviikko	$\sum m_{ij}^{(i-j)}$	$\hat{A}_i m_i$	$\hat{M}_i$
7	12	12.51	6.74
9	5	3.07	9.00
11	4	7.07	8.20
18	11	9.39	0.78
	32	32.01	

S = 0.675/viikko
 = 0.21 /kuukausi $\chi^2 = 2.84$ P = 0.42

 TAULUKKO 21. 1. istutusryhmän koiraiden pyyntitaulukko ja eloon-
 jäämisosuus määritettynä FISHERin ja FORDin (1947) menetelmällä
 ajalle 10.8.1979 - 17.6.1980.

Uudelleen pyydettyjä
 merkkejä (kpl/pyynti)

Pyynti- päivät	n_i	m_i	r_i	Viik- koja	Pyynti- viikko	1	43	46
10.8. 1979	28	-	28		1			
				42				
29.5.- 31.5. 1980	54	15	54		43	15		
				3				
17.6.- 19.6. 1980	40	45	40		46	11	34	

Pyyntiviikko	$\sum m_{ij}^{(i-j)}$	$\hat{A}_i m_i$	$\hat{M}_i$
43	630	630.00	17.45
46	597	596.52	69.07
	1227	1226.52	

S = 0.9888/viikko
 = 0.96 /kuukausi
 = 0.56 /vuosi

X2 = 2.84 P = 0.42

TAULUKKO 22. 2. istutusryhmän naaraiden pyyntitaulukko ja eloonjäämisosuus määritettynä FISHERin ja FORDin (1947) menetelmällä ajalle 31.5.1980 - 4.6.1982.

Pyynti- päivät	n_i	m_i	r_i	Viik- koja	Uudelleen pyydettyjä merkkejä (kpl/pyynti)					
					Pyynti- viikko	1	7	17	55	61
29.5.- 19.6.80	17	-	17		1					
				6						
9.7.- 10.8.80	33	3	33		7	3				
				10						
30.9.- 2.10.80	3	1	3		17	-	1			
				38						
15.7.- 29.7.81	7	3	7		55	1	2	-		
				6						
31.8.- 2.9.81	9	7	9		61	-	5	-	2	
				39						
4.6.82	3	5	3		100	-	2	-	-	3

Pyyntiviikko	$\sum m_{ij}^{(i-j)}$	$\hat{A}_i m_i$	$\hat{M}_i$
7	18	18.00	14.36
17	10	11.82	35.76
55	150	146.71	13.33
61	282	266.46	17.18
100	303	319.89	8.75
	763	762.89	

S = 0.9723/viikko
= 0.23/vuosi

$\chi^2 = 2.15$

P = 0.54

TAULUKKO 23. 2. istutusryhmän koiraiden pyyntitaulukko ja eloonjäämisosuus määritettynä FISHERin ja FORDin (1947) menetelmällä kesälle 1980.

Pyynti- päivät	n_i	m_i	r_i	Viik- koja	Pyynti- viikko	Uudelleen pyydettyjä merkkejä (kpl/pyynti)				
						1	4	7	9	11
29.5.- 31.5.	99	-	99		1					
				3						
17.6.- 19.6.	36	22	36		4	22				
				3						
9.7.- 11.7.	28	27	28		7	20	7			
				2						
23.7.- 25.7.	8	10	8		9	4	1	5		
				2						
10.8.	2	1	2		11	1	-	-	-	

Pyyntiviikko	$\sum m_{ij}^{(i-j)}$	$\hat{A}_i m_i$	$\hat{M}_i$
4	66	66.00	67.79
7	141	134.44	74.58
9	47	56.20	81.25
11	10	7.12	70.70
	264	263.75	

$S = 0.8900/\text{viikko}$

$= 0.63/\text{kuukausi}$

$= 0.0023/\text{vuosi}$

$\chi^2 = 2.99$

$P = 0.22$

27.5. - 17.6.1981 saatiin pyydetyksi 12 merkkiä (8 erirapua), joten pyydetävissä oli vähintään 12 merkkiä. 10.8.1980 oli merkkejä pyydetävissä 70.7 kpl. Siis eloonjäämisosuus ajalle 10.8.1980 - 27.5.1981 oli vähintään $12/70.7 = 0.17$ ja viikon jaksolle vähintään 0.96 ja vuoden jaksolle vähintään 0.12 .

TAULUKKO 24. 3. istutusryhmän naaraiden pyyntitaulukko ja eloonjäämisosuus määritettynä FISHERin ja FORDin (1947) menetelmällä ajalle 29.5.1980 - 29.7.1981.

Pyynti- päivät	n_i	m_i	r_i	Viik- koja	Pyynti- viikko	Uudelleen pyydettyjä merkkejä (kpl/pyynti)		
						1	6	53
29.5.- 19.6.80	10	-	10		1			
				5				
9.7.- 25.7.80	17	5	17		6	5		
				47				
15.6.- 17.6.81	7	6	7		53	4	2	
				6				
29.7.81 ja sen jälkeen pyydettyt	10	11	11		59	4	3	5
Pyyntiviikko	$\sum m_{ij}^{(i-j)}$			$\hat{A}_i m_i$	$\hat{M}_i$			
6	25			25.00	9.40			
53	302			292.69	14.83			
59	421			430.52	20.28			
	748			748.21				

$$S = 0.9878/\text{viikko}$$

$$= 0.53/\text{vuosi}$$

$$X^2 = 0.51 \quad P = 0.48$$

TAULUKKO 25. 3. istutusryhmän koiraiden pyyntitaulukko ja eloonjäämisosuus määritettynä FISHERin ja FORDin (1947) menetelmällä ajalle 29.5.1980 - 31.8.1981.

Pyynti- päivät	n_i	m_i	r_i	Viik- koja	Uudelleen pyydettyjä merkkejä (kpl/pyynti)					
					Pyynti- viikko	1	5	9	54	59
29.5.- 19.6.80	45	-	45		1					
				4						
2.7.- 11.7.80	24	7	24		5	7				
				4						
23.7.- 10.8.80	12	5	12		9	4	1			
				45						
27.5.- 15.6.81	18	11	18		54	6	1	4		
				5						
7.7.- 29.7.81	14	20	14		59	5	1	3	11	
				6						
31.8.81 ja sen jälkeen pyydetyt	7	12	7		65	3	-	1	6	2

Pyyntiviikko	$\sum m_{ij}^{(i,j)}$	$\hat{A}_i m_i$	$\hat{M}_i$
5	28	28.00	39.53
9	36	32.44	55.80
54	547	553.74	15.76
59	549	570.05	28.71
65	326	301.92	35.16
	1486	1486.16	

$S = 0.9681/\text{viikko}$

$= 0.19/\text{vuosi}$

$\chi^2 = 3.17$

$P = 0.37$

TAULUKKO 26. Koejärvässä syntyneiden rapujen pyyntitaulukko ja eloonjäämisosuus määritettynä FISHERin ja FORDin (1947) menetelmällä ajalle 24.6.1981 - 28.5.1983. Eri sukupuolten pyyntitiedot yhdistetty aineiston niukkuuden vuoksi.

Pyynti- päivät	n_i	m_i	r_i	Viik- koja	Uudelleen pyydettyjä merkkejä (kpl/pyynti)					
					Pyynti- viikko	1	4	10	45	100
24.6.- 9.7.81	15	-	15		1					
				3						
15.7.- 29.7.81	16	4	13		4	4				
				6						
31.8.- 2.9.81	15	5	15		10	4	1			
				39						
2.6.- 4.6.82	25	8	25		49	1	4	3		
				51						
28.5.83	21	6	21		100	1	-	3	2	

Pyyntiviikko	$\sum m_{ij}^{(i-j)}$	$\hat{A}_i m_i$	$\hat{M}_i$
4	12	12.00	14.93
10	42	38.02	27.68
49	345	351.45	40.20
100	471	468.52	60.30
	870	870.20	

$S = 0.9985/\text{viikko}$
 $= 0.92/\text{vuosi}$

$\chi^2 = 0.55$

$P = 0.76$

Merkinnän vaikutus rapujen eloonjäämisosuuteen testattiin nelikenttätestillä Haarajärven Valkjärven merkintä-takaisinpyynti-aineistosta. Ainakaan tässä aineistossa merkintä ei ollut vaikuttanut rapujen eloonjäämisosuuteen (taulukko 27).

 TAULUKKO 27. Merkinnän vaikutus rapujen eloonjäämisosuuteen Haarajärven Valkjärvessä 1980 - 1983. Taulukkoon on yhdistetty tiedot 19.6. - 25.7.1980 merkityistä ravuista.

	Pyydetty myöhemmin	Ei pyydetty myöhemmin	Yhteensä
Ensikertaa pyydettyjä yksilöitä	18	89	107
Uudelleen pyydettyjä yksilöitä	30	108	138
Kaikkiaan pyydetty ja vapautettu yks.	48	197	245
	$\chi^2 = 0.92$		
	$C_e = 0.06$		
	$P = 0.32$		

3.6. Populaation koon kehitys

Seuraavassa (taulukot 28 - 31) esitetään kullekin istutusryhmälle eri arviointimenetelmillä saadut kokonaisarviot.

 TAULUKKO 28. 1. istutusryhmän koon kehitys vuosina 1977 - 1981.

Arviointimenetelmä ja ajankohta	Ryhmän kokoarvio	Keski- virhe	Virhe- taso *
istutus 29.7.1977	500 yks.	-	-
PAULIKin ja ROBSONin (1969) menetelmä:			
2.ryhm.avulla: $\hat{N}$ (4.9.78) = $0.56 \times 500 = 280$	yks.	-	-
3.ryhm.avulla: $\hat{N}$ (10.8.79) = $0.70 \times 500 = 350$	"	-	-
3.ryhm.avulla: $\hat{N}$ (10.8.79) = $0.34 \times 500 = 170$	"	-	-
PETERSENin (1896) menetelmä:			
$\hat{N}$ (10.8.79, naaraat) = $36(16+1)/(4+1) = 122$	yks.	42	>50%
$\hat{N}$ (10.8.79, koiraat) = $28(51+1)/(15+1) = 91$	"	18.5	n. 30%
$\hat{N}$ (29.5.80, naaraat) = $54(40+1)/(34+1) = 63$	"	4	<10%
$\hat{N}$ (17.6.80, koiraat) = $21(13+1)/(4+1) = 59$	"	19	>50%
FISHERin ja FORDin (1947) menetelmä:			
$\hat{N}$ (29.5.80, koiraat) = $17.45(54+1)/(15+1) = 60$	yks.	-	<10%
$\hat{N}$ (17.6.80, koiraat) = $69.07(40+1)/(45+1) = 62$	"	-	<10%
$\hat{N}$ (9.7.80, naaraat) = $6.74(13+1)/(4+1) = 19$	"	-	n. 50%

Yksikkösaaliin perusteella:

Jos $\hat{N}$ (17.6.80, naaraat) oli 59 yksilöä, silloin $\hat{N}$ (17.6.81, naaraat) = $0.16 \times 59 = 10$ yksilöä. Koiraita ei säilynyt hengissä vuoteen 1981.

Ryhmän vähimmäiskoko saaliskirjanpidon perusteella:

29.5.1980 ja sen jälkeen saatiin pyydetyksi 57 koirasta ja 47 naarasta. 10.8.1980 jälkeen näistä saatiin pyydetyksi 7 naarasta ja 29.5.1981 jälkeen samat 7 naarasta.

*(virhetaso): 95 % todennäköisyydellä, $\hat{N} + (\text{virhetaso} \times \hat{N}) < N < N - (\text{virhetaso} \times \hat{N})$

 TAULUKKO 29. 2.istutusryhmän koon kehitys vuosina 1978 - 1982.

Arviointimenetelmä ja ajankohta	Ryhmän kokoarvio	Keski- virhe	Virhe- taso *
istutus 4.9.1978	527 yks.	-	-

PAULIKin ja ROBSONin (1969) menetelmä:

$$3.\text{ryhm. avulla: } \hat{N} (10.8.79) = 0.6 \times 527 = 316 \text{ yks.} \quad - \quad -$$

PETERSENin (1896) menetelmä:

$\hat{N} (10.8.79, \text{naaraat}) = 13(16+1)/(1+1) = 111$	yks.	62	>50%
$\hat{N} (10.8.79, \text{koiraat}) = 18(96+1)/(7+1) = 218$	"	70	>50%
$\hat{N} (29.5.80, \text{naaraat}) = 17(33+1)/(3+1) = 145$	"	61	>50%
$\hat{N} (29.5.80, \text{koiraat}) = 99(36+1)/(22+1) = 159$	"	20	10%

FISHERin ja FORDin (1947) menetelmä:

$\hat{N} (17.6.80, k.) = 67.79(36+1)/(22+1) = 109$	kpl	-	<25%
$\hat{N} (9.7.80, k.) = 74.58(28+1)/(27+1) = 77$	"	-	<25%
$\hat{N} (9.7.-10.8.80, n.) = 14.36(33+1)/(3+1) = 122$	"	-	>50%
$\hat{N} (31.8.-2.9.81, n.) = 17.18(9+1)/(7+1) = 21$	"	-	<50%
$\hat{N} (4.6.82, \text{naaraat}) = 8.75(3+1)/(5+1) = 6$	"	-	>50%

Yksikkösaaliin perusteella:

Jos $\hat{N} (29.5.80, \text{naaraat})$ oli 145 yksilöä, silloin $\hat{N} (29.5.81, \text{naaraat}) = 0.20 \times 145 = 29$ yksilöä.

Jos $\hat{N} (29.5.80, \text{koiraat})$ oli 160 yksilöä, silloin $\hat{N} (29.5.81, \text{koiraat}) = 0.08 \times 160 = 13$ yksilöä.

Saaliskirjanpidon perusteella:

29.5.1980 ja sen jälkeen saatiin pyydetyksi 119 koirasta ja 61 naarasta. 10.8.1980 jälkeen näistä saatiin pyydetyksi 9 koirasta ja 20 naarasta. Viimeinen koirasrapu saatiin syyskuussa 1981 ja viimeiset naaraat kesällä 1982.

Lyhenteet: n.= naaraat, k.= koiraat

*(virhetaso: 95 % todennäköisyys, että
 $\hat{N} + (\text{virhetaso} \times \hat{N}) > N < \hat{N} + (\text{virhetaso} \times \hat{N})$

 TAULUKKO 30. 3. istutusryhmän koon kehitys vuosina 1979 - 1983.

Arviointimenetelmä ja ajankohta	Ryhmän kokoarvio	Keski- virhe	Virhe- taso *
istutus 10.8.1979	241 yks.	-	-

PETERSENin (1896) menetelmä:

$\hat{N}$ (9.7.-25.7.80, n.) = 10 (17+1) / (5+1)	= 30 yks.	9	<50%
$\hat{N}$ (29.5.-19.6.80, k.) = 45 (24+1) / (7+1)	= 140 "	39	n. 50%

FISHERin ja FORDin (1947) menetelmä:

$\hat{N}$ (2.7.-11.7.80, k.) = 39.53 (24+1) / (7+1)	= 124 yks.	-	>50%
$\hat{N}$ (9.7.-25.7.80, n.) = 9.4 (17+1) / (5+1)	= 28 "	-	<50%
$\hat{N}$ (27.5.-15.6.81, k.) = 15.76 (18+1) / (11+1)	= 25 "	-	n. 15%
$\hat{N}$ (15.6.81, n.) = 14.83 (7+1) / (6+1)	= 17 "	-	<50%

Yksikkösaaliin perusteella:

Jos $\hat{N}$ (29.5.80, naaraat) oli 30 yksilöä, silloin $\hat{N}$ (29.5.81, naaraat) = 0.51 x 30 = 15 yksilöä.

Jos $\hat{N}$ (29.5.80, koiraat) oli 140 yksilöä, silloin $\hat{N}$ (29.5.81, koiraat) = 0.47 x 140 = 66 yksilöä.

Ryhmän vähimmäiskoko saaliskirjanpidon perusteella:

29.5.1980 ja sen jälkeen saatiin pyydetyksi 79 koiras- ja 28 naarasrapua. 10.8.1980 jälkeen näistä saatiin pyydetyksi 23 koirasta ja 13 naarasta, ja 27.5.1981 jälkeen 22 koirasta sekä 12 naarasta. Viimeiset koiraat (6kpl) saatiin kesällä 1982 ja viimeinen naaras kesällä 1983.

Lyhenteet: n.= naaraat, k.= koiraat

*(virhetaso: 95 % todennäköisyys, että

$$\hat{N} + (\text{virhetaso} \times \hat{N}) > N < \hat{N} - (\text{virhetaso} \times \hat{N})$$

TAULUKKO 31. Tutkimusjärvessä syntyneiden yli 7 cm:n mittaisten rapujen lukumäärän kehitys vuosina 1981 - 1983.

Arviointimenetelmä ja ajankohta	Ryhmän kokoarvio	Keski- virhe	Virhe- taso *
------------------------------------	---------------------	-----------------	------------------

FISHERin ja FORDin (1947) menetelmä:

$\hat{N}$ (15.7.-29.7.81) = 14.93(16+1)/(4+1) = 51 yks.	-	>50%
$\hat{N}$ (31.8.1981) = 27.68(15+1)/(5+1) = 74 "	-	>50%
$\hat{N}$ (2.6.1982) = 40.2(25+1)/(8+1) = 116 "	-	n. 50%
$\hat{N}$ (28.5.1983) = 60.3(21+1)/(6+1) = 190 "	-	>50%

Saaliskirjanpidon perusteella:

28.5.1983 mennessä saatiin pyydetyksi 73 Haarajärven Valkjär-
vessä syntynyttä rapua. Näistä 51 oli koiraita ja 22 naaraita.

*(virhetaso): 95 % todennäköisyys, että

$$\hat{N} + (\text{virhetaso} \times \hat{N}) > N < \hat{N} - (\text{virhetaso} \times \hat{N})$$

3.7. Poikastuotanto

Lisääntymiskykyisten naaraiden osuus populaatiosta arvioitiin loppukesän ja -syksyn pyynneissä vuosina 1979, 1980 ja 1981. Syksyllä 1979 matuureja limarauhasellisia naaraita oli 76 % ja kahtena seuraavana syksynä kunpanakin 82 % saaliiksi saatujen naaraiden kokonaismäärästä. Kuitenkin 1. istutuserän naaraista oli syksyllä 1980 enää 50 %:lla limarauhaset kehittyneet.

54 % kesällä 1980 ja 55 % kesällä 1981 saaliiksi saaduista naaraista oli sellaisia, joilla oli tai oli ollut kyseisenä vuonna mätiä pyrstön alla. Ero sukukypsien naaraiden prosenttiosuudessa saaliissa syksyllä ja keväällä johtunee mätiä kantavien naaraiden heikentyneestä pyydystettävyydestä.

29.5. - 31.5.1980 saatiin pyydetyksi 24 mätiä kantavaa naarasta, jotka otettiin mädin haudontaa varten talteen minkkiverkkosump-puihin. Yksilöllisiin haudontaputkiin ne siirrettiin 19.6.1980. Poikasten kuoriutuminen alkoi 2.7. ja viimeiset 2. asteen poikaset irrottautuivat emostaan 9.7.1980.

Poikaskuolleisuus haudonnan yhteydessä oli erittäin suuri. Emon pyrstön alta irronneista poikasista ja jäljelle jääneistä laske tuista mätimunista saatiin 26 % elävinä 2. asteen poikasina, 13 % kuolleina 2. asteen poikasina, 56 % 1. asteen poikasina ja 5 % kuolleina tai hedelmöittymättöminä mätijyvina.

Poikasten ja kuoriutumattomien mätijyvien yhteenlasketut määrät olivat 8 - 10 cm mittaisilla ravuilla (n = 12, keskipituus 9.0 cm) keskimäärin 29 kpl / naaras ja yli 10 cm mittaisilla ravuilla (n = 12, keskipituus 10.5 cm) keskimäärin 57 kpl / naaras.

19.6.1980 saatiin pyydetyksi 7 mätinaarasta, joiden mätimäärä arvioitiin silmämääräisesti, minkä jälkeen ravut palautettiin pyyntipaikoilleen. Näillä naarailta arvioitiin olevan keskimäärin n. 50 % siitä mätimäärästä, joka mahtuisi niiden pyrstön alle. Kesällä 1981 uusittiin haudontakoe siten, että naaraiden mätimäärät arvioitiin myös silmämääräisesti ennen sumputusta. Tällä menet telyllä pyrittiin arvioimaan irtoaako mätiä sumputuksen aikana.

Keväällä 1981 saatiin pyydetyksi 14 mätiä kantavaa naarasta. Pyyntin yhteydessä arvioitiin mätimäärä 10 eri yksilöltä. Niillä arvioitiin olevan keskimäärin 75 % suurimmasta mahdollisesta mätimäärästä. Lisäksi neljältä ravulta mätimäärä laskettiin kap paleen tarkkudella, koska niillä oli keskimäärin vain 12 munaa / naaras. Näitä naaraita ei otettu haudontakokeeseen. Muut 10 naaras ta laitettiin minkkiverkkosumppuihin ja 23.6. ne siirrettiin yksi löllisiin putkisumppuihin. Kuoriutuminen alkoi 10.7. ja viimeiset poikaset olivat irronneet 21.7. mennessä. Haudonnan aikana 5 naarasta karkasi, joten haudontatulokset saatiin vain 5 yksilöstä.

Poikasten ja kuoriutumattomien mätijyvien yhteenlaskettu määrä

vuoden 1981 haudontakokeessa oli keskimäärin 16 kpl / naaras. Näistä 45 % saatiin elävinä 2. asteen poikasina, 24 % kuolleina 2. asteen poikasina, 20 % kuolleina 1. asteen poikasina ja 11 % kuolleina tai hedelmöittymättöminä mätijyvinä.

Pyrstön alla oleva mätimäärä keväällä oli selvästi tavanomaista alhaisempi. Keväällä 1981 saadusta 14 mätinaaraasta 40 %:lla oli pyrstön alla vähemmän kuin 50 % suurimmasta mahdollisesta mätimäärästä. Vuonna 1980 mätimääriä ei arvioitu ennen haudontaa mutta haudontatulokset osoittaa, että 40 %:lla naaraista haudontatulokset oli erittäin heikko, keskimäärin 16 poikasta / naaras, ja lopuilla 60 %:lla selvästi parempi, keskimäärin 61 poikasta / naaras. Erot haudontatuloksessa eivät liittyneet emoravun kokoon.

Poikastuotannon selvittämiseksi eri vuosina arvioitiin kustakin istutuserästä poikasten kuoriutumisen aikoihin elossa olevien sukukypsien naaraiden määrät. Lisäksi arvioitiin vuodesta 1981 lähtien myös järvessä syntyneiden sukukypsyyden saavuttaneiden naaraiden määrät (taulukko 32). Naaraista 80 %:n oletettiin lisääntyvän kunakin vuonna. Kuitenkin yli 10.5 cm ja alle 8.5 cm mittaisista naaraista oletettiin lisääntyvän 60 %.

 TAULUKKO 32. Arvio lisääntymiskykyisten rapunaaraiden määristä Haarajärven Valkjärvessä vuosina 1978 - 1983.

Lisääntymis- vuosi	1.istutus- ryhmä	2.istutus- ryhmä	3.istutus ryhmä	Järvessä syntyneet
1978	150			
1979	90	130		
1980	20	90	20	
1981	2	25	15	15
1982	-	2	8	50
1983	-	-	2	80

Emokohtaiset elävien 2. asteen poikasten määrät arvioitiin riippuvaisiksi emon koosta seuraavan taulukon mukaisesti:

TAULUKKO 33. Arvio eri kokoisten emorapujen tuottamista elävien 2. asteen poikasten määristä.

Emon pituus (cm)	Poikasten määrä
8.5	15
9.0	23
9.5	30
10.0	37
10.5	45

Edellä selostetuin perustein saadaan Haarajärven Valkjärven rapukannan poikastuotantoarvioksi 1500 - 6600 poikasta vuodessa vuosina 1978 - 1983 (taulukko 34).

TAULUKKO 34. Haarajärven Valkjärven poikastuotantoarvio vuosille 1978 - 1983.

Vuosi	1.istutus-ryhmä	2.istutus-ryhmä	3.istutus-ryhmä	Järvessä syntyneet	Yht.
1978	4500				4500
1979	3600	3000			6600
1980	500	2800	300		3700
1981	100	750	400	250	1500
1982	-	100	250	1250	1600
1983	-	-	100	2500	2600

Kun käytetään FISHERin ja FORDin (1947) menetelmällä saatuja estimaatteja järvessä syntyneiden pyyntikokoisten rapujen eloonjäämisasteesta ja populaation koosta vuosina 1981 - 1983, voidaan arvioida karkeasti poikasten eloonjäämisosuus 3 ensimmäisen ikävuo-

den aikana. Vuonna 1978 syntyneistä arviolta 4500 poikasesta oli arviolta 74 hengissä 31.8.1981. Eloonjäämisarvio kolmen vuoden

jaksolle oli siis $74:4500 = 0.016$. Vuodesta 1981 vuoteen 1982 eloonjäämisosuus oli 0.92 eli n. 68 säilyi hengissä seuraavaan vuoteen. Pyyntikokoisten populaatio 2.6.1982 oli 116 rapua, joten 1979 vuosiluokkaa oli jäljellä $116-68 = 48$ rapua ja eloonjäämisarvio 3 ensimmäiselle vuodelle $46:6600 = 0.007$. Edelleen samalla periaatteella laskien 3 ensimmäisen elinvuoden eloonjäämisarvio 1980 vuosiluokalle oli $83:3700 = 0.022$.

Populaation koon arviot vuosille 1982 ja 1983 koskivat touko-kesäkuun vaihteen tilannetta, jolloin kaikki 2+ vuotiaat eivät olleet vielä pyyntikokoisia. Tämä lienee keskeinen osatekijä suuriin eroihin vuosiluokkien 1979 ja 1980 eloonjäämisosuuden arvioissa. Yhdistettäessä vuosiluokat 1978 - 80 saadaan eloonjäämisasteen keskiarvoksi $(74+46+83) / (4500+6600+3700) = 0.014$.

3.8. Predaatio

Järven kalastoon kuuluivat ahven, muikku, ankerias, sekä peled- ja planktonsiika. Näistä lajeista pääteltiin kirjallisuustietojen perusteella potentiaalisiksi predaattoreiksi ankerias ja ahven.

Vuonna 1976 saatiin 2 ankeriasta ja v. 1977 yksi ankerias, mutta myöhemmin niitä ei tavattu lukuisista siimapyyntiyrityksistä huolimatta, joten ankerioiden aiheuttamaa predaatiota voidaan pitää epätodennäköisenä tai ainakin vähäisenä. Ahvenpopulaatio oli tiheä. Vuosittaiset ahvensaaliit vaihtelivat 2 kg:sta 18.5 kiloon hehtaarilta keskimääräisen saaliin v. 1977 - 1981 ollessa 8.2 kg hehtaarilta vuodessa. Järven ahvenet olivat ilmeisesti kannan tiheydestä johtuen pienikokoisia. Ahventen keskikoko saaliissa vaihteli vuosittain 14 ja 26 g välillä. Suurimmat tavatut yksilöt olivat n. 100 g painoisia.

Ahvenet olivat siksi pienikokoisia, että ne eivät todennäköisesti kyenneet käyttämään istutettuja rapuja ravinnokseen. Sen sijaan ahventen arveltiin olevan merkittäviä predaattoreita ravun poikasille. Predaation arvioimiseksi kerättiin 11.6. - 25.7.1980 saa-

liiksi saaduista ahvenista suurimmat, yhteensä 187, ja tutkittiin niiden vatsalaukku ja suolisto. Yleisimpiä ravintokohteita ahvenilla olivat vesiperhostoukat, vesisiirat, surviaissääskien toukat, planktonäyriäiset ja pikkukalat. Tutkituista kaloista 15 % oli tyhjämahaisia.

Tutkittujen ahventen ravinnosta löytyi vain yksi ravun poikanen.

Tutkittujen ahventen arvioitiin edustavan noin 10 - 20 prosenttia yli 10 g painoisten ahventen populaatiosta. WINDELLin (1978) esittämien taulukoiden perusteella arvioitiin, että ravun poikasen kulkeminen ahvenen ruoansulatuskanavan läpi kestää n. 20 asteen lämpötilassa 2 - 4 vuorokautta. Jos ahvenpredaatio vastasi keskimäärin havaittua tasoa, voidaan karkeasti arvioida ahventen syöneen kesäkuukausina n. 35 - 150 ravun poikasta kuukaudessa.

Jälkiä salaravustuksesta järvellä ei havaittu. Myöskään merkkejä lintujen tai nisäkkäiden aiheuttamasta predaatiosta ei havaittu lukuunottamatta yhtä minkkiä, joka löydettiin rapumertaan hukku-neena heinäkuussa 1980.

Petohyönteisten aiheuttaman kuolleisuuden arveltiin olevan melko suurta rapujen ensimmäisellä kasvukaudella, koska rantavesissä havaittiin suuria määriä sukeltajakuoriaisten ja sudenkorentojen toukkia sekä petomaisia vesiperhostoukkia.

4. TULOSTEN TARKASTELU

4.1. Kasvu ja kuorenvaihto

Pituuskasvu kuorenvaihtoa kohden, koiraille keskimäärin 9.6 mm ja naarailla keskimäärin 6.1 mm, oli Haarajärven Valkjärvellä (61. leveyspiiri) poikkeuksellisen nopeaa. ABRAHAMSSON (1972) esittää ravun kasvutuloksia neljästä ruotsalaisesta eri leveysasteilla sijaitsevasta vesistöstä. Näistä ainoastaan eteläisimmässä, 58. leveyspiirillä sijaitsevassa järvessä rapujen kasvu kuorenvaihtoa kohden oli yhtä nopeaa kuin Haarajärven Valkjärvessä. Taalainmaalla, Iskanjoessa (61. leveyspiiri) keskimääräinen pituuskasvu kuorenvaihtoa kohden oli koiraille 6.7 mm ja naarailla 4.2 mm. Ljunganjoella (62. leveyspiiri) kasvunlisäykset olivat hieman suurempia, koiraille 8.1 mm ja naarailla 5.5 mm. MALMQVIST (1976) havaitsi Immeln-järvessä (leveyspiiri?) koirasrapujen pituuskasvun vaihtelevan 5.4 mm ja 6.7 mm välillä kuorenvaihtoa kohden.

Kasvunopeutta voidaan arvioida myös sukukypsyyden tai pyyntikoon saavuttamisiin perusteella. Haarajärven Valkjärvellä ravut saavuttivat sukukypsyyden 3. tai 4. syksynään ja 10 cm pyyntikoon 4 - 5 -kesäisinä. Naaraat lisääntyivät ensi kertaa 3- tai 4-vuotiaina. Eri sukupuolten kasvunopeudessa ei havaittu eroja 3. ensimmäisen kasvukauden aikana. WESTMANin ja PURSIAISEN (1980) mukaan Lopen Raudanjoella naaraat saavuttivat 8 cm pituuden ja sukukypsyyden vasta 5. tai 6. kesänään. Laillisen pyyntikoon saavuttivat koiraat 8 - 9 -vuotiaina ja naaraat 9 - 10 -vuotiaina. Myös Kurun Järvenpääkoskessa (WESTMAN 1978) rapujen kasvu oli selvästi hitaampaa kuin Haarajärven Valkjärvessä. Koiraat saavuttivat 8 cm pituuden 5-kesäisinä ja naaraat 6-kesäisinä tai vanhempina. Parhaat kasvutulokset Suomessa on julkaissut HOIKKALA (1974). Hän selvitti mertapyynnin avulla kootusta aineistosta tehdyn kasvukäyrän perusteella rapujen kasvua Temmesjoessa. Temmesjoen ravut saavuttivat 8 - 9 cm pituuden 4. kesänään ja laillisen 10 cm pyyntikoon 6. kesänään. WESTMAN (1978) epäilee, että HOIKKALAN aineistossa on voitu arvioida ikäryhmät väärin. Tuntuuhan oudolta, että Temmesjoen rapujen kasvunopeus olisi samaa luokkaa

kuin JÄRVEKÜLGin (1958) tutkimien, 700 - 800 km etelämpänä sijaitsevien Eestin järvien ja jokien kaikkein nopeakasvuissimmissa rapukannoissa. Myös ABRAHAMSSONin (1971b) kasvutulokset Skånesta, Röglen lammikoista ja CUCERZISin (1975) kasvutulokset liettualaisesta pienjärvestä ovat samaa tasoa Temmesjoen kasvutulosten kanssa. Röglen kanta oli hyvin tiheä, liettualaisjärven kanta sen sijaan oli harva. Haarajärven Valkjärven tulokset osoittavat, että HOIKKALAN saamat kasvutulokset ovat mahdollisia.

ABRAHAMSSONin (1972) mukaan veden lämpötila, ravinnon määrä ja populaation tiheys ovat tärkeimmät rapujen kasvunopeuteen vaikuttavat seikat. Haarajärven Valkjärven ja Temmesjoen kasvutulosten perusteella vaikuttaa siltä, että kasvukauden pituus ja veden keskilämpötila eivät olisi niin keskeisellä sijalla rapujen kasvunopeuden määräytymisessä luonnonvesissä kuin yleensä on otaksuttu. Ilmeisesti ravinto on luonnonvesissä useimmin kasvua rajoittava tekijä. Kovin nopeaa kasvua ei ole raportoitu luonnonvesistä ehkä siksi, että tutkitut rapuvesistöt ovat olleet lähes poikkeuksetta karuja vesiä. Ravinnon keskeistä asemaa rapujen kasvunopeuden säätelijänä tukee myös ABRAHAMSSONin (1971c) havainto, että jos rapuja siirretään suuren raputiheyden omaavasta vesistöstä toiseen vesistöön, jossa veden keskilämpötila on alhaisempi mutta aiempaa rapukantaa ei ole, on kasvu nopeampaa ravinnon runsaudesta johtuen. Populaation tiheys ilmeisesti vaikuttaa kasvuun lähinnä ravintotilannetta heikentämällä, saavutetaanhan ravun viljelyssä lisäravintoa käyttämällä nopea kasvu suuresta yksilötiheydestä huolimatta (esim. BEHRENDT 1986, FÜRST 1986). Mikäli raputiheys kasvaa kovin suureksi saattaa kasvu hidastua voimakkaasti ja lopulta lähes pysähtyä (HÜNER ja LINDQVIST 1987).

Rapu kasvaa kohtalaisesti myös viileässä vedessä. Tämä havaittiin LAHDEN ja IKÄHEIMON (1980) kokeissa, joissa järvessä koeoloissa kasvatettujen yksikesäisten ravunpoikasten pituuskasvu jatkui lokakuun lopulle, jolloin veden lämpötila oli 5 astetta. Absoluuttinen painon lisääntyminen oli vielä lokakuussa yhtä nopeaa kuin kesällä vaikka lämpötila oli vain 5 - 7 °C.

Voidaanko Haarakjärven Valkjärven kasvutuloksia pitää rapukantojen perustamisvaiheelle tyypillisinä vai olivatko kasvuolosuhteet tavanomaista suosiollisemmat? Suojaisesta sijainnistaan johtuen järvi lämpökerrostui nopeasti kevätkesällä, joten lämpöoloiltaan se ehkä vastasi keskimäärin hieman eteläisempiä järviä. Haarakjärven Valkjärvelle tunnuksenomainen piirre on erittäin runsas Fontinalis antipyretica -kasvusto, jonka pinnalla elää runsaslukuinen vesiselkärangattomien muodostama eläimistö. Runsaslukuisimpia eläinryhmiä vesisammalkasvustossa olivat vesiperhosten ja surviaissääskien toukat, vesisiirat ja kotilot. Nämä kaikki ryhmät ovat ABRAHAMSSONin (1966) ja TCHERKASHINAN (1977) mukaan ravuille mieluisia ravintokohteita. Saattaa olla, että runsas vesisammalkasvusto mahdollisti huomattavasti tavanomaista suuremman vesiselkärangattomien tuotannon. Tätä olettamusta tukee järven korkeaksi havaittu kalatuotanto. Edellä selostetuin perustein voidaan olettaa, ettei vastaavilla leveysasteilla suoritetuissa rapuistutuksissa voida keskimäärin saavuttaa yhtä suurta kasvunopeutta kuin Haarakjärven Valkjärvellä. Sen sijaan rehevissä ja runsastuottoisissa vesistöissä saavutetaan todennäköisesti vastaavia kasvutuloksia.

Vaikka rapujen kasvunopeus Haarakjärven Valkjärvessä oli poikkeuksellisen suuri, vaihtoivat yli 9 cm mittaiset ravut kuortaan pääsääntöisesti vain kerran vuodessa. JÄRVEKÜLGin (1958) mukaan Eestin vesissä pyyntikokoiset ravut vaihtoivat kuortaan yleensä kahdesti vuodessa.

Mikä on syynä siihen, että ravut kasvoivat 9 cm kokoon asti Haarakjärven Valkjärvessä selvästi nopeammin kuin Eestin vesissä, mutta tämän koon saavuttamisen jälkeen kasvunopeus oli suurempi Eestissä? Eräs mahdollinen selitys voisi olla pienten rapujen hyvä kasvupotentiaali alhaisissa lämpötiloissa. Saattaa myös olla, että vesisammal- ja eläinravinto eivät ole yhtä hyviä ravintolähteitä suurille ravuille kuin vesiputkilokasvit, joita Haarakjärven Valkjärvessä oli niukasti. ABRAHAMSSONin (1966) mukaan makrofyyttien määrällä on selvä vaikutus rapujen kasvuun. Rapujen suosikkiravintokasveiksi on kirjallisuudessa (ABRAHAMSON 1966, WESTMAN ja NYLUND 1985) esitetty mm. Myriophyllum, Elodea, Potamogeton ja Lysimachia

-sukujen putkilokasveja sekä viherleviä ja näkinpartaisia.

Useissa tutkimuksissa on todettu rapujen siirtyvän eläinravinnosta kasviravintoon yksilön koon kasvaessa (mm. JÄRVEKÜLG 1958, ABRAHAMSSON 1966, MASON 1974 ja TCHERKASHINA 1977). Tämä ei välttämättä aiheudu siitä, että kasviravinto olisi mieluisampaa kuin eläinravinto. MASON (1974) havaitsi, että jos täpläravuille (Pacifastacus leniusculus) tarjottiin hyönteisravintoa ja tuoreita tai hajonneita lehtiä, ravut valitsivat hyönteisravinnon. On mahdollista, että ravut muuttuvat kasvaessaan kömpelöiksi, eivätkä saa pyydetyksi nopeasti liikkuvia eläimiä kuin vähäisiä määriä. ABRAHAMSSON (1966) totesi Röglen lammikoissa nimenomaan hidasliikkeisten eläinten, kuten juotikkaiden ja kotiloiden, hävinneen lähes tyystin rapukannan voimistuttua.

TCHERKASHINAN (1977) mukaan ravinnon hyväksikäyttökyky heikkeni kapeasaksiravulla (Astacus leptodactylus) ravun koon kasvaessa. Alle 5 cm mittaisilla ravuilla ravinnon nettomuuntotehokkuus oli n. 60 %, mutta 5 - 10 cm mittaisilla vain 17 %. Myös suurempien rapujen ravinto koostui pääasiassa selkärangattomista eläimistä.

Kenties eläinravinnon hyväksikäyttökyvyn heiketessä ravun ei kannata käyttää energiaa vaikeasti tavoitettavan hyönteisravinnon pyydystämiseen, jos kasviravintoa on tarjolla.

4.2. Elinpaikan valinta

WESTMANin (1981b) mukaan: " Parasta rapuveden pohjaa on liejuton, kiinteä pohja. Pehmeällä lieju- tai mutapohjalla rapu ei viihdy, eikä myöskään paljaalla kalliopohjalla eikä hiekkarannoilla tai tasaisilla matalilla alueilla. Niiltä se ei löydä suojapaikkoja eikä pysty niitä itse kaivamaan. Se näyttää myös karttavan soistuvia rantoja, joiden sammalpeite ulottuu syvään veteen asti, samoin tiheää vesikasvillisuutta, esim. vesiruttoa ja ärviää. Niillä sen on vaikea liikkua. Tärkeintä on pohjan laatu 0 - 3 metrin syvyydessä." ABRAHAMSSON ja GOLDMAN (1970) havaitsivat

Tahoe-järvessä keskikokoisista kivistä koostuvat pohjat täplärapujen parhaimmiksi biotoopeiksi. KLOSTERMAN ja GOLDMAN (1983) tekivät laboratoriokokeita täpläravuilla parhaan biotoopin löytämiseksi. Paras biotooppi kokeissa oli eri kokoisista kivistä koostuva pohja.

Haarajärven Valkjärvessä elinpaikan valinnasta saadut tulokset noudattavat varsin yksityiskohtaisesti yllä esitettyjä havaintoja, erityisesti WESTMANin (1981b) kuvausta. Tärkeimpiä elinpaikan valintaan vaikuttavia tekijöitä olivat pohjan viettävyys rannan läheisyydessä sekä pohjan kovuus. Jyrkimmin viettävät pohja-alueet olivat myös kovapohjaisia, joten ratkaiseva tekijä näytti olevan pohjan kovuus. Yli 2 metrin syvyydessä jyrkästi viettävätkin pohja-alueet olivat pehmeäpohjaisia, eikä rapuja tavattu.

Sitä, johtuiko vesisammalen vähäinen määrä parhailta pyyntialueilla rapujen laiduntamisvaikutuksesta, kuten Röglen lammikoissa (ABRAHAMSSON 1966), ei pystytty osoittamaan, sillä sammalen peittävydestä ei ollut tarkkaa muistikuvaa tai dokumentointia rapujen istuttamista edeltäneeltä ajalta.

4.3. Pyydystettävyys

Kappaleessa 2.7.2. todettiin, että pyynnin satunnaisuusoletus toteutuu harvoin. Lammikkokoe näytti, että jopa elo-syyskuussa, jolloin rapujen pyydystettävyys on parhaimmillaan, vaihteli pyydystettävyys suuresti. Ravun "sosiaalisen aseman" ja ravun ulkoisten tekijöiden, kuten säätilan, lisäksi näytti pyydystettävyyteen vaikuttavan jokin tai joitakin "ravun sisäisiä pyydystettävyystekijöitä", joita ei pystytty tunnistamaan mutta joiden arveltiin liittyvän ruoansulatusnopeuden määräämään jaksottaiseen ravinnonottoon sekä kuorenvaihdon aiheuttamaan pitempajaksoiseen aktiivisuusvaihteluun. Tällaisen "sisäisen pyydystettävyyden" tutkiminen vaatisi pitempiaikaisia ja perusteellisempia kokeita, jotka kuitenkin antaisivat arvokasta tietoa mm. kannanarviointia ja ravun viljelyä varten.

Pyyntijakson alku- ja loppupuolella saatiin pyydetyksi selvästi eri yksilöitä. Koska ravun kokoon, sukupuoleen tms. helposti havaittavaan ominaisuuteen perustuvia ryhmäkohtaisia aktiivisuuseroja ei havaittu, täytyy rapujen eriaikaisen aktiivisuuden aiheutua em. "sisäisistä pyydystettävyystekijöistä". Eräs mahdollinen selitys eriaikaiseen pyydystettävyyteen on opitun pyydyspakoisuuden kehittyminen pyyntijakson aikana. Pyyntijakso oli kuitenkin liian lyhyt, jotta pyydyspakoisuuden kehittymistä olisi voitu testata.

Lammikkokokeen pyydystettävyytuloksissa oli silmiinpistävää, että kaikkein aktiivisimmat ja parhaiten pyydystettävät yksilöt olivat suurikokoisia naaraita. Havaittivathan mm. BROWN ja BREWIS (1979) ja ABRAHAMSSON (1971a) päinvastoin koiraiden olevan parhaiten pyydystettävissä. Kyse saattaa olla siitä, että ylipäänsä aktiivisimmat yksilöt ovat sukupuolesta riippumatta mertahakuksia. Käsitys, jonka mukaan naaraiden pyydystettävyys olisi heikompi, koska naaraat eivät pienemmän painonsa ja pienempien saksiansa vuoksi kykene puolustamaan "oikeuksiaan", vaikuttaa väärältä. Pikemminkin koetulokset viittaavat siihen, että mertoihin pääsevät ne yksilöt, jotka ovat riittävän suuria uhmaamaan muita mertaan pyrkijöitä ja merrassa jo olevia rapuja ja jotka sen lisäksi ovat riittävän sinnikkäitä pyrkimään mertaan. Tämän sinnikkyuden määrää ravun "sisäinen pyydystettävyys" (vulnerability), joka tuntemattomasta syystä oli suurin naarasravuilla.

Rapujen pituuden ja pyydystettävyyden välinen riippuvuussuhde oli selkeä. Tämä suhde saattaa kuitenkin muuttua vuodenajan tai populaatiotiheyden mukaan. Koelammikon raputiheys oli korkea, 3 rapua neliömetrillä, ja ravintokilpailu voimakasta, joten voidaan olettaa yksilökoon vaikutuksen pyydystettävyyteen olleen suurimmillaan. Näin ollen PAULIKin ja ROBSONin (1969) menetelmällä saadut eloonjäämisosuuden arviot, jotka perustuivat pituuden mukaan tehtyyn pyydystettävyysskorjaukseen, saattavat olla aliarvioita.

4.4. Eloonjäämisosuus

Istukkaiden eloonjäämisosuus oli korkea (0.5 - 0.7 / vuosi) 1 - 2 istutusta seuraavana vuotena, minkä jälkeen kuolleisuus lisääntyi voimakkaasti. Ravut olivat istutuspituudeltaan 7 - 9.5 cm. CUCERZIS (1975) tutki vastaavan mittaisten rapujen eloonjäämisosuutta pienessä liettualaisessa järvessä. Eloonjäämisosuus oli 7 cm ravuilla 0.5, 8 cm ravuilla 0.7, ja 9 cm ravuilla 0.15 / vuosi, mitkä arvot vastaavat melko tarkasti Haarakjärven Valkjärven vastaavia arvoja.

Yli 9 cm mittaisten rapujen voimakkaasti lisääntynyt kuolevuus näyttää olevan yleinen ilmiö. Tutkittaessa kirjallisuudessa esitetyjä rapujen kokojakaumia, havaittiin useissa populaatioissa (esim. CUCERZIS 1975, WESTMAN 1978, WESTMAN ja PURSIAINEN 1980) rapujen vähenevän voimakkaasti pituuden ylittäessä 9 cm. Markku Pursiainen kertoi havainneensa saman ilmiön tutkimuksissaan Kuhmoisten Vuorijärvellä, missä rapupopulaation dynamiikkaa on tutkittu jo yli 10 vuoden ajan. Mitkä tekijät aiheuttavat lisääntyneen kuolevuuden 9 - 10 cm koossa? Olisiko esim. kyse stressitekijöistä, joita vanhat ravut eivät siedä yhtä hyvin kuin nuoremmat? Haarakjärven Valkjärvessä stressiä aiheuttavia tekijöitä voisivat olla mm. vedenlaatutekijät sekä mahdollisesti Psorospermium haeckeli-loinen. NYLUNDin (1986) mukaan tätä loista on esiintynyt Lopen Valkjärvessä, josta Haarakjärven Valkjärven ensimmäisen istutuserän ravut olivat peräisin. Loisen vaivaamille rapuvesille on tyypillistä suurien rapujen vähäisyys sekä rapujen lisääntynyt kuolevuus kuorenvaihtojen yhteydessä.

Valitettavasti tieto loisen esiintymisestä Lopen Valkjärvessä saatiin vasta kun Haarakjärven Valkjärven rapukanta oli jo tuhoutunut, eikä loisen esiintymistä järvessä pystytty enää varmistamaan.

Mikäli rapujen voimakkaasti lisääntynyt kuolevuus 9 - 10 cm koossa on yhtä yleistä kuin kirjallisuustietojen perusteella näyttää, kannattaisi Suomessakin harkita siirtymistä Ruotsin mallin mukaiseen 9 cm alamittaan, jotta raputuotannosta saataisiin hyödynnettyä

suurempi osa.

Kirjallisuustietoihin verrattuna rapujen eloonjäämisosuutta Haarakjärven Valkjärvestä vuosina 1977 - 1979 on pidettävä hyvänä. Samaa suuruusluokkaa olevia arvioita on CUCERZISin (1975) lisäksi esittänyt BREWIS (1979) Austropotamobius pallipes -ravulla. Hän arvioi talviaikaisen kuolevuuden olleen yli 2.5 cm rapujen populaatiossa 1.42 % / viikko ja kasvukauden aikaisen kuolevuuden 1.56 % / viikko. Kuorenvaihtojen aikaan kuolevuus oli yli 5 cm ravuilla 3.4 - 11 % / viikko ja 2.5 - 5 cm ravuilla 20 - 30 % / viikko. Myös Haarakjärven Valkjärvellä saatiin viitteitä siitä, että talviaikaan kuolevuus olisi vähäisempää kuin kasvukauden aikana. Selvästi edellä esitettyjä alhaisempia eloonjäämisosuuden arvioita löytyi HOGGERin (1986) esittämästä taulukosta, johon oli koottu eri lähteistä ravun ja täplärapun eloonjäämisosuuden arvioita. Olosuhteista riippuen eloonjäämisosuus vaihteli aikuisilla ravuilla luonnon ympäristöissä välillä 0.11 - 0.37 / vuosi ja poikasilla 0.21 - 0.61 / vuosi. Myös MASON (1974) esitti metsäpuron ravuille alhaisia eloonjäämisosuuden arvoja. Kasvukauden aikana 8 cm mitaisten täplärapujen eloonjäämisosuus oli vain 0.6 - 0.75 / kuukausi, ja se heikkeni tasaisesti kasvukauden loppua kohti.

Elokuulta 1979 kesäkuulle 1980 oli rapujen kuolevuus Haarakjärven Valkjärven kaikissa istutusryhmissä suurempaa kuin vuosina 1977 - 1979. Lisääntynyt kuolevuus saattoi aiheutua minkkien saalistuksesta, suurilla ravuilla "vanhuuden heikkoudesta" ja erityisesti 3. istutusryhmän ravuilla suurempien rapujen kannibalismista. Ensimmäisen ja kolmannen istutusryhmän naaraiden kuolevuus oli selvästi saman ryhmän koiraiden kuolevuutta korkeampi elokuulta 1979 toukokuulle 1980. Sen sijaan kesällä 1980 oli koiraiden kuolevuus kaikissa ryhmissä huomattavasti korkeampi kuin naaraiden. Koska eri sukupuolten kuolevuus näytti vaihtelevan rapujen kuorenvaihtojankohtien mukaan, arvioitiin todennäköisimmiksi lisääntyneen kuolevuuden syiksi epäonnistuneet kuorenvaihdot, jotka saattoivat johtua mm. liiallisesta veden happamuudesta tai Psorospermium haeckeli -loisesta.

Happamassa vedessä ravun kalkin saanti vedestä heikkenee ja kuoren

kovettuminen hidastuu (MALLEY 1980). Tällöin kannibalismi saattaa lisääntyä. Tähän viittaa FRANCEN (1983) havainto valkopyrstötaudin yleistymisestä veden happamoituessa. Hän epäili, että ravut olisivat happamissa vesissä alttiimpia myös bakteeri- ja sienitaudeille, koska kalkin puutteessa ravun kuori jää normaalia ohuemmaksi ja rikkoutuu helposti. On mahdollista, että veden happamuus on heikentänyt rapujen eloonjäämisosuutta Haarakjärven Valkjärvellä vuosina 1979 - 1981. Valitettavasti veden pH-arvoa ei mitattu kasvukausilla 1979 ja 1980 eikä kevättalvella 1980. Keväällä 1981 mitattiin toistaiseksi alhaisin pH-arvo (5.3). Kasvukaudella 1980 ei huomattu tehdä pH-mittauksia, koska kevättalvisten näytteenottojen perusteella ei happamuus näyttänyt vaihdelleen kovinkaan suuresti.

Rapujen eloonjäämisosuus voi suotuisissa olosuhteissa olla selvästi parempikin kuin 0.5 - 0.7 / vuosi, esim. Evon kalanviljelylaitoksen emorapulamikoissa keskikooltaan 8 - 9 cm mittaisten emorapujen vuosittainen eloonjäämisosuus on ollut 1980 luvulla yleensä 0.7 - 0.90 (J. TULONEN, suullinen tiedonanto). Myös Haarakjärven Valkjärvessä syntyneiden pyyntikokoisten rapujen eloonjäämisosuus vuosina 1981 - 1983 oli erittäin korkea (0.92 / vuosi). Tämä johtui todennäköisesti vähäisestä kannibalismista erittäin harvassa populaatiossa, sekä kenties veden happamuuden vähentymisestä tai istukkaita paremmasta sopeutumisesta järven vedenlaatutekijöihin.

TCHERKASHINA (1977) arvioi kapeasaksiravulla (Astacus leptodactylus) 1. kasvukauden eloonjäämisosuudeksi Don-joessa 0.1 / vuosi. MOMOT ja GOWING (1974) arvioivat 15 % Orconectes virilis -ravun vastakuoriutuneista poikasista selviytyneen 1- vuotiaiksi. Ruotissa vastakuoriutuneilla täpläravun poikasilla tehdyissä istutuksissa on todettu ensimmäisen kasvukauden aikaisen kuolevuuden olevan erittäin suuri (WESTMAN ja NYLUND 1985). On ilmeistä, että luonnonoloissa yleensäkin ensimmäisen kasvukauden kuolevuus on luokkaa 80 - 90 %. Tällöin, jotta kuoriutuvista poikasista 1 - 5 % (WESTMANin ja NYLUNDin (1985) arvio) saavuttaisi sukukypsyyksiään, olisi rapujen eloonjäämisosuuden 1-kesäisestä lisääntymisikään oltava keskimäärin 0.5 - 0.7 / vuosi, sukukypsyyden saavuttamisestä riippuen.

4.5. Predaatio

Rappujen pahimpana vihollisena on yleensä pidetty ankeriasta (WESTMAN ja NYLUND 1985). LAHTI (1977) pitää kuitenkin madetta pahimpana predaattorina. Myös muut petokalat, kuten hauki (KÄNNÖ 1971) ja petomaiset lohikalat (MOMOT 1967a) voivat verottaa voimallisesti rapukantaa. Koska ainoita tutkimusjakson aikana Haarakjärven Valkjärnessä tavattuja petokaloja olivat pienikokoiset ahvenet, eivät kalat ole voineet aiheuttaa huomattavaa kuolleisuutta rapuistukkaiden keskuudessa. Myöskään rapuja syöviä vesilintuja ei järvellä pesinyt eikä niitä tavattu tilapäisinä vierailijoinakaan. Sen sijaan vuonna 1980 järveltä tavattu minkki on saattanut aiheuttaa huomattavaakin kuolleisuutta, sillä WESTMANin (1971) mukaan GERELL (1967) havaitsi tutkimuksissaan rapujen muodostaneen 3 eri tutkimusalueella yli puolet minkkien käyttämästä ravinnosta. Runsaimmin minkit saalistivat rapuja alueilla, joilta niitä oli helppo pyytää. Tällaisia alueita olivat matalat puro- ja jokiuomat. Järviympäristössä rapujen osuus minkin ravinnossa ei ylittänyt 50 prosenttia. Vaikutti siltä, että minkit eivät olisi aiheuttaneet kovin suurta kuolleisuutta Haarakjärven Valkjärvellä, sillä rantapenkoilta tai -kiviltä ei löytynyt rapujen jätteitä tai minkin ulosteita. Muilla koeravustusjärvillä, joilla minkkejä oli tavattu, tällaisia jätteitä oli helposti havaittavissa.

SVÄRDSON ja DAHLSTRÖM (1968) pitävät ahventa vastakuoriutuneiden rapujen pahimpana vihollisena. Haarakjärven Valkjärnessä tehdyn ahventen ravintoa selvittäneen tutkimuksen perusteella ahvenet eivät olleet syöneet niin paljoa rapuja, että se selittäisi kovin-kaan suurta osaa ravunpoikasten kuolleisuudesta. Niinpä pääosan poikasten kuolleisuudesta arveltiin aiheutuneen hyönteispredaatiosta, kannibalista tai vedenlaatutekijöistä.

Hyönteisistä erityisesti sudenkorennotoukat, joita järvessä tavattiin runsaasti, ovat tehokkaita saalistajia. DYE ja JONES (1975) havaitsivat akvaario- ja kenttäkokeissa, että aikuiset ravut ja suurmalluaiset eivät aiheuttaneet suurta kuolleisuutta Orconectes virilis ravun 14 - 24 mm mittaisilla poikasilla. Sen sijaan

Aeshna-suvun sudenkorentotoukkien predaatio kohdistui tehokkaasti erityisesti alle 14 mm mittaisia poikasia kohtaan. Myös aikuisten rapujen predaatio oli tilastollisesti merkitsevää alle 14 mm poikasilla. Kun aikuisten rapujen tiheys oli yksi rapu neliömetrillä ja 7 - 12 mm poikasten tiheys oli 43 kpl neliömetrillä aiheuttivat isot ravut poikasille 7 % kuolleisuuden viikossa. Vastaavissa olosuhteissa yksi sudenkorennontoukka neliömetrillä aiheutti 7 - 12 mm ravuille 10 - 15 % viikkokuolleisuuden ja 14 - 24 mm ravuille 7 - 8 % viikkokuolleisuuden. WITZIG ym. (1983) tutkivat Anax junius (Aeshnidae) toukkien aiheuttamaa kuolleisuutta Procambarus clarkii 11 - 30 mm mittaisten poikasten keskuudessa. Predaatio laboratorio-kokeissa vaihteli rapujen koosta ja veden lämpötilasta johtuen välillä 0.066 - 1.16 rapua päivässä yhtä sudenkorennontoukkaa kohti. Jos ravuilla on runsaasti suojapaikkoja, predaatio tuskin on näin tehokasta.

TCHERKASHINA (1977) havaitsi Don-joessa tekemissään tutkimuksissa, että predaation lisäksi voimakasta kuolleisuutta ensimmäisen kasvukauden aikana aiheutti ravinnon puute. Erityisesti alle 2 kuukauden ikäisillä poikasilla ravinnon puute aiheutti suurta kuolleisuutta. Tätä suuremmilla poikasilla kuoleminen ravinnonpuutteeseen oli vähäisempää, minkä arveltiin olevan yhteydessä lisääntyneeseen liikkuvuuteen ja mahdollisuuksiin hyödyntää yleisempiä ravintoresursseja. Haarakjärven Valkjärnessä ravinnonpuute tuskin aiheutti poikasten kuolleisuutta, sillä sopivaa ravintoa oli satunnaisten havaintojen perusteella runsaasti.

4.6. Kannanarviointi

Rapukannan koon arviointi osoittautui hankalaksi, koska populaatio oli harvalukuinen ja saaliit vähäisiä. Lisäongelmia aiheutti se, että intensiivisimmän tutkimusjakson aikana vuosina 1980 ja 1981 rapuistukkaiden kuolevuus oli erittäin suuri. Niinpä merkittyjen rapujen määrä populaatiossa ei lukuisista merkinnöistä huolimatta noussut kovin suureksi. Kenties olisi saatu suurempia saaliita, jos olisi pyydetty intensiivisemmin elo - syyskuulla, jolloin rapujen

pyydystettävyyys on yleensä parhaimmillaan. Pyyntikalusto oli kuitenkin tällöin varattuna muihin tutkimuksiin, mikä rajoitti elo-syyskuun pyyntimahdollisuuksia.

Kappaleessa 2.7. selostettiin mertapyyntin ongelmallisuutta kannanarvioinnissa. Koska mertapyynti on kuitenkin ylivoimaisesti tehokkain pyyntimenetelmä, etenkin tummissa ja sameissa vesissä, kannattaa mertapyyntiin liittyviä ongelmia pyrkiä ratkaisemaan tutkimuksen avulla. Avainasemassa on rapujen pyydystettävyyteen liittyvä tutkimus. Sekä Haarakjärven Valkjärvellä että tehdyssä lammikkokokeessa havaittiin rapujen pyydystettävyyden vaihtelevan suuresti. Tämä aiheuttaa merkintä-takaisinpyynti aineistossa tilanteen, jossa rapu ikäänkuin häviää populaatiosta joidenkin pyyntien ajaksi, mutta palaa myöhemmin pyydystettävien joukkoon. Jos saataisiin selville mitkä tekijät aiheuttavat pyydystettävyyden vaihtelut, ja onko kyse tietyn jaksoisuuden mukaisesti toistuvasta ilmiöstä, olisi pyyntien suunnittelu helpompaa ja saadut kanta-arviot luotettavampia.

Mikäli osa ravuista on jatkuvasti muita helpommin pyydettävissä, kuten lammikkokokeessa todettiin, aliarvioidaan populaation koko systemaattisesti. Toinen aliarvioihin johtava tekijä on yli 9 cm mittaisten rapujen pienempiään alhaisempi eloonjääntitodennäköisyys. Nämä tekijät aiheuttavat sen, että useimmiten kannanarviot ovat aliarvioita, mikä on oletettavaa myös Haarakjärven Valkjärveä koskevissa kantaarvioissa, sillä näiden tekijöiden vaikutusta ei kokonaan poista edes populaation jakaminen osapopulaatioihin.

Rapukantojen arvioinnissa käytetyt laskennalliset menetelmät ovat olleet vaihtelevia. MASON (1974) käytti mertapyyntiaineiston tutkimiseen SCHNABELin (1938) menetelmää. HOGGER (1986) käytti niinikään mertapyyntiaineiston analysointiin PETERSENin (1896), SCHNABELin (1938), BAILEYn (1951) ja JOLLYn (1965) menetelmiä. BREWIS (1979) käytti JOLLYn (1965) menetelmää käsin kerätyn aineiston tutkimiseen. Eniten käytetty menetelmä on ollut PETERSENin menetelmä, jota em. tutkijoiden lisäksi ovat käyttäneet mm. ABRAHAMSSON (1966), CUCERZIS (1975), WESTMAN ja PURSIANEN (1979) ja

PURSIAINEN (1980). PETERSENin (1896) menetelmän suosio aiheutunee sen helppokäyttöisyydestä. Jos pyynnit onnistutaan ajoittamaan hyvin ja saaliit ovat runsaita, saadaan Petersenin menetelmällä tyydyttäviä arvioita. Milloin on mahdollista ja tarkoituksenmukaista, kannattaa kuitenkin käyttää usean pyynnin menetelmiä, koska niillä saadaan pyyntitietoja yhdistämällä tarkempia arvioita.

MANLY (1970) tutki FISHERin ja FORDin (1947), JOLLYn (1965), ja MANLYn ja PARRin (1968) kannanarviointimenetelmiä simuloiduissa tilanteissa, joissa eloonjääntikerroin oli vakio. BISHOP ja SHEPPARD (1973) tutkivat kahta ensinmainittua menetelmää samankaltaisissa olosuhteissa. Tutkimuksissa havaittiin FISHERin ja FORDin (1947) menetelmä merkittävästi tarkemmaksi, kuin muut kun pyyntitulokset oli alhainen (alle 12 % populaatiosta), eloonjäämisosuus alhainen (n. 0.5), ja/tai populaation koko pieni (alle 1000). Haarakjärven Valkjärven tapauksessa täyttyivät usein kaikki em. syyt käyttää FISHERin ja FORDin menetelmää. Kun X^2 -testien avulla todettiin, että eloonjäämisosuus oli melko vakio pyyntijakson aikana, voidaan saatuja arvioita pitää tarkimpina mahdollisina estimaatteina. Milloin eloonjäämisosuuden havaittiin vaihtelevan, ei menetelmää käytetty.

MANLY (1970) totesi FISHERin ja FORDin (1947) menetelmän olevan melko karkean, jos eloonjäämisosuus vaihtelee suuresti. Tällöin MANLY suosittelee käytettäväksi JOLLYn (1965) menetelmää, paitsi tapauksissa, joissa eloonjäänti on voimakkaasti iästä riippuvaa. Silloin hän suosittelee käytettäväksi MANLYn ja PARRin (1968) metodia.

Arvioitaessa saatujen kanta-arvioiden luotettavuutta saatiin BEGONin (1979) esittämistä taulukoista virherajat, joiden sisälle populaation todellinen koko sijoittuu 95 % todennäköisyydellä. Kyseessä olevat virherajat on kuitenkin laskettu ideaalipopulaatioille, joten todelliset virherajat rapupopulaatioiden arvioinnissa ovat esitettyjä suuremmat, sillä useat ideaalipopulaatiolta vaaditut ehdot (ks. kappale 2.7.2.) jäävät toteutumatta. Kuten aiemmin on todettu, rapujen mertapyynti tuottaa useimmiten populaation koon

aliarvioita, joten myös virhejakauma on vinoutunut.

4.7. Populaation raputiheys

Haarajärven Valkjärven raputiheys oli koko koejakson ajan melko alhainen. Rapusaaliista 90 % saatiin n. 3000 neliömetrin alalta ja 75 % n. 2000 neliömetrin alalta. Yli 3 hehtaaria järven pohja-alasta oli rapupopulaation kannalta lähes käyttämätöntä aluetta. Rapukannan ollessa suurimmillaan, n. 750 yksilöä syksyllä 1979, oli yksilötiheys rapujen oleskelualueilla n. 0.3 rapua neliömetrillä. Tämä on samaa luokkaa kuin Temmesjoessa, jossa HOIKKALAN (1974) mukaan yli 7 cm mittaisia rapuja oli 0.4 yksilöä neliömetrillä.

Useimmat vesistämme julkaistut raputiheyksiä koskevat tiedot koskevat jokiympäristöä. NIEMEN (1977) mukaan Lestijoen koealueella yli 10 cm mittaisten rapujen keskitiheys oli 6300 yksilöä hehtaarilla. Pyhäjoen luonnontilaisilla koealoilla yli 10 cm mittaisten rapujen tiheydet vaihtelivat välillä 800 - 11900 yks. / ha (NIEMI 1979). Varisjoen 2.8 ha tutkimusalueella yli 7 cm mittaisten rapujen määrä oli arviointimenetelmästä riippuen 1900 tai 5700 yks. / ha (JÄPPINEN 1976). Yllämainitut jokivesistöjen raputiheydet on määritetty suurilta koealueilta ja kuvastavat lähinnä hyvien rapuvesien keskimääräisiä raputiheyksiä. Parhailla kivikkoalueilla raputiheydet voivat olla selvästi suurempiakin, esim. Lopen Raudanjoella yli 7 cm:n mittaisten rapujen tiheys koskialueilla oli 2.5 rapua neliömetrillä (WESTMAN ja PURSIINEN 1980). Raudanjoella kannan tiheys näkyi hitaana kasvuna. Myös Pohjan Slickolammessa tavattiin suuria raputiheyksiä, 0 - 5 rapua neliömetrillä. Keskitiheys oli 1.3 rapua neliömetrillä (WESTMAN ja PURSIINEN 1979).

Esitettyjen vertailutietojen perusteella voidaan arvioida, että Haarajärven Valkjärven raputiheys oli suurimmillaankin vain noin puolet tai kolmasosa suurimmasta mahdollisesta kestävästä raputiheydestä. Tämä osaltaan vaikutti hyvään kasvutulokseen.

4.8. Poikastuotanto

SVÄRDSON (1974) raportoi rapujen esiintymisestä Ruotsin vesissä. Rapujen yleisyys vaihteli veden pH:n mukaan seuraavasti: Vesissä, joissa pH oli alle 5.5 ei rapuja tavattu. Kun pH oli 5.5 - 6.0 tavattiin rapuja 10 %:ssa tutkituista 167 järvestä, ja pH:n ollessa 6.0 - 6.5 rapuja oli 30 %:ssa järvistä jne. Rapujen esiintymisfrekvenssi nuosi 70 %:iin tutkituista järvistä kun pH oli 7.5 - 8.0. Tästä emäksisempiin vesiin mentäessä rapujen esiintymistodennäköisyys laski. Suurimmat saaliit saatiin vesistä, joiden pH oli 6.5 - 7.5 ja pienimmät saaliit vesistä, joiden pH oli 5.5 - 6.0 tai 8.0 - 8.5.

FÜRST (1977a) esitti hypoteesin, että lisääntymisen häiriintyminen olisi syynä siihen etteivät ravut menesty happamissa vesissä. Hän määritteli kokeellisesti jokiravun menestyksellisen lisääntymisen happamuusrajaksi pH 5.6. Haarajärven Valkjärvellä veden happamuus tutkimusjakson aikana oli tasoa, jolla SVÄRDSONin (1974) ja FÜRSTin (1977a) tulosten mukaan ravun lisääntymisen onnistuminen on epävarmaa.

Emon pyrstön alta kuoriutuneiden poikasten ja kuoriutumattomien mätijyvien yhteenlasketut määrät vuoden 1980 haudontakokeessa Haarajärven Valkjärvellä olivat vain noin kolmannes ABRAHAMSONin (1971b) tai puolet PURSIAISEN (1980) vastaavan kokoisilla emoravuilla laskemista poikasmääristä. Vuoden 1981 haudontatulokset oli vielä heikompi. Jo pyynnin yhteydessä arvioidut mätimäärät olivat selvästi tavanomaista alemmat. Lisäksi haudontatuloksista oli nähtävissä, että ravuilta oli hävinnyt mätiiä yhteissumputuksen aikana, tai ne olivat syöneet mätiiään ja/tai poikasiaan yksilöllisissä haudontaputkissaan. Koska emorapujen käsittely oli ollut hellävaraista ja haudontamenetelmä ja -välineistö samanlainen kuin PURSIAISEN (1980) haudontakokeissa (joita olin ollut myös hoitamassa), on todennäköistä, että Haarajärven Valkjärven selvästi heikompi haudontatulokset aiheutui vedenlaatutekijöistä.

Erityisen huolestuttavaa ravun lisääntymisen kannalta oli 2. asteen

poikasten runsas kuolleisuus haudontaputkissa. Normaalioloissa esim. Evon kalanviljelylaitoksella on kyllä havaittu 1. asteen poikasten kuolevan herkästi mikäli ne irtoavat emostaan ennenaikaisesti, mutta 2. asteen poikasia kuolee haudonnassa vain harvoin.

FRANCE (1983) kuvaa kuinka Orconectes virilis -ravun lisääntyminen epäonnistui alhaisessa pH:ssa mätimunien heikon kiinnittymisen vuoksi. Francen mukaan veden happamuus estää limarauhaseritteen kovettumisen ja näin ollen myös munien lujan kiinnittymisen. FRANCEN tutkimusvesissä naaraita, joilla munamäärä oli selvästi alentunut, oli pH 5.5 - 5.7:ssä 19 % ja pH 5.2 - 5.4:ssä 42 % kaikista mätiä kantavista naaraista. Haarajärven Valkjärvellä arvioitiin n. 40 - 50 %:lla naaraista mätimäärän olevan selvästi normaalia alempi. Näyttää siltä, että munien kiinnittymisen suhteen jokirapu on vähintään yhtä herkkä alhaisen pH:n vaikutukselle kuin Orconectes virilis.

Paitsi munien irtoaminen myös munien normaalia suurempi kuolleisuus heikentää ravun poikastuotantoa happamassa ympäristössä. Munien kuolleisuuden syytä ei tunneta, mutta se saattaa liittyä heikentyneeseen hapenottokykyyn, jonka APPELBERG (1983) havaitsi kokeissaan, tai mahdollisesti heikentyneeseen taudinvastustuskykyyn. FRANCEN (1983) tutkimassa järvessä (pH 5) kuolleiden munien osuus pyrstön alta lasketuista munista oli 16.4 %. Vertailujärvessä kuolleita munia oli alle 1 %. Haarajärven Valkjärvellä kuolleita munia oli 5 % v. 1980 (pH tuntematon) ja 11 % v. 1981 (pH 5.3 - 6.0). Kevättalvella 1981 pintaveden pH-arvo ja happipitoisuus olivat kummatkin poikkeuksellisen alhaisia.

Ilmeisesti myös haudonnan aikainen poikaskuolleisuus aiheutui veden happamuudesta. Vuonna 1980 pH-arvoa ei mitattu, mutta vuonna 1981 pH nousi tasaisesti kesäkuun alun 5.5:stä heinäkuun puolivälin 6.0:aan.

Veden happamuus ei näyttänyt vaikuttaneen lisääntymiskykyisten naaraiden osuuteen kaikista naaraista, joka oli normaalia tasoa (76 - 82 %). ABRAHAMSSONin (1972) mukaan lisääntyvien naaraiden

osuus kaikista naaraista vaihteli eri puolilla Ruotsia tehdyissä tutkimuksissa 53 % ja 97% välillä. Veden lämpötila ja ravintotilanne näyttivät vaikuttavan lisääntyvien naaraiden osuuteen. Vastaavanlaisia tuloksia on saatu myös Suomessa. Raudanjoen tiheässä populaatiossa lisääntyvien naaraiden osuus oli vain 40 % kaikista naaraista. Kuhmoisten Vuorijärvellä lisääntyvien naaraiden osuus kaikista naaraista vaihteli 76-82 % välillä (WESTMAN ja PURSIAINEN 1980).

Populaation poikastuotantoa vuosille 1978 - 1983 koskevia laskelmia on pidettävä vain suuntaa antavina, sillä niiden perusta, naaraiden lukumääräarviot ja emokohtaiset poikasmääräarviot, olivat melko karkeita arvioita. Poikastuotantolaskelmalla haluttiin lähinnä arvioida oliko luonnonolosuhteissa tapahtunut poikasten kuoriutumisen yhteydessä vastaavaa poikaskuolleisuutta kuin haudontakokeessa.

Tehdyn poikastuotantolaskelman perusteella poikasten eloonjäämisasteen keskiarvo vastakuoriutuneesta pyyntikokoiseksi (n. 7 cm) oli 1.4 %. WESTMANin ja NYLUNDin (1985) mukaan Vuorijärvellä suoritetuissa tutkimuksissa on todettu alle 5 % kuoriutuneista poikasista selvinneen hengissä aikuisiksi. HOGGERin (1986) tutkimassa 1 ha järvestä, joka oli tyhjennetty kaloista ennen rapujen istuttamista, selvisi pyyntikokoon 20 % täpläravun poikasista. On huomioitava, että Haarajärven Valkjärvessä pyyntikokoiseksi kehittyminen vei vain 3 vuotta, ja että ensimmäisen kasvukauden jälkeisen kuolleisuuden on useissa yhteyksissä (mm. MOMOT ja GOWING 1974, BREWIS 1979, WESTMAN ja PURSIAINEN 1980) todettu olevan melko vähäistä. Tässä valossa on oletettavaa, että joko rapujen emokohtaiset poikasmäärät ovat olleet huomattavasti taulukossa 32 arvioitua pienempiä, taikka sitten vedenlaatutekijät yhdessä kannibalismien ja predaation kanssa ovat aikaansaaneet 95-100 % kuolleisuuden ensimmäisen kasvukauden aikana. Pelkkä kala- ja hyönteispredaatio sekä kannibalismi tuskin olisivat aiheuttaneet näin suurta kuolleisuutta.

4.9. Istutuksen kannattavuus

Koska rapujen lisääntyminen osittain epäonnistui, ei tehdyillä istutuksilla saatu järveen pysyvää rapukantaa. Istutettujen rapujen yli 7 cm mittaisia jälkeläisiä tavoitettiin vuosina 1980 - 1983 yhteensä vain 73 yksilöä. Kaikkiaan saatiin pyydetyksi 1. istutuserän ravuista 29 %, 2. istutuserän ravuista 39 % ja 3. istutuserän ravuista 46 %. Koska intensiivinen pyynti aloitettiin vasta 1980, voidaan arvioida, että mikäli vuosina 1978 ja 1979 olisi pyydetty voimallisemmin, olisi kahdesta ensimmäisestä istutuksesta saatu selvästi suurempi saalis. Eloojäämisosuuden perusteella arvioituna saalis olisi voinut olla 50 - 70 % istutettujen rapujen lukumäärästä.

Haarajärven Valkjärven tyyppisissä happamissa pienvesissä, joissa rapujen lisääntyminen ei ole niin tehokasta, että poikastuotannon kautta syntyisi pyyntivahvuinen rapukanta, jää raputaloudelliseksi hoitovaihtoehtoiksi järven kalkitseminen tai "put and take" -periaatteella tapahtuva istutus- ja pyyntitoiminta. Missä olosuhteissa tällainen toiminta on kannattavaa? Jos ravustuksesta saatavien virkistysarvojen katsotaan kattavan rapujen hankkimisesta ja istuttamisesta aiheutuvan vaivan, tulee rapuistutuksen, ollakseen kannattava, tuottaa vähintään istukkaiden ja pyyntivälineiden hintaa vastaava saalis. Koska merrat ovat pitkäikäisiä, voidaan hankintahinnan kuoletus jakaa pitkälle (esim. 10 vuoden) ajanjaksolle. Tällöin pääasialliseksi kustannustekijäksi jää rapujen hankintahinta.

Vuonna 1987 ravustajan 10 cm ravusta saama keskihinta lieene ollut n. 8 mk, siirtoistukkaiden (7 - 8 cm) keskihinnan ollessa n. 4 mk. Näillä hinnoilla ja em. kannattavuuskriteereillä tulisi "put and take" -periaatteella tapahtuvassa istutustoiminnassa yli puolet siirtoistukkaista saada pyydetyksi niiden saavutettua 10 cm pituuden. Vastaavasti, jos istutuksissa käytetään 1.5 mk hintaisia kesänvanhoja viljelypoikasia, tulisi näistä saada yli 20 % pyydettyksi myyntikokoisina. Niin Haarajärven Valkjärven tutkimustulosten kuin kappaleessa 4.4. esitettyjen kirjallisuustietojenkin perus-

teella näyttää rapuistutusten kannattavuus varsin epävarmalta, ellei istutuksen tuloksena synny tehokkaasti uudistuvaa ja pyynnin kestäväää kantaa.

Happamissa pienjärvisissä vesistön kalkitseminen rapuistutusta edeltävänä talvena olisi todennäköisesti kannattavaa useimmissa tapauksissa. HAVUn (1984) esittämässä kalkituskokeessa, jossa pitkäaikaisvaikutuksen saamiseksi käytettiin jauhemaisen kalkin lisäksi karkeaa kalkkikivimursketta 700 kg/ha, saatiin kokonaiskustannuksiksi n. 300 mk/ha. Jos vesistön viipymä on kohtalaisen pitkä, eikä kalkitusta näin ollen tarvitse uusia kovin usein, ja mikäli kalkituksen avulla saadaan rapujen lisääntyminen onnistumaan, on kalkituskustannus melko vähäinen verrattuna aikaansaadun raputuotannon arvoon.

Koska ravut käyttävät ravinnokseen pääosin vesistön primaari- ja sekundaarituottajia, ja koska rapujen assimilaatiotehokkuus on poikkeuksellisen hyvä - MOSHIRin ja GOLDMANin (1969) mukaan ka-peasaksiravulla 17 - 60 %, TCHERKASHINAN (1977) mukaan täpläravulla 44 - 64 % - voi vesistön raputuotanto olla kalatuotantoon verrattuna moninkertainen. Kirjallisuustietojen mukaan raputuotanto eri lajeilla lauhkean vyöhykkeen luonnonympäristöissä on vaihdellut välillä 133 - 305 kg/ha (MOMOT 1967b, MASON 1974, FLINT 1975 ja BROWN ja BOWLER 1978). Ruotsissa ovat täplärapusaaliit olleet WESTMANin ja NYLUNDin (1985) mukaan parhaimmillaan yli 50 kg/ha.

Tällaisten tuotantolukujen valossa on itsestään selvää, että rapuistutuksiin, rapuvesien kunnostuksiin ja muihin rapukantojen hoitotoimenpiteisiin kannattaisi panostaa nykyistä enemmän. Rapu on myös sikäli edullinen laji, ettei se juurikaan kilpaile ravinnosta muiden taloudellisesti merkittävien lajien kanssa, ja lisäksi se estää tehokkaasti vesistöjen umpeenkasvua.

Lisääntyvä ravun poikasviljely (ks. esim. LAHTI 1986) laajentaa huomattavasti rapujen istutusmahdollisuuksia, sillä siirtoistukaiden saanti on ollut rajoitettua johtuen tuottoisien rapuvesien vähäisyydestä maassamme. Vesistöihin, joiden pH on alle 6, ei

rapuja kuitenkin kannattane istuttaa, ellei istukkaiden hinta laske merkittävästi suhteessa saalisrapujen hintaan. Myös ravun alamitan laskeminen 10 cm:stä 9 cm:iin saattaisi parantaa oleellisesti istutusten kannattavuutta. Lähinnä matalissa järvissä, joissa on voimakas kalapredaatio, voitaisiin järven rotenonkäsittelyllä parantaa rapuistutusten kannattavuutta. Rapujen lisäksi rotenonkäsittelyihin järviin voitaisiin istuttaa peledsiikaa, joka sietää hyvin happamia olosuhteita.

Vaikka pienvesien kalkitseminen ei aina olisikaan yksityistaloudellisesti kannattavaa, se voisi silti olla kansantaloudellisesti kannattavaa. Kalastuskuntien varat ovat usein riittämättömiä sekä kalkitsemiseen että hoitoistutuksiin, joten menettely, jossa lyhyen ajan sisällä tulisi suorittaa kummatkin toimet, voi olla mahdoton. Ruotsissa onkin säädetty kalkitsemisasetus, jonka perusteella myönnetään valtion apua vesistöjen kalkitsemisen aiheuttamiin kustannuksiin (KILPINEN 1984). Tällainen asetus parantaisi keskeiseltä osin rapukantojen hoitomahdollisuuksia.

5. YHTEENVETO

Eteläsuomalaisessa hapanvetisessä metsäjärvessä, jossa veden pH vaihteli tutkimusjakson aikana välillä 5.3 - 6.6, tutkittiin istutettujen rapujen kasvua, kuolevuutta, lisääntymistä, pyydystettävyyttä ja elinpaikan valintaa. Ravun biologian lisäksi selvitettiin istutuksen kannattavuutta sekä ravulle soveltuvia kannanarviointimenetelmiä.

Rapujen kasvua tutkittiin yksilöllisin merkinnöin. 7 - 12 cm mittaisten rapujen keskimääräinen pituuskasvu kuorenvaihtoa kohden oli naarailla 6.1 mm ja koirilla 9.6 mm. Pääsääntöisesti pyyntikokoiset ravut vaihtoivat kuortaan vain kerran kasvukaudessa. Alle 9 cm mittaiset yksilöt vaihtoivat kuortaan usein myös kahdesti kasvukaudessa. Rapujen kasvu oli aikaisempiin julkaistuihin kasvutietoihin verrattuna poikkeuksellisen nopeaa. Laillisen pyyntikoon (10 cm) nopeakasvuisimmat yksilöt saavuttivat neljännen kasvukautensa lopulla, useimmat kuitenkin vasta 4- vuotiaana. Huomattava osa naaraista sai ensimmäiset poikasensa 3-vuotiaana. Nopean kasvun arveltiin aiheutuneen järven runsaista ravintoresursseista.

Rapuistukkaiden eloonjäämisosuutta tutkittiin merkintä-takaisinpyyntimenetelmin. Ravut istutettiin peräkkäisinä vuosina 1977 - 1979 kolmessa erässä, yksi istutuserä kunakin vuonna syyskesällä. Ravut olivat istutettaessa 7 - 9.5 cm mittaisia. 1. - 2. istutusta seuraavana vuotena istukkaiden eloonjäämisosuus oli korkeahko (0.5 - 0.7 / vuosi), minkä jälkeen kuolevuus lisääntyi voimakkaasti. Rapujen kuolevuus näytti lisääntyvän voimakkaasti niiden saavutettua n. 9 - 10 cm koon. Syytä lisääntyneeseen kuolevuuteen ei voitu osoittaa, mutta Psorospermium haeckeli - loista ja "vanhuuden heikkoutta" yhdistyneenä epäedullisiin vedenlaatutekijöihin epäiltiin. Koska potentiaalisia predaattoreita ei havaittu, arveltiin pyyntikokoisten rapujen kuolevuuden aiheutuneen pääasiassa kuorenvaihdon epäonnistumisesta, kannibalismista ja "vanhuudenheikkoudesta". Tutkimusjärvessä syntyneiden vuosina 1981 - 1983 pyyntikokoisten (yli 7 cm) rapujen eloonjäämisosuus (0.92 / vuosi) oli

selvästi parempi kuin istutetuilla ravuilla. Tämän arveltiin johtuvan vähäisestä kannibalismista harvassa populaatiossa, sekä mahdollisesti veden vähentyneestä happamuudesta tai voimakkaan valinnan aiheuttamasta sopeutumisesta happamaan veteen.

Merkinnän vaikutus rapujen eloonjäämisosuuteen testattiin merkintä-takaisinpyyntiaineistosta nelikenttätestillä. Merkintä ei ollut vaikuttanut rapujen eloonjäämisosuuteen.

Poikasiin kohdistuvan kalapredaation arvioimiseksi tutkittiin 11.6. - 25.7.1980 saaliiksi saatujen 187 ahvenen ruoansulatuskanavan sisältö. Tutkittujen ahventen ravinnosta löytyi vain yksi ravun poikanen. Arvioitiin, että jos ahvenpredaatio vastasi keskimäärin havaittua tasoa, on valtaosan ravunpoikasten kuolevuudesta täytynyt aiheutua muista tekijöistä, kuten hyönteispredaatiosta, kannibalismista ja/tai vedenlaatutekijöistä.

Tutkimusjärvessä tehtiin myös rantakartoitus, jossa selvitettiin 200:lta 25 neliömetrin koealalta pohjamateriaalin laatu peittävyysprosentteina ilmaistuna, sekä pohjan varjoisuus, kovuus ja kaltevuus. Kunkin vakiopaikalla sijaitsevan merran antamaa saalista verrattiin ranta-alueiden kartoituksesta saatuihin tietoihin. Tärkeimmiksi elinpaikan valintaan vaikuttaviksi tekijöiksi osoittautuivat pohjan viettävyys rannan läheisyydessä sekä pohjan kovuus. Jyrkimmin viettävät pohja-alueet olivat myös kovapohjaisia, joten ratkaiseva tekijä näytti olevan pohjan kovuus.

Rapujen lisääntymisen onnistumista ja poikastuotantoa tutkittiin vuosina 1980 ja 1981 tehdyissä mädinhaudontakokeissa, joissa laskettiin kuoriutuvien poikasten määrät emokohtaisesti. Lisääntymiskykyisten naaraiden osuus populaation kaikista naaraista arvioitiin loppukesän pyynejissä vuosina 1979 - 1981. Lisääntymiskykyisten naaraiden osuus vaihteli eri vuosina välillä 76 - 82 %, mitä voidaan pitää normaalina eteläsuomalaiselle järvelle. Sen sijaan emojen keväiset mätimäärät olivat vain n. 30 - 50 % muissa tutkimuksissa havaituista määristä. Ilmeisesti veden happamuus oli heikentänyt mätimunien kiinnittymistä emon pyrstön alle. Kuolleiden

mätimunien esiintyminen emon pyrstön alla oli tavanomaista yleisempää. Vuonna 1980 kuolleita munia oli 4 % lasketuista ja vuonna 1981 vastaava osuus oli 11 %. Em. tekijöiden lisäksi rapujen poikastuotantoa heikensi poikasten suuri kuolleisuus kuoriutumisen yhteydessä. Keskimääräisen poikastuotannon arvioitiin olevan emon koosta riippuen korkeintaan 15 - 50 poikasta / emo / vuosi.

Rapujen kannanarviointiin liittyviä ongelmia tarkasteltiin kirjallisuustietojen avulla, ja etsittiin sellaisia menetelmiä, joiden asettamat ehdot olisivat mahdollisimman vähäisessä ristiriidassa rapujen käyttäytymisen kanssa. Lähemmin tarkasteltiin merkintä-takaisinpyyntimenetelmien käyttöä rapukantojen arviointiin, merroilla tapahtuvan pyynnin teoriaa, sekä otosvirheiden välttämistä.

Populaation koon kehittymistä vuosina 1977 - 1983 seurattiin merkintä- takaisinpyyntimenetelmin neljällä erilaisella laskennallisella mallilla. Lisääntymisen epäonnistumisen vuoksi rapukanta heikkeni nopeasti istutusten loputtua.

Rapujen pyydystettävyyttä tutkittiin Evon kalanviljelylaitoksen emorapulammikossa tehdyssä kuukauden mittaisessa kokeessa, jossa ennen kokeen alkua mitattuja ja merkittyjä rapuja pyydettiin merroilla jokaisena arkiyönä. Kummallekin sukupuolelle erikseen määritettiin pyydystettävyyden suhde ravun pituuteen vertaamalla tietyn mittaisten rapujen osuutta lammikossa niiden osuuteen saaliissa. Ravun pituuden ja pyydystettävyyden välillä havaittiin voimakas positiivinen ja lineaarinen riippuvuussuhde. Saman mittaisia koiras- ja naarasrapuja verrattaessa todettiin naaraat parammin pyydettäväksi. Pyydystettävyysskokeen avulla saatuja regressioyhtälöitä ravun koon vaikutuksesta pyydystettävyyteen hyödynnettiin korjaamalla merkintä-takaisinpyyntituloksia siten, että ravun pituuden vaikutus pyydystettävyyteen huomioitiin.

Ravun kokoon ja sukupuoleen liittyvien pyydystettävyyserojen lisäksi tutkittiin sitä, mikä vaikutus ravun pyydystämisellä on sen pyydystettävyyteen seuraavina pyyntiöinä. Edellisestä pyyntikerrasta kulunut aika näytti vaikuttavan ravun pyydystettävyy-

teen. Pyydystettävyyys oli korkeimmillaan, kun ravun edellisestä pyydystämisestä oli kulunut 2 - 5 vrk tai 10 - 11 vrk. Kun edellisestä pyyntikerrasta oli kulunut yli 2 viikkoa, oli pyydystettävyyys selvästi alentunut. Pyyntijakson alku- ja loppupuolella saatiin pyydetyksi selvästi eri yksilöitä, mikä viittaa rapujen eri aikaisiin aktiivisuushuippuihin. Erot aktiivisuuden ajoittumisessa eivät liittyneet ravun kokoon tai sukupuoleen. Myös opittua pyydyspakoisuutta epäiltiin syyksi eri yksilöiden saamiseen pyyntijakson alku- ja loppupuolella.

Myös merkinnän vaikutusta pyydystettävyyteen tutkittiin. Sen ei todettu vaikuttaneen pyydystettävyyteen. Tosin ravun pään alueella sijaitsevien merkintäpisteiden lukumäärän ja pyydystettävyyden välillä havaittiin heikko riippuvuus, joka ei ollut tilastollisesti merkitsevä, mutta saattaisi osottautua merkitseväksi, mikäli olisi käytettävissä laajempi aineisto.

Istutuksen kannattavuutta tarkasteltiin vertaamalla rapujen eloonjäävyys- ja pyyntitietoja istukkaiden ja myyntikokoisten rapujen hintoihin. Todettiin istutuksen kannattavuus kyseenalaiseksi, ellei istukkaiden lisääntyminen ole niin tehokasta, että poikastuotannon kautta syntyy pyyntivahvuinen rapukanta. Lisääntymisen varmistamisen kalkitsemalla vesistö ennen istutusta arvioitiin olevan kannattavaa happamissa pienvesissä.

TIIVISTELMÄ

Rapujen, *Astacus astacus* L., kasvua, lisääntymistä, eloonjäämistä, elinpaikan valintaa ja istutuksen kannattavuutta tutkittiin neljän vuoden ajan pienessä hapanvetisessä (pH 5.3 - 6.6) metsäjärvessä Etelä-Suomessa. Lisäksi tutkittiin rapujen pyydystettävyyttä viljelylammikoissa.

Nopeakasvuisimmat yksilöt saavuttivat 10 cm pyyntikoon neljännen kasvukauden lopulla, useimmat 4-vuotiaina. Huomattava osa naaraista tuotti ensimmäiset poikasensa 3-vuotiaana.

Lisääntyvien naaraiden osuus kaikista naaraista vaihteli vuosittain 76 - 82 % välillä. Talviaikainen mätihävikki ja kuoriutumisen aikainen poikaskuolleisuus olivat suuria. Emon koosta riippuen vuosittaisen poikasmäärän arvioitiin vaihdelleen 15:sta 45:en poikaseen / emo.

Sukukypsien istukkaiden eloonjäämisosuus oli istutusta seuraavien 1 - 2 vuoden aikana 0.5 - 0.7 / vuosi. Kuolevuus näytti lisääntyvän suuresti rapujen saavutettua 9 - 10 cm koon. Istukkaiden ensimmäisen polven jälkeläisillä arvioitiin kolmen ensimmäisen elinvuoden aikaiseksi eloonjäämisosuudeksi 0.014 ja siitä eteenpäin 0.9 / vuosi.

Tärkein muuttuja rapujen elinpaikan valinnassa oli pohjan kovuus.

Rapujen pyydystettävyyden ja koon välillä havaittiin voimakas riippuvuussuhde. Riippuvuutta kuvasi yhtälö $q = -0.56 + 0.02 \times \text{selkakilven pituus (mm)}$, $R^2 = 0.86$. Abrahamssonin menetelmällä tehty merkintä ei vaikuttanut rapujen pyydystettävyyteen eikä eloonjääntiin. Pyydystettävyydestietoja käytettiin mertapyynteihin perustuvan merkintä-takaisinpyynti -aineiston oikaisemiseen.

Rapujen lisääntymisongelmien vuoksi istutuksen kannattavuus oli heikko.

SAMMANDRAG: KRÄFTAN (ASTACUS ASTACUS L.) I ETT LITET SURT TRÄSK: BIOLOGI, UPPSKATTNING AV POPULATIONSTORLEKEN OCH LÖNSAMHETEN AV UTPLANTERINGARNA

Man studerade kräftans (*Astacus astacus* L.) tillväxt, förökning, överlevnad, biotopval och utplanteringarnas lönsamhet i fyra års tid i ett litet surt träsk (pH 5.3 - 6.6) i södra Finland. Dessutom undersökte man kräftornas fångstbarhet i odlingsdammar.

De mest snabbväxande individerna nådde 10 cm fångststorlek i slutet på den fjärde tillväxtperioden, de flesta vid fyra års ålder. En stor del av honorna producerade sina första yngel vid 3 års ålder.

Andelen honor som fortplantar sig i förhållande till alla honor varierade årligen mellan 76 - 82 %.

Romförlusten under vintern och yngeldödligheten vid kläckningstillfället var stort. Beroende på honans storlek uppskattade man att mängden yngel årligen varierade mellan 15 och 45 yngel / hona.

Överlevnadsandelen av utsatta könsmogna kräftor var under de följande två åren 0.5 - 0.7 / år. Dödligheten ökade betydligt då kräftorna nådde en längd på 9 - 10 cm. Överlevnadsandelen av de utsatta kräftornas första avkomma under de 3 första åren uppskattades till 0.014 och efter detta till 0.9 / år.

Det viktigaste argumentet för kräftans biotopval var bottenens hårdhet.

Man upptäckte ett starkt sammanhang mellan kräftornas fångstbarhet och storlek. Förbindelsen beskrivs med regressionskvationen $-0.56 + 0.02 \times \text{ryggsköldens längd (mm)}$, $R^2 = 0.86$. Märkning med Abrahamssons metod inverkar inte på fångstbarheten eller överlevnaden. Fångstbarhetsuppgifterna användes för att rätta till materialet om märkning och återfångst som baserade sig på mjärdfångsten.

På grund av kräftornas fortplantningsproblem var lönsamheten av utsättningsarna svag.

SUMMARY: CRAYFISH, ASTACUS ASTACUS L., IN A SMALL, ACIDIC FOREST LAKE: BIOLOGY, STOCK ASSESSMENT AND PROFITABILITY OF STOCKING

Growth, reproduction, survival, biotope selection and stocking profitability of the crayfish, *Astacus astacus* L., was studied in a small, acidic forest lake (pH 5.3 - 6.6) in southern Finland, and the catchability of crayfish in farm ponds.

The individuals with the highest growth rate reached the legal size, 10 cm, at the end of their fourth growing season, and most individuals during the following season. A major proportion of the females reproduced at the age of three.

The percentage of reproducing females varied yearly between 76 and 82 %. Loss of eggs during the winter and juvenile mortality at hatching were high. The annual number of surviving juveniles varied from 15 to 45 per parent individual, depending on the parent size.

The survival of stocked adult individuals was 0.5 - 0.7 per year during the first two years after stocking. Mortality seemed to increase greatly at a length of 9 - 10 cm. The survival of their progeny was 0.014 per year during the three first years, and 0.9 per year later.

The hardness of the bottom was found to be the most important factor in biotope selection.

Catchability was found to be highly dependent on the size of the individual ($q = -0.56 + 0.02 \times \text{length of cephalothorax in mm}$, $R^2 = 0.86$). The marking method of Abrahamsson did not affect either catchability or survival. The marking-recapture data obtained from trapping were corrected using the catchability data.

The profitability of stocking was poor due to problems in reproduction.

KIRJALLISUUS

- ABRAHAMSSON, S. 1965. A method of marking crayfish *Astacus astacus* in population studies. *Oikos* 16, p. 228-231.
- 1966. Dynamics of an isolated population of the crayfish *Astacus astacus* (L.) *Oikos* 17, p. 96-107.
 - 1969. Signalkräftan; erfarenheter från USA och aspekter på dess inplantering i Sverige. *Fauna och Flora* 64, s. 109-116.
 - 1971a. Trappability, locomotion and diel pattern of activity of the crayfish *Astacus astacus* (L.) and *Pacifastacus leniusculus* (Dana.) (In: Abrahamsson 1971c).
 - 1971b. Density, growth and reproduction in populations of *Astacus astacus* and *Pacifastacus leniusculus* in a isolated pond. *Oikos* 22, p. 373-380.
 - 1971c. Population ecology and relation to environmental factors of *Astacus astacus* (L.) and *Pacifastacus leniusculus* (Dana). Ph.D. thesis. Dep. Anim. Ecol. Lund.
 - 1972. Fecundity and growth of some populations of *Astacus astacus* (L.) in Sweden. *Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm* 52, s. 23-37.
- ABRAHAMSSON, S.A. & GOLDMAN, C.R. 1970. The distribution, density and production of the crayfish *Pacifastacus leniusculus* (Dana) in lake Tahoe, California, Nevada. *Oikos* 21, p. 83-91.
- APPELBERG, M. 1980. The effect of low pH on *Astacus astacus* (L.) during moult. The second Scandinavian symposium of freshwater crayfish, Lammi 1979.
- 1983. Response of acid stress upon the oxygen uptake in eggs of the crayfish *Astacus astacus* (L.). In: Goldman, C.R. (ed.). *Freshwater crayfish* 5, p. 59-69. Davis, California. USA.
- BAILEY, N.J.J. 1951. On estimating the size of mobile populations from recapture data. *Biometrika* 38, p. 293-306. (ref. Ricker 1975).
- BEGON, M. 1979. Investigating animal abundance. London. 79 p.
- BEHRREDT, A. 1986. Farmed crayfish can be profitable. *Fish farmer*, April 1986.
- BEVERTON, R.J.H. & HOLT, J.S. 1956. A review of methods for estimating mortality rates in exploited fish populations, with special reference to sources of bias in catch sampling. *Rapp. P.-V. Reun. CIEM*, 140(1), p. 67-85. (ref. Jones 1976).
- BISHOP, J.A. & SHEPHARD, P.M. 1973. An evaluation of two cap-

ture-recapture models using the technique of computer simulation. In: Bartlett, M.S. & Hiorns, R.W. (ed.). The mathematical theory of the dynamics of biological populations. London.

BREWIS, J.M. 1979: Dynamics of a population of the freshwater crayfish *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet). Thonon-Les-Bains, France. Freshwater crayfish 4, p. 153-158.

BRUFELDT, P. 1920. Evon kalastuskoeasema, 25-vuotinen toiminta ja tulokset 1892 - 1917. Helsinki. Suomen kalatalous, kalastushallituksen sarjajulkaisu, nide 6. 141 s.

BROWN, D.J. & BOWLER, K. 1976. A population study of the British freshwater crayfish *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet). Freshwater crayfish 3, p. 33-50.

- 1978. The relationship between size and age throughout the life cycle in *Austropotamobius pallipes*. Thonon-Les-Bains, France. Freshwater crayfish 4, p. 35-42.

BROWN, D.J. & BREWIS, J.M. 1979. A critical look at trapping as a method of sampling a population of *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet) in a mark and recapture study. Thonon-les-Bains, France. Freshwater Crayfish 4, p. 159-164.

CORMACK, R.M. 1968. The statistics of capture-recapture methods. In: H. Barnes (ed.). A Rev. Oceanogr. mar. Biol. 6, p. 445-506.

CUKERZIS, J. 1975. Die Zahl, Struktur und Produktivität der Iso- lierten Population von *Astacus astacus* (L.). Louisiana State University, USA. Freshwater Crayfish 2, p. 513-527.

DYE, L. & JONES, P. 1975. The influence of density and invertebrate predation on the survival of young-of-the-year *Orconectes virilis*. Louisiana State University, USA. Freshwater crayfish 2, p. 529-538.

FISHER, R.A. & FORD, E.B. 1947. The spread of a gene in natural conditions in a colony of the moth *Panaxia dominula* (L.). Hederity 1947(1), p. 143-174. (ref. Begon 1979).

FLINT, R.W. 1975. Natural history, ecology and produktion of the crayfish *Pacifastacus leniusculus* (Dana) in a subalpine lacustrine enviroment. Ph.D. thesis. Univ. California, USA. (ref. Brown & Bowler 1978).

FRANCE, R.L. 1983. Response of the crayfish *Orconectes virilis* to experimental acidification of a lake with special reference to the importance of calcium. Davis, California, USA. Freshwater crayfish 5, p. 98-111.

FÜRST, M. 1974. Signalkräftan 1973. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm 1974(2). 20 s.

- 1977a. Försurningens inverkan på flodkräftan, *Astacus astacus* (L.). Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm

- 1977(14), s. 89-93.
- 1977b. Flodkräftan och signalkräftan i Sverige 1976. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm 1977(10). 32 s.
 - 1986. Kräftodling i dammar. Inf. Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm 1986(3), s. 1-34.
- GERELL, R. 1967. Food selection in relation to habitat in mink, *Mustela vison* (Shreber), in Sweden. *Oikos* 18, p. 233-246. (ref. Westman 1971).
- GULLAND, J.A. 1969. Manual of methods for fish stock assesment. Part 1. Fish population analysis. *FAO Man. Fish. Sci.*(4). 154 p. (ref. Jones 1976).
- HAVU, J. 1984. Kalkituksestako lääke vesiemme happamoitumiseen, Matalajärven kalkituskokeilun tuloksia. *Suomen kalastuslehti* 91(2), s. 40-42.
- HEINCKE, F. 1913. Investigations of plaice. General rerort. 1. The plaice fishery and protective measures. Preliminary brief summary of the most important points of the report. *Cons. int. Explor. Mer. Rapp. et P.-v.* 16, p. 1-67. (ref. Jones 1976).
- HOGGER, J.B. 1986. Aspects of the Introduction of signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus* (Dana), into the southern United Kingdom. Part 1. Growth and survival. *Aquaculture* 58, p. 27-44.
- HOIKKALA, M. 1974. Ravun, *Astacus astacus* (L.), ekologiasta. *Oulun yliopisto, eläintieteen laitos*. 15 s. (mimeogr)
- HÜNER, J.V. & LINDQVIST, O.V. 1987. A stunted crayfish *Astacus astacus* population in central Finland. *Freshwater crayfish* 6, p. 156-165.
- JACKSON, C.H.N. 1939. The analysis of an animal population. *J. Anim. Ecol.* 8, p. 238-246. (ref. Jones 1976).
- JOLLY, G.M. 1965. Explicit estimates from capture-recapture data with both death and immigration - stochastic model. *Biometrika* 52, p. 225-247.
- JONES, R. 1976. The use of marking data in fish population analysis. Rome. *FAO fisheries technical paper no. 153*. 42 p.
- JÄPPINEN, R. 1976. Varisjoen ravusta ja ravustuksesta. *Kalamies* 1976(6), s. 1-4.
- JÄRVEKÜLG, A. 1958. Joevähk Eestis. *Eesti NSV Teaduste Akademia*. Tartu. 185 s.
- JÄRVI, T.H. 1910. Ravusta ja rapukulkutaudeista Suomessa. *Suomen kalastuslehti* 19, s. 73-90. (ref. Westman 1978b).
- KILPINEN, K. 1984. Happamista vesistä ja niiden kalkituksesta.

Suomen kalastuslehti 91(2)2, s.36-39.

KLOSTERMAN, J.B. & GOLDMAN, C.R. 1983. Substrate selection behaviour of the crayfish *Pacifastacus leniusculus*. Davis, California, USA. Freshwater crayfish 5, p. 254-267.

KÄNNÖ, S. 1971. Piirteitä kalojen ja ympyräsuisten esiintymisestä eri tyyppisissä lounaissuomalaisissa joissa. Turun yliopilas 15, s. 65-109.

LAHTI, E. 1977. Rapu, laiminlyöty luonnonvara. Kalamies 1977(6).

- 1986. Ravun viljely liiketoimintana. Suomen kalankasvattaja 1986(3), s. 30-31.

LAHTI, E. & IKÄHEIMO, M. 1980. Ravunpoikasten varhaiskasvusta. Suomen kalastuslehti 87(5), s. 139-141.

MALLEY, D.F. 1980. Decreased survival and calcium uptake by the crayfish *Orconectes virilis* in low pH. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37, p. 364-372.

MALMQVIST, G. 1976. Studier över tillväxt och vandringar hos en population av flodkräfta i sjön Immeln. - Information från sötvattenslaboratoriet, Drottningholm 1976(12), s. 1-20.

MANLY, B.J.F. 1970. A simulation study of animal population estimation using the capture-recapture method. J. Appl. Ecol. 7, p. 13-39.

MANLY, B.J.F. & PARR, M.J. 1968. A new method of estimating population size, survivorship, and birth-rate from capture - recapture data. Trans. Soc. Brit. Ent. 18, p. 81-89. (ref. Begon 1979).

MASON, J.C. 1974. Crayfish production in a small woodland stream. Louisiana State University, USA. Freshwater crayfish 2, p. 449-480.

MOMOT, W.T. 1967a. Effects of brook trout predation on a crayfish population. Trans. Am. Fish. Soc. 96, p. 202-209.

- 1967b. Population dynamics and production of the crayfish *Orconectes virilis*, in a marl lake. Am. Midl. Nat. 78, p. 55-81.

MOMOT, W.T. & GOWING, H. 1974. The cohort production and life cycle turnover ratio of the crayfish *Orconectes virilis* in three Michigan lakes. Louisiana State University, USA. Freshwater crayfish 2, p. 489-512.

MORRISSY, N.M. 1975. The influence of sampling intensity on the catchability of *Marron*, *Cherax tenuimanus* (Smith) Decapoda, Parastacidae. Aust. J. Mar. Freshwater. Res. 26, p.47-73.

MOSHIRI, G.A. & GOLDMAN, C.R. 1969. Estimation of assimilation efficiency in the crayfish *Pacifastacus leniusculus* (Dana). Archiv für Hydrobiologie 66, S. 298-306. (ref. Mason 1974).

- NIEMI, A. 1977. Lestijoen rapukanta ja ravustus. Vesihallitus. Kokkolan vesipiirin vesitoimisto. 16 s. (moniste)
- 1979. Pyhäjoen yläosan vesistösuunnitelman 1. vaiheen tarkkailututkimus 1977-1978. Vesihallitus. Kokkolan vesipiirin vesitoimisto. 33 s. (moniste)
- NYLUND, V. 1986. Ravun loisen, *Psorospermium haeckeli* Hilgendorf rakenne, haittavaikutukset ja taksonominen asema. RKTL kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja 55. 60 s.
- PAULIK, G.J. 1963. Estimates of mortality rates from tag recoveries. *Biometrics* 19, p. 28-57. (ref. Jones 1976).
- PAULIK, G.J. & ROBSON, D.S. 1969. Statistical calculations for change-in-ratio estimators of population parameters. *J. Wild. Managem.* 33(1), p. 1-27.
- PETERSEN, C.G.J. 1896. The yearly immigration of young plaice into Limfjord from the German sea, etc. *Rept. Danish Biol. Stn.* 6. 48 p. (ref. Begon 1979).
- PURSIAINEN, M. 1980. Ravun *Astacus astacus* (L.) lisääntymiskyvystä ja poikastuotannosta. *Lisensiaattiseminaariesitelmä.* Jyväskylän yliopisto, Biologian laitos. 10 s. (moniste)
- RAATIKAINEN, M. 1984. Jos kaikki suomen järvet... . *Suomen Kuva-lehti* 1985(28).
- RICKER, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Dep. Envirom. Fish. and Mar. Service. Ottawa. Bull.* 191. 382 p.
- ROBSON, D.S. & CHAPMAN, D.G. 1961. Catch curves and mortality rates. *Trans. Am. Fish. Soc.* 90(2), p. 181-189. (ref. Jones 1976).
- ROBSON, D.A. & REGIER, H.A. 1964. Sample size in Petersen mark-recapture experiments. *Trans. Am. Fish. Soc.* 93, p. 215-226.
- ROFF, D.A. 1973. An examination of some statistical tests used in the analysis of mark-recapture data. *Oecologia (Berl.)* 12, p. 35-54.
- SCHNABEL, Z.E. 1938. The estimation of of the total fish population of the lake. *Am. Math. Mon.* 45, p. 348-352. (ref. Seber 1973).
- SEBER, G.A.F. 1973. The estimation of animal abundance and related parameters. Griffin, London. 506 p.
- SVÄRDSON, G. 1974. Översikt av laboratoriets verksamhet med plan år 1974. *Inf. från Sötvattenslaboratoriet Drottningholm* 1974(1), 27 s..

- TCHERKASHINA, N.Y. 1977. Survival, growth, and feeding dynamics of juvenile crayfish *Astacus leptodactylus* in ponds and the river Don. Kuopio. Freshwater crayfish 3, p. 95-100.
- TOLONEN, J. & PURSIAINEN, M. 1987. Ravunpoikasten kuoriutumisen aikaistaminen. Suomen kalankasvattaja 1987(1), s. 12-14.
- TUUNAINEN, P., VUORINEN, P., RASK, M., JÄRVENPÄÄ, T. & VUORINEN, M. 1986. Happaman laskeuman vaikutukset kaloihin. Raportti vuodelta 1985. RKTL kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja 50, s. 1-39.
- Vesihallitus 1977. Suomen vesivarat ja niiden käyttö. Helsinki. Valtion painatuskeskus.
- WESTMAN, K. 1971. Minkin ravinnosta ja vahingollisuudesta rapukannoille. Erämies 1971(6).
- 1973. Kotiutuuko täplärapu suomeen. Kalamies 1973(6), s. 6.
 - 1978. Rapukannan rakenteesta ja ravinnosta jokiympäristössä. Helsinki. Limnologisymposio 1976.
 - 1981a. Rapu, krapu, jokiäyriäinen. Suomen luonto 1981(5-6), s. 240-241.
 - 1981b. Ravun elinympäristö tuhoutuu. Suomen luonto 1981(5-6), s. 271-272.
- WESTMAN, K. & NYLUND, V. 1985. Rapu ja ravustus. Espoo. 173 s.
- WESTMAN, K. & PURSIAINEN, M. 1979. Development of the european crayfish *Astacus astacus* (L.) and the american crayfish *Pacifastacus leniusculus* (Dana) populations in a small Finnish lake. Thonon-les-Bains, France. Freshwater crayfish 4, p. 322-345.
- 1980. Size and structure of crayfish *Astacus astacus* (L.) populations on different habitats in Finland. Finnish Game and Fish. Res. Inst., Fish. Dep. (mimeogr)
- WESTMAN, K., PURSIAINEN, M. & VILKMAN, R. 1979. A new folding trap model which prevents crayfish from escaping. Thonon-les-Bains, France. Freshwater crayfish 4, p. 235-241.
- WESTMAN, K., SUMARI, O. & PURSIAINEN, M. 1979. Electric fishing in sampling crayfish. Thonon-Les-Bains, France. Freshwater crayfish 4, p. 251-256
- WINDELL, J.T. 1978. Digestion and the daily ration of fishes. In: Gerking, S.D. (ed.). Ecology of the freshwater fish production. Oxford. 520 p.
- WITZIG, J.F., AVAULT, J.W. Jr., & HÜNER, J.V. 1983. Predation by *Anaxjunius* (Odonata, Aeschnidae) naiadson young crayfish. Davis, California, USA. Freshwater crayfish 5, p. 269.



- No. 1. SARVALA, J.: Kalantutkimus puntarissa: Suomalainen kalantutkimus 1980-luvulla. (Fisheries research in Finland during the 1980s - an analysis based on published papers). s. 1-19.
VEHANEN, T. ja NIEMITALO, V.: Pohjois-Suomen keskuskalanviljelylaitoksen siianpoikasten viljelyyn käytettyjen luonnonravintolammikoiden tuotosta ja tuottoon vaikuttavista tekijöistä. (Production of natural food rearing ponds and the factors affecting it in whitefish culture at the Fish Culture Station for Northern Finland). s. 21-99.
- No. 2. HEIKINHEIMO-SCHMID, O., RAHKONEN, R., WESTMAN, K. and TUUNAINEN, P.: Country report of Finland for the interseasonal period of the European Inland Fisheries Advisory Commission (EIFAC) 1988-1989. (Suomen kansallinen raportti Euroopan sisävesikalastuskomission (EIFAC) istuntojen väliseltä ajalta 1988-1989). 33 s.
- No. 3. Status of crayfish stocks, fisheries, diseases and culture in Europe. Report of the FAO European Inland Fisheries Advisory Commission (EIFAC) Working Party on Crayfish. (Rapukannat, ravustus, taudit ja viljely Euroopassa. Euroopan sisävesikalastuskomission (EIFAC) raputyöryhmän raportti). Edited by (toim.) Westman, K., Purainen, M. and Westman, P. 206 p.
- No. 4. KALLIO-NYBERG, I. ja KOLJONEN, M.-L.: Kalakantarekisteri: siika, muikku ja harjus. (The Finnish fish stock register: whitefish, vendace and grayling). 54 s.
- No. 5. ERKAMO, E.: Ravun (*Astacus astacus* L.) biologiasta, kannanarvioinnista ja istutuksen kannattavuudesta pienessä hapantvetisessä metsäjärvessä. (Crayfish, *Astacus astacus* L., in a small, acidic forest lake: Biology, stock assessment and profitability of stocking). 97 s.

RIISTA-JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS

KALATUTKIMUKSIA - FISKUNDERSÖKNINGAR



SISÄLTÖ – INNEHÅLL – CONTENTS

ERKAMO, E.: Ravun (*Astacus astacus* L.) biologiasta, kannanarvioinnista ja istutuksen kannattavuudesta pienessä hapanvetisessä metsäjärvessä. (Sammandrag: Kräftan (*Astacus astacus* L.) i ett litet surt träsk: Biologi, uppskattning av populationsstorleken och lönsamheten av utplanteringarna). (Summary: Crayfish, *Astacus astacus* L., in a small, acidic forest lake: Biology, stock assessment and profitability of stocking). 97 s.

ISSN 0787-8478
Helsinki 1990
Yliopistopaino

