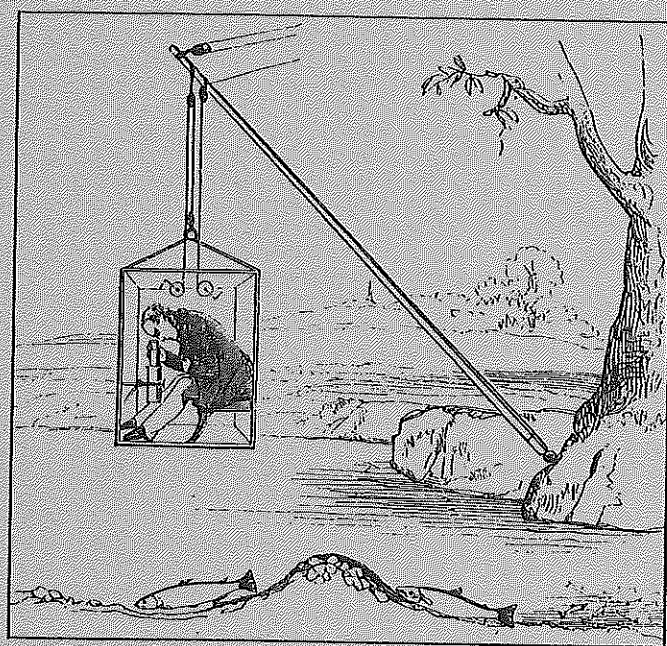




Nr **4** 1988

Information från
**SÖTVATTENS-
LABORATORIET**
Drottningholm



CATHERINE HILL

Förbättras kvaliteten hos röding i sjöar med den introducerade taggmärslan Pallasea quadrispinosa?

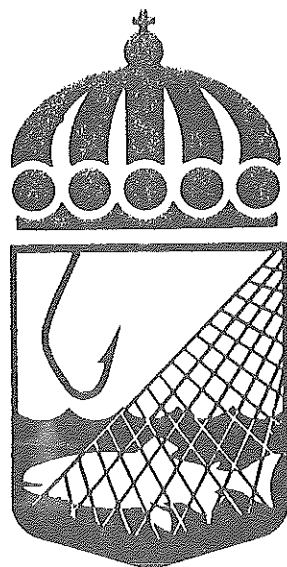
FISKERISTYRELSENS
SÖTVATTENSLABORATORIUM

Institute of Freshwater Research of the
Swedish National Board of Fisheries

Författare:

Catherine Hill

Sötvattenslaboratoriet
170 11 DROTTNINGHOLM



FISKERIVERKET

ISSN 0346-7007

FÖRBÄTTRAS KVALITETEN HOS RÖDING I SJÖAR MED DEN INTRODUCERADE TAGGMÄRLAN PALLASEA QUADRISPINOSA?

Catherine Hill

SAMMANFATTNING	1
INLEDNING	1
MATERIAL OCH METODER	2
RESULTAT	5
<u>Enskilda sjöar</u>	5
<u>Skillnader mellan sjöar</u>	8
DISKUSSION	10
<u>Pallasea och fiskens kvalitet</u>	11
<u>Parasitering</u>	14
ERKÄNNANDEN	14
LITTERATUR	15
ENGLISH SUMMARY: DOES INTRODUCTION OF THE AMPHIPOD <u>PALLASEA QUADRI-</u> <u>SPINOSA</u> IMPROVE THE QUALITY OF ARCTIC CHAR?	18
LEGENDS TO FIGURES AND TABLES	20

SAMMANFATTNING

Kvaliteten hos grundlevande röding undersöktes i två naturliga sjöar och fyra reglerade magasin med och utan Pallasea quadripinosa. Vattenhalten hos hela fisken användes som kvalitetsmått. Ingen skillnad i vattenhalt kunde visas mellan oregrerade sjöar med respektive utan Pallasea. I reglerade magasin var vattenhalten signifikant lägre där Pallasea har introducerats, vilket tyder på en högre fetthalt och därför en bättre kvalitet. En viktig felkälla är dock att fisken från det ena magasinet utan Pallasea hanterades bristfälligt och troligen fick en förhöjd vattenhalt. Effekten av frysning i vatten på fiskar av olika längd kan också ha påverkat resultaten.

Om hänsyn tas till rödingens diet i de olika magasinerna, kan det inte uteslutas att den låga vattenhalten hos grundlevande röding i Ajaure berodde på inslaget av småspigg i dieten. Tillgången på Pallasea under vintern kan förväntas ha förbättrat rödingens kvalitet, men det fanns inga signifikanta skillnader i vattenhalt mellan tiden för leken och den påföljande sommaren.

Resultat från andra undersökningar tyder på att röding utnyttjar proteinet i födan för att tillväxa, och att proteinupptaget förbättras med en ökande mängd fett i födan, medan ett överskott av fett lagras i kroppen och kan användas för reproduktion. Det är inte känt hur tillgången på Pallasea påverkar tillväxt och reproduktion hos röding. I Umeälvsjöarna med introducerad Pallasea ökar antalet rödingar samtidigt som fördrvärningen ökar (Fürst et al. 1986).

INLEDNING

Taggmärslan Pallasea quadripinosa Sars är en av de tre arterna av kräftdjur som har introducerats som födodjur för fisk i reglerade magasin (Fürst 1981). De andra två är pungräkan Mysis relicta Lovén och märslan Gammaracanthus lacustris Sars. Dessa kräftdjur finns normalt i sjöar som ligger nedanför den högsta kustlinjen för Östersjöns utbredning efter senaste istiden (Se-

gerstråle 1957). Inplanteringarna i vattenkraftsmagasin i norra Sverige har främst syftat till att ersätta litoralzonens bottenfauna, som slås ut vid reglering (Stube 1958, Grimås 1961).

Amphipoden Pallasea lever på sjöbotten, från det steniga strandområdet ner till det mjuka sedimentet på stora djup (Samter & Weltner 1904, Ekman 1915, Decksbach 1927, Thienemann 1928, Mathisen 1953, Särkkä 1979). Arten har god simförmåga och har hittats i det fria vattnet (O. Enderlein, M. Fürst, Sötvattenslaboratoriet, muntl.medd.). De vuxna märlorna äter detritus och mikroskopiska växter och djur vid sedimentytan (Mathisen op.cit., Jacobson 1954, Hill opubl.).

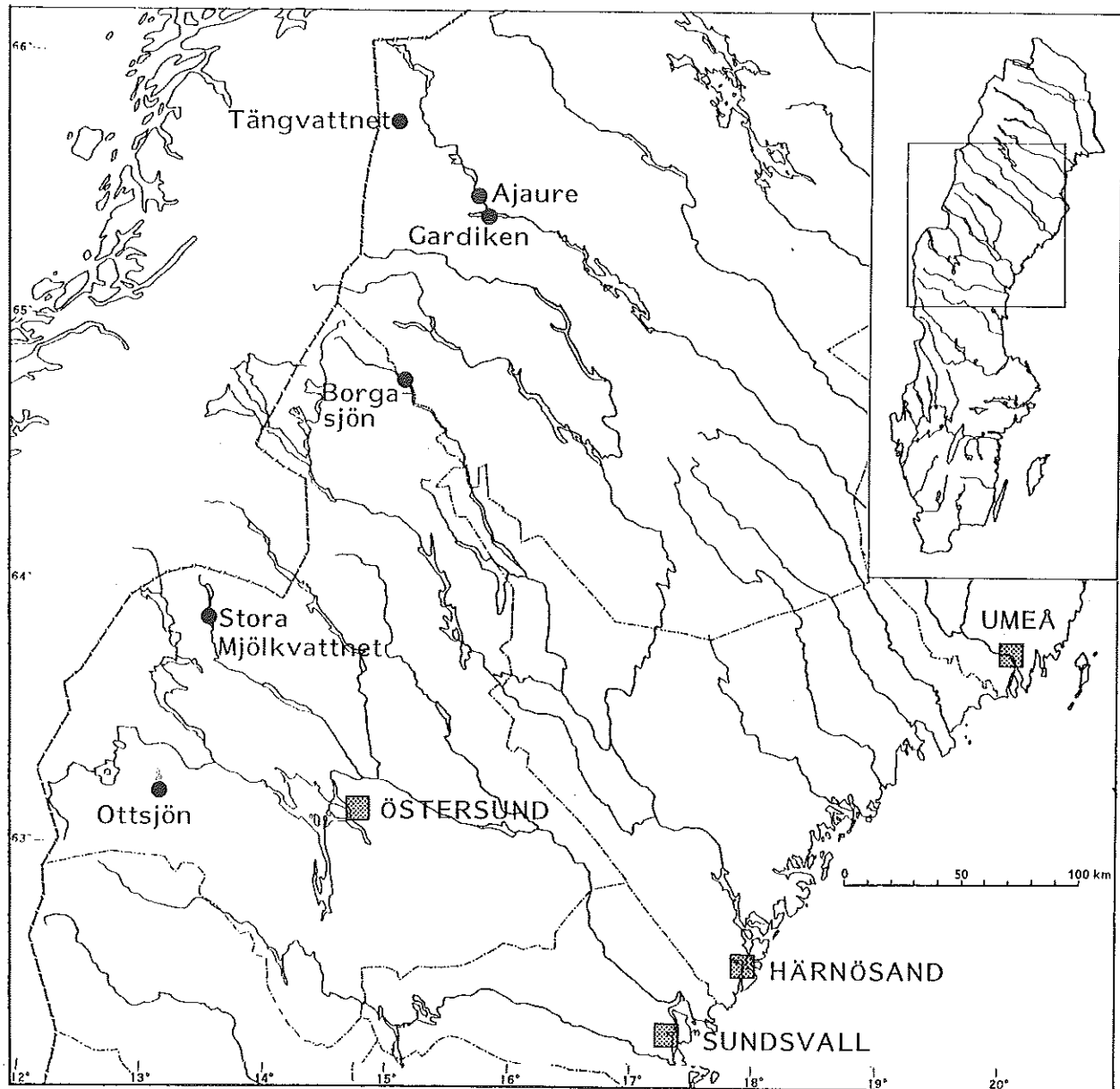
Pallasea äts i sin tur av flera fiskarter i sjöar där den förekommer naturligt (Huitfeldt-Kaas 1917, Nybelin & Oldevig 1944, Vøllestad 1983) eller introducerats (Fürst et al. 1978, Garnås 1986, Hill & Forsberg 1986).

Olsén et al. (1987) visade att fetthalten var ett känsligt mått på kvalitet hos röding. Fetthalten hade ett omvänt förhållande till vattenhalten, dvs fetthalten var hög när vattenhalten var låg, och vice versa. Vattenhalten hos bottenlevande röding var lägre i reglerade magasin där pungräkan Mysis relicta hade introducerats (Hill & Boström 1985). Här har samma metod använts för att jämföra kvaliteten hos röding i sjöar med och utan introducerad Pallasea.

MATERIAL OCH METODER

Röding insamlades från sex sjöar i norra Sverige (Figur 1). Fyra av dessa var reglerade magasin (Tabell 1). I sjöarna med Pallasea hade amphipoden introducerats 1970 eller 1971. Fisk insamlades under hösten 1984, under eller efter tiden för lek, och under våren eller sommaren 1985. Bottennät (oftast 24 varv/aln) lades nära stranden och rödingarna frystes hela i isblock.

Drygt 400 rödingar undersöktes. Infrysningstiden varierade från tre månader till två år. Efter upptining torkades fisken ren från slem, mättes till närmaste mm och vägdes till närmaste



Figur 1. De undersökta sjöarnas geografiska lägen.

gram, varefter otoliterna avlägsnades. Buken klipptes upp och gonaderna togs bort och vägdes. Förekomsten av parasiter noterades. Innehållet i magen och tarmkanalen tömdes, och födan i magen inspekterades under lupp. Fisken vägdes på nytt och torkades i värmeugn vid 65°C tills konstant vikt erhöles.

Fiskens vattenhalt beräknades som skillnaden mellan den somatiska vävnadens våtvikt (utan gonader och mag/tarminnehåll) och torrsvikt. Förhållandet mellan längd och vattenhalt analyserades med linjär regressionsanalys. När vattenhalten var signifikant

Tabell 1. Storlek, djup och regleringsförhållanden i de undersökta sjöarna.

	Yta km ²	Max djup m	Regl år	Amplitud m	<u>Pallasea</u> introd	Fiskarter
UMEÄLVEN						
Tångvattnet	14.8	51	-	-	-	Ö, R
Ajaure	49.0	37	1967	9.5	1971	Ö, R, S, K, E, P
Gardiken	84.0	80	1961	20.0	1971	Ö, R, S, K, E, P, A
INDALSÄLVEN						
Ottsjön	15.6	31	-	-	1970	Ö, R, H, L, E
St Mjölkvattnet	14.0	>55	1942	11.4	-	Ö, R, L
ÅNGERMANÄLVEN						
Borgasjön	10.9	86	1952	18.0	-	Ö, R, L, E

Ö = öring, Salmo trutta
 R = röding, Salvelinus alpinus
 K = kanadaröding, Salvelinus namaycush
 S = sik, Coregonus sp.
 H = harr, Thymallus thymallus
 L = lake, Lota lota
 E = elritsa, Phoxinus phoxinus
 P = småspigg, Pungitius pungitius
 A = abborre, Perca fluviatilis

beroende av fiskens längd (Dixon & Massey 1969) uttrycktes förhållandet enligt formeln:

$V = a + bL$ där V = vattenhalt (%) och L = längd (cm).

Vattenhalten hos olika grupper av röding jämfördes genom att beräkna en gemensam regressionslinje för förhållandet mellan vattenhalt och längd. Antalet värden från de två grupperna som låg ovanför respektive under den gemensamma regressionslinjen jämfördes med χ^2 test (med Yates korrektion för en frihetsgrad). Denna metod tillåter en jämförelse av fiskar av olika längder. I tre sjöar där röding hade insamlats under flera årstider var det möjligt att undersöka om fiskens vattenhalt ändrades under året. Dessutom jämfördes vattenhalten i reglerade magasin med och utan Pallasea.

Rödingarnas diet analyserades genom att notera den frekvens med vilken olika födoorganismer förekom i magar med innehåll samt genom att beräkna organismernas andel av födovolymer i fulla och halvfulla magar.

RESULTAT

Enskilda sjöar

Tängvattnet är en oreglerad sjö utan nya näringsdjur. Rödingar insamlades i augusti 1984, i oktober 1984 under leken och i juni 1985 direkt efter islossningen. Ca 75% av de rödingar som insamlades i oktober var hanar. Vattenhalten var positivt korrelerad med längd i juni 1985 ($n=50$, $V=69.5+0.4L$, $r=0.38$, $p<0.05$).

Medelvattenhalten var högst i oktober (Tabell 2). Det fanns dock

Tabell 2. Längd och vattenhalt hos röding fångad under 1984 och 1985. Medelvärde (och standardavvikelse). * visar att vattenhalten varierar med fisklängden. Rödingarna från Stora Mjölkvattnet var i dåligt skick vid upptiningen.

			Antal	Längd cm	Vattenhalt %
OREGLERADE SJÖAR	UTAN NYA NÄRINGSDJUR				
	Tängvattnet	1984 aug	51	19.1 (1.2)	77.7 (1.0)
		okt	50	20.2 (1.7)	78.2 (1.3)
		1985 jun	50	19.9 (1.3)	77.9 (1.5)*
	MED <u>PALLASEA</u>				
	Ottsjön	1985 jul	30	26.3 (1.6)	75.6 (0.9)
REGLERADE SJÖAR	UTAN NYA NÄRINGSDJUR				
	St Mjölkvattnet	1985 jul	59	22.4 (3.4)	79.9 (1.3)
		Borgasjön	jun	19	24.7 (1.6)
	MED <u>PALLASEA</u>				
	Ajaure	1984 nov	49	21.9 (2.1)	76.6 (1.8)*
		1985 jul	22	23.3 (2.9)	76.5 (1.8)*
Gardiken	1984 dec	25	21.1 (3.1)	79.4 (2.1)	
	1985 jul	19	20.3 (3.9)	78.0 (2.1)	

ingen signifikant skillnad i vattenhalt mellan augusti och oktober 1984 ($n=101$, $\chi^2=1.48$, $p>0.05$) eller mellan oktober 1984 och juni 1985 ($n=100$, $\chi^2=1.00$, $p>0.05$).

Rödingens diet växlade med årstiderna och 77-94% av magarna var fulla eller halvfulla. I augusti var de vanligaste födo djuren cladoceren Bosmina sp., olika sorters kläckande och flygande insekter samt märlan Gammarus lacustris. Zooplankton utgjorde

ca 70% av maginnehållet. Den bentiska cladoceren Eurycercus lamellatus utgjorde 11%. I oktober var cladocererna Bosmina och Daphnia sp. de vanligaste födoslagen, tillsammans med bottendjur som chironomidlarver och Gammarus. I juni året därpå utgjordes födan främst av kläckande Diptera samt Gammarus. Larvstadier av bandmasken Diphyllobothrium sp. förekom på matsmältningsorganen hos 30-70% av rödingarna. Copepoden Salmincola sp. satt fast i gälarna hos hälften av fiskarna.

Ottsjön är en oreglerad sjö med introducerad Pallasea. Rödingar insamlades i juli-augusti 1985. De flesta av fiskarna var längre än 25 cm och vattenhalten var relativt låg (Tabell 2).

Nästan alla rödingar (97%) hade fulla eller halvfulla magar. De vanligaste födoslagen var Daphnia, kläckande Diptera puppor och Ephemeroptera (dagslända) larver. Eurycercus lamellatus förekom i en mage. Zooplankton utgjorde 46% av födan, ytinsekter 36% och bottendjur 17%. Pallasea förekom inte i magarna. Diphyllobothrium förekom hos alla fiskar, och de flesta var hårt angripna av parasitens larver. En annan bandmask, Eubothrium sp., förekom hos hälften av fiskarna. Två tredjedelar av rödingarna hade Salmincola på gälarna.

Stora Mjölkvattnet är en reglerad sjö utan nya näringsdjur. Rödingar insamlades i juli 1985. Vid upptining var fiskarna i dåligt skick och inälvorna var ofta delvis upplösta. Medelvatthalten var relativt hög (Tabell 2).

De flesta magar (88%) innehöll föda och 67% var fulla eller halvfulla. De vanligaste födoslagen var kläckande och flygfärdiga Diptera, den bottenlevande snäckan Pisidium sp., insektslarver samt cladoceren Bosmina sp. och copepoden Cyclops sp. Ytinsekter utgjorde 79% av födan, zooplankton 11% och bottendjur 7%. Diphyllobothrium parasiterade 78% av rödingarna och Salmincola 63%.

Borgasjön är en reglerad sjö utan nya näringsdjur. Fiskar insamlades i slutet av juni 1985. Medelvattenhalten var relativt låg (Tabell 2). Vattenhalten var negativt korrelerad med längd ($n=19$, $V=89.6-0.6L$, $r=-0.69$, $p<0.05$).

De flesta magar (95%) innehöll föda, men endast hälften var fulla eller halvfulla. De vanligaste födoslagen var flygande insekter, t ex Coleoptera och Diptera, chironomidlarver och Pisidium. Ytinsekter utgjorde ca 60% av födan, bottendjur 34% och zooplankton 6%. Diphyllobothrium parasiterade 25% av fiskarna.

Ajaure är en stor reglerad sjö med introducerad Pallasea. Antalet bottenlevande rödingar i sjön har ökat kraftigt under 1980-talet (Fürst et al. 1986). Rödingar insamlades i oktober och november 1984, då de flesta hade lekt, samt i juli 1985. Medelvärdena för vattenhalten var relativt låga (Tabell 2). Vattenhalten var negativt korrelerad med längd både under lektiden ($n=49$, $V=82.2-0.3L$, $r=-0.3$, $p<0.05$) och den påföljande sommaren ($n=22$, $V=85.5-0.4L$, $r=-0.6$, $p<0.05$). Det fanns ingen signifikant skillnad i vattenhalt mellan de två provtagningstillfällena ($n=70$, $\chi^2=0.37$, $p>0.05$).

De flesta magar innehöll föda (84-98%) och 56-67% var fulla eller halvfulla. På senhösten åt nästan alla rödingar Pallasea, hälften åt småspigg och en fjärdedel åt insektslarver. Pallasea utgjorde ca 74% av födan och småspigg 24%. På sommaren ändrades dieten, då flygande Diptera och Tipulidae var den vanligast förekommande födan. Ytinsekter utgjorde då 70% av födan, Pallasea 16% och zooplankton 5%. Diphyllobothrium parasiterade nästan alla rödingar och Salmincola noterades hos en tredjedel. Några fiskar hade nematoden Cystidicola sp. i simblåsan.

Gardiken är en mycket stor reglerad sjö med introducerad Pallasea. Här har antalet rödingar också ökat under 1980-talet (Fürst et al. 1986). Rödingar insamlades vid Gardvik, i östra delen av magasinet, i december 1984 samt under juli och augusti 1985. Rödingarna från vinterfisket bestod till största delen av hanar som hade lekt. Flera av dessa fiskar var så ruttna att de

inte användes i analysen. Det fanns ingen signifikant skillnad i vattenhalt mellan de två provtagningstillfällena ($n=44$, $\chi^2=3.34$, $p>0.05$).

Under vintern hade 77% av rödingarna ätit, men endast 43% hade halvfulla eller fulla magar. Pallasea äts av nästan alla fiskar och utgjorde nästan hela födovolymer (96%). Chironomidlarver och småspigg ingick också i dieten. Under sommaren var de flesta av magarna välfyllda (76%) och dieten mer varierad. De vanligaste födodjuret var kläckande och flygande Diptera, copepoder och Ephemoptera larver. Pallasea hade ätits av endast en fisk. Ytinsekter utgjorde 49% av födovolymer, zooplankton 27% och bottendjur 20%. Omkring 70% av fiskarna parasiterades av Diphyllbothrium och upp till 12% av gälcopepoden Salmincola.

Skillnader mellan sjöar

Kvaliteten hos röding från de olika sjöarna kan grovt bedömas pga medelvattenhalten hos fiskar fångade under sommarsäsongen 1985. Tabell 3 anger vattenhalten för längdgruppen 20-25 cm, eftersom vattenhalten var signifikant korrelerad med fiskens längd i flera sjöar.

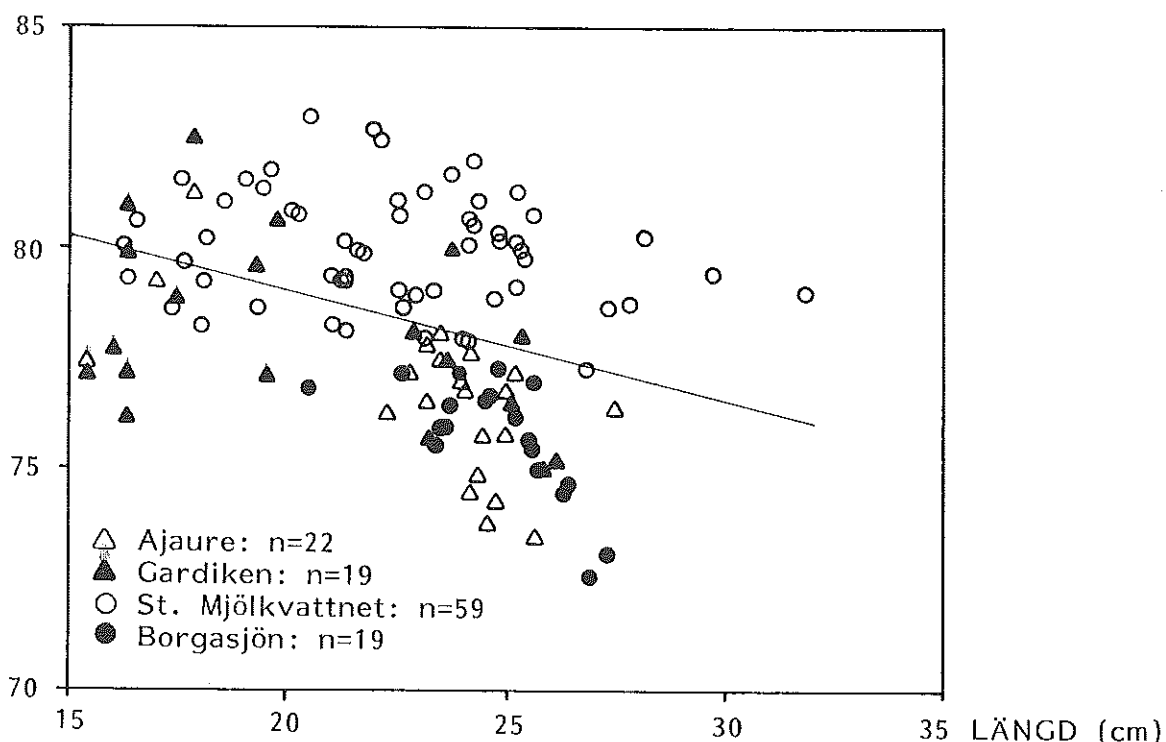
Tabell 3. Vattenhalt hos röding inom storleksklassen 20-25 cm fångade under juni-juli 1985. Medelvärde (och standardavvikelse).

	Antal	Vattenhalt %
OREGLERADE SJÖAR	UTAN NYA NÄRINGSDJUR	
	Tångvattnet	22 78.5 (1.5)
	MED <u>PALLASEA</u>	
Ottsjön	5 75.7 (0.7)	
REGLERADE SJÖAR	UTAN NYA NÄRINGSDJUR	
	St Mjölkvattnet	33 79.9 (1.4)
	Borgasjön	10 76.5 (0.6)
	MED <u>PALLASEA</u>	
	Ajaure	16 76.2 (1.3)
Gardiken	4 77.7 (1.8)	

Endast två oreglerade sjöar ingick i undersökningen, Tångvattnet (Umeälven) och Ottsjön (Indalsälven). Rödingar som fångades under sommaren 1985 i Ottsjön (med Pallasea) var betydligt större än de som fångades i Tångvattnet (Tabell 2), vilket försvårar en jämförelse av kvaliteten. Vattenhalten hos rödingar som fångades i dessa sjöar under juni-juli 1985 jämfördes med regressionsanalys. Den gemensamma regressionslinjen visade att vattenhalten var negativt korrelerad med längd ($n=80$, $V=83.2-0.3L$, $r=-0.549$, $p<0.05$). Det fanns ingen signifikant skillnad i vattenhalt mellan de två sjöarna ($\chi^2=3.0$, $0.10>p>0.05$).

De reglerade sjöarna utan nya näringsdjur var Stora Mjölkvattnet (Indalsälven) och Borgasjön (Ångermanälven), medan magasinerna med Pallasea var Ajaure och Gardiken (Umeälven). Regressionsanalys användes för att jämföra vattenhalten hos alla rödingar fångade under juni och juli 1985 i magasin med respektive utan Pallasea (Figur 2). Den gemensamma regressionslinjen visade att vatten-

VATTENHALT %



Figur 2. Jämförelse av vattenhalten hos alla rödingar i reglerade sjöar med Pallasea (△,▲) och utan Pallasea (○,●) juni-juli 1985, i förhållande till fiskens längd. Linjen visar den linjära regressionen mellan längd och vattenhalt för hela materialet. Rödingar i sjöar med Pallasea hade en lägre vattenhalt ($\chi^2_C:p<0.001$).

halten var signifikant negativt korrelerad med fisklängden hos röding från de fyra sjöarna ($n=119$, $V=84.0-0.3L$, $r=0.37$, $p<0.05$). Vattenhalten i magasinen med Pallasea var signifikant lägre än i magasinen utan Pallasea ($\chi^2=19.6$, $p < 0.001$).

Eftersom rödingarna från Stora Mjölkvattnet (utan Pallasea) hade tydligen hanterats bristfälligt, gjordes en ny analys där endast Borgasjön jämfördes med Ajaure och Gardiken. Den negativa korrelationen mellan vattenhalt och fisklängd kvarstod ($n=60$, $V=85.2-0.4L$, $r=-0.65$, $p<0.05$) men det fanns inte längre någon signifikant skillnad i vattenhalt mellan de två typerna av magasin ($\chi^2=1.2$, $0.3 > p > 0.2$).

DISKUSSION

Det fanns inte någon signifikant skillnad i vattenhalt mellan rödingar från de två oreglerade sjöarna Tängvattnet och Ottsjön, när alla fiskar fångade under juni och juli 1985 jämfördes. Pallasea-introduktionen i Ottsjön verkar därmed inte ha förbättrat rödingens kvalitet. Den stora skillnaden i fiskarnas storlek mellan sjöarna (Tabell 2) kan dock ha påverkat resultatet. Sayers (1987) fann att frysning i vatten ökade vikten hos Coregonus hoyi, och att fiskar längre än 18 cm ökade relativt mer i vikt än små fiskar. Vattenhalten hos de stora fiskarna från Ottsjön kan därför ha blivit förhöjd under infrysningen.

Jämförelsen av vattenhalten hos rödingar i reglerade sjöar under juni-juli 1985 visade att den var lägre i magasinen där Pallasea har introducerats. Detta kan tolkas som om introduktionen av taggmärslan har förbättrat kvaliteten hos rödingen, men andra faktorer kan också ha påverkat resultatet. Skillnaden mellan magasinen med respektive utan Pallasea försvann då rödingarna från Stora Mjölkvattnet togs bort från analysen. Den höga vattenhalten hos rödingarna från Stora Mjölkvattnet (utan Pallasea) orsakades troligen delvis av dålig hantering vid fångst och infrysning.

Fiskarna från Stora Mjölkvattnet och Borgasjön var frysta under längre tid (20-22 månader) än de från Ajaure och Gardiken (11-12 månader). Sayers (1987) fann dock att viktförändringar hos Coregonus hoyi fryst i vatten inte var beroende av frystidens längd. Det är därför inte troligt att den långa frystiden orsakade en högre slutlig vattenhalt hos rödingarna från magasinerna utan Pallasea.

Däremot har frysningproceduren antagligen förhöjt vattenhalten hos de allra största rödingarna från Stora Mjölkvattnet och Borgasjön (cf. Sayers 1987) (Figur 2).

Pallasea och fiskens kvalitet

Sommartid utgjorde Pallasea endast en liten andel av rödingens diet, som också tidigare noterats i Ajaure och Gardiken (Hill & Forsberg 1986). Ytinsekter och zooplankton var de vanligaste födodjuret och småspigg ingick i dieten i Ajaure. Mängden mat i magarna tydde på att de flesta av fiskarna hade ätit sig mätta för ögonblicket, förutom i Borgasjön, där endast hälften av magarna var välfyllda. Pallasea är inte talrik på grunt vatten under sommaren, eftersom de vuxna djuren vandrar ut mot djupare, kallare vatten (Samter & Weltner 1904, Kirk & Kirk 1984, Hill opubl.). Där kan märlorna dock ätas av djuplevande röding (Hill & Forsberg 1986).

Vintertid var taggmärlan en viktig födoorganism för grundlevande röding i Ajaure och Gardiken, vilket är fallet i reglerade sjöar där både Pallasea och Mysis introducerats (Fürst et al. 1978, Garnås 1986). Det är inte känt om rödingen i Ottsjön äter Pallasea under vintern. Tråldrag längs sjöns botten i oktober 1984 visade att taggmärlan förekom sparsamt på flera djup.

Enligt Dutil (1986) förlorade havsvandrande röding i norra Kanada 30 procent av kroppens energireserver på grund av svält under vintern. Den nordsvenska rödingen äter Gammarus lacustris och insektslarver under vintern (Nilsson 1955, 1960) men vid reglering försvinner dessa födodjur från fiskens diet (Nilsson 1961).

I den reglerade Blåsjön, med både Pallasea och Mysis, var tillgången på de nya näringsdjuren under vintern antagligen anledningen till att rödingen återhämtade kvaliteten efter leken (Hill & Boström 1985). Det är möjligt att en tillgång på båda dessa två näringsdjur är mer gynnsam för bottenlevande röding, eftersom ingen tydlig återhämtning efter leken kunde påvisas i magasin med enbart Mysis (Hill & Boström op.cit.) eller i Ajaure och Gardiken med enbart Pallasea.

Sammansättningen av födoorganismerna är viktig för fiskens tillväxt och kvalitet. Gammarus lacustris ansågs vara en fullvärdig föda för regnbåge (Salmo gairdneri), men fiskarna växte snabbare på kommersiellt foder (Mathias et al. 1982). Ett försök där regnbåge fick foder med tillsatser av cladocerer, chironomidlarver eller märlor visade att fisken hade svårast att tillgodogöra sig energi och proteininnehållet med tillsatsen av märlor (De la Noüe & Choubert 1985). Fisken tillgodogjorde sig fett i foder av rent fiskmjöl bättre än det i foder med cladocerer respektive märlor respektive chironomidlarver (Choubert & De la Noüe 1987).

Andelarna av fett och protein i dieten påverkade tillväxten hos unga rödingar så att en ökning av mängden fett i förhållande till protein gav ett mer effektivt upptag av protein (Tabachek 1986). Förbättrad tillväxt hos rödingpopulationer från Skottland kopplades till en övergång i dieten från bottendjur till plankton eller från bottendjur till storspigg (Gasterosteus aculeatus) (Barbour & Einarsson 1987). Skillnader i tillväxt mellan olika typer av röding i samma sjö kan också kopplas till dieten, t ex i Övre Björkvattnet där den snabbväxande morfen främst åt Daphnia, medan den fördrvärgade "blattjen" åt bottendjur som Gammarus (Nilsson & Filipsson 1971).

Den höga kvaliteten hos den strandnära rödingen i Ajaure kan därför främst bero på att den äter småspigg under både sommaren och vintern. I Ajaure och Gardiken skulle tillgången på Pallasea under vintern kunnat höja rödingens kvalitet. Det är dock inte känt vilket innehåll av energi, fett och protein Pallasea har, eller om den utgör en fullvärdig näringskälla för röding.

Hos andra märlor varierar fettinnehållet under året, och är högst på våren (Mathias et al. 1982, Gardner et al. 1985).

I Ajaure finns även ett bestånd av djuplevande, fördrvärgad röding (Hammar 1984). Dessa rödingar äter huvudsakligen Pallasea och bottendjur under sommaren (Hill & Forsberg 1986) och äter antagligen Pallasea även under vinterhalvåret. Det finns en tendens till en ökning av beståndet av antalet djuplevande rödingar (Fürst et al. 1986). Det är troligt att den djuplevande rödingen har en sämre kvalitet än den grundlevande, i likhet med dvärgrödingen i Blåsjön (Hill & Boström 1985).

Det behövs mer information om hur pass väl röding tar upp energi, fett och protein från olika födoorganismer och hur detta är kopplat till tillväxt och fettlagring. Röding har en jämn produktion av matsmältningsenzymer, oavsett säsong, temperatur eller födotyp (Reimer 1986). Det kan innebära att rödingen är speciellt känslig för födans kvalitet, även om den i viss mån kan ändra sitt födointag beroende på protein- och energiinnehållet i dieten (Jobling & Wandsvik 1983, Tabachek 1986). Det är inte heller känt huruvida kvaliteten hos röding i juni är beroende av intaget av födan just då, eller intaget av födan under någon annan årstid. Jobling (1987) fann att odlad röding visade en inneboende tillväxtmönster och ökade mest i vikt under december/januari och juni/juli, då födointaget och födoomvandlingen var höga.

Tabachek (1986) fann att protein- och vattenhalten i rödingens kropp hade ett omvänt förhållande till mängden fett i dieten. När halterna av både protein och fett i födan var höga och i balans, var halten av fett i kroppen och levern låg. När andelen fett i dieten höjdes ytterligare, lagrades det överflödiga fettet i kroppen (Tabachek op.cit.). Toppar i tillväxt hos röding, mätt som viktökning, kopplades till lagring av protein i kroppen (Jobling 1987). Det är därför troligt att protein används för tillväxt, medan fetthalten i rödingens kropp är främst ett mått på den mängd energi som är tillgänglig för reproduktion.

Enligt Dutil (1986) var tidsperioden mellan lektillfällen kopplad till kroppens energireserver hos havsvandrande röding. Hans slutsats baserades på förhållandet mellan konditionsfaktorn och energiinnehållet, efter en analys av protein och fetthalten hos ett mindre antal rödingar. Dutil (op.cit.) tog dock inte hänsyn till variationer i kemisk sammansättning i samband med havsvandringar, reproduktion och svält i stickprovet. Det är därför tveksamt om de säsongsmässiga förändringar i energiinnehåll, som han rapporterade för hela materialet, verkligen reflekterade ändringar i rödingarnas näringsstatus.

Det är angeläget att undersöka hur dieten hos röding i sjöar med Pallasea är kopplad till tillväxt, fettlagring och reproduktion, eftersom introduktionen av taggmärslan i Umeälvsjöarna har lett till en ökning av antalet rödingar men en sämre tillväxt hos äldre fiskar (Fürst et al. 1986).

Parasitering

Det fanns ingen tydlig koppling mellan parasitering och kvalitet. Kraftig infektion av bandmasken Diphyllobothrium sp. påverkar vattenhalten i matsmältningsorganen hos röding (Jensen 1980), men rödingen i Ottsjön, där de flesta fiskar var hårt angripna av Diphyllobothrium och hälften parasiterades av Eubothrium, visade den lägsta medelvattenhalten.

Endast ett fåtal fiskar från Ajaure var infekterade med simblåsenematoden Cystidicola sp. I Ajaure och Gardiken noterades Cystidicola hos fler än hälften av de färskas rödingarna som fångades 1984 (Fürst et al. 1986). Detta tyder på att frekvensen av parasiten faktiskt var högre i den nuvarande undersökningen, men att maskarna var svåra att upptäcka hos de frysta och tinade fiskarna.

ERKÄNNANDEN

Rödingarna insamlades av Erik Henriksson, Olle Lindh, Algot Ternholt och Albert Vinka. Gunnar Forsberg, Johan Hammar och Gun Svensson har hjälpt till med provtagningen och torkningen av fisken. Jag skulle vilja tacka Erik Degerman, Magnus Fürst och Sture Hansson för sina kommentarer på manuskriptet.

LITTERATUR

- Barbour, S.E. & S.M. Einarsson. 1987. Ageing and growth of charr, Salvelinus alpinus (L.), from three habitat types in Scotland. *Aquaculture and Fisheries Management* 18:63-72.
- Choubert, G. & J. De la Noüe. 1987. Utilization of invertebrate biomasses for rainbow trout (Salmo gairdneri Rich.) pigmentation: apparent digestibility of carotenoids. *Arch.Hydrobiol.* 110:461-468.
- Decksbach, N.K. 1927. Beitrag zur Kenntnis der im europäischen Russland (U.S.S.R.) vorkommenden glazialmarinen Reliktenkrebse. *Z.Morph.Ökol.Tiere* 7:472-479.
- De la Noüe, J. & G. Choubert. 1985. Apparent digestibility of invertebrate biomasses by rainbow trout. *Aquaculture* 50:103-112.
- Dixon, W.J. & F.J. Massey, Jr. 1969. Introduction to statistical analysis. Third ed. Mc Graw-Hill Book Company, New York. 638 p.
- Dutil, J.-D. 1986. Energetic constraints and spawning interval in the anadromous Arctic charr (Salvelinus alpinus). *Copeia* 4:945-955.
- Ekman, S. 1915. Die Bodenfauna des Vättern, qualitativ und quantitativ untersucht. *Int.Rev.Hydrobiol.* 7:146-204, 275-425.
- Fürst, M. 1981. Results of introductions of new fish food organisms into Swedish lakes. *Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm* 59:33-47.
- Fürst, M., U. Boström & J. Hammar. 1978. Effekter av nya fisknäringssdjur i Blåsjön. (English summary: Effects of new fish food organisms in Lake Blåsjön). *Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm* (15). 94 p.
- Fürst, M., J. Hammar & C. Hill. 1986. Inplantering av nya näringssdjur i reglerade sjöar. Slutrapport från FAK, del II. *Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm*. 78 p.
- Gardner, W.S., T.F. Nalepa, W.A. Frez, E.A. Cichocki & P.F. Landrum. 1985. Seasonal patterns in lipid content of Lake Michigan macroinvertebrates. *Can.J.Fish.Aquat.Sci.* 42:1827-1832.
- Garnås, E. 1986. Changes in the diet of charr Salvelinus alpinus L. after introduction of Mysis relicta Lovén in two subalpine reservoirs in Norway. *Fauna norv. Ser. A7*:17-22.
- Grimås, U. 1961. The bottom fauna of natural and impounded lakes in northern Sweden (Ankarvattnet and Blåsjön). *Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm* 42:183-237.

- Hammar, J. 1984. Ecological characters of different combinations of sympatric populations of Arctic charr in Sweden. p. 35-63. In Biology of the Arctic charr. Eds.: L. Johnson & B.L. Burns. Proceedings of the International Symposium on Arctic charr, Winnipeg, Manitoba, May 1981. Univ. Manitoba Press, Winnipeg.
- Hill, C. & U. Boström. 1985. Kvaliteten hos röding i sjöar med introducerad Mysis relicta. (English summary: Effects of the introduction of Mysis relicta on the quality of Arctic char). Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (3). 54p.
- Hill, C. & G. Forsberg. 1986. Födoval hos fiskar i sjöar där taggmärslan Pallasea quadrispinosa introducerats. (English summary: The diet of fish in lakes with the introduced amphipod Pallasea quadrispinosa). Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (10). 35 p.
- Huitfeldt-Kaas, H. 1917. Mjøsens fisker og fiskerier. Det Kgl. Norske Videnskabers Selskabs skrifter 1916. 2. 257 p.
- Jacobson, C.-O. 1954. Om marin-glaciala relikter i dalssländska sjöar. Fauna och flora 49:218-228.
- Jensen, A.J. 1980. The 'Gut index', a new parameter to measure the gross nutritional state of arctic char, Salvelinus alpinus (L.) and brown trout, Salmo trutta L. J.Fish. Biol. 17:741-747.
- Jobling, M. 1987. Growth of Arctic charr (Salvelinus alpinus L.) under conditions of constant light and temperature. Aquaculture 60:243-249.
- Jobling, M. & A. Wandsvik. 1983. An investigation of factors controlling food intake in Arctic charr, Salvelinus alpinus L. J.Fish Biol. 23:397-404.
- Kirk, J. & K. Kirk. 1984. Undersøgelser over Mysis relicta Lovén, Pallasea quadrispinosa (Sars) og Pontoporeia affinis Lindström i Furesøen 1983. Specialeopgave ved Ferskvandsbiologisk Laboratorium, Hillerød. 192 p.
- Mathias, J.A., J. Martin, M. Yurkowski, J.G.I. Lark, M. Papst & J.L. Tabachek. 1982. Harvest and nutritional quality of Gammarus lacustris for trout culture. Trans. Amer. Fish. Soc. 111:83-89.
- Mathisen, O.A. 1953. Some investigations of the relict crustaceans in Norway with special reference to Pontoporeia affinis Lindstrom and Pallasea quadrispinosa G.O. Sars. Nytt Mag. Zool. 1:49-86.
- Nilsson, N.-A. 1955. Studies on the feeding habits of trout and char in north-Swedish lakes. Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 36:163-225.
- Nilsson, N.-A. 1960. Seasonal fluctuations in the food segregation of trout, char and whitefish in 14 north-Swedish lakes. Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 41:185-205.

- Nilsson, N.-A. 1961. The effect of water-level fluctuations on the feeding habits of trout and char in the lakes Blåsjön and Jormsjön, north Sweden. Rep.Inst.Freshw.Res. Drottningholm 42:238-261.
- Nilsson, N.- A. & O. Filipsson. 1971. Characteristics of two discrete populations of Arctic char (Salvelinus alpinus L.) in a north Swedish lake. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 51:90-108.
- Nybelin, O. & H. Oldevig. 1944. Om Pallasea quadrispinosa G.O. Sars ovan marina gränsen i östra Jämtland. Göteb.Kgl.Vet. och Vitterh.-samh.Handl.,Sjätte följdén,Ser.B,3(4). 25 p.
- Olsén, P., U. Heyman, U. Boström & C. Hill. 1987. Fat content and condition in Arctic char. Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm. PM 870427. 13 p.
- Reimer, G. 1986. The relationship between the digestive enzymes in Arctic char, Salvelinus alpinus (Salmonidae, Osteichthyes) and its ability to survive in extreme environments. Hydrobiologia 133:65-72.
- Samter, M. & W. Weltner. 1904. Biologische Eigentümlichkeiten der Mysis relicta, Pallasiella quadrispinosa und Pontoporeia affinis, erklärt aus ihrer eiszeitlichen Entstehung. Zool.Anz. 27:676-694.
- Sayers, R.E. Jr. 1987. Effects of freezing in and out of water on length and weight of Lake Michigan bloaters. N.Am.J. Fish.Mgmt 7:299-301.
- Segerstråle, S.G. 1957. On the immigration of the glacial relicts of northern Europe, with remarks on their prehistory. Soc.Sci.Fenn.,Comm.Biol.16. 16 p.
- Stube, M. 1958. The fauna of a regulated lake. Rep.Inst.Freshw. Res., Drottningholm 39:162-224.
- Särkkä, J. 1979. The zoobenthos of Lake Päijänne and its relations to some environmental factors. Acta Zool.Fenn. 160:1-46.
- Tabachek, J.L. 1986. Influence of dietary protein and lipid levels on growth, body composition and utilization efficiencies of Arctic charr, Salvelinus alpinus L. J.Fish Biol. 29:139-151.
- Thienemann, A. 1928. Die Reliktenkrebse Mysis relicta, Pallasiella quadrispinosa, Pontoporeia affinis und die von ihnen bewohnten nord-deutschen Seen. Arch.Hydrobiol. 19:521-582.
- Vøllestad, L.A. 1983. Nye funn av istidsimmigrantene Pontoporeia affinis, Pallasea quadrispinosa og Mysis relicta i Norge. Fauna 36:129-131.

ENGLISH SUMMARY: DOES INTRODUCTION OF THE AMPHIPOD PALLASEA QUADRISPINOSA IMPROVE THE QUALITY OF ARCTIC CHAR?

Abstract

The water content of Arctic char (Salvelinus alpinus) was investigated in two natural lakes and four impounded reservoirs to determine whether introductions of the amphipod Pallasea quadrispinosa had a beneficial effect on fish quality. Comparisons of the char in lakes with and without Pallasea were based on the relationship between the water content of somatic tissue and the length of individual fish. In the natural lakes, the introduction of Pallasea did not result in any significant difference in the water content. In impounded lakes where Pallasea had been introduced, the water content of char was lower than in reservoirs without Pallasea. Sources of error due to the sampling procedure and the influence of the diet of the char on their chemical composition are discussed.

Introduction and Material and Methods

The amphipod Pallasea quadrispinosa has become established in at least 16 lakes in northern Sweden as the result of a program in which crustacean "glacial relicts" were introduced as new fish-food organisms to impounded reservoirs (Fürst 1981). A previous study showed that introductions of the mysid Mysis relicta had improved the quality of benthic char in impounded lakes (Hill & Boström 1985). Water content of somatic tissue was used as a measure of fish quality, according to Olsén et al. (1987), who had shown that fat content was a sensitive indicator of the nutritional status of Arctic char, and that the percentage of fat had an inverse linear relationship to the percentage of water. The same method has been used here to evaluate the effect of introductions of Pallasea on the quality of Arctic char.

Benthic gillnets were set on shallow bottoms in 1984 and 1985 in two natural and four impounded lakes (Figure 1, Table 1). The fish were frozen in water. The water content was obtained by drying somatic tissue (the entire thawed fish, minus gonads and stomach contents) at 60°C for about two weeks. The water content of individual fish was plotted against their length, and linear regression analysis showed that there was often a significant correlation between these parameters (Table 2).

Comparisons of the water content of char in different lakes in June/July 1985 were based on the relationship between water content and length. A linear regression line was fitted, according to the least squares method, for all of the points in the diagram. The number of points (from each of the two groups of fish) that fell above and below the line were compared with a χ^2 test. The water contents in different months in the same lake were also compared using this method.

Results and Discussion

In natural lakes, the water content of char from Lake Ottsjön (with Pallasea) was not significantly different from that of char from Lake Tängvattnet (without Pallasea) ($n=80$; $\chi^2=3.0$; $0.10 > p > 0.05$). The larger size of the fish from Lake Ottsjön (Table 2) may have affected the comparison, as freezing in water is likely to cause a proportionately larger weight gain in large fish (cf. Sayers 1987).

In impounded lakes, the water content of char was lower in the reservoirs with Pallasea than in those without Pallasea ($n=119$; $\chi^2=19.6$; $p < 0.001$) (Figure 2). This may, however, have been influenced by the poor condition of the frozen fish from Lake Stora Mjölkvattnet (without Pallasea). When these fish were excluded from the analysis, there was no longer a significant difference between the reservoirs with and without Pallasea ($n=60$; $\chi^2=1.2$; $0.3 > p > 0.2$). Differences in the size of the char from the four lakes may also have affected the results of the comparisons. There were no significant differences in water content between months in any lake.

Stomach analyses showed that Pallasea was an important source of food for char during the winter. During summer, however, the fish mainly ate zooplankton and insects from the water surface. In Lake Ajaure, char also ate ninespine stickleback (Pungitius pungitius) in summer and winter. Some authors have suggested that salmonids assimilate a diet of fish, daphnids or chironomids more easily than one of amphipods (De la Noüe & Choubert 1985, Choubert & De la Noüe 1987). Thus, Pallasea may be of greatest importance as a source of energy for char in winter, when few other food organisms are available in impounded lakes. The presence of fish in the diet of char in Lake Ajaure may be another factor contributing to the better quality of char in impounded lakes with Pallasea.

There is a population of stunted char living in the deeper parts of Lake Ajaure. These char, which eat large amounts of Pallasea during summer (Hill & Forsberg 1986), have become more numerous since the introduction of the amphipod (Fürst et al. 1986). These char were not sampled in this investigation, but they are likely to have a higher water content than the char living on shallower bottoms, as was the case in Lake Blåsjön (with both Pallasea and Mysis) (Hill & Boström 1985). It is suggested that more information on the nutritional value of Pallasea as a food source, and on how it affects growth and fat deposition in Arctic char will provide clues as to why introductions of this amphipod have primarily caused an increase in the number of stunted char rather than an improvement in the growth of individual fish.

LEGENDS TO FIGURES AND TABLES

Figure 1. Map of the investigated lakes.

Figure 2. Comparison of the quality of Arctic char in impounded lakes with Pallasea (Δ, \blacktriangle) and without Pallasea (\circ, \bullet) in June/July 1985, based on the relationship between the water content of somatic tissue and the length of individual fish. Char in reservoirs with Pallasea had a lower water content ($\chi^2: p < 0.001$).

Table 1. Description of the six investigated lakes: area (km²), maximum depth (m), year of impoundment, water amplitude (m), year when Pallasea was introduced and recorded fish species.

Table 2. Number, fork length and water content of Arctic char caught in two natural and four impounded lakes in 1984 and 1985. Mean values (with standard deviations). Asterisks indicate that there was a significant correlation between water content and fish length. Fish from Lake St. Mjölkvattnet had been badly frozen.

Table 3. Water content of Arctic char of length 20-25 cm in June/July 1985. Number of fish and mean water content (with standard deviation).