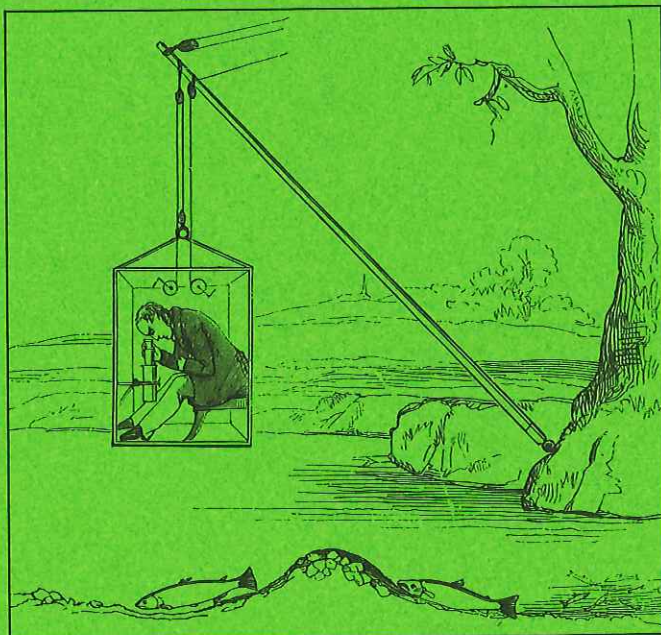


Information från

SÖTVATTENS- LABORATORIET

Drottningholm



JAN HENRICSON
GÖRAN SJÖBERG

Strömbottenfaunan nedströms en
kraftverksdamm med korttidsreg-
lering i Indalsälven

STRÖMBOTTENFAUNAN NEDSTRÖMS EN KRAFTVERKSDAMM MED
KORTTIDSREGLERING I INDALSÄLVEN

Jan Henricson
Göran Sjöberg

INLEDNING	2
UNDERSÖKNINGSOMRÅDE, METOD OCH MATERIAL	2
Undersökningsområde	2
Metod vid bottenprovtagning	3
Material för maganalys av harr	5
RESULTAT	5
Täthet och biomassa	5
Artantal och diversitet	7
Harrens näringsval	8
DISKUSSION	9
Bottenfaunans mängd	9
Tidigare svenska undersökningar i reglerade strömsträckor	10
Faunasammansättning och diversitet	10
Slutsatser	13
SAMMANFATTNING	15
ERKÄNNANDEN	16
LITTERATUR	17
SUMMARY: THE STREAM ZOOBENTHOS BELOW A HYDRO-ELECTRIC POWER DAM WITH SHORT-TERM REGULATION IN THE RIVER INDALSÄLVEN, SWEDEN	20
Legends to Tables and Figures	22

INLEDNING

Utbyggnaden av vattenkraften i Sverige under de senaste 40 åren har medfört att omkring 1500 km strömsträckor har försvunnit eller starkt förändrats. Idag finns cirka 125 vattenkraftverk (≥ 20 MW) utefter de större älvarna. Antalet kraftverksdammar är alltså stort och kommer antagligen att öka ytterligare. De ekologiska konsekvenserna av regleringarna är ofullständigt kända, särskilt vad gäller effekterna på botten djuren (benthos). Av denna anledning startade Fiskeristyrelsen 1976 en försöksgrupp, FÅK (Fiskevårdande åtgärder i kraftverksmagasin), med uppdrag att utarbeta metoder för fiskevården samt att undersöka de biologiska förhållandena i älvmagasin (Gönczi 1975).

Bottendjursamhällets diversitet (mångformighet), sammansättning och produktion är av betydelse för hela strömekosystemets funktion, inklusive fiskfaunan. Förutom att botten djuren utgör den huvudsakliga födan för fisken kan botten djursamhället vara användbara indikatorer på miljöförhållanden, eftersom de är ett uttryck för den unika kombinationen av fysikaliska, kemiska och biologiska faktorer. En bättre förståelse av varför vissa djurgrupper (taxa) påverkas på ett visst sätt av en reglering kan bidra, inte bara till kännedom om olika arters ekologiska krav, utan också till att ge data, som kan användas för att bedöma inverkan och önskvärda modifieringar av framtida regleringsprojekt.

Syftet med föreliggande undersökning är att, 1) bestämma bottenfaunans kvalitativa sammansättning och diversitet samt att 2) få ett mått på totalbiomassan (mängden djur per ytenhet) i en korttidsreglerad strömsträcka nedströms en kraftverksdamms och att 3) försöka bedöma regleringens inverkan på botten djursamhället. Det finns få svenska undersökningar över effekten av regleringar på strömbottenfauna. Under 1950-talet gjorde dock Müller (1954, 1955, 1956a, 1962) jämförande studier mellan reglerade och oreglerade delar av Lule älv. En sammanfattning av nuvarande kunskap om effekterna av reglering på nedströmssträckor gjordes vid ett symposium i USA våren 1979 (Ward och Stanford 1979, Henricson och Müller 1979).

UNDERSÖKNINGSOMRÅDE, METOD OCH MATERIAL

Undersökningsområde

Undersökningen genomfördes nedströms Krängede kraftverk i Indalsälven, dvs i Gammelängemagasinet övre del. Den 350 m

långa Krångededammen är belägen vid utloppet av sjön Gesunden (ca 204 m.ö.h.), som korttidsregleras (2,0 m) av kraftverket. Gesunden har en yta av 30 km². Sjöprocenten uppströms Krångede är 9,9. Intaget till kraftverket ligger på 0-5 m djup. Fallhöjden är 59,4 m. Två avloppstunnlar på 1400 m återbördar vattnet till älven i Gammelängemagasinet (ca 144 m.ö.h.). Medelvattenföringen är 392 m³/s. Utbyggnadsvattenföringen är 430 m³/s och minimivattenföringen 100 m³/s.

I Fig. 1 redovisas vattenföringen under 1978. Dels veckomedelvattenföringen, dels medelmin- och medelmaxvattenföringen på veckobasis. Korttidsregleringen är som synes kraftigast under tiden vecka 12 - vecka 19 (20 mars - 14 maj) och vecka 26 - vecka 37 (26 juni - 17 september). Av Fig. 2 framgår amplituden i vattenföring per dygn under en vecka med kraftig korttidsreglering. Högsta vattenföring inträffade 30 och 31 maj (880 m³/s). Före utbyggnaden kunde högvattnet uppgå till över 2000 m³/s (Blomqvist 1970). Vatten släpptes genom dammluckorna under tiden 27 maj - 12 juni.

Högsta vattentemperaturen under 1978 17,5°C, uppmättes den 9-11 augusti. Temperaturen var under 1°C i drygt 5 månader. På grund av ytvattentappningen har inte temperaturregimen förändrats efter regleringen.

Krångede kraftverk byggdes under åren 1931 till 1947. Rensningar nedströms tunnelutloppen utfördes 1960-61. Några effekter av byggnadsarbeten fanns alltså inte i undersökningsområdet under 1978. Miljöförhållandena hade 'stabiliserats' till den rådande vattenregleringen.

Bottenproverna togs ca 550 m nedströms tunnelutloppen från kraftverket (rikets nät 19GOD3500). Älven är här ca 160 m bred. Djupet är till största delen 1,5 - 4 m, men en djupfåra går utefter högra stranden, med djup ned till 7-8 m. Bottensubstratet består till största delen av sten och block.

Vattenhastigheten i undersökningsområdet mättes med flygel på lina ungefär halvvägs mellan ytan och botten. Den varierade, beroende på vattenföring, från 0,3 m/s (160 m³/s) till 0,7 m/s (400 m³/s). Vid ett tillfälle (9 maj) gjordes fyra mätningar strax ovan botten, i anslutning till korgarna. Medelvattenhastigheten var 0,52 m/s, variation: 0,48 - 0,56 m/s. Vattenföringen var 308 m³/s.

Metod vid bottenprovtagning

Bottenproverna togs med hjälp av kolonisationskorgar, som fylldes med 11-14 rengjorda stenar från älvbotten. Till

korgar användes backar av plastad ståltråd, fabrikat Elfa, nr 042, längd 55, bredd 33 och höjd 18,5 cm. Korgarna firades ned till botten med hjälp av rep. De placerades på 1,5 - 2,5 m djup. De fick stå ute i minst 6 veckor, vilket är en tillräckligt lång tid för att fullständig återkolonisering skall ske (Ulfstrand 1968a, Hilsenhoff 1969, Ulfstrand et al. 1974, Williams och Hynes 1976). Vittjning gjordes vid 4 tillfällen under 1978.

Vecka	Datum	Antal korgar	Antal veckor exponerade	Anm.
19	10 maj	4	25	
27	5 jul	2	6	4 korgar havererade p.g. a. högvattenförlust
35	30 aug	6	8	
41	11 okt	5	6	

På hösten 1977, vecka 40 (5-6 oktober), vittjades dessutom 3 st korgar, som varit placerade under 8 veckor i strandzonen (djup 0,5 m) på samma lokal. Dessa korgar var av annan typ, med hel botten, och saknade nät undertill (se nedan).

Vid korgarnas botten var nät av nylonväv fastsatta (maska 0,5 mm), som under tiden korgarna stod ute var nedrullade. Vid upptagningen drogs dessa nät först upp för att minska förlusten av djur vid upptagningen (Karlström 1974). Eventuell påväxt av alger på själva korgarna och "säckarnas" utsida avlägsnades, varefter både korg och "säck" placerades i en stor balja. Stenarna penslades rena från djur och proven sållades (0,6 mm). Den "största projicerade stenytan" beräknades för varje korg, genom att varje stens största längd (l) och måttet vinkelrätt däremot (b) mättes.

$$\text{Proj. yta} = \sum_{i=1}^n l \cdot b, \quad n = \text{antal sten}$$

(Schröder 1932). Ytan per korg låg mellan 2323 cm² och 2989 cm². Med hjälp av detta mått har antal och biomassa (våtvikt) av bottendjur per ytenhet kunnat beräknas. Vid beräkning av konfidensintervall har log-transformerade värden, log(x+1), använts (Elliott 1971).

Nattsländorna har vägts utan hus. Snäckor däremot har vägts med skal. Vikten av den dominerande snäckan, *Lymnaea peregra*, bör reduceras med ca 1/3, om man önskar kompensera för detta.

Kolonisationskorgar, vid bottenfaunaundersökningar i svenska vattendrag, har tidigare använts av Ulfstrand (1968a), Ulfstrand et al. (1974) och Karlström (1974, 1978). För en diskussion av metoden se dessa arbeten. Författarna är klara över de begränsningar som denna metod har, men det finns ingen anledning att tro, att de mer generella resultaten och

slutsatserna av vår undersökning skulle vara en produkt av metoden. De korgar vi använt tycks också särskilt lämpade. Ståltråden, som korgarna är uppbyggda av, är tunn och de genomströmmas därför mycket bra.

Material för maganalys av harr

I undersökningsområdet finns ett harrbestånd på vilket ett sportfiske bedrivs. För undersökning av harrens näringsval insamlades totalt 55 magar, framför allt genom mete, under 1977-79. Materialet har vid bearbetningen delats upp på 3 perioder, maj-juni (vecka 20, 25 och 26, 16 st varav 9 på nät), augusti-september (vecka 34, 35 och 36, 23 st) och oktober (vecka 42 och 43, 16 st varav 3 på nät).

Volymer av olika födoslag bestämdes enligt en subjektiv skala, 1 = litet, 2 = medel, 3 = mycket. I Fig. 6 redovisas, dels frekvens harrar med ett visst födoslag, dels frekvens harrar där detta födoslag har bedömts som 2 eller 3 ("dominerande" födoslag).

RESULTAT

Täthet och biomassa

Den totala biomassan varierade under provtagningsperioden mellan 5 och 17 g/m². Antalet individer/m² varierade mellan 1547 och 10819. Medelantalet djur per m² beräknat på de 4 provtagningsstillfällena tillsammans framgår av Tabell 1. Av Fig. 3 framgår det totala antalet djur per m² vid varje provtagningsomgång, samt den procentuella sammansättningen. Vad gäller antal dominerar grupperna nattsländor (Trichoptera) och fjädermyggor (Chironomidae) stort och utgör tillsammans 89,9% av totala antalet djur. Snäckor och nattsländor bidrar mest till biomassan (Tabell 2, Fig. 4). I genomsnitt för de 4 provtagningsstillfällena utgör Lymnaea peregra och nattsländor av fam. Polycentropidae (framför allt Neureclipsis bimaculata) inte mindre än 66,6% av den totala biomassan.

Nattsländelarver utgör den individrikaste gruppen utom i majproverna. Den vanligaste arten är Hydroptila sp. (art 1), som utgör hela 51,2% av totalantalet djur i våra prover. Dess förekomst är dock starkt koncentrerad till högsommaren (juli), då den uppträder i mycket stort antal. Biomassemässigt spelar Hydroptila spp. mindre roll (Tabell 2 och Fig. 4). Nattsländefaunan i övrigt består mest av filtrerare. Arterna Neureclipsis bimaculata och Hydropsyche nevae dominerar. Filtrerarsamhället byggs upp successivt under sommaren och uppvisar störst täthet i slutet av augusti. Den största biomassan påträffas dock i juli, då andelen stora larver är störst (Fig. 4). Andelen filtrerare

dominerar dock inte vid något tillfälle biomassan och utgör i genomsnitt 30%. Rhyacophila nubila, en övervägande rovlevande nattsländelarv, har endast påträffats i lågt antal.

Största mängden dagsländelarver (Ephemeroptera) påträffades i maj. Den vanligaste arten, Ephemerella mucronata, utgjorde då omkring hälften av både antal och biomassa (Tabell 2, Fig. 4). Under sommarmånaderna saknades denna art praktiskt taget, men uppträdde åter på hösten, i oktober. Heptagenia sulphurea påträffades relativt konstant vid samtliga provtagningsstillfällena, medan Baetis rhodani var vanligast i maj.

Bäcksländelarver (Plecoptera) förekom endast i litet antal. Vanligast var arten Isoperla obscura, som spelade en viss roll i maj.

Största mängden fjädermygglarver (Chironomidae) förelåg i maj, men gruppen spelar stor roll vid samtliga provtagningsstillfällena, särskilt vad gäller antal (Tabell 1, Fig. 3).

Knottlarver (Simulidae) saknades nästan helt.

Genom sin storlek bidrar snäckorna (Gastropoda) väsentligt till biomassan och Lymnaea peregra är den enskilda art, som utgör största andelen av den totala biomassan vid alla fyra provtagningsstillfällena (Tabell 2, Fig. 4). Högsta biomassan påträffades i juli och L. peregra ger, tillsammans med nattsländan Neureclipsis bimaculata, det främsta bidraget till den höga totalbiomassan under denna månad. Största antalet L. peregra föreligger i augusti, då en ny generation uppträder.

I övrigt noterade vi en riklig förekomst av sötvattenspolypen Hydra sp., särskilt under sommarmånaderna. Något försök till kvantifiering gjordes dock inte. Fåborstmaskar (fam. Naididae) förekom framför allt under perioden juli-oktober (Fig. 3). Märkräftan Pallasea quadrispinosa, som är ett attraktivt födoobjekt för flera fiskarter, påträffades vid alla provtagningsstillfällena (Tabell 2).

Med hjälp av de tre prover, som togs i strandzonen den 5-6 oktober 1977, och proverna från strömfåran den 11 oktober 1978, ges en möjlighet att jämföra faunasammansättningen i dessa båda områden. Säkerheten i en sådan jämförelse lider förstas av att proverna från de båda områdena inte tagits under samma år. Vissa skillnader är dock så påtagliga och stämmer så väl med vad man vet om de inblandade arternas biologi, att de torde återspegla verkliga förhållanden.

Någon signifikant skillnad i totalt antal individ eller total biomassa per m² föreligger inte, men skillnader i artsammansättning finns, som återspeglar skillnaderna i vattenhastighet i de båda områdena (Tabell 3 och 4). Arter, som föredrar ett långsammare rinnande vatten, utgör en större andel av faunan i strandzonen och tvärtom. Således påträffas i strandzonen relativt många snäckor av arten Gyraulus acronicus, men i strömfåran inga. Bland dagsländorna dominerar i strömfåran arterna Ephemerella mucronata, Heptagenia sulphurea och Baetis rhodani, medan Centroptilum luteolum är vanligast i strandzonen.

Nattsländorna domineras i strandzonen av Hydroptila spp. och Neureclipsis bimaculata, i strömfåran av N. bimaculata och Hydropsyche spp. Polycentropus flavomaculatus förekommer så gott som uteslutande i strandzonen, Hydropsyche spp. i strömfåran. N. bimaculata förekommer i båda områdena.

Artantal och diversitet

Diversiteten ("mångformigheten") anses som en av de mest informativa parametrarna om ett djursamhälle. Den har speciellt ofta använts för att mäta graden av påverkan på djursamhället vid föroreningsituationer, regleringar och liknande. Det enklaste måttet på diversitet är helt enkelt antalet arter eller djurgrupper (taxa), ofta betecknat S. Ett bättre mått får man emellertid om man, förutom antalet arter, också tar hänsyn till antalet individer och speciellt individernas fördelning på arter. Många olika index har föreslagits för att mäta diversitet, men Shannon's index är utan tvekan ett av de bättre och mest använda (Krebs 1978). Det betecknas H och beräknas med formeln:

$$H = -\sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \cdot 2 \log \frac{n_i}{N}$$

n_i = antalet individer av arten i
 N = totala antalet individer
 S = antalet arter

Shannon's index kombinerar två aspekter av diversiteten: antalet arter (S) och jämnheten i individernas fördelning på arter, kallat equitability (E); se vidare Krebs (1978).

Sländlarverna är de grupper i vilka bestämningsarbetet har kunnat drivas längst, ofta till art. Av den anledningen redovisas i Fig. 5 antal arter (S), diversitet (H) och equitability (E) för sländfaunan (bäck-, dag- och nattsländor). Artantalet är lägst under första delen av säsongen och högre under hösten. Diversiteten är högst i maj, trots ett lågt

artantal, och oktober, 2,55 resp. 2,72. I juli är diversiteten mycket låg, 0,56. Som framgår av Fig. 5 beror detta dock inte på att artantalet har sjunkit, utan på att Hydroptila sp. (art 1) dominerar så kraftigt (90,7%). Det vill säga, jämnheten i fördelning har sjunkit ordentligt. I augusti är artantalet högt, men trots det är diversiteten relativt låg (1,47) och också nu beror det på dominans av en art, nämligen Neureclipsis bimaculata (73,6%). Man kan alltså konstatera att diversiteten framför allt tycks vara korrelerad med jämnheten i fördelning (E), korrelationskoefficienten = 0,99, och i mindre grad med artantalet (S), korrelationskoefficienten = 0,44. Faunan tycks vara något mer artrik och mångformig i strömfåran än i strandzonen (Tabell 5).

Harrens näringsval

I Fig. 6 redovisas resultatet av näringsundersökningen på harr. Arten utnyttjar ett brett register av evertebratfaunan i undersökningsområdet, särskilt på våren, då inte mindre än 10 djurgrupper påträffades i 50% eller fler av magarna, nämligen fjädermygglarver och -puppor, dagsländor, Mysis relicta, Asellus aquaticus, Hydropsyche spp., rörbyggande nattsländor (Leptoceridae och Limnephilidae), Lymnaea peregra, märlkräftor och bäcksländor.

Under augusti-september var de mest frekventa födoslagen (>50%) puppor av fjädermyggor och nattsländor, fjädermygglarver, Lymnaea peregra och dagsländor. I oktober till sist påträffades märlkräftor, M. relicta, L. peregra, fjädermygglarver, Hydropsyche spp. och obestämda rörbyggande nattsländelarver, troligen framför allt Leptoceridae och Limnephilidae, i hälften eller fler av magarna. Märlkräftor och L. peregra dominerade volymmässigt.

Granskar man enskilda djurgruppers förekomst i harrmagarna och jämför med deras förekomst i bottenproverna kan man notera att bäcksländor och dagsländor spelar störst roll som harrföda under maj-juni, den period under vilken de också uppvisar den högsta förekomsten i bottenproverna. De bäcksländor, som påträffades i magarna var, liksom i bottenproverna, Isoperla spp. och Diura sp. De vanligaste dagsländelarverna i magarna från maj-juni var Ephemerella mucronata (75% av magarna), precis som i bottenproverna och driften (Henricson och Müller 1979) samt Heptagenia sulphurea (50%). Baetis spp., som var den näst vanligaste dagsländan i bottenproverna från maj, påträffades endast i en harr. En dagsländeart, som inte förekom i bottenproverna, påträffades i en harrmage, nämligen Arthroplea congener. I augusti-september och oktober spelar dagsländorna en allt mindre roll som föda åt harr.

Nattsländor är av stor betydelse, som föda för harren, under alla tre provtagningsperioderna. Viktigast är *Hydropsyche* spp. och *Leptoceridae* (fr. a. *Athripsodes* spp.). Under augusti-september förekom puppor av nattsländor ofta.

Fjädermygglarver och -puppor är mycket vanliga i dieten även om betydelsen minskar utöver sommaren och hösten. Under maj-juni är de väsentliga även volymmässigt.

Märlkräftorna, *Pallasea quadrispinosa* och *Pontoporeia affinis*, utgör en väsentlig beståndsdel i harrens föda under hela säsongen, och framför allt i oktober, då *P. quadrispinosa* påträffades i stor mängd i magarna. I maj-juni och augusti-september tycks däremot *P. affinis* vara den vanligaste märlkräftan i dieten. Arten har påträffats i våra driftprover.

Mysis relicta förekom inte i våra bottenprover, men var den dominerande arten i driftprover nedströms Krångede (Henricson och Müller 1979). Den är ett viktigt födoobjekt för harr vid samtliga provtagningsstillfällen.

Asellus aquaticus förekom ofta i magarna, men alltid endast i något eller några exemplar.

Snäckan *Lymnaea peregra* är av betydelse, inte minst volymmässigt, som föda under alla tre provtagningsperioderna.

Till sist kan noteras att terrestra insekter förekom mest frekvent i augusti-september och att harren då och då utnyttjar fisk och rom som föda.

DISKUSSION

Bottenfaunans mängd

Strömbottenfaunans mängd kan minska, öka eller förbli oförändrad vid regleringar, beroende på typen av reglering. Totalbiomassan nedströms Krångededammen i Indalsälven, under perioden maj till oktober, får anses vara normal för ett rinnande vatten i Norrland (Tabell 6). Möjligen kan anföras att området faktiskt är ett sjöutlopp (Gesunden) och som sådant borde uppvisa högre biomassavärden, på grund av den s.k. "sjöutloppseffekten" (Müller 1955). "Sjöutloppseffekt" har konstaterats nedströms dammar med ytvattentappning (Armitage 1976, Ward 1976). Typiskt för ett sjöutloppssamhälle är att de passiva näringssökarna (filtrerarna), som framför allt utgörs av nattsländelarver och knottlarver, dominerar stort över de aktiva. Flera uppgifter om höga biomassavärden närmast nedströms sjöar i Norrland föreligger (Tabell 6) (Müller 1955, 1956b, 1962, Illies 1956, Ulfstrand 1968a). I Gammelänges strömdel utgör filtrerarna aldrig en

lika dominerande del av faunan, främst därför att knottlarver saknas och mängden snäckor är stor.

Tidigare svenska undersökningar i reglerade strömsträckor

Vid undersökningar nedströms kraftverk i Indalsälvens nedre lopp i september 1955 fann Müller (1956a) totalbiomassavärden i samma storleksordning (4,3 - 17,2 g/m²), som de av oss funna. Dominerade gjorde filtrerande nattsländelarver, framför allt Hydropsyche spp. Müller (1962) fann däremot mycket låga biomassavärden (< 2,5 g/m²) i den reglerade Stora Lule älv, nedströms Ligga kraftverk. De aktiva näringssökarna dominerade också över de passiva. Müller pekar på flera faktorer som förklaring till den dåliga utvecklingen av bottenfaunan: 1) korttidsregleringen, 2) den dåliga planktondriften och 3) den förändrade temperaturregimen i den reglerade älven. De båda sistnämnda beroende på att vattenintaget i dammen ligger 12-15 m under ytan.

I jämförelse med Stora Lule älv nedströms Ligga tycks alltså förhållandena för bottendjur nedströms Krångede vara betydligt bättre. Man kan också peka på flera faktorer, både naturliga och regleringstekniska, som bör vara till fördel för bottenfaunan i Indalsälven: 1) minimivattenföringen är högre (100 m³/s) och utnyttjas inte lika ofta som i Stora Luleälv (50 m³/s, under åren 1954-56 när Müllers undersökning gjordes), 2) Krångededammen har ett ytvattenintag, vilket medför en god planktondrift och att temperaturregimen inte förändrats nämnvärt, 3) sjöarealen i Indalsälven är större, vilket förbättrar älvens näringsstatus (Müller 1956b) och 4) kalciumjonkoncentrationen är högre, vilket ökar produktiviteten.

Den ökade sedimenttransporten i samband med kraftverksbygget vid Ligga, som avslutades 1954, kan nog också till en del förklara de låga biomassavärdena i Müllers undersökning, som utfördes 1954-55. Om så är fallet skulle förhållandena inte behöva vara lika dåliga idag. En förnyad undersökning i Lule älv vore värdefull både av denna anledning och med tanke på att förhållandena på nytt kommer att förändras, när den effektreglering, som f.n. är under utbyggnad, kommer att träda ikraft.

Faunasammansättning och diversitet

Minimivattenföringen i Krångede kraftverk, 100 m³/s, är således tillräckligt hög, för att en tämligen normal total viktmängd av bottendjur skall föreligga. Faunasammansättningen är dock förändrad i jämförelse med oreglerade nordsvenska vattendrag (Ulfstrand 1968a, 1975, Karlström 1978, Bränin 1979).

Bäcksländorna tycks drabbas särskilt hårt av regleringar

(Spence och Hynes 1971, Trotsky och Gregory 1974, Ward 1976). Oreglerade rinnande vatten i norra Sverige innehåller normalt åtminstone 5-10 arter. Både antalet arter (3 st) och individer är lågt nedströms Krångede. Bäcksländor är ganska specialiserade i sina miljökrav (Ulfstrand 1975) och har också rapporterats känsliga för sjöregleringar (Grimås 1961).

Täthet och biomassa av dagsländor nedströms Krångededammen är låga jämfört med oreglerade nordsvenska vattendrag (Ulfstrand 1968a, 1975, Karlström 1974, 1978). Artantalet däremot tycks vara normalt. I oreglerade vattendrag är släktet Baetis det rikligast förekommande. De förändrade miljöförhållandena efter en reglering orsakar en förändring i artsammansättningen. Baetiderna går oftast starkt tillbaka (Henricson och Müller 1979). Detta kan förklaras av att de är anpassade till rinnande vatten. Fluktuationerna i vattenföring, och därmed vattenhastighet, vid korttidsreglering medför troligen att larverna av Baetis driftar nedströms, bort från sin lämpliga miljö, och omkommer (Radford och Hartland-Rowe 1971). Ephemerella mucronata och Heptagenia sulphurea, de två vanligaste arterna nedströms Krångede, har en period av intensiv tillväxt just före utvecklingen till adult. Vintern tillbringas som ägg och/eller som små inaktiva larver djupt i bottensubstratet (Ulfstrand 1968b). Det betyder att de tillbringar endast en kort tid som aktiva nymfer på älvbotten exponerade för variationerna i vattenföring, vilket bör vara av överlevnadsvärde. Heptagenider är också adapterade till ström och kan till och med dominera faunan nedströms kraftverksdammar med korttidsreglering (Radford och Hartland-Rowe 1971). Enligt Ulfstrand (1968a) är H. sulphurea relativt tolerant (eurök) i sina miljökrav. Trotsky och Gregory (1974) noterade att Ephemerella sp. inte var så känslig för förändringar i vattenföring.

Totala antalet arter av nattsländor i reglerade vatten är ofta fullt jämförbart med artantalet i naturliga vatten (Henricson och Müller 1979). Artsammansättningen förändras emellertid och vissa arter, med möjlighet att anpassa sig till de förändrade förhållandena, expanderar kraftigt. Hydroptila sp. är väl anpassad till variationer i vattenföring. De kan fästa sina hus vid substratet och har möjlighet att överleva tillfällig torrläggning inne i dem. Den uttalade toppen i täthet i juli förklaras av att tillgången på trådformiga grönalger, som är deras huvudsakliga föda, är som störst vid denna tid.

Nedströms Krångededammen utgjordes en mycket stor del av biomassan av filtrerande nattsländor. Dessa arter kan uppenbarligen tolerera variationerna i vattenföring och några problem med födotillgång har de inte på grund av den rikliga planktondriften. För många arter är födotillgång och substrat viktigare miljöfaktorer än vattenhastighet (Ulfstrand 1967).

Låg vattenhastighet är dock en begränsande faktor för Hydropsyche spp., något som förklarar varför släktet saknas i strandzonen. Polycentropus flavomaculatus däremot föredrar lugnt vatten och stora älvar (Edington 1965, Trotsky och Gregory 1974). Neureclipsis bimaculata tycks inta en mellanställning och Müller (1955) anger att denna art föredrar lägre vattenhastighet än Hydropsyche spp.

Tätheten av Rhyacophila nubila, en framför allt rovlevande nattslända, är lägre nedströms Krångede än vad man finner i oreglerade nordsvenska vatten (Ulfstrand 1968a, Karlström 1978). Detta kan bero på brist på lämpliga födoobjekt, såsom knottlarver. För låga vattenhastigheter vid minimivattenföring är också en tänkbar begränsande faktor för denna art (Trotsky och Gregory 1974). Liksom baetiderna reagerar nämligen R. nubila på reducerad vattenhastighet med aktivitet (Ulfstrand 1968a) och riskerar därmed att drifva nedströms.

Det är framför allt avsaknaden av knottlarver som gör att vi inte har någon uttalad "sjöutloppseffekt" nedströms Krångede. Normalt är de typiska för sjöutlopp i norra Sverige och utgör ofta en väsentlig del av biomassan (Tabell 6). Knottlarver har rapporterats vara mycket känsliga för variationer i vattenföring (Pearson och Franklin 1968). Armitage (1978) har också visat att höga tätheter av Hydra sp. och algpåväxt på stenar inverkar negativt på knottlarver. Djupet i det rensade undersökningsområdet kan också vara för stort, eftersom knottlarver föredrar grunt vatten (Ulfstrand 1967). Needham (1934) konstaterade för övrigt att djupa, snabbt rinnande vatten producerar en lägre mängd bottenfauna än grunda. Den rensning och fördjupning av älvfåran, som görs nedströms ett kraftverk, kan alltså inverka negativt på totalmängden djur.

Förekomsten av fjädermygglarver ökar ofta nedströms dammar (Ward 1976). De utgör också en stor andel av individerna nedströms Krångede och tycks särskilt förekomma bland de trådformiga grönalgerna.

Vissa snäckor gynnas uppenbarligen av förhållandena nedströms dammar, antagligen av den ökade algpåväxten på stenar, samt av utjämningen i årsvattenföring (Armitage 1976, Ward 1976). Korttidsregleringen i undersökningsområdet tycks inte vara tillräckligt kraftig för att inverka negativt. Räknat över hela undersökningsperioden (maj - oktober) utgörs huvuddelen av biomassan av Lymnaea peregra.

Slutsatser

Täthet, fördelning och produktion av bottendjur i rinnande vatten bestäms av ett komplex av faktorer, som är korrelerade med varandra på olika sätt. Vattenföring får dock anses vara en nyckelfaktor, eftersom den påverkar flera andra faktorer, såsom vattenhastighet, substratets sammansättning och tillgången på föda. Manipulering av vattenföringen har således omfattande konsekvenser för hela det lotiska (rinnande vatten) ekosystemet.

Den reglerade vattenföringen nedströms Krångede-dammen karakteriseras av en jämnare årsvattenföring (årsreglering) och kraftigare variationer i vattenföringen under dygnet (korttidsreglering) jämfört med förhållandena före regleringen. I princip verkar effekterna av årsregleringen och korttidsregleringen åt motsatt håll vad gäller effekterna på miljön (Ward 1976).

Hur faunan nedströms Krångededammen har förändrats efter regleringen kan man endast gissa sig till, eftersom inga undersökningar från tiden före utbyggnaden föreligger. Vissa djurarter tycks ha gynnats av årsregleringen och därmed försvinnandet av extrema vattenhastigheter. Också den ökade mängden påväxtalger, som en jämnare årsvattenföring leder till, har troligen gynnats vissa arter. Som exempel kan nämnas sötvattenspolyper (Hydra sp.), fåborstmaskar (Naididae), snäckor (Lymnaea peregra), märlkräfta (Pallasea quadrispinosa), fjädermygglarver och nattsländlarven Hydroptila spp. Att dammen har yttappning har gynnats filtrerande nattsländor.

Sett ur funktionell synpunkt är det två näringstypsgrupper, som helt dominerar biomassan och som indikerar de viktigaste energiresurserna i ekosystemet. Det är dels djur som skrapar av påväxtalger och epilittisk detritus (finfördelad detritus, inkl. mikroorganismer, på stenytter från stenar (scrapers), dels djur som filtrerar suspenderat organiskt material inklusive plankton (macrofilterers) (Cummins 1974). Grovdetritusätare (shredders), till vilka många bäcksländ-, nattsländ- och harkranklarver hör, har troligen missgynnats av en minskad transport och anlagring av grovpartikulärt organiskt material, t. ex. löv och kvistar, i området efter regleringen.

Korttidsregleringen har troligen dämpat de positiva effekterna för vissa arter, vilket lett till att totalbiomassan för insekter inte är så hög, som man kunnat vänta. Vissa arter kan t.ex. förlora stora delar av sina bestånd genom att de driftar nedströms vid kraftiga förändringar i vattenföring. De hamnar då i magasinet, en miljö som inte passar rena strömformer, och omkommer. Pearson och Franklin (1968)

fann att plötsliga ökningar i vattenföringen orsakade katastrofdrift av Baetis och knottlarver. Också reduktion av vattenföringen genom reglering orsakade drift hos många bottenorganismer. Korttidsregleringen i Krångele är dock uppenbarligen inte tillräckligt kraftig för att ha omfattande negativa konsekvenser, utom för bäcksländ- och knottlarver, som är särskilt känsliga. Dagsländor har också drabbats till viss del. Ett hyggligt sportfiske på harr bedrivs ju också i området och harren livnär sig på ett brett spektrum av de i strömmen förekommande botten djuren, med volymmässig tyngdpunkt på Pallasea quadrispinosa, Lymnaea peregra och nattsländlarver (Hydropsyche spp., Leptoceridae) och under våren även fjädermygg- och dagsländlarver. Mysis relicta, som förekommer i driften, spelar också en väsentlig roll.

Vilka åtgärder kan då vidtas för att dämpa de negativa effekterna av en damm i nedströmssträckan? En kritisk minimivattenföring måste bestämmas, för att bibehålla en acceptabel del av strömfaunasamhället. Försök i den riktningen i Sverige har gjorts av bl. a. Gönczi et al. (1976). Förändringar i vattenföringen bör ske gradvis, så att rörliga botten djur hinner undan vid sjunkande vattenstånd och så att förluster genom drift minskar. En relativt naturlig vattenföring bör eftersträvas. Viktigt är att högvattenföring skapas ibland, för att avlägsna sediment och åstadkomma rensning av hålrummen i bottensubstratet. Ett diverst bottensubstrat med slamfria hålrum är viktigt både för bottenfaunan och inkuberingen av vissa fiskarters ägg. Ett heterogent substrat med stora block erbjuder fler mikromiljöer och vattenhastigheter. Rensning och uträtning av nedströmssträckor bör alltså undvikas. Specifika flödeskriterier bör utarbetas för varje damm.

Framtida undersökningar bör söka klarlägga effekterna av skilda konstruktioner (t.ex. djupläge på vattenintag) och driftschemata (t.ex. minimivattenföring) på djursamhället inklusive fiskfaunan vid kraftverk av olika typ. Anledningen till att harr och ibland även öring lyckats överleva nedströms vissa kraftverk bör undersökas.

SAMMANFATTNING

Strömbottenfaunan nedströms Krångede kraftverk i Indalsälven undersöktes vid 4 tillfällen (10 maj, 5 juli, 30 augusti och 11 oktober) under 1978. Krångededammen dämmer sjön Gesunden. Kraftverket har ett ytvattenintag, fallhöjden är 59,4 m och vattnet återbördas till älven via 2 st 1,4 km långa tunnlar. Undersökningsområdet var beläget 550 m nedströms tunnelutloppen.

Medelvattenföringen vid Krångede är $392 \text{ m}^3/\text{s}$. Vattenföringen i Indalsälven är underkastad, dels en årsreglering, genom de stora reglerade sjöarna i fjällregionen, dels dygnsreglering, min. $100 \text{ m}^3/\text{s}$, genom kraftverksmagasinen. Årsregleringen leder till en mer utjämnad vattenföring över året än den naturliga.

Bottenprover togs med kolonisationskorgar på ett djup av 1,5 till 4 m. Korgarna fylldes med sten från älvbotten, som i undersökningsområdet består av sten och block. Vattenhastigheten i vattenpelaren ovanför korgarna varierade mellan 0,3 och 0,7 m/s.

Totalbiomassan varierade under säsongen mellan 5 och 17 g/m^2 och totalantalet mellan 1550 och 10800 ind/m^2 . Biomassan dominerades av snäckan Lymnaea peregra och nattsländlarverna Neureclipsis bimaculata och Hydropsyche nevae. Antalet dominerades av nattsländlarven Hydroptila sp. (art 1) och fjädermygglarver.

Nattsländlarverna utgjordes, förutom av Hydroptila sp. (art 1), huvudsakligen av filtrererare, N. bimaculata, H. nevae och H. contubernalis.

De flesta dagsländlarverna påträffades i maj. De vanligaste arterna var Ephemerella mucronata och Baetis rhodani. Heptagenia sulphurea påträffades i ungefär samma antal vid alla provtillfällen. Bäcksländlarver förekom endast i lågt antal.

Det största antalet och biomassan av fjädermygglarver förelåg i maj, men de var relativt frekventa vid alla provtillfällen. Knottlarver saknades nästan helt.

I strandzonen dominerade arter, som föredrar en lägre vattenhastighet, t. ex. snäckan Gyraulus acronicus, dagsländlarven Centroptilum luteolum och nattsländlarven Polycentropus flavomaculatus.

Diversiteten var relativt hög i maj och oktober. Den låga diversiteten i juli och augusti orsakades av en arts dominans vid varje tillfälle, Hydroptila sp. (art 1) resp. N. bimaculata. Diversiteten var lägre i strandzonen än i strömfåran.

Harrens näringsval i området dominerades biomassamässigt av märlkräftan Pallasea quadrispinosa, pungräkan Mysis relicta, L. peregra och nattsländlarver (Hydropsyche spp. och Leptoceridae). På våren var även dagsländ- och fjädermygglarver av betydelse.

De funna biomassavärdena nedströms Krångede kan ses som ganska normala för rinnande vatten i norra Sverige. Faunasammansättningen är dock förändrad jämfört med oreglerade förhållanden. Vissa arter har gynnats av den utjämnade årsvattenföringen och/eller den ökade algpåväxten orsakad av denna, t. ex. sötvattenspolyp (Hydra sp.), fåborstmaskar (Naididae), L. peregra, P. quadrispinosa, fjädermygglarver och nattsländlarven Hydroptila spp. Ytvattenintaget har gynnats filtrerande nattsländlarver.

Korttidsregleringen har förmodligen reducerat den positiva effekten för vissa arter. Plötsliga förändringar i vattenföring kan utlösa drift hos vissa arter, t. ex. knottlarver och baetider. Emellertid tycks korttidsregleringen inte vara tillräckligt kraftig för att orsaka omfattande negativa konsekvenser, med undantag för bäcksländ- och knottlarver samt i viss utsträckning även dagsländlarver.

För att dämpa de negativa effekterna på faunan i nedströmssträckor vid regleringar, bör specifika flödeskriterier utarbetas i varje enskilt fall. Framtida undersökningar bör inriktas på att söka klarlägga effekterna på djursamhället av olika utformning på regleringarna.

ERKÄNNANDEN

Ett varmt tack till Pär-Erik Lingdell för bestämningen av baetiderna och till Britt Dahlin för renskrivningen av manuskriptet. Detta arbete ingår i Försöksgruppens FÅK (Fiskevårdande åtgärder i kraftverksmagasin) undersökningar över de biologiska förhållandena i älvmagasin. Försöksgruppens arbete finansieras genom VASO (Vattenkraftens samarbetsorgan).

LITTERATUR

- Andersson, E. 1974. Älvsjön Pajep Måskejaure: Bottenfaunans variation i förhållande till bottensubstrat och djup. *Scripta Limnologica Upsaliensia* 10:367. 26 p.
- Armitage, P.D. 1976. A quantitative study of the invertebrate fauna of the River Tees below Cow Green Reservoir. *Freshw. Biol.* 6:229-240.
- 1978. Downstream changes in the composition, numbers and biomass of bottom fauna in the Tees below Cow Green Reservoir and in an unregulated tributary Maise Beck, in the first five years after impoundment. *Hydrobiologia* 58:145-156.
- Blomqvist, E. 1970. Indalsälven - en kraftkälla. AB ÖPE-Tryck, Östersund. 248 p.
- Brånin, B. 1979. Vattenfysikalisk-kemiska och bottenfaunaförhållanden i ett norrländskt vattendrag påverkat av utsläpp från sulfidmalmbrytning och anrikning. Doktorsavhandling. Inst.Ekol.Zool., Umeå Univ. 99 p.
- Cummins, K. 1974. Structure and function of stream ecosystems. *Bioscience* 24:631-641.
- Edington, J.M. 1965. The effect of water-flow on populations of net-spinning Trichoptera. *Mitt.int.Ver.Limnol.* 13:40-48.
- Elliott, J.M. 1971. Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates. *Sci.Publ. Freshw.Biol.Ass.* 25:148 p.
- 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.
- Gönczi, A.P. 1975. Förslag till fiskevårdande åtgärder i kraftverksmagasin. Fiskeriintendenten i nedre norra distriktet, Härnösand. 50 p. (Stencil.)
- H. Lundqvist och P. Mickelsson. 1976. Fiskeribiologisk undersökning i nedre Ljungan. Fiskeriintendenten i nedre norra distriktet, Härnösand. 60 p. (Stencil.)
- Henricson, J. och K. Müller. 1979. Stream regulation in Sweden with some examples from Central Europe. p.183-199. Ur The ecology of regulated streams. Red.: J.V. Ward och J.A. Stanford. Plenum Press. New York och London. 398 p.

- Hilsenhoff, W.L. 1969. An artificial substrate device for sampling benthic stream invertebrates. *Limnol. & Oceanogr.* 14:465-471.
- Illies, J. 1956. Seeausfluss-Biozönosen lappländischer Waldbäche. *Ent.Tidskr.* 77:138-153.
- Karlström, U. 1974. Kvantitativ bestämning av bottenfaunan i Rickleån med kolonisationskorgar - en arbetsrapport. Rapp. Rickleå fältstation nr 54, Inst.Ekol.Zool., Umeå Univ. 6 p. (Stencil.)
- 1978. Environmental factors, detritus and bottom fauna in the Rickleån - a north Swedish forest river. Doktorsavhandling. *Limnol.Inst.*, Uppsala Univ. 74 p.
- Krebs, C.J. 1978. Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance. Harper and Row Publishers. New York. 678 p.
- Müller, K. 1954. Kraftverksregleringarnas inverkan på de nedanför dammarna belägna älvområdena. *Fiskeribiolog. Medd.Norrbottnen* 1, Norrbottens läns hushållningssällskap. 7 p. (Stencil.)
- 1955. Produktionsbiologische Untersuchungen in Nord-schwedischen Fliessgewässern. Teil 3. Die Bedeutung der Seen und Stillwasserzonen für die Produktion in Fliessgewässern. *Rep.Inst.Freshw.Res.*, Drottningholm 36:148-162.
 - 1956a. Jämförande undersökningar över bottenfaunans kvalitativa och kvantitativa bestånd i reglerade och oreglerade älvar. *Fiskeribiolog.Medd. Norrbotten* 7, Norrbottens läns hushållningssällskap. 37 p. (Stencil.)
 - 1956b. Das produktionsbiologische Zusammenspiel zwischen See und Fluss. *Ber. Limn. Flusstation Freudenthal* 7:1-8.
 - 1962. Limnologisch-Fischereibiologische Untersuchungen in regulierten Gewässern Swedisch-Lapplands. *Oikos* 13:125-154.
- Needham, P.R. 1934. Quantitative studies of stream bottom foods. *Trans.Am.Fish.Soc.* 64:238-247.
- Pearson, W.D. och D.R. Franklin. 1968. Some factors affecting drift rates of Baetis and Simuliidae in a large river. *Ecology* 49:75-81.

- Radford, D.S. och R. Hartland-Rowe. 1971. A preliminary investigation of bottom fauna and invertebrate drift in an unregulated and a regulated stream in Alberta. *J.appl.Ecol.* 8:883-903.
- Schröder, Th. 1932. Über die Möglichkeit einer quantitativen Untersuchung der Boden- und Ufertierwelt fließender Gewässer, zugleich: Fischereibiologische Untersuchungen in Wesergebiet I. *Z.Fisch.* 30: 95-125.
- Spence, J.A. och H.B.N. Hynes. 1971. Differences in benthos upstream and downstream of an impoundment. *J.Fish.Res. Bd.Canada* 28:35-43.
- Trotsky, H.M. och R.W. Gregory. 1974. The effects of water flow manipulation below a hydroelectric power dam on the bottom fauna of the upper Kennebec River, Maine. *Trans.Am.Fish.Soc.* 103:318-324.
- Ulfstrand, S. 1967. Microdistribution of benthic species (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Diptera: Simuliidae) in Lapland streams. *Oikos* 18 (2):293-310.
- 1968a. Benthic animal communities in Lapland streams. *Oikos Suppl.* 10:1-120.
 - 1968b. Life cycles of benthic insects in Lapland streams (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Diptera Simuliidae). *Oikos* 19 (2):167-190.
 - 1975. Diversity and some other parameters of Ephemeroptera and Plecoptera communities in subarctic running waters. *Arch. Hydrobiol.* 76:499-520.
 - L.M. Nilsson och A. Stergar. 1974. Composition and diversity of benthic species collectives colonizing implanted substrates in a south Swedish stream. *Ent.skand.* 5:115-122.
- Ward, J.V. 1976. Effects of flow patterns below large dams on stream benthos: a review. p. 235-253. *Ur Instream flow needs symposium, Vol. II. Red.: J.F. Osborn och C.H. Allman. Am.Fish.Soc. Bethesda, Maryland.*
- och J.A. Stanford (Red.). 1979. The ecology of regulated streams. Plenum Press. New York och London. 398 p.
- Williams, D.D. och H.B.N. Hynes. 1976. The recolonization mechanisms of stream benthos. *Oikos* 27 (2):265-272.

SUMMARY : THE STREAM ZOOBENTHOS BELOW A HYDRO-ELECTRIC
POWER DAM WITH SHORT-TERM REGULATION IN THE
RIVER INDALSÄLVEN, SWEDEN

The stream zoobenthos was investigated on 4 occasions (10 May, 5 July, 30 August and 11 October) in 1978, below the Krångede dam, River Indalsälven (63°09'N, 16°04'E).

The dam was constructed in 1931-36 for hydroelectric purposes and it dams up the natural Lake Gesunden, with an area of 30 km². The power station has a surface intake. The height-of-fall is 59.4 m. The water is returned to the river via two 1.4 km long tunnels. The investigation area was situated 550 m downstream from the tunnel outlets.

The mean discharge at Krångede is 392 m³/s. The maximum discharge from the power plant is 480 m³/s and the minimum 100 m³/s. The flow pattern for 1978 is shown in Fig. 1. The flow in the River Indalsälven is regulated according to a yearly regime, produced in the large reservoirs in the mountains and resulting in a more constant seasonal flow at Krångede. The power plant itself produces short-term flow fluctuations (Figs. 1 and 2). The maximum water temperature in 1978, 17.5°C, occurred in July-August, and the water temperature was below 1°C for more than 5 months (December-May). Because of the surface release the yearly temperature regime has not been significantly changed by the regulation.

Bottom samples were taken with colonization trays at a depth of 1.5 to 4 m, 550 m downstream from the tunnel outlets. The bottom substrate consists mainly of stones and boulders. The trays were filled with stones from the stream bed and were exposed for at least 6 weeks. The samples were sieved, mesh size 0.6 mm. The water velocity in the water column above the trays varied between 0.3 m/s (flow 160 m³/s) and 0.7 m/s (400 m³/s).

The total biomass varied between 5 and 17 g/m², and the total number of animals varied between 1550 and 10800 ind/m². The biomass was dominated by Lymnaea peregra and the caddis larvae Neureclipsis bimaculata and Hydropsyche nevae. The number of individuals was dominated by Hydropsyche sp.1 and chironomids.

The occurrence of hydroptilids was greatest in the summer (July). Except for Hydropsyche spp. the trichopteran consisted mainly of filter-feeders, N. bimaculata, H. nevae and H. contubernalis.

Most mayflies were found in May. The most common species were Ephemerella mucronata and Baetis rhodani. The number of

Heptagenia sulphurea found was approximately the same on each sampling occasion. Plecopterans were found in low numbers only.

The largest number and biomass of chironomids occurred in May, but they were relatively abundant at all sampling occasions. Simuliids were almost totally absent.

In the littoral region, species which prefer a lower water velocity dominated, i.e. Gyraulus acronicus, Centroptilum luteolum, Polycentropus flavomaculatus (Tables 3 and 4).

The diversity was relatively high in May and October (Fig. 5). The low diversity in July and August was caused by the dominance of one species at each occasion, Hydroptila sp.1 and Neureclipsis bimaculata respectively. The diversity was lower in the littoral than in the stream (Table 5).

The food habits of grayling (Thymallus thymallus), which is relatively abundant in the area, are shown in Fig. 6. The most important food items, on a biomass basis, are Pallasea quadrispinosa, Mysis relicta, Lymnaea peregra and trichopterans (Hydropsyche spp. and Leptoceridae). In the spring, chironomids and ephemerids (Ephemerella mucronata, Heptagenia sulphurea) are important too.

The biomass values found below the Krångede Dam may be regarded as rather normal for running waters in northern Sweden (Table 6). The macroinvertebrate fauna composition is, however, changed compared with that usual in unregulated conditions. Some species have been favoured by the more even yearly flow and/or the increased algal growth caused by it, i.e. Hydra, oligochaetes (Naididae), Lymnaea peregra, Pallasea quadrispinosa, chironomids and the trichopteran Hydroptila spp. The surface intake has favoured filter-feeding trichopterans. The biomass is dominated by two functional feeding groups; scrapers and macrofilterers.

The short-term regulation has probably reduced the conditions which were favourable for certain species. Sudden changes in discharge may cause simuliids and baetiids to drift. However, the short-term regulation is not severe enough to have extensive negative consequences, except for plecopterans and simuliids, and to a certain extent ephemerids (Baetis).

Heptagenia sulphurea found was approximately the same on each sampling occasion. Plecopterans were found in low numbers only.

The largest number and biomass of chironomids occurred in May, but they were relatively abundant at all sampling occasions. Simuliids were almost totally absent.

In the littoral region, species which prefer a lower water velocity dominated, i.e. Gyraulus acronicus, Centroptilum luteolum, Polycentropus flavomaculatus (Tables 3 and 4).

The diversity was relatively high in May and October (Fig. 5). The low diversity in July and August was caused by the dominance of one species at each occasion, Hydroptila sp.1 and Neureclipsis bimaculata respectively. The diversity was lower in the littoral than in the stream (Table 5).

The food habits of grayling (Thymallus thymallus), which is relatively abundant in the area, are shown in Fig. 6. The most important food items, on a biomass basis, are Pallasea quadrispinosa, Mysis relicta, Lymnaea peregra and trichopterans (Hydropsyche spp. and Leptoceridae). In the spring, chironomids and ephemerids (Ephemerella mucronata, Heptagenia sulphurea) are important too.

The biomass values found below the Krångede Dam may be regarded as rather normal for running waters in northern Sweden (Table 6). The macroinvertebrate fauna composition is, however, changed compared with that usual in unregulated conditions. Some species have been favoured by the more even yearly flow and/or the increased algal growth caused by it, i.e. Hydra, oligochaetes (Naididae), Lymnaea peregra, Pallasea quadrispinosa, chironomids and the trichopteran Hydroptila spp. The surface intake has favoured filter-feeding trichopterans. The biomass is dominated by two functional feeding groups; scrapers and macrofilterers.

The short-term regulation has probably reduced the conditions which were favourable for certain species. Sudden changes in discharge may cause simuliids and baetiids to drift. However, the short-term regulation is not severe enough to have extensive negative consequences, except for plecopterans and simuliids, and to a certain extent ephemerids (Baetis).

Legends to Tables and Figures

- Table 1 Mean number of individuals per m^2 stone area below the Krångede Dam in the River Indalsälven, based upon samples from May, July, August and October 1978. Vanlig = abundant.
- Table 2 The biomass per m^2 of the dominating taxa and species below the Krångede Dam in the River Indalsälven in 1978.
- Table 3 Numbers per m^2 of the most abundant species, in the littoral and in the stream, below the Krångede Dam in the River Indalsälven, in October.
- Table 4 Biomass per m^2 of the major taxa, in the littoral and in the stream, below the Krångede Dam in the River Indalsälven, in October.
- Table 5 The diversity of the benthos in the littoral and in the stream, below the Krångede Dam in the River Indalsälven, in October. S= number of taxa, H= Shannon index, E= equitability.
- Table 6 Estimations of total biomass values (wet weight) in northern Swedish streams. Utlopp = outlet, nedströms = downstream, kraftverk = power station, före reglering = before regulation, sjö = lake, tillflöde = inlet, älv = river.
- Fig. 1 The water discharge at the Krångede Power Station, River Indalsälven, during 1978. Upper, broken line = mean weekly flow, based on the highest hourly flow for each day. Middle, solid line = mean weekly flow, based on the mean flow for each day. Lower, broken line = mean weekly flow, based on the lowest hourly flow for each day.
- Fig. 2 Maximum, mean and minimum flow for each day during week 26 (June 26 - July 2), 1978, at the Krångede Power Station, River Indalsälven.
- Fig. 3 The number of individuals per m^2 (95% c.i.) and the percentage composition of the zoobenthos downstream from the Krångede Dam, River Indalsälven, in 1978. Övriga = others.
- Fig. 4 The biomass per m^2 of the dominating taxa downstream from the Krångede Dam, River Indalsälven, in 1978.

- Fig. 5 The number of species (S), diversity index (H) and equitability (E) for Plecoptera, Ephemeroptera and Trichoptera as well as the percentages of the most common species, downstream from the Krångede Dam, River Indalsälven, in 1978.
- Fig. 6 The stomach contents of grayling (*Thymallus thymallus*), downstream from the Krångede Dam, River Indalsälven, during three periods, based on samples from 1977-79. Columns represent the frequency with which food items occurred and dotted areas indicate to what extent the food items dominated (with respect to volume).
l = mean fish length
Lept/Limn = Leptoceridae/Limnephilidae.

Tabell 1. Medelantalet djur per m² stenyta nedströms
Krångede kraftverk i Indalsälven, beräknat på prov från
maj, juli, augusti och oktober 1978.

Art/grupp	antal/m ²	%
Hydra sp.	vanlig	
Nematoda	7	
Naididae	58	1,3
Turbellaria	13	
Lymnaea peregra	173	4,0
Valvata sp.	5	
Sphaeriidae	2	
Asellus aquaticus	5	
Pallasea quadrispinosa	15	
Hydracarina	15	
Diura sp.	+	
Taeniopteryx nebulosa	1	
Isoperla obscura	12	
Neptagenia sulphurea	26	0,6
Ephemerella mucronata	52	1,2
E. aurivillii	14	
E. ignita	1	
Baetis rhodani	24	0,6
B. subalpinus	1	
Caenis horaria	2	
C. rivulorum	3	
Procloeon bifidum	1	
Centroptilum luteolum	2	
Chironomidae	1022	23,4
Simuliidae	1	
Neureclipsis bimaculata	498	11,4
Polycentropus flavomaculatus	3	
Hydropsyche nevae	105	2,4
H. contubernalis	12	
Oxyethira sp.	11	
Hydroptila sp. (art 1)	2234	51,2
Hydroptila sp. (art 2)	12	
Agraylea sp.	1	
Psychomyia pusilla	3	
Rhyacophila nubila	5	
Athripsodes spp. (2 arter)	19	0,4
Trichoptera övriga (3 arter)	3	
Totalt (Total)	4361	

Tabell 2. Biomassan per m² för de viktmässigt dominerande djurgrupperna nedströms Krångeå kraftverk i Indalsälven vid provtagningar under 1978.

	10 Maj		5 Juli		30 Augusti		11 Oktober		Medelvärde	
	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%
Turbellaria	91	1,6	0	0,0	14	0,2	27	0,5	33	0,4
Lymnaea peregra	1339	23,3	7022	40,0	2835	42,6	3684	66,6	3720	42,4
Pallasea quadr.	145	2,5	64	0,4	31	0,5	66	1,2	77	0,9
PLECOPTERA	451	7,8	0	0,0	15	0,2	17	0,3	121	1,4
EPHEMEROPTERA	1967	34,2	339	2,0	109	1,6	250	4,5	666	7,6
Ephemera muc.	1037	18,0	25	0,2	0	0,0	68	1,2	283	3,2
CHIRONOMIDAE	1650	28,7	665	3,9	765	11,5	339	6,1	355	9,7
TRICHOPTERA	88	1,5	8842	51,5	2840	42,6	1117	20,2	3222	36,7
Polycentropidae	49	0,9	6545	38,1	1542	23,2	361	6,5	2124	24,2
Hydropsyche spp.	23	0,4	287	1,7	1233	18,5	622	11,2	541	6,2
Hydroptila spp.	1	0,0	1582	9,2	5	0,1	20	0,4	402	4,6
Övriga (Others)	25	0,4	133	0,8	40	0,6	31	0,6	57	0,6
Totalt (Total)	5756		17180		6659		5535		8783	
Andel filtererare (% filter-feeders)		1,3		39,8		41,7		17,8		30,3

Tabell 3. Antalet djur per m² för de viktigaste grupperna nedströms Krångede kraftverk i Indalsälven, dels i strandzonen (oktober 1977), dels i "strömfåran" (oktober 1978).

	Strandzon (Littoral)		"Strömfåra" (Stream)	
	ind/m ²	%	ind/m ²	%
<i>Lymnaea peregra</i>	164	6,2	153	9,9
<i>Valvata</i> sp.	18	0,7	3	0,2
<i>Gyraulus acronicus</i>	190	7,2	0	0
Sphaeriidae	5	0,2	0	0
<i>Heptagenia sulphurea</i>	2	0,1	31	2,0
<i>Ephemerella mucronata</i>	0	0	89	5,8
<i>Baetis rhodani</i>	0	0	11	0,7
<i>Centroptilum luteolum</i>	119	4,5	9	0,6
Chironomidae	403	15,3	545	35,2
<i>Neureclipsis bimaculata</i>	595	22,6	259	16,7
<i>Polycentropus flavom.</i>	75	2,8	1	0,1
<i>Hydropsyche</i> spp.	0	0	200	12,9
<i>Hydroptila</i> spp.	962	36,5	42	2,7
Totalt (Total)	2626		1547	
95% k.i.	(1277-5124)		(1391-1710)	

Tabell 4. Biomassan för de viktigare grupperna nedströms Krångede kraftverk i Indalsälven, dels i strandzonen (oktober 1977), dels i "strömfåran" (oktober 1978).

	Strandzon (Littoral)		Strömfåra (Stream)	
	mg/m ²	%	mg/m ²	%
<i>Lymnaea peregra</i>	5198	63,3	3684	66,6
<i>Valvata</i> sp.	257	3,1	4	0,1
<i>Gyraulus acronicus</i>	408	5,0	0	0,0
EPHEMEROPTERA	59	0,7	250	4,5
<i>Ephemera mucr.</i>	0	0,0	68	1,2
CHIRONOMIDAE	287	3,5	353	6,4
TRICHOPTERA	1767	21,5	1117	20,2
Polycentropidae	1157	14,1	361	6,5
<i>Hydropsyche</i> spp.	0	0,0	622	11,2
<i>Hydroptila</i> spp.	550	6,7	20	0,4
Totalt (Total)	8212		5535	
95% k.i.	(4896-13483)		(3082-8649)	

Tabell 5. Bottenfaunans diversitet nedströms Krångede kraftverk i Indalsälven, dels i strandzonen (oktober 1977), dels i "strömfåran" (oktober 1978).

	Totalfauna (Total fauna)		Sländfauna (Insect nymphs)	
	Strandzon (Littoral)	Strömfåra (Stream)	Strandzon (Littoral)	Strömfåra (Stream)
S	28	35	16	23
H	2,68	3,10	1,65	2,64
E	0,56	0,61	0,42	0,60

Tabell 6. Uppskattningar av totala bottenfaunans biomassa (g/m², våtvikt) i rinnande vatten i Norrland.

Lokal (Locality)	Tid (Date)	g/m ²	Dom. djurgrupp (Dominating taxa)
1 Kalix älv, Kalasjärvi, utlopp	-	21,2	Trichoptera/Simuliidae
2 St. Lule älv, 10 km nedströms Ligga kraftverk (1954)	sep	1,3	Ephemeroptera
3 Lilla Lule älv, 10 km nedströms Vaikijaure, före reglering	sep	7,7	Trichoptera
4 Lule älv, Porsifors, 48 km nedströms sjö, före regl.	-	3,6	-
5 Anajaure, 150 m nedströms utlopp, Lule älv	jul	54,24	Simuliidae
6 Pite älv, Pajep Måskejaure, tillflöde	jul-aug	29,0	Simuliidae
7 Vindelälven, St. Tjulträsk, utlopp	maj-sep	36,06	Simuliidae
8 Vindelälven, Gautstr., utlopp	maj-sep	11,64	Simuliidae/Trichoptera
9 Ume älv, Storuman, utlopp före reglering	sep	16,8	Trichoptera
10 Rickleån, Storlångforsen, 3 km nedströms sjö	jul-sep	12,68	Trichoptera/Simuliidae
11 Indalsälven, Ånnsjön, utlopp	sep	52,50	Trichoptera (Hydropsyche)
12 Indalsälven, Åresjön, nedströms	-	5,7	Trichoptera/Simuliidae
13 Indalsälven, nedströms Gammelänge kraftverk	sep	13,5	Trichoptera
14 Indalsälven, nedströms Krångede kraftverk, 1,8 km	maj-okt	8,8	Gastropoda/Trichoptera

Andersson (1974)	6
Henricson och Sjöberg (dena undersökning)	14
Illies (1956)	5
Karlström (1978)	10
Müller (1955, 1956a,b, 1962)	1, 2, 3, 4, 9, 11, 12, 13
Ulfstrand (1968a)	7, 8

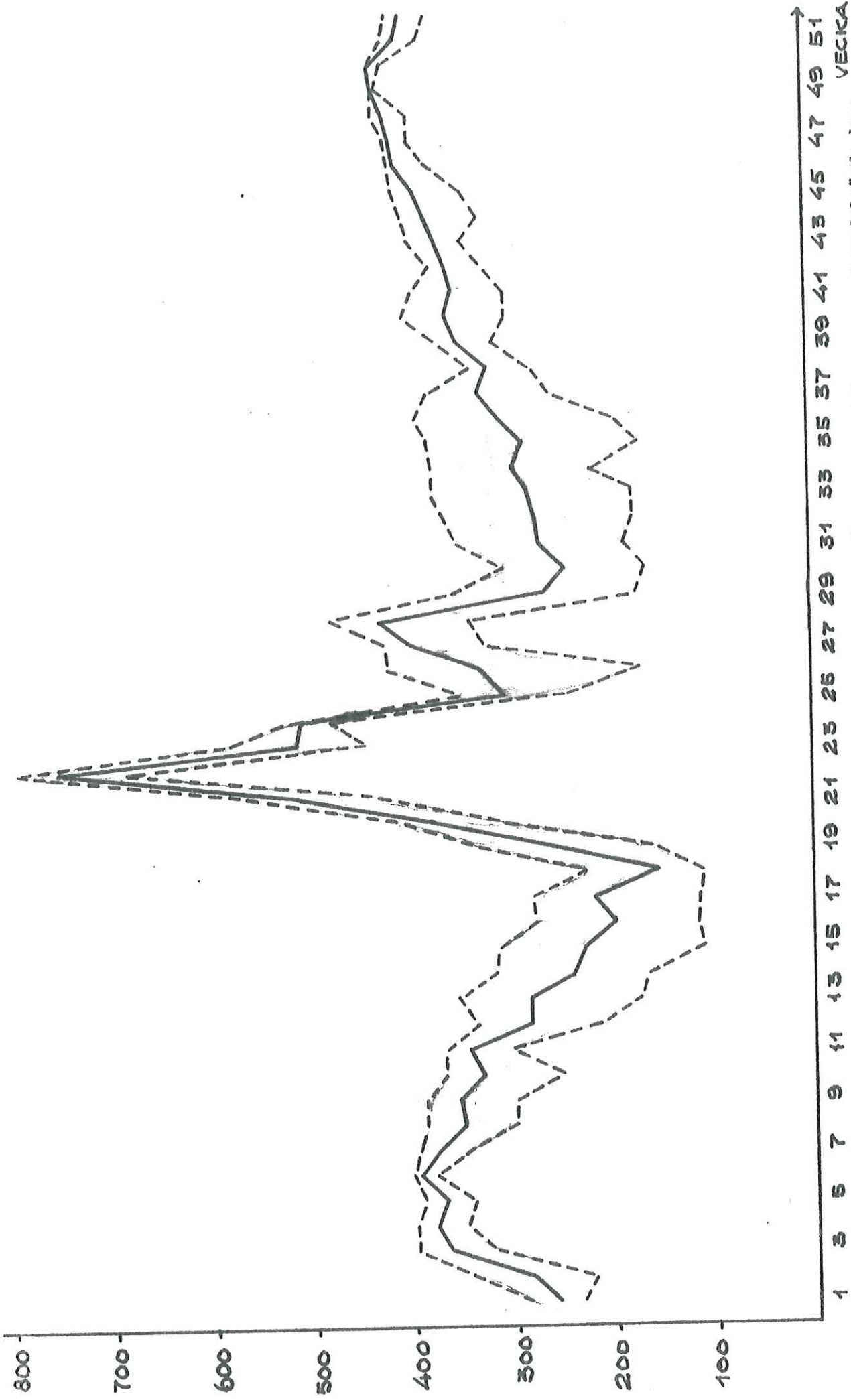


Fig. 1. Vattenföringen vid Krångede kraftverk i Indalsälven under 1978. Övre streckad kurva = veckomedelvärde beräknat på varje dygns högsta timvärde. Nedre streckad kurva = d:o beräknat på lägsta timvärde. Heldragen kurva = veckomedelvärde beräknat på varje dygns medelvattenföring.

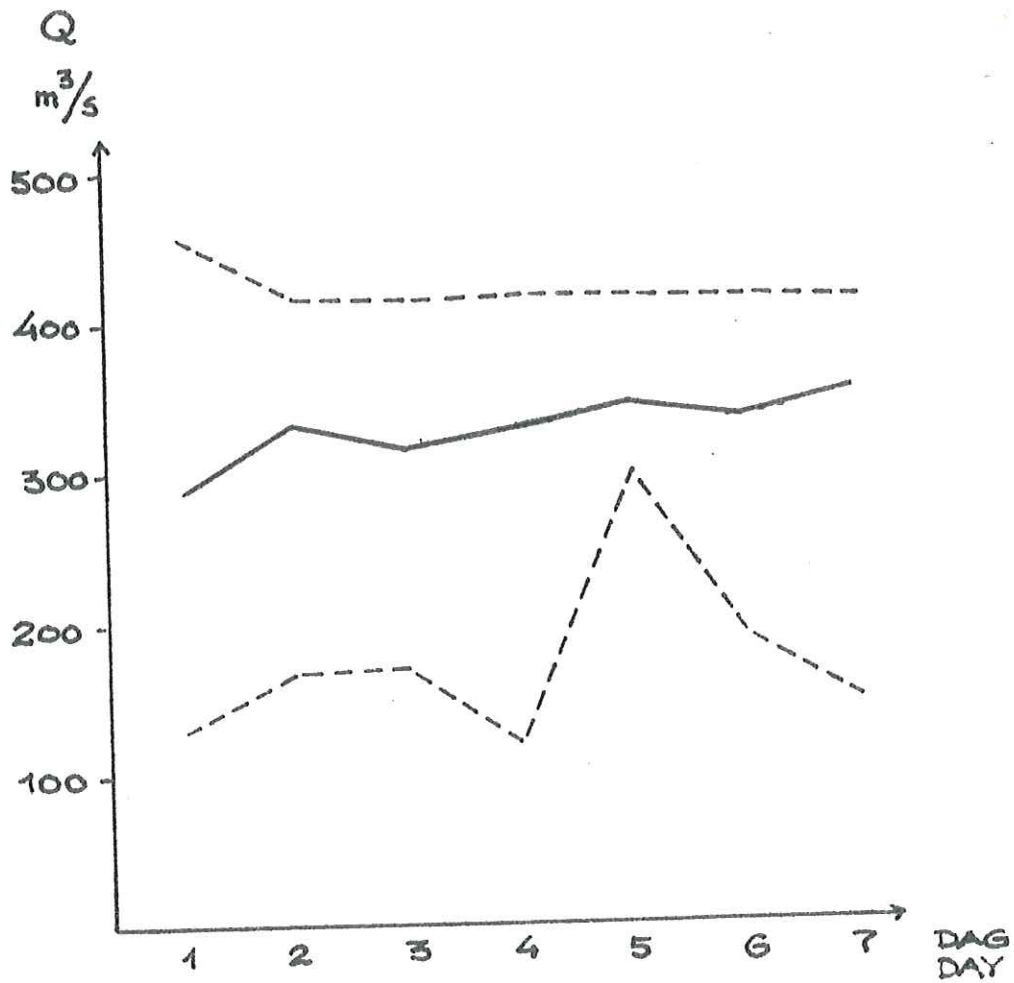


Fig. 2. Max-, medel- och minimivattenföring under varje dygn under vecka 26 (26 juni-2 juli, 1978) vid Krångele kraftverk i Indalsälven.

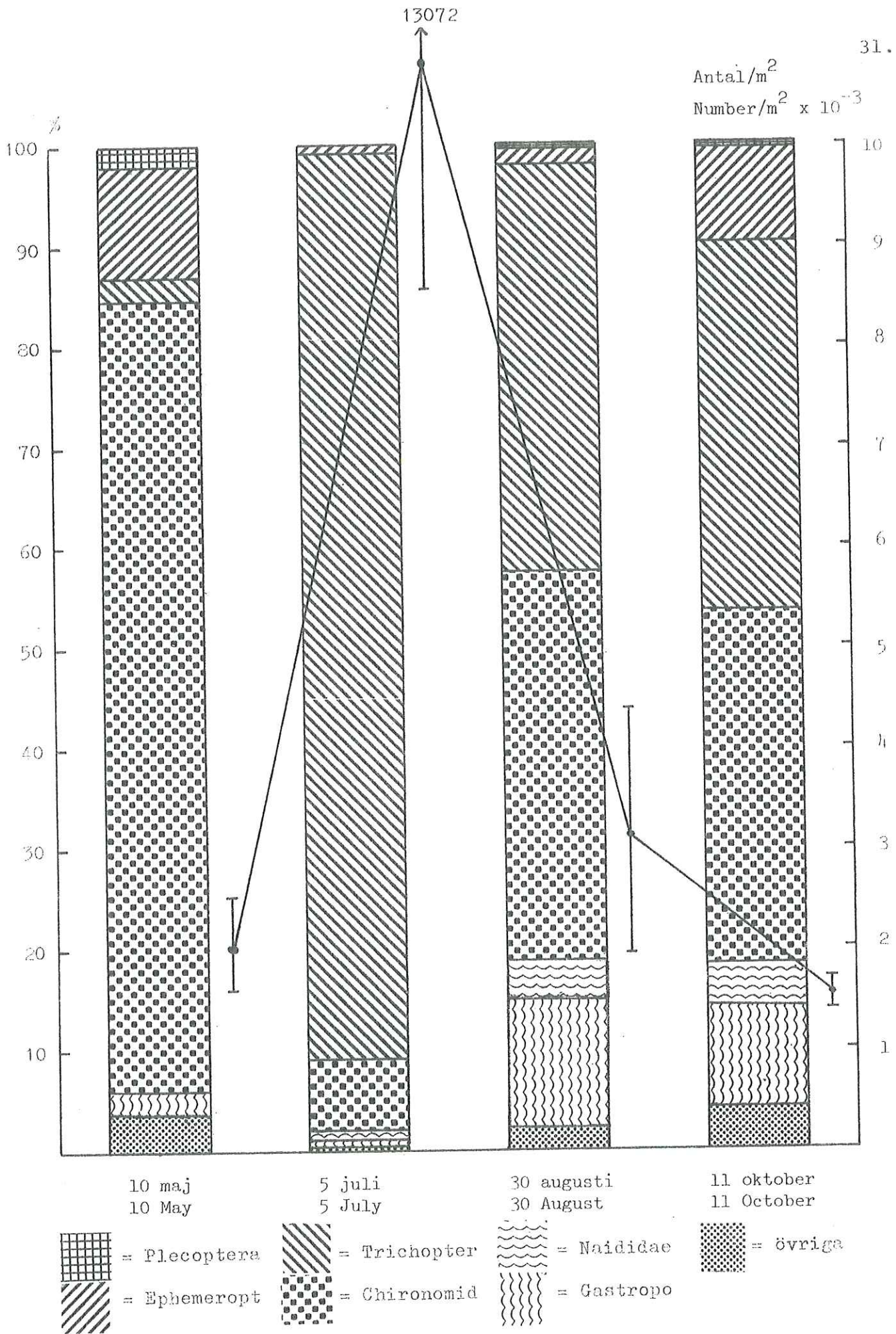
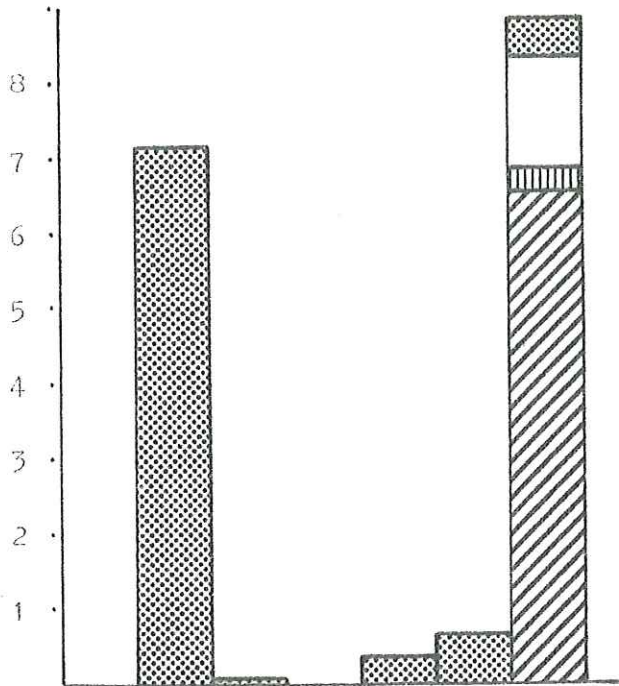
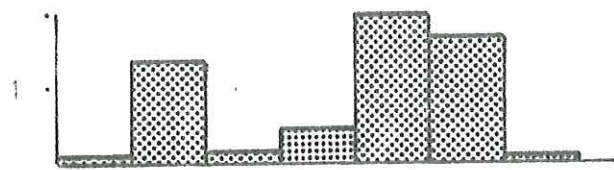
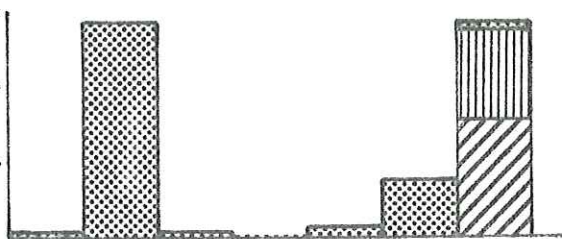


Fig. 3. Antalet individer per m² och 95 % k.i., samt bottenfaunans procentuella sammansättning nedströms Krångele kraftverk i Indalsälven, 1978.

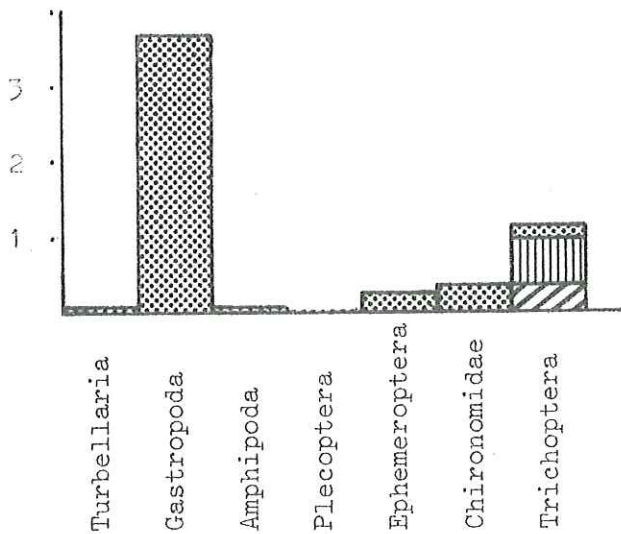
Biomass (Biomassa)
g/m²



Hydroptila spp.
Hydropsyche spp.
Neureclipsis bimaculata

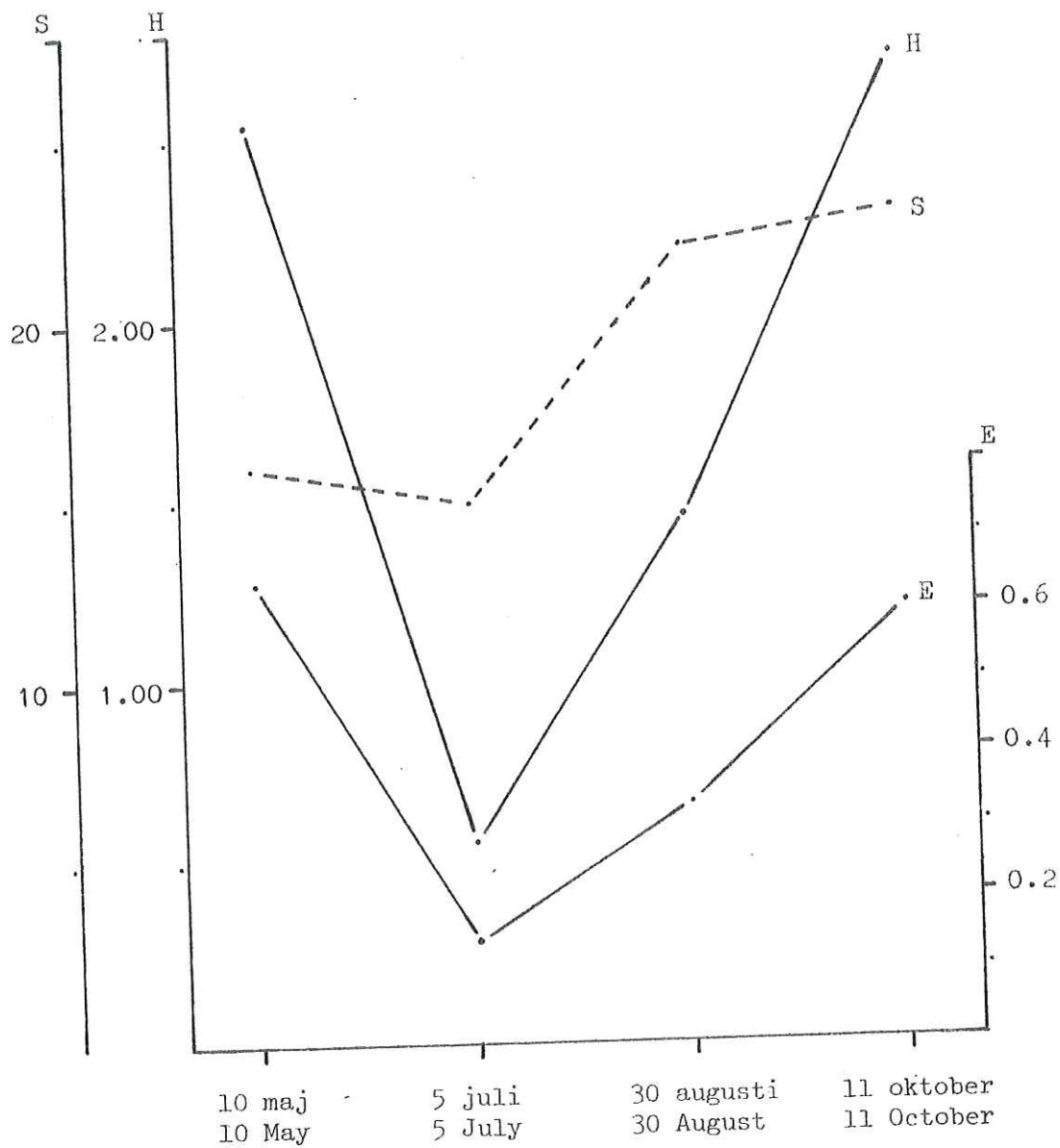


30 augusti
30 August
4.1 - 9.6 g/m²



11 oktober
11 October
Total
3.1 - 8.6 g/m²

Fig. 4. Biomassan per m² för de viktigare djurgrupperna nedströms Krångede kraftverk i Indalsälven, 1978.



Ephe muc	38.3	Hydropt 1	90.7	Neur bim	73.6	Neur bim	36.1
Baet rho	22.9	Neur bim	7.5	Hydr nev	14.9	Hydr nev	27.4
Neur bim	10.0	Athripso	0.6	Hydr con	3.3	Ephe muc	12.4
Hept sul	9.7	Ephemere	0.4	Hept sul	2.3	Oxyethir	6.0
		Hydr nev	0.2	Hydropt 2	1.4	Hept sul	4.3
		Baet rho	0.1			Hydropt 2	3.7

Fig. 5. Antalet arter (S), diversitetsindex (H) och equitability (E) för sländfaunan, samt de vanligaste arternas andel, nedströms Krångede kraftverk i Indalsälven, 1978.

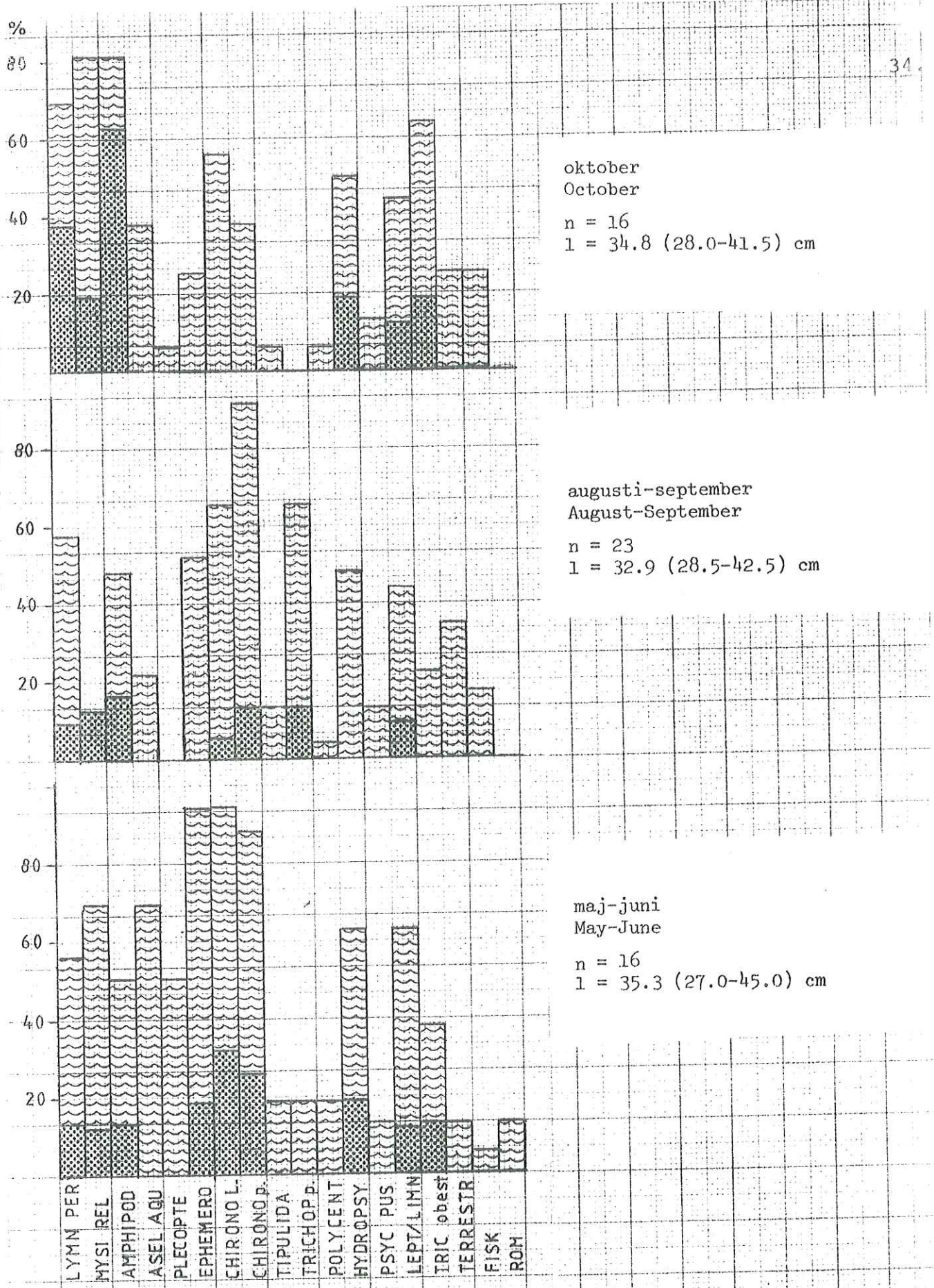


Fig. 6. Harrens maginnehåll nedströms Krängede kraftverk i Indalsälven, under tre perioder, baserat på prover från 1977-79. Hela stapeln = frekvens magar med resp. födoslag. Prickad stapel = d:o där resp. födoslag varit dominerande (se metod). l = genomsnittlig fisklängd (min-max). LEPT/LIMN = Leptoceridae/Limnephilidae.