



Länsstyrelsen
Blekinge

2022:15

Glacialrelikta kräftdjur i Stora Kroksjön, Blekinge 2022



Rapport: 2022:15

Rapportnamn: Glacialrelikta kräftdjur i Stora Kroksjön, Blekinge 2022

Utgåva: Endast publicerad på hemsida

Utgivare: Länsstyrelsen Blekinge län, 371 86 Karlskrona.

Dnr: 502-2481-2022

Författare: Björn Kinsten

Kontaktperson: Andreas Holmberg, andreas.holmberg@lansstyrelsen.se

Foto/Omslag: Björn Kinsten

ISSN: 1651–8527

Länsstyrelsens rapporter: www.lansstyrelsen.se/blekinge/publikationer

© Länsstyrelsen Blekinge län

Förord

Den regionala miljöövervakningen har som målsättning att dokumentera tillståndet och förändringar i miljön avseende miljöproblem i Blekinge. Inventering av glacialrelikta kräftdjur utgör en del av arbetet inom programområde Sötvatten.

Arbetet har finansierats med medel för miljöövervakning från Havs- och vattenmyndighetens 1:2-anslag. De vattenlevande organismernas reaktion på olika mänskliga ingrepp i vår miljö är viktigt att observera. De vattenkemiska proven som tas i t ex kalkade sjöar kan endast verifiera statusen på vissa kemiska parametrar vid respektive provtagnings-tillfälle. Biologiska förändringar däremot är svaret på förändringar i miljön under en längre tid. Kalkningarna i Stora Kroksjön i Karlshamn har visat sig gynna de relikta kräftdjuren och sannolikt räddat bestånden från att dö ut. Då förekomsten av glacialrelikter i Blekinge är de sydligaste i Sverige utgör en fortsatt inventering av glacialrelikta kräftdjur ett potentiellt finkänsligt verktyg för att följa klimatförändringarnas påverkan på fauna.

Länsstyrelsen i Blekinge har lämnat i uppdrag åt Björn Kinsten att undersöka förekomsten av glacialrelikta kräftdjur i en sjö i länet, Stora Kroksjön. Undersökningen har skett i samråd med Länsstyrelsen. För fältundersökningar, bearbetning och sammanställning av föreliggande rapport svarar Björn Kinsten. Författaren är ensam ansvarig för de bedömningar och slutsatser som framförs i rapporten. Rapporten redovisar en fortsättning och uppföljning av de inventeringar som genomförts under åren 1991, 1994, 1998, 2003, 2008, 2013 och 2018. Dessa har tidigare redovisats i Länsstyrelsens rapportserie.

Övervakningen av glacialrelikta kräftdjur ingår som en del av uppföljningen av miljö-kvalitetsmålen *Ett rikt växt och djurliv, Levande sjöar och vattendrag, Bara naturlig försurning, Giffri miljö* och *Ingen övergödning*.

Innehåll

Sammanfattning	4
Inledning	6
Stora Kroksjön.....	6
De glacialrelikta kräftdjursarterna.....	7
De glacialrelikta kräftdjuren i Stora Kroksjön	8
Syfte	9
Material och metoder	9
Fysikaliska och kemiska undersökningar.....	9
Biologiska undersökningar.....	10
Resultat och diskussion	11
Provtagningsmetodik och felkällor	11
Fysikaliska och kemiska undersökningar.....	12
Vattentemperatur	12
Syrgas och syrgasmättnad	12
Vattenkemi	13
Siktdjup	14
Förekomst och förluster av glacialrelikta kräftdjur i Blekinge	14
Täthet.....	15
Resultat av trålning 1991 - 2022	15
.....	15
.....	16
Resultat av håvning 2013 - 2022.....	19
Längdfördelningen av <i>M. relicta s.l.</i>	22
Jämförelse av håv- och trålprov på 22 meters djup i juli 2022	22
Jämförelse av håvprov över 22 meter insamlade 2013, 2018 och 2022	23
Jämförelse av längdfördelningen på olika djup.....	24
Slutord	24
Tack	25
Litteratur	26
Bilagor	29
Bilaga 1. Temperatur, syrgashalt och syrgasmättnad den 5 juli 2022.	29
Bilaga 2. Fysikaliska och vattenkemiska data från Stora Kroksjön under perioden 1961 – 2022.	30
Bilaga 3. De glacialrelikta kräftdjuren täthet och medeltäthet skattad genom trålning på olika djup den 4 juli 2022.	32
Bilaga 4. De glacialrelikta kräftdjuren medeltäthet skattad genom trålning i juli- augusti 1991, 1994, 1998, 2003, 2008, 2013, 2018 och 2022.....	33
Bilaga 5. Täthet av <i>M. relicta s.l.</i> skattad genom håvning över 22 meters djup den 11 - 12 juli 2013, den 2 - 3 juli 2018 och den 4 - 5 juli 2022.....	35

Sammanfattning

Stora Kroksjön har med avseende på glacialrelikta kräftdjur undersökts vid två tillfällen under 1960-talet och vid åtta tillfällen fr.o.m. 1991. Vid samtliga tillfällen har samma tre arter påträffats, nämligen *Mysis relicta s.l.*, *Monoporeia affinis* och *Pallaseopsis quadrispinosa*. De övriga fyra i Sverige förekommande glacialrelikta kräftdjursarterna *Gammaracanthus lacustris*, *Saduria entomon* och *Limnocalanus macrurus* har aldrig påträffats i sjön. Stora Kroksjön är en av bara två sjöar som idag har påvisade bestånd av glacialrelikta kräftdjur i Blekinge län men är den enda sjön i länet som har flera arter. Den andra sjön i Blekinge som hyser glacialrelikta kräftdjur är Immeln i Olofströms kommun. Sannolikt har kalkningar av Stora Kroksjön minskat risken för att nämnda djur utrotats från sjön. Detta kan jämföras med två andra sjöar i länet, Galtsjön och Blanksjön i Ronneby kommun, som tidigare hyst bestånd av glacialrelikta kräftdjur, men idag saknar dessa djur. Sannolikt har försurning varit orsak till dessa försvinnanden.

Vid samtliga åtta tillfällen under perioden 1991 - 2022 då glacialrelikta kräftdjur undersökts i Stora Kroksjön har trålning utförts med en s.k. bomtrål. Mätseriens tidsutsträckning och antal mättillfällen är för svenska förhållanden ovanligt omfattande. Trålning är den bästa metoden då förekomst av glacialrelikta kräftdjur skall undersökas, men har sin klara begränsning vid kvantifiering av dessa djur. Vid undersökningen 2013 gjordes därför en komplettering av metodiken genom att håvningar med en stor håv gjordes över största djupet (22 m) nattetid. Metoden har sedan använts även 2018 och 2022 och är bättre för skattning av tätheten av *M. relicta s.l.* än trålning.

Den talrikaste arten i trålproven har varit *M. relicta s.l.*, medan *P. quadrispinosa* vanligtvis har varit den art som har haft klart lägst täthet. De beräknade tätheterna av den tredje förekommande arten, *M. affinis*, har sannolikt underskattats en hel del då arten gräver ned sig i sedimentet och på så vis kan undgå att fångas med trålen.

Vid trålningen 2022 noterades en täthet av *M. relicta s.l.* som låg i paritet med tidigare skattade tätheter 1991 – 2013, men var klart lägre än 2018 vilket framförallt gällde på cirka 9 meters djup där medeltätheten var ovanligt hög och var klart högre än den medeltäthet som skattades på det största djupet (Kinsten 2018a).

Alla tre arternas skattade tätheter har varierat mellan undersökningsåren, men variationen kan mest sannolikt förklaras med naturlig variation och metodbrister. Den större tätheten av *M. relicta s.l.* 2018 tycks dock avvika från övriga år och kan eventuellt ha ett samband med den extremt varma sommaren som började redan i maj 2018 (se <https://www.smhi.se/klimat/klimatet-da-och-nu/arets-vader/sommaren-2018-extremt-varm-och-solig-1.138134>). En statistisk analys visade också på en signifikant förändring av tätheten hos *M. relicta s.l.* i trålproven 1991 till 2022 i form av en ökning av tätheten. Däremot förelåg ingen signifikant förändring av tätheten hos *M. affinis* och *P. quadrispinosa* under samma period.

Tätheten av *M. relicta s.l.* skattades också med hjälp av en stor håv under kvällen/natten den 4 – 5 juli 2022 fr o m kl. 21.15 t o m kl. 01.05. Under nämnda

tidsperiod ökade den skattade tätheten och den högsta tätheten nåddes kl. 01.05 då 234 ind./m² noterades. Den beräknade medeltätheten i tidsintervallet kl. 23.40 till kl. 01.05 var 190 ind./m², vilket var i nivå med tätheten 2013 men lägre än tätheten 2018 vid motsvarande tidpunkt på dygnet.

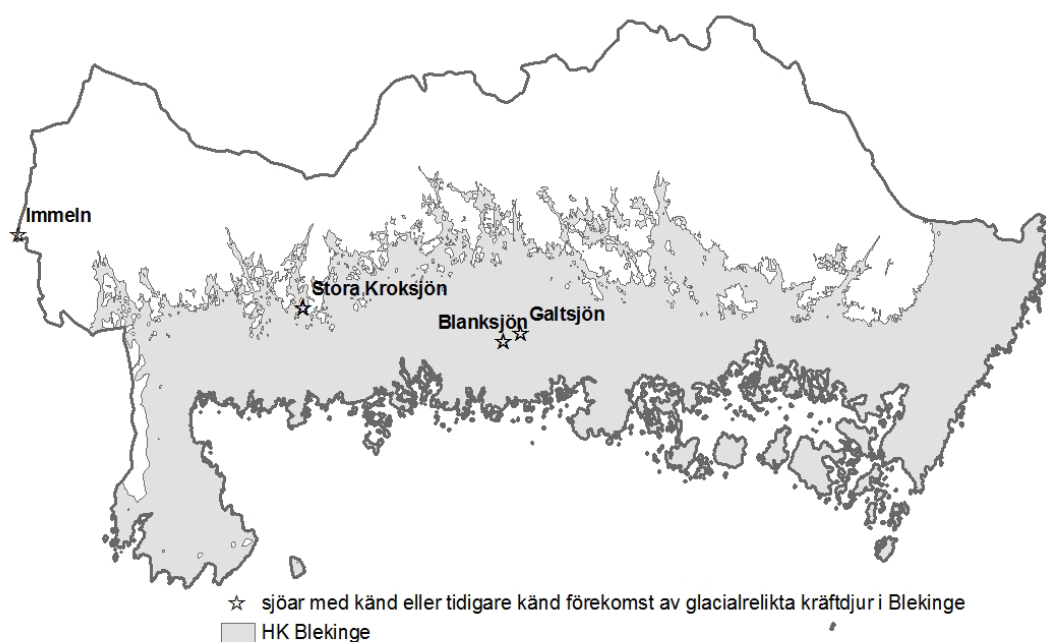
Vid en jämförelse av tätheten hos *M. relicta s.l.* skattad med trålprov på olika djup framgick det att andelen små individer ökade markant mot mindre djup.

Längdmätningar av *M. relicta s.l.* antydde att livscykeln i Stora Kroksjön är tvåårig med vinterfortplantning.

Med tanke på den globala uppvärmningen och de glacialrelikta kräftdjurens krav på låg temperatur är det av stort värde om undersökningar av det slag som redovisats i denna rapport även kan fortsätta i framtiden. Stora Kroksjön är unik på det viset att den är en av de sydligaste i Sverige med glacialrelikta kräftdjur som dessutom har undersökts under många år.

Inledning

Stora Kroksjön



Figur 1. Idag är Stora Kroksjön en av två sjöar i Blekinge län som har ett känt bestånd av glacialrelikta kräfdjur. Den andra sjön är Immeln. Blanksjön och Galtsjön har haft bestånd av dessa djur men dessa är idag av allt att döma utdöda.

Tabell 1. Några allmänna och fysikaliska data hos Stora Kroksjön.

Kommun	Karlshamn
Avrinningsområde	85 Mieån
Länssjönummer	121:160
Utloppet (RT90) enl. VISS	62 35 88 -14 41 81
Högsta Kustlinjen (HK) vid sjön (m)	55 - 65
Höjd över havet (H ö h) (m)	51
Yta (km²)	0,27
Maxdjup (m)	23

Enligt Inge Tegvald (fisketillsynsman för Mieåns södra fiskevårdsområde) är naturligt förekommande fiskarter i Stora Kroksjön: abborre, gädda, mört, sarv, lake och ål. Dessutom har ruda tidigare påträffats i sjön men verkar numera ha försvunnit. Förutom dessa arter inplanteras regnbåge regelbundet (uppgift från Per Svantesson, Länsstyrelsen i Blekinge län). Bäckröding och öring har också inplanterats men har numera enligt Inge Tegvald försvunnit från sjön.

De glacialrelikta kräftdjursarterna

De glacialrelikta kräftdjur som påträffats i tidigare undersökningar i Stora Kroksjön är *Mysis relicta s.l.*, *Monoporeia affinis* och *Pallaseopsis quadrispinosa*. De övriga tre i Sverige förekommande glacialrelikta kräftdjursarterna *Gammaracanthus lacustris*, *Saduria entomon* och *Limnocalanus macrurus* har aldrig påträffats i sjön. Det bör dock nämnas att det egentliga antalet glacialrelikta kräftdjursarter i Sverige numera räknas till sju arter då det är klarlagt att *M. relicta s.l.* består av två arter i Sverige, nämligen *M. relicta s.str.* och *M. salemaai* (Audzijonytė & Väinölä 2005). Då dessa arter är svåra att skilja åt med hjälp av morfologiska karaktärer och det inte är klarlagt vilken av arterna som förekommer i Stora Kroksjön har samlingsnamnet *M. relicta s.l.* (sensu lato) använts.

De glacialrelikta kräftdjurens utbredning är speciell. De förekommer naturligt endast i vissa sjöar och vattendrag nedströms högsta kustlinjen (HK) (se bl.a. Ekman 1922, Kinsten 2012a), dvs. den högsta strandlinje som Östersjön i något av sina utvecklingsstadier nått upp till. I sällsynta fall kan dock relikter påträffas även ovan HK (t.ex. Svärdson 1989, Kinsten 2012a, 2012b).

Begreppet reliket betyder kvarlämning och enligt Ekman (1922, sid. 278) bör begreppet ha en geografisk innebörd, som innebär att

"En art är en reliket i ett område, om dess närvaro nödvändigtvis förutsätter, att den själv, eller dess stamform blev kvarlämnad i området under naturförhållanden, som numera är främmande för detsamma".

Han säger också att

"ett djur kan alltså inte vara reliket inom ett område, dit det har aktivt vandrat in eller passivt transporterats".

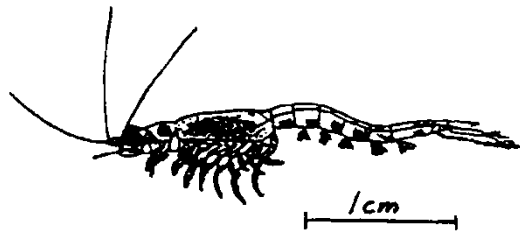
Segerstråle (1957, 1982) har beskrivit hur de glacialrelikta kräftdjuren tros ha invandrat till Skandinavien under den senaste istiden från områden öster om Uralbergen. Invandringen har skett via sötvatten längs den dåvarande iskanten längs ryska nordkusten. Invandringen till nuvarande Blekinge kan antas ha tagit sin början för 12 500 år sedan, dvs. under tiden för Baltiska issjön. Den högsta nivå som detta vatten nådde i Blekinge län utgörs av högsta kustlinjen (HK) som i länet når cirka 55 - 65 m över havet (uppgift från Länsstyrelsen i Blekinge län), dvs. den nivå dit de glacialrelikta kräftdjuren kan ha nått som allra högst i länet (figur 1).

Förekomsten i Sverige av de relikta kräftdjuren har i grova drag kartlagts tack vare att biologer och geografer varit intresserade av att bl.a. använda deras utbredning till att försöka klarlägga de olika skedena i Östersjöns historia. Den detaljerade kunskapen om glacialrelikternas förekomst saknas fortfarande inom många områden. Inventeringsverksamhet under de senaste decennierna har dock förbättrat kunskapen om denna djurgrupps utbredning (Kinsten 2012a).

De tre arterna *G. lacustris*, *P. quadrispinosa* och inte minst *M. relicta s.l.* har visat sig utgöra viktiga näringsorganismer för många fiskarter (t.ex. Svärdson et al. 1988). Genom detta har arterna utnyttjats i samband med storskaliga restaureringsförsök av näringsskadade fiskpopulationer i regleringsmagasin i Norrland (Fürst et al. 1984). Det är också känt sedan länge att många kräftdjur är känsliga för låga

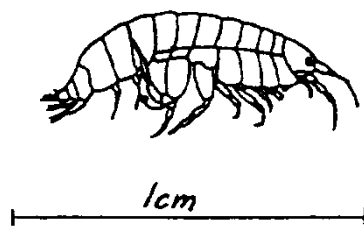
pH-värden och därmed även fungerar som försurningsindikatorer. Att förhållandet även i hög grad kan gälla vissa av de relikta kräftdjuren har visats av Nero och Schindler (1983) och Kinsten (1986).

De glacialrelikta kräftdjuren i Stora Kroksjön



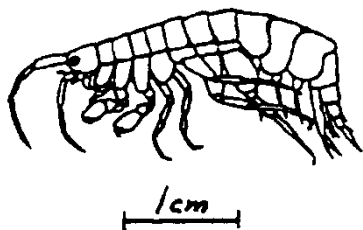
Mysis relicta s.l.. Foto: Björn Kinsten

Mysis relicta s.l. en s.k. pungräka som förekommer såväl i Östersjön som i insjöar och är den mest spridda av de relikta kräftdjuren. Den uppnår en längd av cirka 2,5 cm och är till viss del transparent. Den lever intill bottenskiktet under dagtid, men lämnar botten under mörka nätter då den uppehåller sig i pelagialen. Dessa vertikalvandringar kan vara mycket omfattande i djupa sjöar och arten anses ha den största vertikala vandringsamplituden av alla evertebrater i sötvatten. Den är allätare och äter såväl växtplankton som djurplankton, men även bottenlevande kräftdjur och detritus. Den har en mycket flexibel livscykelstrategi men är i allmänhet 1 till 2-årig i svenska vatten.



Monoporeia affinis. Foto: Björn Kinsten

Monoporeia affinis (vitmärla) förekommer liksom föregående art både i Östersjön och i insjöar. Arten tillhör ordningen Amphipoda. Den är vit och förhållandevis liten (cirka 1 cm) och lever dagtid ofta nergrävd i bottensedimentet i de djupare delarna av en sjö. Den är detritusätare men äter också planktiska mikroalger och små bentiska evertebrater. Artens individtätethet kan variera periodiskt i flerårscykler och kan i vissa sjöar uppnå mycket höga tätheter. Livscykeln är vanligen 1- 2-årig.



Pallaseopsis quadrispinosa. Foto: Björn Kinsten

Pallaseopsis quadrispinosa (taggmärla) tillhör liksom föregående art ordningen Amphipoda. Den förekommer i insjöar och i kustnära delar av Östersjön-Bottenviken och är en utpräglad sötvattensart. Den kan uppnå en längd på cirka 2,5 cm. Den kan uppträda såväl på stora djup som i strandzonen, men i vissa fall även i rinnande vatten. Det är också den enda av arterna som har noterats i källflöden. Vertikalvandring kan förekomma i sjöar nattetid. Den är i allmänhet brunfärgad, men kan variera från gulgrå till tegelröd. Arten är omnivor och äter t.ex. såväl mikroalger, fjädermygglarver, djurplankton samt detritus. Livscykeln är vanligen 1 till 2-årig.

Syfte

Huvudsyftet med undersökningen har varit att dokumentera nuvarande förekomst och ungefärlig täthet av glacialrelikta kräftdjur i Stora Kroksjön i Blekinge, samt att göra en jämförelse med tidigare undersökningsresultat.

Material och metoder

Undersökningen har utförts enligt undersökningstypen för inventering av glacialrelikta kräftdjur ”[Glacialrelikta kräftdjur i sjöar och vattendrag](#)” (Naturvårdsverket 2011) och den vattenkemiska provtagningen har utförts enligt undersökningstypen ”[Vattenkemi i sjöar](#)” (Naturvårdsverket 2010). Undersökningarna genomfördes den 4 - 5 juli 2022.

Fysikaliska och kemiska undersökningar

Ytvattenprov (0,5 m) insamlades över sjöns största djup den 5 juli 2022 för vattenkemisk analys. Proverna lämnades in till Karlskrona kommuns VA-laboratorium i Karlskrona direkt efter provtagning för analys av färgtal, konduktivitet, pH,

alkalinitet, total-N och total-P. Siktdjupet mättes med en siktskiva med diametern 25 cm. Temperatur- och syrgasmätning utfördes med en utrustning, utlånad av Långasjönäs vattenverk, med en 5 m kabel vilken endast möjliggjorde mätningar ned till 5 m djup. Med hjälp av Ruttnerhämtare kunde dock vatten hämtas från djupare delar av sjön. Vattnet från dessa djup tappades därefter försiktigt i flaskor vari temperatur- och syrgasmätning skedde.

Biologiska undersökningar

Provtagning med trål genomfördes dagtid den 4 juli 2022 på fyra olika djupnivåer som uppmättes med ekolod (Lowrance 2260). Håvning i mörker kvälls-nattetid utfördes den 4 – 5 juli 2022 över 22 meters djup. Koordinater för provtagningsplatserna registrerades med GPS. Provtagningsplatsernas koordinater (RT90) samt djup framgår av tabell 2.

Tabell 2. Koordinater för provtagningsplatser i Stora Kroksjön.

Trålningen den 4 juli 2022 skedde på olika djup längs en sträcka på botten som innefattade de angivna punktkoordinaterna (RT90) för respektive djup. Håvningen den 4 - 5 juli 2022 skedde över sjöns största djup (22 m).

Djup (m)	Koord NS	Koord EW
5	62 36 172	14 41 384
10	62 36 175	14 41 334
15	62 35 946	14 41 394
22	62 35 774	14 41 452

De ungefärliga tätheterna av de under dagen bottenlevande kräftdjuren skattades genom trålning den 4 juli 2022 på samma sätt som skett under tidigare undersökningsår. Därvid användes en s.k. bomtrål med cirka 25 cm höjd, 100 cm bredd och 0,1 cm maskstorlek (Fürst 1965). Metoden, som är behäftad med ett antal felkällor vid kvantifiering av glacialrelikta kräftdjur, är enligt Kinsten & Degerman (2012) den bästa metoden då förekomst av flera arter skall undersökas. Från båt med elmotor drogs redskapet under låg och jämn fart (cirka 0,5 knop) fram på botten i någon minut varvid tiden för tråldraget noterades. Farten skattades med hjälp av logg (Silva 2000). Trålning skedde på fyra djupnivåer (tabell 2) ± någon enstaka meter. Två trålningar skedde på varje djupnivå. Efter trålningen sållades proven i ett såll med 1 mm maskstorlek.

Tätheten av glacialrelikta kräftdjur i Stora Kroksjön undersöktes även med hjälp av vertikalhåvning med stor håv i mörker nattetid. Den 4 - 5 juli 2022 utfördes 12 håvningar över det största djupet (22 m) med början strax innan solnedgången och avslutades i mörker kl. 01.05. Håvmetoden lämpar sig speciellt väl för bedömning av individtäthet hos *M. relicta s.l.*, då denna art i mörker söker sig mot ytliga lager för att där bl.a. äta zooplankton. Den håv som användes i denna undersökning hade öppningsarean 0,28 m² och maskstorleken 500 µ. Prov insamlades genom att redskapet tilläts sjunka av egen tyngd med mynningen nedåt till strax ovan botten, där

håven vändes och därefter drogs upp för hand i jämn hastighet. Håvens genomsnittliga hastighet var cirka 0,25 m/s. Som jämförelse kan nämnas att Chipps & Bennett (1996), som använde en konisk håv med öppningsdiametern 0,5 m, angav att håvningshastigheten inte bör överstiga 0,5 m/s för håvtypen som de använde och som hade maskstorleken 0,333 - 1,000 mm. Håvning har använts vid många undersökningar av individtäthet hos *M. relicta s.l.* (t.ex. Hakkala 1978, Nero & Davies 1982, Salemaa et al. 1986, Langeland 1988, Lehman et al. 1990, Bagge et al. 1996, Chipps & Bennett 1996, Pothoven et al. 2000, Horppila et al. 2003, Koksvik et al. 2009).

För att bilda sig en uppfattning om livscykeln hos *M. relicta s.l.* utfördes längdmätningar av individer som infångades vid såväl håvning som trålning. Djurens längd mättes från rostrums spets till yttersta delen av telson. Samma sätt att mäta längden använde också Fürst (1972).

Samtliga prov konserverades i 70 % etanol och analyserades på laboratoriet under förstoring.

Tätheten av de olika kräftdjuren har angivits som antal individer/m² (ind./m²).

Resultat och diskussion

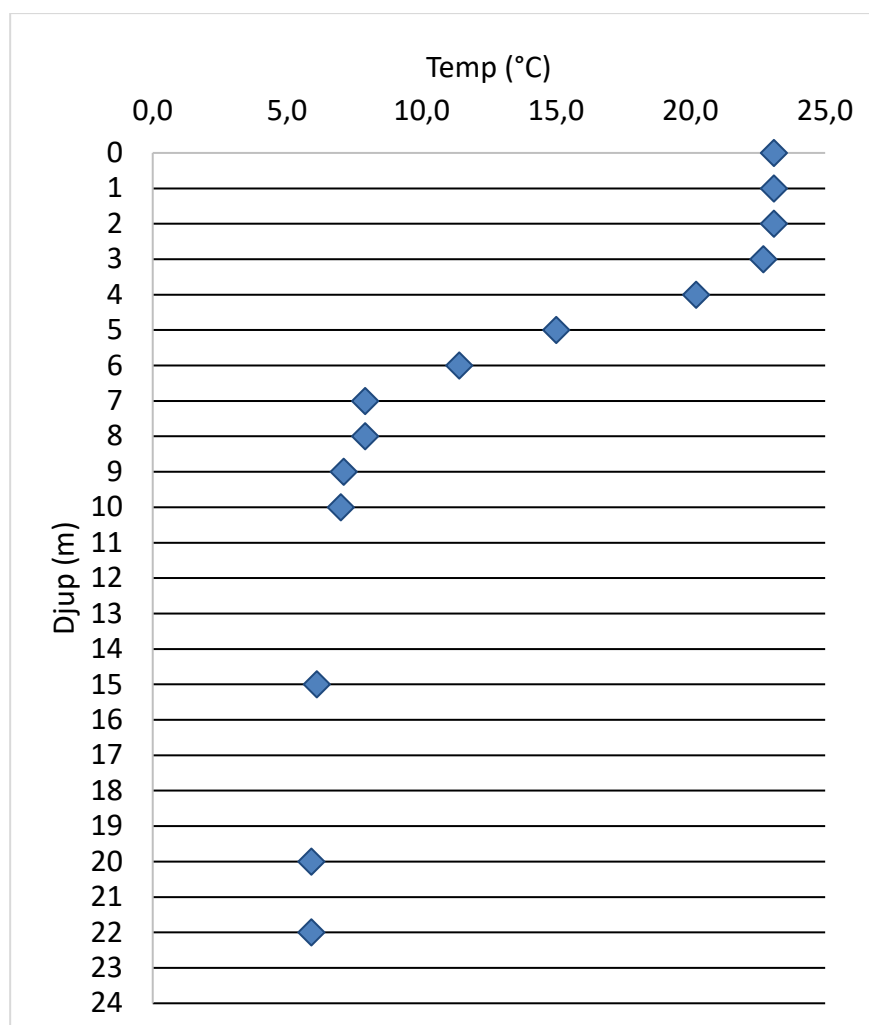
Provtagningsmetodik och felkällor

Vid insamling med trål förekommer en del felkällor som gör att kvantifieringen endast bör betraktas som ungefärlig. Tänkbara felkällor är t.ex. att trålen kan uppföra sig olika beroende på bottenpografi och bottensubstrat, att djurarterna på olika sätt undviker att fångas av redskapet (t.ex. gräver *M. affinis* ner sig i sedimentet i högre grad än övriga arter) samt att trålen i olika grad fylls av bottensediment och därför trålar med olika stor effektivitet. De allra minsta djuren kan dessutom till viss del passera trålnätet. Håvning med stor håv i mörker nattetid är en betydligt bättre metod för insamling och kvantifiering av *Mysis relicta s.l.* i jämförelse med trålning och är den metod som rekommenderas av bl.a. Kinsten & Degerman (2012).

Vid jämförelser av de relativa tätheterna av olika relikta kräftdjur i olika sjöar bör man vara medveten om att variationer i den vertikala och horisontella fördelningen kan förekomma mellan olika år, årstider samt olika tider på dygnet.

Fysikaliska och kemiska undersökningar

Vattentemperatur



Figur 2. Temperatur i Stora Kroksjön den 5 juli 2022. Mätning skedde på varje meter från ytan till 22 meters djup.

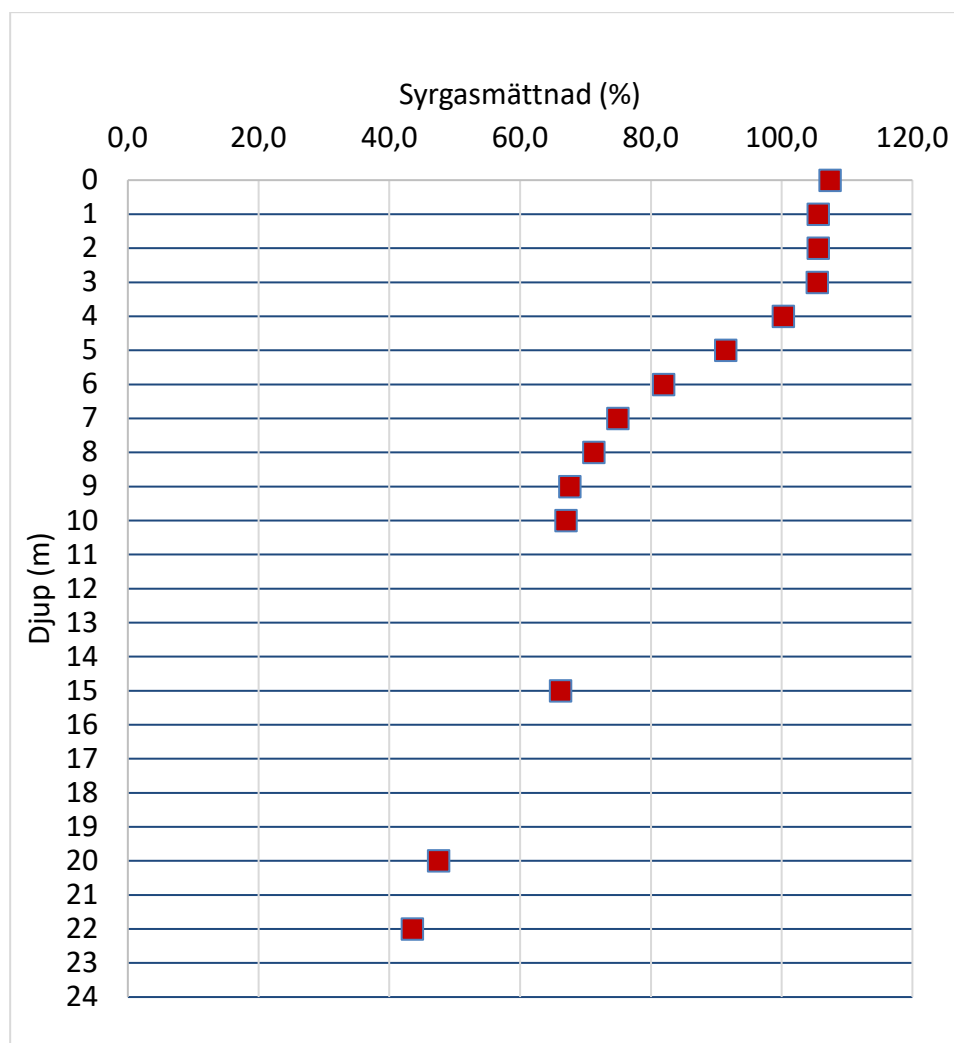
Språngskiktet den 5 juli 2022 var beläget mellan ca 3 och 7 meters djup (figur 2 och bilaga 1) och temperaturen på 22 meters djup var 5,9 °C.

Syrgas och syrgasmättnad

Mätningarna visade att syrgasmättnaden från ytan ned till 3 meters djup var ungefär densamma medan syrgasmättnaden sjönk kraftigt till drygt 70 % strax nedan språngskiktet och till 43,5 % på 22 m:s djup (figur 3 och bilaga 1). Syrgashalten i bottenvattnet (5,73 mg/l vid 20 m och 5,22 mg/l vid 22 m) rubriceras som ett svagt syrerikt tillstånd enligt Wilander & Sonesten (2006). De angav också att fisk reagerade på syrgashalter under cirka 5 mg/l och att syrgashalter under 4 mg/l var kritiskt låga för överlevnad hos många fiskarter. Även de glacialrelikta kräftdjuren

är känsliga för låga syrgashalter i bottenvattnet. Sandeman & Lasenby (1980) angav t ex att *M. relicta* (heter i Nordamerika numera *M. diluviana*) dog redan efter några minuter i syrgashalter under 3 mg/l. Låga syrgas halter kan tvinga djuren att vandra uppåt till nivåer i sjön som är ofördelaktigare för dem beroende på högre temperatur och ökad fiskpredation (se t.ex. Horppila et al. 2003).

Syrgasmättnaden i bottenvattnet den 5 juli 2022 (43,5 %) kan jämföras med mätningar utförda av länsstyrelsen i Blekinge för drygt 50 år sedan (28 juli 1970) då 28 % syrgasmättnad uppmättes en meter ovan botten (bilaga 2).



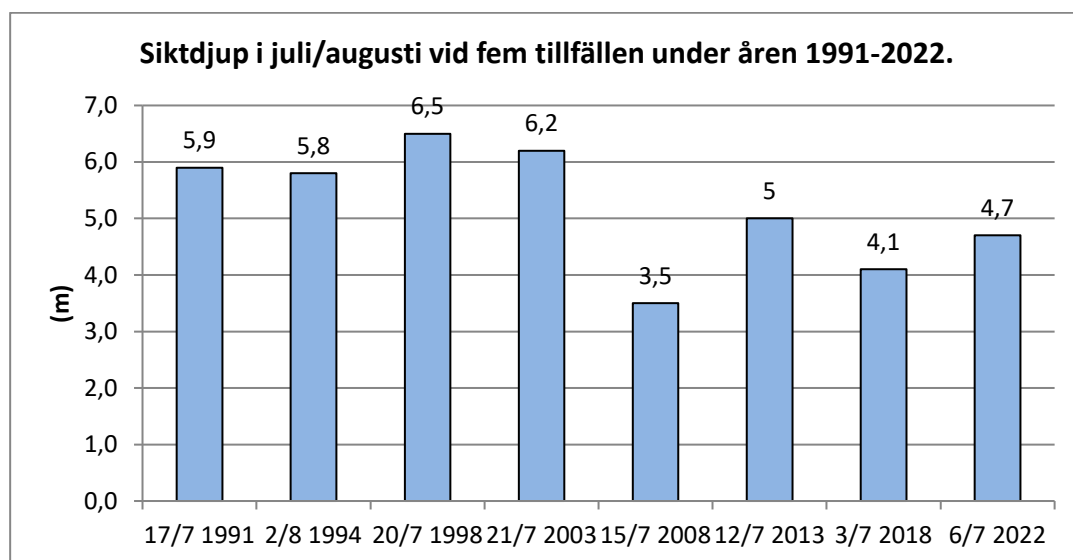
Figur 3. Syrgasmättnad i Stora Kroksjön den 5 juli 2022. Mätning har skett på varje meter från ytan ned till 10 meter samt på 15, 20 och 22 meters djup.

Vattenkemi

Vattenkemiska data från de år då undersökningar gjorts under perioden 1961 - 2022 framgår av bilaga 2. Det kan bl.a. noteras att buffertkapaciteten (alkaliniteten) i sjön varit god under den nämnda perioden. Sjön har dock kalkats vid flera tillfällen sedan slutet av 1970-talet (uppgift från länsstyrelsen i Blekinge). Dessa åtgärder

har sannolikt gynnat förekomsten av de relikta kräftdjuren i sjön och eventuellt räddat bestånden. Sjön har även rotenonbehandlats (Björk, Enckell och Lettevall 1964).

Siktdjup



Figur 4. Siktdjupet har uppmätts vid åtta tillfällen i juli/augusti under perioden 1991 - 2022 då undersökningar av glacialrelikta kräftdjur genomförts i Stora Kroksjön.

Siktdjupet kan bedömas som relativt stort vid de åtta tillfällen mätningar gjorts i juli-augusti 1991 - 2018 (figur 4). Ett jämfört med övriga mätningar lågt siktdjup noterades dock i juli 2008 och 2018. Ytterligare en mätning av siktdjupet gjordes den 5 oktober 2018 och visade då 5,8 meter. Generellt var det uppmätta siktdjupet större 1991 – 2003 jämfört med 2008 – 2022.

Resultatet av vattenprovtagningar (bilaga 2) visar en tendens under senare år till att sjön blivit brunare (ökning av färgtalet), så kallad ”brunifiering”, vilket påverkar siktdjupet och eventuellt syreförhållandena i de djupare delarna av sjön.

Förekomst och förluster av glacialrelikta kräftdjur i Blekinge

Björk, Enckell och Lettevall (1964) har tidigare dokumenterat förekomst av glacialrelikta kräftdjur i Stora Kroksjön, men även i två andra sjöar i Blekinge, nämligen Blanksjön och Galtsjön. I de sistnämnda två sjöarna noterades endast en art i vardera sjön, nämligen *M. relictus s.l.* respektive *P. quadrispinosa* (tabell 3). Trots undersökningar vid flera tillfällen därefter så har dessa djur inte kunnat påträffas i de två sjöarna (Lewin 1982, Kinsten 2008) och undersöktes därför inte 2013, 2018 och 2022. Kinsten (1999) konstaterade att försurning sannolikt spelat en viktig roll för att *M. relictus s.l.* saknas i Blanksjön, medan orsaken till att *P. quadrispinosa* numera saknas i Galtsjön är mer oklar, även om försurning kan ha spelat en roll även i den sjön. Förutom i de ovannämnda sjöarna så har *P. quadrispinosa* även

påträffats i Immeln (Fürst 1966, Lars Collvin, Länsstyrelsen i Skåne län, muntl.medd.) på gränsen mellan Blekinge och Skåne.

I Stora Kroksjön har undersökningar av glacialrelikta kräftdjur skett vid två tillfällen under 1960-talet och vid åtta tillfällen fr.o.m. 1991. Vid samtliga tillfällen har samma tre arter påträffats, nämligen *M. relicta s.l.*, *P. quadrispinosa* och *M. affinis* (tabell 3).

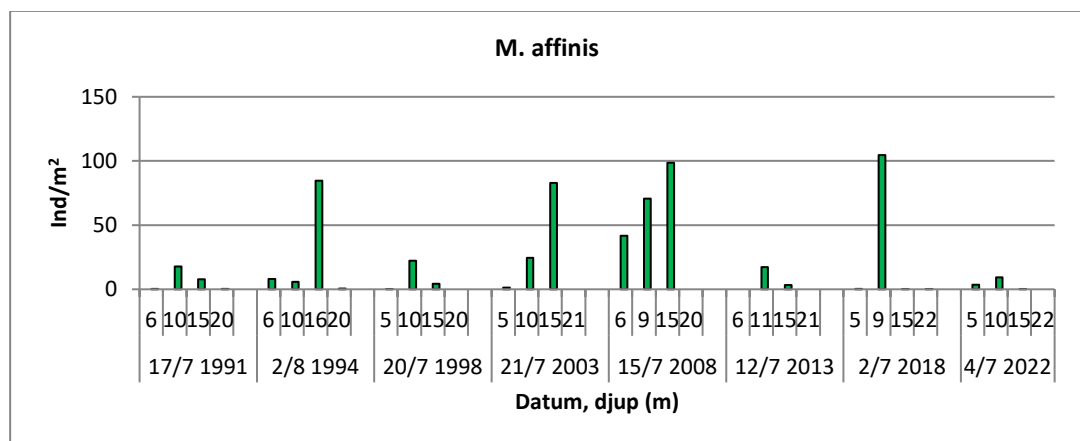
Tabell 3. Förekomst av glacialrelikta kräftdjur i sjöarna Blanksjön, Galtsjön och Stora Kroksjön i Blekinge län.

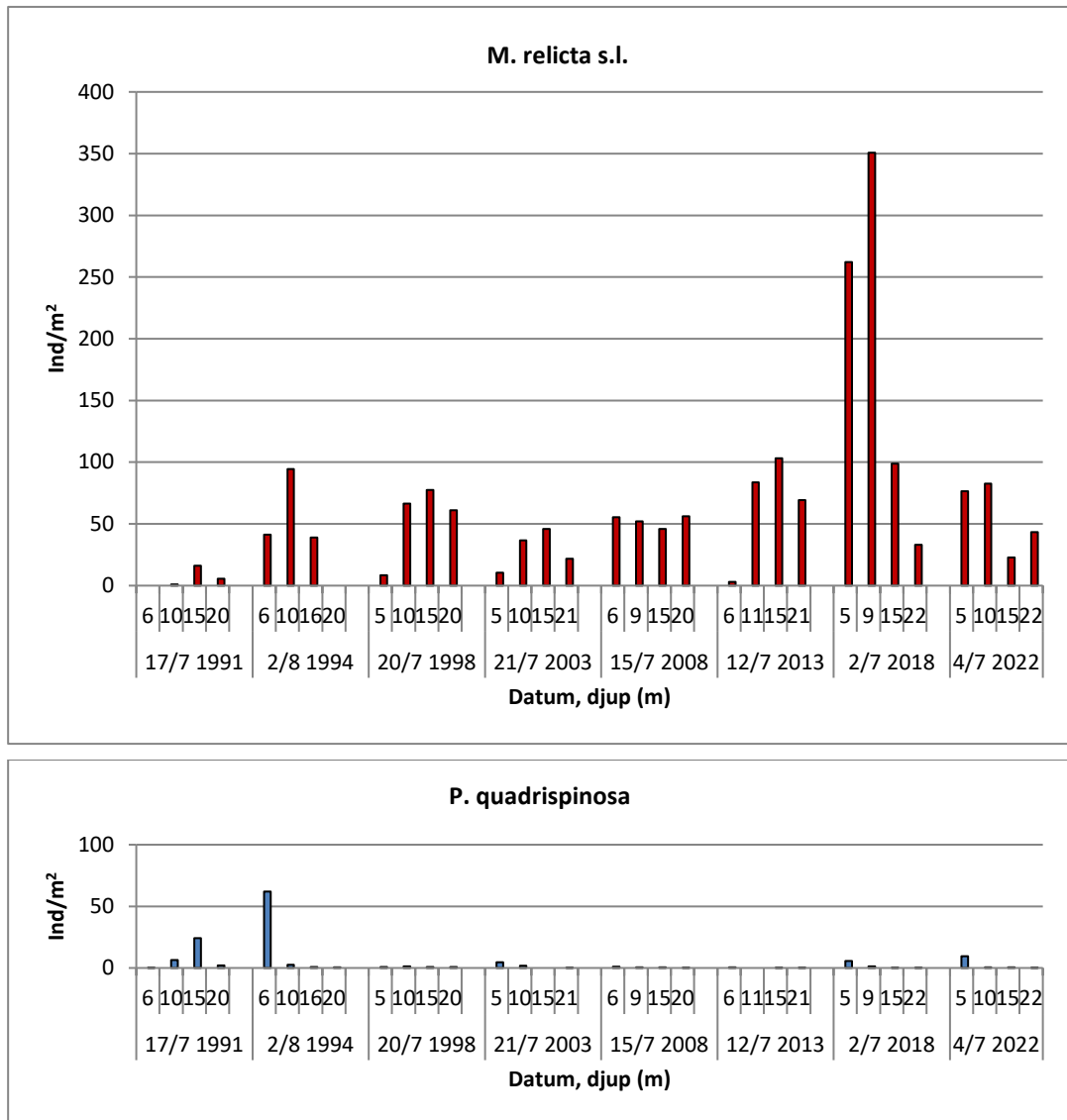
(Mr = fynd av *M. relicta s.l.*, Ma = fynd av *M. affinis*, Pq = fynd av *P. quadrispinosa*, 0 = undersökt men inget fynd)

Undersökt (år)	Datum	Blanksjön	Galt-sjön	Stora Krok-sjön
1960	5/11			Mr, Ma, Pq
1963	26/10	Mr	Pq	Mr, Ma, Pq
1991	17/7			Mr, Ma, Pq
1994	2 - 3/8	0	0	Mr, Ma, Pq
1998	20 - 21/7	0	0	Mr, Ma, Pq
2003	21 - 22/7	0	0	Mr, Ma, Pq
2008	15 - 16/7	0	0	Mr, Ma, Pq
2013	11 - 12/7			Mr, Ma, Pq
2018	2 - 3/7			Mr, Ma, Pq
2022	4 - 5/7			Mr, Ma, Pq

Täthet

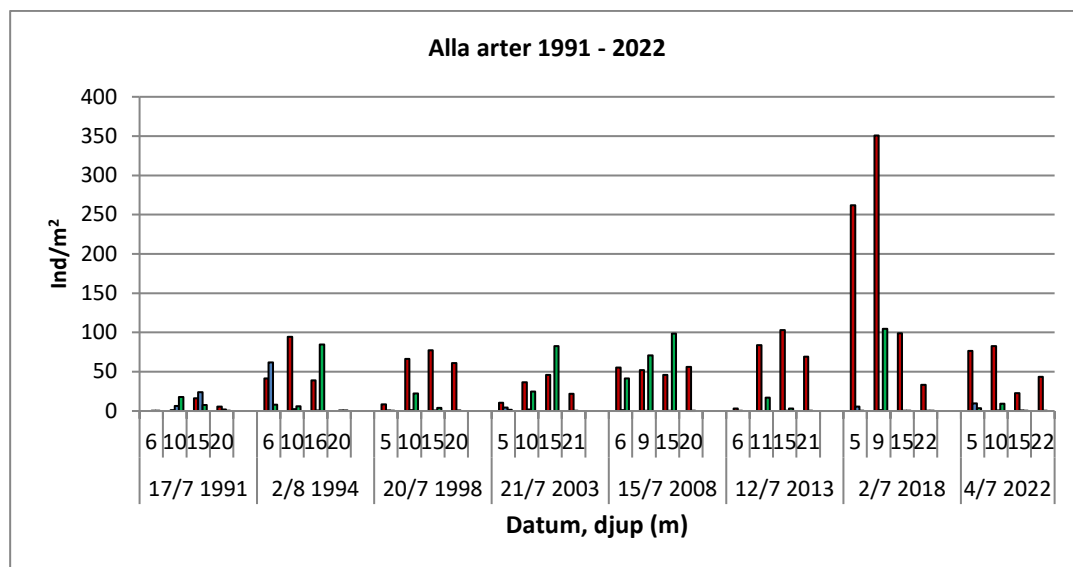
Resultat av tråkning 1991 - 2022





Figur 5. Medeltätheten skattad med trålsprov av *M. affinis* (gröna staplar), *M. relicta* s.l. (röda staplar) och *P. quadrispinosa* (blå staplar) på olika djup i Stora Kroksjön vid åtta undersökningstillfällen 1991 - 2022. (Skalan längs y-axeln är densamma i de tre figurerna).

Den skattade tätheten i samtliga trålsprov hos alla de tre förekommande arterna 2022 framgår av bilaga 3. En jämförelse har också gjorts av den skattade medeltätheten från alla åtta undersökningstillfällena i juli/ augusti mellan åren 1991 och 2022 (se figur 5, 6 och bilaga 4). Det framgår då bl.a. att medeltätheten hos alla arterna har varierat mellan de åtta åren. Variationen hos *M. affinis* förklaras bl a av att denna art gräver sig ner i sedimentet och på så vis kan undgå att fångas in då trålen rör sig på sedimentytan. Vid vissa trålningar händer det dock att större mängder sediment insamlas vilket då också medför att ett större antal individer av arten fångas in av trålen. Ett bättre redskap för kvantitativ undersökning av *M. affinis* är bottenhuggare som gräver djupare i sedimentet än vad trålen gör (Kinsten & Degerman 2012).



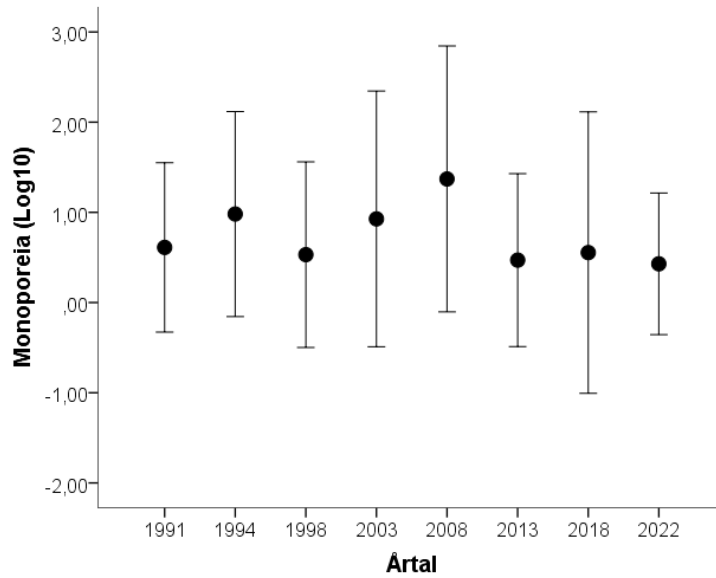
Figur 6. Medeltätheten skattad med trålprov av *M. affinis* (gröna staplar), *M. relicta s.l.* (röda staplar) och *P. quadrispinosa* (blå staplar) på olika djup i Stora Kroksjön vid åtta undersökningstillfällen 1991 - 2022. Alla tre arterna har lagts in i samma diagram.

Den högsta tätheten av *M. relicta s.l.* uppmättes 2018 på cirka 5 och 9 meters djup där medeltätheten 262 respektive 351 ind./m² var klart högre än övriga år.

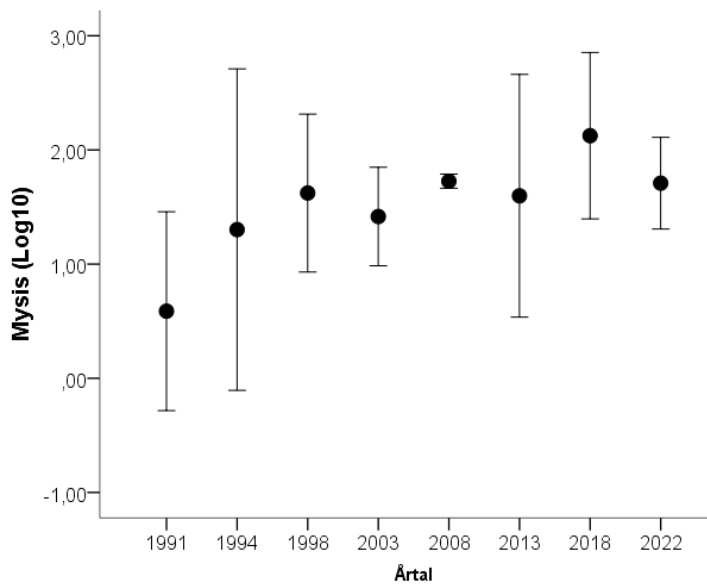
Vid två tillfällen har en klart högre täthet av *P. quadrispinosa* uppmätts än vid övriga mättillfällen, men endast på enstaka djup, nämligen på 15 meter 1991 och på 6 meter 1994. Nämnad variation i täthet hos *P. quadrispinosa* kan nog i första hand förklaras av en kombination av metodbrister (se sid. 11) och naturlig variation. Generellt (med undantag av de sistnämnda två tillfällena) så har den uppmätta tätheten hos *P. quadrispinosa* varit klart lägre än tätheten hos de övriga två arterna.

En statistisk analys av trålresultaten gjordes för att utröna om det förelåg någon tendens till långsiktiga förändringar av tätheten från 1991 till 2022. De skattade tätheterna på olika djup betraktas då som att de ingår i en vattenpelare från yta till botten. Den statistiska metoden innefattar en transformering av täthetsvärdena med $\log_{10}(x+1)$ i vattenpelaren under perioden 1991 – 2022. För *M. affinis* förelåg då ingen signifikant förändring av tätheten (Anova, $p=0,620$). Ingen signifikant förändring av tätheten kunde heller konstateras för *P. quadrispinosa* (Anova, $p=0,414$). Däremot förelåg en signifikant förändring av tätheten hos *M. relicta s.l.* (Anova, $p=0,019$) i form av en ökning av tätheten.

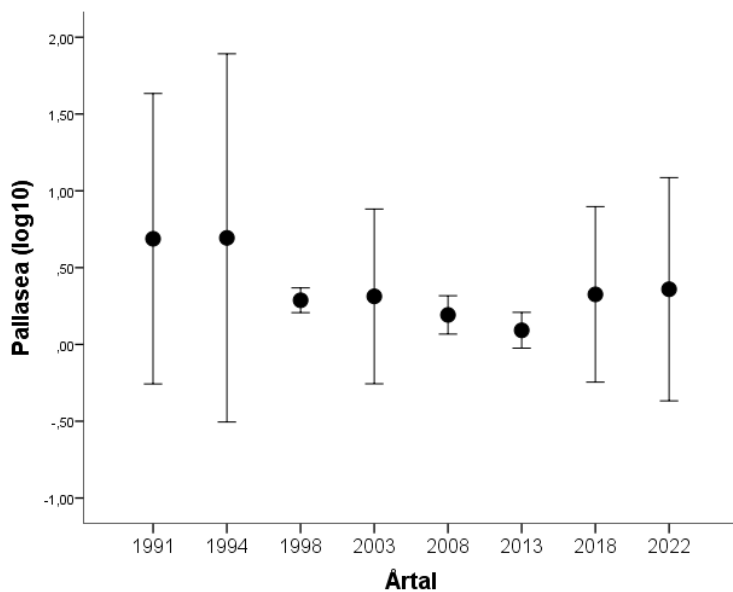
De tre arternas medelvärden av tätheten med 95%-konfidensintervall för de åtta undersökningssären under perioden 1991 - 2022 framgår av figurerna 7 - 9.



Figur 7 Medelvärden av tätheten uppmätt med trål för *M. affinis* med 95%-konfidenstervall för de åtta undersökningsåren under perioden 1991 – 2022. (Obs! Transformerade värden.)



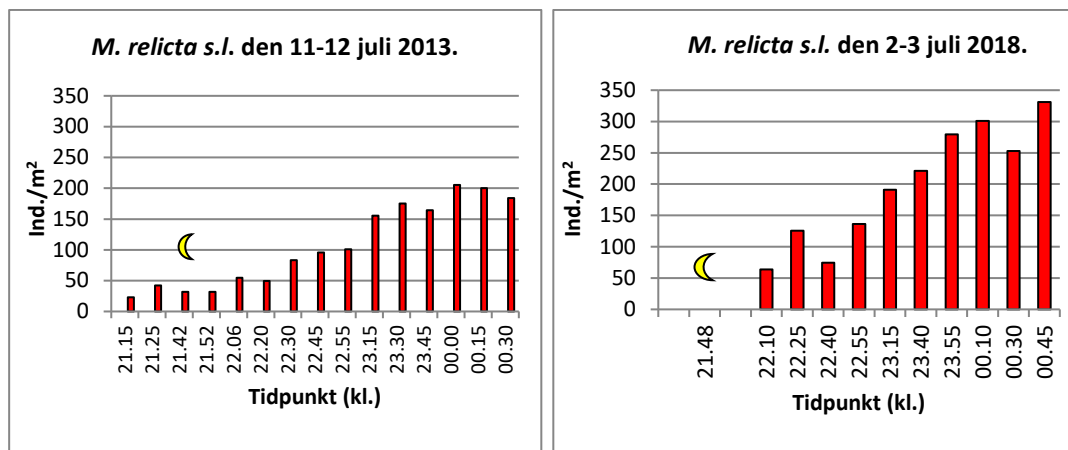
Figur 8. Medelvärden av tätheten uppmätt med trål för *M. relicta s.l.* med 95%-konfidenstervall för de åtta undersökningsåren under perioden 1991 2022. (Obs! Transformerade värden.)

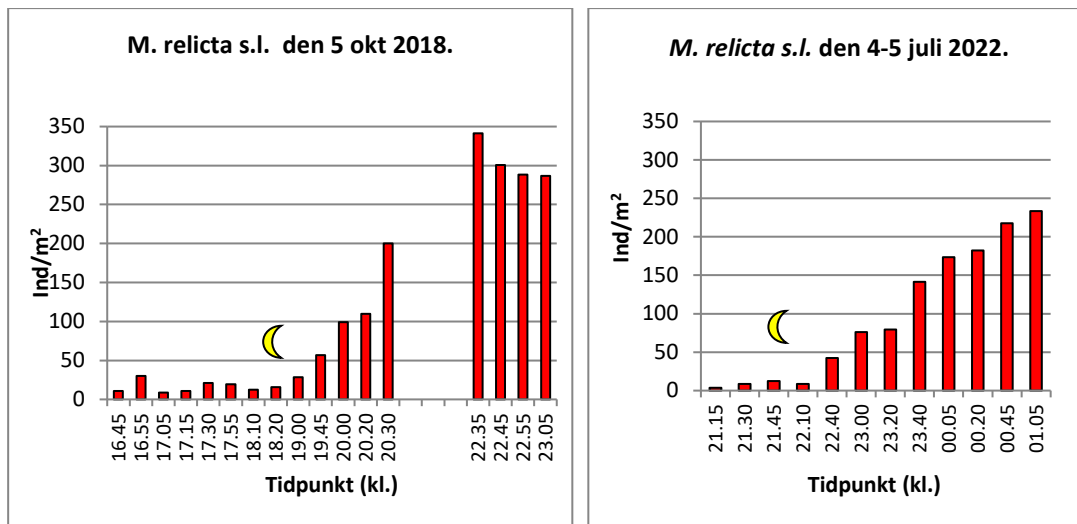


Figur 9. Medelvärden av tätheten uppmätt med trål för *P. quadrispinosa* med 95%-konfidensintervall för de åtta undersökningsåren under perioden 1991 – 2022. (Obs! Transformerade värden.)

Resultat av hävning 2013 - 2022

Jämförelse av tätheten hos *M. relicta* s.l. 2013, 2018 och 2022.





Figur 10. Täthet av *M. relicta s.l.* i Stora Kroksjön skattad med hjälp av vertikalhävning med stor håv över det största djupet (22 meter) vid olika tidpunkter under kvällen/natten den 11 - 12 juli 2013, 2 - 3 juli 2018, 5 oktober 2018 och den 4 - 5 juli 2022. (Den ungefärliga tidpunkten för solnedgången har markerats med ☾).

Hävning av *M. relicta s.l.* i mörker nattetid ger en bättre uppfattning om kvantiteten av nämnda djur än trålning (Kinsten & Degerman 2012). En orsak är dessa djurs lättrorlighet och deras förmåga till vertikalvandring under dygnet. Arten skyr ljuset och rör sig då nedåt i vattenmassan och når botten i måttligt djupa sjöar på dagen. Nattetid stiger de upp genom vattenmassan för att äta bl.a. djurplankton. Resultatet av hävningen i juli 2013, 2018 och 2022 över det största djupet (22 meter) visade att tätheten i pelagialen ökade från strax efter solnedgången fram till drygt två timmar efter solnedgången då en viss utplaning kunde skönjas i juli 2013 och 2018 (figur 10, bilaga 5). Även den 5 oktober 2018 ökade tätheten under två timmar efter solnedgången (figur 10). Vid det tillfället gjordes ett uppehåll i provtagningen mellan kl. 20.30 och 22.35 beroende på att provtagning skedde i andra delar av sjön. Efter kl. 22.35 nåddes högre tätheter. Provtagningen den 4 - 5 juli 2022 pågick något längre under natten än tidigare år (till kl. 01.05) men någon tydlig utplaning syntes ändå inte varför något högre tätheter möjligen kan ha nåtts senare under natten. Det sannolika är dock att den skattade tätheten kl. 01.05 låg nära den maximala tätheten under natten.

Den relativt långa tiden för fördröjningen av täthetsökningen efter solnedgången beror dels på att det är ljus även en tid efter solnedgången och dels på sjöns i det här sammanhanget måttliga djup. I en grundare sjö kan det förväntas att kritiska ljusnivåer för uppvandring uppnås en längre tid efter solnedgången än i en djupare sjö under i övrigt samma förhållanden.

Medeltätheten under den mörkaste delen av kvällen den 4 - 5 juli 2022 dvs. kl. 23.40 - 00.45 var 190 ind./m². Denna täthet var i paritet med den medeltäthet som uppmättes den 11 - 12 juli 2013 då 186 ind./m² noterades sett över tidsintervallet kl. 23.30 - 00.30. Däremot var den skattade tätheten den 2 - 3 juli 2018 kl. 23.40 - 00.45 klart högre då medeltätheten 277 ind./m² noterades. Samma år gjordes även

en undersökning den 5 – 6 oktober kl. 22.35-23.05 som bekräftade den höga tätheten 2018 då medeltätheten över 22 meters djup den 5 oktober uppmättes till 304 ind./m². Då även trålproven visade på en högre täthet än övriga år så stärker det uppfattningen att tätheten av *M. relicta s.l.* varit ovanligt hög 2018.

Jämförelse av tätheten hos *M. relicta s.l.* i håvprov med tätheten i andra sjöar 2018

Jämförelser av resultaten från håvningar av *M. relicta s.l.* i andra sjöar i Sverige in-skränker sig till ett fåtal sjöar. De uppgifter som finns, och där samma metod och redskap använts som i Stora Kroksjön, härrör från bl.a. Stora Le (Kinsten 2018b) och Mälaren, Vänern och Vättern (Kinsten 2022). I jämförelse med resultat från dessa sjöar 2018 respektive 2021 var den uppmätta tätheten med hjälp av håvning i Stora Kroksjön klart högre (tabell 4).

Tabell 4. En jämförelse av tätheten hos *M. relicta s.l.* i några svenska sjöar.

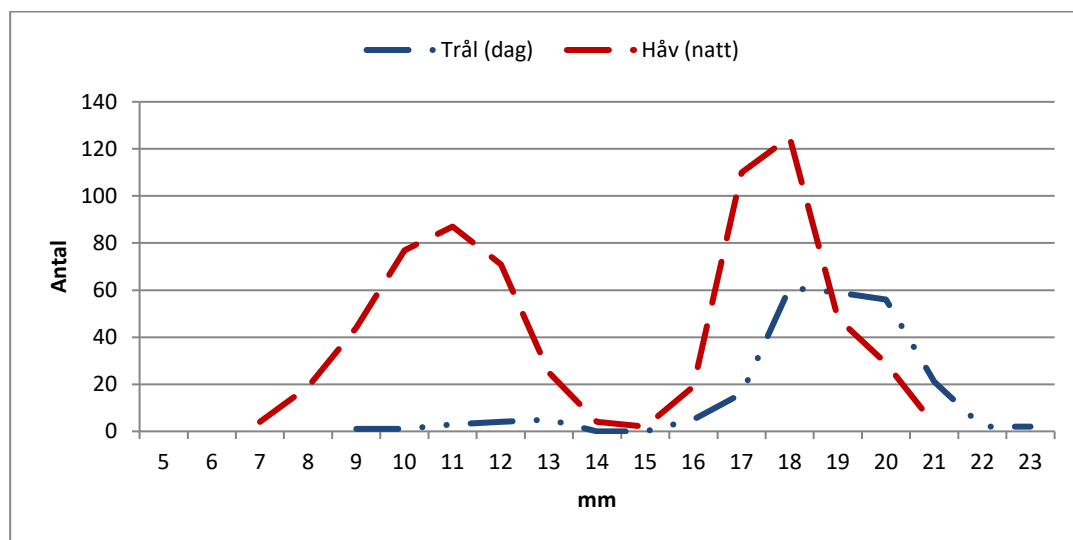
Täthetsvärdena har skattats med hjälp av håvning i mörker i augusti/september med undantag för Stora Kroksjön som undersöktes i början av juli. Uppgifterna för Stora Kroksjön har angivits för tiden kl. 23.40 - kl. 01.05..

Uppgifterna under rubriken Djup (m) anger att håvning har skett i hela vattenpelaren ovan angivna djup.

Sjö	Län	Provplats	År	Månad	Djup (m)	Medel-värde (ind/m ²)	Variat-ions-bredd (ind/m ²)
Mälaren	U	Blacken	2022	aug/sept	26	147	105 - 330
Mälaren	A	Görvåln	2022	aug/sept	54	49	34 - 61
Mälaren	A	N Björkfjärden	2022	aug/sept	60	54	41 - 66
Stora Le	O	Dals-Ed	2018	sept	100	77	64 - 92
Stora Kroksjön	K	Över 22 m	2022	juli	22	190	142 - 234
Vänern	S	Lurö	2022	aug/sept	70	121	108 - 149
Vättern	E	Hästholmen	2022	aug/sept	100	28	18 - 43

Längdfördelningen av *M. relicta s.l.*

Jämförelse av håv- och trålprov på 22 meters djup i juli 2022

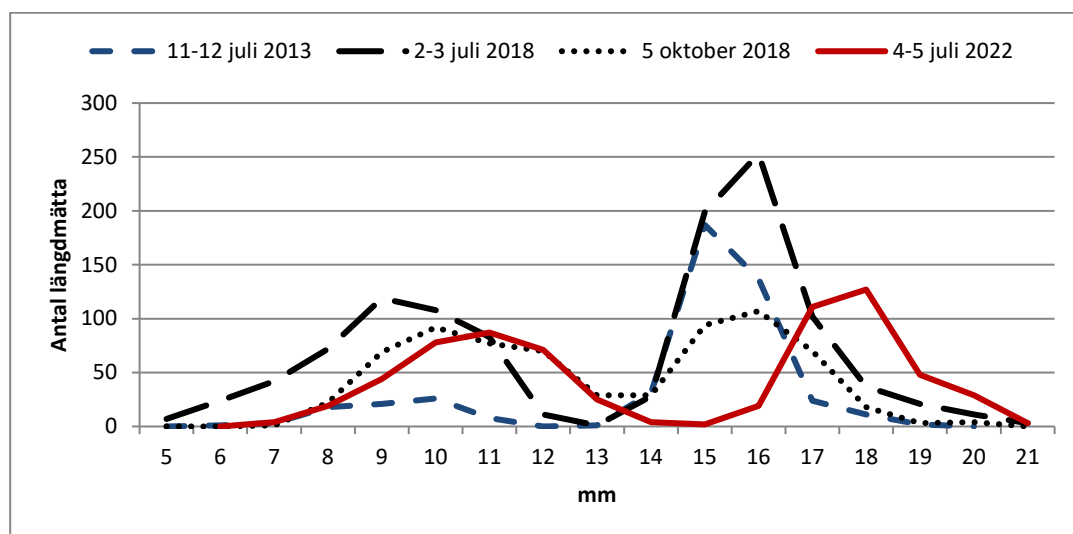


Figur 11. Längdfördelningen den 4 - 5 juli 2022 hos *M. relicta s.l.* insamlade dagtid med trål på 20 - 22 meters djup samt i mörker med håv över 22 meters djup.

Ett större antal individer av *M. relicta s.l.* längdmättes i såväl håv- som trålprov insamlade den 4 - 5 juli 2022. En tydlig skillnad i resultat mellan de två metoderna var att de minsta individerna (den vänstra puckeln i diagrammet) utgjorde en mycket liten andel av individerna i trålproven medan samma grupp utgjorde en stor andel av individerna i håvproven (figur 11). Innan mörkrets inbrott fanns få individer i pelagialen över 22 meters djup (figur 10), samtidigt var andelen individer tillhörande den vänstra storleksgruppen mycket låg dagtid (trål) på 22 meters djup (figur 11). Trots det var tätheten hos denna storleksgrupp hög i pelagialen i mörker nattetid (jfr figur 10 och 11). Det tycks alltså som att djuren tillhörande den vänstra storleksgruppen har spridits från grundare områden till områden med större djup i mörker på natten.

Det är troligt att den vänstra "puckeln" med de mindre individerna föddes under vintern/våren, medan den högra "puckeln" med de större individerna troligen föddes i början av det föregående året. De senare kommer sannolikt att bli könsmogna under hösten/vintern året efter födelsen (s.k. vinterfortplantning, Fürst 1972). Nästa generation föds sedan under vintern/våren året efter fortplantningen varefter många honor och alla hanar dör, medan några honor överlever, s.k. omlekare (Fürst 1972). Livscykeln hos *M. relicta s.l.* i Stora Kroksjön tycks alltså vara tvåårig. Förhållandet kan ytterligare bekräftas med prover insamlade vid fler tillfällen under ett år. Fürst (1972) angav att könsmognaden är storleksberoende. Han nämner också att storlekstillväxten är beroende av näringstillgången.

Jämförelse av håvprov över 22 meter insamlade 2013, 2018 och 2022

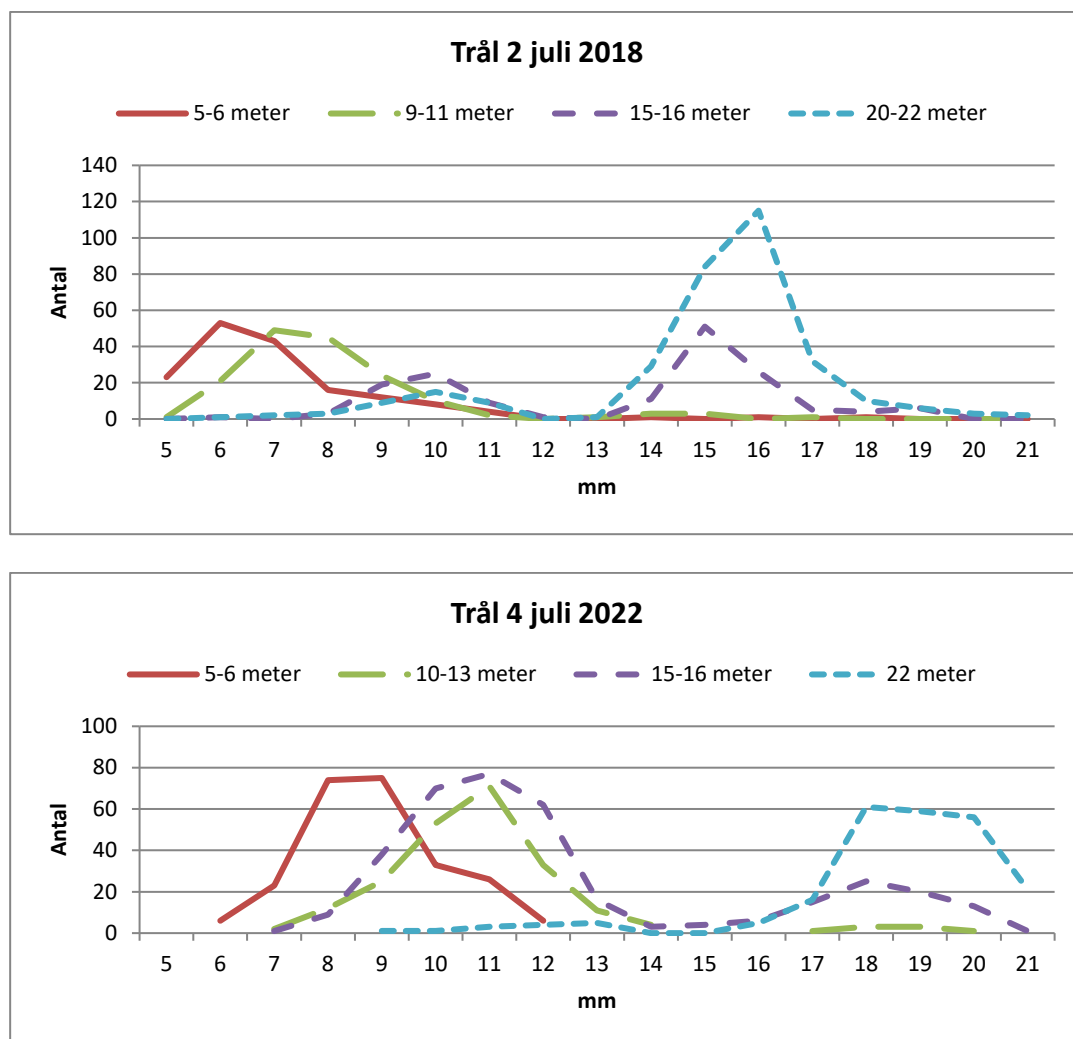


Figur 12. Längdfördelningen av *M. relicta s.l.* infångade med håv över 22 meters djup den 11 - 12 juli 2013, den 2 - 3 juli 2018, den 5 oktober 2018 och den 4 - 5 juli 2022.

En jämförelse av längdfördelningen hos *M. relicta s.l.* i juli 2022 med tidigare mätningar i juli 2013 och 2018 visade att tillväxten hos individerna i den högra ”puckeln” tycks ha utvecklats något snabbare 2022 än tidigare (figur 12). En tendens till något snabbare utveckling 2022 kan också anas i den vänstra puckeln med de mindre individerna.

Vid en jämförelse av längdfördelningen hos *M. relicta s.l.* den 2 - 3 juli 2018 och den 5 oktober 2018 (figur 12) framgick att den vänstra ”puckeln” med de mindre individerna möjligen har vuxit något under sensommaren mellan de två mätfällena. Däremot kunde ingen längdtillväxt skönjas hos individerna i den högra puckeln.

Jämförelse av längdfördelningen på olika djup



Figur 13. Längdfördelningen hos *M. relicta s.l.* infångade med trål under dagtid på 5 - 6, 9 - 11, 15 - 16 och 20 - 22 meters djup den 2 juli 2018 respektive 4 juli 2022.

Vid jämförelser av trålproven insamlade på olika djup i juli 2018 och 2022 (figur 13) framgick det att andelen små individer av *M. relicta s.l.* (vänstra ”puckeln”) ökade markant mot mindre djup. Denna horisontella fördelning med en större andel små juvenila individer i grundare områden har också visats av andra författare som t.ex. Moen & Langeland (1989). Generellt var individerna också längre på de olika djupen 2022 i jämförelse med 2018, vilket också antyder en snabbare längdutveckling 2022 än 2018.

Slutord

Undersökningar med trål av glacialrelikta kräftdjur i Stora Kroksjön har utförts vid åtta tillfällen utspridda under en tidsperiod på 32 år. Då dessa undersökningar har utförts under många år så har det erbjudits allt bättre möjligheter att upptäcka eventuella förändringar i Stora Kroksjöns populationer av glacialrelikta kräftdjur, och därigenom också i sjöns ekosystem beroende på yttre påverkan.

I undersökningarna 2013, 2018 och 2022 gjordes en förbättring av metodiken genom att också håvning nattetid av *M. relicta s.l.* skedde. Håvning av *M. relicta s.l.* är en bättre metod än trålning för att bedöma tätheten av arten. Av håvresultaten framgick att tätheten hos *M. relicta s.l.* 2018 tycks ha varit klart högre än det tidigare undersökningsåret 2013 liksom 2022. Resultatet bekräftas också av trålresultatet 2018, som visade på en högre skattad täthet av *M. relicta s.l.* än alla andra undersökningsår. Förklaringen kan sammanhånga med det extremt varma vädret 2018. I övrigt kan variationer i täthet hos de berörda arterna mellan olika undersökningsår i första hand hänföras till naturlig variation och metodbrister. Intressant är också att en tendens till ökning av tätheten hos *M. relicta s.l.* under perioden 1991 till 2022 tycks ha skett, vilket kunde visas genom en statistisk analys.

Med tanke på den globala uppvärmningen och de glacialrelikta kräftdjurens krav på låg temperatur är det av stort värde om undersökningar av det slag som redovisats i denna rapport kan fortsätta även i framtiden. Sjön är unik på det viset att den är en av de sydligaste i Sverige med glacialrelikta kräftdjur som dessutom har undersökts under många år.

Ytterligare förbättringar av de framtida undersökningarna kan göras. En sådan förbättring är att undersöka sjön med kortare tidsintervall och vid ytterligare något/några tillfällen under året för att därigenom nå en bättre insikt i populationsdynamiken hos de berörda djuren och samtidigt nå en än noggrannare kunskap om djurens täthet i sjön. För att få en bättre kunskap om individtätheten hos *M. affinis* kan provtagningsmetodiken utvidgas till att även omfatta bottenhuggare.

Tack

Ett stort tack till Andreas Holmberg på Länsstyrelsen i Blekinge län som varit behjälplig i förberedelserna av projektet, personal på Långasjöns vattenverk som välvilligt lånat ut elmotor och syrgasmätare. Stort tack även till Erik Degerman, som vanligt har varit mycket hjälpsam vid de statistiska beräkningarna.

Litteratur

Audzijonytė, A. & R. Väinölä. 2005. Diversity and distribution of circumpolar fresh- and brackish-water *Mysis* (Crustacea: Mysida): descriptions of *M. relicta* Lovén, 1862, *M. salemaai* n. sp., *M. segerstralei* n. sp. and *M. diluviana* n. sp., based on molecular and morphological characters. *Hydrobiologia* (2005) 544:89–141.

Bagge, P., H.-M. Liimatainen & P. Liljaniemi. 1996. Comparison of sampling methods for semipelagical animals in two deep basins of Lake Saimaa. *Hydrobiologia* 322:293–300.

Björk, S., Enckell P.H. och U.Lettevall. 1964. Limnologisk forskning i biocidbehandlad natur. *Svensk Fiskeritidskrift*. 9p.

Chipps, S.R. & D.H. Bennett. 1996. Comparison of net mesh sizes for estimating abundance of the opossum shrimp *Mysis relicta* from vertical hauls. *North American Journal of Fisheries Management*, 16:689–692.

Ekman, S. 1922. *Djurvärldens utbredningshistoria på Skandinaviska halvön*. Bonniers. Stockholm. 614 p.

Fürst, M. 1965. Experiments on the transplantation of *Mysis relicta* Lovén into Swedish lakes. *Rep.Inst.Freshw.Res.; Drottningholm* 46:79:89.

Fürst, M. 1966. Två fortplantningsmetoder hos *M. relicta* Lovén. *Fil.Lic.avhandl., Uppsala univ.* 77p.

Fürst, M. 1972. Livscyklar, tillväxt och reproduktion hos *M. relicta* Lovén. (English summary: Life cycles, growth and reproduction in *M. relicta* Lovén.) *Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm* (11). 41p.

Fürst, M., J. Hammar, C. Hill, U. Boström & B.Kinsten. 1984. Effekter av introduktion av *M. relicta* i reglerade sjöar i Sverige. (English summary: Effects of the introduction of *M. relicta* into impounded lakes in Sweden.) *Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm* (1). 84p.

Hakkala, I. 1978. Distribution, population dynamics and production of *Mysis relicta* (Lovén) in southern Finland. *Ann. Zool. Fennici* 15:243–258.

Horppila, J., A. Liljendahl-Nurminen, T. Malinen, M. Salonen, A. Tuomaala, L. Uusitalo & M. Vinni. 2003. *Mysis relicta* in a eutrophic lake: Consequences of obligatory habitat shifts. *Limnology and Oceanography*, 48(3):1214–1222.

Kinsten, B. 1986. Förekomst av relikta kräftdjur i mellersta Sverige med speciell inriktning på effekter av försurning. (English summary: The occurrence of glacial relict crustaceans in central Sweden with emphasis on the effects of acidification.) *Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm* (11). 42p.

- Kinsten, B. 1999. Glacialrelikta kräftdjur i Blekinge. Länsstyrelsen i Blekinge län.
- Kinsten, B. 2008. Inventering av glacialrelikta kräftdjur i Blekinge 2008. Länsstyrelsen i Blekinge län. Rapport 2008:26.
- Kinsten, B. 2012a. De glacialrelikta kräftdjurens utbredning i Sverige. Havs- och vattenmyndigheten. Publ. (1). 284 p.
- Kinsten, B. 2012b. Undersökning av glacialrelikta kräftdjurs förekomst i sjöar ovan HK sydost om Vättern i juli 2011. Länsstyrelsen i Jönköpings län PM 2012:1.
- Kinsten, B. 2018a. Glacialrelikta kräftdjur i Stora Kroksjön Blekinge 2018. Länsstyrelsen i Blekinge län. Rapport 2018:20.
- Kinsten, B. 2018b. Glacialrelikta kräftdjur i Stora Le, Dalsland, september 2018. Uppdrag av Dals-Eds kommun i samband med ombyggnad av Brattesta avloppsreningsverk.
- Kinsten, B. 2022. Glacialrelikta kräftdjur i Mälaren, Vänern och Vättern 2021. Resultat av hävning. Vänerns vattenvårdsförbund 2022, rapport nr 132.
- Kinsten, B. och Degerman, E. 2012. Skattning av glacialrelikta kräftdjurs täthet. En jämförelse av tre metoder samt täthet i Vänern och Vättern. Vänerns vattenvårdsförbund rapport nr 70 och Vätternvårdsförbundet rapport nr 115. Havs och vattenmyndigheten.
- Koksvik, J.I., H. Reinertsen & J. Koksvik. 2009. Plankton development in Lake Jonsvatn, Norway, after introduction of *Mysis relicta*: a long-term study. *Aquatic Biology*, 5:293–304.
- Langeland, A. 1988. Decreased zooplankton density in a mountain lake resulting from predation by recently introduced *Mysis relicta*. *Verhandlungen des Internationalen Verein. Limnologie*, 23:419–429.
- Lehman, J.T., J.A. Bowers, R.W. Gensemer, G.J. Warren & D.K. Branstrator. 1990. *Mysis relicta* in Lake Michigan: abundances and relationships with their potential prey, *Daphnia*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 47:977–983.
- Lewin, B. 1982. Limnologisk undersökning av Blanksjön, Blekinge län. Förekomst av maringlacialrelikter samt fysikalisk/kemisk status. Uppdrag av Länsstyrelsens naturvårdsenhet i Karlskrona.
- Moen, V. & A. Langeland. 1989. Diurnal and seasonal horizontal distribution patterns of *Mysis relicta* in a large Norwegian lake. *J. Plankton Res.* 11:729–745.
- Naturvårdsverket. 2010. Undersökningstyp: Vattenkemi i sjöar. Version 1:1.
- Naturvårdsverket. 2011. Undersökningstyp: Glacialrelikta kräftdjur i sjöar och vattendrag. Version 1:1.

- Nero, R.W. & I.J. Davies. 1982. Comparison of two sampling methods for estimating the abundance and distribution of *Mysis relicta*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 39:349–355.
- Nero, R.W. & D.W.Schindler. 1983. Decline of *Mysis relicta* during the acidification of Lake 223. Can.J.Fish.Aquat.Sci. 40:1905–1911.
- Pothoven, S.A., G.L. Fahnenstiel, H.A. Vanderploeg & M. Luttenton. 2000. Population Dynamics of *Mysis relicta* in Southeastern Lake Michigan, 1995–1998. Journal of Great Lakes Research, 26(4):357–365.
- Salemaa, H., K. Tyystjärvi-Muuronen & E. Aro. 1986. Life histories, distribution and abundance of *Mysis mixta* and *Mysis relicta* in the northern Baltic Sea. Ophelia, Suppl. 4:239–247.
- Sandeman, I.M. & D.C. Lasenby. 1980. The relationships between ambient oxygen concentration, temperature, body weight and oxygen consumption for *Mysis relicta* (Malacostraca: Mysidacea). Ca. J. Zool., 58, 1032-1036.
- Segerstråle, S.G. 1957. On the immigration of the glacialrelicts of northern Europe, with remarks on their prehistory. Comment.Biol.(Soc.Sci.Fenn.) 16. 117p.
- Segerstråle, S.G. 1982. The immigration of glacial relicts into Northern Europe in the light of recent geological research. Fennia 160:2, pp.303–312.
- Svärdson, G. 1989. Den sista Vättern-glaciärens inverkan på faunan. Fauna och Flora 84, 151-157.
- Svärdson, G., O. Filipsson, M. Fürst, M. Hansson & N.-A. Nilsson. 1988. Glacialrelikternas betydelse för Vätterns fiskar. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (15). 61p.
- Wilander, A. & Sonesten, L. 2006. Underlag och förslag till reviderade bedömningsgrunder för syrgas. Rapport 2006:7. Institutionen för miljöanalys, SLU.

Bilagor

Bilaga 1. Temperatur, syrgashalt och syrgasmättnad den 5 juli 2022.

Djup (m)	Temp (°C)	<i>O₂-halt vid 100 % O₂-mättnad (mg/l). Tabellvärden!</i>	Uppmätt O₂-värde (mg /l)	Aktuell O₂-mättnad (%)
0	23,1	8,39	9,01	107,4
1	23,1	8,39	8,86	105,6
2	23,1	8,39	8,86	105,6
3	22,7	8,45	8,91	105,4
4	20,2	8,85	8,87	100,2
5	15,0	9,79	8,95	91,4
6	11,4	10,58	8,67	81,9
7	7,9	11,48	8,60	74,9
8	7,9	11,48	8,18	71,3
9	7,1	11,70	7,91	67,6
10	7,0	11,73	7,86	67,0
15	6,1	12,00	7,94	66,2
20	5,9	12,06	5,73	47,5
22	5,9	12,00	5,22	43,5

Bilaga 2. Fysikaliska och vattenkemiska data från Stora Krok-sjön under perioden 1961 – 2022.

DATUM	SIKT-			FÄRG (mgPt/l)	KOND (mS/m)	pH	ALK (mekv/l)	SYR-	SYRE	TOT- N (mg/l)	TOT-P (mg/l)
	DJUP (m)	TEMP (°C)	DJUP (m)					GAS (mg/l)	MÄTTN (%)		
1961-03-13	1	14,4		5	9,8	6,7	0,524				
1964-03-15	1	3,8		20	9,1	6,7	0,16	10,4	81		0,009
1964-03-15	8	4		20	9,2	6,7	0,16	10,7	84		0,009
1964-03-15	17	4		45	9,6	6,3	0,21	7,7	60		0,012
1970-07-28	0,2	18	3,8	8	8,8	7,1	0,135				
1970-07-28	0,5	18,1		8	8,8	7,1	0,135	9,2	100		0,005
1970-07-28	5	16,4		8	8,8	6,8	0,137	8,7	92		0,005
1970-07-28	5,5	13,9		8	8,9	6,5	0,135	8,3	83		0,01
1970-07-28	8	7,9		8	8,9	6,2	0,135	6,1	53		0,006
1970-07-28	12	6		8	8,9	6,2	0,137	5	42		0,006
1970-07-28	15	5,5						4,3	35		
1970-07-28	19	5,1		15	9	6,1	0,137	3,4	28		0,007
1972-08-04	1	21,2	6,9	10	8,9	6,8	0,142	9,1	102	0,75	0,006
1972-08-04	17	6,9						3,7	30		
1975-08-07	1	24,5	5,9	10	10,2	6,9	0,128	8,8	105	0,56	0,01
1975-08-07	14,7	6,9						7,4	61		
1981-08-10	1	21,4		15	13,4	7,7	0,268	9,3		0,096	0,083
1981-08-10	14	6,4						3,6			
1985-07-24	2	18,4		10	12,6	7,2	0,25				
1991-08-06	2	22,4		10	12,4	6,9	0,45			0,31	0,027
1994-08-03	0,5	25,3		20	12,9	7,6	0,34			0,43	0,006
1994-08-03	10	7,2		25	12,5	6,6	0,33			0,55	0,006
1994-08-03	20	5,9		30	12,5	6,4	0,34			0,56	0,009
1998-07-20	0,5	18,7	6,5	15	12,6	7,8	0,419			0,44	0,005
1998-07-20	6	11,5		15	13	7,4	0,421			0,5	0,005
1998-07-20	19	5,5		15	14,3	7,1	0,569			0,55	0,007
1998-10-19	0,2	9,4		10	12,72	7,28	0,437				
1999-04-19	0,1	6,4		20	12,08	7,08	0,403				
1999-10-13	0,1	10,4		15	11,85	7,11	0,382				
2002-03-20	0,4	4,2		30	10,81	7,03	0,363				
2002-11-18	0,5	4,9		21	10,79	7,2	0,37				
2004-03-11	1,2	4,2		15	10,69	6,95	0,339				
2004-11-30	0,5	4		12	10,54	7,1	0,356				
2006-03-21	1,2	1,8		8	11,2	7,18	0,374				
2006-12-12	0,4	6,3		20	10,21	7,12	0,336				
2008-02-12	0,5	3		50	9,19	7,05	0,266				
2013-07-11	0,5	20,4		25	9	7,5	0,28			0,5	0,01

DATUM	SIKT-			SYR- SYRE					TOT-N (mg/l)	TOT-P (mg/l)
	DJUP (m)	TEMP (°C)	DJUP (m)	FÄRG (mgPt/l)	KOND (mS/m)	pH	ALK (mekv/l)	GAS (mg/l)		
2018-07-03	0,5	20,8	4,1	30	9	7,43	0,246		0,524	< 0,005
2018-07-03	22	4,5		40	8,8	6,33	0,239		0,667	0,014
2022-07-05	0,5	23,1	4,7	25	9	7,72	0,228		0,456	< 0,005

Bilaga 3. De glacialrelikta kräftdjurens täthet och medeltäthet skattad genom trålning på olika djup den 4 juli 2022.

Tätheten har beräknats vid en ungefärlig hastighet på 0,5 knop.

Tätheten beräknad på samtliga provtagningsdjup:

Djup (m)	M. affinis (ind/m ²)	M. relicta s.l. (ind/m ²)	P. quadri- spinosa (ind/m ²)
5 - 6	0,15	67,80	9,43
5 - 6	7,07	85,04	9,88
10 - 13	18,67	90,20	1,18
10 - 13	0,00	74,97	0,00
15 - 16	0,00	6,43	0,53
14 - 16	0,15	39,35	0,59
22	0,00	45,14	0,08
22	0,00	41,56	0,00

Medeltätheten beräknad vid medeldjupet på respektive djupnivå:

Medeldjup per djupnivå	M. affinis (ind/m ²)	M. relicta s.l. (ind/m ²)	P. quadri- spinosa (ind/m ²)
6	3,61	76,42	9,65
9	9,33	82,59	0,59
15	0,07	22,89	0,56
22	0,000	28,90	0,028

Bilaga 4. De glacialrelika kräftdjurens medeltäthet skattad genom trålning i juli-augusti 1991, 1994, 1998, 2003, 2008, 2013, 2018 och 2022.

Datum	Djup (m)	<i>M.affinis</i> (ind./m ²)	<i>M.relicta s.l.</i> (ind./m ²)	<i>P.quadr.</i> (ind./m ²)
17/7 1991	6	0,3	0,0	0,0
	10	17,8	1,0	6,5
	15	7,8	16,2	24,1
	20	0,3	5,5	2,0
2/8 1994	6	7,9	41,4	61,9
	10	5,9	94,3	2,5
	16	84,7	38,9	0,8
	20	0,6	0,0	0,5
20/7 1998	5	0,1	8,4	0,8
	10	22,3	66,3	1,3
	15	4,2	77,5	0,8
	20	0,0	61,1	0,9
21/7 2003	5	1,4	10,5	4,6
	10	24,6	36,8	1,9
	15	82,8	45,9	0,0
	21	0,0	21,8	0,1
15/7 2008	6	41,6	55,3	1,0
	9	70,7	52,2	0,5
	15	98,5	45,9	0,5
	20	0,0	56,2	0,3
12/7 2013	6	0,0	3,0	0,5
	11	17,2	83,7	0,0
	15	3,2	103,1	0,2
	21	0,0	69,3	0,3
2/7 2018	5	0,3	262,1	5,6
	9	104,5	350,7	1,3
	15	0,2	98,8	0,2
	21	0,0	33,2	0,1

Datum	Djup (m)	<i>M.affinis</i> (ind./m²)	<i>M.relicta s.l.</i> (ind./m²)	<i>P.quadr.</i> (ind./m²)
4/7 2022	5 - 6	3,6	76,4	9,7
	10 - 13	9,3	82,6	0,6
	14 - 16	0,1	22,9	0,6
	22	0,0	43,4	0,0

Bilaga 5. Täthet av *M. relicta s.l.* skattad genom håvning över 22 meters djup den 11 - 12 juli 2013, den 2 - 3 juli 2018 och den 4 - 5 juli 2022.

Gul markering i tabellen visar tidpunkten för solens nedgång i Karlshamn.

11 - 12 juli 2013			2 - 3 juli 2018		
Tidpunkt (kl.)	Antal ind./prov	Ind/m2	Tidpunkt (kl.)	Antal ind./prov	Ind/m2
21.15	13	23	kl. 21.46		
21.25	24	42	22.10	36	64
kl. 21.41			22.25	71	126
21.42	18	32	22.40	42	74
21.52	18	32	22.55	77	136
22.06	31	55	23.15	108	191
22.20	28	50	23.40	125	221
22.30	47	83	23.55	158	280
22.45	54	96	00.10	170	301
22.55	57	101	00.30	143	253
23.15	88	156	00.45	187	331
23.30	99	175			
23.45	93	165			
00.00	116	205			
00.15	113	200			
00.30	104	184			

4 - 5 juli 2022		
Tidpunkt (kl.)	Antal ind./prov	Ind/m2
21.15	2	4
21.30	5	9
21.45	7	12
kl. 21.49		
22.10	5	9
22.40	24	42
23.00	43	76
23.20	45	80
23.40	80	142
00.05	98	173
00.20	103	182
00.45	123	218
01.05	132	234

Medeltätheten i håvprov 2013, 2018 och 2022 fr.o.m. kl. 23.30:

Datum	Djup (m)	kl.	Ind./m2
11 - 12/7 2013	22	23.30 - 00.30	186
2 - 3/7 2018	22	23.40 - 00.45	277
4 - 5/7 2022	22	23.40 - 01.05	190