

Eliminering av signalkräfta på Gotland

En redovisning av utförda åtgärder inom åtgärdsprogrammet för bevarande av flodkräfta under 2007-2009

Rapporter om natur- och miljö 2010:12



Eliminering av signalkräfta på Gotland

- En redovisning av utförda åtgärder inom åtgärdsprogrammet för bevarande av flodkräfta under 2007-2009

Nils Ljunggren & Josefin Sundin

Omslagsbild: Ovan till vänster- signalkräfta, ovan till höger – deltametrin i vatten, nedan till vänster - döda signalkräfter, nedan till höger - flodkräfta.

ISSN 1653-7041

LÄNSSTYRELSEN I GOTLANDS LÄN - VISBY 2010

Fotografier: Originalfoton finns hos författarna, inga foton får användas vidare av annan än Länsstyrelsen i Gotlands län utan författarnas tillstånd.

Rådata: Allt underlag till rapporten finns hos Länsstyrelsen i Gotlands län.

Kontakt: För frågor om rapporten eller projektets genomförande hänvisas till Nils Ljunggren (nils.ljunggrens@lansstyrelsen.se) eller Lena Almqvist (lana.almqvist@lansstyrelsen.se) och Rolf Gydemo (rolf.gydemo@lansstyrelsen.se), Länsstyrelsen i Gotlands län.

Innehåll

Summary.....	6
Inledning och bakgrund.....	7
Signalkräftans spridning i Sverige	7
Gotland.....	8
Hotstatus och skydd	8
Fiskeriverkets mål för flodkräftan i Sverige	8
Möjlighet att skapa ett refugium för flodkräftan på Gotland	9
Material och metoder.....	10
Val av substans & använd koncentration	10
Pyretrum och pyretroider	10
Tillstånd och legala aspekter	12
Information och dialog med sakägare och allmänhet.....	12
Lokalbeskrivningar och genomförda åtgärder	13
Smöjen.....	13
Stenkyrka.....	20
Hangvar	24
Resultat	28
Smöjen.....	28
Stenkyrka.....	36
Hangvar	39
Diskussion	42
Metoden.....	42
Effektivitet.....	42
Genomförbarhet	42
Dosering	43
Nedbrytning.....	43
Vatten	43
Sediment.....	44
Effekter på behandlade ekosystem.....	45
Fisk.....	45
Groddjur	45
Evertebrater	46
Etiska aspekter.....	46
När vet vi om vi lyckats?.....	46
Metodens användning i det fortsatta arbetet med bevarande av flodkräfta i Sverige.	47
Erkännanden	47
Referenser.....	48

Summary

The Noble crayfish, *Astacus astacus* (also called the European crayfish or the broad-fingered crayfish) used to be the most common crayfish species in Sweden and Europe. It is susceptible to the crayfish plague, *Aphanomyces astaci*, and since 1907, when the first outbreak of crayfish plague was noted in Sweden, the Swedish Noble crayfish population has decreased with 97 %. The pattern is the same in all of Europe. To compensate for the diminishing Noble crayfish populations, Signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus* was introduced into Europe (in Sweden in 1960). However, despite its resistance to crayfish plague, it still acts as a carrier of the disease. Thus, the introduction of the Signal crayfish may have accelerated the extinction rate of native crayfish populations. In Europe, the IUCN Red List of Threatened Species classifies the Noble crayfish as vulnerable. In Sweden the prospects for the crayfish are even worse, and the Official Swedish Red List classifies the Noble crayfish as Critical Endangered (based on the IUCN Red List criteria), facing an extremely high risk of extinction in the wild in the immediate future.

The Swedish island of Gotland, situated in the Baltic Sea, is the first protected area in Sweden for the Noble crayfish. No known outbreaks of crayfish plague have been confirmed on Gotland, and Gotland is considered one of the very few areas left in Sweden that are not exposed to the crayfish plague. However, on Gotland there are three confirmed water bodies where Signal crayfish has been illegally introduced. The County Administrative Board on Gotland was given the formal commission to exterminate any occurring populations of the Signal crayfish, as they can be carriers of the crayfish plague. This report contains of the actions taken to eliminate the Signal crayfish populations on Gotland during the years 2007–2009.

The three localities where Signal crayfish occurs, including the ponds and the surrounding environment, was firmly investigated concerning the physical property and the composition of the ecosystem. The ponds were then treated with a pesticide containing the active substance deltamethrin, with the aim of extinguishing all Signal crayfish. Deltamethrin is a synthetic pyrethroid insecticide, widely used on crops, as it is stable, less volatile and environmentally compatible. The toxicity on mammals, including humans, and bird is relatively low as compared to other pesticides, while it has been shown to be lethal to arthropods in very low concentrations. The ponds were treated with a dose aimed to reach a concentration of 0.5 µg deltamethrin/l to obtain lethal doses.

The outcome of the extermination of the signal crayfish in the three localities on Gotland was successful so far. No live crayfish was found after the treatment, and all crayfish that were placed in cages in the ponds to control for the effectiveness of the pesticide treatment died. The concentration of deltamethrin declined rapidly and reached values below 0.1 µg/l, the European Union drinking water limit, within one or a couple of weeks. The final success of these actions is still uncertain as surviving individuals may take several years to detect. Inspections at all sites during the following years need to be carried out in order to determine if the Signal crayfish was completely exterminated from Gotland.

Inledning och bakgrund

Gotland är en av få regioner inom flodkräftans, *Astacus astacus*, utbredningsområde som ännu är förskonat från utbrott av kräftpest och där arten därmed ännu finns i starka bestånd (Edsman & Schröder 2009). Öns milda klimat och kalkhaltiga berggrund skapar mycket goda förutsättningar för kräftor och förutom att flodkräftan är vitt spridd i naturliga sjöar och vattendrag så finns otaliga dammar och ett antal större anläggningar för odling (Löfgren & Westerlind 2006, Pettersson 2006, Gydemo muntl.). Värdet av kräftodlingsverksamheten på Gotland är svår att bedöma men uppgår troligen till 8 – 12 miljoner årligen (Smedberg muntl.). I jämförelse med signalkräftan så betingar flodkräftan ungefär ett dubbelt så högt förstahandsvärde i försäljningsledet (Edsman muntl.).

Sedan 1907, då de första utbrotten av kräftpest, *Aphanomyces astaci*, drabbade svenska vatten, har över 97 % av Sveriges bestånd av flodkräfta slagits ut. Utvecklingen har varit likartad i övriga Europa (Edsman & Schröder 2009). I syfte att ersätta den inhemska flodkräftan där denna slagits ut av kräftpest infördes amerikansk signalkräfta, *Pacifastacus leniusculus* till Sverige 1960. Arten har naturligt hög motståndskraft mot kräftpest, trivs bra i Svenska vatten och introduktionen har ur signalkräftans synvinkel varit mycket framgångsrik. Det har även funnits en allmänt spridd uppfattning om att signalkräfta skulle ha en i jämförelse med flodkräfta högre tillväxt och därmed ge högre avkastning i fisket (Edsman muntl.). Den höga tåligheten mot kräftpest innebär dock i praktiken att återintroduktion av flodkräfta är omöjlig så länge som signalkräfta finns kvar i ett vattensystem (Edsman & Schröder 2009). Även i de fall där signalkräfta utan kräftpest introduceras i ett vatten med flodkräfta trängs flodkräftan normalt undan med tiden. Den viktigaste anledningen är signalkräftans konkurrensfördel gentemot flodkräftan där viktiga faktorer är större aggressivitet, högre fekunditet och tidigare könsmognad (Söderbäck 1991, 1995, Westman & Savolainen 2001).

Signalkräftans spridning i Sverige

Från de första utplanteringarna i slutet av 1960-talet beräknas antalet svenska lokaler med signalkräfta 2008 uppgå till knappt 4000 (Edsman & Schröder 2009). Utbredningen omfattar framförallt södra Sverige upp till och med Dalälven. Endast norr om Dalälven samt på Gotland är flodkräftan fortfarande den dominerande kräftarten. Även i dessa delar av landet har dock signalkräfta genom illegala utsättningar etablerat livskraftiga populationer. 2007 upptäcktes sju nya illegala utsättningar norr om Dalälven (Edsman & Schröder 2009) och totalt åtta huvudavrinningsområden har till och med 2008 konstaterats pestsmittrade i norra Sverige (Nordwall 2008). Under perioden från det att signalkräftan först introducerades fram till 1994 var tillståndsgivningen för utplantering av signalkräfta i kräftpestdrabbade vatten relativt frikostig. Fram till 1994 gavs dessutom tillstånd till utsättningar i vatten med fiskbara men glesa bestånd med flodkräfta, detta för att öka avkastningen i fisket.

Sedan 1985 respektive 1988 har det varit förbjudet att plantera ut signalkräfta på Gotland och i vattensystem norr om Dalälven (Edsman & Schröder 2009). Alla nya förekomster norr om Dalälven efter 1988 härstammar därmed från illegala utsättningar. Då 1985 givits några tillstånd för utsättning av signalkräfta på Gotland är förekomster av signalkräfta där resultat av illegala utsättningar (Gydemo muntligt).

Den allt större tillgången på vildfångade signalkräftor har medfört en okontrollerad spridning i allt större omfattning och Fiskeriverket bedömer att illegala utsättningar har förekommit i alla större vattensystem söder om Dalälven, i vissa områden har omfattningen varit mycket stor (Edsman & Schröder 2009). Man räknar med att majoriteten av de utbrott av kräftpest

som rapporterats sedan början av 1980-talet orsakats av illegala utsättningar och annan människorelaterad spridning.

Gotland

Trots att utplantering av signalkräfta varit förbjuden på Gotland sedan 1985 och att inga tillstånd för utsättningar gjordes före detta år, har ett antal bestånd under åren etablerats även där. Samtliga gotländska bestånd av signalkräfta härstammar från en enskild olaglig utplantering av småländska signalkräftor som gjordes vid Smöjen på nordöstra Gotland omkring 1970 (Gydemo muntl.).

Förekomsten av signalkräfta har, trots att inga utbrott av kräftpest kunnat beläggas, alltid betraktats som ett potentiellt hot mot de gotländska bestånden av flodkräfta. Försök att slå ut bestånden har skett såväl genom illegala privata tilltag som genom Länsstyrelsens försorg (Gydemo 1995, Petersson 2006, Gydemo muntl.). I några fall har åtgärderna lyckats, men inventeringar under 2005 och 2006 bekräftade bestånd av signalkräfta på tre lokaler på norra Gotland (Löwgren & Westerlind 2006, Petterson 2007).

Hotstatus och skydd

Flodkräftan klassas enligt den senaste rödlistan från 2005 som *Starkt hotad* (EN) i Sverige (Gärdenfors 2005) och arten bedöms ha minskat med 50-80 % under de senaste 20 åren. I den nya rödlistan som publicerades 2010 har arten att förts till kategorin *Akut hotad* (CR). Kräftpest och spridning av signalkräfta utgör det i särklass största hotet men även förurning, övergödning, överfiske och predation från mink nämns som negativa faktorer. Globalt klassas flodkräftan enligt bedömning 1996 som *Sårbar* (VU) (Sket 1996). Arten finns upptagen i Bernkonventionen (European Treaty Series NO. 104) och EG:s Art och Habitatdirektiv (92/43/EEG).

Fiskeriverkets mål för flodkräftan i Sverige

I det reviderade åtgärdsprogrammet för flodkräfta (Edsman & Schröder 2009) delas Sverige in i tre regioner utifrån risken att kvarvarande bestånd av flodkräfta slås ut av kräftpest från närliggande lokaler med signalkräfta, och därmed hur regionerna bör förvaltas fram till 2013.

1. Norr om Dalälven, på Öland, Gotland och i vattenområden som sträcker sig in i Norge är målet att antalet lokaler med flodkräfta bör vara konstant under perioden. Restaureringar och återintroduktioner utförs där det är möjligt.
2. Södra delen av Dalarna och Västra Götaland bedöms som regioner där det ännu finns relativt goda förutsättningar att bevara flodkräftan. Så många lokaler med flodkräfta som möjligt skall givetvis bevaras, men återintroduktion bör endast övervägas om risken för pestspridning bedöms som liten.
3. I resterande delar av södra Sverige konstateras att stora delar av flodkräftans ursprungliga utbredningsområde idag koloniserats av signalkräfta. De bestånd av flodkräfta som ännu finns kvar är ofta hänvisade till mindre gynnsamma habitat, ofta belägna högt upp i vattensystemen. Bevarandeåtgärderna bör inriktas på att bevara bestånd inom väl avgränsade mindre vattenområden, enstaka sjöar och vattendragssträckor, samt i isolerade dammar. Återintroduktion bör här övervägas i isolerade vatten.

Det konstateras i åtgärdsprogrammet att Gotland, om den okontrollerade spridningen av kräftpest i södra Sverige inte bromsas, i framtiden kan komma att utgöra det enda området i denna region där ett långsiktigt bevarande av flodkräftan är möjlig.

Möjlighet att skapa ett refugium för flodkräftan på Gotland

Gotland utgör sedan augusti 2007 Sveriges första skyddsområde för flodkräfta. En åtgärd som möjliggjordes genom en förändring i fiskerilagstiftningen 2005 (SFS 2005:462).

Skyddsområdet medför att det numera är förbjudet att:

- Saluhålla, sälja, köpa eller transportera okokta kräftor som inte härrör från området.
- I områdets sötvatten använda fisk som betesfisk om den har fångats i sötvatten utanför området.
- I områdets sötvatten utan föregående desinficering använda fiskeredskap, båtar, maskiner och andra föremål som använts i sötvatten utanför skyddsområdet.
- Utplantera signalkräfta.

Länsstyrelsen på Gotland fick redan 1992 det formella uppdraget att utrota på ön förekommande bestånd av signalkräfta (Länsstyrelsen i Gotlands län 1992), en åtgärd vars vikt stärktes ytterligare i och med skyddsområdet inrättades.

I föreliggande rapport redovisas de åtgärder som under 2007-2009 genomfördes för att återigen försöka eliminera signalkräftan från Gotland. Liksom vid tidigare genomförda försök användes insektsgiftet deltametrin, en substans tillhörande en ämnesgrupp som med framgång under senare år används för samma ändamål även i Skottland och Norge.

Material och metoder

Val av substans & använd koncentration

Allt sedan de negativa konsekvenserna av främmande kräftarter i Europa blev tydliga under 70- och 80-talet har man diskuterat olika metoder för att eliminera oönskade bestånd och begränsa dess spridning. Det finns idag flera omfattande genomgångar av tänkbara metoder för utrotning av kräftor och vilka för och nackdelar som kännetecknar dessa. Metoder som under åren diskuterats- och/eller prövats utan framgång är bland annat utfiskning, torrläggning, kraftig höjning av pH, kontaminering med kräftsjukdomar/parasiter, inplantering av predatorer, spridning av feromoner, sterilisering, elchocker och strålning (Gydemo 1994a, Holdich m.fl 1999, Peay 2001, Hyatt 2004, Hiley 2006, Johnsen m.fl. 2006, Sandodden 2007).

Roteton, ett gift som ofta används vid utslagning av oönskade fiskbestånd, har relativt låg giftverkan för kräftor. Studier har visat att signalkräftor kan överleva halter på upp till 100 mg/l under mer än ett dygns tid. Rekommenderad koncentration vid utslagning av fisk ligger på 5 mg/l (Holdich m. fl. 1999).

Utifrån olyckor är det känt att många av de bekämpningsmedel som inom jordbruket används för bekämpning av ohyra är mycket giftiga för vattenlevande organismer (Gydemo 1994a, Peay 2001, Hyatt 2004). Under åren har åtskilliga studier utförts för att se om några utav dessa ämnen skulle vara användbara för utrotning av kräftor. Ingen biocid har hittills blivit funnen som är helt specifik mot kräftor (Rogers 1998, Peay & Hiley 2006), men ett flertal ämnen, t.ex. fention och metylparation har vid låga doser visat god effekt mot leddjur, samtidigt som övrig fauna lämnats relativt opåverkad (Holdich m. fl. 1999, Hyatt 2004). Nackdelar med flera utav dessa substanser är dock att de bioackumuleras och har hög kemisk stabilitet med långsam nedbrytning.

De ämnesgrupper som hittills visat sig vara bäst användbara vid utslagning av kräftor är pyretrum och syntetiska derivat av dess beståndsdelar, så kallade pyretroider. Vid en studie 1997 av 35 för ändamålet tänkbara kemiska grupper konstaterades att syntetiska pyretroider hade den högsta giftverkan mot kräftor (Peay 2001).

Pyretrum och pyretroider

Pyretrum är ett samlingsnamn för sex naturliga kemiska substanser (pyretriner) som utvinns ur det två växterna *Chrysanthemum cinerariaefolium* och *C. cineum* (Figur 1). Användning av naturligt pyretrum för bekämpning av insekter finns beskriven från Kina sedan 2000 år tillbaka och är i grunden ett nyttjande av växtens eget försvar mot insektsangrepp (Gunasakera 2004). Produkter med pyretrum/pyretroider används idag framförallt inom jordbruk och vid bekämpning av skadeinsekter och malariabärande myggor. Naturligt framställt pyretrum är mycket dyrt och har en i många sammanhang oönskat snabb nedbrytning. Huvuddelen av användningen utgörs därför av med pyretrum kemiskt närbesläktade syntetiskt framställda pyretroider. De syntetiska pyretroiderna utgör derivat av pyretrin 1, en av de ingående strukturerna i naturligt pyretrum. Några av de mer kända pyretroiderna är cypermetrin, permetrin och deltametrin. Trots att det i grunden rör sig om samma kemiska strukturer med samma biologiska verkan



Figur 1. Blommande *Chrysanthemum cinerariaefolium*. Foto Equus AB

har de syntetiskt framställda pyretroiderna en kraftigt ökad giftighet för leddjur (Todd & Wholers 2003). De är även förhållandevis mer långlivade med framförallt högre tålighet mot solljus.

Deltametrin bryts liksom andra pyretroider ner av mikroorganismer och genom exponering för solljus. Nedbrytningen påskyndas i varma och syrerika miljöer. Deltametrins giftighet ökar liksom andra pyretroider med ökad temperatur, och avtar snabbt vid hög temperatur (Matsumara 1985, Muir et al. 1985, Landrum et al. 1987, Smith & Stratton 1986, Andersson 1989, Haya 1989, Day & Maguire 1990, Day 1991).

Ämnet binder hårt till organiska partiklar och är orörligt till måttligt rörligt i jord. Omvandlingsprodukterna är mer rörliga men mindre giftiga än deltametrin. De är dessutom kortlivade (KEMI 1997, WHO 2004b, Kreuger muntl.). Den långsamma nedbrytningen i kalla och syrefattiga miljöer medför att upplagring skulle kunna ske i syrefattiga och sterila miljöer, så som sjöars bottensediment (KEMI 1997). Den mycket starka bindningen till partiklar medför dock att sannolikheten för vidare läckage ut i grundvatten eller ovanliggande vattenpelare är högst osannolik (Footprint 2009, Kreuger muntl.).

Studier visar att den giftiga effekten av pyretroider i sjöar varar mellan dagar till månader och att alla huvudsakliga djurgrupper återhämtar sig inom ett år (Kaushik m. fl. 1985, Gydemo 1995, Petersson 2006, Smith & Stratton 1986). Pyretroider har hög giftighet för fisk, framförallt kallvattenlevande arter (Haya 1989), akvatiska insekter (Andersson 1989) och kräftdjur. Evertebrater med mjuka kroppar, så som maskar, förblir oftast opåverkade (Andersson 1982, Jolly m. fl. 1978). Vid akut och/eller kronisk exponering kan pyretroider bioackumuleras av organsimer, men nivåerna återvänder snabbt till de normala (MacLeese m. fl. 1980, Ohkawa m. fl. 1980, Andersson 1982, Spehar m. fl. 1983, Smith & Stratton 1986). Däggdjur är känsligare för pyretroider än fåglar, men nivåerna är tusenfalt högre än de för akvatiska insekter och kräftdjur. De flesta kräftdjur är extremt känsliga för syntetiska pyretroider, med dödliga värden nära eller mindre än 1 µg/l. Riktade tester i laboratorium (Gydemo 1994b, Morolli m. fl. 2006, Peay 2001) har visat att deltametrin har en direkt dödande verkan för kräftor vid halter på ner till 0,1 µg/l. I naturliga vatten medför inaktivering genom uppbindning till partiklar och växtlighet att något högre doser krävs.

Acceptabelt dagligt intag av deltametrin (ADI) är inom EU och enligt WHO satt till 0,01 mg/kg kroppsvikt/dag (KEMI 1997, WHO 2004b). För de flesta livsmedel inom EU ligger gränsvärdet för rester av deltametrin på 0,05 mg/kg (EG 149/2008). Gräns för dricksvatten inom EU är 0,1 µg/l (KEMI 1997).

Det stora spann som finns mellan de halter av pyretroider som krävs för effekt mot leddjur och vad som anses skadligt för varmblodiga djur utnyttjas vid utslagning av skadedjur i dricksvattenledningar. En normalt använd halt av permetrin är 10 µg/l (Evins 2004). WHO anger permetrin som ett lämpligt ämne att tillsätta dricksvatten för att slå ut larvstadiet av hälsoskadliga insekter som till exempel malariabärande myggor. Man rekommenderar att halten inte överstiger 20 µg/l (WHO 2004a).

Det finns i dag en relativt god erfarenhet av att utrota oönskade kräftbestånd med bruk av pyretrum/pyretroider. Dels genom de av Länsstyrelsen legalt genomförda utrotningsförsök samt de av okänd person illegala försök som beskrivs senare i föreliggande rapport (se sid. 15), men sedan början av 2000-talet även i flera andra väl övervakade och uppföljda utrotningsprojekt i Skottland (Peay & Hiley 2006, Peay m. fl. 2006) och Norge (Sandodden & Johnsen 2008). I de flesta fall bedöms åtgärderna (i totalt ett drygt tiotal vatten) som lyckade (Sandodden, Johnsen, Peay muntl.). I de fall på Gotland där behandlingen tidigare misslyckats

har orsaken kunnat härledas till ej behandlade, stillastående vattenfickor med opåverkat vatten (se sid 15) (Peterson 2006, Gydemo muntl.).

Med ovan uppräknade erfarenheter som grund bedömdes bruk av en syntetisk pyretroid som den effektivaste, säkraste och mest kostnadseffektiva metoden för att utrota de gotländska bestånden av signalkräfta. Utifrån tidigare undersökningar och erfarenheter i naturliga vatten (Gydemo 1994b, Petersson 2006) valdes för åtgärden en initial måldos av 0,5 µg/l behandlad vattenmassa.

Tillstånd och legala aspekter

Användning av produkten för utslagning av signalkräftor föregicks av en dispensansökan till Kemikalieinspektionen. Separata dispenser söktes och erhöles för behandlingarna 2008 och 2009.

Information och dialog med sakägare och allmänhet

Alla åtgärder föregicks av en tidig dialog med Gotlands kommun, fiskerättsägare, markägare och boende i anslutning till de behandlade vattnen. Media bjöds tidigt in i processen och arbetet resulterade i uppmärksamhet i tidningar, radio och tv på både regional och nationell nivå.

I samband med behandlingarna sattes informationsskyltar upp för att informera allmänheten om det pågående arbetet.

Lokalbeskrivningar och genomförda åtgärder

Smöjen

Lokalbeskrivning och bakgrund

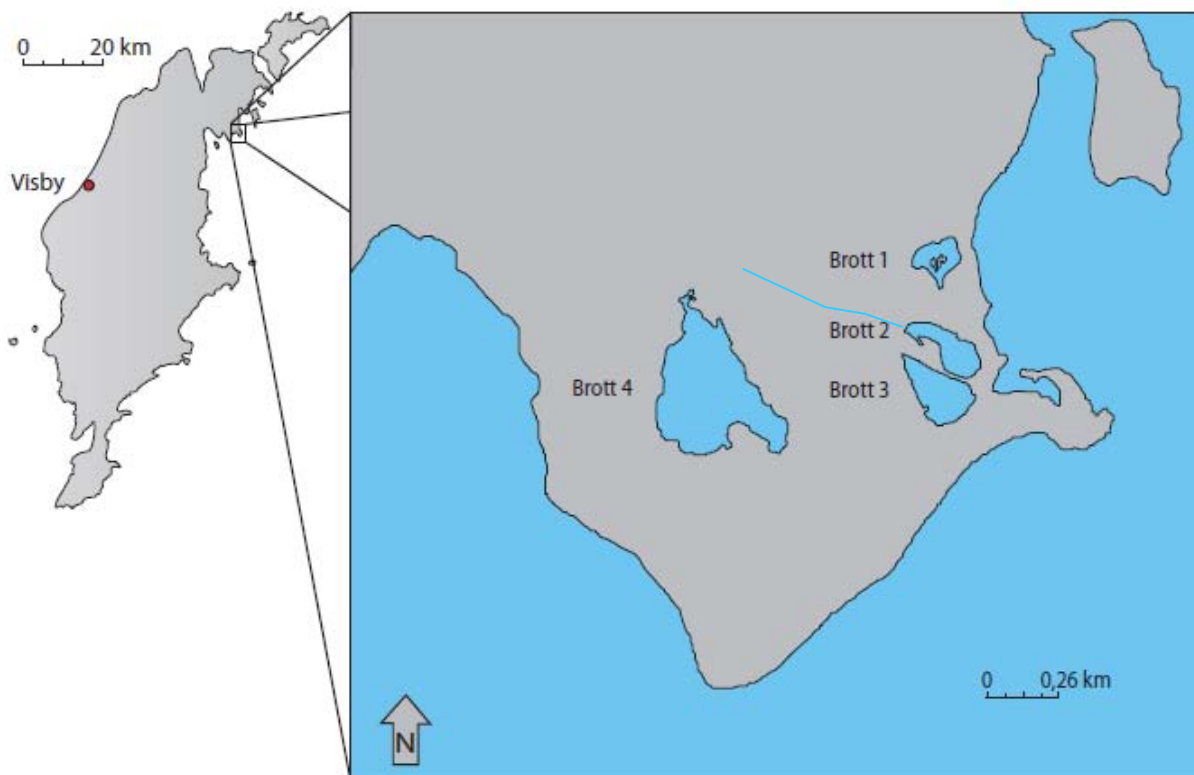
Smöjenområdet utgörs av en udde belägen strax söder om Kyllaj på nordöstra Gotland. Området är ödsligt beläget med ett avstånd på 1,5 kilometer till närmsta belägna bebodda fastighet, men förutom de idag vattenfyllda kalkbrotten vittnar ruiner och gamla husgrunder om den kalkindustri som fram till 1960- talet förekom i området. Kalkbrottens stränder domineras av sprickig kalksten och stenkross, men det finns även partier med finsediment och bladvass (Figur 2). Totalt finns på platsen fyra vattenfyllda kalkbrott (Tabell 1) varav brott 2 och 3 troligen har direkt förbindelse med varandra genom en vall med sprängsten I den norra delen av brott nr 2 mynnar ett med sprängsten delvis igenfyllt dike med en total längd av drygt 450 meter (Figur 4). Generellt kan sägas att samtliga fyra kalkbrott har ett gott siktdjup, en växtlighet dominerad av kransalger och en artfattig fiskfauna med abborre och sutare.

Tabell 1. Information om de 4 vattenfyllda kalkbrotten på Smöjenområdet. Numrering enligt Figur 3. Data från Gydemo (1995), Petersson (2006) och Eurofins (2008).

Brott	Yta (ha)	Djup max/medel	Volym m ³	pH	TOC (mg/l)	Turbiditet (FNU)	Anmärkning
1.	< 1	?/<2	~20 000	-	-	-	Illegal förgiftning 1993. Endast flodkräfta påträffad.
2.	1	3,5/3,1	~30 000	8,4	6,9	0,46	Misslyckad utrotning 1993 (illegal) och 2001 (Lst).
3.	1,4	3,8/3,2	~45 000	8,3	5,3	0,46	Misslyckad utrotning 1993 (illegal) och 2001 (Lst).
4.	5 ha	9/~3-4	~175 000	-	-	-	Illegal förgiftning 1994. Signalkräfta utrotad



Figur 2. Stränderna runt de två behandlade kalkbrotten på Smöjen domineras av kalksten och bergkross, men bitvis finns mjukare partier med täta bestånd av bladvass. Foto Nils Ljunggren och Josefin Sundin.



Figur 3. På Smöjenhalvön finns idag totalt fyra vattenfyllda kalkbrott.



Figur 4. Det tillrinnande diket i dess övre öppna delar. Vid utloppet i brott 2 är fåran mycket diffus och till stora delar igenfylld med krossad kalksten. Foto Nils Ljunggren

Inplantering av flodkräfta i kalkbrotten på Smöjenområdet skedde redan på 1960- talet i samband med att brotten vattenfylldes. 1970 inplanterades illegalt även signalkräfta med ursprung från Småland (Gydemo muntl.). Det var dock först 1985 som förekomsten av signalkräfta kom till myndigheternas kännedom. Naturvårdsverket och Fiskeristyrelsen (nuvarande Fiskeriverket) inledde tillsammans med Länsstyrelsen på Gotland omgående diskussioner om att beståndet skulle utrotas (Fiskeristyrelsen 1989, Gydemo muntl.). År 1992 fick Länsstyrelsen för första gången det formella uppdraget att genomföra åtgärden (Länsstyrelsen Gotlands län 1992). Provfisken visade att signalkräfta nu etablerat sig i tre av de fyra kalkbrotten i området; brott 2, 3 och 4 (Petersson 2006).

Tidigare försök att utrota signalkräfta på Smöjen

I slutet av augusti 1993, innan några åtgärder hunnit sättas in från myndigheterna sida, upptäcktes att alla kräftor försvunnit från tre utav de totalt fyra vattenfyllda kalkbrotten på Smöjenområdet (brott 1, 2 och 3, numrering enligt Figur 3). Det fjärde brottet befanns fortfarande ha bestånd av såväl flod- som signalkräfta (Petersson 2006). Eftersom åtgärden skett utan uppföljning och med okänt preparat vågade man dock inte utgå från att signalkräftorna helt slagits ut och planerade därför en övervakad utrotning hösten 1994.

Genom ett oavsiktligt utsläpp av insektsgiftet deltametrin i en kräftdamm visste man att detta ämne hade en mycket hög giftighet för kräftor (Gydemo muntl.). Ett antal tester genomfördes för att närmare studera effekten och nedbrytningen hos ämnet (Gydemo 1994b) och en ansökan om dispens för användning av deltametrin ingick till Kemikalieinspektionen (Länsstyrelsen Gotlands län 1994). Efter inrådan från Naturvårdsverket och tillverkaren av preparatet avslogs dock denna ansökan (Kemikalieinspektionen 1994).

Den 27 september 1994 upptäcktes återigen att någon på privat initiativ försökt att utrota signalkräftorna på Smöjenområdet, denna gång i kalkbrott nr 4. Utifrån graden av förruttnelse hos påträffade kräftor bedömdes att händelsen inträffat runt en vecka före upptäckten, flera dagar före avslaget från Kemikalieinspektionen. Det faktum att en av Länsstyrelsen kontrollerad spridning av deltametrin redan var planerad för hösten 1994 medförde att man snabbt kunde sätta igång provtagning för att identifiera använt ämne, samt följa effekterna av förgiftningen. Uppskattningsvis två veckor efter händelsen konstaterades att deltametrin i en halt av $0,04 \mu\text{g l}^{-1}$ förekom i vattnet. Fem månader senare hade halten i vattnet, liksom i sedimentprover, sjunkit under detekterbar nivå (Gydemo 1995).

Återintroduktion av flodkräftor genomfördes 1994 i brott 1, 2 och 3, 1995 i brott 4. Under andra halvan av 1990-talet dök dock även signalkräftor åter upp i allt större antal i först i brott nr 2, men senare även i det intilliggande brott nr 3. De första signalkräftorna observerades i anslutning till ett med sprängsten igenfyllt dike mynnande i brott nr 2, och det bedömdes att detta område utgjort refugium vid förgiftningen 1994.

Efter tillstånd från Kemikalieinspektionen och Fiskeriverket planerades och genomförde Länsstyrelsen i september 2001 en väl planerad utrotning med deltametrin i brott nr 2 och 3. (Petersson 2006). Flodkräftor återintroducerades 2002. Några år efter åtgärden konstaterades dock att förloppet från 1994 upprepade sig, nu med fynd av överlevande kräftor i anslutning till en djup, tidigare ej detekterad kulvert i brott nr 2. Återigen skedde med tiden en successiv spridning av signalkräftor till det intilliggande brott nr 3, och 2006 hade förekomst konstaterats i bägge brotten. Spridningen mellan brotten visar stora likheter efter förgiftningen 1994 och 2001 och sannolikt har spridningen skett genom att juvenila kräftor vandrat igenom den vall av sprängsten som skiljer de två kalkbrotten åt. Slutsatsen är därmed att både den illegala och av Länsstyrelsen genomförda utrotningen i grunden lyckats i två av de tre vattenfyllda kalkbrotten i Smöjenområdet, men att

signalkräftor överlevt i obehandlade refugier i anslutning till brott 2. Mycket noggrann kartläggning av potentiellt svårbehandlade områden sågs därför som en viktig åtgärd inför det nya utrotningsförsöket.

Förberedelser 2006 och 2007

Dykinventering

Dykningar i syfte att identifiera potentiellt svårbehandlade områden genomfördes under hösten 2006 och 2007. Dykningarna utfördes av Magnus Petersson, Castor & Pollux .

Decimeringsfiske och flytt av flodkräftor

Fiske i syfte att flytta så många flodkräftor som möjligt till brott 4 skedde löpande under hela perioden från 29 augusti fram till 24 oktober, 2007. Fisket var intensivast fram till och med den 20 september och som mest användes drygt 150 burar av modell ”Trappy” och ”Lini proffs”. Huvuddelen av fisket skedde via båt, men burar lades även längs med stränderna från land. Fångsten sorterades efter art varefter signalkräftor avlivades och flodkräftor flyttades levande till brott 4. Fiske efter konsumtionskräftor bedrevs av fiskerättsägaren under sensommaren 2006 och 2007 i brott nr 1 och 4.

Förberedelser 2008

Klippning av vegetation

I syfte att förbättra åtkomst vid behandlingen och kartlägga potentiellt svårbehandlade områden avlägsnades den 12-13 augusti all vass i och kring kalkbrott nr 2 och 3. Arbetet utfördes både från land och från båt med hjälp av röjsåg (Figur 5)



Figur 5. Klippning av vass för att förbättra åtkomsten vid giftspridningen. Foto Josefin Sundin.

Dykning

En slang lades fast i botten av den vattendränkta kulvert i brott nr 2 som vid dykningar under 2006 identifierats som svårbehandlad. Syftet var att efter det att kalkbrottets vattenmassa behandlats, pumpa in vatten i kulverten och därmed öka vattencirkulationen.

Provfiske

Fiske med nät (modell Nordiskt översiktnät, 12 sektioner) genomfördes mellan den 8 och 9 juli. Var och ett av brott 2 och 3 provfiskades med 4 ansträngningar.

Provfiske med kraftburar genomfördes natten mellan den 16 och 17 juli med 40 burar i vardera av de två brotten.

Genomförande, behandling 1: 2008-08-20

Spridning i vattenmassa

Använd produkt späddes med vatten till en brukslösning på ungefär 1:10. Brukslösningen spreds sedan från båt jämt över vattenytan i de två behandlade kalkbrotten. I brott nr 2 spreds 1,5 flaskor motsvarande 37,5 gram deltametrin och i brott nr 3 spreds 2 flaskor motsvarande 50 gram deltametrin. Efter att spridningen avslutats ökades cirkulationen i ytvattnet genom att med utombordare (15 hk) köra fram och tillbaks över området under en dryg halvtimmas tid.

Slangar i kulvert

En eldriven pump (6 l/s) med tillhörande elverk tillsåg att behandlat vatten pumpades ner i kulverten. Åtgärden pågick under drygt 2 dygn.

Spridning i kantzonen och vegetationsbälten

Kantzoner och vegetationsbälten behandlades genom att med ryggspruta sprida deltametrinblandat vatten i en koncentration av cirka 2,5 g/l. Då uppbindningen till vegetation sediment och uppgrumlade partiklar bedömdes som hög, räknades använd kvantitet deltametrin inte in i den dos som beräknats för behandling av den fria vattenmassan.

Spridning i sprickor och stenmassor

Behandlat vatten från kalkbrotten spolades rikligt över sprickor och stenmassor i direkt anslutning till kalkbrotten (Figur 6). För åtgärden användes en bensindriven brandpump av märket Rosenbauer med en kapacitet av 2,4 m³/minut (Figur 7).

Behandling av dike och mynningsområde

Med hjälp av drygt 400 m brandslang (6 cm diameter) pumpades behandlat vatten från brott nr 2 upp till dikets källområde. Det behandlade vattnet utgjorde uppskattningsvis hälften av dikets totala flöde, så för att öka koncentrationen av deltametrin tillsattes med några timmars intervall koncentrerad lösning i dikets källområde. Behandlingen av diket pågick under ett knappt dygns tid, sedan flyttades slangen till det diffusa mynningsområde där diket mynnar ut i brott nr 2. Slangen flyttades runt mellan alla synliga håligheter i området och koncentrerad lösning tillsattes i synliga vattenförekomster.



Figur 6. I syfte att koma åt kräftor som uppehöll sig i den ofta mycket svåråtkomliga strandzonen spolades stränderna rikligt med behandlat vatten från kalkbrotten. Foto Josefin Sundin



Figur 7. En kraftfull brandpump med hög kapacitet förenklade arbetet vid spolning av stränder och andra svårbehandlade områden i anslutning till kalkbrotten. Foto Josefin Sundin

Uppföljning

Giftverkan och nedbrytning

Sumpning

För att kontrollera fullgod giftverkan påbörjades direkt efter avslutad behandling sumpning av flodkräftor. Fem igensyddade kräftburar (modell Lini) med vardera tre flodkräftor placerades i respektive kalkbrott enligt Figur 8.

I det tillrinnande diket samt i mindre vattensamlingar och vattenfyllda hål i anslutning till brotten placerades små sumpar i form av perforerade plasttuber med vardera en kräfta (Figur 9).

En sump med 15 flodkräftor placerades som referens i det obehandlade brott 1. Sumparna kontrollerades med jämna mellanrum varvid kräftornas kondition bedömdes enligt:

1. Ingen påverkan = normal kondition, ingen synbar effekt. **2.** Svag påverkan = stela och långsamma rörelser > 1 min för att vända sig från ryggläge. **3.** Stark påverkan = stannar på rygg, svaga rörelser eller rörelse endast vid retning. **4.** Död = ingen respons vid retning.

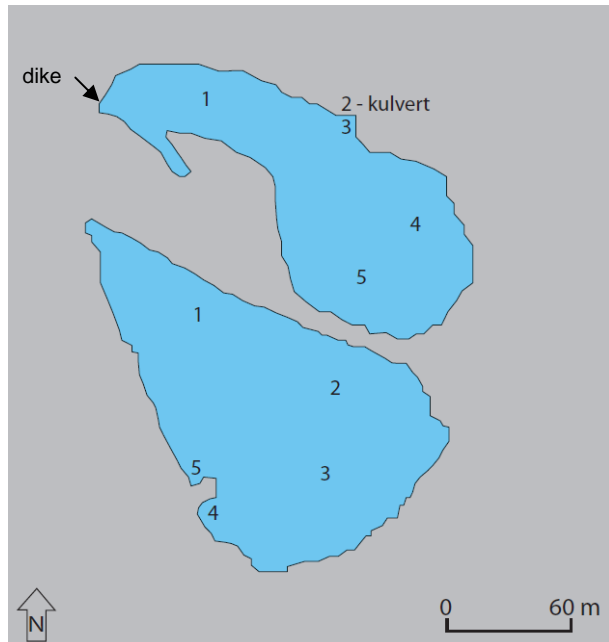
Nya sumpningar påbörjades den 27/8 och 4/9.

Vatten- och sedimentanalyser

Vattenprover och bottensediment för analys av mängden deltametrin togs den 19, 21 och 27 augusti, den 3, 11 och 24 september samt den 4 november och lagrades i frys för senare analys vid SLU, Uppsala, Institutionen för vatten och miljö, Sektionen för organisk miljökemi.

Analys av döda kräftor och fiskar

Döda kräftor och fiskar från utrotningen samt från uppföljande sumpningsförsök lagrades i frys för senare analys vid SLU, Uppsala, Institutionen för vatten och miljö, Sektionen för organisk miljökemi.



Figur 8. Placering av sumpar i de två behandlade kalkbrotten på Smöjenområdet.



Figur 9. Test av giftverkan i vattenfylld husgrund i anslutning till kalkbrotten med hjälp av nedsänkning av flodkräfta i perforerad plasttub. Foto Nils Ljunggren

Påverkan på ekosystemet

Genom ett examensarbete på Högskolan på Gotland (Nygren 2009) studerades behandlings inverkan på zooplankton och bottenfauna. Provtagning genomfördes vid tre tillfällen före behandlingen (13 juli, 27 juli och 10 augusti) och vid tre tillfällen efter behandlingen (7 september, 27 september och 5 oktober). Vid varje provtagningstillfälle noterades väderlek, vindriktning, vindstyrka, vattentemperatur (yta och botten) samt siktdjup. Proven, förutom litoral bottenfauna, togs från båt vid en punkt i centrum av brotten där djupet så nära som möjligt motsvarade brottets medeldjup. Prov på litoral bottenfauna togs på knädjupt vatten på samma ställe i respektive brott vid varje provtagningstillfälle. Prov på zooplankton och profundal bottenfauna togs ur samtliga brott inom smöjenområdet medan prov på litoral bottenfauna endast togs ur brott 3 och 4. Två replikat av varje provtyp togs ur samtliga brott vid varje provtillfälle.

Under sommaren 2009 utfördes jämförande studier avseende i plankton- och bottenfauna i de två behandlade kalkbrotten och två närliggande referenslokaler (brott nr 1 och 4) (Nygren 2010).

Genomförande, behandling 2: 2008-11-04

På grund av det låga vattenstånd som rådde vid behandlingen i augusti, och det faktum att det sprickiga området med tillrinnande grundvatten i anslutning till brott 2 bedömdes som mycket svårbehandlat, beslutades den 4 november att upprepa behandlingen i de två tidigare behandlade kalkbrotten på Smöjen. I var och ett av brott 2 och 3 spreds 1,8 flaskor av preparatet (motsvarande 45 g deltametrin). Ytterligare 0,4 flaskor (motsvarande 10 g deltametrin) fördelades i de vattenfyllda hålrummen samt i det tillrinnande diket i anslutning till brott 2.

Åtgärden följde samma mall som den under sensommaren, med den skillnaden att all spridning skedde från land och att inga pumpar användes. Sumpning av flodkräftor genomfördes med start den 4, 11 och 20 november. Vatten och sedimentprover för analys av deltametrinhalt togs den 4, 5, 11, 20 och 26 november, 9 och 18 december 2007 samt den 13 och 18 februari 2008. På grund av ett missöde vid hanteringen så analyserades bara sedimentproverna från den 13 januari och 18 februari 2009.

Inventering av kräftor efter avtagen giftverkan

Smöjenområdet återbesöktes regelbundet och inventerades okulärt under dagtid fram till isläggningen i slutet av december 2008. Hela strandzonen i brott 1, 2 och 3 söktes även av med stark pannlampa under en mörk natt med mycket god synbarhet.

Under 2009 genomfördes ett antal okulära inventeringar samt provfiskades vid två tillfällen med 40 burar i respektive brott 2 och 3.

Stenkyrka

Lokalbeskrivning och bakgrund

Lokalen utgörs av en grävd bevattningsdamm på cirka 2,3 ha och är den största av totalt 11 dammar i närområdet. Volymen uppgår till maximalt 100 000 m³, men varierar kraftigt med årstid och vattenuttag. Eftersom vattnet i dammen till största delen pumpas in från ett närliggande dike var täthet en viktig egenskap vid konstruktionen och dammens vallar och botten består till stora delar av packad moränlera (Stockholm Tingsrätt, Vattendomstolen 1981). På flera platser finns partier med ytlager av sand, grus och sten i olika fraktioner. Växtligheten domineras av kransalger, vilka täcker stora delar av sluttningarna från

vattenbrynet och utåt. Övervattensvegetationen är sparsam, men på några platser finns bestånd av säv och bladvass. Längs med den sydöstra stranden löper ett bestånd av gäddnate. Schaktmassorna från dammen ligger i en cirka 3 meter hög vall runt om dammens kanter (Figur 10). Dammens vatten visar tecken på hög näringsbelastning med lågt siktdjup. Några vattenkemiska parametrar från sommaren 2008 redovisas i Tabell 2.

Tabell 2. Information om bevattningsdammen i Stenkyrka. Data från markägare och Eurofins (2008).

Yta (ha)	Volym m ³	pH	TOC (mg/l)	Turbiditet (FNU)
2,3	< 100 000	8,3	13	3,2

Vid inköp av flodkräftor (från Smöjen) 1984 för utplantering i dammen följde ett okänt antal signalkräftor av misstag med i leveransen (Ljunggren 2008). Några år efter inplanteringen dominerade signalkräftorna helt och flodkräftorna blev med tiden allt färre för att slutligen försvinna. Beståndet har varit känt av länsstyrelsen sedan 1985, men eftersom det saknats lämplig metodik för eliminering och risken för spridning genom tjuvfiske bedömts som liten har man i samråd med markägarna valt att avvakta åtgärder. Man har under alla år varit mycket noggrann med att inte flytta signalkräftor till de övriga 10 dammar som finns inom området och trots många års omfattande fiske i omgivande dammar har där enbart fångats flodkräftor (Ljunggren 2008).

Längs med de totalt 11 dammarna i området löper en grävd kanal till vilka flera utav dammarna bräddas vi högvatten. Kontakten med damm 1 går dock via ett pumphus. Det är via detta pumphus vatten pumpas från kanalen för magasinering i damm 1.



Figur 10. Vy över bevattningsdammen i Stenkyrka. De branta sluttningar som omger dammen har sannolikt bidragit till att förhindra spridning av signalkräftor till kringliggande vattenförekomster. Foto Nils Ljunggren

Förberedelser 2006

Dykinventering

Dykning i syfte att identifiera potentiellt svårbehandlade områden genomfördes under hösten 2006 av Magnus Petersson, Castor & Pollux.

Förberedelser 2007

Provfisken och decimeringsfiske

Fiske i de 11 dammarna i Stenkyrka skedde löpande under perioden 2 augusti till 8 september, 2007. Fisket efter signalkräfter i damm 1 skedde i decimeringssyfte, övrigt fiske för att klarlägga förekomst av kräftor samt arttillhörighet. Allt fiske skedde från land. Använda burar var i huvudsak Lini proffs och som bete användes torsk och skrubbskädda. Eftersom markägaren fiskade parallellt under perioden saknas uppgifter om den totala ansträngningen, Minsta ansträngning per damm var dock 40 burnätter. Dammarna inventerades även okulärt med kraftig pannlampa under sen kväll vid flera tillfällen.

Fångade kräftor artbestämdes och lades därefter i åtskilda kar med rent vatten för rening under en veckas tid. Alla kräftor kokades på plats.

Hela den sträcka av kanalen som löper längs med dammarna fotvandrades nattetid och inventerades okulärt med lampa vid tre tillfällen. Provfiske med kräftburar genomfördes med totalt 60 ansträngningar (Figur 11).



Figur 11. Under sensommaren 2007 genomfördes provfisken för att klarlägga eventuell spridning av signalkräfter till övriga vattenförekomster i bevattningsdammens närhet. Fotot visar den kanal som löper genom området. Foto Nils Ljunggren

Genomförande, behandling 2008-08-25

Spridning i vattenmassa

Två flaskor (motsvarande 50 g deltametrin) späddes med vatten till en brukslösning på ungefär 1:10. Brukslösningen spreds sedan från båt jämnt över vattenytan. Efter att spridningen avslutats ökades cirkulationen i dammen genom att med hjälp av slangar pumpa ner ytvatten i dammens djupare partier under cirka ett dygns tid.

Spridning i kantzon och vegetationsbälten

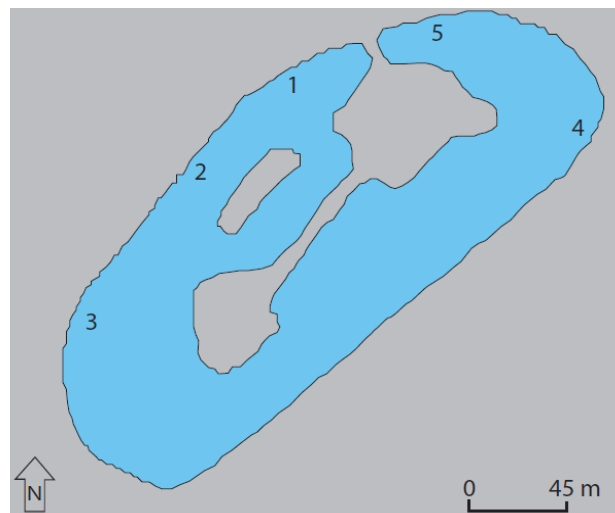
Kantzoner och vegetationsbälten behandlades genom att med ryggspruta sprida deltametrinblandat vatten i en koncentration av cirka 2,5 g/l. Då uppbindningen till vegetation, sediment och uppgrumlade partiklar bedömdes som hög, räknades använd kvantitet deltametrin inte in i den dos som beräknats för behandling av den fria vattenmassan. Hela strandzonen spolades rikligt med behandlat vatten från dammen. Särskild vikt lades vid att spola under större stenblock belägna längs med strandkanten.

Uppföljning

Giftverkan och nedbrytning

Sumpning

För att kontrollera fullgod giftverkan påbörjades direkt efter avslutad behandling sumpning av flodkräftor. Fem igensydda kräftburar (modell Lini) med vardera tre flodkräftor placerades i olika djupzoner av dammen enligt Figur 12. En sump med tio flodkräftor placerades som referens i en av de obehandlade dammarna. Sumparna kontrollerades med jämna mellanrum varvid kräftornas kondition bedömdes enligt samma upplägg som beskrivs under Smöjen på sidan 19.



Figur 12. Sumparnas placering vid uppföljningen av giftverkan i bevattningsdammen i Stenkyrka.

Vatten- och sedimentanalyser

Vatten- och sedimentprover för analys av deltametrinhalt togs den 26 augusti, den 3, 11 och 24 september och lagrades i frys för senare analys vid SLU, Uppsala, Institutionen för vatten och miljö, Sektionen för organisk miljökemi.

Analys av döda fiskar och kräftor

Döda kräftor och fiskar från utrotningen samt från uppföljande sumpningsförsök lagrades i frys för senare transport till SLU, Uppsala, Institutionen för vatten och miljö, Sektionen för organisk miljökemi.

Inventering av kräftor efter avtagen giftverkan

Dammen återbesöktes den 3 november, varvid hela strandzonen söktes av med stark pannlampa under en mörk natt med mycket god synbarhet.

Återintroduktion av flodkräftor

Drygt två månader efter behandlingen genomfördes återintroduktion med cirka 600 vuxna flodkräftor.

Hangvar

Lokalbeskrivning och bakgrund

Lokalen utgörs av ett vattenfyllt kalkbrott med en yta av cirka 0,35 hektar och en volym på cirka 15 000 m³. Brottet togs upp i början av 1960-talet och det har sedan dess i omgångar brutits en speciellt tät och hård kalksten, så kallad Kappelshamnssten (Figur 13) (Sv. Prospekteringskonsult AB 2006). Det senaste tillståndet för brytning av kalksten löpte mellan 1996 och 2003. Under denna period har brottet regelbundet läns pumpats för att möjliggöra brytning i de nedre lagren. Brottet har dock inte tömts helt utan 0,5-0,7 meter vatten har sparats i botten, huvudsakligen för att förse de maskiner som används vid brytningen med kylvatten.

Förekomsten av signalkräfta på lokalen bekräftades genom en inventering först 2005 (Löfgren & Westerlind 2006), men påföljande efterforskningar har visat att kräftorna troligen har funnits där sedan början av 1970-talet (Gydemo muntl.). Ett översiktligt provfiske med 15 burar i september 2007 visade på mycket hög täthet av småvuxna signalkräftor med över 25 kräftor i de bästa burarna (Ljunggren 2008).

Ett borrhål beläget ca 300 meter från kalkbrottet disponeras av Gotlands kommun och utgör dricksvattenstäkt för Kappelshamn samhälle. Dessutom finns ett tiotal privata brunnar i brottets närhet. Den enskilt viktigaste frågan vid den planerade utrotningen av signalkräftbeståndet var därför att undvika försämring av grundvattenskvaliteten i området.



Figur 13. Kalkbrottet i Hangvar ligger i ett område med tät och hård kalksten och brytning av sten har ägt rum ända in på 2000-talet.

Förberedelser 2006, 2007 och 2008

Dykinventering

Dykning för att undersöka kalkbrottets topografi samt identifiera eventuellt svårbehandlade områden genomfördes under hösten 2006 (Castor & Pollux 2006).

Inventeringsfisken

Under sommaren 2008 provfiskades ett antal närläggna vattenförekomster för att klargöra eventuell spridning av signalkräfter från det aktuella kalkbrottet. Även intervjuer med närboende genomfördes.

Spårning av grundvattensflöden

För att identifiera eventuella underjordiska vattenförbindelser mellan kalkbrottet och ett antal vattenförekomster i närområdet genomfördes under våren 2009 ett spårningsförsök (Nordqvist 2009). Spårningen utfördes av företaget Geosigma AB genom tillsats och eftersök av det fluorescerande färgämnet Uranin (Figur 14). Försöket omfattade totalt 14 dammar och brunnar inom ett avstånd av cirka 500 meter från kalkbrottet och pågick mellan 2009-03-30 (injicering) fram till senare delen av juni 2009. Provtagningsfrekvensen var i de flesta fall ca 1 gång/vecka. Analyser av vattenproverna skedde genom att mäta halten fluorescerande ämnen i vattnet med hjälp av spektrofluorometer. Totalt analyserades ca 180 prover under försökets gång. I några enstaka fall har fördjupade analyser av spektra gjorts för att säkerställa om uppmätt halt av fluorescerande ämnen härrör sig från Uranin eller inte.



Figur 14. Under våren 2009 tillsattes färgämnet uranin till vattnet i kalkbrottet. Genom provtagning i omgivande vattenförekomster kunde eventuella förbindelser mellan kalkbrottet och dessa sedan klarläggas. Foto Nils Ljunggren

Genomförande 2009-08-29

Spridning i vattenmassa

En flaska (motsvarande 25 g deltametrin) späddes med vatten till en brukslösning på cirka 1:10. Brukslösningen spreds sedan från båt jämt över vattenytan. Efter att spridningen avslutats ökades cirkulationen i kalkbrottet genom att med hjälp av slangar pumpa ner ytvatten i brottets djupare partier under cirka ett dygns tid. För åtgärden användes en bensindriven brandpump av märket Rosenbauer med en kapacitet av 2,4 m³/minut.

Spridning i kantzonen och vegetationsbälten

Kantzoner och vegetationsbälten behandlades genom att med ryggspruta sprida deltametrinblandat vatten i en koncentration av cirka 2,5 g/l. Då uppbindningen till vegetation, sediment och uppgrumlade partiklar bedömdes som hög, räknades använd kvantitet deltametrin inte in i den dos som beräknats för behandling av den fria vattenmassan. Hela strandzonen spolades rikligt med behandlat vatten från kalkbrottet. Särskild vikt lades vid att spola under större stenblock och i områden där strandzonen utgjordes av sprängsten (Figur 15).



Figur 15. Strandzoner behandlades dels genom att en stark deltametrinlösning applicerades med ryggspruta, dels genom att låta behandlat vatten från kalkbrottet flöda ner mellan strandens stenar och block. Foto Nils Ljunggren

Uppföljning

Giftverkan och nedbrytning

Sumpning

För att kontrollera fullgod giftverkan påbörjades direkt efter avslutad behandling sumpning av flodkräftor. Fyra igensydda kräftburar (modell Lini) med vardera tre flodkräftor placerades i kalkbrottet enligt Figur 16.

Sumparna kontrollerades med jämna mellanrum varvid kräftornas kondition bedömdes enligt samma upplägg som beskrivs under Smöjen på sidan 19.

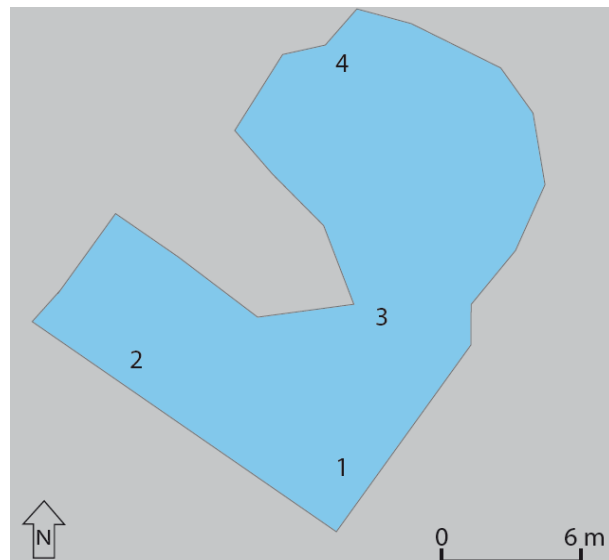
Sumpningar påbörjades den 29 augusti, den 7, 14, 21 september samt den 27 oktober.

Vatten- och sedimentanalyser

Vatten- och sedimentprover för analys av deltametrinhalt togs den 28 och 29 augusti, den 7, 15, 21 och 28 september samt den 26 oktober. Proverna lagrades i frys för senare transport till SLU, Uppsala, Institutionen för vatten och miljö, Sektionen för organisk miljökemi.

Uppföljande inventering

Kalkbrottet inventerades okulärt den 7, 15, 21 och 28 september samt den 26 oktober.



Figur 16. Sumparnas placering vid provsumpningen i kalkbrottet i Hangvar.

Resultat

Smöjen

Förberedelser

Prov- och decimeringsfisken

Under perioden 29 augusti till 24 oktober 2007 fångades totalt 3166 flodkräftor och 257 signalkräftor. Av fångsten i brott 2 var 454 stycken (19 %) signalkräftor. I brott tre var alla kräftor utom 3 stycken flodkräftor (Tabell 3). Trots det omfattande fisket så visade dykning den 22 oktober att bestånden av kräftor i de bägge brotten fortfarande var ganska täta (Petersson muntligt).

Vid decimeringsfisket 2008 fångades totalt 163 flodkräftor och 18 signalkräftor (Tabell 3). Resultatet från de nätprovfisken som utfördes den 16-17 juli 2008 redovisas i Tabell 4 och 5.

Tabell 3. Resultat från kräftprovfiske i smöjenbrotten sommaren 2007 och 2008.

Brott	År	Antal signalkräftor	Antal flodkräftor	Andel signalkräftor %
2	2007	454	1898	19
3	2007	3	1268	0,2
2	2008	18	82	18
3	2008	0	81	0

Tabell 4. Sammanställning av fångst vid provfiske med Nordiskt översiktnät i brott nr 2 den 8-9 juli 2008.

Art	Antal	Vikt (tot)	Längd	Ålder	Maginnehåll
Abborre < 35 cm	75	(3,888)	-	-	-
Abborre > 35 cm	1	0,882	37,8	-	-
	1	0,802	39,5	-	-
	1	0,598	35,8	-	-
Sutare < 25cm	21	2,946	-	-	-
Sutare > 25 cm	1	0,268	26,8	-	-
	1	0,254	26,1	-	-
	1	0,338	28,2	-	-

Tabell 5. Sammanställning av fångst vid provfiske med Nordiskt översiktnät i brott nr 3 den 8-9 juli 2008. Åldersbestämningen grundar sig på årsringsberäkning av gällock.

Art	Antal	Vikt kg (tot)	Längd cm	Ålder (år)	Maginnehåll
Abborre < 35 cm	51	(2,524)	-	-	-
Abborre > 35 cm	1	1,818	48,3	8	Kräftor
	1	1,808	47	8	Kräftor
	1	0,964	41,5	4	Kräftor
Sutare < 25cm	17	(2,1)	-	-	-
Sutare > 25 cm	1	0,604	34,8	-	-
	1	0,434	30,5	-	-
	1	0,448	31,2	-	-
	1	0,434	30,2	-	-

Behandling 1, 2008-08-20

Använd produkt färgades vid kontakt med vatten vit (Figur 17) och det var därmed möjligt att med blotta ögat konstatera god spridning i den behandlade vattenmassan när de vita moln som bildades sakta upplöstes. Spädning till brukslösning och spridning över vattenytan tog runt två timmar per lokal.



Figur 17. Spridning av deltametrin. Substansen spreds jämnt över vattenytan med hjälp av båt (vänster). Vid kontakt med vatten bildade använd produkt ett mjölkfärgat moln som sakta löstes upp i vattenmassan (höger). Foto Nils Ljunggren

Påverkan kräftor

De första tecknen på att kräftorna påverkats av behandlingen syntes omkring 10 minuter efter att brukslösningen tillsatts vattenmassan. Tecken på påverkan var en snabbt ökad aktivitet, med kräftor som trots fullt dagsljus rörde sig exponerat i anslutning till dagsrefugier i form av stenar och växtlighet. Efterhand som påverkan tilltog ökade aktiviteten ytterligare med okontrollerade simrörelser och krampaktiga kroppssammandragningar. De första dödsfallen konstaterades ungefär en timma efter att behandlingen avslutats. Morgonen efter förgiftningen påträffades endast döda kräftor. Vid flera tillfällen observerades att kräftor sökte sig upp mot vattenbrynet. Inte i något fall sågs dock kräftor som klarade att ta sig upp på land.

Fiskar

De i Smöjenbrotten förekommande fiskarterna sutare och abborre visade en i jämförelse med kräftorna till synes högre tållighet mot förgiftningen och de första tecknen på påverkan visade sig någon timma efter att behandlingen slutförts. Påverkade fiskar uppvisade motoriska avvikelser i form av plötsliga simruscher och svårighet att reglera flytförmågan. Beteendet medförde att många fiskar avslöjade sig genom plask och plogar i vattenytan (Figur 18). Döda abborrar och sutare påträffades från cirka fem timmar efter att behandlingen avslutats. Under hela den period som behandlingen pågick observerades även fiskar som uppvisade normalt beteende. Inga uppenbara skillnader mellan arter eller storlek kunde ses på påverkade kontra opåverkade fiskar.



Figur 18. Många fiskar visade stört beteende i form av plötsliga simruscher i ytvattnet. Trots dödligheten så observerades även opåverkade fiskar genom hela behandlingen. Foto Nils Ljunggren

Övriga organismer

Påverkan på plankton- och bottenmiljön redovisas utförligt i Nygren (2009) och beskrivs här endast översiktligt. Studien visar att djurgruppen hjuldjur *rotiferer* i de behandlade dammarna överlevde den koncentration av deltametrin som används under utrotningen, och att gruppen i brott 2 till och med signifikant ökade i abundans under en period cirka 3 veckor efter behandlingen. Ökningen förklaras av ändrade konkurrens- och predationsförhållanden i ekosystemet. Liknande effekter i brott 3 bedöms enligt Nygren som troliga, men har möjligen missats i undersökningarna på grund av låg provtagningsfrekvens och det faktum att de två brotten på grund av skilda initialkoncentrationer inte följdes åt tidsmässigt med avseende på ekosystemets status och återhämtning.

Kräftdjursplankton *crustacea* försvann efter behandlingen helt i de behandlade brotten, men återkolonisation konstaterades cirka en månad efter behandlingen. Även övriga grupper av leddjur i såväl plankton- som bottenfauna slogs ut eller minskade drastiskt i abundans.

De uppföljande undersökningar avseende zooplankton och bottenfauna som genomfördes i kalkbrotten på Smöjen under 2009 (Nygren 2010) visar att effekterna av deltametrinbehandlingen ett år efter behandlingen fortfarande var synliga i form av påverkad abundans men att artsammansättningen hos såväl zooplankton som bottenfauna hade återställts.

Analys av giftkoncentration

Vattenmassa

Resultaten av vattenanalyserna redovisas i Tabell 6 och Figur 19 och 20. Uppmätt koncentration deltametrin ett dygn efter spridningen var 0,6 µg/l i brott 2 och 0,5 µg/l i brott 3.

Tabell 6. Uppmätt koncentration deltametrin i vattenmassan i Smöjen 2 (a) och Smöjen 3 (b). Lägsta detektionsgräns vid analysen varierar mellan 0,002 och 0,006 µg/l.

A. Smöjen 2.

Datum	19-aug	21-aug	27-aug	03-sep	11-sep	24-sep	04-nov
Deltametrin µg/l	0	0,6	0,1	0,02	0,009	0	0
Vatten temp. °C	19	18,3	18,8	18,7	16,8	11,0	6,4

B. Smöjen 3.

Datum	19-aug	21-aug	27-aug	03-sep	11-sep	24-sep	04-nov
Deltametrin µg/l	0	0,5	0,2	0,02	0,009	0,009	0
Vatten temp. °C	19	18,6	18,8	19,2	16,8	11,5	7,0

Sediment

Uppmätt halt deltametrin/kg torrsubstans i sediment redovisas i Tabell 7.

**Tabell 7. Uppmätt halt deltametrin i sediment från Smöjen 2 (a), Smöjen 3 (b).
Lägsta detektionsgräns vid analysen var 0,2 µg/kg torrsubstans (Ts).**

A. Smöjen 2.

Datum	19-aug	21-aug	27-aug	24-sep
Deltametrin µg/kg Ts	0	4	5	0

B. Smöjen 3.

Datum	19-aug	21-aug	27-aug	24-sep
Deltametrin µg/kg Ts	0	301	30	7

Döda fiskar och kräftor

Uppmätt halt deltametrin/kg torrsubstans hos döda fiskar och kräftor redovisas i Tabell 8.

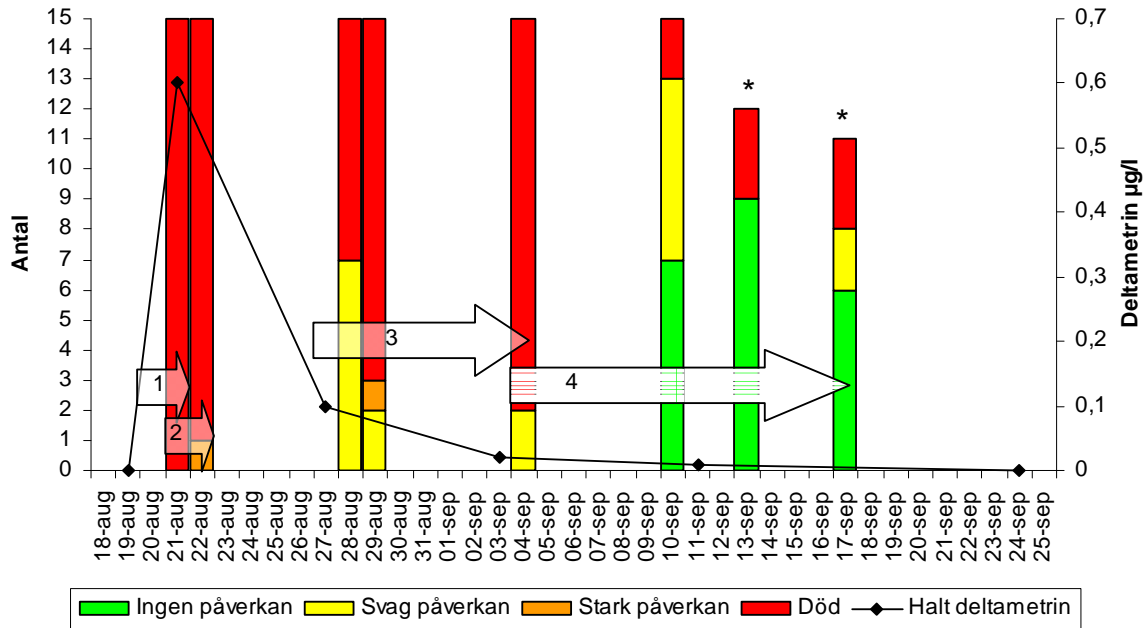
Tabell 8. Tabellen visar deltametrinkoncentration hos ett antal kräftor och fiskar som tillvaratogs i samband med utrotningen i kalkbrotten på Smöjenområdet i augusti 2008.

Lokal	Datum	Prov	Deltametrin µg/kg Ts
Smöjen 2	20-aug	Död abborre från strandkanten	200
Smöjen 2	29-aug	Död flodkräfta från sumpförsök	10
Smöjen 2	24-sep	Död flodkräfta från sumpförsök	spår
Smöjen 3	20-aug	Sutare från strandkanten	200
Smöjen 3	29-aug	Död flodkräfta från sumpförsök	6
Smöjen 3	24-sep	Död flodkräfta från sumpförsök	< 0,3

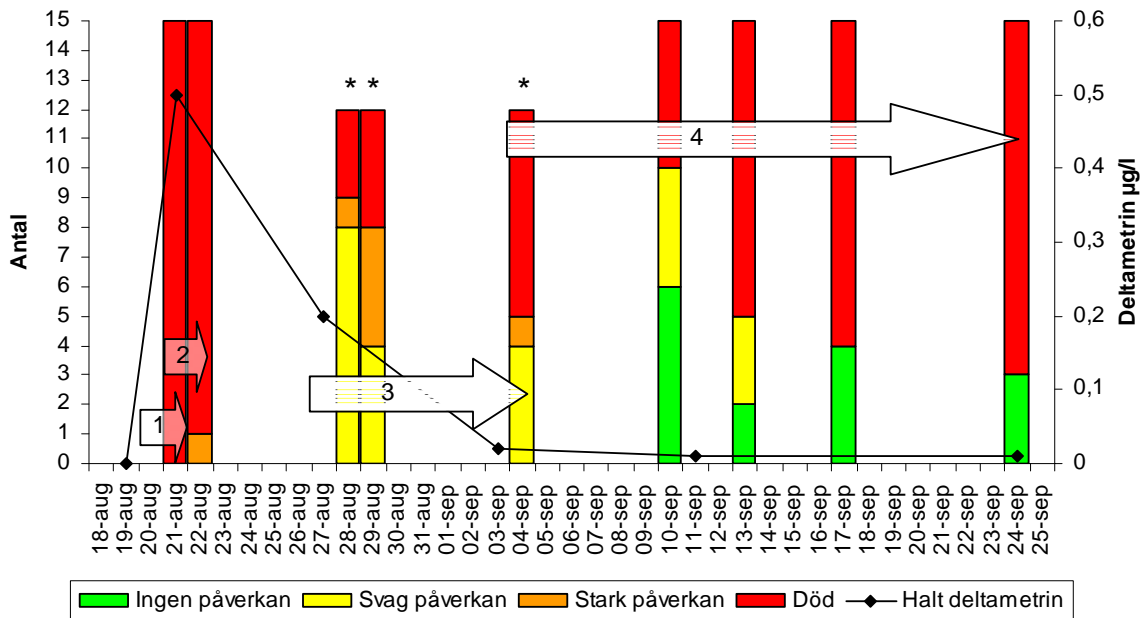
Sumpningsförsök

Resultaten av sumpningsförsöken redovisas i Figur 19 (Smöjen brott 2) och 20 (Smöjen brott 3). Dödligheten var i bägge vattnen total under det första dygnet, men avtog sedan relativt snabbt. Vid de sumpningsförsök som påbörjades en vecka efter behandlingen fanns individer som överlevde mer än en veckas exponering.

Alla de 15 kräftor som i referenssyfte sumpades i det närliggande brott 1 var i god kondition när sumpningsförsöket avslutades den 24 september.



Figur 19. Figuren visar halt deltametrin i vattenmassan (linje) samt condition (staplar) hos sumpade flodkräftor i brott nr 2, Smöjen. Vid var och ett av sumpningsförsöken användes 15 kräftor, vilka fördelades i 5 burar. Pilar anger tidpunkt då var och en av de 4 sumpningsinsatserna pågick. Början av varje pil visar således starten för ett nytt sumpningsförsök och påföljande staplar inom pilen visar kontrolltillfällen. Den kräfta som var vid liv vid kontrollen den 22 augusti var död vid påföljande efterkontroll en timma senare. Vattentemperaturen sjönk under perioden från 19°C (19/8) till 11,5 °C (17/9). Stjärna* markerar att kräftor saknas p. g. a tjuvvittjade sumpar.



Figur 20. Figuren visar halt deltametrin i vattenmassan (linje) samt condition (staplar) hos sumpade flodkräftor i brott nr 3, Smöjen. Vid var och ett av sumpningsförsöken användes 15 kräftor, vilka fördelades i 5 burar. Pilar anger tidpunkt då var och en av de 4 sumpningsinsatserna pågick. Början av varje pil visar således starten för ett nytt sumpningsförsök och påföljande staplar inom pilen visar kontrolltillfällen. Den kräfta som var vid liv vid kontrollen den 22 augusti var död vid påföljande efterkontroll en timma senare. Vattentemperaturen sjönk under perioden från 19°C (19/8) till 11,5 °C (17/9). Stjärna * markerar att kräftor saknas p.g.a tjuvvittjade sumpar.

Behandling 2, 2008-11-04

Inga kräftor kunde observeras under den tid som lokalen observerades fram till årsskiftet. Parallella okulära inventeringar i omkringliggande vatten med intakta kräftbestånd visade samtidigt på relativt hög aktivitet hos kräftorna långt in på hösten.

Liksom vid behandlingen under sommaren observerades stora individuella skillnader i påverkan på fiskar med de första dödsfallen några timmar efter att giftet tillsatts vattenmassan, samtidigt som till synes opåverkad individer av både sutare och abborre observerades i bägge de behandlade kalkbrotten ända fram till islägningen.

Analys av giftkoncentration

Vattenmassa

Analysresultat från vattenprover efter behandling 2, med start den 4 november 2008, redovisas i Tabell 9 och Figur 21 och 22.

Tabell 9. Uppmätt koncentration deltametrin i vattenmassan i Smöjen 2 (a), Smöjen 3 (b) vid den andra behandlingen med start den 4 november 2008. Lägsta detektionsgräns vid analysen varierar mellan 0,002 och 0,006 µg/l.

A. Smöjen 2.

Datum	04-nov	05-nov	11-nov	20-nov	26-nov	09-dec	18-dec	13-jan	18-feb
Deltametrin µg/l	0	1	0,4	0,2	0,2	0,05	0,02	0,008	0,003
Vatten temp. °C	6,4	6,0	~6	~3	0,6	2,5	3,0	0,3	0,3

B. Smöjen 3.

Datum	04-nov	05-nov	11-nov	20-nov	26-nov	09-dec	18-dec	13-jan	18-feb
Deltametrin µg/l	0	0,5	0,3	0,08	0,1	0,06	0,05	0,01	0,008
Vatten temp. °C	7,0	6,0	~6	~3	0,7	2,3	3,0	0,3	0,3

Sediment

Analysresultat från sedimentprover efter behandling 2, den 4 november 2008, redovisas i Tabell 10.

Tabell 10. Uppmätt halt deltametrin i sediment från Smöjen 2 (a), Smöjen 3 (b) vid den andra behandlingen med start den 4 november 2008. Lägsta detektionsgräns vid analysen var på 0,2 µg/kg torrs substans (Ts).

A. Smöjen 2.

Datum	04-nov	05-nov	11-nov	20-nov	09-dec	18-dec	13-jan	18-feb
Deltametrin µg/kg Ts	-	-	-	-	-	-	90	100

B. Smöjen 3.

Datum	04-nov	05-nov	11-nov	20-nov	09-dec	18-dec	13-jan	18-feb
Deltametrin µg/kg Ts	-	-	-	-	-	-	4	3

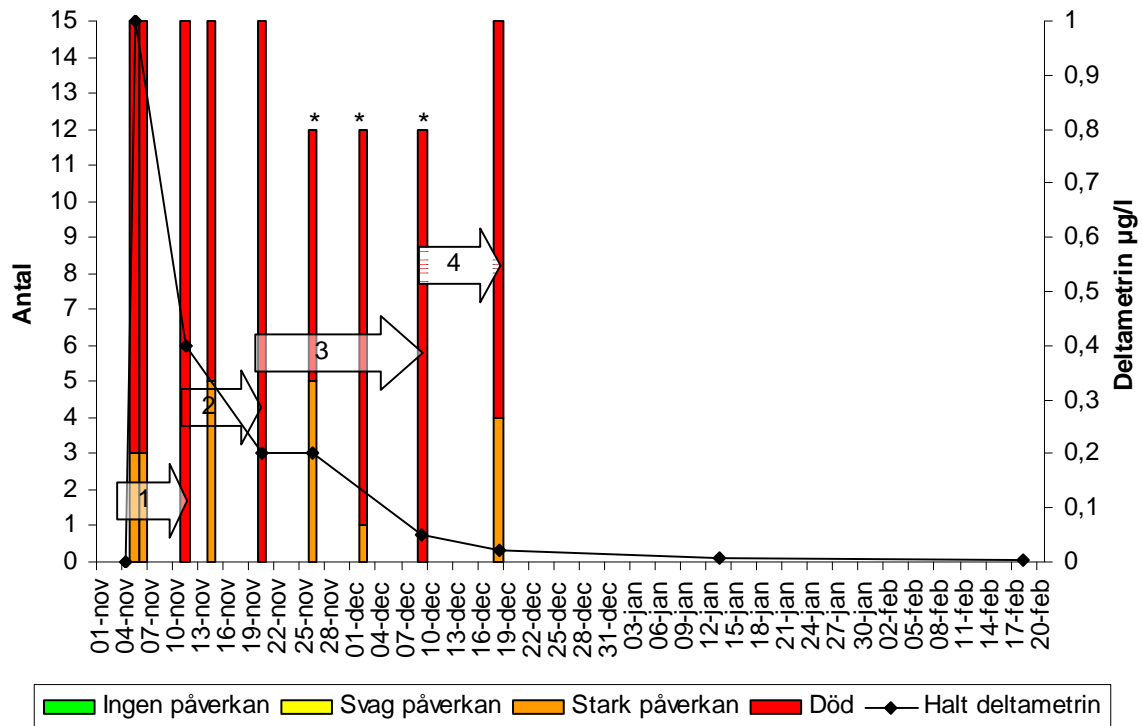
Döda fiskar och kräftor

Den flodkräfta som analyserades från sumpningsförsöket som avslutades den 26 november 2008 hade en deltametrinhalt av 10 µg/kg Ts.

Sumpningsförsök

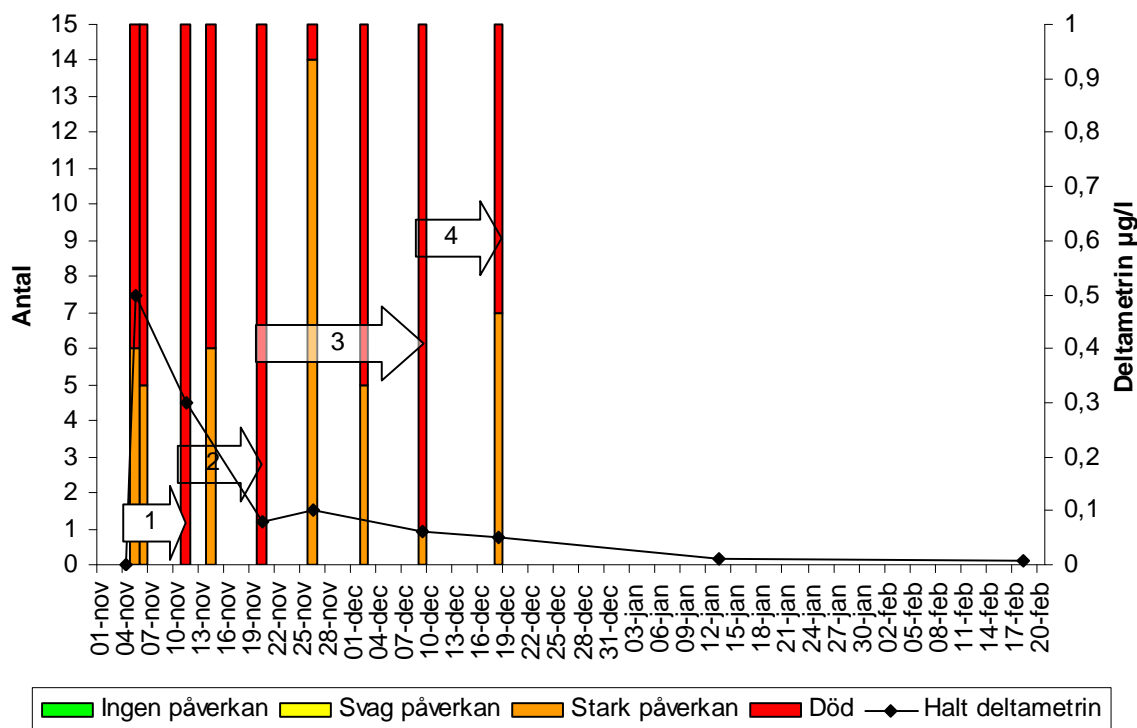
Resultaten av sumpningsförsöken vid den andra behandlingen av kalkbrotten på Smöjenområdet redovisas i Figur 21 (brott 2) och 22 (brott 3).

De 10 kräftor som i referenssyfte sumpades i närliggande brott 1 var i god kondition fram till isläggnen i slutet av december.



Figur 21. Figuren visar halt deltametrimin i vattenmassan (linje) samt kondition (staplar) hos sumpade flodkräftor i brott nr 2, Smöjen efter den andra behandlingen med start den 4 november 2008. Vid var och ett av sumpningsförsöken användes 15 kräftor, vilka fördelades i 5 burar. Pilar anger tidpunkt då var och en av de 4 sumpningsinsatserna pågick. Början av varje pil visar således starten för ett nytt sumpningsförsök och påföljande staplar inom pilen visar kontrolltillfällen. Vattentemperaturen sjönk under perioden från 6,4 °C (4/11) till 0,3 °C (18/2). På grund av isläggnen avslutades sumpningsförsöket den 19 december.

* 1 sump försvunnen.



Figur 22. Figuren visar halt deltametrin i vattenmassan (linje) samt kondition (staplar) hos sumpade flodkräftor i brott nr 3, Smöjen efter den andra behandlingen med start den 4 november 2008. Vid var och ett av sumpningsförsöken användes 15 kräftor, vilka fördelades i 5 burar. Pilar anger tidpunkt då var och en av de 4 sumpningsinsatserna pågick. Början av varje pil visar således starten för ett nytt sumpningsförsök och påföljande staplar inom pilen visar kontrolltillfällen. Vattentemperaturen sjönk under perioden från 7°C (4/11) till 0,3°C (18/2). På grund av isläggning avslutades sumpningsförsöket den 19 december.

Okulär inventering

Vid okulär inventering av de behandlade kalkbrotten den 3 november 2008 observerades i brott 2 fem mindre abborrar och en sutare. I brott 3 observerades ett 30-tal abborrar mellan 5 och 10 centimeter. Vid jämförande inventering i det ej behandlade brott 1 observerades 15 flodkräftor samt sju abborrar av olika storlek.

Under 2009 noterades av fiskerättsägaren såväl abborre som sutare i bägge de behandlade brotten. Förekomst av kräftor har trots upprepade okulära inventeringar och provfisken inte konstaterats (Gydemo muntl.).

Stenkyrka

Förberedelser 2007

Totalt fångades under perioden 2 augusti till 8 september 2007 132,8 kg signalkräfta (damm 1) och 21,4 kg flodkräfta (damm 2 – 10). I övrigt konstaterades rikligt med gädda i damm 1 och att dessa till stor del livnär sig på signalkräftor. Av 8 fångade och dissekerade gäddor mellan 15 och 55 cm hade samtliga signalkräftor i magen.

Ingen spridning av signalkräfta utifrån den stora bevattningsdammen (damm 1) kunde konstateras och fångsten i damm 2-10 utgjordes enbart av flodkräfta. Småspigg förekom sparsamt i flera utav dammarna.

Inga kräftor hittades i kanalen, men observationer av småspigg och gädda indikerade att vattenkvaliteten trots tydliga tecken på eutrofiering var tillfredsställande för fisk. Enligt markägaren förekommer enstaka flodkräftor i kanalen.

Behandling, 2008-08-25

Påverkan kräftor

Liksom i Smöjen så syntes i direkt anslutning till behandlingen en markant ökad aktivitet hos kräftorna i dammen. De första dödsfallen observerades ca en timma efter att behandlingen slutade och påföljande morgon syntes inte längre några levande kräftor.

Fiskar

Små gäddor visade en stark påverkan av giftet och döda och döende smågäddor syntes efterhand i ett allt större antal längs med stränderna. Större gäddor från ca ett kilo och uppåt visade på större tålighet men att även dessa efterhand påverkades syntes genom plask och plogar i ytvattnet. Flera döda gäddor mellan 1 och 3 kilo påträffades under de närmaste dagarna efter behandlingen och troligtvis så dog huvuddelen av dammens gäddor. Inga andra fiskarter observerades.

Övriga organismer

Påverkan på dammens insektsfauna syntes genom en ökad aktivitet och död hos framförallt trollsländelarver, buksimmare och fjädermygglarver. Stora delar av vattenytan täcktes morgonen efter behandlingen av döda vatteninsekter. Döda insekter drev tillsammans med kräftor och gäddor med hjälp av vinden ihop längs med stränderna (Figur 23).



Figur 23. Vindexponerade strandavsnitt täcktes dagen efter behandlingen av stora mängder döda insekter, kräftor och gäddor. Havsörn, kråka och häger syntes tidigt på morgonen i anslutning till dammen och skador på döda gäddor visade att fåglar ätit av dessa. Foto Nils Ljunggren

Analys av giftkoncentration

Vattenmassa

Uppmätt koncentration ett dygn efter spridningen var i Stenkyrka 0,6 µg/l. Nedbrytningen var snabb och den 24 september, en knapp månad efter behandlingen, uppmättes endast 0,01 µg/l (Tabell 11, Figur 24).

Tabell 11. Uppmätt koncentration deltametrin i vatten från bevattningsdammen i Stenkyrka. Lägsta detektionsgräns vid analysen varierade mellan 0,002 och 0,006 µg/l.

Datum	25-aug	26-aug	03-sep	11-sep	24-sep
Deltametrin µg/l	0	0,6	0,02	0,02	0,01
Vatten temp. °C	19	-	-	-	-

Sediment

En viss upplagring av deltametrin uppmättes i ytsedimentet och den 24 september syntes i analysen ännu en halt av 40 µg/kg torrs substans (Tabell 12).

Tabell 12. Uppmätt koncentration deltametrin i sediment från bevattningsdammen i Stenkyrka. Lägsta detektionsgräns vid analysen var 0,2 µg/kg Ts.

Datum	25-aug	26-aug	03-sep	24-sep
Deltametrin µg/kg Ts	0	20	50	40

Döda fiskar och kräftor

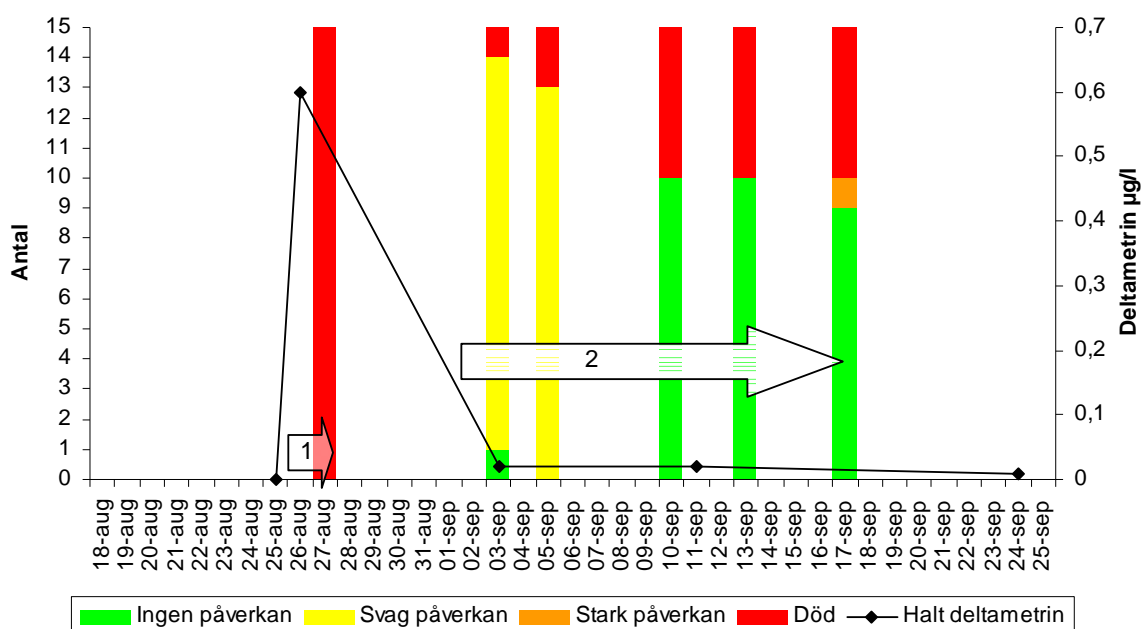
Analysresultat från två kräftor redovisas i Tabell 13.

Tabell 13. Tabellen visar deltametrinkoncentration hos flodkräftor som tillvaratogs i samband med utrotningen i bevattningsdammen i Stenkyrka.

Datum	Prov	Deltametrin $\mu\text{g}/\text{kg}$
03-sep	Flodkräfta från sumpningsförsök	2
10-sep	Flodkräfta från sumpningsförsök	1

Sumpningsförsök

Sumpningsförsöken visade på en total dödlighet under det första dygnet efter behandlingen, men avtog sedan snabbt i takt med sjunkande giftkoncentration (Figur 24).



Figur 24. Figuren visar halt deltametrin i vattenmassan (linje) samt kondition (staplar) hos sumpade flodkräftor i bevattningsdammen, Stenkyrka. Vid var och ett av sumpningsförsöken användes 15 kräftor, vilka fördelades i 5 burar. Pilar anger tidpunkt då var och en av de 4 sumpningsinsatserna pågick. Början av varje pil visar således starten för ett nytt sumpningsförsök och påföljande staplar inom pilen visar kontrolltillfällen. Vattentemperaturen sjönk under perioden från ca 19 °C (25/8) till 13,5 °C (17/9).

Okulär inventering efter avtagen giftverkan

Inga tecken på förekomst av signalkräftor syntes vid den okulära inventeringen den 3 november 2008. Flodkräftor från den återintroduktion som ägt rum cirka två månader efter behandlingen påträffades sparsamt på grundområdena, samtliga rombärande honor av likartad storlek. Av övrig fauna observerades en gädda på ca 15 centimeter samt sparsamt med buksimmare och dykarbaggar av flera arter.

Hangvar

Resultat spårningsförsök

Den tillsatta spårämnesmängden gav en initial koncentration av spårämnet i vattnet på cirka 100-125 µg/l, vilket resulterade i en tydligt grön färg. Halten av spårämne i kalkbrottet avtog därefter successivt, framförallt sannolikt på grund av solljusets nedbrytande inverkan, och halterna återgick till bakgrundvärden efter cirka 2-3 veckor.

Provtagning pågick under cirka 12 veckor efter spårämnesinjicering. Provtagningsfrekvens var i de flesta fall ca 1 gång/vecka. Analyser av vattenproverna skedde genom att mäta halten fluorescerande ämnen i vattnet med hjälp av spektrofluorometer.

Totalt analyserades cirka 180 prover under försökets gång. I några enstaka fall har fördjupade analyser av spektra gjorts för att säkerställa om uppmätt halt av fluorescerande ämnen härrör från Uranin eller inte.

Resultaten av analyserna visade i samtliga prover endast bakgrundvärden av fluorescerande ämnen och inte i något fall kunde förhöjda värden till följd av injiceringen av uranin i kalkbrottet påträffas. Slutsatsen av försöket var att det grundvatten som strömmar igenom kalkbrottet inte i någon betydande utsträckning strömmar vidare mot någon av de brunnar som provtagits. Det förefaller enligt rapporten troligt att den huvudsakliga strömningsriktningen från kalkbrottet är i mer eller mindre östlig riktning (dvs. mot havsviken vid Kappelshamn (Nordquist 2009). Behandling med deltametrin kunde därmed genomföras med liten risk för påverkan på omgivande grundvattenuttag.

Behandling, 2009-08-29

Påverkan kräftor

Liksom vid behandlingarna i Stenkyrka och på Smöjen reagerade kräftorna genom ökad aktivitet kort efter att deltametrin tillsatts vattnet (Figur 25). Döda kräftor observerades från cirka en timma efter tillsatsen och efter ytterligare cirka fem timmar syntes endast ett fåtal individer med svaga livstecken. Inga levande kräftor syntes till morgonen efter behandlingen.



Figur 25. Kräftorna reagerade snart efter behandlingen genom ökad aktivitet och syntes trots fullt dagsljus röra sig exponerat över grunda områden. Foto Nils Ljunggren

Påverkan övriga organismer

Kalkbrottet visade sig ha ett mycket artfattigt insektsamhälle med total dominans av buksimmare och fjädermyggor. Stora mängder av till synes en art av vardera insektsgrupp täckte någon timme efter tillsatsen vattenytan (Figur 26). Ingen artbestämning gjordes.



Figur 26. Stora mängder buksimmare och fjädermygglarver täckte efter behandlingen kalkbrottets vattenyta. Foto Nils Ljunggren

Analys av giftkoncentration

Vattenmassa

Analysresultat från de vattenprover som togs före och efter behandlingen redovisas i Tabell 14. Inga spår av deltametrin påträffades i de vattenprover som togs i närliggande brunnar.

Tabell 14. Uppmätt halt deltametrin i vattenprover tagna före och efter behandlingen av kalkbrottet i Hangvar.

Datum	28-aug	29-aug	07-sep	15-sep	21-sep	28-sep	26-okt
Deltametrin µg/l	0	4,3	0,37	0,21	0,054	0,033	0,002
Vatten temp. °C	19,7	19,6	18,3	17,3	17,1	-	8,5

Sediment

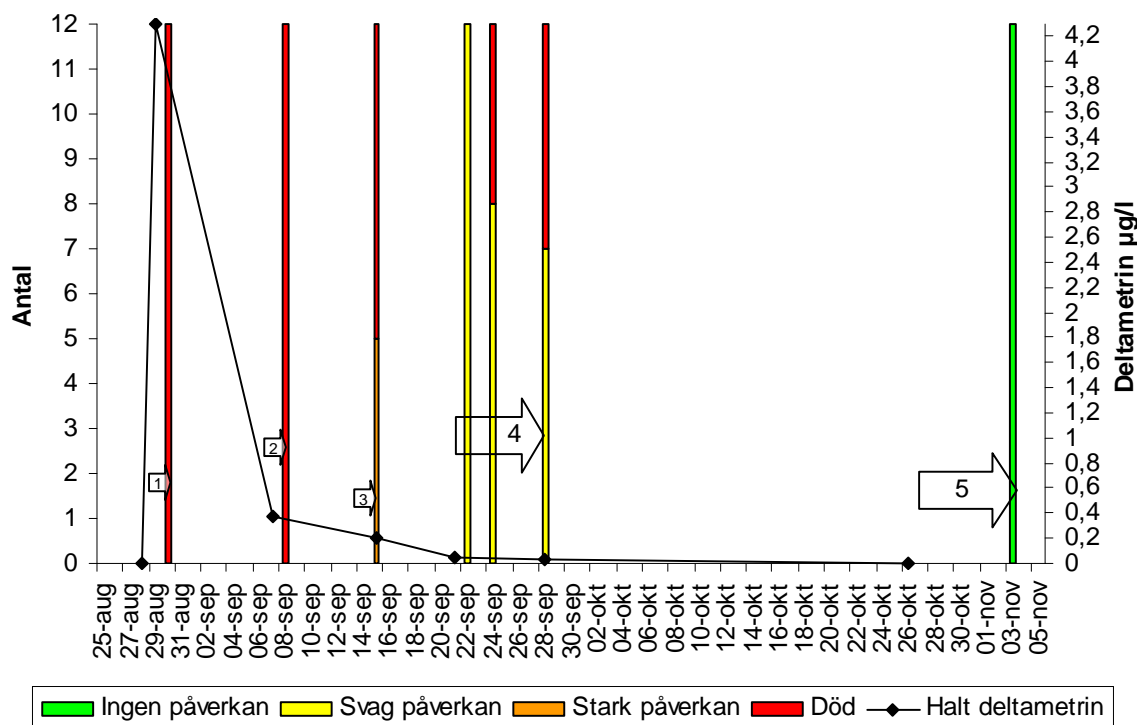
Analysresultat från de sedimentprover som togs före och efter behandlingen redovisas i Tabell 15.

Tabell 15. Uppmätt halt deltametrin i sedimentprover tagna före och efter behandlingen av kalkbrottet i Hangvar.

Datum	28-aug	29-aug	07-sep	15-sep	21-sep	28-sep	26-okt
Deltametrin µg/kg Ts	0	5	70	100	100	80	90

Sumpningsförsök

Sumpningsförsöken visade på total dödlighet under ett dygns exponering ännu en vecka efter behandlingen. Vid den sumpning som påbörjades den 28 oktober syntes giftverkan på de sumpade kräftorna helt ha avtagit (Figur 27).



Figur 27. Figuren visar halt deltametrin i vattenmassan (linje) samt kondition (staplar) hos sumpade flodkräftor i kalkbrottet i Hangvar. Vid var och ett av sumpningsförsöken användes 12 kräftor, vilka fördelades i 4 burar. Pilar anger tidpunkt då var och en av de fem sumpningsinsatserna pågick. Början av varje pil visar således starten för ett nytt sumpningsförsök och påföljande staplar inom pilen visar kontrolltillfällen. Vattentemperaturen sjönk under perioden från ca 19,7 °C (28/8) till 8,5 °C (26/10).

Uppföljande inventering

Inga tecken på överlevande kräftor syntes under de okulära inventeringar som genomfördes efter behandlingen.

Diskussion

Metoden

Effektivitet

Det är ännu för tidigt att utvärdera om de genomförda behandlingarna har lyckats fullt ut. Vi kan dock konstatera att inga levande kräftor påträffats i något av de behandlade vattnen sedan det första dygnet efter att deltametrin tillsatts. Den kraftfulla effekten av giftet styrks av resultaten från de uppföljande sumpningsförsöken.

Den trots fullt dagsljus höga aktiviteten hos kräftorna direkt efter att deltametrin tillsattes de behandlade vattnen är ett fenomen som även beskrivs i andra liknande försök (Peay 2006, Sandodden & Johnsen 2008, Petersson 2006). Fenomenet är av positiv betydelse då det sannolikt medför att kräftorna lämnar skyddade dagsrefugier och därmed i högre grad exponeras för behandlat vatten.

Liksom i ovan nämnda försök syntes i flera fall kräftor som försökte krypa upp på land. Inte i något fall observerades dock kräftor som lyckades med detta, utan de strandade och dog i stället strax under eller i strandlinjen. Troligtvis på grund av försämrad motorik och försvagat allmäntillstånd.

Peay (2006) trycker på vikten av högt vattenstånd vid behandlingen för att komma åt kräftor i den viktiga strandzonen. Gotlands nederbördsfattiga somrar medför normalt att vattenståndet under sensommaren är lågt. Då de behandlade vattnen ej var möjliga att dämna för att öka vattenståndet, bedömdes riklig spolning av strandzonen med behandlat vatten som ett gott alternativ för att nå kräftor som eventuellt uppehöll sig i håligheter strax ovanför vattenlinjen. Detta sågs som särskilt viktigt i kalkbrotten där kvarlämnad krossten medförde att stränderna ofta hade en mycket porös struktur.

Genomförbarhet

Själva spridningen av preparatet var genom produktens höga giftighet och fysikaliska egenskaper mycket enkel att genomföra. Spädning till brukslösning på ca 1:10 följt av omblandning av ytvattnet bedömdes som fullt tillräckligt för att uppnå god spridning i den öppna vattenmassan. Sumpningsförsöken visar att gifthalten även i djupområden samt svårbehandlade platser, så som den vattendränkta kulverten i brott 2 på Smöjen, efterhand var tillräcklig för att orsaka fullgod verkan.

Behandlingen av kantzoner och vegetationsbälten (inkl förberedande vegetationsklippning) var mycket arbetskrävande, men bedömdes vara viktig för att öka effekten av behandlingen i dessa områden, inte minst med tanke på den troligen stora uppbindningen till vegetation och sediment. Ett rutinerat arbetslag med väl dimensionerade röjsågar och kraftiga pumpar var till mycket stor hjälp, och minskade avsevärt den totala arbetstiden vid detta arbete.

Den pumputrustning som användes vid behandlingarna var avsedd för professionell brandbekämpning. Utrustningen var byggd för mobila ändamål, och lämpade sig trots sin storlek därmed mycket väl för upprepade förflyttningar. Ett råd till liknande projekt är att använda väl dimensionerad utrustning anpassad för kontinuerlig användning under längre perioder upp till flera dygns tid.

Den noggrannhet som krävs vid planering, behandling och uppföljning medför en begränsande faktor för vilken storlek av vatten som kan anses vara lämplig för behandling med deltametrin så som i det här projektet. De största vatten som behandlades var drygt 2 ha

stora, vilket var fullt överkomligt med en arbetsstyrka på fem personer. Ständernas beskaffenhet vad gäller flikighet och vegetation avgör till stor del hur stor arbetsinsats som krävs.

Dosering

Skillnader i fysikaliska och biologiska förhållanden mellan olika vatten medför stora svårigheter att förutsäga den dosering som krävs för att uppnå vald målkoncentration i ett behandlat vatten. Deltametrin binder lätt till partiklar och organiskt material vilket medför att vatten med hög turbiditet kommer att kräva en betydligt högre dos än vad som ges av teoretiska beräkningar utifrån den uppmätta vattenvolymen. En möjlig väg för att uppskatta den överdosering som krävs är att inför behandlingen genomföra landbaserade försök med kräftor och vatten från den lokal som skall behandlas. Peay (2006) anger en överdosering av ca 50% gentemot den letala dosen är lämplig för fullskaliga utrotningar med naturligt pyretrum.

Temperatur, ljusintensitet och djup är faktorer som direkt eller indirekt kommer att påverka effekten och nedbrytningshastigheten vid en behandling med deltametrin (Se material och metoder). Kallare vatten medför lägre akut giftighet hos kräftorna (Se material och metoder), men medför samtidigt att giftverkan genom långsammare nedbrytning kvarstår under en längre tid. Detta var tydligt vid den andra behandlingen av kalkbrotten på Smöjen där några av de sumpade flodkräftorna trots en deltametrinhalt av mellan 0,5 och 1 µg/l överlevde flera dagars exponering.

Uppföljning med sumpade kräftor är ett enkelt och effektivt sätt att kontinuerligt följa fullgod effekt samt nedbrytning ur vattenpelaren.

Uppbindningen till organiskt material medför en svårberäknad felkälla mellan beräknad och faktisk uppnådd koncentration. Om en önskad hög halt deltametrin uppnås, så som var fallet vid behandlingen av kalkbrottet i Hangvar, så visar erfarenheterna att utgången ur vattenfasen trots allt är relativt snabb. Behandling under varma vattenförhållanden medför här genom snabb nedbrytning en gardering mot oönskade effekter till följd av överdosering.

Nedbrytning

Vatten

De genomförda vattenanalyserna visar på en mycket snabb nedbrytning ur vattenfasen vid de behandlingar som genomfördes under sensommaren och med en vattentemperatur kring 20°C (Smöjen behandling 1, Stenkyrka, Hangvar).

Förutom i Hangvar, där initialdosen var nästan 10 gånger högre (4,3 µg/l) än den avsedda (0,5 µg/l), hade halten deltametrin inom en vecka efter tillsatsen sjunkit väl under den nivå (0,1 µg/l) som anges som gränsvärde i dricksvatten inom EU (KEMI 1997) och av WHO (WHO 2004b). En månad efter tillsatsen i vattnen på Smöjen och i Stenkyrka låg nivåerna av deltametrin i vattenfasen på ej detekterbara eller mycket låga nivåer på mindre än 0,01 µg/l. Deltametrinets utgång ur vattenfasen överensstämmer väl med vad som uppmättes vid behandlingen på Smöjen 2001 (Pettersson 2006) och måste betraktas som mycket tillfredsställande då återkolonisation av planktonsamhället därmed är möjlig redan under samma säsong som behandlingarna genomförts. Då behandlingarna av signalkräfta i norska vatten under 2008 (Sandodden & Johnsen 2008) följdes av torrläggning, saknas uppgifter om den i det fallet verksamma substansens (cypermetrin) nedbrytning vid dessa försök.

Trots den oönskat höga initialdosen vid behandlingen av kalkbrottet i Hangvar var halten av deltametrin i vattenfasen även där nere på nivåer under EU och WHOs gränsvärden inom tre veckor efter tillsatsen. Analyserna visar dock att rester (0,002 µg/l) ännu fanns kvar i vattnet den 26 oktober, knappt två månader efter tillsatsen. Den långsamma nedbrytningen av kvarvarande deltametrinrester under hösten kan sannolikt till stor del härledas till sjunkande temperatur och ljusinstrålning.

Den andra behandlingen av de två kalkbrotten på Smöjenområdet genomfördes sent på året (4 november) då lägre temperatur och ljusinstrålning förväntades medföra långsam nedbrytning. Den initiala nedbrytningen till halter under 0,1 µg/l skedde dock relativt snabbt; inom ett fåtal veckor. Att låga halter av deltametrin på 0,003 µg/l respektive 0,008 µg/l uppmättes ännu vid den sista provtagningen den 18 februari 2009 förklaras av att isläggning från och med mitten av december avsevärt bör ha minskat nedbrytningstakten.

Sediment

Det är ett känt faktum att pyretroider binder till partiklar och organiskt material (Kreuger muntl.) och en betydande upplagring av deltametrin i bottensediment var därför förväntad. Analysresultaten från samtliga behandlade brott visar en likartad trend med de högsta värdena uppmätta en tid efter att de högsta nivåerna registrerades i vattenfasen.

Vid den första behandlingen av kalkbrotten på Smöjen uppmättes maximalt 300 µg/kg Ts i brott 3, vilket var betydligt högre än den högsta uppmätta koncentrationen på 5 µg/kg Ts i brott 2. En möjlig förklaring är att provtagningen i brott 3 skett på grunt vatten i direkt anslutning till en plats där deltametrin tillsatts. Analysresultaten från den första behandlingen i Smöjenbrotten visar dock sammantaget att halten deltametrin i ytsedimentet sjönk snabbt, för att vara mycket låg ca en månad efter behandling.

Efter den andra behandlingen i Smöjenbrotten, med start den 4 november, kunde 100 µg/kg Ts ännu konstateras i sedimentprov från brott 2 så sen som den 13 januari. Den stora skillnaden i prover mellan de två behandlade brotten (3 µg/kg Ts i brott 3) kan förutom en högre initialdos i brott 2 även förklaras av att provtagningsplatsen i brott 2 var belägen nära mynningen av det dike där extra deltametrin tillsattes under behandlingen.

I bevattningsdammen i Stenkyrka uppmättes 40 µg/kg Ts vid sista provtagningen den 24 september, en knapp månad efter tillsats, och i Hangvar 90 µg/kg Ts vid sista provtagningen den 26 oktober ca 2 månader efter tillsats.

Jämförelse med behandlingen 2001 (Petersson 2006) är ej möjlig då prover endast analyserades avseende koncentration i vattenfasen.

Trots de till synes höga halter av deltametrin som uppmättes upp till två månader efter att ämnet tillsatts de behandlade vattnen, så utgör resultaten ingen anledning till oro. Deltametrin bryts liksom andra pyretroider ner av mikroorganismer och solljus. Omvandlingsprodukterna är mer rörliga men mindre giftiga än deltametrin. De är dessutom kortlivade (KEMI 1997, WHO 2004b, Kreuger muntl.). Den långsamma nedbrytningen i kalla och syrefattiga miljöer medför att upplagring skulle kunna ske i syrefattiga och sterila miljöer, så som sjöars bottensediment (KEMI 1997), något som vi var väl medvetna om före det att behandlingarna genomfördes. Den mycket starka bindningen till partiklar medför att sannolikheten för vidare läckage ut i grundvatten eller ovanliggande vattenpelare är högst osannolik (Footprint 2009, Kreuger muntl.). Att behandlingarna genomfördes på sensommaren och hösten medför i och med sjunkande temperaturer och ljusinstrålning att en avtagande nedbrytningstakt är ofrånkomlig. En behandling tidigare på säsongen hade sannolikt inneburit att bottensedimenten varit renare från deltametrin tidigare, men hade samtidigt minskat

effektiviteten i behandlingen med avseende på stabilt hög vattentemperatur och hög aktivitet hos kräftor av bägge kön och skilda årsklasser.

Peay (2006) använde sumpade vattengråsuggor, *Asellus sp.*, för att kontrollera läckage till de vatten som ej var målvatten. Detta är en lämplig metod för att *in situ* få en indikation om gift spridits till önskade områden.

Effekter på behandlade ekosystem

Fisk

Försöken visar att fisk till viss del överlever de doser av deltametrin som användes vid behandlingarna. Eftersom inga uppföljande standardiserade provfiske genomförts efter behandlingarna, så går det inte att säga någonting om den faktiska påverkan på fisksamhället. De okulära inventeringarna visar på att både abborre och sutare av skilda storlekar överlevt de med endast ca två månaders mellanrum upprepade behandlingarna i kalkbrotten på Smöjenområdet. Varför vissa individer dog relativt omgående medan andra syntes opåverkade är svårt att uttala sig om. Inga uppenbara skillnader syntes heller mellan stora och små individer. Vid provfiske i samband med behandlingen 2001 sågs en tendens till minskad medellängd hos både abborre och sutare före behandlingen jämfört med sommaren efter behandlingen. Detta kan vara en effekt av provfiskets selektivitet i små vatten. En indirekt påverkan på fisksamhället är sämre kondition, något som vid undersökningarna 2001 förklarades av minskad födotillgång till följd av utslagning av kräftor och övriga evertetrater (Petersson 2006).

Det bestånd av gädda som konstaterades i bevattningsdammen i Stenkyrka verkade påverkas betydligt kraftigare än vad som observerades hos abborre och sutare i Smöjen. I Stenkyrka kunde inga levande individer observeras den första tiden efter behandlingen. Att inte heller bevattningsdammens gäddbestånd slogs ut helt konstaterades dock vid den okulära inventeringen i början av november.

Vid den utrotning av signalkräfta som genomfördes i Norge under 2007 var ett indirekt mål att även slå ut de bestånd av sarv som huserade i de behandlade dammarna. Det är dessvärre svårt att göra några direkta jämförelser eftersom pyretroiden cypermetrin användes vid behandlingen i Norge. Dessutom gjordes det inte heller några analyser av den faktiskt använda koncentrationen. Klart är dock att total dödlighet hos sarv uppnåddes redan 4 timmar efter att cypermetrin tillförts vattnet (Sandodden & Johnsen 2008).

Vid behandlingar med naturligt pyretrum i dammar i Skottland (Peay m.fl. 2006) konstaterades mycket kraftig påverkan på fiskar, med spasmer och plötsliga simrusher i ytan följt av död. Försök att rädda påverkade fiskar genom flytt till friskt vatten lyckades inte (Hiley muntl.)

Groddjur

Trots att framförallt vanlig padda och mindre vattensalamander är mycket allmänt förekommande på Gotland, kunde varken vuxna eller juvenila individer observeras i samband med behandlingarna. Framförallt vanlig padda leker i samtliga av de behandlade vattnen, men valet av årstid medförde att årsungar sedan länge bör ha uppnått landlevande stadium.

Vid behandlingarna i Norge (Sandodden & Johnsen 2008) observerades relativt opåverkade exemplar av mindre vattensalamander 4 timmar efter tillsatsen, samtidigt som förekommande bestånd av sarv konstaterats vara helt utslaget. Vid uppföljning 2009 fanns välmående

populationer av mindre vattensalamander i de under 2007 behandlade dammarna (Sandodden, muntl.).

Evertebrater

Den i november upprepade behandlingen av de två kalkbrotten på Smöjenområdet medförde en kraftig störning i återhämtningen av plankton- och bottenfaunasamhället. Nygrens (2009) undersökningar visar dock tydligt att återhämtning av det efter behandlingen helt utslagna crustacea djurplanktonsamhället påbörjades redan någon månad efter behandlingen, i takt med att vattenanalyserna visade totalt försvinnande av deltametrin ur vattenfasen. Att de undersökningar avseende plankton- och bottenfauna som genomfördes under 2009 (Nygren 2010) visade på kvarstående störningar visar ändå att en behandling som de nu genomförda bör föregås av ett noggrant övervägande avseende nytta och negativa effekter. Nygren (2010) konstaterar dock att det i de prover som togs före den första behandlingen i augusti 2008 inte syntes några tydliga skillnader mellan behandlade och obehandlade vatten vid utrotningsförsöket 2001.

Nygrens studier ligger i huvudsak i linje med undersökningarna från behandlingen 2001 (Petersson 2006) med total utslagning av copepoder och cladocerer i behandlade vatten, följt av successiv återhämtning och relativt god förekomst sommaren efter behandlingen. Klart är att rotatorier inte påverkats nämnvärt av de genomförda behandlingarna.

Etiska aspekter

Behandling med deltametrin av naturliga eller naturaliserade vatten så som genomförts i det här projektet medför en massiv utslagning av vattenlevande organismer. Påverkan som följer av behandlingen bör naturligtvis minimeras så långt som det är möjligt. Decimeringsfiske och flytt/tillsvidareförvaring bör utföras i den mån det är möjligt. Fisk bör, framförallt i mindre vatten, kunna avlägsnas eller avlivas på effektivare sätt än den till synes plågsamma död som följde av deltametrinbehandlingen.

Trots att erfarenheterna från Norge indikerar en viss tålighet hos groddjur (Sandodden & Johnsen 2008) bör tidpunkten för en behandling förläggas vid en tid på året då gruppen lämnat vattenstadiet.

Inga försök gjordes i det här projektet att samla in och överföra påverkade fiskar till rent vatten. Som nämns ovan så misslyckades sådana försök, trots en inledande förbättrad kondition hos fiskarna, vid utrotning med naturligt pyretrum i Skottland.

Oavsett hur man ställer sig till den kraftiga påverkan på djursamhället som följer av en behandling med pyretrum eller syntetiskt framställda pyretroider, så kvartsår faktum att metoden är den idag enda realistiska för att på ett effektiv och trots allt relativt selektivt sätt slå ut oönskade kräftpopulationer.

När vet vi om vi lyckats?

Hittills genomförda inventeringar i de behandlade vattnen har inte visat på någon kvarvarande förekomst av kräftor (Gydemo muntl.) Erfarenheterna från de tidigare utrotningsförsöken på Gotland visar dock att det kan ta flera år innan eventuellt överlevande individer har reproducerat sig och bildat detekterbara bestånd. Fortsatta inventeringar under kommande år krävs därför innan det med säkerhet går att uttala sig om resultaten.

De utrotningar med naturligt pyretrum som genomfördes i Skottland under 2001 har hittills visat sig vara framgångsrika (Peay muntl.) Det samma gäller för utrotningen med cypermetrin i norska dammar under 2007 (Sandodden muntl.).

Metodens användning i det fortsatta arbetet med bevarande av flodkräfta i Sverige.

I det reviderade åtgärdsprogrammet för flodkräfta från 2009 (Edsman & Schröder 2009) nämns utveckling och utvärdering av metoder för att utrota signalkräfta ur små isolerade vatten som en viktig åtgärd. Vatten som kan vara aktuella finns framförallt på Öland och i övriga regioner med större sammanhängande områden med förekomst av flodkräfta.

Den samlade erfarenheten från de genomförda åtgärderna med pyretrum och pyretroider i Skottland, Norge och på Gotland visar i dagsläget att metoden är effektiv och fullt genomförbar. Stor noggrannhet krävs vid planering och genomförande för att inte riskera överlevande individer i avgränsade vattenfickor och tillflöden.

Erkännanden

Förutom författarna så har under perioden 2007 till 2009 Lena Almqvist, Rolf Gydemo, Magnus Petersson, Bertil Ekedahl, Britta Johansson, Oskar Kullingsjö, Gunnel Edman-Blom, Ulf Broman, Urban Pettersson, Micael Söderman, Daniel Nygren och Karolina Röstlund deltagit i arbetet. Stephanie Peay, University of Leeds och Jenny Kreuger, SLU, har varit till stor hjälp vid planeringen.

Ett stort tack även till Ulf Jonasson på Räddningsverket i Visby och Jonas Aaw på Gotlands kommun för gott samarbete under arbetets gång.

Referenser

- Andersson, R.L. 1982. Toxicity of fenvalerate and permethrin to several aquatic animals. *Trans. Am. Fish. Soc.* 107:825-827.
- Andersson, R.L. 1989. Toxicity of synthetic pyrethroids to freshwater invertebrates. *Environmental Toxicology and Chemistry* 8:403-410.
- Castor & Pollux. 2006. *Dykinventering av kräftvatten 2006*. DVD-film framställt för internt bruk på Länsstyrelsen i Gotland län.
- Day, K.E. & Mauire, R.J. 1990. Acute toxicity of isomers of the pyrethroid insecticide deltamethrin and its major degradation products to *Daphnia magna*. *Environmental Toxicology and Chemistry* 9:1297-1300.
- Day, K.E. 1991. Effects of dissolved organic carbon on accumulated and acute toxicity of fenvalerate, deltamethrin and cyhalothrin products to *Daphnia magna*. *Environmental Toxicology and Chemistry* 10:91-101.
- Edsman, L. & Schröder, S. 2009. *Åtgärdsprogram för flodkräfta 2008-2013*. Naturvårdsverket & Fiskeriverket 2009. Rapport 5955.
- EG 149/2008
- Eurofins 2008. Analys av vattenprover för länsstyrelsen i Gotlands län.
- European Treaty Series No. 104. *Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats*. Bern 1979. <http://conventions.coe.int/Treaty/en/Treaties/Word/104.doc>
Hämtad 2009-01-28
- Evins, C. 2004. *Small animals in drinking- water distribution systems*. I Ainsworth, R., Worth Helth Organisation (red.); Safe Pipe Water: Managing Microbial WaterQuality in Pipe Distribution Systems. IWA publishing, London, 101-120.
- Fiskeristyrelsen 1989. *Brev 1989-02-20: Angående utrotning av signalkräftorna på Gotland*. Dnr. 106-3469-86
- Footprint: *Creating tools for pesticide risk assessment and management in Europé. Deltamethrin*. <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/en/index.htm> Hämtad 2009-02-02
- Gunasakera, A. S. 2004 (Revised 2005). *Environmental Fate of Pyrethrins*. Environmental Monitoring Bransch Department of Pesticide Regulation 1001 I Street Sacramento, CA 95812. November 2004.
- Gydemo, R. 1994a. *Utrotning av signalkräftbestånd vid Smöjen, Gotlands län*. Stockholms Universitet, Institutionen för systemekologi, Gotlandsavdelningen, Ar, 620 35 Fårösund.
- Gydemo, R. 1994b. *PM: Giftighet av deltametrin för flodkräfta*. Stockholms universitet. Institutionen för systemekologi, Gotlandsavdelningen. 1994-07-12.
- Gydemo, R. 1995. *Effekter av Insekticidinducerad Kräftdöd. Rapport till Statens Naturvårdsverk och Fiskeriverket*. Institutionen för Systemekologi, Stockholms Universitet, Gotlandsavdelningen, Ar, 620 35 Fårösund.
- Gärdenfors, U. (red.) 2005. *Rödlistade arter i Sverige 2005*. ArtDatabanken, SLU, Uppsala.
- Haya, K. 1989. Toxicity of pyrethroid insecticides to fish. *Environmental Toxicology and Chemistry* 5:381-391.

- Hiley, P. 2006. *Feasability Study of the Eradication of Signal Crayfish in the River Ribble Cachment, North Yorkshire*. Scott Wilson Group, Leeds.
- Holdich, D. M., Gydemo, R & Rogers, W. D. 1999. *A review of possible methods for controlling nuisance populations of alien crayfish*. Offprint ur: Gherardi, F. 1999. (Red.). *Crayfish in Europe as Alien Species. How to make the best of a bad situation?* A. A. Balkema/Rotterdam/Brookfield/1999.
- Hyatt, M. W. 2004. *Investigation of Crayfish Control Technology. Final Report*. Cooperative Agreement NO. 144-20181-02-J850. Arizona Game and Fish Department, Phoenix.
- Johnsen, S., Andersen, O. & Museth, J. 2006. *Introducert signalkreps i Porsgrunn kommune, Telemark. Kartlegging og forslag til tiltak*. NINA rapport 194.
- Jolly, A.L., Avault, J.W., Koonce, K.L, & Graves, J.B. 1978. Impact of permethrin to several aquatic animals. *Trans. Am. Fish. Soc.* 107(6):825-857.
- Kaushik, N.K., Stephenson, G.L., Solomon, K.R, & Day, K.E. 1985. Impact of permethrin on zooplankton communities in limnocoarals. *Can. J. Fish. Aquat. Sci* 42:77-85
- KEMI. 1997. *Deltametrin, ämnesinformation*. Kemikalieinspektionen, Sundbyberg.
- Kemikalieinspektionen 1994-09-21. Dnr. 27-691-94.
- Landrum, P.F., Nihart, S.R., Eadie, B.J, & Herche, L.R. 1987. Reduction in bioavailability of organic contaminants to the amphipod *Pontoporeia hoyi* by dissolved organic matter of sediment interstitial waters. *Environmental Toxicology and Chemistry* 9:141-150.
- Ljunggren, N. 2008. *Arbete med flodkräfta på Gotland under 2007. Planering och inledande åtgärder för eliminering av tr gotländska bestånd av signalkräfta*. Länsstyrelsen i Gotlands län. Opublicerat arbetsmaterial.
- Länsstyrelsen Gotlands län 1992. *Beslut. Utrotning av signalkräfta på Gotland*. Dnr.383-573-92.
- Länsstyrelsen i gotlands län 1994. *Ansökan om dispens för utrotning av signalkräftbestånd vid Smöjen, Gotlands län*. Dnr. 383-573-92.
- Löfgren, M. & Westerlind, U. 2006. *Översiktlig inventering av insjökräftor i gotländska småvatten*. Länsstyrelsen i gotlands län. Rapporter om natur och miljö – nr 2006: 7.
- Matsumura, F. 1985. *Toxicology of insecticides*. New York: Plenum Press.
- MacLeese, D.W., Metcalfe, C.D, & Ziko, V. 1980. Lethality of permethrin, cypermethrin and fenvalerate to salomon, lobster and shrimp. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 3:171-182.
- Morolli, C., Quaglio, F., Della Rocca, G., Malvisi, J. & Di Salvo, A. 2006. Evaluation of the Toxicity of Synthetic Pyrethroids to Red Swamp Crayfish (*Procambarus clarkia*) and Common Carp (*Cyprinus carpio*, L. 1758). *Bulletin Francais de la peche et de la pisciculture*. 380-381: 1381-1394.
- Muir, D.C.G., Rawn, G.P., Townsend, B.E., Lockhart, W.L, & Greenhalgh, R. 1985. Bioconcentration of cypermethrin, deltamethrin, fenvalerate and permethrin by *Chironomus tentans* larvae in sediment and water. *Environmental Toxicology and Chemistry* 4:51-61.
- Nordqvist, R. 2009. *Spårämneshöjning i kalkbrottet på Hangvar Snäckers, Norra Gotland*. Geosigma AB, Uppsala.
- Nordwall, F. 2008. *Kräftpestsituationen i Sverige år 2008*. Fiskeriverket. Dnr 20-3018-08

- Nygren, D. 2009. *Direkta effekter av insekticiden deltametrin på zooplankton och bottenfauna- en fältstudie av bieffekter av insekticidinducerad eliminering av signalkräfta på Gotland*. Examensarbete i biologi, 15 högskolepoäng. Högskolan på Gotland.
- Nygren, D. 2010. *Effekter av insekticiden deltametrin på zooplankton och bottenfauna vid insekticidinducerad eliminering av signalkräfta på Gotland*. Länsstyrelsen i Gotlands län. Manuskript.
- Ohkawa, H.R., Kikuchi, R., & Miyamoto, J. 1980. Bioaccumulation and biodegradation of the (S) acid isomer of fenvalerate (Sumiciden) in an aquatic model ecosystem. *Journal of Pesticides Sci.* 5:11-22.
- Peay, S & Hiley, P. 2006. *Biocide trial to eradicate signal crayfish in the North Esk catchment*. Scottish Natural Heritage Commissioned Report No. 122 (Purchase Order No. 9725).
- Peay, S. 2001. *Eradication of alien crayfish populations*. Environment agency and English nature. R & D Technical Report.W1-037/TR1.
- Peay, S., Hiley, P. D, Collen, P. & Martin, I. 2006. Biocide Treatment of Ponds in Scotland to Eradicate Signal Crayfish. *Bulletin Francais de la peche et de la pisciculture*. 380 - 381: 1363 – 1379.
- Petersson, M. 2006. *Utkast till rapport för redovisning av eliminering av signalkräfter på Smöjenområdet hösten 2001*. Länsstyrelsen i Gotlands län. Manuskript.
- Petterson, U. 2007. *Översiktlig inventering av insjökräftor i gotländska småvatten (del 2)*. Länsstyrelsen i gotlands län. Manuskript.
- Rogers, W.D. 1998. Eradication of alien crayfish populations: phase I. *Biological Conservation* 45:279-285.
- Sandodden, R, Bjøru, B. 2007. *Bekjempelse av signalkreps i Dammane i landskapvernområde*. Vetrinærinstituttets rapportserie 3:2007. Vetrinærinstituttet, Oslo.
- Sandodden, R. & Johnsen, S. I. 2008. *Bekjempelse av signalkreps (Pasifastacus leniusculus) og sørv (Scardinius erythropthalmus) i Dammane i landskapsvernområde*. Vetrinærinstituttets rapportserie 15:2008. Vetrinærinstituttet, Oslo.
- SFS 2005:462. *Förordning om ändring i förordningen (1994:1716) om fisket, vattenbruket och fiskerinäringen*.
- Sket, B. 1996. *Astacus astacus*. In: *IUCN 2008. 2008 IUCN Red List of Threatened Species*. www.iucnredlist.org. Hämtad 2008-11-24.
- Smith, T.M, & Stratton, G.W. 1986. Effects of synthetic pyrethroid insecticides on non-target organisms. *Residue Review* 97:93-120.
- Sphear, R.L., Tanner, D.K. & Nordling, B.R. 1983. Toxicity of the synthetic pyrethroids, permethrin and AC 22,705 and their accumulation in early life stages of fathead minnows and snails. *Aquatic Toxicology* 3:171-182.
- Stockholm Tingsrätt, *Vattendomstolen*. 1981. Akt VA 56/80.
- Sv. Prospekteringskonsult AB. 2006. *Miljökonsekvensbeskrivning Naturstenstakten Snäckers Kappelshamn Gotlands kommun, Gotlands län*. Dnr: 541-6507-05.

Söderbäck, B. 1991. Interspecific dominance relationship and aggressive interactions in the fresh-water crayfishes *Astacus astacus* (L) and *Pacifastacus leniusculus* (Dana). *Canadian journal of Zoology*. Vol. 69: 1321-1325.

Söderbäck, B. 1995. Replacement of the native crayfish *Astacus astacus* by the introduced species *Pacifastacus leniusculus* in a Swedish lake-possible causes and mechanisms. *Freshwater biology*. Vol. 33: 291-304.

Todd, D. G., & Wholers, D. 2003. *Toxilogical Profile for Pyrethrins and Pyrethroids*. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Division of Toxicology/Toxicology Information Branch. 1600 Clifton Road NE, Mailstop E-29. Atlanta, Georgia 30333.

Westman, K. & Savolainen, R. 2001. Long term study of competition between two co-occurring crayfish species, the native *Astacus astacus* L. and the introduced *Pacifastacus leniusculus* Dana, in a Finnish lake. *Bulletin Francais de la peche et de la pisciculture*. Issue 361: 613-627.

WHO. 2004a. *Guidelines for Drinking-water Quality*. 3rd ed. Vol 1. Recommendations. World Health Organisation, Geneva.

WHO. 2004b. *WHO Specifications and Evaluations for Public Health Pesticides: Deltamethrin*. FAO/WHO Evaluation Report 333/2004.

Muntligt

Petersson, Magnus. Castor & Pollux.

Sandodden, Roar. Veterinærinstituttet, Trondheim.

Johnsen, Stein Ivar. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Lillehammer.

Peay, Stephanie. University of Leeds.

Gydemo, Rolf. Länsstyrelsen i Gotlands län.

Hiley, Peter. Scott Wilson Group.

Kreuger, Jenny. SLU, Institutionen för vatten och miljö.

Edsman, Lennart. Fiskeriverket.

Smedberg, Ulf. Ekeby