

2135

NINA Rapport

Edelkreps og vannstandsendringer

En sammenstilling av eksisterende kunnskap og forslag til tiltak

Stein Ivar Johnsen, Lennart Edsman, Frode Thomassen Singsaas, Francesca Pilotto



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er NINAs ordinære rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på engelsk, som NINA Report.

NINA Temahefte

Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. Heftene har vanligvis en populærvitenskapelig form med vekt på illustrasjoner. NINA Temahefte kan også utgis på engelsk, som NINA Special Report.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler og i populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Edelkreps og vannstandsendringer

En sammenstilling av eksisterende kunnskap og forslag til tiltak

Stein Ivar Johnsen
Lennart Edsman
Frode Thomassen Singsaas
Francesca Pilotto

Johnsen, S. I., Edsman, L., Singsaas, F. T. & Pilotto, F. 2022.
Edelkreps og vannstandsendringer - En sammenstilling av
eksisterende kunnskap og forslag til tiltak. NINA Rapport 2135.
Norsk institutt for naturforskning

Lillehammer, mai 2022

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-4923-2

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Knut Marius Myrvold

ANSVARLIG SIGNATUR

Kristin Evensen Mathiesen

OPPDRAGSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

OPPDRAGSGIVERS REFERANSE

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Silje Aakre Solheim

FORSIDEBILDE

Edelkreps © Børre K. Dervo

Regulert strandsone i Gjerdingen © Stein I. Johnsen

NØKKEWORD

- Edelkreps, *Astacus astacus*, ferskvannskreps
- Litteraturstudie
- Vassdragsregulering, nedtapping, fluktuerende vannstand

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor
Postboks 5685 Torgarden
7485 Trondheim
Tlf: 73 80 14 00

NINA Oslo
Sognsveien 68
0855 Oslo
Tlf: 73 80 14 00

NINA Tromsø
Postboks 6606 Langnes
9296 Tromsø
Tlf: 77 75 04 00

NINA Lillehammer
Vormstuguvegen 40
2624 Lillehammer
Tlf: 73 80 14 00

NINA Bergen
Thormøhlens gate 55
5006 Bergen
Tlf: 73 80 14 00

www.nina.no

Sammendrag

Johnsen, S. I., Edsman, L., Singsaas, F. T. & Pilotto, F. 2022. Edelkreps og vannstandsendringer - En sammenstilling av eksisterende kunnskap og forslag til tiltak. NINA Rapport 2135. Norsk institutt for naturforskning

For å øke kunnskapen om effekter av vannstandsfluktuasjoner på edelkreps er det gjennomført en litteraturstudie av tilgjengelig nasjonal og internasjonal litteratur innenfor temaet edelkreps og vannstandsendringer. Prosjektet skal frembringe kunnskap, som forvaltningen kan bruke til å sette gode vilkår for å ivareta edelkreps i reguleringsmagasiner. Nedtappingshastighet og heldige/uheldige tidspunkt på året er eksempler på sentrale tema. Rapporten har også skissert kunnskapshull og foreslått ulike undersøkelser eller prosjekter som er nødvendige, for å frembringe den kunnskapen som eventuelt mangler. Rapporten har hovedfokus på effekter av vannstandsendringer i reguleringsmagasiner og regulerte dammer

Det ble gjennomført et systematisk litteratursøk på «Web of Science», som ga 944 treff. Av disse ble 51 artikler vurdert som helt eller delvis relevante. Kun seks artikler ble vurdert som helt relevante, og tilsier at det er gjort svært få undersøkelser på vannstandsendringer og ferskvannskreps. I tillegg ble det gjort søk i andre databaser, og det ble sendt ut spørsmål til et utvalg forskere/relevante fagpersoner for å besvare særskilte spørsmål som oppdragsgiver ønsket svar på. Til sammen kom det tilbakemeldinger fra fem respondenter.

Kapittelet om utfordringene rundt vannstandsstandsendringer og kreps gir en beskrivelse av edelkrepsens livssyklus og i hvilke stadier av edelkrepsens liv hvor den er mest sårbar for vannstandsendringer (da særlig vannstandssenkning). Videre gis det en beskrivelse av krepsens habitatkrav, da vannstandsstandsendringer vil føre til at habitatomfanget og habitatkvaliteten som er tilgjengelig for krepsen endrer seg. Avslutningsvis gjøres det en gjennomgang av mulige effekter av vassdragsreguleringer på edelkreps (og andre krepsearter), og det gjøres en gjennomgang av spørsmålene som oppdragsgiver ønsket svar på.

Det er stor variasjon mellom regulerte vann med tanke på reguleringshøyde og kjøremønster, og innsjøene kan være regulert til ulike formål som f. eks vannkraft og drikkevann. Felles for edelkreps (og andre arter av ferskvannskreps) i slike lokaliteter, er at de må takle endringer i vannstand, da med nedtappingsfasen som hovedutfordring. Tilgang på skjul er svært viktig for ferskvannskreps, og områdene med størst forekomst av grovt substrat/stein/skjul er størst i strandsonen (littoralsonen).

Ved vannstandssenkning, f. eks i forbindelse med vannstandsregulering/nedtapping, vil disse områdene tørrlegges. Krepsen må da forlate sine skjulesteder og blir dermed mer utsatt for predasjon da de nye områdene under vannlinjen oftest har mindre skjul. Dette gjelder særlig yngre årsklasser. Generelt kan man konkludere med at redusert forekomst av skjul, som følge av vannstandssenkning, vil gi reduserte forekomster av edelkreps da graden av predasjon og kannibalisme øker.

Ved vannstandssenking i innsjøer (og elver) kan kreps også bli innestengt på tørre områder eller områder med svært lav vannstand. I tillegg til at kreps som «strander» i disse områdene kan dø direkte av uttørring eller bli utsatt for stort predasjonstrykk, vil vannet i svært grunne områder kunne nå høye temperaturer og lave oksygenivåer. Ugunstige oksygen- og temperaturnivåer er vist i noen tilfeller gi økt dødelighet direkte, eller indirekte ved at kreps endrer atferd og blir mer utsatt for predasjon.

Hovedfunnet fra litteraturgjennomgangen, det biologiske rasjonale og tilbakemeldingene fra ekspertvurderingene peker på at det er et godt tiltak å sikre gode biotoper for edelkreps i hele dybdeprofilen og å unngå en rask nedtapping. Dette sikrer tilgang på skjul i dypere områder når grunnere områder blir tørrlagt.

August og september utpeker seg som de to månedene hvor edelkreps trolig blir minst negativt påvirket av vannstandsendringer. I denne perioden er yngelen mer mobil, og de større skallskifteperiodene er over. Det må imidlertid understrekes at det foregår skallskifter i denne perioden også, og at mot slutten på september så nærmer man seg tiden for parring.

Stein Ivar Johnsen, NINA, Vormstuguveien 40, 2624 Lillehammer, stein.johnsen@nina.no

Lennart Edsman, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska Resurser, Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm, lennart.edsman@slu.se

Frode T. Singsaas, NINA, Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim, frode.singsaas@nina.no

Francesca Pilotto, NINA, Sognsveien 68, 0855 Oslo, francesca.pilotto@nina.no

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	5
Forord	6
1 Innledning	7
2 Materiale og metoder	9
2.1 Litteratursøk.....	9
3 Effekter av vannstandsendringer på edelkreps	11
3.1 Bakgrunn.....	11
3.2 Biologi.....	11
3.2.1 Reproduksjon, yngelpleie og vekst.....	11
3.2.2 Habitatkrav og begrensende faktorer relatert til vannstandsregulering.....	13
3.3 Vassdragsreguleringer og edelkreps.....	14
3.4 Svar på spørsmål fra oppdragsgiver.....	16
4 Referanser	19
5 Vedlegg	22
5.1 Vedlegg 1.....	22
5.2 Vedlegg 2.....	26

Forord

Vi vil takke NVE for oppdraget og god dialog underveis. I tillegg vil vi takke de som responderte på utsendte spørsmål, eller sendte over relevant litteratur. Disse er Dr. Zanethia Barnett fra USDA Forest Service som gav responser basert på kunnskap om Nord-amerikanske krepsearter i familien Cambaridae, Tomas Jansson (Kräftmannen AB) som har svært god kunnskap og praktisk erfaring med forvaltning av edelkreps og signalkreps i Sverige, Dr. Trond Taugbøl og Dr. Jostein Skurdal som tidligere har jobbet mye med krepsebiologi og forvaltning i Norge og Dr. Japo Jussilla, som er en av de ledende krepseforskerene i Finland.

06.05.2022

Stein Ivar Johnsen

1 Innledning

Edelkreps (*Astacus astacus*) er en av fem arter av ferskvannskreps innen familien Astacidae som finnes naturlig i Europa, og er den eneste opprinnelige ferskvannskrepsen i Skandinavia (Souty-Grosset mfl. 2006, Kouba mfl. 2014). Edelkreps er forbundet med sterke tradisjoner og har høy økonomisk og rekreasjonsmessig verdi (Edsman 2004, Johnsen mfl. 2009, Bohman & Edsman 2011). Edelkreps, og ferskvannskreps generelt, spiller også en svært viktig økologisk rolle som en omnivor (altetende), strukturerende nøkkelart i mange ferskvannshabitater (Creed 1994, Momot 1995). Deres sentrale rolle i akvatiske systemer har også gitt ferskvannskreps betegnelser som «økosystem-ingeniører» og «paraplyarter» (Usio & Townsend 2001, Reynolds mfl. 2013), og de er også ansett å være indikatorarter for vannkvalitet (Sylvestre mfl. 2002). I dag står edelkreps på den norske rødlista i kategorien sterkt truet (<http://artsdatabanken.no/Rodliste>). Den har også status som sårbar på rødlista til IUCN (International Union for Conservation of Nature; Edsman mfl. 2010).

Mange av de norske edelkrepsbestandene finnes i regulerte vassdrag, og avkastningsberegninger viser at over 50 % av edelkreps høstes i regulerte vassdrag (data fra Johnsen mfl. 2009). Flere av lokalitetene i det nasjonale overvåkingsprogrammet for edelkreps er regulert for vannkraft eller drikkevann, og således kan man si at det er gjennomført og publisert flere undersøkelser på edelkreps i reguleringsmagasiner og regulerte elver. Disse undersøkelsene er imidlertid ikke designet for å evaluere mekanismene eller tålegrenser av vannstandsregulering spesifikt, men har hatt som hensikt å beskrive bestandsstatus over tid (f.eks. Johnsen mfl. 2021). Det er også gjennomført enkelte undersøkelser i Norge med hensikt å se på bestandsstatus etter nedtapping av vann/magasiner (Sandaas & Enerud 2016, 2017, 2018, 2021), men i disse studiene manglet det gode førdata. Initiale søk på *Web of Science* viste at det generelt var gjort svært lite på temaet også i andre land. Tematikken er ofte beskrevet basert på kunnskap om kjøringsmønster og hydromorfologiske endringer i reguleringsmagasiner sett opp mot edelkrepsens biologiske krav gjennom året og livsløpet (f.eks. Johnsen & Vrålstad 2017, Edsman & Schröder 2009).

For å øke kunnskapen om effekter av vannstandsfluktuasjoner på edelkreps ønsket NVE å få gjennomført en litteraturstudie av tilgjengelig nasjonal og internasjonal litteratur innenfor temaet edelkreps og vannstandsendringer (prosjektets kravspesifikasjon). Prosjektet skal frembringe kunnskap, som forvaltningen kan bruke til å sette gode vilkår for å ivareta edelkreps i reguleringsmagasiner. Nedtappingshastighet og heldige/uheldige tidspunkt på året er eksempel på sentrale tema. En slik litteraturstudie vil også kunne avdekke kunnskapshull og dermed vise veien videre for hvilke undersøkelser eller prosjekter som er nødvendige, for å frembringe den kunnskapen som eventuelt mangler.

Som et resultat av litteraturstudien ønsker NVE en oversikt over tilgjengelig litteratur om edelkreps, med fokus på edelkrepsens biologi og konsekvenser av vannstandsendringer. Viktige spørsmål det ønskes svar på:

- Er det ut ifra dagens kunnskap mulig å si om det er perioder av året som er mer/mindre gunstige for edelkrepsen når det gjelder å håndtere vannstandsendringer?
- Er det ut ifra dagens kunnskap mulig å si noe om hvor høy nedtappingshastighet edelkrepsen kan håndtere?
- Er det med dagens kunnskap mulig å si noe om hvordan en senket vannstand over en lenger tidsperiode (>1år) vil påvirke edelkreps?
- Finnes det andre avbøtende tiltak enn ev. tappehastighet og tidspunkt på året som kan redusere ev. konsekvenser og ulemper for edelkreps når magasiner tappes ned utover det normale?

- Er det behov for mer kunnskap for å besvare disse spørsmålene?

Hvis ja på siste spørsmål ønskes det at rapporten skal beskrive hvordan et eventuelt feltarbeid bør legges opp for å få gode svar på de spørsmålene oppdragsgiver har stilt. Det er også et ønske om at oppdragstager kommer med andre spørsmål som kan være relevante for forvaltningen når det vurderes konsekvenser og avbøtende tiltak for edelkreps i saker hvor det er søkt om å tappe magasiner.

Da det som nevnt ovenfor var forventet å finne et relativt begrenset omfang av litteratur på dette fagfeltet, foreslo forfatterne også å innlemme ekspertuttalelser fra fagfolk på de ovennevnte spørsmålene.

2 Materiale og metoder

Vi gjennomførte et litteraturstudium ved å søke opp relevant litteratur på ulike søkemotorer.

Det systematiske søket ble utført på Web of Science (All databases). I tillegg supplerte vi med søk på relevante søkeord i basene Oria, Google scholar og Google. Vi vil også legge inn noen søk som omfatter kreps og vannstandsendringer på rennende vann, da dette vil kunne gi supplerende informasjon rundt tematikken.

Da det var antatt at vi ville finne lite publisert litteratur rundt dette temaet ble det sendt ut en spørreundersøkelse til et utvalg eksperter (forskere og andre relevante personer) for å kunne fange opp ulike idéer og tanker rundt spørsmålene som ble gitt av oppdragsgiver i kravspesifikasjonen. Til sammen fikk vi tilbakemeldinger fra syv personer. Bakgrunnsteksten og spørsmålene som ble sendt ut er gitt i **vedlegg 1**. Svarene som kom tilbake vil ikke vedlegges rapporten, men er gått gjennom, og essensen av svarene er innarbeidet i rapporten.

2.1 Litteratursøk

Vi utførte først et innledende test-søk i Web of Science (All databases). Det vil i dette tilfelle bety følgende databaser:

- Web of Science Core Collection
 - Science Citation Index Expanded (1987 – present)
 - Social Sciences Citation Index (1987 – present)
 - Arts & Humanities Citation Index (1987 – present)
 - Emerging Sources Citation Index (2017 – present)
- KCI-Korean Journal Database (1980 – present)
- Russian Science Citation Index (2005 – present)
- SciELO Citation Index (2002 – present)
- Zoological Record (1864 – present)

Følgende søkestreng ga treff på 2980 publikasjoner (28.10.2021):

TS= (Crayfish OR Astacoidea OR Parastacoidea OR Noble crayfish OR Freshwater crayfish)

AND

TS= (Water NEAR/3 level) OR (Water NEAR/3 withdraw*) OR Fluctuation OR Variation OR Regulated OR Hydropower OR discharge OR (Dam rehabilitation) OR Reservoir

AND

TS= (Density OR Number* OR Recruitment OR Mortality OR Behavior* OR Predation OR Movement OR Dispersal OR Risk OR Demograph* OR Reproduct* OR Prey OR Foraging)

Det innledende testsøket ble deretter revidert og justert, og følgende søkestring ga treff på 944 publikasjoner (15.2.2022):

TS= (cra\$fish* OR *astacoid* OR "astacus" OR astacid*)

AND

TS = ("water level" OR "water withdraw*" OR "water fluctuation*" OR "level fluctuation*" OR "water variation*" OR "level variation*" OR "water regulat*" OR "level regulat*" OR "regulated river*" OR "regulated system*" OR "regulated stream*" OR hydropower OR discharge OR "dam rehabilitation" OR reservoir* OR "high water*" OR "low water*" OR "high flow*" OR "low flow*" OR drought* OR "hydro dynam")**

AND

TS= (densit* OR number* OR abund* OR recruitment OR mortality OR behavio* OR predat* OR movement OR dispers* OR demograph* OR reproduct* OR prey OR foraging OR shelter*)

Ved å bruke en søkemetodikk som denne fanger man opp det meste av relevant litteratur, men det innebærer alltid at man også fanger opp en stor andel irrelevant litteratur. Lista ble gjennomgått, og 51 av 944 arbeider ble vurdert som helt eller delvis relevante. En nærmere gjennomgang viste at en god del av de 51 publikasjonene omhandlet arter som var mindre relevante for norske forhold, eller i hovedsak handlet om temaer som ikke var så relevante at de ble referert i kapittel 3. Vi har allikevel valgt å legge ved referansene, og lista over de 51 publikasjonene finnes i **vedlegg 1**. Flere av arbeidene er også referert i selve rapporten (egen referanseliste, Kap. 4).

3 Effekter av vannstandsendringer på edelkreps

3.1 Bakgrunn

For å forstå effekten av vannstandsendringer er det viktig å se på hvilke stadier av edelkrepsens liv hvor den er mest sårbar. Innledningsvis gis det derfor en beskrivelse av edelkrepsens livs- syklus. Beskrivelsen (kapittel 3.2.1) er i all hovedsak hentet fra Johnsen & Vrålstad (2017).

I tillegg er det viktig å se på krepsens habitatkrav, da vannstandsendringer fører til at habitatom- fanget og habitatkvaliteten som er tilgjengelig for krepsen endre seg. En beskrivelse av krepsens habitatkrav gis i kapittel 3.2.2.

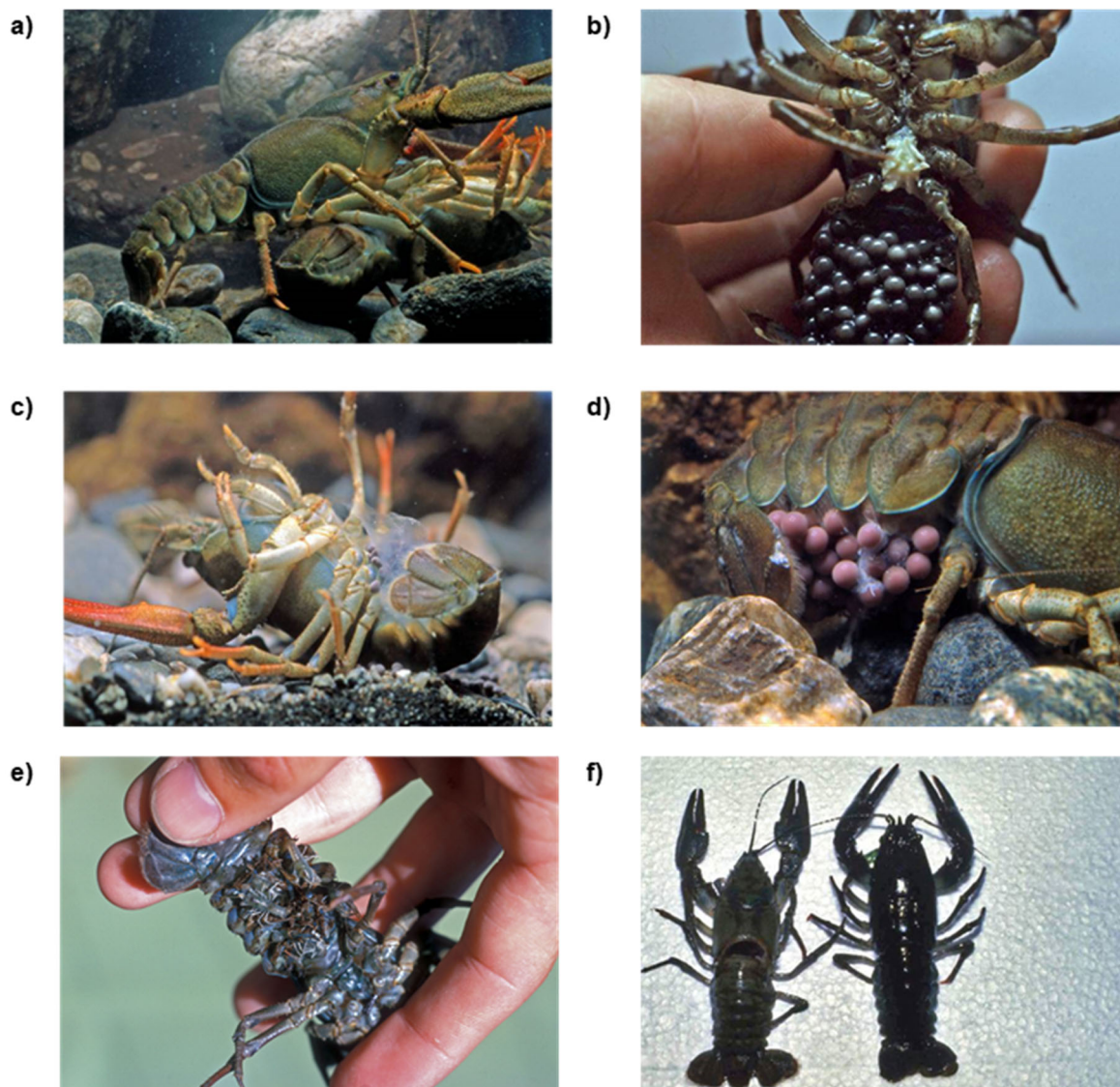
I kapittel 3.2.3 gjøres det en gjennomgang av mulige effekter av vassdragsreguleringer på edel- kreps (og andre arter). Dette kapitlet avsluttes med en gjennomgang av spørsmålene som oppdragsgiver ønsket svar på (kapittel 3.3). Spørsmålene besvares basert på innsamlet litteratur og ekspertvurderinger.

3.2 Biologi

3.2.1 Reproduksjon, yngelpleie og vekst

Edelkreps blir kjønnsmoden ved en størrelse på 6-8 cm. Dette tilsvarer en alder fra 3-6 år. Rogn og spermier utvikles og modnes fra slutten av juli og ut september. Hannene gyter som regel hvert år etter kjønnsmodning. Ved gunstige forhold kan også hunner produsere rogn hvert år, men det er vanligere at hunnene bare gyter annethvert eller tredje hvert år. Parringen skjer i slutten av september eller i oktober (**figur 1 a**). Hannen plasserer spermiekapsler i nærheten av hunnens kjønnsåpning (**figur 1 b**). Befruktningen skjer når hunnen gyter, én til seks uker etter parringen (**figur 1 c**). Rognantallet øker med hunnens størrelse og antall indre rogn kan være opptil 500. Rognstørrelsen er fra 2.8 - 3.1 mm i diameter, men varierer noe mellom bestander. Ved gyting blir rogn festet til halebeina og bæres til de klekkes neste sommer (**figur 1 b, d**). I løpet av gytingen og perioden fram til klekking går en del rogn tapt, slik at antall ytre rogn i forhold til indre rogn ved klekking gjerne er redusert med 40 – 60 %. Rogntapet er mindre for de større hunnene, noe som tolkes som at disse er flinkere til å passe på rogn enn de mindre hunnene. Rogna har en svært lang utviklingstid, 2,5 ganger utviklingstiden til laks og ørret. Klekkingen skjer i slutten av juni og begynnelsen av juli, avhengig av temperaturforholdene (**figur 1 e**). Yng- elen forlater moren omlag tre uker etter klekking for å begynne sitt eget selvstendige liv. De har da skiftet skall to ganger og er omlag 13 mm lange.

Tilveksten hos kreps foregår gjennom skallskifter (**figur 1 f**). Ca. 20 % av kalsiumet fra det gamle skallet reabsorberes og lagres i de såkalte krepssteinene (gastrolitter i magen (Willig & Keller 1973). Resten av kalsiumet som trengs for å bygge opp skallet tas opp gjennom diett og fra vannet. I perioden etter at det gamle skallet er kastet er de svært utsatt for predasjon og kanni- balisme. Veksten er bestemt av vekst per skallskifte og frekvens av skallskifter. Skallskiftefre- kvens avtar med alder, og kjønnsmoden edelkreps skifter skall bare 1 - 2 ganger per sommer. Yngel kan trolig skifte skall opptil 7 ganger i løpet av en sommer. Veksten avhenger i stor grad av næringstilgang og temperatur. Hannene vokser raskere enn hunnene. For voksen kreps er vektøkningen større for hanner enn for hunner på grunn av klostørrelsen. Voksen, kjønnsmoden edelkreps vokser fra 2-8 mm per skallskifte. Selv om et skallskifte gir liten relativ lengdeøkning med inntil 10 %, kan vektøkningen etter ett skallskifte være opptil 40 – 50 %. Det tar 4-8 år før det nasjonale minstemålet for fangst på 9,5 cm nås under naturlige forhold. Det er sjelden edel- kreps blir større enn 13 cm, men det er registrert edelkreps på 17- 19 cm. Alder på kreps kan bestemmes ved bruk av alderspigmentet lipofuscin (Belchier mfl. 1998). Det er imidlertid ikke gjort lipofuscinanalyser på edelkreps, men det antas at edelkreps kan bli rundt 20 år (Taugbøl & Skurdal 1996).



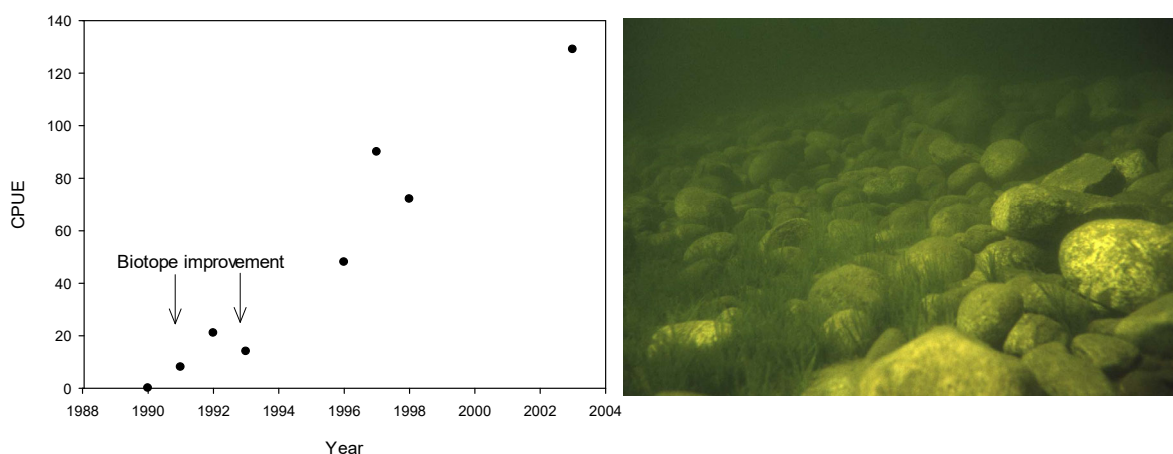
Figur 2. a) Parring av edelkreps, b) spermkapsler plassert ved hunnens kjønnsåpning, c) edelkreps hunn som gyter, d) rogn som er festet til halebeina, e) edelkreps som klekker, og f) edelkreps som har skiftet skall (tomt skall til venstre). Foto Børre Dervo (a-d); Kjell Sandaas (e) og Trond Taugbøl (f).

3.2.2 Habitatkrav og begrensende faktorer relatert til vannstandsregulering

Edelkreps forekommer i bekker, elver, innsjøer og dammer. De viktigste faktorene som begrenser utbredelsen er temperatur, vannkjemi og predasjon fra ål. I tillegg vil naturlige begrensende faktorer som konkurranse, predasjon, tilgang på skjul og næringstilgang være avgjørende både for etablering av og størrelsen på bestanden.

Selv om edelkreps og andre arter av ferskvannskreps forekommer i de fleste habitater, er det imidlertid ikke en tilfeldig fordeling av individer i en lokalitet. Med unntak av i lokaliteter hvor bløtbunnen har en egnet konsistens for graving av huler (Johnsen mfl. 2020), er det generelt ansett at tettheten av kaldtvannsarter, som edelkreps og signalkreps, er lavere i «flate» områder med bløtbunn (Shimizu & Goldman 1983, Kirjavainen & Westman 1999). Med andre ord, så er tettheten av kreps ofte korrelert med tilgangen på egnet skjul (Capelli & Magnuson 1983, Lodge & Hill 1994). Skjul er viktig for å unngå predasjon fra fisk, fugl og pattedyr (Fleury & Sherry 1995, Beja 1996, Nyström mfl. 2006) og kannibalisme fra artsfrender.

I et studie av Nyström mfl. (2006) ble det funnet at skjul/egnet substrat var av størst betydning for tetthet av kreps i innsjøer uavhengig av predatorbestandens størrelse (abbor). I elver var både skjul/egnet substrat og predasjon avgjørende for tettheten. Steinsfjorden, som er en av Norges viktigste edelkrepslokaliteter, har god tetthet av kreps selv med en stor bestand av abbor (Skurdal mfl. 2013, Johnsen mfl. 2020), noe som blant annet skyldes god tilgang på skjul. I Krøderen fant Johnsen & Taugbøl (2008) at bestanden av edelkreps økte betydelig etter utlegging av naturstein i et område som opprinnelig besto av bløtbunn (se **figur 3**).



Figur 3. Antall kreps per time dykk (CPUE) i området med utlegging av stein i Krøderen i perioden 1990-1993, 1996-1998 og 2003. Etter Johnsen & Taugbøl (2008).

Det er også en forskjell i habitatbruk mellom ulike alders- og størrelsesgrupper av kreps (Ranta and Lindstøm 1992, Ranta & Lindstøm 1993). Liten kreps er mer knyttet til de grunne og strandnære områdene med god tilgang på skjul sammenlignet med større kreps (Skurdal mfl. 1988, Englund & Krupa 2000), og liten tilgang på skjul er trolig mer «begrensende» for den minste krepsen da de er mer utsatt for predasjon fra fisk (DiDonato & Lodge 1993). De er trolig også mer utsatt for kannibalisme da de oftere skifter skall (jf. kapittel 3.1.1). Et studie av Figiel mfl. (1991), viste at økt tilgang på skjul reduserte graden av kannibalisme og økte overlevelsen til årsunger av rød sumpkreps (*Procambarus clarkii*). Dette til tross for at rød sumpkreps er en art som i stor grad også graver egne huler. Tilgangen på skjul er imidlertid også viktig for større kreps, særlig i perioden etter skallskifte hvor skallet er mykt (Ackefors 1996).

Som nevnt innledningsvis er også temperatur og vannkjemi viktige faktorer som kan påvirke overlevelse og tetthet hos kreps. Edelkreps er svært følsom for lav pH, lave kalsiumnivåer og

høye aluminiumsnivåer (Appelberg 1985, 1992), men disse parameterne vil i mindre grad påvirkes av vannstandsfluktasjoner. Nedenfor gis derfor en rask gjennomgang av krav og preferanser til temperatur og oksygen, da disse parameterne er de som ansees som mest relevante med tanke på vannstandsendringer og kreps. Studier viser at optimaltemperatur for vekst for edelkreps ligger i intervallet 16-24 °C (Söderbäck mfl. 1988), preferansetemperatur i intervallet 11,9-18 °C (Kivivuori 1994) og øvre toleransegrense på 28 °C (Rognerud mfl. 1989). I et studie av Kivivuori (1994), hvor edelkreps kunne velge «oppholdsted» i en temperaturgradient på 10-25 °C, unngikk forsøksindividene ofte temperaturer over 20 °C.

Edelkreps er også ansett å ha relativt høye krav til oksygenivåer, og det er observert stor dødelighet om sommeren i eutrofe innsjøer (Nyström 2002). Økt dødelighet, og flukt fra lokaliteten er også funnet for andre arter av ferskvannskreps i perioder med lav vannstand/tørke og anoksiske forhold (McCarthy mfl. 2014). Järvenpää mfl. (1983) fant at den nedre tålegrensen til edelkreps i nøytralt vann lå på ca. 3,2 mg O₂/l ved 11-12 °C.

3.3 Vassdragsreguleringer og edelkreps

Det er stor variasjon mellom regulerte vann med tanke på reguleringshøyde og kjøremønster, og innsjøene kan være regulert til ulike formål som f. eks vannkraft og drikkevann. Felles for edelkreps (og andre arter av ferskvannskreps) i slike lokaliteter, er at de må takle endringer i vannstand, da med nedtappingsfasen som hovedutfordring. Som nevnt ovenfor er skjul svært viktig for ferskvannskreps, og områdene med størst forekomst av grovt substrat/stein/skjul er størst i strandsonen (littoralsonen). I sublittoral- og profundalsonen i innsjøer blir substratet gradvis finere og finere (Cole 1994), med lavere tilgang på skjul.

Ved vannstandssenkning, f. eks i forbindelse med vannstandsregulering (evt. tørkeperioder), vil disse områdene tørrlegges. Krepsen må da forlate sine skjulesteder og blir dermed mer utsatt for predasjon da de nye områdene under vannlinjen har mindre skjul (Hamrin 1987, Wolff mfl. 2016, Tulonen mfl. 2010). Dette gjelder særlig yngre årsklasser (Hamrin 1987, DiDonato & Lodge 1993), og i enkelte regulerte innsjøer synes rekrutteringen være dårlig (Johnsen mfl. 2020, Myrvold mfl. 2020). Gjerdingen i Jevnaker og Lunner kommune, som har en god bestand av edelkreps (Johnsen mfl. 2020), ble tappet ned i 2021 i forbindelse med damarbeider. Under prøvefiske høsten 2021, ble det funnet usedvanlig mye krepseskall i den tørrlagte reguleringssonen, noe som høyst sannsynlig stammer fra kreps tatt av mink og hegre. Reguleringssonen i Gjerdingen består av stein/blokk, noe som gir svært gode skjulmuligheter (**figur 4**). Under LRV (laveste regulerte vannstand) ble imidlertid innslaget av finere sedimenter mer fremtredende, og edelkreps vil være et langt mer tilgjengelig bytte for både fisk, mink og hegre. Under prøvefiske ble det fanget en mink (se **figur 4**) i en av teinene og observert flere hegrer (Johnsen mfl. upubliserte data).

Selv om det for enkelte gravende arter av ferskvannskreps er funnet at de kan være mindre utsatt for predasjon i tørkeperioder da de sitter skjult i hulene sine, er dette i liten grad gjeldende for edelkreps. Generelt kan man konkludere med at redusert forekomst av skjul, som følge av vannstandssenkning, vil gi reduserte forekomster av edelkreps da graden av predasjon og kannibalisme øker (DiDonato and Lodge 1993).

Ved vannstandssenkninger i innsjøer (og elver) kan kreps også bli innestengt på tørre områder eller områder med svært lav vannstand. I tillegg til at kreps som «strander» i disse områdene kan dø direkte av uttørring eller bli utsatt for stort predasjonstrykk, vil vannet i svært grunne områder kunne nå høye temperaturer og lave oksygenivåer. Ugunstige oksygen- og temperaturnivåer (jf. kap. 3.1.2) kan i noen tilfeller gi økt dødelighet direkte, eller indirekte ved at kreps endrer atferd og blir mer utsatt for predasjon (Nyström 2002). I et forsøk fant Kivivuori (1980), at edelkreps responderte raskest (righting reflex) i temperaturer mellom 15-20 °C, noe som indikerer at de trolig vil være dårligere til å unnsnippe predatorer ved høye temperaturer. Senkninger etter at hunner med rogn har søkt seg opp mot de grunneste partiene på våren og forsommeren

for å få høyest mulig temperatur til rognutviklingen, kan også gi økt dødelighet både på mordyr og rogn.

I tillegg til de direkte effektene på edelkreps, vil vannstandsreguleringer generelt gir økt erosjon i strandsonen (reguleringssonen) med negative effekter på produksjon av plante- og dyreliv som er knyttet til denne sonen (Grimås 1962).



Figur 4. Reguleringssonen i Gjerdingen bestående av mye stein og blokk, og mink (*Mustela vison*) som ble fanget i en krepseteine under prøvefiske på Gjerdingen høsten 2021. En av krepseteine hadde tydelig skader på skallet etter angrep av minken.

Rapporten har hovedfokus på vannstandsendringer i magasiner/dammer, men mye av de samme effektene kan forventes på rennende vann. Generelt kan man anta at oksygenproblematikk er mindre, men skjulproblematikk i forhold til predasjon og kannibalisme vil være relativt lik hvis skjul er en begrensende faktor. I en større undersøkelse i en svensk elv ble det funnet at effekten av vannkraftutbygging var stor på edelkreps hvis vannføringen ble kraftig redusert (minstevannstreking). De negative effektene av reguleringen var imidlertid ikke like synlige hvis vannføringen var på samme nivå som før utbygging (Zimmerman & Palo 2010). Effekter av den endrede praksisen de senere år med hyppige endringer i vannstand (effektkjøring) gjennom døgnet er lite undersøkt, men økt variasjon i hydrologi kan endre predasjonsrisikoen for kreps (Wolff mfl. 2016) og høyst sannsynlig ha negative effekter på kreps. Et generelt moment i forbindelser med dammer er også at de ofte er en barriere for vandring fra innsjø til elv og motsatt (Light 2003). Dette kan føre til at genetisk utveksling mellom delbestander kan opphøre.

3.4 Svar på spørsmål fra oppdragsgiver

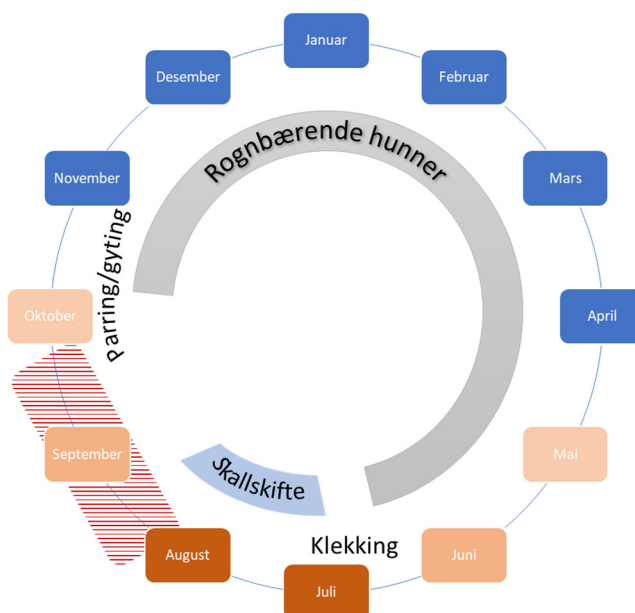
Svarene under er basert på relevant litteratur og responser fra fagpersoner.

Er det ut ifra dagens kunnskap mulig å si om det er perioder av året som er mer/mindre gunstige for edelkrepsen når det gjelder å håndtere vannstandsendringer?

Basert på edelkrepsens livssyklus og habitatkrav er det særlig tre perioder hvor den er særlig sårbar for endringer i vannstand. Disse periodene er:

- På vinteren når temperaturen er lav og krepsen er mindre mobil. Et studie av Hamrin (1987) viste at edelkreps ikke nødvendigvis forlater skjulplassen sin selv om vannet senkes. Skjer vannstandssenkningen ved lave temperaturer kan de derfor fryse i hjel.
- Juni-Juli, fra eggene klekkes og til yngelen forlater moren. Yngelen som da starter et selvstendig liv med næringsøk, går også gjennom hyppige skallskifter og er veldig utsatt for predasjon. I denne perioden er det også skallskifter for de fleste aldersgrupper av edelkreps.
- I oktober når parringen inntreffer, og hvor vannstandsendringer kan forstyrre reproduksjonen. I oktober er også vanntemperaturen fallende, og kreps i alle størrelsesgrupper forbereder seg på vinteren og lagrer næringsreserver for en lengre inaktiv periode.

Da gjenstår **august og september** som de to månedene når edelkreps *trolig er minst utsatt* for vannstandsendringer (**figur 5**). I denne perioden er yngelen mer mobil, og de større skallskifteperiodene er over. Det må imidlertid understrekes at det foregår skallskifter i denne perioden også, og at mot slutten på september så nærmer man seg tiden for parring.



Figur 5. Forenklet årssyklus for edelkreps, med rødskravert felt for hvilken periode vi mener edelkrepsbestanden totalt sett er minst sårbar for vannstandsendringer. Perioder for parring/gyting og klekking av yngel er markert med enkel tekst, mens perioden hunnene bærer rogn og perioden hvor eldre kreps (> 61 mm) i hovedsak skifter skall (etter Skurdal og Qvenild 1986) er markert med henholdsvis grå og blå buede figurer. Fargene på månedsboksene er ment å indikere forskjeller i temperatur, der blå er kaldest og rød varmest. Både årssyklusen og «den minst sårbare perioden» påvirkes av breddegrad og høyde over havet. Kaldere klima og kortere varmeperiode reduserer perioden hvor krepsen er minst sårbar.

Er det ut ifra dagens kunnskap mulig å si noe om hvor høy nedtappingshastighet edelkrepsen kan håndtere?

Det er ikke oss bekjent data som kan besvare dette spørsmålet. Som nevnt under forrige spørsmål er edelkreps relativt mobile og få individer skifter skall i perioden august-september, og de er trolig også relativt robuste for hurtige vannstandsendringer. Generelt kan vi si at økt nedtappingshastighet vil kunne medføre større utfordringer for krepsen, men i perioder med lav vann-temperatur er det antatt at selv moderate nedtappingshastigheter kan gi økt dødelighet.

Er det med dagens kunnskap mulig å si noe om hvordan en senket vannstand over en lenger tidsperiode (>1år) vil påvirke edelkreps?

Hvor stor effekten vil være av en lengere periode med senket vannstand vil avhenge av hvor mye vannet senkes, og hvordan det resterende vanddekte arealet ser ut. Når vannstanden senkes vil vanddekket areal avta og den relative tettheten av kreps øke. Dette vil kunne føre til negative tetthetsavhengige effekter som økt konkurranse om mat og skjul og økt dødelighet som følge av predasjon og kannibalisme (jf. diskusjonen i kapittel 3.1.2 og 3.1.3). Hvis vannstanden er senket over en lengere periode vil man kunne forvente en ny bestandsstørrelse tilpasset det nye habitatet og produksjonsarealet, men resultatet vil være redusert bestandsstørrelse og potensiell avkastning.

Finnes det andre avbøtende tiltak enn ev. tappehastighet og tidspunkt på året som kan redusere ev. konsekvenser og ulemper for edelkreps når magasiner tappes ned utover det normale?

Som nevnt i gjennomgangen av habitatkrav for edelkreps vil tilgangen på skjul kunne være en flaskehals. Som en av flere forvaltningsstrategier trekker Lodge & Hill (1994) og Johnsen & Taugbøl (2008) frem muligheten for å legge ut skjul som et generelt tiltak for å øke overlevelsen og produksjonen av kreps. Dette kan være et enda viktigere tiltak i regulerte innsjøer/dammer da tilgjengelig skjul reduseres ved vannstandssenking. I Gjerdingen ble det gjort et forsøk med å legge ut krepsehotell (**figur 6**), men dette tiltaket er ikke evaluert. Erfaringer fra forsøk med å legge ut skjul, tilsier imidlertid at dette kan være veldig gode tiltak for å redusere dødelighet ved en vannstandssenking. I et forsøk av Tulonen mfl. (2010) ble det gjort et forsøk for å se på overlevelse av ung edelkreps i små dammer med skjul enten langs land eller skjul fra land og utover i dammen. Vannstanden ble manipulert, og abbor ble brukt som predator. Hovedtrenden i studien var at ung edelkreps som hadde tilgang på skjul utover i dammen hadde økt overlevelse. Hele litteraturgjennomgangen, det biologiske rasjonale og tilbakemeldingene fra ekspertvurderingene peker på at det er *et godt tiltak å sikre gode biotoper (skjul) for edelkreps i hele dybdeprofilen.*



Figur 6. Krepsehotell av sveisete rør som ble lagt ut i Gjerdingen i forbindelse med senkningen av vannstanden i 2021. Foto: Terje Wivestad.

Er det behov for mer kunnskap for å besvare disse spørsmålene?

Ja, det er som sagt gjennomført svært få undersøkelser, inkludert grålitteratur, som ser på effekten av vannstandsendringer/reguleringer på kreps. Det er mulig å påpeke potensielle effekter og scenarier av vannstandsendringer basert på generell kunnskap om krepsebiologi, men dette blir kvalitative «best guess» vurderinger. Under listes det opp eksempler på undersøkelser som bør gjennomføres:

- Studier som ser på effekter av nedtappinger i ulike perioder av året. Dette kan være kontrollerte forsøk/atferdsstudier i dammer eller innendørs hvor kreps med ulik alder/størrelse blir utsatt for ulike nedtappingshastigheter og scenarier som etterligner naturlige temperatursykluser.
- Som nevnt innledningsvis foreligger det sjelden forundersøkelser fra før større vannstandsendringer. Alternativet kan være korrelasjonsstudier basert på større datasett, hvor man kan sammenligne relativ tetthet og størrelsessammensetning hos edelkrepspopulasjoner i lokaliteter med ulik grad av hydrologisk påvirkning. Effekter på edelkreps må analyseres med multivariat statistikk, og kontrolleres for ulike parametere som trofegrad, pH- og kalsiumnivåer, predasjonstrykk og andre relevante parametere.
- Hvordan nedtappinger påvirker krepsens næringsgrunnlag og sammensetningen av predatorsamfunnet.

4 Referanser

- Ackefors, H. (1996). The development of crayfish culture in Sweden during the last decade. *Freshwater crayfish*, 11:627-654.
- Appelberg, M. 1985. Changes in haemolymph ion concentration of *Astacus astacus* L. and *Pacifastacus leniusculus* Dana after exposure to low pH and aluminum. *Hydrobiologia*
- Appelberg, M. 1992. Liming as measure to restore crayfish populations in acidified lakes. *Finnish Fisheries Research* 14: 93-105.
- Belchier, M., Edsman, L., Sheehy, M.R.J & Shelton, P. M. J. 1998. Estimating age and growth in longlived temperate freshwater crayfish using lipofuscin. *Freshwater Biology* 39: 439-446.
- Bohman, P. & Edsman, L. (2011). Status, management and conservation of crayfish in Sweden: results and the way forward. *Freshwater Crayfish*, 18(1), 19-26.
- Bonvillain, Christopher P.; Fontenot, Quenton C. 2020. The Annual Flood Pulse Mediates Crayfish as a Major Diet Constituent of Carnivorous Fishes in South Louisiana. *Freshwater crayfish* 25 (1): 69-75.
- Beja, P.R. 1996. An analysis of otter *Lutra lutra* predation on introduced American crayfish *Procambarus clarkii* in Iberian streams. *Journal of Applied Ecology*, 33:1156-1170.
- Capelli, G.M., and Magnuson, J.J. 1983. Morphoedaphic and biogeographic analysis of crayfish distribution in northern Wisconsin. *Journal of Crustacean Biology* 3(4):548-564. Cole, G.A. 1994. *Textbook of Limnology*. Waveland Press Inc. Illinois, USA.
- Creed, R. P. 1994. Direct and indirect effects of crayfish grazing in a stream community. *Ecology* 75, 2091–2103. doi: 10.2307/1941613
- DiDonato, G.T., and Lodge, D.M. (1993). Species replacement among Orconectes crayfishes in Wisconsin lakes: the role of predation by fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 50:1484-1488.
- Edsman, L. (2004). The Swedish story about import of live crayfish. *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture*, (372-373), 281-288.
- Edsman, L., Füreder, L., Gherardi, F. & Souty-Grosset, C. (2010). *Astacus astacus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010:e. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T2191A9338388.en>.
- Edsman, L., & Schröder, S. (2009). Åtgärdsprogram För Flodkräfta 2008–2013. *Report nr. 5955*. Drottningholm: Fiskeriverket och Naturvårdsverket.
- Englund, G., and Krupa, J.J. (2000). Habitat use by crayfish in stream pools: influence of predators, depth and body size. *Freshwater biology*, 43:75-83.
- Figiel, C.R., Babb, J.G., and Payne, J.F. (1991). Population regulation in young of the year crayfish, *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (Decapoda, Cambaridae). *Crustaceana* 61:301-307.
- Fleury, B.E., and Sherry, T.W. (1995). Long-term population trends of colonial wading birds in the southern United States: the impact of crayfish aquaculture on Louisiana populations. *The Auk*, 112:613-632.
- Huolilla, M., Marjomäki, T.J., and Laukkanen, E. (1997). The success of crayfish stocking in a dredged river with and without artificial shelter increase. *Fisheries research*, 32:185-189.
- Grimås, U. 1962. The effect of increased water level fluctuations upon the bottom fauna in Lake Blåsjöen, Northern Sweden. *Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm*, 44, 14-41.
- Hamrin, S. F. 1987: Seasonal crayfish activity as influenced by fluctuating water level and presence of a fish predator. *Holarctic Ecology* 10: 45-51.
- Järvenpää, T., Nikinmaa, M., Westman, K. & Soivio, A. 1983. Effects of hypoxia on the haemolymph of the freshwater crayfish, *Astacus astacus* L. in neutral and acidic water during the intermoult period. *Freshwater Crayfish* 5:86-97

- Johnsen, S. I., Dervo, B. og Lein, K. 2009. Økonomiske konsekvenser for edelkrepsfisket ved innførsel av signalkreps, krepsepest og vasspest - NINA Rapport 318. 35 s + vedlegg.
- Johnsen, S.I., Strand, D.A., Rusch, J. & Vrålstad, T. 2020. Nasjonal overvåking av edelkreps og spredning av signalkreps - presentasjon av overvåkingsdata og bestandsstatus – oppdatert 2020. NINA Rapport 1905. Norsk institutt for naturforskning.
- Johnsen, S. I. & Taugbøl, T. 2008. Add stones, get crayfish – Is it that simple? *Freshwater Crayfish* 16: 47-50.
- Johnsen, S.I. & Vrålstad, T. 2017. Edelkreps (*Astacus astacus*) - Naturfaglig utredning og forslag til samordning av overvåkingsprogrammene for edelkreps og krepsepest – NINA Rapport 1339. 39 s.
- Kirjavainen J. & Westman, K. 1999. Natural history and development of the introduced signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus*, in a small isolated Finnish lake, from 1968 to 1993. *Aquatic Living resources* 12:387-401.
- Kivivuori, L. A. (1980). Effects of temperature and temperature acclimation of the motor and neural functions in the crayfish *Astacus astacus* L. *Comp. Biochem. Physiol.* 65A: 297–304.
- Kivivuori, L. A. (1994). Temperature selection behaviour of cold- and warm-acclimated crayfish (*Astacus astacus*). *J. therm. Biol.* 19:291–297.
- Kouba, A., Petrusek, A., and Kozák, P. (2014). Continental-wide distribution of crayfish species in Europe: update and maps. *Knowl. Manag. Aquat. Ecosyst.* 413:5. doi: 10.1051/kmae/2014007
- Light, T. 2003. Success and failure in a lotic crayfish invasion: the roles of hydrologic variability and habitat alteration. *Freshwater Biology* 48(10): 1886-1897.
- Lodge, D.M., and Hill, A.M. (1994). Factors governing species composition, population size and productivity of cool-water crayfishes. *Nordic Journal of Freshwater Research*, 69:111-136.
- McCarthy, B., Zukowski, S., Whiterod, N., Vilizzi, L., Beesley, L. & King, A. 2014. Hypoxic blackwater event severely impacts Murray crayfish (*Euastacus armatus*) populations in the Murray River, Australia. *Austral Ecology* 39(5): 491-500. doi: <https://doi.org/10.1111/aec.12109>
- Momot, W. T. (1995). Redefining the role of crayfish in aquatic ecosystems. *Rev. Fish. Sci.* 3, 33–63. doi: 10.1080/10641269509388566
- Myrvold, K.M., Johnsen, S.I., Økelsrud, A., Olstad, K., & Bækkelie, K.A.E. 2019. Ferskvannsbioologiske undersøkelser i Tangenvika og tilløpselver. Kartlegging av funksjonsområder i forbindelse med InterCity-utbyggingen. NINA Rapport 1756. Norsk institutt for naturforskning.
- Nyström, P. 2002. Ecology. I: Holdich, D.M. (red). *Biology of freshwater crayfish*. Blackwell Science. S. 192-235.
- Nyström, P., Stenroth, P., Holmqvist, N., Berglund, O., Larson P. E. R. & Graneli, W. 2006. Cray-fish in lakes and streams: individual and population responses to predation, productivity and substratum availability. *Freshwater Biology* 51 (11): 2096-2113.
- Ranta, E., and K. Lindström (1992). Power to hold sheltering burrows by juveniles of the signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus*. *Ethology* 92:217-226.
- Ranta, E., and K. Lindström (1993). Body size and shelter possession in mature signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus*. *Annales Zoologici Fennici* 30:125-132. Ranta and Lindström 1992,
- Reynolds, J., Souty-Grosset, C. & Richardson, A. (2013). Ecological roles of crayfish in freshwater and terrestrial habitats. *Freshw. Crayfish* 19, 197–218.
- Rognerud, S., Appelberg, M., Eggereide, A., & Pursiainen, M. 1989. Water quality and effluents. Crayfish culture in Europe. Edited by J. Skurdal, K. Westman, and PI Bergan. Norwegian Directorate for Nature Management, Trondheim, Norway, 18-28.
- Sandaas, K. og Enerud, J. 2016. Prøvekrepsering etter nedtapping i Sognsvann, Øyungen og Nøkle-vann. Oslo kommune, Oslo og Akershus 2016.
- Sandaas, K. og Enerud, J. 2017. Prøvekrepsering i regulerte innsjøer: Store- og Lille Åklungen i Nordmarka. Breisjøen og Alnsjøen i Lillomarka. Oslo kommune 2017. 14 sider.

- Sandaas, K. og Enerud, J. 2018. Prøvekrepsing i Skjærsvæsjøen, Dausjøen og Ørfiske i Nordmarka. Oslo og Nittedal kommuner 2018. 12 sider.
- Sandaas, K. & Enerud, J. 2021. Prøvekrepsing i Burudvann og Steinstjern. Bærum kommune 2021. Bærum kommune 2021. Rapport 13 sider.
- Shimizu S.J. & Goldman, C.R. 1983. *Pacifastacus leniusculus* (Dana) production in the Sacramento river. *Freshwater Crayfish* 5:210-228.
- Skurdal, J., Fjeld, E., Hessen, D. O., Taugbøl, T. & Dehli, E. 1988. Depth distribution, habitat segregation and feeding of the crayfish *Astacus astacus* in Lake Steinsfjorden. *Nordic J. Freshwater Research* 64: 113-119.
- Skurdal, J., Garnås, E. & Johnsen, S.I. 2013. Adaptive management of noble crayfish (*Astacus astacus*). *Freshwater Crayfish* 19(2): 145-151.
- Souty-Grosset, C., Holdich, D. M., Noël, P. Y., Reynolds, J. D., and Haffner, P. (2006). *Atlas of Crayfish in Europe*. Paris: Muséum national d'Histoire naturelle
- Sylvestre, S., Sekela, M., Tuominen, T., and Moyle, G. (2002). Water quality assessment of agricultural and residential run-off using the crayfish *Pacifastacus leniusculus* in British Columbia, Canada. *Freshw. Crayfish* 13, 383–395.
- Söderbäck, B., Appelberg, M., Odelström, T. & Lundqvist, U. 1988. Food consumption and growth of the crayfish *Astacus astacus* L. in laboratory experiments. *Freshwater crayfish* 7:145-153.
- Tulonen, J., Erkamo, E., Mannonen, A. & Jussila, J. 2010. The mortality of juvenile noble crayfish, *Astacus astacus*, under conditions of water level regulation and predator pressure. *Freshwater Crayfish* 17: 135-139.
- Usio, N., and Townsend, C. R. 2001. The significance of the crayfish *Paranephrops zealandicus* as shredders in a New Zealand headwater stream. *J. Crustacean Biol.* 21, 354–359. doi: 10.1163/20021975-99990135
- Westhoff JT and Rosenberger AE. (2016). A global review of freshwater crayfish temperature tolerance, preference, and optimal growth. *Reviews in fish biology and fisheries*, 26(3), 329-349
- Willig A. & Keller R. 1973. Molting hormone content, cuticle growth and gastrolith growth in the molt cycle of *Orconectes limosus*. *J. Comp. Physiol.* 86: 377-388.
- Wolff, Patrick J.; Taylor, Christopher A.; Heske, Edward J.; Schooley, Robert L. 2016. Predation risk for crayfish differs between drought and nondrought conditions. *Freshwater science* 35 (1): 91-102.
- Zimmerman, K.M.J. & Palo, R.T. 2010. Influence of water regulation and water flow on noble crayfish (*Astacus astacus*) catch in the river Ljungan, Sweden. *Freshwater crayfish* 17: 141-144.

5 Vedlegg

5.1 Vedlegg 1

Publikasjoner som ble vurdert som relevante eller delvis relevante fra litteratursøket på Web of Science (se kap. 2.1)

- Adams, S.B. & Warren, M.L. 2005. Recolonization by warmwater fishes and crayfishes after severe drought in upper coastal plain hill streams. *Transactions of the American Fisheries Society* 134(5): 1173-1192. doi: <https://doi.org/10.1577/t04-089.1>
- Alford, J.B. & Walker, M.R. 2013. Managing the flood pulse for optimal fisheries production in the Atchafalaya river basin, Louisiana (USA). *River Research and Applications* 29(3): 279-296. doi: <https://doi.org/10.1002/rra.1610>
- Anastacio, P.M., Leitao, A.S., Boavida, M.J. & Correia, A.M. 2009. Population dynamics of the invasive crayfish (*Procambarus clarkii* Girard, 1852) at two marshes with differing hydroperiods. *Anales De Limnologie-International Journal of Limnology* 45(4): 247-256. doi: <https://doi.org/10.1051/limn/2009025>
- Bonvillain, C.P. & Fontenot, Q.C. 2020. The Annual Flood Pulse Mediates Crayfish as a Major Diet Constituent of Carnivorous Fishes in South Louisiana. *Freshwater Crayfish* 25(1): 69-75. doi: <https://doi.org/10.5869/fc.2020.v25-1.069>
- Brickland, J.H. & Baron, P.E. 2009. Winterburn Reservoir compensation flow reduction trials impact on white-clawed crayfish. *Crayfish Conservation in the British Isles 2009*. Leeds, UK
- Chessman, B.C., Jones, H.A., Searle, N.K., Gowns, I.O. & Pearson, M.R. 2010. Assessing effects of flow alteration on macroinvertebrate assemblages in Australian dryland rivers. *Freshwater Biology* 55(8): 1780-1800. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2010.02403.x>
- Chester, E.T., Matthews, T.G., Howson, T.J., Johnston, K., Mackie, J.K., Strachan, S.R. & Robson, B.J. 2014. Constraints upon the Response of Fish and Crayfish to Environmental Flow Releases in a Regulated Headwater Stream Network. *Plos One* 9(3). doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0091925>
- Chester, E.T., Miller, A.D., Valenzuela, I., Wickson, S.J. & Robson, B.J. 2015. Drought survival strategies, dispersal potential and persistence of invertebrate species in an intermittent stream landscape. *Freshwater Biology* 60(10): 2066-2083. doi: <https://doi.org/10.1111/fwb.12630>
- Clark, J.M., Kershner, M.W. & Holomuzki, J.R. 2008. Grain size and sorting effects on size-dependent responses by lotic crayfish to high flows. *Hydrobiologia* 610: 55-66. doi: <https://doi.org/10.1007/s10750-008-9422-0>
- Clark, J.M. & Kershner, M.W. 2011. Short- and long-term impacts of a major flood event on crayfish (*Orconectes obscurus*) in a forested stream. *Fundamental and Applied Limnology* 179(3): 225-233. doi: <https://doi.org/10.1127/1863-9135/2011/0179-0225>
- Cook, M.I., Call, E.M., Mac Kobza, R., Hill, S.D. & Saunders, C.J. 2014. Seasonal movements of crayfish in a fluctuating wetland: implications for restoring wading bird populations. *Freshwater Biology* 59(8): 1608-1621. doi: <https://doi.org/10.1111/fwb.12367>
- Dekar, M.P. & Magoulick, D.D. 2013. Effects of Predators on Fish and Crayfish Survival in Intermittent Streams. *Southeastern Naturalist* 12(1): 197-208. doi: <https://doi.org/10.1656/058.012.0115>
- DiStefano, R.J., Magoulick, D.D., Imhoff, E.M. & Larson, E.R. 2009. Imperiled crayfishes use hyporheic zone during seasonal drying of an intermittent stream. *Journal of the North American Benthological Society* 28(1): 142-152. doi: <https://doi.org/10.1899/08-072.1>
- Dorn, N.J. & Trexler, J.C. 2007. Crayfish assemblage shifts in a large drought-prone wetland: the roles of hydrology and competition. *Freshwater Biology* 52(12): 2399-2411. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2007.01860.x>

- Dorn, N.J. & Volin, J.C. 2009. Resistance of crayfish (*Procambarus* spp.) populations to wetland drying depends on species and substrate. *Journal of the North American Benthological Society* 28(4): 766-777. doi: <https://doi.org/10.1899/08-151.1>
- Dorn, N.J. & Cook, M.I. 2015. Hydrological disturbance diminishes predator control in wetlands. *Ecology* 96(11): 2984-2993. doi: <https://doi.org/10.1890/14-1505.1>
- Dunn, C.G., Moore, M.J., Sievert, N.A., Paukert, C.P. & DiStefano, R.J. 2021. Co-occurring lotic crayfishes exhibit variable long-term responses to extreme-flow events and temperature. *Freshwater Science* 40(4): 626-643. doi: <https://doi.org/10.1086/717486>
- Foster, J. & Harper, D. 2006. The alien Louisianan red swamp crayfish *Procambarus clarkii* Girard in Lake Naivasha, Kenya 1999–2003. *Freshwater Crayfish* 15: 195-202.
- Gherardi, F., Acquistapace, P., Tricarico, E. & Barbaresi, S. 2002. Ranging behaviour of the red swamp crayfish in an invaded habitat: the onset of hibernation. *Freshwater Crayfish* 14: 330-337.
- Grey, J. & Jackson, M.C. 2012. 'Leaves and Eats Shoots': Direct Terrestrial Feeding Can Supplement Invasive Red Swamp Crayfish in Times of Need. *Plos One* 7(8). doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0042575>
- Hamrin, S.F. 1987. Seasonal crayfish activity as influenced by fluctuating water levels and presence of a fish predator. *Holarctic Ecology* 10(1): 45-51.
- Hansen, G.J.A., Ives, A.R., Vander Zanden, M.J. & Carpenter, S.R. 2013. Are rapid transitions between invasive and native species caused by alternative stable states, and does it matter? *Ecology* 94(10): 2207-2219. doi: <https://doi.org/10.1890/13-0093.1>
- Hayashi, N. 2018. [Impacts of water level fluctuation on invasive crayfish *Procambarus clarkii* at shallow eutrophic pond]. *Cancer* 27: 143-147.
- Hazlett, B., Rittschof, D. & Ameyaw-Akumfi, C. 1979. Factors affecting the daily movements of the crayfish *Orconectes virilis* (Hagen, 1870)(Decapoda, Cambaridae). *Crustaceana*. Supplement: 121-130.
- Ishiyama, N., Nagayama, S., Akasaka, T. & Nakamura, F. 2012. Habitat use by endangered Japanese crayfish (*Cambaroides japonicus*) in low-gradient streams of southern Hokkaido, Japan: reach and microhabitat-scale analysis. *Hydrobiologia* 686(1): 257-266. doi: <https://doi.org/10.1007/s10750-012-1019-y>
- Johnston, K., Matthews, T.G., Robson, B.J. & Chester, E.T. 2014. Impacts of extreme events on southeastern Australian freshwater crayfish. *Freshwater Crayfish* 20(1): 61-72.
- Jordan, F., Babbitt, K.J., McIvor, C.C. & Miller, S.J. 2000. Contrasting patterns of habitat use by prawns and crayfish in a headwater marsh of the St. Johns River, Florida. *Journal of Crustacean Biology* 20(4): 769-776. doi: [https://doi.org/10.1651/0278-0372\(2000\)020\[0769:Cpohub\]2.0.Co;2](https://doi.org/10.1651/0278-0372(2000)020[0769:Cpohub]2.0.Co;2)
- King, A.J., Tonkin, Z. & Lieshcke, J. 2012. Short-term effects of a prolonged blackwater event on aquatic fauna in the Murray River, Australia: considerations for future events. *Marine and Freshwater Research* 63(7): 576-586. doi: <https://doi.org/10.1071/mf11275>
- Knorp, N.E. & Dorn, N.J. 2014. Dissimilar numerical responses of macroinvertebrates to disturbance from drying and predatory sunfish. *Freshwater Biology* 59(7): 1378-1388. doi: <https://doi.org/10.1111/fwb.12352>
- Kouba, A., Tikal, J., Cisar, P., Vesely, L., Fort, M., Priborsky, J., Patoka, J. & Buric, M. 2016. The significance of droughts for hyporheic dwellers: evidence from freshwater crayfish. *Scientific Reports* 6. doi: <https://doi.org/10.1038/srep26569>
- Kushlan, J.A. & Kushlan, M.S. 1979. Observations on crayfish in the Everglades, Florida, USA. *Crustaceana*. Supplement(5): 115-120.
- Larson, E.R., Magoulick, D.D., Turner, C. & Laycock, K.H. 2009. Disturbance and species displacement: different tolerances to stream drying and desiccation in a native and an invasive crayfish. *Freshwater Biology* 54(9): 1899-1908. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02243.x>

- Light, T. 2003. Success and failure in a lotic crayfish invasion: the roles of hydrologic variability and habitat alteration. *Freshwater Biology* 48(10): 1886-1897. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2003.01122.x>
- Lynch, D.T., Leasure, D.R. & Magoulick, D.D. 2018. The influence of drought on flow-ecology relationships in Ozark Highland streams. *Freshwater Biology* 63(8): 946-968. doi: <https://doi.org/10.1111/fwb.13089>
- Mathers, K.L., White, J.C., Fornaroli, R. & Chadd, R. 2020. Flow regimes control the establishment of invasive crayfish and alter their effects on lotic macroinvertebrate communities. *Journal of Applied Ecology* 57(5): 886-902. doi: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13584>
- McCarthy, B., Zukowski, S., Whiterod, N., Vilizzi, L., Beesley, L. & King, A. 2014. Hypoxic blackwater event severely impacts Murray crayfish (*Euastacus armatus*) populations in the Murray River, Australia. *Austral Ecology* 39(5): 491-500. doi: <https://doi.org/10.1111/aec.12109>
- McClain, W.R. & Romaire, R.P. 2004. Effects of simulated drought on crayfish survival and reproduction in experimental burrows: A preliminary study. *Freshwater Crayfish* 14: 106-115.
- Momot, W.T. 1966. Upstream movement of crayfish in an intermittent Oklahoma stream. *American Midland Naturalist*: 150-159.
- Moyon, X. 2003. *Procambarus clarkii* in the swamp of Brivet Bassin (Loire Atlantique). Synthesis of observations made since its introduction, statements and hypothesis. *L'Astaciculteur de France* 75: 15-20.
- Neveu, A. 2009. [Adaptive strategy of *Orconectes limosus* to water level variations at the dam reservoir of La Cheze (Brittany)]. *Astaciculteur de France*(99): 2-5.
- Oluoch, A.O. 1990. Breeding biology of the Louisiana red swamp crayfish *procambarus-clarkii* Girard in Lake Naivasha, Kenya. *Hydrobiologia* 208(1-2): 85-92. doi: <https://doi.org/10.1007/bf00008447>
- Piersanti, S., Pallottini, M., Salerno, G., Goretti, E., Elia, A.C., Dorr, A.J.M. & Reboria, M. 2018. Resistance to dehydration and positive hygro taxis in the invasive red swamp crayfish *Procambarus clarkii*. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*(419). doi: <https://doi.org/10.1051/kmae/2018024>
- Taylor, R.C. 1983. Drought-induced changes in crayfish populations along a stream continuum. *American Midland Naturalist*: 286-298.
- Taylor, R.C. 1988. Population-dynamics of the crayfish *procambarus-spiculifer* observed in response to 2 droughts. *Journal of Crustacean Biology* 8(3): 401-409. doi: <https://doi.org/10.2307/1548279>
- Trepanier, T.L. & Dunham, D.W. 1999. Burrowing and chimney building by juvenile burrowing crayfish *Fallicambarus fodiens* (Cottle, 1863) (Decapoda, Cambaridae). *Crustaceana* 72: 435-442.
- Tulonen, J., Erkamo, E., Mannonen, A. & Jussila, J. 2010. The mortality of juvenile noble crayfish, *Astacus astacus*, under conditions of water level regulation and predator pressure. *Freshwater Crayfish* 17: 135-139.
- van der Heiden, C.A. & Dorn, N.J. 2017. Benefits of adjacent habitat patches to the distribution of a crayfish population in a hydro-dynamic wetland landscape. *Aquatic Ecology* 51(2): 219-233. doi: <https://doi.org/10.1007/s10452-016-9612-1>
- Vesely, L., Ercoli, F., Ruokonen, T.J., Blaha, M., Kubec, J., Buric, M., Hamalainen, H. & Kouba, A. 2020. The crayfish distribution, feeding plasticity, seasonal isotopic variation and trophic role across ontogeny and habitat in a canyon-shaped reservoir. *Aquatic Ecology* 54(4): 1169-1183. doi: <https://doi.org/10.1007/s10452-020-09801-w>
- Wolff, P.J., Taylor, C.A., Heske, E.J. & Schooley, R.L. 2016. Predation risk for crayfish differs between drought and nondrought conditions. *Freshwater Science* 35(1): 91-102. doi: <https://doi.org/10.1086/683333>
- Yarra, A.N. & Magoulick, D.D. 2019. Modelling effects of invasive species and drought on crayfish extinction risk and population dynamics. *Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems* 29(1): 1-11. doi: <https://doi.org/10.1002/aqc.2982>

Zimmerman, J.K.M. & Palo, R.T. 2010. Influence of water regulation and water flow on noble crayfish (*Astacus astacus*) catch in the River Ljungan, Sweden. *Freshwater Crayfish* 17: 141-144.

5.2 Vedlegg 2

As a part of task given by The Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE), the Norwegian institute for nature research (NINA) is conducting a review of the effects that water level fluctuations and water level drawdowns in regulated waterways have on noble crayfish (*Astacus astacus*). The main goal of the project is to highlight knowledge that can be used to enhance conditions for noble crayfish when revising or renewing the terms in existing contracts with electric hydropower companies and/or in events where reservoir water level has to be lowered for dam repairs and improvements.

An initial search using Web of Science produced a rather limited number of articles addressing the above mentioned issues. Therefore we are seeking input from a selected group of scientists about the challenges crayfish species in general face in connection with water level drawdowns and alterations. The questions attached are based on the knowledge gaps and questions identified by NVE. We also ask for your assistance with obtaining copies of any national reports you might know of that deal with these issues (i.e., grey literature). We recognize that it may be difficult to answer the questions below without knowing any of the water bodies' characteristics (i.e., morphometry, composition of the fish community, occurrence of predators etc.). Nonetheless, we ask that you kindly provide your best guesses in general terms on this issue, based on your expertise on crayfish biology.

Questions from NVE:

1. Are there any periods during the year when (noble) crayfish are best suited to cope with water level alterations?
2. Do you know of a threshold for the rate of water drawdown (cm/hour), above which crayfish might be extra vulnerable?
3. Based on current knowledge, is it possible to say something about the effects on crayfish if the water is lowered over a longer time period (more than a year)?
4. Beyond reducing the rate of water drawdown (cm/hour) and seasonal timing of when drawdown occurs, do you know of other measures that can mitigate the negative impacts that prolonged water level changes can have on crayfish individuals and populations?
5. Do we need more knowledge to answer the questions above?

Thank you in advance
Stein I. Johnsen

Norsk institutt for naturforskning, NINA, er en uavhengig stiftelse som forsker på natur og samspillet natur–samfunn.

NINA ble etablert i 1988. Hovedkontoret er i Trondheim, med avdelingskontorer i Tromsø, Lillehammer, Bergen og Oslo. I tillegg driver NINA Sæterfjellet avlsstasjon for fjellrev på Oppdal, og forskningsstasjonen for vill laksefisk på Ims i Rogaland.

NINAs virksomhet omfatter både forskning og utredning, miljøovervåking, rådgivning og evaluering. NINA har stor bredde i kompetanse og erfaring med både naturvitere og samfunnsvitere i staben. Vi har kunnskap om artene, naturtypene, samfunnets bruk av naturen og sammenhenger med de store drivkreftene i naturen.

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-4923-2

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim

Besøks-/leveringsadresse: Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>



Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger