

7905-2023

Uttesting av indekser for vurdering av kongekrabbens påvirkning på bunnfauna



RAPPORT

Hovedkontor

Økernveien 94
0579 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Danmark

Njalsgade 76, 4. sal
2300 København S, Danmark
Telefon (45) 39 17 97 33

Internett: www.niva.no

Tittel Uttesting av indekser for vurdering av kongekrabbens påvirkning på bunnfauna	Løpenummer 7905-2023	Dato 08.11.2023
Forfatter(e) Gunhild Borgersen, Rita Næss, Eivind Oug	Fagområde Marin biologi	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Norge	Sider 22 + vedlegg

Oppdragsgiver(e) Miljødirektoratet	Kontaktperson hos oppdragsgiver Ingrid Handå Bysveen
Oppdragsgivers utgivelse: M-2621 2023	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 220155

Bestanden av kongekrabbe (*Paralithodes camtschaticus*) har vokst raskt siden den først ble registrert i Varangerfjorden i 1977, og er nå en etablert art i Norge. Kongekrabben kan ha stor påvirkning på bløtbunnsfauna. NIVA har tidligere utarbeidet forslag til indekser for karakterisering av effektene krabben har på bunnøkosystemene, og foreslått ulike sammensatte indekser bestående av 3-6 samfunnelementer som klassifiserte stasjoner som påvirket eller ikke påvirket. I denne rapporten viser vi resultatene fra videre uttesting av alle de foreslåtte indeksene på et nytt og uavhengig datasett. Vi vil anbefale den enkleste indeksen bestående av 3 elementer: forekomst av store og lite mobile arter, abundans for hovedgrupper og relativ abundans. Denne indeksen er enkel å beregne, fordi den kun benytter allerede innhentet faunadata (abundans av ulike grupper eller arter), og det er ikke nødvendig å innhente ytterligere data som biomasse eller traits. Indeksene treffer relativt godt med klassifiseringen. Vi vil videre anbefale å beholde kongekrabbeindeksen som binær og foreløpig ikke dele den inn i flere tilstandsklasser.

Fire emneord	Four keywords
1. Kongekrabbe (<i>Paralithodes camtschaticus</i>)	1. Red king crab (<i>Paralithodes camtschaticus</i>)
2. Bløtbunnsfauna	2. Soft sediment fauna
3. Økocystemfunksjon	3. Ecological functioning
4. Økologisk tilstand	4. Ecological status

Denne rapporten er kvalitetssikret iht. NIVAs kvalitetssystem og godkjent av:

Gunhild Borgersen
Prosjektleder/Hovedforfatter

Paul R. Berg
Kvalitetssikrer

Paul R. Berg
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7641-1
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

© Norsk institutt for vannforskning og Miljødirektoratet. Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse.

Uttesting av indekser for vurdering av kongekrabbens påvirkning på bunnfauna

Forord

Miljødirektoratet engasjerte NIVA i 2019 for å vurdere effekten av kongekrabben på bunnfaunasammensetning, økologiske funksjoner og sedimentkvalitet. Formålet med prosjektet var å utvikle kriterier eller indekser for vurdering av påvirkning på bunnfauna fra kongekrabbens beiting eller annen krabbeaktivitet. Flere ulike forslag ble presentert i NIVA-rapport 7752-2022, men det var behov for å teste indeksene på et uavhengig datasett. I denne rapporten presenterer vi resultatene av denne uttestingen.

Kontaktperson hos Miljødirektoratet har vært Ingrid Handå Bysveen (avtalenummer: 22047017).

Oslo, 08.11.2023

Gunhild Borgersen
Prosjektleder

Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon.....	7
2	Metode	8
2.1	Datagrunnlaget	8
2.2	Beskrivelse av stasjonene	9
2.3	Bearbeiding av data	10
2.4	Enkeltelementer og sammensatte indekser	11
3	Resultater	12
3.1	Enkeltelementer	12
3.2	Sammensatte indekser	15
3.3	Bløtbunnsindeksene	19
3.4	Anbefaling	19
4	Diskusjon	20
5	Referanser.....	22
	Vedlegg A.....	23

Sammendrag

Kongekrabben (*Paralithodes camtschaticus*) har sin naturlige utbredelse i Stillehavet. Arten ble første gang registrert i Norge i Varanger i 1977, og bestanden har etter dette vokst raskt og er nå en etablert art i Norge. Kongekrabben kan ha en stor påvirkning på bunnfauna og økosystemet på bløtbunn. NIVA har tidligere utarbeidet forslag til indekser til karakterisering av effektene krabben har på bunnøkosystemene, og foreslått fire ulike sammensatte indekser bestående av 3-6 samfunnselementer (delkomponenter) som klassifiserte stasjonene som påvirket eller ikke påvirket.

I denne rapporten viser vi resultatene fra videre uttesting av alle de foreslåtte indeksene på et nytt og uavhengig datamateriale bestående av totalt 13 stasjoner i Troms og Finnmark. Vi har også inkludert stasjoner som potensielt er påvirket av lakseoppdrett i tillegg til kongekrabbe. Ved alle stasjonene er det foretatt undersøkelse av kongekrabbetetthet samme år som bunnfauna, eller året før.

Basert på resultatene vil vi anbefale den enkleste indeksen bestående av 3 elementer:

- Forekomst av store og lite mobile arter
- Abundans for hovedgrupper
- Relativ abundans

Fordelen med denne indeksen er at den er enkel å beregne, fordi den kun benytter allerede innhentet faunadata (abundans av ulike grupper eller arter), og det er ikke nødvendig å innhente ytterligere data som biomasse eller traits. Indeksen treffer relativt godt med klassifiseringen.

Vi vil videre anbefale å beholde kongekrabbeindeksen som binær (påvirket / ikke påvirket) og foreløpig ikke utvikle klassegrenser for flere tilstandsklasser.

Summary

Title: Testing of indices for assessment of the king crab's impact on benthic fauna

Year: 2023

Author(s): Gunhild Borgersen, Rita Næss, Eivind Oug

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7641-1

The red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) has its natural distribution in the Pacific Ocean. The species was first recorded in Norway in Varanger in 1977, and the population has since grown rapidly and is now an established species in Norway. The red king crab can have a major impact on benthic fauna and the sea floor ecosystem. NIVA has previously developed indices to characterize the effects the crab has on the benthic ecosystems and proposed four different multimetric indices consisting of 3-6 metrics which classified the stations as affected or not affected by the red king crab.

In this report, we present the results from testing the proposed indices on new and independent data material consisting of a total of 13 stations in Troms and Finnmark. We have also included stations that are potentially affected by salmon aquaculture in addition to red king crab. At all the stations, a survey of king crab density has been carried out in the same year as the benthic fauna, or the year before.

Based on the results, we recommend the simplest index consisting of 3 elements:

- Occurrence of large and less mobile species
- Abundance for main groups
- Relative abundance

The advantage of this index is that it is easy to calculate, because it only uses fauna data already obtained (abundance of different groups or species), and it is not necessary to obtain additional data such as biomass or traits. The index performs relatively well when tested on the new data material.

We would further recommend keeping the king crab index as binary (affected / not affected) and for the time being not developing class boundaries for several status classes.

1 Introduksjon

Kongekrabben (*Paralithodes camtschaticus*) har sin naturlige utbredelse i Stillehavet. Arten ble første gang registrert i Norge i Varanger i 1977, og bestanden har etter dette vokst raskt og er nå en etablert art i Norge. Kongekrabben kan ha en stor påvirkning på bunnfauna og økosystemet på bløtbunn, og undersøkelser har påvist endringer i artssammensetning og produksjonsforhold og indikert endringer i økosystemfunksjoner i de krabbeinvaderte områdene (Oug m.fl. 2010, 2011, Falk-Petersen m.fl. 2011, Fuhrmann m.fl. 2015, Oug m.fl. 2018). Det har imidlertid vært usikkert om systemet som i dag benyttes til å vurdere tilstand i norske kystområder fanger opp effekter på bunnøkosystemer forårsaket av kongekrabben.

NIVA har tidligere utredet strukturelle og funksjonelle elementer ved bunndyrsamfunn på bløtbunn som er påvirket av kongekrabben, siktet mot å utvikle kriterier eller indekser til karakterisering av effektene krabben har på bunnøkosystemene (Oug og Borgersen 2022). Målet var å finne fram til kriterier eller indekser som skal kunne benyttes ved enkeltstående undersøkelser (for eksempel C-undersøkelser) for vurdering av tilstand i vannforekomster og samtidig ha overføringsverdi til større geografiske områder. Samfunnelementer som ble utprøvd omfattet ulike mål for abundanser (individtetthet) for hovedgrupper og arter, abundanser og forekomster av store arter, biomasse for hovedgrupper og arter og måltall for økosystemfunksjoner med vekt på sedimentomrøring. Utprøvingen ble foretatt på et datasett av 56 bløtbunnsstasjoner fra områder med høy tetthet av kongekrabbe til områder med lav tetthet eller uten kongekrabbe i Troms og Finnmark.

Ved utredningsarbeidet ble det foreslått fire ulike sammensatte indekser bestående av 3-6 samfunnelementer (delkomponenter) som klassifiserte stasjonene som påvirket eller ikke påvirket. Den enkleste indeksen besto av tre elementer basert på forekomster og abundanser. Denne indeksen er enkel å beregne og klassifiserte en høy andel stasjoner korrekt, men det ble ansett som en ulempe at elementene bare representerer struktur i organismesamfunnet og at det er en viss grad av avhengighet mellom dem. Et forslag med fem elementer som i tillegg inkluderte biomasse for enkelte arter og et mål for sedimentomrøring var også lovende og klassifiserte også en høy andel stasjoner korrekt. Dette forslaget ble ansett å være mer robust overfor ulike effekter på bunndyrsamfunnene og gir trolig større sikkerhet for riktig klassifisering, men noe mer arbeidskrevende å beregne. Forslag med fire eller seks elementer hadde noe dårligere resultater, men det kan til dels skyldes at ved denne sammensetningen ble kravene til riktig klassifisering noe strengere enn ved tre eller fem elementer.

Utvikling av indekser til bruk ved enkeltstående undersøkelser er utfordrende fordi geografiske forskjeller mellom organismesamfunn, naturlige variasjoner eller virkninger av ikke kjente påvirkningsfaktorer kan overskygge effekter av spesifikke påvirkninger, her effekter av kongekrabben. Dette er bakgrunnen for at utredningsarbeidet ga forslag til sammensatte indekser som omfatter ulike elementer i organismesamfunnet. Det ble ikke funnet noen enkeltelementer som med tilstrekkelig presisjon kunne skille mellom upåvirket og påvirket tilstand.

I denne rapporten viser vi resultatene fra videre uttesting av alle de foreslåtte indeksene på et nytt og uavhengig datamateriale. Vi har også inkludert stasjoner som potensielt er påvirket av lakseoppdrett i tillegg til kongekrabbe.

2 Metode

2.1 Datagrunnlaget

Målet med dette prosjektet var å teste de foreslåtte indeksene for vurdering av kongekrabbens påvirkning (Oug og Borgersen 2022) på et uavhengig datasett. Vi har satt sammen ett datasett over bunnfauna fra områder med lav eller ingen tetthet av kongekrabbe, og områder med moderat til høy tetthet av kongekrabbe, samt noen områder i nærheten av oppdrettsanlegg for laks. Data for bløtbunnsfauna ble i hovedsak hentet fra Vannmiljø. Data for to stasjoner ble hentet fra Akvaplan-niva sin database (mottatt ifm. prosjektet i 2019). Data for utbredelse og mengde av kongekrabbe i Finnmark er hentet fra Havforskningsinstituttets dataserie for 1994-2016 (Hjelseth 2017), samt bestandsvurderinger 2017-2021 (Sundet et al. 2017, Sundet m.fl. 2018, Sundet m.fl. 2019, Sundet m.fl. 2020, Sundet m.fl. 2021, Hvingel og Hjelset 2021). Dataene angir antall kongekrabber som er fanget per tråltrekk med Agassiz trål i 30 min (Sundet og Berenboim 2008).

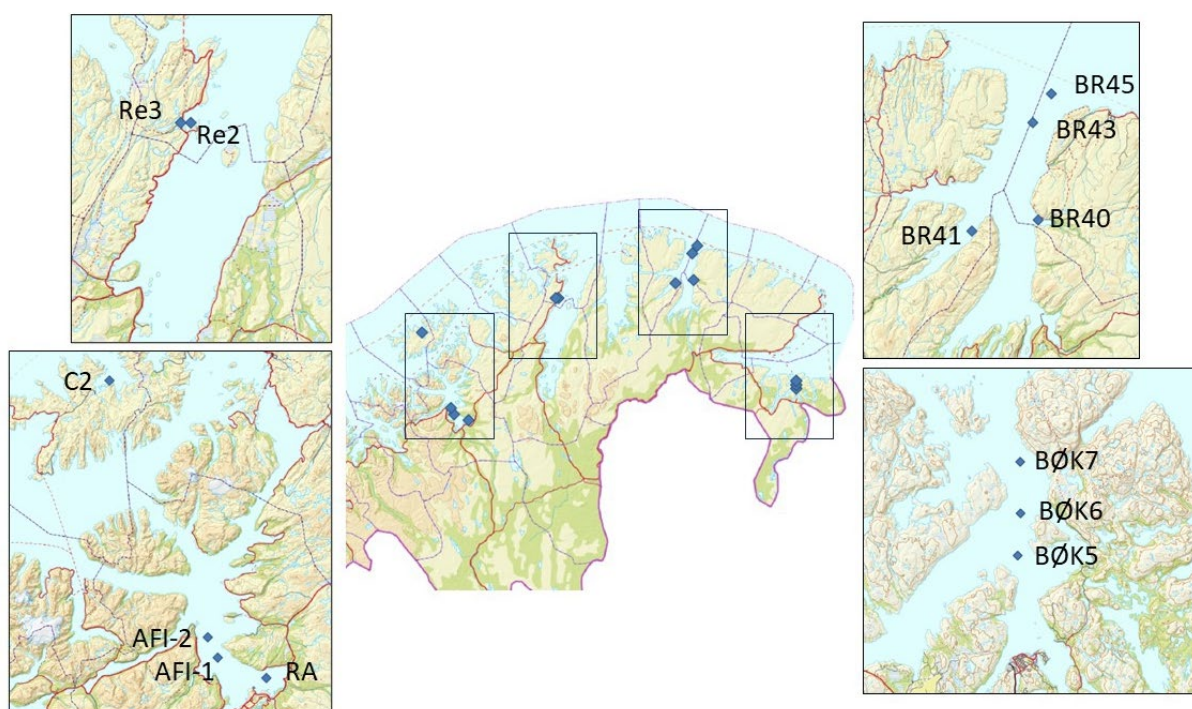
Stasjoner ble valgt ut på grunnlag av følgende kriterier:

- Geografisk plassering i en av fjordene/fjordområdene hvor det har vært gjennomført krabbetelling
- Krabbetelling må ha vært gjennomført samme år som prøvetaking av bløtbunnsfauna, eller året før. For noen stasjoner hvor det mangler krabbedata er det gjort skjønsmessige vurderinger
- Geografisk plassering i nærheten av oppdrettsanlegg for laks
- En viss avstand fra øvrige påvirkningskilder som by/tettsted, avløp, industri osv. (se Pedersen m.fl. (2016) for avstandskriterier)

Det endelige datasettet besto av totalt 13 stasjoner i Troms og Finnmark (Tabell 1, Figur 1), med til sammen av 345 arter og artsgrupper (taksa). Dette omfattet både entydig bestemte arter, arter med mindre presis identifisering (f.eks. bare til slekt) og artsgrupper uten identifisering til art.

Tabell 1. Oversikt over de 13 faunastasjonene som var med i datasettet, og hvilken type påvirkning som er tilstede i område.

Område	Stasjonsnavn/kode	År	Påvirkningstype
Altafjorden	Altafjorden, Rafsbotn RA	2021	Ingen påvirkning
Altafjorden	Altafjorden, AFI-1	2021	Ingen påvirkning
Altafjorden	Altafjorden, AFI-2	2021	Ingen påvirkning
Tanafjorden	Gulgefjorden (Vuodavuotna), BR40	2021	Kongekrabbe
Tanafjorden	Langfjorden, BR41	2017	Kongekrabbe
Tanafjorden	Tana ytre 1, BR43	2017	Kongekrabbe
Tanafjorden	Tana ytre 2, BR45	2021	Kongekrabbe
Bøkfjorden	BØK5	2018	Kongekrabbe
Bøkfjorden	BØK6	2018	Kongekrabbe
Bøkfjorden	BØK7	2018	Kongekrabbe
Porsangerfjorden	Re 2	2015	Kongekrabbe, oppdrettsanlegg
Porsangerfjorden	Re 3	2015	Kongekrabbe, oppdrettsanlegg
Galtefjorden, Sørøya	Næringsbukta – C2	2018	Kongekrabbe, oppdrettsanlegg



Figur 1. Oversikt over stasjonene som inngikk i denne studien

2.2 Beskrivelse av stasjonene

Altafjorden:

Tre stasjoner i Altafjorden prøvetatt i 2021 i forbindelse med rapport «Altafjorden- Økologisk tilstandsklassifisering» utarbeidet av Rambøll (Tabell 2). Data er hentet fra Vannmiljø. Dette er stasjoner som er antatt å være uåvirket av både kongekrabbe, akvakultur og andre påvirkningstyper.

Tabell 2. Oversikt over de 3 faunastasjonene fra Altafjorden.

Stasjonsnavn	VannlokalitetID	Vannlokalitetkode
Altafjorden, AFI-1	80 564	04.20-80564
Altafjorden, AFI-2	80 565	04.20-80565
Altafjorden, Rafsbotn RA	80 563	04.20-80563

Galtefjorden (Sørøya):

Stasjon ble prøvetatt ifm. miljøovervåking for akvakultur (Tabell 3). Data er hentet fra Vannmiljø. Stasjonen er antatt påvirket av både kongekrabbe (moderat til høy tetthet) og lakseoppdrett. Stasjonen ligger ca 600 meter unna oppdrettsanlegget. Kongekrabbe ble registrert i området i 2018 (Sundet m.fl. 2018).

Tabell 3. Oversikt over faunastasjonen fra Galtefjorden (Sørøya)

Stasjonsnavn	VannlokalitetID	Vannlokalitetkode
Næringsbukta – C2	86 228	04.20-86228

Tanafjorden:

Fire stasjoner i områder som er antatt å være påvirket av kongekrabbe (moderat til høy tetthet) (**Tabell 4**). Stasjonene inngår i det nasjonale overvåkingsprogrammet ØKOKYST, og er tatt i 2017 og 2021. Data er hentet fra Vannmiljø. Det er ikke registrert andre påvirkningstyper i området.

Tabell 4. Oversikt over de fire faunastasjonene fra Tanafjorden

Stasjonsnavn	VannlokalitetID	Vannlokalitetkode
Gulgefjorden (Vuodavuotna), BR40 (BR40)	79 157	04.23-79157
Langfjorden, BR41 (BR41)	79 158	04.23-79158
Tana ytre 1, BR43 (BR43)	79 155	04.23-79155
Tana ytre 2, BR45 (BR45)	79 156	04.23-79156

Porsangerfjorden:

To stasjoner som prøvetatt i 2015 av Akvaplan-niva (Tabell 5). Stasjonene er fra områder som er antatt påvirket av både kongekrabbe (moderat til høy tetthet) og lakseoppdrett. Stasjonene ble også benyttet i utviklingsarbeidet i 2019, men ble da vurdert til å være upåvirket av lakseoppdrett (> 1000 m fra anlegget). Iht. til Vannmiljø er stasjon Re3 1200 m fra anlegget, og Re2 550 m fra anlegget, og de har i dette arbeidet blitt vurdert til antatt påvirket av lakseoppdrett, selv om påvirkning er usikkert for Re3. Kongekrabbe ble registrert i fjorden i 2014 (Hjelseth 2017).

Tabell 5. Oversikt over de to faunastasjonene fra Porsangerfjorden.

Stasjonsnavn	Akvaplan-niva stasjons-id
Re2	sta0008119
Re3	sta0008120

Bøkfjorden:

Stasjoner som ble prøvetatt ifm. en miljøundersøkelse av to vannforekomster i Bøkfjorden. En av vannforekomstene er resipient for utslipp fra gruvevirksomhet, men de tre stasjonene som inngår i denne studien er i tilstrekkelig avstand fra graven til å være antatt upåvirket av gruveslam. De er derimot antatt å være påvirket av kongekrabbe (moderat til høy tetthet). De tre stasjonene ble prøvetatt i 2018 av Åkerblå.

2.3 Bearbeiding av data

I flere av analysene er data for arters abundanser (tetthet) og biomasse transformert for å redusere betydningen av dominerende arter i forhold til arter med lavere tettheter eller biomasse. Ved analyser for størrelsessammensetning, relasjoner mellom arter og funksjonelle egenskaper (sedimentomrøring) er data for tetthet og biomasse kvadratrot-transformert.

Til analyser av funksjonelle endringer ('traits-analyser') ble data for egenskaper for hver enkelt art hentet fra Queiros m.fl. (2013) (klassifisering av bioturbasjon for omkring tusen vanlige europeiske bløtbunnsarter).

Til noen av analysene kreves det biomasse for artene. Biomasse for arter måles ikke rutinemessig ved norske bløtbunnsundersøkelser og slike data foreligger heller ikke for prøvene i denne studien.

Biomassedata ble derfor hentet fra Vedlegg D i Oug og Borgersen (2022), som fastsatte biomasseverdier for et utvalg av arter enten basert på data eller skjønnsvurdering.

2.4 Enkeltelementer og sammensatte indekser

Oug og Borgersen (2022) foreslo 4 ulike sammensatte indekser bestående av 3-6 enkeltelementer (**Tabell 6**). Begrunnelse for hvorfor akkurat disse enkeltelementene er valgt er gitt i Oug og Borgersen (2022), og detaljert forklaring av hvordan de ulike enkeltelementene beregnes er gitt i Vedlegg A.

Tabell 6 Samfunnselementer som inngår i indeks for effekt av kongekrabbe. Upåvirket tilstand er antatt ved verdi større enn grenseverdien (mindre for Dominans). (*tr) = utføres på kvadratrots-transformerte data. $(Crust+Echin+Varia)/Moll$ = sum Crustacea + sum Echinodermata + sum Varia / sum Mollusca. $(M+C+TT)$ = sum maldanider + sum capitellider + sum terebellider og trichobranchider; $(Thya + N + E + M)$ = sum av thyasirider + Nuculana + Ennucula + Macoma. $(C+O+C)$ = Chirimia + Owenia + Cistenides/Lagis; $(N+G+E+M)$ = Nephtys ciliata + Galatowenia oculata + Ennucula + Macoma). $(Nico + Noth + Mel + Cten + Bathy)$ = Nicomache + Nothria + Melinna + Ctenodiscus + Bathyarc.

Respons på krabbebeiting	Elementer i indeks	Innhold	Type	Grense-verdi
Forholdstall mellom artsgrupper som øker og artsgrupper som avtar: biomasse eller abundans	Abundans for hovedgrupper	$(Crust+Echin+Varia)/Moll$	Relasjon	>0,4
	Abundans for utvalgte arter (*tr)	$(M+C+TT)/(Thya+N+E+M)$	Relasjon	>2
	Biomasse for utvalgte arter (*tr)	$(C+O+C)/(N+G+E+M)$	Relasjon	>0,5
Forekomst av store og lite mobile arter som ofte er tilstede under normale forhold	Forekomst av store og lite mobile arter	Nico+Noth+Melinn+Cten+Bathyarc	Forekomst	>1
Dominans	Relativ abundans (*tr)	Flerbørstemarken <i>Galatowenia oculata</i>	Andel	<0,07
Endring i beregnet sedimenttransport - bioturbasjonsdata fra Queiros m.fl. 2013 (Q)	Sedimentomrøring abundans (*tr)	Opptransport (Q)	Andel	>0,2

Forslag 1: indeks med 3 enkeltelementer

Indeksen består av tre enkeltelementer som representerer strukturelle forhold i bunndyrsamfunnet: *Abundans for hovedgrupper*; *Forekomst av store og lite mobile arter* og *Relativ abundans* (**Tabell 6**). Elementene har noen grad av intern avhengighet. For at en indeks med tre enkeltelementer skal klassifisere en stasjon som upåvirket må minst 2 av 3 enkeltelementer vurderes som upåvirket.

Forslag 2: indeks med 4 enkeltelementer

Indeksen består av de samme tre elementene som over, men omfatter også *Sedimentomrøring abundans* som oppfattes som nær uavhengig av de tre andre elementene (**Tabell 6**). For at indeksten skal klassifisere en stasjon som upåvirket må minst 3 av 4 enkeltelementer vurderes som upåvirket.

Forslag 3: indeks med 5 enkeltelementer

Indeksen består av de samme 4 elementene som over, men omfatter også *Biomasse for utvalgte arter* (**Tabell 6**). For at indeksten skal klassifisere en stasjon som upåvirket må minst 3 av 5 enkeltelementer vurderes som upåvirket.

Forslag 4: indeks med 6 enkeltelementer

Indeksen består av de samme 5 elementene som over, men omfatter også *Abundans for utvalgte arter* (Tabell 6). For at indeksen skal klassifisere en stasjon som upåvirket må minst 4 av 6 enkeltelementer vurderes som upåvirket.

3 Resultater

Alle enkeltelementene ble testet hver for seg, og kombinert til de ulike sammensatte indeksene som foreslått i Oug og Borgersen (2022).

3.1 Enkeltelementer

Vurdering av enkeltkomponentene er vist i Tabell 7.

Stasjoner uten kjent krabbepåvirkning:

Forekomst av store og lite mobile arter er det eneste enkeltelementet som klassifiserer alle de tre stasjonene uten noen kjent påvirkning som «upåvirket». *Abundans for hovedgrupper* klassifiserer to av de tre stasjonene uten noen kjent påvirkning som «upåvirket».

Relativ abundans og *Sedimentomrøring abundans* klassifiserte derimot bare én av de tre stasjonene uten noen kjent påvirkning som «upåvirket». *Biomasse for utvalgte arter* og *Abundans for utvalgte arter* klassifiserte alle stasjonene uten noen kjent påvirkning, som «påvirket».

Stasjoner som er antatt påvirket av kongekrabbe:

For stasjonene som er antatt påvirket av kongekrabbe, klassifiserer de fleste enkeltelementene 4 av 7 stasjoner som «påvirket». Unntaket er *Abundans for hovedgrupper* (kun 3 korrekte) og *Abundans for utvalgte arter* (5 korrekte).

For stasjonene som er antatt påvirket av kongekrabbe og i tillegg har oppdrett i nærheten, klassifiserte alle elementene alle stasjonene som «påvirket», altså korrekt, med unntak av *Relativ abundans* som kun klassifiserte 1 av 3 stasjoner korrekt.

Tabell 7. Resultat fra beregning av alle enkeltelementene. (*tr) = utføres på kvadrattrot-transformerte data. Grønn farge indikerer korrekt resultat, dvs. stasjoner hvor det ikke er antatt noen påvirkning skal klassifiseres til upåvirket, og stasjoner hvor det er antatt krabbepåvirkning skal klassifiseres som påvirket. Gul farge indikerer at enkeltelementene har blitt klassifisert galt.

Stasjoner	Påvirkning	Enkeltelementer					
		Forekomst av store og lite mobile arter	Abundans for hovedgrupper (*tr)	Relativ abundans (*tr)	Sediment-omrøring abundans (*tr)	Biomasse for utvalgte arter (*tr)	Abundans for utvalgte arter (*tr)
AFI-1	Ingen	upåvirket	upåvirket	påvirket	påvirket	påvirket	påvirket
AFI-2	Ingen	upåvirket	upåvirket	upåvirket	påvirket	påvirket	påvirket
RA	Ingen	upåvirket	påvirket	påvirket	upåvirket	påvirket	påvirket
BR40	Krabbe	påvirket	påvirket	upåvirket	påvirket	påvirket	påvirket
BR41	Krabbe	upåvirket	påvirket	påvirket	påvirket	upåvirket	påvirket
BR43	Krabbe	påvirket	upåvirket	upåvirket	påvirket	upåvirket	upåvirket
BR45	Krabbe	upåvirket	upåvirket	upåvirket	påvirket	upåvirket	upåvirket
BØK-5	Krabbe	påvirket	upåvirket	påvirket	upåvirket	påvirket	påvirket
BØK-6	Krabbe	påvirket	påvirket	påvirket	upåvirket	påvirket	påvirket
BØK-7	Krabbe	upåvirket	upåvirket	påvirket	upåvirket	påvirket	påvirket
C2	Krabbe + oppdrett	påvirket	påvirket	upåvirket	påvirket	påvirket	påvirket
Re2	Krabbe + oppdrett	påvirket	påvirket	upåvirket	påvirket	påvirket	påvirket
Re3	Krabbe + oppdrett	påvirket	påvirket	påvirket	påvirket	påvirket	påvirket

Forekomst av store og lite mobile arter:

Av de tre stasjonene uten noen kjent påvirkning (verken krabbe eller oppdrett), blir alle klassifisert til «upåvirket» (100 % korrekt). Av syv stasjoner hvor det er registrert krabbe (men ikke oppdrett), blir fire klassifisert som påvirket og tre som upåvirket (67 % korrekt). Av tre stasjoner med både krabbe og oppdrett, blir alle klassifisert som påvirket (100 % korrekt). Av 10 stasjoner totalt med krabbe (både med og uten oppdrett) blir altså 7 klassifisert som påvirket, og 3 som upåvirket (70 % korrekt). Totalresultat: 10/13 klassifiseres korrekt (77%)

Abundans for hovedgrupper:

Av de tre stasjonene uten noen kjent påvirkning (verken krabbe eller oppdrett), blir to klassifisert til upåvirket, og én til påvirket (67 % korrekt). Av syv stasjoner hvor det er registrert krabbe (men ikke oppdrett), blir fire klassifisert som upåvirket og tre som påvirket (42 % korrekt). Av tre stasjoner med både krabbe og oppdrett, blir alle klassifisert som påvirket (100 % korrekt). Av 10 stasjoner totalt med krabbe (både med og uten oppdrett) blir altså 6 klassifisert som påvirket, og 4 som upåvirket (60 % korrekt).

Totalresultat: 8/13 klassifiseres korrekt (62%)

Relativ abundans:

Av de tre stasjonene uten noen kjent påvirkning (verken krabbe eller oppdrett), blir én klassifisert til upåvirket, og to til påvirket (33 % korrekt). Av syv stasjoner hvor det er registrert krabbe (men ikke oppdrett), blir tre klassifisert som upåvirket og fire som påvirket (57 % korrekt). Av tre stasjoner med både krabbe og oppdrett, blir to klassifisert som upåvirket og én som påvirket (33 % korrekt). Av 10 stasjoner totalt med krabbe blir altså 5 klassifisert som påvirket, og 5 som upåvirket (50 % korrekt). Totalresultat: 6/13 klassifiseres korrekt (46%)

Sedimentomrøring abundans (Queiros):

Av de tre stasjonene uten noen kjent påvirkning (verken krabbe eller oppdrett), blir én klassifisert til upåvirket, og to til påvirket (33 % korrekt). Av syv stasjoner hvor det er registrert krabbe (men ikke oppdrett), blir tre klassifisert som upåvirket og fire som påvirket (57 % korrekt). Av tre stasjoner med både krabbe og oppdrett, blir alle tre klassifisert som påvirket (100 % korrekt). Av 10 stasjoner totalt med krabbe blir altså 7 klassifisert som påvirket, og 3 som upåvirket (70 % korrekt). Totalresultat: 8/13 klassifiseres korrekt (62%)

Biomasse for utvalgte arter

Av de tre stasjonene uten noen kjent påvirkning (verken krabbe eller oppdrett), blir alle klassifisert til påvirket (0 % korrekt). Av syv stasjoner hvor det er registrert krabbe (men ikke oppdrett), blir tre klassifisert som upåvirket og fire som påvirket (57 % korrekt). Av tre stasjoner med både krabbe og oppdrett, blir alle klassifisert som påvirket (100 % korrekt). Av 10 stasjoner totalt med krabbe blir altså 7 klassifisert som påvirket, og 3 som upåvirket (70 % korrekt). Totalresultat: 7/13 klassifiseres korrekt (54%)

Abundans for utvalgte arter

Av de tre stasjonene uten noen kjent påvirkning (verken krabbe eller oppdrett), blir alle klassifisert til påvirket (0 % korrekt). Av syv stasjoner hvor det er registrert krabbe (men ikke oppdrett), blir to klassifisert som upåvirket og fem som påvirket (71 % korrekt). Av tre stasjoner med både krabbe og oppdrett, blir alle klassifisert som påvirket (100 % korrekt). Av 10 stasjoner totalt med krabbe blir altså 8 klassifisert som påvirket, og 2 som upåvirket (80 % korrekt). Totalresultat: 8/13 klassifiseres korrekt (62%)

3.2 Sammensatte indekser

Forslag 1 består av elementene:

- Forekomst av store og lite mobile arter
- Abundans for hovedgrupper
- Relativ abundans

Av de tre stasjonene uten noen kjent påvirkning (verken krabbe eller oppdrett), blir to klassifisert til upåvirket, og én til påvirket (67 % korrekt). Av syv stasjoner hvor det er registrert krabbe (men ikke oppdrett), blir tre klassifisert som upåvirket og fire som påvirket (57 % korrekt). Av tre stasjoner med både krabbe og oppdrett, blir alle klassifisert som påvirket (100 % korrekt). Av 10 stasjoner totalt med krabbe blir altså 7 klassifisert som påvirket, og 3 som upåvirket (70 % korrekt).

Tabell 1. Resultat fra beregning av elementer i forslag 1 fra Oug og Borgersen (2022). (*tr) = utføres på kvadratrot-transformerte data. Når minst 2 av 3 elementer vurderes som upåvirket klassifiseres stasjonen som upåvirket. Grønn farge indikerer korrekt resultat, dvs. stasjoner hvor det ikke er antatt noen påvirkning skal klassifiseres til upåvirket, og stasjoner hvor det er antatt krabbepåvirkning skal klassifiseres som påvirket. Gul farge indikerer at enkeltelementene har blitt klassifisert galt.

Stasjoner	Påvirkning	Enkeltelementer			Samlet resultat forslag 1
		Forekomst av store og lite mobile arter	Abundans for hovedgrupper (*tr)	Relativ abundans (*tr)	
AFI-1	Ingen	upåvirket	upåvirket	påvirket	upåvirket
AFI-2	Ingen	upåvirket	upåvirket	upåvirket	upåvirket
RA	Ingen	upåvirket	påvirket	påvirket	påvirket
BR40	Krabbe	påvirket	påvirket	upåvirket	påvirket
BR41	Krabbe	upåvirket	påvirket	påvirket	påvirket
BR43	Krabbe	påvirket	upåvirket	upåvirket	upåvirket
BR45	Krabbe	upåvirket	upåvirket	upåvirket	upåvirket
BØK-5	Krabbe	påvirket	upåvirket	påvirket	påvirket
BØK-6	Krabbe	påvirket	påvirket	påvirket	påvirket
BØK-7	Krabbe	upåvirket	upåvirket	påvirket	upåvirket
C2	Krabbe + oppdrett	påvirket	påvirket	upåvirket	påvirket
Re2	Krabbe + oppdrett	påvirket	påvirket	upåvirket	påvirket
Re3	Krabbe + oppdrett	påvirket	påvirket	påvirket	påvirket

Forslag 2 består av elementene:

- Forekomst av store og lite mobile arter
- Abundans for hovedgrupper
- Relativ abundans
- Sedimentomrøring abundans (Queiros)

Forslaget består altså av de samme elementene som i forslag 1, i tillegg til sedimentomrøring.

Av de tre stasjonene uten noen kjent påvirkning (verken krabbe eller oppdrett), blir én klassifisert til upåvirket, og to til påvirket (33% korrekt). Av syv stasjoner hvor det er registrert krabbe (men ikke oppdrett), blir to klassifisert som upåvirket og fem som påvirket (71 % korrekt). Av tre stasjoner med både krabbe og oppdrett, blir alle klassifisert som påvirket (100 % korrekt). Av 10 stasjoner totalt med krabbe blir altså 8 klassifisert som påvirket, og 2 som upåvirket (80 % korrekt).

Tabell 2. Resultat fra beregning av elementer i forslag 2 fra Oug og Borgersen (2022). (*tr) = utføres på kvadratrot-transformerte data. Når minst 3 av 4 elementer vurderes som upåvirket klassifiseres stasjonen som upåvirket. Grønn farge indikerer korrekt resultat, dvs. stasjoner hvor det ikke er antatt noen påvirkning skal klassifiseres til upåvirket, og stasjoner hvor det er antatt krabbepåvirkning skal klassifiseres som påvirket. Gul farge indikerer at enkeltelementene har blitt klassifisert galt.

Stasjoner	Påvirkning	Enkeltelementer				Samlet resultat forslag 2
		Forekomst av store og lite mobile arter	Abundans for hovedgrupper (*tr)	Relativ abundans (*tr)	Sedimentomrøring abundans (*tr)	
AFI-1	Ingen	upåvirket	upåvirket	påvirket	påvirket	påvirket
AFI-2	Ingen	upåvirket	upåvirket	upåvirket	påvirket	upåvirket
RA	Ingen	upåvirket	påvirket	påvirket	upåvirket	påvirket
BR40	Krabbe	påvirket	påvirket	upåvirket	påvirket	påvirket
BR41	Krabbe	upåvirket	påvirket	påvirket	påvirket	påvirket
BR43	Krabbe	påvirket	upåvirket	upåvirket	påvirket	påvirket
BR45	Krabbe	upåvirket	upåvirket	upåvirket	påvirket	upåvirket
BØK-5	Krabbe	påvirket	upåvirket	påvirket	upåvirket	påvirket
BØK-6	Krabbe	påvirket	påvirket	påvirket	upåvirket	påvirket
BØK-7	Krabbe	upåvirket	upåvirket	påvirket	upåvirket	upåvirket
C2	Krabbe + oppdrett	påvirket	påvirket	upåvirket	påvirket	påvirket
Re2	Krabbe + oppdrett	påvirket	påvirket	upåvirket	påvirket	påvirket
Re3	Krabbe + oppdrett	påvirket	påvirket	påvirket	påvirket	påvirket

Forslag 3 består av elementene:

- Forekomst av store og lite mobile arter
- Abundans for hovedgrupper
- Relativ abundans
- Sedimentomrøring abundans (Queiros)
- Biomasse for utvalgte arter

Forslaget består altså av de samme elementene som i forslag 2, i tillegg til biomasse for utvalgte arter.

Av de tre stasjonene uten noen kjent påvirkning (verken krabbe eller oppdrett), blir én klassifisert til upåvirket, og to til påvirket (33% korrekt). Av syv stasjoner hvor det er registrert krabbe (men ikke oppdrett), blir tre klassifisert som upåvirket og fire som påvirket (57 % korrekt). Av tre stasjoner med både krabbe og oppdrett, blir alle klassifisert som påvirket (100 % korrekt). Av 10 stasjoner totalt med krabbe blir altså 7 klassifisert som påvirket, og 3 som upåvirket (70 % korrekt).

Tabell 3. Resultat fra beregning av elementer i forslag 3 fra Oug og Borgersen (2022). (*tr) = utføres på kvadratrot-transformerte data. Når minst 3 av 5 elementer vurderes som upåvirket klassifiseres stasjonen som upåvirket. Grønn farge indikerer korrekt resultat, dvs. stasjoner hvor det ikke er antatt noen påvirkning skal klassifiseres til upåvirket, og stasjoner hvor det er antatt krabbepåvirkning skal klassifiseres som påvirket. Gul farge indikerer at enkeltelementene har blitt klassifisert galt.

Stasjon-er	Påvirk-ning	Enkeltelementer					Samlet resultat forslag 3
		Forekomst av store og lite mobile arter	Abundans for hovedgruppe r (*tr)	Relativ abundans (*tr)	Sedimentomrøring abundans (*tr)	Biomasse for utvalgte arter (*tr)	
AFI-1	Ingen	upåvirket	upåvirket	påvirket	påvirket	påvirket	påvirket
AFI-2	Ingen	upåvirket	upåvirket	upåvirket	påvirket	påvirket	upåvirket
RA	Ingen	upåvirket	påvirket	påvirket	upåvirket	påvirket	påvirket
BR40	Krabbe	påvirket	påvirket	upåvirket	påvirket	påvirket	påvirket
BR41	Krabbe	upåvirket	påvirket	påvirket	påvirket	upåvirket	påvirket
BR43	Krabbe	påvirket	upåvirket	upåvirket	påvirket	upåvirket	upåvirket
BR45	Krabbe	upåvirket	upåvirket	upåvirket	påvirket	upåvirket	upåvirket
BØK-5	Krabbe	påvirket	upåvirket	påvirket	upåvirket	påvirket	påvirket
BØK-6	Krabbe	påvirket	påvirket	påvirket	upåvirket	påvirket	påvirket
BØK-7	Krabbe	upåvirket	upåvirket	påvirket	upåvirket	påvirket	upåvirket
C2	Krabbe + oppdrett	påvirket	påvirket	upåvirket	påvirket	påvirket	påvirket
Re2	Krabbe + oppdrett	påvirket	påvirket	upåvirket	påvirket	påvirket	påvirket
Re3	Krabbe + oppdrett	påvirket	påvirket	påvirket	påvirket	påvirket	påvirket

Forslag 4 består av elementene:

- Forekomst av store og lite mobile arter
- Abundans for hovedgrupper
- Relativ abundans
- Sedimentomrøring abundans (Queiros)
- Biomasse for utvalgte grupper
- Abundans for utvalgte arter

Forslaget består altså av de samme elementene som i forslag 3, i tillegg til abundans for utvalgte arter.

Samlet resultat forslag 4:

Av de tre stasjonene uten noen kjent påvirkning (verken krabbe eller oppdrett), blir alle klassifisert til påvirket (0 % korrekt). Av syv stasjoner hvor det er registrert krabbe (men ikke oppdrett), blir to klassifisert som upåvirket og fem som påvirket (71 % korrekt). Av tre stasjoner med både krabbe og oppdrett, blir alle klassifisert som påvirket (100 % korrekt). Av 10 stasjoner totalt med krabbe blir altså 8 klassifisert som påvirket, og 2 som upåvirket (80 % korrekt).

Tabell 4. Resultat fra beregning av elementer i forslag 4 fra Oug og Borgersen (2022). (*tr) = utføres på kvadratrot-transformerte data. Når minst 4 av 6 elementer vurderes som upåvirket klassifiseres stasjonen som upåvirket. Grønn farge indikerer korrekt resultat, dvs. stasjoner hvor det ikke er antatt noen påvirkning skal klassifiseres til upåvirket, og stasjoner hvor det er antatt krabbepåvirkning skal klassifiseres som påvirket. Gul farge indikerer at enkeltelementene har blitt klassifisert galt.

Stasjon-er	Påvirk-ning	Enkeltelementer						Samlet resultat forslag 4
		Forekomst av store og lite mobile arter	Abundans for hovedgrupper (*tr)	Relativ abundans (*tr)	Sediment-omrøring abundans (*tr)	Biomasse for utvalgte arter (*tr)	Abundans for utvalgte arter (*tr)	
AFI-1	Ingen	upåvirket	upåvirket	påvirket	påvirket	påvirket	påvirket	påvirket
AFI-2	Ingen	upåvirket	upåvirket	upåvirket	påvirket	påvirket	påvirket	påvirket
RA	Ingen	upåvirket	påvirket	påvirket	upåvirket	påvirket	påvirket	påvirket
BR40	Krabbe	påvirket	påvirket	upåvirket	påvirket	påvirket	påvirket	påvirket
BR41	Krabbe	upåvirket	påvirket	påvirket	påvirket	upåvirket	påvirket	påvirket
BR43	Krabbe	påvirket	upåvirket	upåvirket	påvirket	upåvirket	upåvirket	upåvirket
BR45	Krabbe	upåvirket	upåvirket	upåvirket	påvirket	upåvirket	upåvirket	upåvirket
BØK-5	Krabbe	påvirket	upåvirket	påvirket	upåvirket	påvirket	påvirket	påvirket
BØK-6	Krabbe	påvirket	påvirket	påvirket	upåvirket	påvirket	påvirket	påvirket
BØK-7	Krabbe	upåvirket	upåvirket	påvirket	upåvirket	påvirket	påvirket	påvirket
C2	Krabbe + oppdrett	påvirket	påvirket	upåvirket	påvirket	påvirket	påvirket	påvirket
Re2	Krabbe + oppdrett	påvirket	påvirket	upåvirket	påvirket	påvirket	påvirket	påvirket
Re3	Krabbe + oppdrett	påvirket	påvirket	påvirket	påvirket	påvirket	påvirket	påvirket

3.3 Bløtbunnsindeksene

Alle bløtbunnsstasjonene er også klassifisert for økologisk tilstand på grunnlag av indeksene som benyttes for tilstandsklassifisering iht. Vannforskriften. Av de 13 stasjonene i datasettet fikk alle «god» økologisk tilstand for bløtbunnsfauna, med unntak av BR45 i Tanafjorden som fikk «svært god» tilstand.

Tabell 8. Økologisk tilstand for bløtbunnsfauna, klassifisert etter nEQR-verdien som oppgitt i Vannmiljø eller beregnet av NIVA/Akvaplan-niva. Korn=andel finfraksjon, TOC=total organisk karbon, nTOC=normalisert organisk karbon.

Vannlokalitet	År	Påvirkningstype	Økologisk tilstand for bløtbunnsfauna	Korn	TOC	nTOC
Altafjorden, Rafsbotn RA	2021	Ingen påvirkning	God (0,72)	91,7	6,8	8,3
Altafjorden, AFI-1	2021	Ingen påvirkning	God (0,76)	98,6	13	12,8
Altafjorden, AFI-2	2021	Ingen påvirkning	God (0,73)	96,7	16	16,6
Gulgefjorden (Vuodavuotna), BR40	2021	Kongekrabbe	God (0,80)	49,4	4,9	14
Langfjorden, BR41	2017	Kongekrabbe	God (0,74)	74,5	20,6	25,2
Tana ytre 1, BR43	2017	Kongekrabbe	God (0,74)	69,7	24,2	29,7
Tana ytre 2, BR45	2021	Kongekrabbe	Svært god (0,91)	38,4	11	21,6
BØK5	2018	Kongekrabbe	God (0,72)	33		14,2
BØK6	2018	Kongekrabbe	God (0,67)	79		8,2
BØK7	2018	Kongekrabbe	God (0,68)	70		12,1
Re 2	2015	Kongekrabbe, oppdrettsanlegg	God (0,76)	35,4	7,1	
Re 3	2015	Kongekrabbe, oppdrettsanlegg	God (0,62)		16,3	
Næringsbukta - C2	2018	Kongekrabbe, oppdrettsanlegg	God (0,70)	30		21,2

3.4 Anbefaling

NIVA har vurdert forslag 1 og 2 som mest aktuelle for vurdering av kongekrabbens påvirkning på bunnsdyrsamfunnet:

Forslag 1 består av elementene:

- Forekomst av store og lite mobile arter
- Abundans for hovedgrupper
- Relativ abundans

Fordelen med denne indeksen er at den er enkel å beregne, fordi den kun benytter allerede innhentet faunadata (abundans av ulike grupper eller arter), og det er ikke nødvendig å innhente ytterligere data som biomasse eller traits. Men det kan også være en ulempe at elementene bare representerer struktur i organismsamfunnet og at det er en viss grad av avhengighet mellom dem. Indeksene treffer relativt godt med klassifiseringen.

Forslag 2 består av elementene:

- Forekomst av store og lite mobile arter
- Abundans for hovedgrupper
- Relativ abundans
- Sedimentomrøring abundans (Queiros)

Forslaget består altså av de samme elementene som i forslag 1, i tillegg til sedimentomrøring. Fordelen med denne indeksen er elementet «sedimentomrøring» representerer noe annet enn struktur i samfunnet, og derfor potensielt er mer robust overfor ulike effekter på bunndyrsamfunnene. Men dette ekstra elementet gjør den også mer arbeidskrevende og komplisert å beregne. Indeksen treffer godt med klassifiseringen av antatt krabbepåvirkede stasjoner, men tilsynelatende mindre godt på stasjoner uten kongekrabbe. Det er imidlertid kun 3 slike stasjoner i datasettet, så grunnlaget er litt for tynt til å trekke en konklusjon om denne indeksen.

Vi vil derfor anbefale forslag 1 inntil mer data kan avgjøre om forslag 2 er mer egnet.

Vi vil videre anbefale å beholde kongekrabbeindeksen som binær og foreløpig ikke dele den inn i flere tilstandsklasser.

4 Diskusjon

Det er tilnærmet umulig å utvikle en indeks og grenseverdier som klassifiserer en gitt tilstand eller påviser effekter av en påvirkning korrekt i alle tilfeller. Indeksene bør klassifisere en høy andel korrekt, men hvor høy denne andelen bør være finnes det ingen retningslinjer for. I tilfellet med kongekrabbe er det også usikkerhet knyttet til krabbetetthet på stasjonene og dermed også den faktiske påvirkningen på stasjonen. Dette gjør det usikkert om en stasjon faktisk er påvirket av kongekrabbe, og følgelig usikkert om indeksen klassifiserer korrekt eller ikke. I tillegg blir det vanskeligere å utlede dose-responsforholdet. Slike usikkerheter gjør det ekstra viktig å teste ut indeksene på et robust datasett. Det viste seg utfordrende å finne stasjoner med tilgjengelig faunadata fra kvantitativ grabbprøvetaking, hvor det også fantes informasjon om krabbetetthet på (omtrentlig) samme tidspunkt som prøvetakingen. Datasettet som ble benyttet i uttestingen er litt lite til å konkludere om indeksenes egnethet og gyldighet, men det gir likevel en pekepinn.

Det er kun tre stasjoner som er antatt å være uåvirket av både kongekrabbe, akvakultur og andre påvirkningstyper. Alle disse stasjonene ligger i Altafjorden og har finkornet sediment (andel finstoff over 90 %). De burde således ha rette bunnforhold til at indeksene fungerer (Oug og Borgersen 2022). Resultatene viser likevel at fire av de seks enkeltelementene klassifiserer minst to av stasjonene som påvirket. Av de 10 stasjonene som er antatt krabbepåvirket (med eller uten oppdrett) blir 7-8 klassifisert korrekt som påvirket.

Resultatene tyder på at forslagene til indekser gir overveiende riktig klassifikasjon for situasjoner med høy krabbetetthet, i praksis kanskje der det er grunnlag for kommersielt fiske. Indeksen kan i slike områder være egnet til å detektere endringer i samfunnene som ikke framkommer i Vanndirektivets indekser. For områder med lav eller inegn krabbetetthet kan derimot indeksen i større grad feilklassifisere. Foreløpig bør derfor ikke indeksen brukes som et generelt mål for tilstedeværelse av kongekrabben.

Tilstand for bløtbunnsfauna iht. bløtbunnsindeksene som inngår i Vannforskriften er «god» på alle stasjonene utenom BR45 i Tanafjorden som fikk «svært god» tilstand. Dette kan bety at det er mulig å skille mellom effekter av organisk belastning og kongekrabbe ved å beregne kongekrabbeindeksen i tillegg til de ordinære bløtbunnsindeksene. Vi vil anbefale at det i aktuelle undersøkelser beregnes kongekrabbeindeks i tillegg til de ordinære indeksene. Kongekrabbeindeksen bør foreløpig ikke inngå i beregning av nEQR eller brukes til å nedjustere tilstanden, men kan brukes til en skjønnsvurdering

av i hvilken grad bunnsamfunnene er krabbepåvirket eller ikke. Dette kan gi nyttig informasjon til forvaltningen i områder med mye kongekrabbe.

5 Referanser

Falk-Petersen, J., Renaud, P., Anisimova, N. (2011). Establishment and ecosystem effects of the alien invasive red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) in the Barents Sea – a review. *ICES Journal of Marine Science* 68, 479-488.

Fuhrmann, M.M., Pedersen, T., Ramasco, V., Nilssen, E.M. (2015). Macrobenthic biomass and production in a heterogenic subarctic fjord after invasion by the red king crab. *Journal of Sea Research* 106: 1-13.

Oug, E., Cochrane, S.K.J., Sundet, J.H., Norling, K., Nilsson H.C., Vansteenbrugge, L. (2010). Effekter av kongekrabben på øko-systemet på bløtbunn: undersøkelser i Varanger 2006-2009. NIVArapport 6037-2010. NIVA 7752-2022 52

Oug, E., Cochrane, S.K.J., Sundet, J.H., Norling, K. & Nilsson H.C. (2011). Effects of the invasive red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) on soft-bottom fauna in Varangerfjorden, northern Norway. *Marine Biodiversity* 41: 467-479.

Oug, E., Sundet, J.H., Cochrane, S.K.J. (2018). Structural and functional changes of soft-bottom ecosystems in northern fjords invaded by the red king crab (*Paralithodes camtschaticus*). *Journal of Marine Systems* 180: 255-264.

Oug, E; Borgersen, G. (2022) Forslag til indeks for vurdering av kongekrabbens påvirkning på bunndyrsamfunn. NIVA-rapport 7752-2022

Pedersen, A., Alve, E., Alvestad, T., Borgersen, G., Dolven, J.K., Gundersen, H., Hess, S., Kutti, T., Rygg, B., Velvin, R., Vedal, J. (2016). Bløtbunnsfauna som indikator for miljøtilstand i kystvann. Miljødirektoratets rapportserie M-633.

Queirós, A.M., Birchenough, S.N.R., Bremner, J., Godbold, J.A., Parker, R.E., Romero-Ramirez, A., Reiss, H., Solan, M., Somerfield, P.J., Colen, C.V., Hoey, G.V., Widdicombe, S. (2013). A bioturbation classification of European marine infaunal invertebrates. *Ecol. Evolution* 3, 39583985.

Sundet JH, Hvingel C, Hjelset AM (2017). Kongekrabbe i norsk sone. Bestandstaksering og rådgivning 2017. Havforskningsinstituttet

Sundet JH, Hvingel C, Hjelset AM (2018). Kongekrabbe i norsk sone. Bestandstaksering og rådgivning 2018. Havforskningsinstituttet

Sundet JH, Hvingel C, Hjelset AM (2019). Kongekrabbe i norsk sone. Bestandstaksering og rådgivning 2019. Havforskningsinstituttet

Sundet JH, Hvingel C, Hjelset AM (2020). Kongekrabbe i norsk sone. Bestandstaksering og rådgivning 2020. Havforskningsinstituttet

Hvingel C, Hjelset AM (2021). Kongekrabbe i norsk sone. Bestandstaksering 2021 og rådgivning for 2022. Havforskningsinstituttet

Vedlegg A.

Forklaring og eksempler på beregningene av de ulike enkeltlementene som inngår i indeksene

Forekomst av store og lite mobile arter

Forekomst av store og lite mobile arter som ofte er tilstede under normale forhold, blir redusert ved høye forekomster av kongekrabbe. Disse artene er generelt antatt å være de mest attraktive byttedyrene for kongekrabben. Høy forekomst av følgende arter indikerer at stasjonen er upåvirket av kongekrabbe:

Forekomst av store og lite mobile arter som ofte er tilstede under normale forhold, men som blir redusert ved høye forekomster av kongekrabbe. Hentet fra Oug og Borgersen 2022		
Gruppe	Art	Kommentar
Flerbørstemark (polychaeta)	<i>Nicomache lumbricalis</i>	
Flerbørstemark (polychaeta)	<i>Melinna cristata</i>	
Flerbørstemark (polychaeta)	<i>Nothria</i> spp.	ulike arter av slekten <i>Nothria</i> (regnes som én forekomst uavhengig av om én eller flere arter er tilstede)
Sjøstjerne (asteroidea)	<i>Ctenodiskus crispatus</i>	
Musling (bivalvia)	<i>Bathyarca</i> spp.	ulike arter av slekten <i>Bathyarca</i> (regnes som én forekomst uavhengig av om én eller flere arter er tilstede)

Max-verdien for denne delkomponenten er 5, og kriteriet for upåvirket tilstand er >1. Dersom mer enn 1 av disse taxa er tilstede, tilsier dette at stasjonen er upåvirket av kongekrabbe. Dersom kun 1 eller 0 av disse taxa er tilstede, tilsier dette at stasjonen er påvirket av kongekrabbe

- ➔ Beregnet på rot-transformerte data
- ➔ Gir et forholdstall. Hvis >1: upåvirket, hvis <1: påvirket.

Eksempel på beregning av delkomponentet **Forekomst av store og lite mobile arter**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1															
2		Forekomst av store og lite mobile arter													
3		Rot-transformerte data													
4		Gruppe	Class	Family	Artsnavn Worms	AFI-1	AFI-2	RA	BR40	BR41	C2	Re2	Re3	BR43	BR45
5		Polychaeta	Polychaeta	Maldanidae	Nicomache lumbricalis/Nicomache sp	0	1,58	4,18	5,24	0	0	3,87	0	0	0
6		Polychaeta	Polychaeta	Melinnidae	Melinna cristata	5,24	5,70	3,16	0	0	0	0	0	0	0
7		Polychaeta	Polychaeta	Onuphidae	Nothria conchylega/N hyperborea	0	0	3,87	0	1,58	0	0	0	3,54	4,74
8		Mollusca	Bivalvia	Arcidae	Bathyarca pectunculoides	0	0	2,24	0	1,58	0	0	0	0	3,16
9		Echinodermata	Asteroidea	Ctenodiscidae	Ctenodiscus crispatus	4,47	3,16	0	0	0	0	0	0	0	0
10															
11		Grenseverdi	Type	Element i indeks	Formel i Excel	AFI-1	AFI-2	RA	BR40	BR41	C2	Re2	Re3	BR43	BR45
12			Forekomst	Nico+Noth+Melinn+Ct en+Bathyarc	=IF(F5>0;1;0)+IF(F6>0;1;0)+IF(F7>0;1;0) +IF(F8>0;1;0)+IF(F9>0;1;0)	2	3	4	1	2	0	1	0	1	2
13		>1			=IF(F12>1;1;0)	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1
14						upåvirket	upåvirket	upåvirket	påvirket	upåvirket	påvirket	påvirket	påvirket	påvirket	upåvirket

Abundans for hovedgrupper

Andel av individmengden for noen hovedgrupper av bunnfauna er relatert til tettheten av kongekrabbe. Flerbørstemark hadde noe lavere andel ved økende krabbetetthet, mens bløtdyr hadde en økning. De resterende gruppene hadde lav andel ved høy krabbetetthet.

$$= \frac{\text{Crustacea + Echinodermata + Varia}}{\text{Mollusca}}$$

(Sum av alle individer fra gruppene Crustacea + Echinodermata + Varia) / (Sum av alle individer fra gruppen Mollusca)

(gruppen varia består av arter som ikke tilhører noen av de andre gruppene, dvs. Crustacea, Echinodermata, Polychaeta og Mollusca)

- ➔ Beregnet på rot-transformerte data
- ➔ Gir et forholdstall. Hvis >0,4: upåvirket, hvis <0,4: påvirket.

Grenseverdi satt til dette elementet er >0,4, dvs. at dersom verdien er under grenseverdien er det tegn på at området kan være påvirket av kongekrabben.

Eksempel på beregning av delkomponenten **Abundans for hovedgrupper**:

Bokstaver/tall merket blått er cellen med den totale summen, mens grønn er grenseverdien.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
15															
16	Abundans for hovedgrupper														
17					Rot-transformerte data										
18					Gruppe	AFI-1	AFI-2	RA	BR40	BR41	C2	Re2	Re3	BR43	BR45
19					Polychaeta	63,86	152,85	380,51	200,03	312,92	250,44	165,10	150,80	242,41	228,34
20					Mollusca	72,51	101,58	123,08	152,27	124,51	135,74	107,44	102,48	135,30	115,08
21					Crustacea	13,96	27,99	15,60	17,01	14,98	0,00	7,63	8,56	23,78	46,61
22					Echinodermata	12,48	6,98	7,28	8,14	5,00	2,24	3,16	3,16	22,26	25,56
23					Varia	9,82	9,58	14,78	10,80	10,58	7,24	16,09	12,11	20,07	42,64
24					Sum abundans rot-transformert	172,63	298,99	541,24	388,25	467,99	395,66	299,43	277,11	443,81	458,24
25															
26	Grenseverdi	Type	Element i indeks	Formel i Excel	AFI-1	AFI-2	RA	BR40	BR41	C2	Re2	Re3	BR43	BR45	
27		Relasjon	Crust+Echin+Varia)/Moll	=(F21+F22+F23)/F20	0,50	0,44	0,31	0,24	0,25	0,07	0,25	0,23	0,49	1,00	
28	>0,4			=IF(F27>0,4;1;0)	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	
29					upåvirket	upåvirket	påvirket	påvirket	påvirket	påvirket	påvirket	påvirket	upåvirket	upåvirket	

Relativ abundans

Den lille rørbyggende flerbørstemarken *Galatowenia oculata* økte signifikant ved høy krabbetetthet.

Grenseverdi satt til dette elementet er >0,07, dvs. at dersom artens individtetthet er høyere enn 0,07 er et tegn på at området kan være påvirket av tettheten til kongekrabben.

$$= \frac{\text{Abundans Galatowenia}}{\text{Sum abundans alle arter}}$$

➔ Beregnet på rot-transformerte data

Bokstaver/tall merket blått er cellene, mens grønn er grenseverdien.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
31															
32	Relativ abundans														
33	Rot-transformerte data														
34	Gruppe	Class	Family	Artsnavn Worms	AFI-1	AFI-2	RA	BR40	BR41	C2	Re2	Re3	BR43	BR45	
35	Polychaeta	Polychaeta	Oweniidae	Galatowenia oculata	1,58	1,58	80,68	27,16	71,75	4,47	18,84	25,20	10,37	3,54	
36				Sum abundans rot-transformert	172,63	298,99	541,24	388,25	467,99	395,66	299,43	277,11	443,81	458,24	
37															
38	Grenseverdi	Type	Element i indeks	Formel i Excel	AFI-1	AFI-2	RA	BR40	BR41	C2	Re2	Re3	BR43	BR45	
39		Andel	Galatowenia oculata/totalsum	=F35/F36	0,01	0,01	0,15	0,07	0,15	0,01	0,06	0,09	0,02	0,01	
40	>0,07			=IF(F39>0,07;1;0)	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	
41					påvirket	upåvirket	påvirket	upåvirket	påvirket	upåvirket	upåvirket	påvirket	upåvirket	upåvirket	

Sedimentomrøring abundans

Analysen utført i NIVA 7752-2022 viste at det var en avtagende sedimenttransport ved økende krabbetetthet. Det var forskjeller mellom stasjonene og det ble flere feilklassifiseringer når stasjoner med svært sandholdige sedimenter ble inkludert. Grenseverdi satt til dette elementet er $>0,2$, dvs. at dersom det er avtagende sedimenttransport i området er det tegn på at området kan være påvirket av tettheten til kongekrabben.

Bokstaver/tall merket blått er cellene, mens grønn er grenseverdien. Hele artslisten er ikke tatt med pga størrelsen; pilene indikerer fortsettelse ned til slutten.

Beregningene viser at det var avtagende sedimenttransport ved økte tettheter for krabbe. Tilsvarende analyser for opptransport av sediment ('upward conveyors'): opptransport reduseres. Beregnes ved

Eksempel på beregning av **Sedimentomrøring abundans**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
31																	
32	Sedimentomrøring abundans																
33																	
34	Rot-transformerte data																
35																	
36	Array 1																
37	Rot-transformert individtetthet																
38																	
39																	
40																	
41																	
42																	
43																	
44																	
45																	
46																	
47																	
48																	
49																	
50																	
51																	
52																	
53																	
54																	
55																	
56																	
57	Array 2																
58	Artsnavn																
59																	
60																	
61																	
62																	
63																	
64																	
65	Grenseverdi	Type	Element i ind	Formel i Excel		AFI-1	AFI-2	RA	BR40	BR41	C2	Re2	Re3	BR43	BR45		
66		Andel	Opptransp Q	=MMULT(Array2;Array1)}	upw conv	23,10	57,65	120,63	57,07	50,04	76,89	43,11	34,46	60,86	81,40		
67																	
68				=H66/total sum abundans rot-transformert	upw conv	0,13	0,19	0,22	0,15	0,11	0,19	0,14	0,12	0,14	0,18		
69																	
70		>0,2		=IF(H68>0,2;1;0)		0	0	1	0	0	0	0	0	0	0		
71						påvirkt	påvirkt	upåvirkt	påvirkt	påvirkt	påvirkt	påvirkt	påvirkt	påvirkt	påvirkt	påvirkt	
72																	

Biomasse for utvalgte arter

Arter med tydelig redusert tetthet ved høy krabbetetthet omfatter børstemarkene *Chirimia biceps*, *Owenia* og *Cistenides hyperborea*. Arter med tydelig økning i tetthet ved høy krabbetetthet omfatter børstemarkene *Nephtys ciliata* og *Galathowenia oculata*, samt bløtdyrene *Ennucula* og *Macoma*. Grenseverdi satt til dette elementet er >0,5, dvs. at dersom det er høy biomasse av artene som øker ved høy krabbetetthet og lav biomasse av artene som blir redusert ved høy krabbetetthet er et tegn på at området kan være påvirket av tettheten til kongekrabben.

$$= \frac{\text{Biomasse av arter med redusert tetthet}}{\text{Biomasse av arter med økt tetthet}}$$

(sum av alle individer av arter med redusert tetthet * individvekt mg vv) / (sum av alle individer av arter med økt tetthet * individvekt mg vv)

Arter med redusert tetthet: *Chirimia* + *Owenia* + *Cistenides/Lagis*

Arter med økt tetthet: *Nephtys ciliata* + *Galathowenia oculata* + *Ennucula* + *Macoma*

- ➔ Beregnet på rot-transformerte data
- ➔ Gir et forholdstall. Hvis >0,5: upåvirket, hvis <0,5: påvirket.

Eksempel på beregning av **Biomasse for utvalgte arter:**

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	
46																				
47																				
48																				
49																				
50																				
51																				
52																				
53																				
54																				
55																				
56																				
57																				
58																				
59																				
60																				
61																				
62																				
63																				
64																				
65																				
66																				
67																				
68																				
69																				
70																				
71																				
72																				
73																				
74																				
75																				
76																				
77																				
78																				
79																				
80																				
81																				

Abundans for utvalgte arter

Flere små arter og også flere mobile arter som endret forekomst eller tetthet ved høy krabbetetthet. Arter med økt tetthet omfatter små muslinger (*Nuculana*, *Ennucula*, *Macoma* og *Thyasirider*) og arter som hadde tydelig redusert tetthet omfattet flerbørstemark av familien Capitellidae, Maldanidae, Terebellidae og Trichobranchidae. Grenseverdi satt til dette elementet er >2, dvs. at dersom det er høy tetthet av artene som øker ved høy krabbetetthet og lav tetthet av artene som blir redusert ved høy krabbetetthet er et tegn på at området kan være påvirket av tettheten til kongekrabben.

$$= \frac{\text{Forekomst av arter med redusert tetthet}}{\text{Forekomst av arter med økt tetthet}}$$

(sum av alle individer av arter med redusert tetthet / sum av alle individer av arter med økt tetthet)

- ➔ Beregnet på rot-transformerte data
- ➔ Gir et forholdstall. Hvis >2: upåvirket, hvis <2: påvirket.

Tabell 9. Arter med redusert eller økt tetthet ved høy krabbetetthet (fra Oug og Borgersen 2022).

Arter med redusert tetthet ved høy krabbetetthet:	Arter med økt tetthet ved høy krabbetetthet:
<i>Laphania boeckii</i>	<i>Nuculana</i> spp.
<i>Leaena ebranchiata</i>	<i>Ennucula tenuis</i>
<i>Polycirrus</i> spp.	<i>Macoma</i> / <i>M. calcarea</i>
<i>Polycirrus arcticus</i>	<i>Parathyasira dunbari</i>
<i>Proclea malmgreni</i>	<i>Parathyasira equalis</i>
<i>Terebellides</i> spp.	<i>Thyasira</i> spp.
<i>Chirimia biceps biceps</i>	<i>Thyasira gouldi</i>
Euclymeninae/ <i>Euclymene</i> / <i>Praxillella</i>	<i>Thyasira sarsii</i>
<i>Maldane sarsi</i>	
Maldanidae indet	
<i>Nicomache lumbricalis</i>	
<i>Petaloproctus tenuis</i>	
<i>Praxillella gracilis</i>	
<i>Praxillella praetermissa</i>	
<i>Rhodine gracilior</i>	
<i>Capitella</i> / <i>Capitella capitata</i>	
<i>Heteromastus filiformis</i>	
<i>Notomastus</i> / <i>N. latericeus</i>	

Eksempel på beregning av **Abundans for utvalgte arter**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
77															
78		Abundans for utvalgte arter													
79		Rot-transformerte data													
80															
81															
82															
83															
84															
85															
86															
87															
88															
89															
90															
91															
92															
93															
94															
95															
96															
97															
98															
99															
100															
101		Grenseverdi	Type	Element i ind	Formel i Excel	AFI-1	AFI-2	RA	BR40	BR41	C2	Re2	Re3	BR43	BR45
102			Relasjon	(M+C+TT)/(Th ya+N+E+M)	=SUM(F87:F123)/(SUM(F124 :F141))	0,59	1,05	1,56	0,33	1,49	0,79	1,19	0,85	2,29	2,70
103		>2			=IF(F102>2;1;0)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
104						påvirk	påvirk	påvirk	påvirket	påvirket	påvirket	påvirket	påvirket	upåvirke	upåvirket
105															



Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) er Norges viktigste miljøforskningsinstitutt for vannfaglige spørsmål, og vi arbeider innenfor et bredt spekter av miljø, klima- og ressurs spørsmål. Vår forskerkompetanse kjennetegnes av en solid faglig bredde, og spisskompetanse innen mange viktige områder. Vi kombinerer forskning, overvåkning, utredning, problemløsning og rådgivning, og arbeider på tvers av fagområder.