

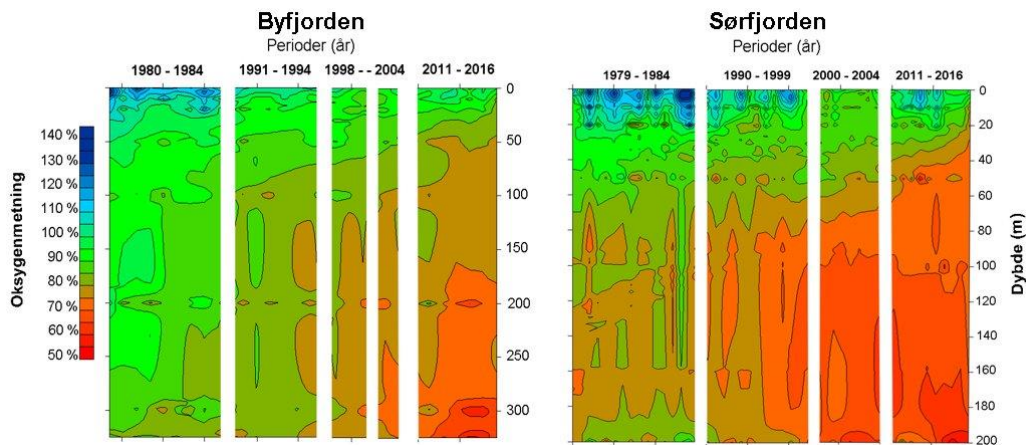
Miljøtilstanden til fjordene omkring Bergen – Tåler fjordresipientene fremtidig befolkningsvekst og næringsutvikling?

Kort tittel: *Fjordhelse i Bergensregionen (FiBER)*

DEL 1: Bakgrunn og regional relevans

Kyst- og fjordområder på Vestlandet er utsatt for påvirkning som følge av **økt befolkning** og endret befolkningsstruktur som bidrar til økte utslipp av organisk materiale (organiske partikler og løste næringsalter) fra husholdning (kloakk) og landbasert industri. Det er forventet en befolkningsøkning på 10% i Bergen og opp mot 45% i nabokommuner innen 2040 (Statistisk sentralbyrå). I tillegg har det vært en betydelig vekst innen **havbruk** de siste 40 årene som gir utslipp av organisk materiale til sjø. Naturlig avrenning fra land er også en viktig kilde til næringsalter i kystvann og fjorder, og da særlig i indre fjordsystemer med stor ferskvannstilførsel. I Norge er det forventet **økt nedbør** og avrenning fra land, og klimamodeller spår at økningen i nedbør på Vestlandet vil utgjøre fra 0,3 til 2,7 % per tiår frem mot 2050 [1]. Denne økningen i nedbør vil medføre **mer naturlig avrenning fra land** og større tilførsel av løste næringsalter til fjordsystemene. Økt tilførsel av løste næringsalter fra ulike kilder kan bidra til overgjødning og uønskede algeoppblomstringer (eutrofiering). Det er anslått at 20-25 % av algeproduksjonen sedimenterer [2], noe som vil tilføre betydelige mengder organisk materiale til bunnsubstratet i fjordbassenger. Nedbryting av organisk materiale er oksygenkrevende, og dersom tilførsel av organisk materiale er større enn det nedbrytersamfunnet (bunnfauna; børstemark, snegler o.a.) kan ta unna, så vil dette akkumulere med økt bakteriell nedbryting og oksygenmangel i bunnvann og bunnsubstrat [3].

I tillegg kan klimatiske endringer med mer nedbør og **økte sjøtemperaturer** medføre **reduert vannutskifting** i fjordbassenger med direkte negativ effekt på oksygennivåer og det marine økosystemet [4-6]. Reduserte oksygennivåer vil føre til et skifte i økosystemet der oksygenkrevende, følsomme bunndyrarter i stadig større grad vil bli erstattet med arter som tåler lave oksygennivåer, og i verste fall med mindre effektive bakterielle nedbryterorganismer [6]. **Eutrofiering og klimatiske endringer** er følgelig blant de viktigste årsakene til oksygensvinn i kystvann og fjorder [7, 9], og det er antatt at områder med oksygenfattige (hypoksiske) eller oksygenfrie (anoksiske) forhold vil øke i omfang de neste 50 årene som en konsekvens av økt tilførsel av organisk materiale og redusert vannutskifting [8]. Klimaendringer kombinert med en voksende havbruksindustri og økt befolkningstetthet gjør at bærekraftig utvikling og -forvaltning av kystareal er mer relevant enn noensinne for å sikre et godt og produktivt fjord- og kystmiljø. Det er viktig at kyst- og fjordområder har tilstrekkelig bæreevne for økt organisk belastning, særlig i en tid med **stadig reduksjon av oksygennivåer** i hav- og kystvann. Kunnskap om bæreevnene og vannkvalitet til ulike kystvannforekomster i regionen vil derfor være veiledende for hvor store utslipp ulike områder tåler. En grunnleggende kunnskap om det marine økosystemet (struktur, funksjon, tilstand), kilder til påvirkning og resipienters bæreevne er essensiell for forvaltningen og videre vekst i regionen. Faktorer som kan påvirke økologiske tilstander kan være komplekst (både antropogene og klimatiske), og det kan hende at viktigheten til de ulike faktorene har endret seg med tiden. Vi må derfor kjenne til fortiden for å forstå nåtiden og best mulig kunne forutsi fremtiden [10]. Bergen kommune har i samarbeid med NORCE Miljø (tidl. Uni Research) og Fiskeridirektoratet nylig gjennomført et kvalifiseringsprosjekt - *Marine miljøendringer og kilder til påvirkning i fjordsystemer omkring Bergen i perioden 1973-2016* (RFF Vest prosjektnr. 263572). Formålet med dette pilotprosjektet var å samle og re-analysere historiske data fra det marine overvåkingsprogrammet «*Resipientovervåking av fjordsystemene rundt Bergen, 1973-2016*». Resultater og erfaringer fra prosjektet har gitt et nytt og verdifullt perspektiv på metoder for beskrivelser av miljøtilstander. Statistiske analysemetoder har gitt en mer presis og detaljert beskrivelse av miljøendringer over et lengre tidsperspektiv. Pilotprosjektet har bidratt til ny informasjon som indikerer at nåværende **marin miljøovervåking** med gjeldende tilstandsklassifiseringer ikke er tilstrekkelig egnet for påvisning av langsiktige, regionale miljøendringer. Det har blitt påvist skifte i strukturen til bunnfaunasamfunnet som i stor grad sammenfaller med både menneskeskapt aktivitet og forringet vannkvalitet i fjordene (Figur 1). De observerte oksygenendringene kan skyldes økt oksygenforbruk i nedbryting av organisk materiale, redusert vannutskifting eller en kombinasjon av disse faktorene. Disse observasjonene krever videre studier. Resultater og erfaringer fra pilotprosjektet er allerede publisert og formidlet i ulike sammenhenger [11-13], og har definert viktige kvalitetslementer som trengs for å dokumentere, samt definere konkrete problemstillinger i det videre arbeid med å beskrive fjordøkologiske endringer og rangere viktige kilder til miljøpåvirkninger i ulike områder. Formålet vil være å gi kommuner og forvaltningsmyndigheter økt kunnskap om lokale og regionale marine miljøforhold og et styrket beslutningsgrunnlag for sikre økologisk **bærekraftig samfunnsvekst og næringsutvikling** på Vestlandet.



Figur 1. Oksygenmetning. Målinger fra ulike dyp i Byfjorden og Sørfjorden (Bergensregionen) i perioden 1979 – 2016. Figurene viser at oksygennivåene i vannsøylen er synkende i begge fjordene og følgelig at bæreevnen for organisk belastning har blitt betydelig redusert de siste 20 årene. Data fra RFF Vest pilotprosjekt (nr. 263572) [11-13].

DEL 2: Innovasjonen

1. Innovasjonsgrad

Innovasjonen i prosjektet blir å skaffe **grunnleggende kunnskap** om hvordan miljøtilstander i ulike fjordresipienter har endret seg de siste 40-50 årene, samt **identifisere viktige kilder til påvirkning**. Dagens marine miljøovervåking følger internasjonale standarder og nasjonale veiledere for beskrivelser av tilstander i kystvann [14,15]. Klassifisering av økologisk tilstand i fjordbassenger er basert på biologiske indekser som beskriver sammensetningen av bløtbunnsfauna på tidspunktet for prøvetaking, men tar i liten grad hensyn til komplekse påvirkningsfaktorer. Det er derfor et kunnskapsbehov om hvordan ulike påvirkningskilder kan påvirke marine miljøtilstander på ulike nivå. Nyhetselementer og innovasjonen i prosjektet handler om å utnytte eksisterende og verdifulle tidsserier med data fra marine overvåkingsprogrammer for å bedre dokumentere og beskrive langtidseffekter av miljøpåvirkninger på økosystemet. Slike tidsserier med miljødata er sjeldne, men finnes for indre- og ytre fjordsystemer omkring Bergen. **Nye tilnæringer** med bruk av statistiske analysemetoder av tidsserier med både biologiske og hydrografiske miljødata gir en mer presis og detaljert beskrivelse av langsiktige miljøendringer og tilstander sammenlignet med de standardiserte tilstandsklassifiseringene [11]. Klimadata og tidsserier med utslippsdata fra ulike menneskeskapte aktiviteter vil bidra til kvantifisering og rangering av påvirkningskilder som kan korreleres med eventuelle påviste endringer i økosystemet i ulike fjorder. Dette prosjektet representerer **det første omfattende og vitenskapsbaserte studiet** av den kombinerte naturlige variasjonen (vannutskifting, nedbør) og regionale langtidseffekter av ulike menneskelige påvirkninger (utslipp) på det marine økosystemet i norske fjorder. En slik omfattende undersøkelse og dokumentasjon vedrørende langtidseffekt av miljøpåvirkning vil være viktig for miljøforvaltningen i fremtidig kystsonoplanlegging med tanke på miljøvern, etablering av nye tettsteder langs kysten og næringsutvikling i det marine miljø. *Hvilke områder har størst potensiale for fremtidig vekst og utvikling? Hvilke områder har blitt mer sårbare?* Påvisning av miljøendringer med **ny og økt kunnskap** om effekt av menneskeskapt påvirkning er nødvendig for å kunne iverksette riktige og effektive tiltak for å opprettholde gode eller akseptable miljøtilstander i fjordsystemene. Erfaringer og resultater fra prosjektet vil bidra til en forbedret strategi med tanke på miljøovervåking som vil ha stor betydning for både **nasjonal og internasjonal** miljøforvaltning. I tillegg vil denne innovasjonen også bidra til å oppnå **FN sine bærekraftsmål** som vedrører: *Mål 2 (Utrydde sult)* og *Mål 14 (Liv under vann)*. Disse målene spesifiserer viktigheten av å bevare og bruke hav og marine ressurser på en måte som fremmer bærekraftig utvikling og sikre matproduksjon, samt forvalte og verne økosystemene i havet og langs kysten på en bærekraftig måte for å unngå omfattende skadevirkninger [16].

2. Verdiskapingspotensial og nytteverdi for offentlig sektor

I *Strategisk næringsplan for Bergensregionen¹ 2015-2020* er det et hovedmål å være ledende i Norge innen 2025 på kunnskapsbasert, bærekraftig næringsutvikling innen de næringer hvor regionen har spesielle fortrinn. Dette inkluderer prioriterte næringer som energi, maritim, marin og reiseliv hvor Bergensregionen er kjerneområdet for verdiskapingsregionen på Vestlandet. Det er en målsetning at Bergensregionen skal være fremst på bærekraftig utvikling av marin næring, samt stimulere til fylkes- og kommuneovergripende

¹ Bergensregionen: Bergen, Askøy, Austevoll, Austrheim, Fedje, Fjell, Fusa, Gulen, Lindås, Masfjorden, Meland, Modalen, Os, Osterøy, Radøy, Samnanger, Stord, Sund, Tysnes, Vaksdal, Voss, Øygarden og Hordaland Fylkeskommune

samarbeid om akvakulturforvaltning, marin næringsutvikling og kystzoneplanlegging. Bergensregionen skal være en ledende kompetanseregion og global leverandør av sjømat av høy kvalitet, samt marine produkter av betydning for helse og velferd. Omsetningen for marin næring (fiskeri, oppdrett og marine produkter) i Bergensregionen er 20 milliarder kroner med en årlig verdiskaping på 4,4 milliarder. Det er nærmere 900 bedrifter og 3000 ansatte som har tilknytting til denne næringen i Bergensregionen. For å styrke marin sektor som en nasjonal og internasjonal leverandør av bærekraftige marine produkter er det nødvendig å etablere en mer bærekraftig og **effektiv arealstruktur for oppdrettslokaliteter i Bergensregionen**. Dette er et innsatsområde det også er fokusert på i Hordaland Fylkeskommune sin *Handlingsplan for nærings- og samfunnsutvikling i Hordaland 2018-2020*. Offentlige forvaltningsmyndigheter som kommuner, fylkeskommuner, fiskeridirektoratet og Fylkesmannen har et ansvar for bærekraftig forvaltning av vannressursene våre. *Forskrift om rammer for vannforvaltningen (Vannforskriften)* forplikter myndigheter som regulerer aktiviteter og virksomheter som påvirker vannmiljøet til å bidra til planlegging og gjennomføring av miljøforbedrende tiltak. En forutsetning er solid kunnskap om økologisk tilstand til aktuelle vannforekomster, og hvilke aktiviteter som påvirker de. I Hordaland har kun 26 av totalt 148 kystvannforekomster en økologisk tilstand som er fastsatt med høy presisjon (Vann-nett, status per 11.01.2019; [17]). Det svake kunnskapsgrunnlaget er en utfordring som fremheves av riksrevisjonen [18]. Innovasjonen i prosjektet vil bidra til å **heve kvaliteten på beslutningsgrunnlaget** ved saksbehandling av tema som vedrører *Vannforskriften*. Prosjektet vil identifisere hvilke områder i fjordsystemene omkring Bergen som er mest hydrografisk stabil og som har størst bæreevne mht økt organisk belastning fra utslipp i forbindelse med forventet befolkningsvekst og næringsutvikling. Denne kartleggingen vil være **viktig for fremtidige investeringsplaner for kommunale renseanlegg** og for **kystzoneplanlegging** som vil **sikre en videre bærekraftig marin næringsutvikling i regionen**. Prosjektet er et interkommunalt samarbeid som også inkluderer Fiskeridirektoratet og BKK, og vil dermed bidra til en felles innsats i miljøovervåking og utarbeidelse av maler for innsamling, strukturering og arkivering av data som vil sikre et verdifullt og viktig grunnlag for fremtidig bærekraftig forvaltning av kyst- og fjordsystemer og miljøforskning (FoU-virksomhet) i regionen. Kunnskapshevingen og metodene i prosjektet kan overføres til andre regioner, både **nasjonalt og internasjonalt**, og vil bidra til at fremtidig marin miljøovervåking blir mer tilpasset, målrettet og kostnadseffektiv med økt fokus på de mest sårbare fjordresipienter i ulike kystvannforekomster. Innovasjonen samsvarer med nasjonale mål om bevaring av norsk natur gjennom marint vern etter naturmangfoldsloven. Kunnskapen i innovasjonen vil følgelig bidra til ny og viktig informasjon for databasen og karttjenesten Havmiljø.no (Miljødirektoratet).

DEL 3: Forskning og utvikling

3. Forskningsbehov²

Befolkningsstrukturen i Bergen og omegn har endret seg de siste 40 årene etter etablering av Stor-Bergen i 1972 (kommunesammenslåing av Fana, Åsane, Arna og Laksevåg). I tillegg har broer som Sotrabraua (åpnet i 1971), Askøybrua (1992), Nordhordlandsbrua (1994) og Osterøybrua (1997) bidratt til endret befolkningsstruktur med etablering av nye tettsteder i bl.a. Bergen, Askøy, Meland, Lindås, Osterøy, Fjell og Sund. Dette har medført betydelige omlegginger av utslippspunkter til hovedfjordsystemet [19]. I tillegg planlegges det brosamband mellom Stord og Os som en del av målsetningen om å knytte sammen byene i hele vestlandsregionen i prosjektet Ferjefri E39 som en del av Nasjonal transportplan (NTP 2018-2029). Endringer i befolkningsstrukturen i form av fremtidig befolkningsvekst og etablering av nye tettsteder krever planlegging av kommunale avløp og effektive renseanlegg for utslipp til sjø. Det må også tas hensyn til en stadig voksende oppdrettsnæring (sjøareal behov) og muligheter for etablering av nye landbaserte industrivirksomheter. Det er imidlertid mangelfull kunnskap og dokumentasjon vedrørende langtidseffekter og regional påvirkning av menneskeskapte aktiviteter på det marine miljø i kyst- og fjordsystemer. Det finnes ingen undersøkelser som har gitt en samlet vurdering på hva slags effekt komplekse kilder til påvirkning kan ha regionalt i fjordsystemene omkring Bergen. Det er av denne grunn **behov for en grunnleggende og detaljert kunnskap** om fjordresipienters regionale status mht. tilstand og bæreevne. Forskningsbehov til innovasjonen i prosjektet omfatter analyser av historiske data for re-beskrivelse og vurdering av ulike fjordsystemer omkring Bergen som har vært viktige resipienter for ulike typer menneskelige aktiviteter de siste 40 årene. Dette er nødvendig for å dokumentere endringer som vedrører økosystemets struktur og funksjon for evaluering av resipientenes bæreevne for fremtidige utslipp. Det finnes studier som viser at langsiktige overvåkingsprogrammer er **nødvendig for å kunne dokumentere miljøendringer** [20]. Dette skyldes at endringene fra år til år kan være så små at de lett kan bli oversett eller registrert som ikke signifikante endringer. Det finnes imidlertid **få vitenskapelige studier** som har adressert direkte effekt av kommunale- og industrielle utslipp til kyst og

² Litteraturlister: Google Scholar, ISI Web of Science, DOAJ, BIBSYS

fjordsystemer i Norge, med Oslofjorden som et unntak [21]. Den største vitenskapelige innsatsen har fokusert på effekt av utslipp fra fiskeoppdrett i sjø [22], men det er det fremdeles uvisst hvordan og i hvilken grad fiskeoppdrett og kommunale utslipp påvirker miljøet og økosystemet regionalt og over tid [23,24]. Bunnnyrsamfunnet er oftest brukt til å beskrive økologiske tilstander («helsetilstanden») i kystområder og fjorder i henhold til gjeldende standarder og veiledere [15]. Det er imidlertid lite fokus på funksjonen til disse bunnnyrene i økosystemet. Dette er en informasjon som er essensiell for å forstå eventuelle endringer i bunnfaunasamfunnet, og som burde vært selve grunnlaget for hvorfor vi overvåker et økosystem [25-27]. Formålet med marine overvåkingsprogram bør derfor ha et større fokus å identifisere effekt av påvirkning fremfor bare å dokumentere en endring, da dette vil gi et **bedre grunnlag for fremtidige tiltak** [10]. Miljøeffekter som gir endringer i bunnnyrsamfunnet kan også reflekteres i endringer på høyere trofiske nivåer (som f.eks. villfisk) som en respons eller indikator på miljøendringer [8]. Visse typer bunndyr er viktige byttedyr for ulike bunnlevende fiskearter og krepsdyr, som derfor kan påvirkes direkte av endringer i bunnnyrsamfunnet [28]. Slike økologiske kaskade effekter er lite studert, og det finnes ingen tilgjengelig dokumentasjon fra Vestlandet som beskriver slike komplekse effekter.

Fjorder og særlig terskelfjorder har naturlig noe dårligere vannutskifting enn eksponerte områder, og er følgelig mer sårbare for overgjødning og partikulært organisk utslipp fra f.eks. fiskeoppdrett og kommunale avløp (kloakk). Dette scenarioet er imidlertid lite undersøkt og det er i stor grad **behov for dokumentasjon** [24, 29]. Terskelfjorder har i tillegg også blitt mer sårbare for utslipp de siste årene som følge av klimaeffekter som har bidratt til reduserte oksygenivåer i hav og kystvann [6, 8]. Vi vet derfor ikke med sikkerhet hvor mye utslipp fjordene våre tåler. Det finnes få systematiske langtidsmålinger av miljøtilstand i kystvann fra Vestlandet og nordover som er eldre enn 5 år [29]. Det har imidlertid blitt gjennomført ulike marine overvåkingsprogram i flere tiår i kystområder på Vestlandet, men datagrunnlaget fra disse undersøkelsene har ikke blitt utnyttet fullt ut til beskrivelser av viktige endringer over tid. Programmet «*Byfjordundersøkelsen*» er fremdeles aktivt har gjennomført marin miljøovervåking siden 1970-tallet som beskriver økologiske- og fysisk-kjemiske tilstander i ulike fjorder omkring Bergen [30]. Samlet sett har dette overvåkingsprogrammet bidratt til et betydelig antall undersøkelser og svært mye tilgjengelige historiske data fra perioden 1973 - 2018. Denne lange perioden med overvåking gir derfor en **unik mulighet til å vitenskapelig analysere og vurdere langsiktige trender** og ulike typer miljøendringer i et historisk perspektiv. Utfordringen med dette datasettet er at klassifisering av de forskjellige miljøparametere og metoder har endret seg underveis i undersøkelsesperioden. Dette betyr at nyere data ikke er direkte sammenlignbare med eldre data. I presenterte rapporter fra *Byfjordundersøkelsen* blir derfor historiske undersøkelser kun brukt som referansemateriale. I tillegg er rådatamaterialet fra de eldste rapportene kun tilgjengelig i trykt form. Denne utfordringen med å samle og analysere lange tidsserier med miljødata fra marine overvåkingsprogrammer er et **nasjonalt og internasjonalt problem** og ikke unikt for *Byfjordundersøkelsen* [20, 26, 31]. Data fra marine overvåkingsprogram er allikevel verdifulle og kan utnyttes til å beskrive langtidseffekter av menneskeskapt påvirkning i kyst- og fjordresipienter. Beskrivelser av regionale langtidseffekter av komplekse forhold som inkluderer både utslipp og klimaeffekter i fjordsystemer omkring Bergen vil bidra til viktig basalkunnskap om dynamiske tilstander og bæreevne til ulike resipienter i regionen. Forskning vil derfor gi en økt forståelse om hvordan økosystemet fungerer og hvordan økosystemet responderer på ulike typer påvirkning. Denne kunnskapen er **nødvendig for fremtidige konsekvensutredninger og tiltak**, og vil bidra til mer effektiv og bærekraftig kystsoneforvaltning for fremtidig vekst og utvikling i regionen.

4. Mål og delmål

Hovedmål: Hovedmålet med prosjektet er å kartlegge bæreevnen til ulike resipienter i fjordsystemer omkring Bergen, og hvordan disse har endret seg over tid med hensyn til utslipp og påvirkning fra næringsvirksomhet (fiskeoppdrett) og bebyggelse (kommunale utslipp).

Delmål 1 (M1): Økosystemet. Et viktig delmål er å dokumentere faktiske økologiske endringer og miljøtilstander i ulike terskelfjorder. Dette skal gjennomføres med statistiske trendanalyser av biologiske og fysisk-kjemiske parametere. Struktur og funksjon til dominante, karakteristiske faunagrupper i ulike områder vil bli beskrevet.

Delmål 2 (M2): Antropogen påvirkning. Dokumentere viktigste kilder for tilførsel av organisk materiale i ulike fjorder i Bergensregionen. Innsamling av data som kan kvantifisere utslipp fra kommunale avløp og fiskeoppdrett.

Delmål 3 (M3): Resipienters bæreevne og effekt av tiltak. Dokumentere grad og effekt av klimaendringer og antropogen påvirkning i resipienter i et langtidsperspektiv, samt beskrive effekt av kommunal rensing av avløp. Statistiske trend- og korrelasjonsanalyser av utslipp (M2) og økologiske parametere (M1) vil identifisere viktige drivere til observerte endringer i de respektive fjordene i Bergensregionen i perioden 1973-2017.

5. Forsknings spørsmål

Det overordnede målet i prosjektet er å etablere ny kunnskap og forståelse av bæreevne og robusthet til økosystemet i økonomisk viktige fjordresipienter på Vestlandet. Dette skal gjøres gjennom beskrivelser av miljø- og økologiske tilstander i sammenheng med belastningsgrad fra perioden 1973 – 2018. Effekter av tiltak og alternative metoder for beskrivelse av økologisk utvikling over tid vil bli gjennomført i henhold til beskrevne metoder.

Arbeidspakke 1 (AP1)	Arbeidspakke 2 (AP2)	Arbeidspakke 3 (AP3)
M1: Økosystemet	M2: Antropogen påvirkning	M3: Bæreevne og effekt av tiltak
F1.1. Hvilke økologiske og fysisk-kjemiske endringer kan påvises? L1.1. Karakterisering og statistiske trendanalyser	F2.1. Hvordan har kommunale utslipp endret seg over tid? L2.1. Innsamling og analyse av kommunale data	F3.1. Har multiple effekter påvirket bunn- og faunastrukturen i fjordbassenger? L3.1. Statistiske multivariate analyser med data fra L2.1, L2.2 og L1.1.
F1.2. Har miljøendringer påvirket villfisk populasjoner? L1.2. Sammenligne gamle og nye fangstrappporter	F2.2. Hvordan har utslipp fra havbruk endret seg over tid? L2.2. Innsamling og analyse av havbruksdata	F3.2. Hva slags miljøeffekt har renseanlegg? L3.2. Sammenligne bunnfauna før og etter rensing.

Forsknings spørsmål 1.1. (F1.1). *Hvordan har økosystemet og miljøtilstander i ulike terskelfjorder endret seg i perioden 1973-2017?*

Løsningsforslag 1.1 (L1.1).

AP1 bygger på erfaringer og resultater fra det gjennomførte pilotprosjektet med miljødata fra det marine overvåkingsprogrammet Byfjordundersøkelsen, men også tilgjengelige data fra andre marine miljø- og resipientundersøkelser kan brukes i prosjektet (MOM C-undersøkelser, Blue Planet Hordaland, m.fl.).

Rapporterte data fra disse undersøkelsene er offentlig tilgjengelig, i trykt eller digitalisert form, og foreligger i henhold til metoder og standarder som var gjeldende på undersøkelsestidspunktet. Følgelig må data kvalitetssikres, struktureres og digitaliseres slik at de kan brukes i videre analyser. Kvalitetssikringen beror på å kontrollere metoder og standarder som er lagt til grunn for datamaterialet som er rapportert og arkivert. Kombinert bruk av langtidsserier og de økologiske gruppene definert av en nyutviklet sensitivitetsindeks utviklet for norske forhold (NSI) er langt mer sensitiv og beskrivende for å dokumentere endringer og struktur i det bentiske økosystemet sammenlignet med standard metodene gitt i gjeldende veiledere [15]. Alle artslistene med bunndyr må oppdateres til dagens gjeldende taksonomiske nomenklatur for å gjennomføre nye, biologiske beregninger av et samlet datasett fra hele undersøkelsesperioden. Data og variabler vil tilrettelegges for videre statistiske trendanalyser som vil vise eventuelle endringer i bunnfaunastruktur, individtetthet og artsdiversitet, samt beskrive funksjon til dominante faunagrupper.

Fysisk-kjemiske kvalitetselementer som inngår i standard overvåkingsprogrammer inkluderer temperatur, oksygenkonsentrasjon, salinitet, og sediment (organisk materiale, kornfordeling). Undersøkelser har vist signifikant økning i temperatur i dypvann og reduksjon i oksygenverdier i hele vannsøylen i Byfjorden og Sørfjorden i løpet av perioden 1979 – 2016 [11]. Videre undersøkelser vil vise om de samme trendene kan påvises i andre fjordsystemer i Bergensregionen, og i hvilken grad. I tillegg skal det gjennomføres trendanalyser av salinitetsdata fra ulike dyp og årstider som kan korreleres med tilgjengelige klimadata fra meteorologisk institutt, samt historiske data fra BKK vedrørende ferskvannstilførsel til fjordsystemene. Dette vil gi en indikasjon på om ferskvannstilførsel og avrenning fra land har endret seg i et langtidsperspektiv [32]. Resultater fra disse undersøkelsene vil vise hvilke fjorder som er mest påvirket og som har vist størst eller minst endring de siste 40-50 årene. Resultater vil også vise hva slags variabler som er mest beskrivende for de viktigste miljøendringer. Valg av statistiske metoder bestemmes av tilgjengelig datamengde og dataformat (kvalitativ eller kvantitativ). Analyseresultater vil bli presentert deskriptivt med statistisk signifikans der dette er mulig og hensiktsmessig. Det vil bli brukt statistiske trendanalyser for å undersøke sammenhenger mellom ulike variabler (avhengige og uavhengige) i tid og rom. Slike metoder vil vise endringer i miljøtilstander basert på ulike miljøparametere (biotiske og abiotiske) i de undersøkte områdene og tidsrom. Områder i prosjektet vil omfatte utvalgte fjordresipienter for kommunale avløp og fiskeoppdrett innenfor Bergensregionen.

Alle miljødata og -variabler fra prosjektet skal tilrettelegges for arkivering i en eksisterende og offentlig tilgjengelig database (Vannmiljø) slik at disse kan brukes til videre forskning og i forvaltningsøyemed i fremtiden.

Forskningsspørsmål 1.2. (F1.2). *Har endringer i miljøtilstanden i de indre fjordsystemene påvirket marin villfisk populasjon i området?*

Løsningsforslag 1.2 (L1.2). Undersøkelser har vist at miljøtilstanden (bunnfauna og hydrografiske variabler) i Sørfjorden har endret seg signifikant siden år 2000 [11]. Dette kan ha også ha påvirket høyere trofiske nivåer (marin villfisk populasjoner) i økosystemet. Dette kan enklest undersøkes ved å sammenligne fangstrapporter fra marinbiologiske undersøkelser i fjordsystemene omkring Osterøy gjennomført i perioden 1988-1991 med nye innsamlinger. Det skal gjennomføres nytt fiske på samme steder med samme metoder som beskrevet i disse tidligere undersøkelsene. Resultater og metodebeskrivelser fra undersøkelsene er tilgjengelige og inneholder detaljerte opplysninger om hydrografi, fiskemetoder, stedsangivelse, dyp, dato, fiskearter, kjønn, vekt, lengde og mageinnhold [33]. I tillegg vil det bli samlet inn offentlig tilgjengelige data vedrørende kystfiske (fangstrapporter) i de samme fjordsystemene. Resultat fra et slikt komparativt studie vil vise om endringer i bunnfauna (byttedyr) og vannkvalitet (oksygennivåer) har hatt en påviselig effekt på forekomst av marine villfisk i indre fjordsystemer.

Forskningsspørsmål 2.1 (F2.1). *Hvordan har kommunale utslipp til ulike resipienter i Bergensregionen endret seg de siste 40 år?*

Løsningsforslag 2.1 (L2.1). Historiske data vedrørende utslipp (personequivallenter), rensegrad og renseprinsipper fra alle respektive kommuner vil bli samlet for å kartlegge og kvantifisere utslippsmengder til resipientene fra historiske og eksisterende utslippspunkt over tid i Bergensregionen. Slike data er arkivert hos de ulike kommunene som er samarbeidspart i prosjektet, og dataene foreligger enten i form av trykte rapporter eller i digital form eller begge deler. Data må følgelig struktureres og digitaliseres for videre analyser og vurderinger. Innsamling og strukturering av data vedrørende endringer og justeringer i de samme parameterne vil bli veiledende for fremtidig digital arkivering av data i interne databaser hos kommunene.

Forskningsspørsmål 2.2 (F2.2). *Hvordan har utslipp fra havbruk og intensiv oppdrett endret seg i ulike fjorder i Bergensregionen de siste 40 år?*

Løsningsforslag 2.2 (L2.2). Produksjonsdata fra havbrukslokaliteter som har eller har hatt fiskeproduksjon i Bergensregionen skal samles inn, og utslipp vil bli beregnet ved hjelp av tilgjengelige modeller [38]. Dette inkluderer data som plassering av oppdrettsanlegg (kartkoordinater) og årlige produksjonsdata vedrørende fiskeart, fôrtype, fôrforbruk, biomasse og brakkleggingsperioder. Slike data vil vise hvordan lokalitetstettheten og matfiskproduksjonen har endret seg over tid i de ulike fjordene i regionen. Historiske produksjonsdata er arkivert hos Fiskeridirektoratet, men kun data etter 2005 er digitalisert per i dag. Eldre data skal digitaliseres og struktureres for videre analyser og fremtidig tilgjengelighet. Krav om presisjon (nøyaktighet i oppgitte verdier) og opplysningsplikt (frekvens for innsendelse av data) overfor myndigheter har endret seg over tid. Robustheten til alle data må derfor kontrolleres. Historiske data vil bli arkivert i interne databaser hos Fiskeridirektoratet for fremtidig bruk.

Forskningsspørsmål 3.1 (F3.1). *I hvilken grad har multiple effekter som ferskvannstilførsel, kommunale- og havbruks utslipp påvirket miljøet og bunnfaunastrukturen i ulike fjordbassenger i Bergensregionen?*

Løsningsforslag 3.1 (L3.1). Undersøkelser har vist økning i organisk materiale i bunnsediment i fjordbassenger fra Byfjorden og i Sørfjorden gjennom perioden 1973 til 2016 [11]. Denne økningen viste positiv korrelasjon med antall individer av bunndyr i samme områder, noe som kan indikere en respons på bunnfaunasamfunnet ved økt tilførsel av næringsstoffer. Kilden til påvirkning i disse fjordbassengene er imidlertid ikke tilstrekkelig dokumentert. Innsamlingen av historiske data fra kommuner og oppdrettslokaliteter (L2.1 og L2.2) skal brukes til statistiske trend- og korrelasjonsanalyser med data fra L1.1 for å dokumentere viktigste påvirkningskilder og økologisk effekt på resipienter. Meteorologiske historiske data og data fra BKK vil vise endringer i nedbør og ferskvannstilførsel i indre fjordsystemer. Det vil også bli anvendt metoder for å beskrive miljøendringer over tid med kjerneprøver av sediment. Sedimentkjerneprøver (40-50 cm) fra utvalgte dypområder i Bergensregionen vil bli undersøkt og analysert for organisk innhold. Sedimentprøver tas fra ulike lag i kjernen og representerer tilstander bakover i tid, der toppen av kjernen representerer nåtid. Sedimentlagene vil bli aldersbestemt med bly (^{210}Pb) - og cesium (^{134}Cs) isotop analyser som gir en oppløsning på 5-10 års sykluser over en periode på 50-100 år [34-36]. Resultatene vil vise hvordan tilførsel av organisk materiale til dypområdene har variert eller endret seg gjennom perioden med økt befolkning og fra perioden før det var havbruksvirksomhet. Resultater fra denne metoden vil bli sammenlignet med resultatene fra tidligere undersøkelser [11], og dermed bidra til å evaluere effektivitet og presisjon til standard overvåkningsmetoder av marine miljøforhold. Metoden vil også bli anvendt i utvalgte fjordresipienter som mangler tilgang på historiske miljødata, og vil vise hvordan organisk belastning varierer gjennom en periode med endringer i utslipp eller miljøforbedrende tiltak fra kommunale avløp eller havbruk.

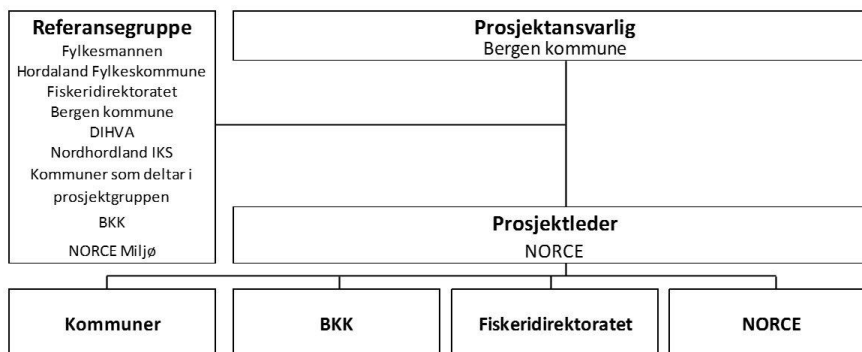
Forsknings spørsmål 3.2 (F3.2). *Hva slags effekt har tiltak som kommunale renseanlegg og ulike renseprinsipper på bunnfaunastrukturen og miljøet?*

Løsningsforslag 3.2 (L3.2). Struktur og funksjon til bunnfauna før og etter ulike typer tiltak skal sammenlignes. Det vil bli fokusert på områder der slike tiltak har forekommet og der det også har vært utført resipientundersøkelser i en periode før og etter. Beskrivelser av bunnfauna sin struktur (sammensetning, artsdiversitet og dominante arter) i perioder før og etter vil vise om tiltak har påvirket bunndyrsamfunnet, i hvilken grad, og hva som kjennetegner funksjonen til grupper eller arter som var mest dominant før og etter. Dette vil bli testet i ulike områder med ulike typer tiltak (innført rensing eller endret renseprinsipp) for å få en økt forståelse av respons til det bentiske økosystemet og om denne responsen kan brukes som en generell modell for fjordsystemer som mangler tilstrekkelig historiske miljødata. Det vil også bli gjennomført transektmålinger av organisk innhold i sediment fra utslippspunkt til utvalgte kommunale avløp. Disse transektene vil plasseres på samme prøvestasjoner som har eller har vært undersøkt i Byfjordundersøkelsen (L1.1). Metodene for å måle organisk innhold i sediment vil være basert på analyser av reaktivitet til organisk karbon (målt som sediment oksygen konsum rate), og er en mer presis metode sammenlignet med standard total organisk materiale analyser (TOM; glødetap). Denne metoden er vist å være svært sensitiv indikator for å måle økologiske fotavtrykk i forbindelse med utslipp fra havbruk [37]. Samme metode kan enkelt overføres til å måle påvirkning av utslipp fra kommunale avløp. Resultatene vil vise i hvilken grad bunnfauna responderer i form av antall og diversitet på ulike nivåer av organisk belastning. Metoden kan også vise i hvilken grad det organiske materialet har terrestrisk eller marint opphav.

DEL 4: Prosjektorganisering

6. Prosjektleder og prosjektgruppe

Prosjektgruppen fra pilotprosjektet (Bergen kommune, NORCE og Fiskeridirektoratet) er i hovedprosjektet utvidet til å inkludere flere kommuner som har interesser i Bergensregionen. Samarbeidspartnere vil være involvert i alle deler av prosjektet. Dette inkluderer deltakelse i prosjektmøter for planlegging og gjennomføring, vurdering og publisering av resultater, og i arbeidsmøter for å vurdere tiltak og mulige oppfølgende studier. Samarbeidspartnere vil ha særlig ansvar for deler av prosjektet:



- **Bergen Kommune, Vann- og avløpsetaten.** Prosjekteier. Anne S. Cornell (Rådgiver hos Vann- og avløpsetaten) er prosjektansvarlig og ansvarlig for innsamling av kommunale data fra Bergen kommune (AP2). Cornell var prosjekteier av pilotprosjektet og er prosjektleder for «Byfjordundersøkelsen».
- **Askøy kommune.** Trude Bjørkås ansvarlig for innsamling av kommunale data fra Askøy (AP2).
- **Lindås kommune.** Arne Eikefet ansvarlig for innsamling av kommunale data fra Lindås/Alver (AP2)
- **Meland kommune.** Harry Finseth ansvarlig for innsamling av kommunale data fra Meland/Alver (AP2)
- **Os kommune.** Marianne Kramer ansvarlig for innsamling av kommunale data fra Os (AP2).
- **Vaksdal kommune.** Tore H. Øye ansvarlig for innsamling av kommunale data fra Vaksdal (AP2)
- **BKK.** Sissel Mykletun og Torbjørn Kirkhorn vil være ansvarlig for innsamling av data vedrørende ferskvannstilførsel til indre fjordsystemer i Bergensregionen (AP1).
- **Fiskeridirektoratet.** Seniorrådgiver Erik Vikingstad og seniorrådgiver Henrik Rye Jakobsen i tilsynsseksjonen i kyst- og havbruksavdelingen er ansvarlig for innsamling av historiske produksjonsdata fra oppdrettslokaliteter i Bergensregionen (AP2). Fiskeridirektoratet er det sentrale rådgivende og utøvende forvaltningsorganet for fiskeri- og havbruksnæringen.
- **NORCE Miljø.** Trond E. Isaksen (PhD) er prosjektleder og har ansvar for den faglige fremdriften og gjennomføringen av prosjektet, inkludert formidling og kommunikasjon. Thomas Dahlgren (PhD), Einar

Bye-Ingebrigtsen (M.Sc.) og Elisa Ravagnan (PhD) vil bistå i det forskningsrelaterte arbeidet som inkluderer kvalitetssikring og analyse av data (AP1, AP2, AP3). Leon Moodley (PhD) vil ha ansvar for fremdrift og gjennomføring av felt- og analysearbeid (AP3). Per Johannessen (pensjonist, tidligere forsker ved Universitetet i Bergen og Uni Research) har forsket på fjordene omkring Bergen siden 1970 og han har ledet eller bidratt faglig ved gjennomføringen av Byfjordundersøkelsen siden 1973. Johannessen vil bidra med sin faglige kompetanse og bistå i gjennomføringen av innsamlingen av marine fiskearter rundt Osterøy som er en gjentakelse av fisket som han selv utførte og rapporterte på 80- og 90-tallet (AP1).

- **Referansegruppe.** Referansegruppen skal bidra med verdifull støtte og veiledning for utførelse av prosjektet og er representert av forvaltningsmyndighetene Fylkesmannen i Vestland, Fiskeridirektoratet og Hordaland Fylkeskommune. I tillegg vil Bergen kommune, NORCE samt de interkommunale selskapene DIHVA (Driftsassistansen i Hordaland) og Nordhordland utviklingselskap IKS. BKK og kommunene som deltar i prosjektgruppen vil også være representert i referansegruppen. Referansegruppen skal holdes informert om fremskritt i årlige møter, bidra med synspunkt og identifisering av nye problemstillinger, igangsetting av oppfølgende undersøkelser og nye prosjekter. Denne referansegruppen består av instanser innen offentlig sektor som allerede har et godt samarbeid med koblinger relatert til Vannforskriften.

7. Aktiviteter i prosjektet

Nr.	Faglig innhold	Kostnad Industriell forskning	Kostnad eksperimentell utvikling	Kostnader totalt
Løsning L1.1	Økosystem og miljø			1050
Løsning L1.2	Marin villfisk			550
Løsning L2.1	Kommunale utslipp			850
Løsning L2.2	Produksjonsdata havbruk			400
Løsning L3.1	Resipientens bæreevne			900
Løsning L3.2	Effekt av tiltak			550
Sum	Hele prosjektet			4 300

8. Fordeling av ansvar

Navn på partner	Ansvarlig for løsningsforslag	Deltar også i løsningsforslag
Kommuner	L2.1	L3.1, L3.2
Fiskeridirektoratet	L2.2	L3.1, L3.2
BKK	L1.1	L3.1.
NORCE	L1.1, L1.2, L3.1, L3.2	L2.1., L2.2.

9. Kostnader og finansiering (i 1000 kroner)

Navn på partner	Tot. kost til FoU aktivitet	Egenfinansiering fra partner
Kommuner		870
Fiskeridirektoratet		290
BKK		140
NORCE	3 000	
Sum	3 000	1 300

DEL 5: Realisering av innovasjonen og utnyttelse av resultater

10. Realisering av innovasjonen og utnyttelse av resultater

Beskrivelse av bæreevnen og robusthet til ulike resipienter vil bli brukt som verktøy i planlegging av resipientovervåkingsprogrammer. Egenskaper og tilstander til ulike resipienter vil bestemme frekvens for undersøkelser, hvilke parametere som må undersøkes og når innsamling av data bør gjennomføres (årstider). Innovasjonen vil bidra til en samlet oversikt over langsiktige regionale konsekvenser av ulike typer menneskeskapt utslipp, og i hvilken grad klimaendringer kan påvirke fjordøkologien. Denne innovative tilnærmingen vil ha stor betydning for forvaltning og næringsutvikling i regionen. Kystsonoplanlegging inkluderer både Fiskeridirektoratet, fylkeskommuner, kommuneplaner og reguleringsplaner. Formålet er å ivareta nasjonale interesser ved at all utnyttelse av marine ressurser som skal foregå innen bærekraftige rammer. Det er viktig at denne planleggingen har forutsigbarhet og mulighet for fremtidig utvikling i regionen. Ny kunnskap om bæreevnen vil bli veiledende for offentlig forvaltning (både kommuner, Fiskeridirektoratet og Fylkesmannen) i forbindelse med behandling av utslippstillatelser, og vil bidra til å rette fokus mot mest stabile og robuste kystvannforekomster til de ulike formål. Denne kunnskapen vil tas med i utarbeiding og evaluering av strategi- og handlingsplaner for kommuner og fylke. Innovasjonene skal ta i bruk tilgjengelige historiske miljødata fra det marine overvåkingsprogrammet «Byfjordundersøkelsen» som ble startet i 1973 (som fortsatt er aktiv og omfatter hele Bergensregionen), samt tilgjengelige data fra andre relevante miljøundersøkelser i

regionen. Alle innsamlede data skal digitaliseres og gjøres offentlig tilgjengelig for ulike behov i fremtiden. Tilgjengeliggjøring av de lange tidsseriene med miljødata er spesielt viktig for fremtidig statistiske analyser og forskning, da slike langtidsserier er en mangelvare både regionalt, nasjonalt og internasjonalt. For kommunene vil et slikt digitalt arkiv gi en god oversikt over utvikling og endring av kommunale avløpsanlegg og renseprinsipper. Dette vil ha stor nytteverdi for planlegging av nye, eller utvidete pålagte miljøovervåkinger i aktuelle resipienter. Fiskeridirektoratet og Fylkesmannen vil få bedre oversikt over regionale langtidseffekter av havbruksvirksomhet i ulike kystvannforekomster som vil gi et styrket grunnlag i vurdering av miljøpåvirkning og for iverksetting av nødvendige tiltak i henhold til gjeldende krav og handlingsplaner.

Definerte milepæler for utnyttelse av innovasjonen:

- Marin miljøovervåking gjennomføres i henhold til krav og gjeldende handlingsplaner (Byfjordundersøkelsen, MOM). Rapporterte resultater fra både tidligere og aktive miljøovervåkinger vil bli sammenlignet med ny kunnskap fra innovasjonen for vurdering av effektivitet og presisjon. Denne kunnskapen vil følgelig bli brukt som grunnlag for optimalisering og effektivisering av fremtidige miljøundersøkelser.
- Ny kunnskap om bæreevnen til fjordresipienter mht organisk belastning fra kommunale utslipp og havbruksvirksomhet vil bidra til å rette fokus mot de mest sårbare områdene. Denne kunnskapen vil bli brukt i utarbeiding av kommunale handlingsplaner, strategier for næringsutvikling og investeringsplaner mtp etablering eller modifisering av kommunale avløp. Kunnskap vedrørende effekt av tiltak som ulike rensegrader og renseprinsipper vil være veiledende for investeringen og fremtidig behov.
- Innovasjonen skal tilrettelegge innsamlet data slik at disse kan implementeres, innen utgangen av prosjektperioden, i søkbare arkiver hos kommunene og Fiskeridirektoratet og i eksisterende, offentlig tilgjengelige databaser (Vannmiljø). Det er en målsetning at alle data skal være tilgjengelig for allmennheten, forvaltningsmyndigheter og forskningsaktiviteter (FoU).
- Formidling er viktig for realisering av innovasjonen. Kunnskapen som fremkommer fra prosjektet skal formidles underveis i prosjektet til Miljødirektoratet, kommuner, havbruksnæringen, forvaltningsmyndigheter og allmennheten i form av presentasjoner (møter, seminarer, konferanser) og publikasjoner (nasjonale og internasjonale tidsskrifter). I tillegg skal resultatene med konklusjoner samles i en offentlig tilgjengelig rapport.

11. Risikoelementer

En viktig målsetning med dette prosjektet vil være å overføre erfaringer og ervervet kunnskap fra pilotprosjektet (RFF Vest prosjektnr. 263572). Denne allerede ervervede kunnskapen vil minimalisere risiko i hovedprosjektet for ikke å oppnå essensielle målsetninger vedrørende innsamling av data for dokumentere viktig kilder til påvirkning og beskrive resipienters status og tilstand. Det medfører ingen iverksettingsrisiko, markedsrisiko, finansieringsrisiko eller andre risikoelementer for realisering av denne innovasjonen. Dette gjelder for alle partnere i dette prosjektet. Realisering av innovasjonene kan enkelt implementeres i kommunenes og Fiskeridirektoratets rutiner uten behov for store investeringer eller økt ressursbruk. Den største utfordringen vil bli å få inn opplysninger og data fra de tidligste årene som er like detaljerte og fullstendige som de nyeste dataene. Det har vært endringer i rapporteringsplikter og rapporteringsgrad gjennom tidene som kan medføre hull i dataseriene fra kommuner og Fiskeridirektoratet. Slike hull i tidsseriene vil til en viss grad bli kompensert med nye prøveuttak av sediment som analyseres med bruk av dateringsmetoder. Alle innsamlede data vil uansett bidra i større eller mindre grad til å belyse utvikling i befolkningsstruktur og havbruksvirksomhet de siste 30-40 år, og dermed bidra til å oppnå prosjektets målsetninger.

DEL 6: Miljøkonsekvenser og kjønn

12. Miljøkonsekvenser

Hovedmålet med prosjektet er å utvikle kunnskap, metoder og erfaring som skal sikre et sunt og bærekraftig fjordmiljø for fremtidig samfunnsvekst og næringsutvikling i regionen. Dette skal sikres ved å gi den offentlige sektor bedre beslutningsgrunnlag i problemstillinger som vedrører bruk og forvaltning av kystareal.

13. Rekruttering av kvinner, kjønnsbalanse og kjønnsperspektiv

Det er et felles mål for alle samarbeidsbedrifter og FoU- institusjonen i dette prosjektet å møte kravene i de offisielle anbefalingene for likestilling der kvinner oppfordres til å søke stillinger og særlig lederstillinger. Flere av prosjektpartnere i samarbeidskommunene er kvinner, hvorav Anne S. Cornell fra Bergen kommune er prosjektansvarlig.

DEL 7: Referanser

14. Referanser

1. Hanssen-Bauer, I. *et al.* (2017) *Climate in Norway 2100 – a knowledge base for climate adaptation*. NCCS report no.1 / 2017
2. Andersen, S. *et al.* (2014) *Karbonfangst og matproduksjon i fjorder*. Rapport fra Havforskningen Nr. 7-2014.
3. Torrissen, O. *et al.* (2016) *Næringsutslipp fra havbruk – nasjonale og regionale perspektiv*. Rapport fra Havforskningen. Nr.21-2016
4. Aure, J. (2016) *Kystklima*. Havforskningsrapporten-2016. Fisken Havet Særnummer 1-2016.: 50-52.
5. Weslawski, J.M. *et al.* (2011) *Climate change effects on Arctic fjord and coastal macrobenthic diversity-observations and predictions*. *Mar Biodiver.* **41**(1): 71-85.
6. Levin, L.A. *et al.* (2009) *Effects of natural and human-induced hypoxia on coastal benthos*. *Biogeosciences.* **6**(10): 2063-2098.
7. Diaz, R.J. & R. Rosenberg (2008) *Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems*. *Science.* **321**(5891): 926-929.
8. Breitbart, D. *et al.* (2018) *Declining oxygen in the global ocean and coastal waters*. *Science.* **359**(6371): 1-11.
9. Levin, L.A. & D.L. Breitbart (2015) *Linking coasts and seas to address ocean deoxygenation*. *Nat Clim Change.* **5**(5): 401-403.
10. Borja, A. *et al.* (2016) *'The past is the future of the present': Learning from long-time series of marine monitoring*. *Sci Total Environ.* **566**: 698-711.
11. Johansen, P.-O. *et al.* (2018) *Temporal changes in benthic macrofauna on the west coast of Norway resulting from human activities*. *Mar Pollut Bull.* **128**: 483-495.
12. Johansen, P.O. *et al.* (2018) *Har fjordene på Vestlandet blitt mer sårbare?* *Forskning.no* (15.03.2018).
13. Isaksen, T.E. *et al.* (2018) *Marin miljøtilstand i fjordsystema kring Bergen*. Plankonferansen 2018. Arr. Hordaland Fylkeskommune og Fylkesmannen i Hordaland. Bergen 23.-24.10.2018.
14. ISO-16665:2014 (2014) *Water quality — Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macrofauna*. International Organization for Standardization: 33 s.
15. Veileder-02:2018 (2018). *Klassifisering av miljøtilstand i vann*. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. *Vannportalen*, 222 s.
16. Regjeringen (2017) *One year closer. Status report for Norway's progress towards the implementation of the 2030 Agenda*. Status report 2016. Norway's progress towards the implementation of the UN's 2030 Agenda for Sustainable Development. Norwegian Ministry of Finance and Norwegian Ministry of Foreign Affairs.: 48 s.
17. Veileder 1:2018. (2018) *Karakterisering. Metodikk for å karakterisere og vurdere miljømålsoppnåelse etter vannforskriftens §15*. Direktøratsgruppen for gjennomføringen av vannforskriften: 58 s.
18. Riksrevisjonen (2016) *Riksrevisjonens undersøkelse av Klima- og miljødepartementets arbeid med å sikre godt vannmiljø og bærekraftig bruk av vannressursene* Riksrevisjonens administrative rapport nr. 1 2016: 73 s.
19. Johannessen, P. *et al.* (2010) *Bergensfjordene - natur og bruk*. Havforskningsinstituttet, Uni Research, Universitetet i Bergen, Bergen kommune. 191 s.
20. Ellingsen, K.E. *et al.* (2017) *Long-term environmental monitoring for assessment of change: measurement inconsistencies over time and potential solutions*. *Environ Monit Assess.* **189**(11): 16.
21. Rosenberg, R. *et al.* (1987) *Petersen's benthic stations revisited. II. Is the Oslofjord and eastern Skagerrak enriched?* *J Exp Mar Biol Ecol.* **105**(2): 219-251.
22. Bannister, R.J. *et al.* (2016) *Near- and far-field dispersal modelling of organic waste from Atlantic salmon aquaculture in fjord systems*. *ICES J Mar Sci.* **73** (9):2408-2419
23. Souza, F.M. *et al.* (2016) *Complex spatial and temporal variation of subtropical benthic macrofauna under sewage impact*. *Mar Environ Res.* **116**: 61-70.
24. Price, C. *et al.* (2015) *Marine cage culture and the environment: effects on water quality and primary production*. *Aquaculture Env Interac.* **6**(2): 151-174.
25. Hughes, B. (2014) *Monitoring: Garbage In Yields Garbage Out*. *Fisheries.* **39**(6): 243-244.
26. Yoccoz, N.G. *et al.* (2001) *Monitoring of biological diversity in space and time*. *Trends Ecol Evol.* **16**(8): 446-453.
27. Frid, C.L.J. (2011) *Temporal variability in the benthos: Does the sea floor function differently over time?* *J Exp Mar Biol Ecol.* **400**(1-2): 99-107.
28. Johannessen, E., *et al.* (2017) *Large-scale patterns in community structure of benthos and fish in the Barents Sea*. *Polar Biol.* **40**(2): 237-246.
29. Husa, V., *et al.* (2017) *Utslipp av partikulære og løste stoffer fra oppdrettsanlegg*. Risikoreport norsk fiskeoppdrett 2017. Fisken og havet, særnr. 2-2017: 99-116.
30. Todt, C., Olsen, B. R., Tverberg, J., Økland, I. and Eilertsen, M. (2018). *Resipientovervåking av fjordsystemene rundt Bergen 2017-2020. Årsrapport 2017. Rådgivende Biologer. Rapport nr. 2646, 177 s.*
31. Nichols, J.D. & B.K. Williams (2006) *Monitoring for conservation*. *Trends Ecol Evol.* **21**(12): 668-673.
32. Kaartvedt, S. (1984) *Vassdragsregulerings virkning på fjorder*. *Fisken og Havet* **3**: 1-104.
33. Tvedten, Ø.F. *et al.* (1994) *Marinbiologiske undersøkelser av fjordsystem innenfor Salhus. Datarapport nr.3. IFM Rapport nr. 10. Institutt for Fiskeri- og Marinbiologi, Universitetet i Bergen.* 94 s.
34. Filipsson, H.L. & K. Nordberg (2004) *Climate variations, an overlooked factor influencing the recent marine environment. An example from Gullmar Fjord, Sweden, illustrated by benthic foraminifera and hydrographic data*. *Estuaries.* **27**(5): 867-881.
35. Paetzel, M. *et al.* (1994) *Sewage history in the anoxic sediments of the fjord Nordåsvannet, western Norway: (I) dating and trace-metal accumulation*. *The Holocene.* **4**(3): 290-298.
36. Paetzel, M. and H. Schrader (1995) *Sewage history in the anoxic sediments of the fjord Nordåsvannet, Western Norway. 2. The origin of the sedimented organic matter fraction*. *Norsk Geologisk Tidsskrift.* **75**(2-3): 146-155.
37. Eiriksson, T. *et al.* (2017) *Estimate of organic load from aquaculture – a way to increased sustainability*. Technical report nr. RORUM 2017-011. University of Iceland and International Research Institute of Stavanger.: 21 s.
38. Wang, X. X., Olsen, L. M., Reitan, K. I. and Olsen, Y. (2012). *Discharge of nutrient wastes from salmon farms: environmental effects, and potential for integrated multi-trophic aquaculture*. *Aquaculture Environment Interactions,* **2**(3), 267-283