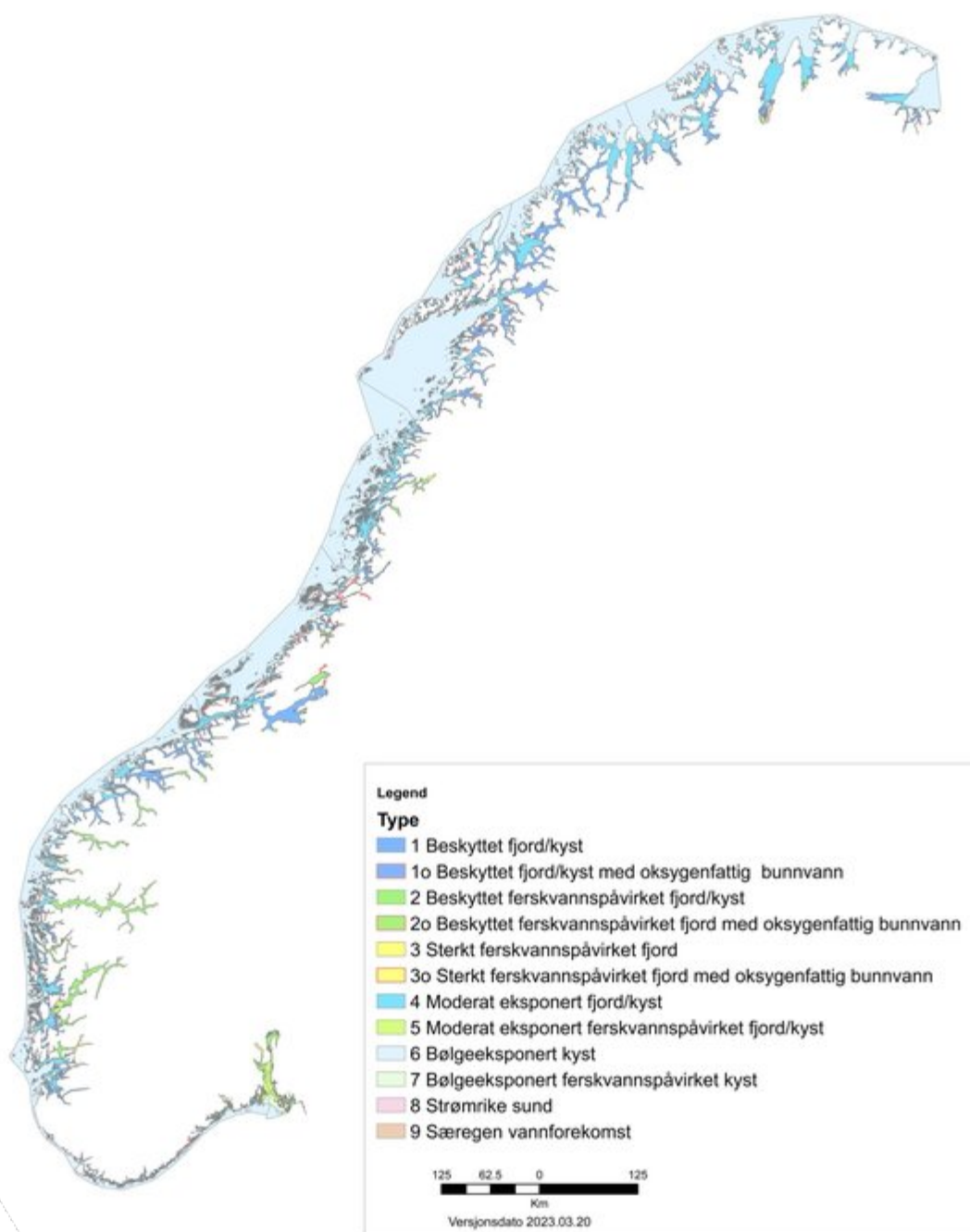




MARIN TYPOLOGI

Utredning av marine vanntyper i vannforskriftssammenheng

Frithjof Moy, Jon Albretsen, Mats Huserbråten, Håvard Guldbrandsen
Frøysa og Lars-Johan Naustvoll (HI)



Tittel (norsk og engelsk):

Marin typologi
Marine typology

Undertittel (norsk og engelsk):

Utredning av marine vanntyper i vannforskriftssammenheng
Investigation of marine water types in context of Vannforskriften

Rapportserie:

Rapport fra havforskningen
ISSN:1893-4536

År - Nr.:

2024-55

Dato:

18.12.2024

Forfatter(e):

Frithjof Moy, Jon Albretsen, Mats Huserbråten, Håvard Guldbrandsen
Frøysa og Lars-Johan Naustvoll (HI)

Forskningsgruppeleder(e): Sigurd Heiberg Espeland (Bunnsamfunn)
Godkjent av: Forskningsdirektør(er): Geir Huse Programleder(e): Halvor
Knutsen og Even Moland

Distribusjon:

Åpen

Prosjektnr:

80304

Oppdragsgiver(e):

Miljødirektoratet

Oppdragsgivers referanse:

Miljødirektoratets rapport M-2863|2024

Program:

Kystøkosystemer

Forskningsgruppe(r):

Bunnsamfunn
Oseanografi og klima

Antall sider:

66

Sammendrag (norsk):

Inndeling av kystvann i vanntyper er fundamentet for fastsetting av vannkvalitet i henhold til Vannforskriften (2006, Vannrammedirektivet). Vanntyper er karakterisert ved fysiske og kjemiske faktorer og geografisk avgrenset på et sjøkart ut til 1 nautisk mil utenfor grunnlinjen. Vannkvalitet fastsettes basert på økologisk tilstand til planteplankton, makroalger, ålegress og bunndyr, målt som avvik fra vanntypens referansetilstand. Erfaring har vist at det er utfordringer og feil i dagens inndeling i vanntyper og Miljødirektoratet ønsket en helhetlig revisjon av vanntyper i kystvann. Havforskningsinstituttet fikk i oppdrag å utrede og foreslå en ny inndeling av kystvannet i vanntyper. Det var en målsetning å bygge inndelingen på modellerte fysiske og kjemiske vannparametere, og det har i arbeidets gang vært mange møter med vannmyndigheter for å komme fram til gode løsninger. Det har derfor vært viktig å dokumentere fremgangsmåte, vurderinger og valg som er gjort i arbeidets gang, fram til foreliggende forslag til 35 vanntyper fordelt på 6 økoregioner. Arbeidet med å tegne inn vanntyper geografisk i ArcGIS (versjon 10) ble avsluttet i desember 2022 og kvalitetssikrede kartfiler (shapefiler) ble levert til Miljødirektoratet mars 2023.

Sammendrag (engelsk):

Division of coastal water into water types is fundamental for determining the water quality in accordance with Vannforskriften (2006, Water framework Directive). Water types are characterized by physical and chemical factors and are delimited geographically on a nautical chart out to 1 nautical mile outside the baseline. Water quality is determined based on the ecological condition to phytoplankton, macroalgae, eelgrass and benthic animals, measured as deviation from the reference condition of the water type. Experience have showed that there are challenges and errors in the current definition of water types, and the Norwegian Environmental Agency wanted a comprehensive revision. The Institute of Marine Research was commissioned to investigate and propose a new division of coastal waters into water types. It was a goal to build the division on modelled physical and chemical water parameters, and in the course of the work, there have been many meetings with water authorities to arrive at good solutions. Therefore, it has been important to document the procedure, assessments and choices made up to the present proposal for 35 water types divided on 6 ecoregions. The work of drawing water types geographically in ArcGIS (version 10) was completed in December 2022 and quality-assured map files (shape files) were submitted to the Norwegian Environment Agency in March 2023.

Innhold

1	Innledning	5
1.1	Vannforskriften	5
1.2	Vanntyper	6
1.3	Kvalitetsselementer	9
1.4	Interkalibrering	11
1.5	Formål	13
2	Metodikk	15
2.1	Datamodeller	15
2.1.1	<i>Havmodellen NorKyst800</i>	15
2.1.2	<i>Bølgemodellen SWAN</i>	16
2.1.3	<i>Typeinndeling med K-means metode</i>	17
3	Modellerte resultater	18
3.1	Obligatoriske faktorer	18
3.1.1	<i>Økoregioner (Lengde-/breddegrad)</i>	18
3.1.2	<i>Tidevann</i>	18
3.1.3	<i>Saltholdighet</i>	19
3.2	Valgfrie faktorer	20
3.2.1	<i>Temperatur</i>	20
3.2.2	<i>Strømhastighet</i>	21
3.2.3	<i>Bølgeeksponering</i>	22
3.2.4	<i>Vertikale sirkulasjonsegenskaper - stratifisering</i>	23
3.2.5	<i>Dybde</i>	25
3.3	Analyse av vanntyper inndelt i økoregioner	27
3.3.1	<i>Økoregion Skagerrak (S)</i>	28
3.3.2	<i>Økoregion Nordsjøen Sør (N)</i>	30
3.3.3	<i>Økoregion Nordsjøen Nord (M)</i>	31
3.3.4	<i>Økoregion Norskehavet Sør (H)</i>	32
3.3.5	<i>Økoregion Norskehavet Nord (G)</i>	33
3.3.6	<i>Økoregion Barentshavet (B)</i>	34
3.4	Analyse av vanntyper uten inndeling i økoregioner	36
4	Ekspertjustert modellresultat	42
4.1	Natur i Norge (NiN) og vanntyper	43
4.2	Ekspertvurdert vektning av kriterier	44
4.3	Geografisk utbredelse av ekspertkorrigerte, modellerte vanntyper	45
4.3.1	<i>Region Barentshavet (B)</i>	47
4.3.2	<i>Region Norskehavet Nord (G)</i>	48
4.3.3	<i>Region Norskehavet Sør (H)</i>	49
4.3.4	<i>Region Nordsjø Nord (M)</i>	49
4.3.5	<i>Region Nordsjø Sør (N)</i>	49
4.3.6	<i>Region Skagerrak (S)</i>	50
4.4	Konsekvenser av ny vanntypeinndeling for løpende vannovervåking	57
5	Oppsummering	60
6	Referanser	64

1 - Innledning

Her beskrives kort vannforskriften og formålet med å utrede nye kystvannstyper.

1.1 - Vannforskriften

Vannforskriften fra 2006 (Forskrift om rammer for Vannforvaltning, FOR-2006-12-15-1446) gir nasjonale rammer for fastsettelse av miljømål for helhetlig beskyttelse og bærekraftig bruk av våre vannressurser (<https://www.vannportalen.no/regelverk-og-foringer/vannforskriften>). Vannforskriften gjelder for innsjø, elv, magasin, kanal, fjord og kyststrekning ut til 1 nautisk mil utenfor grunnlinjen, samt grunnvann. Vannforskriften er Norges implementering av EUs Vannrammedirektiv (2000/60/EF) som gir føringer for en helhetlig vannforvaltning i Europa.

Grunnlinjen er et lands avgrensning mot havet og i mange europeiske land går landets grunnlinje ved strandkanten. For å få med vann fra elver ut i kystvannet, bestemte EU at vannrammedirektivet skulle gjelde ut til 1 nautisk mil utenfor grunnlinjen. Norge har en komplisert grunnlinje som trekkes med rette streker mellom ytterste punkt av land, inklusive øyer og skjær, som er tørt ved lavvann. Ved Jæren går grunnlinjen tett opptil fastlandet, mens i Trøndelag og spesielt i Vestfjorden sør av Lofoten, går grunnlinjen langt fra fastlandet, opptil 50 nautiske mil i Vestfjorden. Med vannforskriften får Norge en ny juridisk linje som løper 1 nm utenfor grunnlinjen som er ytre grense for vannforskriften (og ytre grense for Plan og bygningsloven).

Som det står i veilederen «Klassifisering av miljøtilstand i vann, Veileder 02:2013, revidert 2015» og i forordet i revidert versjon 02:2018: «Vannet skal forvaltes som en helhet, dvs. at det er grensene for nedbørfeltene og tilhørende kystområder som skal danne forvaltningsgrensene. Overflatevann, grunnvann og kystvann skal ses i sammenheng. Forvaltning av vannmengder, vannkemi og livet i vannet skal også sees under ett.» Det er en ambisiøs målsetning, og vannforskriften omfavner også mange forvaltningssektorer.

Vannforskriften er hjemlet i plan- og bygningsloven, forurensningsloven, vannressursloven og naturmangfoldloven. Klima- og miljødepartementet har det overordnede koordineringsansvaret, og Miljødirektoratet leder den praktiske gjennomføringen av vanndirektivet. Norge rapporterer til EU-kommisjonen på vannkvalitet, forvaltningsplaner og tiltaksprogrammer og EU-kommisjonen publiserer gjennomføringsrapporter hvert tredje år (siste rapport kom desember 2021, se Vannportalen [Rapporter om gjennomføringen av vanndirektivet - Vannportalen](#)).

Måling og rapportering av vannkvalitet basert på biologiske parametere, var et nytt konsept som ble innført med vanndirektivet og vannforskriften i europeisk og norsk vannforvaltning. Kjemiske parametere som nitrogen, fosfor og oksygen med flere, som tidligere ga grunnlag for å fastsette vannkvalitet, benevnes nå som støtteparametere til de biologiske måleparametere. Om et (eller flere) biologisk kvalitetselement ikke oppnår god tilstand, skal kvalitet på støtteparametere vurderes og legges til grunn for vurdering av tiltak. (Grunnvann er et unntak og miljøgifttilstand vurderes direkte med grenseverdier for god eller dårlig tilstand.) Overgjødsling er et forhold vannforskriften spesielt skal regulere, og det er derfor effekten av tilførsler (spesielt næringssalter), målt med en biologisk respons, som skal avgjøre om det skal iverksettes tiltak, f.eks. begrense utslipp.

De valgte biologiske kvalitetselementene i vanndirektivet/vannforskriften er:

- Planteplankton (i elv, innsjøer, brakkvann og kystvann)
- Påvekstalg (i rennende vann)

- Vannplanter (i elv, innsjøer, brakkvann og kystvann)
- Makroalger og ålegress (i brakkvann og kystvann)
- Bunndyr (i elv, innsjø, brakkvann og kystvann)
- Fisk (i elv, innsjøer og brakkvann)

For hvert biologiske kvalitetselement beregnes det en kvalitetsindeks og avvik fra «naturlilstand» gir grunnlag for å klassifisere vannets økologiske tilstand etter et system med 5 klasser (Figur 1). Figuren indikerer vannforskriftens målsetning om alltid å gå fra moderat og dårligere tilstand til god eller bedre tilstand, og aldri motsatt vei mot forringet tilstand, målt med de biologiske kvalitetselementene.



Figur 1 . Klassifiseringssystemet har 5 klasser fra «svært god» til «svært dårlig». Tilstand «svært god» (ingen eller ubetydelig avvik fra naturtilstand) og tilstand «god» tilfredsstiller miljømålet. Normative definisjoner er gitt i vannforskriftens vedlegg V (Vannforskriften 2006).

Biologisk (også omtalt som økologisk) kvalitet beregnes som et avvik fra «naturlilstand». Naturlig tilstand – referansetilstand – settes lik «svært god» i klassifiseringssystemet. Utfordringen er å fastsette en korrekt referansetilstand for å beregne avvik. Ikke bare er det utfordrende, etter 100 år med sterk menneskelig påvirkning, å si hva som er naturtilstand, men naturtilstand er også svært forskjellig fra vann til vann, fra fjord til hav, basert på vannets naturlige egenskaper. I kystvann er miljøforholdene inne i en fjord med et elveos, helt forskjellig fra åpen, bølgeeksponert kyst. Samtidig endrer også artssammensetning seg naturlig langs vår lange kyst fra Lindesnes på 58° N til Finnmark på 71° N, eller for den sakens skyld i en Europeisk dimensjon fra Middelhavet til Norskehavet. Dette forhold løses gjennom å definere vanntyper med unike egenskaper.

1.2 - Vanntyper

Grunnleggende i den helhetlige vannforskriften for Europa er derfor karakterisering og inndeling av vann i vanntyper (typologi). Inndelingen i vanntyper kan valgfritt skje gjennom ulike systemer skissert i «Common implementation strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), Guidance doc no 5», hvor noen faktorer er angitt som obligatoriske, mens en rekke er valgfrie faktorer. Vannforskriften (2006) fastsetter kriterier for hvordan vann skal karakteriseres og hvilke fysiske og kjemiske faktorer som skal bestemme egenskapene til vannet i Norge og dermed den biologiske populasjonsstrukturen og sammensetningen (Tabell 1).

Vannforskriften fastsetter også normative retningslinjer for klassifisering av de biologiske kvalitetselementene og hvilke fysisk/kjemiske støtteparametere som skal måles. Normative definisjoner for klassifisering av økologisk

tilstand er gitt i Vannforskriftens vedlegg V og ligger utenfor denne utredningen. Denne utredningen gir et forslag til revisjon av dagens inndeling i kystvanntyper.

Basert på et omfattende europeisk arbeid i arbeidsgruppen COAST, ble det i 2003 lagt fram til et forslag om å dele norsk kystvann inn i 4 økoregioner med til sammen 23 ulike vanntyper (Moy m.fl. 2003). Moy m.fl. 2003 la til grunn havområder definert i OSPAR, føringer fra COAST-arbeidet, biogeografiske sub-provinser på norskekysten beskrevet i det omfattende arbeidet av Brattegard & Holthe (1995) og inndeling av fjorder og kystvann i henhold til «Fjordkatalogen».

Havområdene Barentshavet, Norskehavet, Nordsjøen og Skagerrak ble definert som fire økoregioner i norsk kystvann med støtte i Brattegard & Holthe (1995). Gjennom en videre nasjonal prosess ble det bestemt å dele Norge i 6 regioner: Barentshavet, Norskehavet nord, Norskehavet sør, Nordsjøen nord, Nordsjøen sør og Skagerrak (Veileder 01:2018).

Innen hver økoregion er kystvannet delt i 7 vanntyper:

- åpen eksponert kyst
- moderat eksponert kyst/skjærgård
- beskyttet kyst/fjord
- ferskvannspåvirket fjord
- sterkt ferskvannspåvirket fjord
- naturlig oksygenfattig fjord
- strømrrike sund

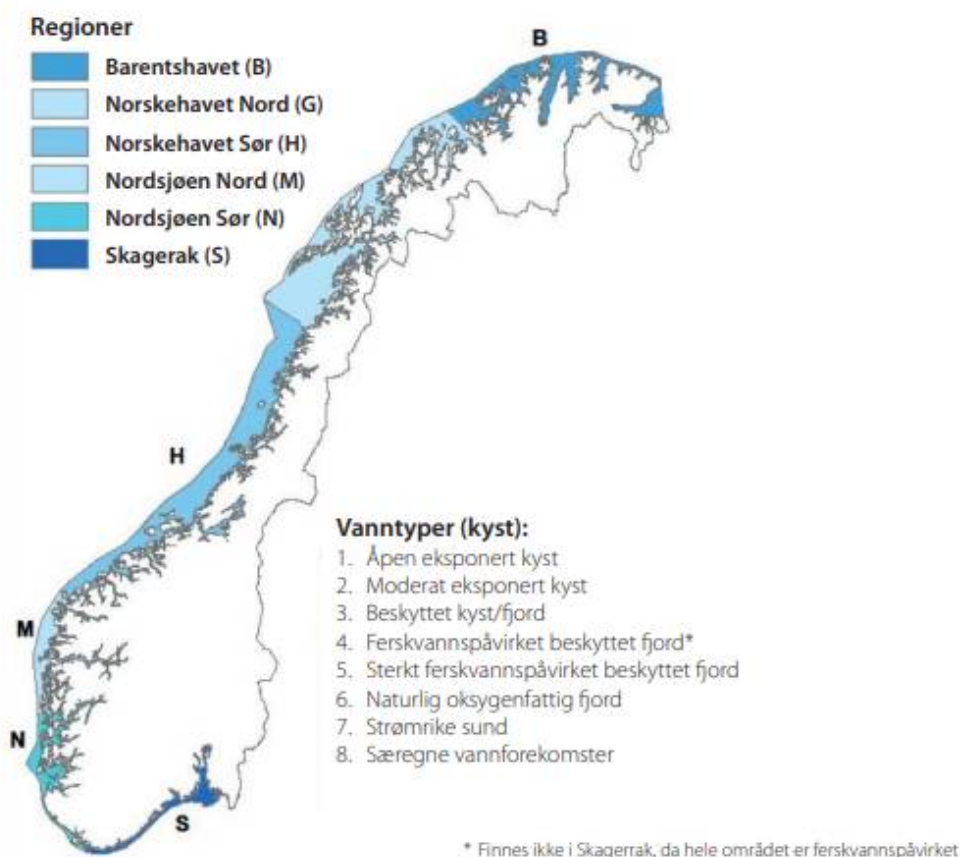
I tillegg ble typen «Særegne vannforekomster» opprettet som en egen vanntype for spesielle vannforekomster uten felles kriterier.

Mange har pekt på at det er en svakhet ved dagens norske vanntypesystemet, at begrepet «brakkvann» ikke brukes, selv om teksten i vannforskriften bruker begrepet «brakkvann» om det som vannrammedirektivet (WFD 2000/60/EC) omtaler som «overgangsvann». Grunnen til at ordet «brakkvann» ikke brukes i norsk typologi, er for å unngå å måtte inkludere kvalitetselementet «fisk», som inngår som et av de biologisk kvalitetselementene i brakkvann, men ikke i kystvann. Spesielt for anadrom fisk er vannkvaliteten i brakkvannssonen viktig.

Ikke alle vanntyper eksisterer i alle økoregioner (Figur 2). Vanntypen «Ferskvannspåvirket beskyttet fjord» mangler i Skagerrak, fordi hele Skagerrak ble definert å være ferskvannspåvirket. Dette blant flere erfaringer, gir grunnlag for en revisjon av norsk marin typologi.

Tabell 1 . Kriterier for inndeling i kystvanntyper i Norge fra Vannforskriften (2006) med tillegg av retningslinjer fra arbeidsgruppe 2.4 COAST for enhetlig implementering av vanndirektivet i Europa.

Karakterisering	Fysiske og kjemiske faktorer som bestemmer egenskapene til kystvannet og dermed biologisk populasjonsstruktur og -sammensetning	Retningslinjer etter COAST (2003) med norsk tilpasning
Obligatoriske faktorer	Breddegrad	Avgrenser økoregioner
	Lengdegrad	Avgrenser økoregioner
	Tidevannsforskjell (astronomisk midlere springflo)	Mikro: <1 m Meso: 1-5 m Makro: > 5 m
	Saltholdighet (etter COAST og generelt anerkjent inndeling)	Ferskvann < 0.5 Oligohalin 0,5 til <5 Mesohalin 5 til <18 Polyhalin 18 til <30 Euhalin >30
Valgfrie faktorer	Strømningshastighet	Svak <1 knop Moderat 1 til 3 knop Sterk > 3 knop
	Bølgeeksponering	Ekstremt eksponert Svært eksponert Eksponert Moderat eksponert Beskyttet Svært beskyttet
	Gjennomsnittlig vanntemperatur	-
	Sirkulasjonsegenskaper	Permanent fullstendig mikset Delvis (tidvis) stratifisert Permanent stratifisert
	Turbiditet	-
	Oppholdstid (i innestengte bukter)	Kort - dager Moderat - uker Lang - måneder til år
	Gjennomsnittlig sammensetning av bunnsubstratet (benyttes ikke i norsk vanntypeinndeling)	Hardbunn (fjell, blokker, stein) Sand-grus Mudder Blandet sediment
	Variasjon i vanntemperatur	-
	Dyp (benyttes ikke i norsk vanntypeinndeling)	Grunt vann <30m Middels dypt vann 30 to 50m Dypt vann >50m



Figur 2 . Inndeling i økoregioner og kystvanntyper i Norge. Kilde: Veileder 01-2018. Karakterisering og vurdering av miljømålsopphåelse etter §15.

1.3 - Kvalitetselementer

EUs vanndirektiv og norske vannforskriften lister opp mange fysiske og kjemiske parametere (faktorer) som er med å bestemme vannmiljøet og som setter rammer for det biologiske mangfoldet som forventes i et område (i en vanntype). Vannkvalitet etter vannforskriften settes på grunnlag av avvik fra forventet naturtilstand. Følgelig er det viktig at vanntyper som defineres for bedømming av vannkvalitet etter vannforskriften, bestemmes av relevante fysiske og kjemiske miljøparametere basert på best mulig kunnskap.

De viktigste miljøparametere (faktorer) er de som i størst grad påvirker levemiljøet til, så langt vår kunnskap rekker, bløtbunnsfauna, makroalger, ålegress og planteplankton. Miljøparametere med størst betydning, bør tillegges størst vekt mht. å dele norsk kystvann inn i vanntyper. Dette er også lagt til grunn for rapport og anbefaling i 2003 (Moy m.fl. 2003) og i senere revisjoner av vanntyper.

Bløtbunnsfauna er med hensyn til vannforskriften, bløtbunnsfauna som lever dypere enn 50 m. Ekspertpanelet for implementeringen av vannforskriften, fastsatte at vannmiljøet i norsk kystvann under 50 m med hensyn til valgte kvalitetsindekser, er relativt lik innen hver økoregion og det er definert referanseverdier for vanntyper i Økoregionene (Veileder 2:20218). Bløtbunnsfauna er mindre påvirket av variasjon i bølgeeksponering, saltholdighet og temperaturvariasjon enn de andre biologiske kvalitetselementene.

Fattig fauna finnes særlig i vann med dårlige oksygenforhold eller ved svært kraftig industriforurensning (Veileder 2:2018). Faktoren «oksygen i bunnvann» er derfor i vannforskriftssammenheng den mest kritiske faktoren for artsmangfoldet i bunnfauna. Områder (=vannforekomster) med *naturlig lavt oksygen* i bunnvannet kan ikke forventes å ha god økologisk tilstand mht. bunnfauna, og det er naturlige årsaker til dette. Følgelig er

det avgjørende i vanntypeinndelingen å identifisere vannforekomster med naturlig lavt oksygeninnhold i bunnvannet. Vi har lagt til grunn data fra naturbase.no* for å identifisere disse vannforekomster i vårt forslag til ny marin typologi, da vi per i dag ikke har modellverktøy til å beregne vannutskiftning og forventet oksygen i bunnvann.

I arbeidet med å kvalitetssikre forslag til vanntypeinndeling, har det framkommet kritiske spørsmål til «naturlig oksygenfattige vannforekomster» hentet fra naturbase, og det anbefales en kritisk gjennomgang.

Vi foreslår at områder med naturlig oksygenfattig bunnvann ikke defineres som egen vanntype, slik det er i dagens typologi, men blir en merknad til den vanntypen som er bestemt ut fra overflatevannets kvaliteter (0-10 m dyp). I områder med naturlig oksygenfattig bunnvann blir tilstanden til de øvrige biologiske kvalitetselementene planteplankton, makroalger og ålegress (sjøgress) viktig for fastsetting av vannkvalitet og da er det overflatevannets egenskaper som bestemmer levemiljøet til disse.

Planteplankton er viktig for livet i havet og er et prioritert og utvalgt kvalitetselement. Planteplanktonet responderer hurtig på endringer i vekstforholdene, og næringssalttilførsler og overgjødning (eutrofiering) kan føre til en økning av algebiomassen (algeoppblomstring). Til å vurdere eutrofi-effekter brukes kun parameteren klorofyll *a* som uttrykk for biomasse. Måleparameteren baserer seg på kjemiske analyser av vannprøver og er interkalibrert med Europa for flere vanntyper (Tabell 3).

Høy produksjon og høy omsetning er økologisk sett bra. Planteplankton har næringsverdi for alle produksjonsledd opp til fisk, hval og mennesker. Mange oppblomstringer i løpet av et år, målt som høye klorofyllverdier, tolkes som signal på overgjødning. Dette forslaget til ny typologi for norsk kystvann endrer ikke ved grenseverdier for klorofyll *a*, men forslag til ny inndeling i vanntyper, kan medføre endring av referanseverdi for god tilstand og rapportert vannkvalitet for et område.

Næringssalter og saltholdighet er to viktige faktorer for vekst av planteplankton. Bølgeeksponering og omrøring kan blande næringssalter og «klorofyllet» i vannmassene, og det diskuteres blant planktoneksperter om gradienter i bølgeeksponering på åpent hav påvirker grenseverdier for klorofyll *a* i en slik grad at er behov for å inndele åpent hav i flere vanntyper. I denne utredningen er først og fremst modellert saltholdighet lagt til grunn for vanntypeinndeling mhp. planteplankton.

Makroalger (fastsittende alger) påvirkes av saltholdighet, næringssalter, bølgeeksponering og temperatur (med flere faktorer). Vannforskrift-indeksene i klassifiseringssystemet for fastsittende alger er 1) artssammensetning i fjæresonen (0 m dyp) og 2) nedre voksegrense for utvalgte arter. I denne sammenheng er både vannmiljøet i overflatevann bestemt ved 0 m overflatedyp og ved gjennomsnitt av 0 til 10 m dyp viktig for vekst og utbredelse av fastsittende alger. Fjæresoneindeksen og nedre voksegrense indeksen er interkalibrert med Europa for flere vanntyper (Tabell 3).

Fjæresoneindeksen RSLA/RSL beregnes ut fra registrerte arter i felt sammenliknet med forventet referanseartsliste. Referanseartslistene inneholder arter som har naturlig tilhørighet i en vanntype og som en forventer å finne i hele vanntypens utstrekning. RSLA-indeksen tar i tillegg til artssammensetning (RSL) også hensyn til biomasse (forekomst) av de ulike artene. Artslisten inneholder arter med ulike egenskaper som opportunistiske trekk og tilhørighet i definerte økologiske grupper (Ecological Status Group, ESG).

Nedre voksegrense (MSMDI) er basert på nedre registrerte voksedyp for ni utvalgte makroalger: krusflik (*Chondrus crispus*), svartkluft (*Furcellaria lumbricalis*), skolmetang (*Halidrys siliquosa*), sukkertare (*Saccharina latissima*), krusblekke/hummerblekke (*Phyllophora pseudoceratoides/Coccotylus truncatus*), teinebusk (*Rhodomela convervoldes*), fagerving (*Delesseria sanguinea*) og eikeving (*Phycodrys rubens*). Registrert nedre

voksedyp for hver art vurderes mot et fastsatt referansedyp for hver art i en gitt vanntype.

Nedre voksegrænse er valgt i vannforskriften som en respons på hvor transparent vannet er, eller sagt med andre ord, hvor grumsete vannet er. Grumsete vann kan skyldes oppblomstring av plankton eller avrenning fra land (vannfarge og partikler). Grumsete vann gir mindre lys i havdypet og fører til redusert voksedyp sammenliknet med rent, klart vann. De ni indeksartene er alle flerårige arter og reflekterer derfor et «gjennomsnitt» av miljøforholdene det (de) siste året (-ene). Referanseverdi er satt lik forventet nedre voksegrænse ved «svært god tilstand» for disse ni arter i en del vanntyper og MSMDI er interkalibrert for vanntypene «åpen eksponert kyst», «moderat eksponert kyst/fjord» og «beskyttet kyst/fjord» i Skagerrak. Endringer i definerte vanntyper i Skagerrak kan få konsekvenser for interkalibrert indekser.

Sjøgress (angiospermer, dvs. blomsterplanter), har stor utbredelse på grunn bløtbunn i Europa og er følgelig et sentralt kvalitetselement i mange EU-land. I Norge har vår vanligste marine sjøgressart, ålegress (*Zostera marina*), en begrenset utbredelse sammenliknet med makroalger. Men arten er likevel viktig i vannforskriftssammenheng, fordi den generelt vokser i områder hvor utbredelse av makroalger er liten som i bølgebesskyttede, ferskvannspåvirkede bløtbunnsområder med lav vannutskiftning. Områder med lav vannutskiftning vil generelt være mer utsatt for overgjødsling enn områder med stor vannutskiftning. Ålegressindeksen beregnes basert på tre parametere:

1. Nedre voksegrænse for ålegresseng
2. Tetthet av ålegress-skudd
3. Mengde av filamentøse alger («påvekstalger»)

I tillegg anbefales det at en registrerer canopyhøyden og arealutbredelsen til ålegressengen (tilsvarende som i Nasjonalt program for kartlegging av biologisk mangfold på kyst). Det er utarbeidet grenseverdier for vanntyper i Skagerrak og Nordsjøen.

1.4 - Interkalibrering

For å harmonisere vannkvalitet og forståelsen av vannkvalitet i Europa, ble det gjennomført et stort interkalibreringsprogram, hvor felles europeisk referansetilstand skulle fastsettes for like vanntyper uavhengig av nasjon. Norge, langt mot nord, identifiserte få vanntyper felles med øvrige europeiske land. I arbeidet med interkalibrering av biologisk/økologisk tilstand, ble mange ulike måledata og indekser vurdert. Kvalitetsindekser for norske forhold er vist i Tabell 2.

Tabell 2. Kvalitetsmål for biologiske kvalitetselementer.

Biologisk kvalitetselement	Kvalitetsindekss
Planteplankton	Klorofyll a (respondere på eutrofi med økt mengde klorofyll-a)
Makroalger	Nedre voksegrænse (respondere på eutrofi med redusert voksedyp) Fjæresamfunnsindeks (respondere med endret artssammensetning)
Bløtbunnsfauna	Artsmangfold (respondere på eutrofi med redusert mangfold) Ømfintlighet (respondere med tap av ømfintlige arter) Sammensatte indekser NQI1 og NQI2 (diversitet, ømfintlighet)

Til arbeidet med interkalibrering av biologisk/økologisk tilstand, måtte nasjonene også kunne levere biologiske dataserier fra vanntypen. Utfordringen for Norge var å finne hvor vi hadde historiske data eller dataserier fra overvåkingsprogram, som kunne inngå i interkalibreringen. I alt 7 norske vanntyper med utvalgte biologiske

kvalitetslementer (Tabell 3) ble interkalibrert med Europa som del av et felles europeisk grunnlag for å kunne sammenlikne vannkvalitet på tvers av Europa, dvs. ha like forståelse av hva som blant annet er «god», «moderat» og «dårlig» vannkvalitet.

Tabell 3 . Vannforskriftens beskrivelse av interkalibrerte av kystvanntyper. Type M = Nordsjøen nord, H = Norskehavet sør, G = Norskehavet nord, S = Skagerrak. NEA = interkalibreringskode for North East Atlantic vanntyper.

Type	Karakteristika	Saltholdighet (psu) Tidevannsforskjell (m) Dyp (m)	Strømhastighet (knop) Eksposering	Blanding Oppholdstid
<i>Undertype for makroalger i tidevannssonen</i>				
M1 og 2, H1 og 2 og G1 og 2 (NEA 1/26 B21)	Åpent, eksponert eller beskyttet, euhalint	Salt >30 Meso 1–5 Dyp <30	Moderat 1–3 Eksponert eller beskyttet	Full blanding Kort - dager
<i>Undertype for planteplankton</i>				
M1 og 2, H1 og 2 og G1 og 2 (NEA 1/26a)	Åpen eksponert til moderat eksponert grunn	Salt >30 Meso 1-5 Dyp <30	Moderat 1-3 Eksponert eller beskyttet	Full blanding Kort - dager
<i>Undertype for planteplankton, fastsittende alger og bunnfauna</i>				
M1 og 2, H1 og 2 og G1 og 2 (NEA 1/26)	Åpent, eksponert eller beskyttet, euhalint	Salt >30 Meso 1–5 Dyp <30	Moderat 1-3 Eksponert eller beskyttet	Full blanding Kort - dager
M3, H3 og G3 (NEA7)	Dyp fjord	Salt >30 Meso 1–5 Dyp >30	Svak <1 Beskyttet	Full blanding Kort - dager
S2 (NEA 8a)	Indre Skagerrak, polyhalint, moderat eksponert, grunn	Salt 25–30 Mikro <1 Dyp >30	Svak <1 Moderat eksponert	Full blanding Kort-Moderat
S3 (NEA9)	Dyp fjord med terskel i munningen og liten utskifting av bunnvannet	Salt 25-30 Mikro <1 Dyp >30	Svak <1 Beskyttet	Delvis stratifisert Moderat - uker
S1 (NEA10)	Skagerrak, eksponert, dyp	Salt 25–30 Mikro <1 Dyp >30	Svak <1 Eksponert	Delvis stratifisert Kort - dager

Det mest omfattende datasettet (planteplankton, makroalger og bunnfauna) ble levert fra Skagerrak, et hav vi deler med Sverige og Danmark. Datasettet ble hentet fra det statlig finansierte «Kystovervåkingsprogrammet» etablert i 1990 og som overvåket vannsøylen, makroalger og bunnfauna. Kystovervåkingsprogrammet er videreført i dagens nasjonale Økokystprogram hvor overvåkingsdata fra vannsøylen, hardbunn og bløtbunn brukes til å fastsette miljøtilstand og inngår i nasjonal rapportering av tilstand til EU.

For bløtbunnfauna er det utarbeidet to sett av indekser, ett for makrofauna og et for foraminiferer, som beskrevet i vedlegg til Veiledere 02:2018. Indeksene for de to gruppene av organismer er interkalibrert (Alve et al., 2019). Ved å ta kjerneprøver og analysere for foraminiferer er det mulig å fastslå naturtilstanden på en lokalitet tilbake i tid (Hess m.fl. 2020) og undersøke hvor lenge det ev. har vært dårlige oksygenforhold i en fjord klassifisert som «naturlig oksygenfattig fjord». Foraminiferer benyttes per i dag ikke i tilstandsklassifisering.

Å gjøre endringer i interkalibrerte vanntyper og vannkvalitetsparametere (plankton, makroalger og bunnfauna) er utfordrende, da det rokker ved den harmoniserte grunnmuren (interkalibreringen) for felles forståelse av god

vannkvalitet i Europa. Samtidig er det avgjørende viktig at vanntyper er mest mulig «korrekt» definert, slik at de gir et mest mulig riktig bilde av hva referansetilstand bør være. Tilsvarende er det viktig at grenseverdier, spesielt grenseverdier som skiller «moderat» fra «god», er riktig definert, slik at det ikke iverksettes krav om eller unnlater å iverksette tiltak for å oppnå miljømål.

1.5 - Formål

Prosjektets målsetningen er å foreslå en ny inndeling i vanntyper i norsk kystvann med hovedvekt på modellerte fysiske og kjemiske parametere i henhold til vannforskriftens kriterier (Tabell 1). Faktorer som direkte påvirker utbredelse og tilstand til de biologiske kvalitetselementene planteplankton, makroalger, sjøgress og bunnfauna er gitt større vekt enn faktorer som har mindre betydning, samt at inndeling og grenser er harmonisert med den oppdaterte inndelingen iht. NiN så langt som mulig. Som svar på oppgaven er forslag til ny inndelingen levert som shape-filer (areal-polygoner tegnet inn vha. programmet ArcGIS 10) til Miljødirektoratet på et «blankt» kartgrunnlag kun med økoregioner mottatt fra NVE (2018). Formålet med denne rapporten er først og fremst å dokumentere hva som er gjort og hvordan vi har kommet fram til et forslag til ny marin typologi.

Siden starten i 2001 på arbeidet med felles europeiske mål for vannkvalitet, har det tilkommet stor erfaring og kunnskap som utfordrer dagens inndeling og fysisk avgrensing av vanntyper. Små endringer i vanninndeling er blitt innført, som å øke fra 4 økoregioner til 6 regioner for bedre å fange naturlig variasjon langs vår langstrakte kyst. Men basisinndelingen i vanntyper, som skal beskrive vannmiljøets naturlige fysiske rammer for liv, er fortsatt i stor grad basert på ekspertvurderingene og avgrensing av vanntyper er basert på «Fjordkatalogens» ekspertvurderte inndeling av i fjorder og kystvann i naturlige, geografiske avgrensninger/ vannbassenger.

Ekspertvurderinger er nødvendigvis ikke feil, men det er ved flere anledninger blitt påpekt at feil inndeling i vanntype fører til feil i fastsetting av økologisk tilstand. Spesielt at vanntype «ferskvannspåvirket fjord» mangler i Skagerrak, passer dårlig med de faktiske, naturlige forhold i Skagerrak.

I 2017 startet Miljødirektoratet arbeidet med sikte på å revidere eksisterende inndeling i typer av kystvann i vannforskriftssammenheng, basert på et mest mulig objektivt grunnlag. Havforskningsinstituttet fikk i oppgave å utrede norske marine vanntyper, fristilt, men ikke frakoblet, fra dagens inndeling og kriterier som Vannforskriften er bygget på.

En statusrapport ble levert høsten 2018 og et beslutningsnotat (januar 2019) ble lagt til grunn for videre prosjektgjennomføring. Resultatet fra modellerte vanntyper presenteres under. Disse resultatene var opplysende, men også utfordrende mht. praktisk vannforvaltning. Det ble besluttet å videreføre arbeidet med sikte på mer pragmatisk tilnærming, som best mulig fanget opp de elementer som er viktige for de biologiske kvalitetselementene.

Samtidig startet Artsdatabanken opp et arbeid med å revidere natursystemet «Natur i Norge (NiN) for vannmasser. Et ekspertpanel med 17 medlemmer fra mange institusjoner ble sammensatt i 2019 og arbeidet ble avsluttet i 2022 med sikte på lansering av en ny versjon av NiN (3.0), som fant sted 16.11.2023. Marine vannmasser inngår i NiN 3.0 og omfatter økosystemer av flytende, svevende og svømmende organismer i de frie vannmassene i saltvann (inkludert brakkvann, saltholdighet > 0,5 ‰). For beskrivelse av NiN-systemet, se <https://naturinorge.artsdatabanken.no/>.

Det var et ønske om å harmonisere tankegang og inndeling i vanntyper mellom de to systemer, søke etter felles miljøvariable og i det minste unngå motstridende systemer. Parallelt med NiN-arbeidet, ble det derfor i dette prosjektet som her rapporteres, gjennomført en ny, helhetlig modellering av fysiske/kjemiske miljøvariable som

ikke tar hensyn til tidligere ekspertvurderte grenser for vanntyper eller økoregioner.

Dagens vanntypeinndeling bygger på «Fjordkatalogen» som deler opp kysten i geografisk naturlige vannbasseng. Ved innføringen av vannforskriften var Fjordkatalogen det beste grunnlaget for inndeling i kyst og fjorder i vanntyper. Men Fjordkatalogen ble ikke laget med sikte på bruk i Vannforskriften og følger ikke vannforskriftens kriterier vist i Tabell 1 . Det var derfor ønskelig å fristille ny inndeling fra Fjordkatalogens inndeling.

Til ny inndeling skal det også noteres at områder klassifisert som «Svært modifiserte vannforekomster» (SMVF), som omfatter havner avstengt med molo etc., ikke er avgrenset i kartet da SMVF ikke er en vanntype. I forslag til ny vanntypeinndeling er vanntypen i SMVF-områder satt lik med den vanntypen som omslutter SMVF-området.

2 - Metodikk

I dette kapitlet beskrives de modeller og metoder som er lagt til grunn for utredningen av kystvanntyper.

Vanntyper deles inn etter fysiske og kjemiske faktorer som bestemmer egenskaper til vannet og dermed biologisk populasjonsstruktur og -sammensetning, vist i Tabell 1. Tabell 4 viser hvilke parametere (faktorer) som er modellert for Norge og benyttet i vår utredningen om mulig typer av kystvann. Modellverktøyene omtales under. Modellene gir verdier fra et minimum til et maksimum, og der hvor grenseverdier ikke er gitt i vannforskriften, må det gjøres en ekspertvurdering, som for eksempel bølgeeksponering i 6 trinn (Tabell 1). En annen nødvendig ekspertvurdering er å vekte hvilken fysisk/kjemisk parameter som har størst betydning for biologisk/økologisk tilstand (Tabell 2), der hvor lik vektning av miljøparametere ikke gir et fornuftig grunnlag for utøvelse av vannforvaltning.

Tabell 4 . Datagrunnlaget for numeriske analyser og modellering.

Faktor	Kilde
Bredde-lengdegrad/økoregioner	Norsk veileder legges til grunn for modellene (Veileder 02:2018)
Tidevannsforskjell	Modellerte data, validert mot tidevannstabell Inndeling iht. veileder: Mikro: <1 m og Meso: 1-5 m.
Saltholdighet	Modellert data for hele Norge. Grenseverdier som i veileder. 2 datasett: gjennomsnitt 0-10m dyp og 0m dyp.
Strømningshastighet	Modellert overflatestrøm for hele Norge, m/s.
Bølgeeksponering	Nyutviklet modell for hele Norge. Bølgehøyde i m.
Gjennomsnittlig vanntemperatur	Modellert for hele Norge
Sirkulasjonsegenskaper	Blandingsegenskaper (stratifisering) utredes. Modell er basert på tetthet (saltholdighet) i overflate (0-10m) og bunnvann.
Oppholdstid (i innestengte buker)	Utredes, ingen eksisterende modell. Områder med oksygenfattig bunnvann (innestengt og lang oppholdstid) er hentet fra naturbase.no
Variasjon i vanntemperatur	Modellert for hele Norge
Dyp	Bathymetriske kart

2.1 - Datamodeller

2.1.1 - Havmodellen NorKyst800

Den hydrodynamiske modellen som ble brukt for å beskrive de fysiske variablene, er ROMS (Regional Ocean Modeling System, <http://myroms.org>), med en horisontal oppløsning på 800m x 800m og en vertikal oppløsning på 35 terrengfølgende dybdenivåer. Den horisontale oppløsningen medfører at små geografiske områder ikke fanges opp på en god måte og vil dermed ikke kunne inkluderes i analysen. Dette gjelder spesielt områder som strømrrike sund og poller. Mer informasjon om havmodellen og modelloppsett kan leses i den tekniske rapporten om NorKyst800 i Albretsen et al. (2011) og i Asplin et al. (2020). Havforskningsinstituttet har over flere år bygget opp kompetanse på bruk av havmodellen ROMS, som er en «state-of-the-art» hydrodynamisk modell, som inkluderer alle relevante fysiske prosesser. Denne modellen brukes i utstrakt grad i det internasjonale modellmiljøet og er en av de dominerende metodikkene innenfor hav- og kystmodellering i verden. ROMS-modellen er også brukt i modellering av natur utført i Nasjonalt program for kartlegging av biologisk mangfold – kyst.

Det er avgjørende å ha gode drivkrefter og randverdier for å gjennomføre en tilfredsstillende strømmodellering. I oppsettet for å etablere et modellarkiv for årene 2006-2016, ble det brukt informasjon (vannstand, strøm og hydrografi) langs de åpne rendene fra en stor og godt dokumentert Norskehavsmodell med 4 km oppløsning (Lien et al., 2013, Lien et al., 2014). Tidevannsamplitude og -bevegelse ble hentet fra det globale tidevannsatlas TPXO (Egbert and Erofeeva, 2002). Atmosfærepådraget ble hentet fra en egen høyoppløst simulering med WRF (Weather Research and Forecasting model, utviklet av NCAR/National Center of Atmospheric Research i USA) med 3km oppløsning horisontalt. Elveavrenning fra alle vassdrag er basert på den hydrologiske HBV-modellen kjørt av NVE (Norges Vassdrags og Energidirektorat, se Beldring et al., 2003).

Bunndypet i NorKyst800 er glattet under selve strømsimuleringen for å unngå numerisk støy, men grunnlagsdataene er hentet fra Norge Digitalt (<http://www.norgedigitalt.no>) som er etablert av Statens Kartverk Sjø. Den opprinnelige oppløsning er rundt 50 m på et irregulært gitter for hele kysten, og disse er interpolert til 800 m-griddet med en vektning i forhold til antall land- og sjøpunkter.

2.1.1.1 - Saltholdighet

Variabelen saltholdighet ble ekstrahert direkte fra NorKyst800-arkivet og midlet over alle år for perioden 2006-2016 for dybdeintervallet 0-10 m (overflatevann). Som det framgår av resultatkapittelet (kap. 3) var laveste modellert gjennomsnittlig saltholdighet over 0-10 m dyp 22,6. Med andre ord er alt kystvann enten polyhalint eller euhalint (Tabell 1) og modellen fanger ikke opp brakkvann (vanntypen «sterkt ferskvannpåvirket»). Det stemmer dårlig med faktiske forhold i det ferskvannstilførsel i enkelte fjorder har stor betydning for planteplankton og makroalger i strandsonen. Saltholdighet ble derfor modellert på nytt for 0 m dyp med en mer detaljert havmodell med 160 m x 160 m oppløsning (en mer finmasket versjon av NorKyst800, se f.eks. Dalsøren et al. 2020 for en beskrivelse av et slikt modellsystem samt resultater for Hardangerfjorden). Overflaten (0 m) ble valgt fordi ferskvann flyter i et tynt sjikt i overflaten og det er dette vannet som i stor grad påvirker makroalgens artssammensetning i strandsonen (Tabell 2). Denne 160 m modellen ble brukt til å avgrense utbredelse av vanntypen «sterkt ferskvannspåvirket» vann.

2.1.1.2 - Temperatur

Variabelen temperatur ble ekstrahert direkte fra NorKyst800-arkivet og midlet over alle år for perioden 2006-2016 for dybdeintervallet 0-10m (overflatevann).

2.1.1.3 - Strømhastighet

Strømhastighet ble ekstrahert direkte fra NorKyst800-arkivet. For å inkludere tidevannsbevegelse, ble timesverdier av strømhastighet brukt som grunnlag for gjennomsnittsberegningene.

2.1.1.4 - Sirkulasjonsegenskaper - stratifisering

Stratifisering eller vertikal omrøring ble beregnet basert på vannets tetthet bestemt ved salt og temperatur ekstrahert direkte fra NorKyst800-arkivet. Beregning av stratifisering er omtalt i kap. 3.2.4.

2.1.2 - Bølgemodellen SWAN

Bølgemodellen SWAN (Simulating WAVes Nearshore, Booij et al., 1999) er benyttet for å beregne havbølger og vindbølger langs hele norskekysten. SWAN er utviklet av Delft Technical University i Nederland for å beregne utvikling og forplantering av bølger i kystområder, og modellen er utstrakt brukt over hele verden for simulering av bølger. SWAN gjenskaper forplantering av bølger gjennom et område der effekter som refraksjon, brytning, blokkering og refleksjon er inkludert ut fra variasjoner i bunndyp. Bølgene skapes av vind og blir utsatt for dissipasjon (svekking) av bølgebryting og bunnfriksjon.

SWAN er simulert for åtte kystområder som dekker hele norskekysten med 500 m x 500 m oppløsning for hele

2016. Vi antar da at dette året gir en god representasjon av bølgetilstanden langs kysten, spesielt at de geografiske forskjellene kommer tydelig frem. I tillegg til batymetri, så trenger SWAN informasjon om vind og offshore bølger langs de åpne rendene. Vinden som er brukt i simuleringen, er den samme som ble brukt for strømmodellen (ROMS), mao. WRF-3km. Offshore bølgespektra er hentet fra Meteorologisk institutt sin operasjonelle bølgemodell for norske havområder (WAM med 4km oppløsning) og benyttet til å justere bølgetilstanden i enkeltpunkter langs SWAN-domenenes ytterste gridpunkt. SWAN skriver ut endel variabler som kan brukes til å beskrive bølgetilstanden, men det er kun signifikant bølgehøyde som er benyttet i de videre analysene. Signifikant bølgehøyde er definert som midlere bølgehøyde av de 1/3 høyeste bølgene.

2.1.3 - Typeinndeling med K-means metode

Alle de modellerte parametere er tatt med videre i en statistisk analyse av vanntyper i Norge. I første modelleringsrunde ble alle variablene gitt lik vekt i analysen ved å normalisert med minimum og maksimum slik at alle variablene fikk verdier mellom 0 og 1. I oppfølgende modelleringsrunde ble variablene normaliserte med gjennomsnitt og standardavvik, for å oppnå en bedre balanse mellom variablene selv om de ikke får verdier mellom 0 og 1. Deretter ble det kjørt en K-means analyse.

Målet med K-means algoritmen er å dele inn M objekter fordelt i N dimensjoner inn i K grupper slik at objekter innen hver klynge er mer like hverandre enn objekter i andre klynger (Hartigan & Wong 1979). Dette er en iterativ prosess der alle objektene starter i en tilfeldig klynge, og ved hver iterasjon flyttes objektene mellom klyngene. Etter hver iterasjon regnes det ut en *medoide* i alle gruppene, altså gjennomsnittet av klyngen i det N -dimensjonale rom, og den Euklidianske avstanden til hvert objekt fra medoiden summeres. Summen av avvikene fra medoidene, kalt *total error sum of squares*, er da et objektivt mål på hvor godt objektene passer inn i deres tildelte klynge. Denne prosessen gjentas et tilstrekkelig antall ganger slik at summen av avvikene minimeres. En typisk svakhet med slike heuristiske algoritmer er at man kan ende opp i et lokalt minimum, altså der små stegvise endringer i gruppetilhørighet gir liten eller ingen forbedring etter flere iterasjoner, men der dette ikke nødvendigvis objektivt sett er den beste inndelingen. For å sørge for at man har funnet den objektivt sett beste arrangementen av objektene utføres hele prosessen mange ganger, hver gang med et tilfeldig utgangspunkt. Her forventes det at hvis man gjør dette mange nok ganger, og at man kommer frem til samme løsning de fleste gangene, har man funnet den objektivt sett beste arrangementen.

En annen utfordring er å finne det optimale antallet grupper (K) som skal representere vanntypene. Her ble det brukt en «Simple Structure Index» (SSI) som er implementert i R-pakken «vegan» (Oksanen et al. 2018). SSI-indeksen kombinerer tre elementer som påvirker tolkningen av løsningen: (1) den maksimale forskjellen mellom hver variabel mellom klyngene, (2) størrelsen på de mest forskjellige klyngene og (3) avviket av variablene fra klyngesentrene sammenlignet med det totale gjennomsnittet. Disse tre elementene multipliseres og normaliseres for å gi en verdi mellom 0 og 1. Denne indeksen gir en indikasjon på hvor mange grupper objektene bør deles opp i, men det må presiseres at dette kun er ment som en veiledning og at den endelige avgjørelsen på antall grupper også til en viss grad må vurderes av brukeren.

K-means analysen ble utført både på hele datasettet (hele landet) under ett og separate analyser utført på økoregion nivå.

3 - Modellerte resultater

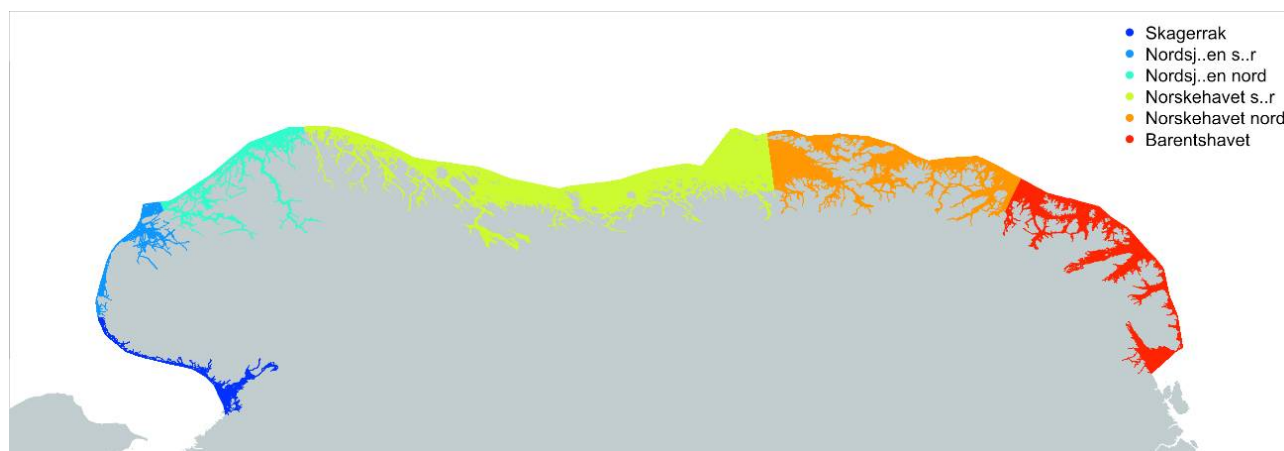
I dette kapitlet presenteres resultater fra modelleringen. Først presenteres hver enkelt faktor og en statistisk analyse med forslag til vanntyper basert på de modellerte faktorene innen hver økoregion. Deretter presenteres resultatet av en helhetlig, landsdekkende analyse uten å legge til grunn de 6 økoregionene. Den nasjonale analysen er også brukt i det parallelle arbeidet med å utvikle "Natur i Norge" for vannmasser.

Resultater fra modelleringen av faktorer (se Tabell 1 og Tabell 4) er gitt i henhold til vannforskriftens obligatoriske og valgfrie faktorer. Vanntyper basert på K-means-analyse av de modellerte faktorer er presentert for hver økoregion (kap.3.3) og for hele landet under et uten inndeling i økoregioner (kap. 3.4). Begge resultater er diskutert i arbeidsmøter med Miljødirektoratet og NVE underveis i prosjektet, slik at utredningen av ny marin typologi skal bli mest mulig anvendbar for norsk vannforvaltning.

3.1 - Obligatoriske faktorer

3.1.1 - Økoregioner (Lengde-/breddegrad)

I henhold til Veileder 01-2018 ernorsk kystvann delt i 6 regioner som vist i Figur 2 og Figur 3. Denne kategoriske inndelingen er senere benyttet i den statistiske analysen av modellerte faktorer i hver økoregion. Som det framgår av Figur 2 og Figur 3 stemmer ikke modellens kategoriske inndeling i økoregioner helt nøyaktig med vannforskriftens inndeling. Men dette er unøyaktigheter som ikke har betydning for eller innvirkning på statistisk analyse av modellerte vanntyper og vil ikke ha innvirkning på antall foreslåtte vanntyper i hver økoregion.



Figur 3 . Økoregioner bestemt for kystvann i Norge.

3.1.2 - Tidevann

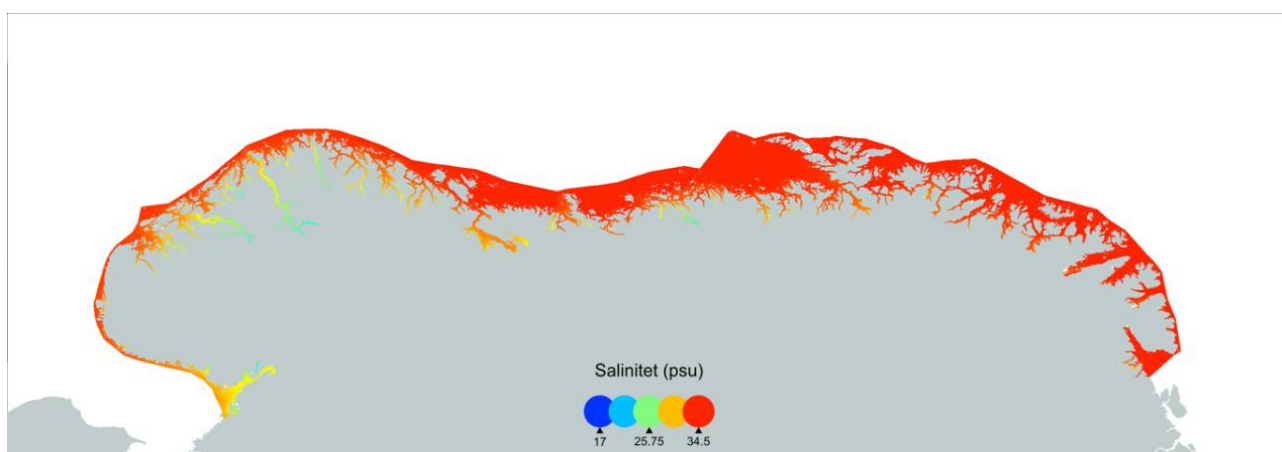
Resultat av modellert tidevann med grenseverdi 1 m er vist i Figur 4. Grenseverdi er her i denne modelleringen trukket ved grense Rogaland/Hordaland, mens den i Veileder går ved Marstein fyr i Vestland. Som for økoregioner, hvor tidevann er en av faktorene, er dette er en unøyaktighet i modellen, men vil ikke påvirke den statistiske analysen av modellerte vanntyper.



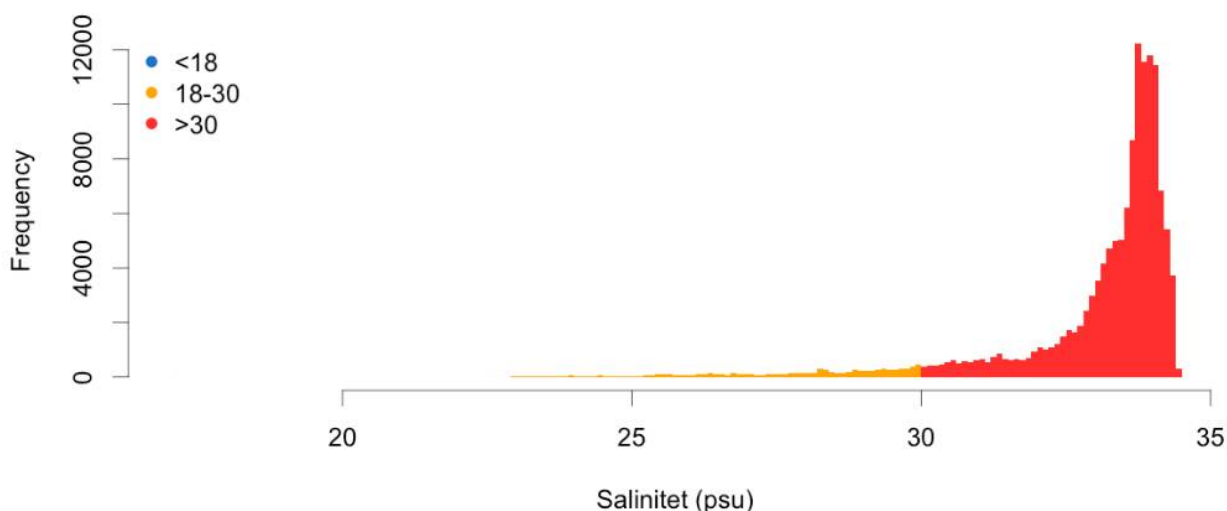
Figur 4 . Modellert tidevann med grenseverdi 1 meter (mikro vs meso tidevannsamplitude).

3.1.3 - Saltholdighet

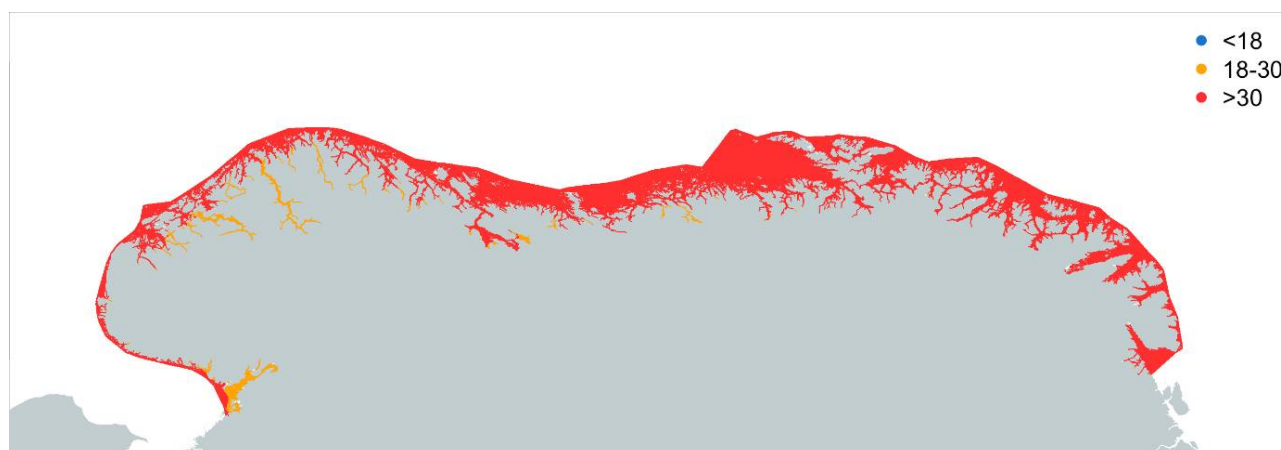
Modellert saltholdighet, ekstrahert fra Norkyst800-arkivet og midlet over alle år for perioden 2006-2016 for dybdeintervallet 0-10 m, er vist for hele landet i Figur 5. Kartet viser tydelig forskjell mellom de ytre og indre områdene i fjordene i sør og midt-Norge og mindre forskjeller i fjorder i Troms og Finnmark. Dette stemmer bra med tidligere ekspertvurderinger. Et histogram over modellresultatet (Figur 6) viser at laveste gjennomsnittlige (0-10 m over hele året) saltholdighet er 22. I realiteten kan det finnes områder som har gjennomsnittlig lavere saltholdighet, men dette fanges ikke opp av denne modellen med 800 m horisontal oppløsning. Basert på denne analysen er det ikke grunnlag for å dele kysten inn i 5 ulike saltholdighetsintervaller (Tabell 3), men kun i saltholdighets intervallet 18-30 (polyhalin) og intervall >30 (euhalin). Kystvann delt inn etter grenseverdier for saltholdighet er vist i Figur 7. På dette grunnlaget ble det derfor valgt også å bruke en "fjordmodell" med 160 m horisontal oppløsning og modellere saltholdighet i 0 m dyp for å avgrense områder med brakkevann, mer spesifikt ferskvannspåvirket strandsone med saltholdighet lavere enn 18 (mesohalin).



Figur 5 . Saltholdighet basert på modellerte data for hele landet.



Figur 6 . Histogram som viser fordelingen av ulike saltholdighets klasser (intervaller). Laveste verdi er 22.6.



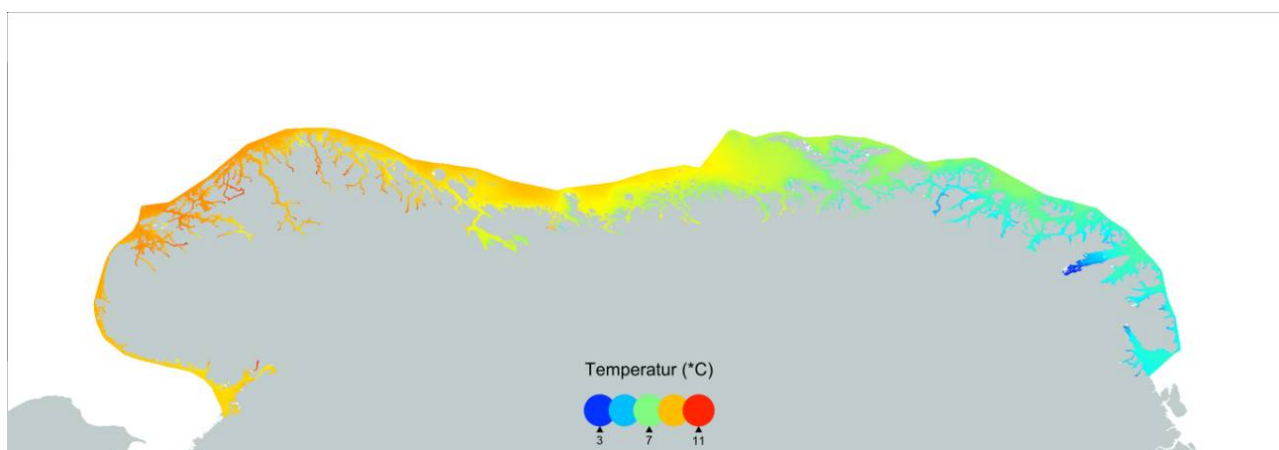
Figur 7 . Kystvann delt inn i identifiserte saltholdighetsklasser for de øvre 0-10m. Analysen resulterte i kun 2 saltholdighetsklasser (blått er ikke tilstede).

3.2 - Valgfrie faktorer

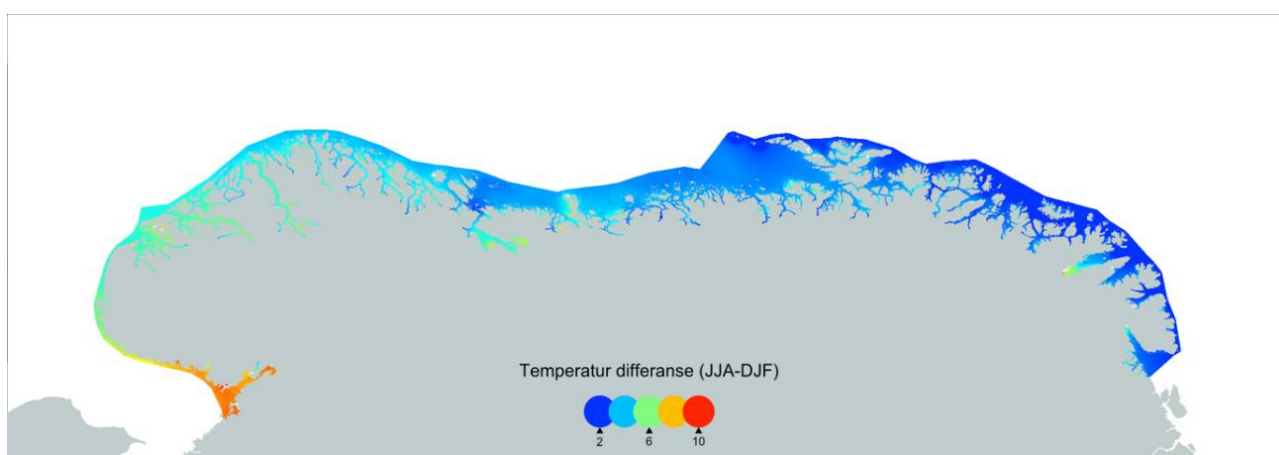
3.2.1 - Temperatur

Modellert temperatur, basert på NorKyst800-arkivet og midlet over alle år for perioden 2006-16 for dybdeintervallet 0-10m, er vist for hele landet i Figur 8 . Årsgjennomsnittet viser varmt vann i fjorder i Sør-Norge og generelt varmere vann i Sør-Norge enn i Nord-Norge. I indre del av Porsangerfjorden er det spesielt kaldt vann. Det synes å være et skille ved Lofoten med kaldere vann nord for Lofoten enn sør for Lofoten.

Modellert temperaturdifferanse mellom sommer og vinter (dvs. varm sesong mot kald sesong), beregnet som differansen mellom sommermiddel (juni-august) og vintermiddel (desember-februar), viser spennet i temperaturer som de biologiske elementene vil oppleve i løpet av året (Figur 9). Generelt viser temperaturdifferansen en generell gradient fra nord til sør og fra ytre kyst til indre deler av fjordene. Grovt sett er det 3 områder som skiller seg ut: Skagerrak, Lindesnes-Trøndelag og kysten nord for Trøndelag, med unntak av Porsangerfjorden hvor det er stor temperaturforskjell mellom sommer og vinter.



Figur 8 . Modeller gjennomsnittlig temperatur (årgjennomsnitt) i overflatelaget (0-10m).

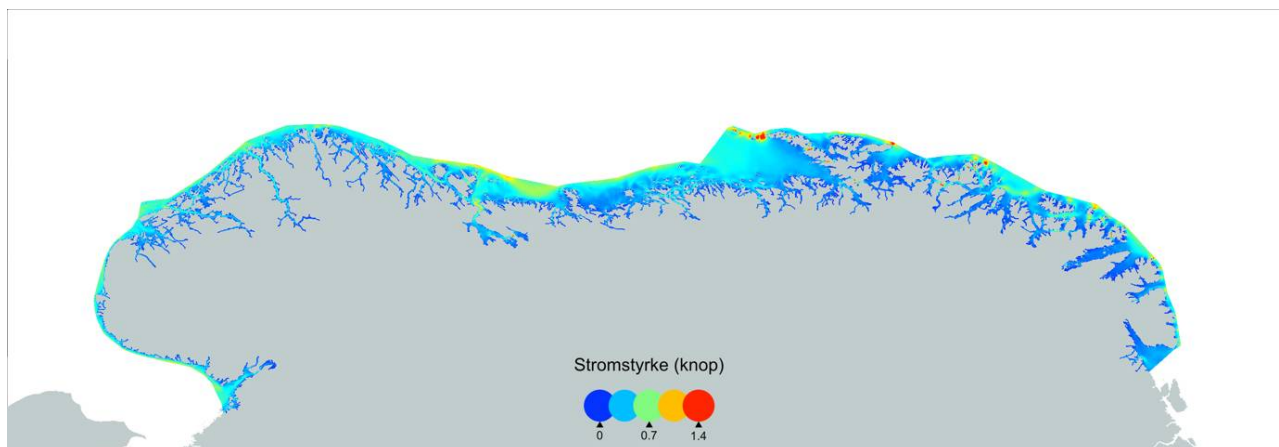


Figur 9 . Temperaturdifferansen mellom sommermiddel (juni-august, JJA) og vintermiddel (desember-februar, DJF).

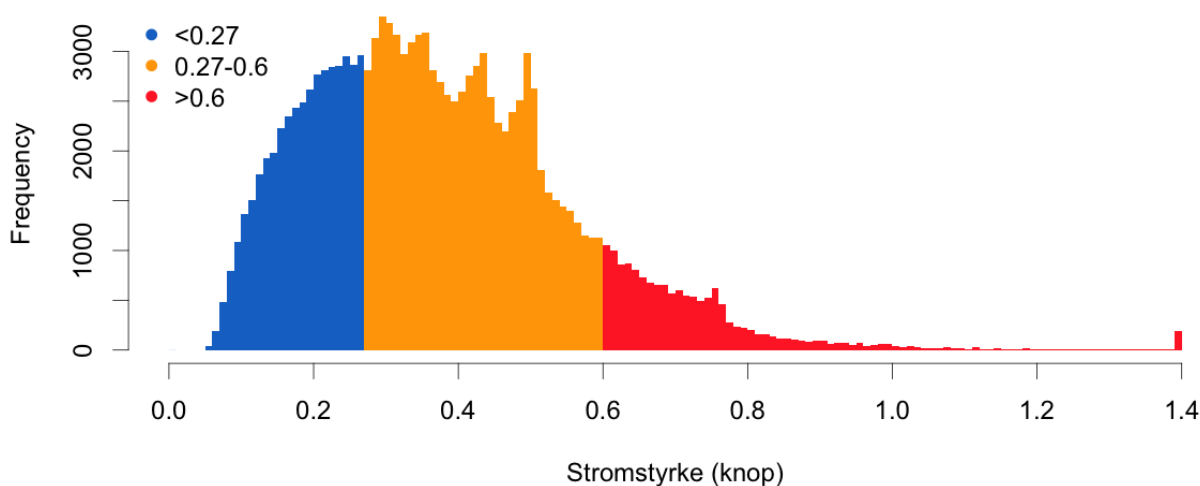
3.2.2 - Strømhastighet

Modellert gjennomsnittlig strømhastighet, bygget på NorKyst800-arkivet med timesverdier for å løse opp tidevannsbevegelse, er vist i Figur 10. I vannforskriftens veileder er strømhastighet delt opp i 3 klasser: >3 knop, 1-3 knop og <1 knop (1 knop er lik ca. 0,5 m/s). Analysen viser at gjennomsnittlig strømhastighet for hele kysten er mellom 0 og 1,5 knop (Figur 11).

NorKyst800 vil ikke kunne fange opp mindre geografiske områder, som f.eks. strømrrike sund, fordi minste geografiske enhet er kvadrater på 800 m x 800 m. Disse må derfor behandles spesielt, eventuelt modelleres med en mer finmasket modell (som fjordmodellen med 160 m oppløsning). Det framkommer riktignok strømrrike områder ytterst i Lofoten, i Troms og i Finnmark (rød farge i Figur 10). Dersom de fastlagte grenseverdiene legges til grunn, vil man hovedsakelig finne kystvann i kategorien <1 knop. Basert på histogrammet (Figur 11) er det foreslått 3 klasser; svak <0,27 knop, moderat 0,27-0,6 knop og sterk >0,6 knop (Figur 11). Dette er relativt svake strømmer og skiller seg fra den ekspertvurderte inndelingen i <1, 1-3 og >3 knop og bør kanskje utredes videre.



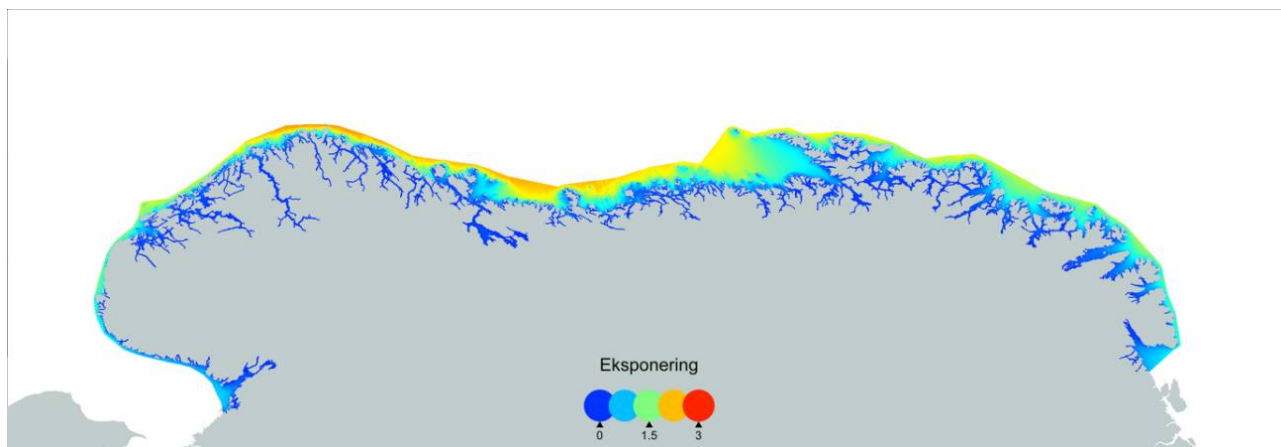
Figur 10 . Gjennomsnittlig strømhastighet (knop) for modellert periode i overflaten.



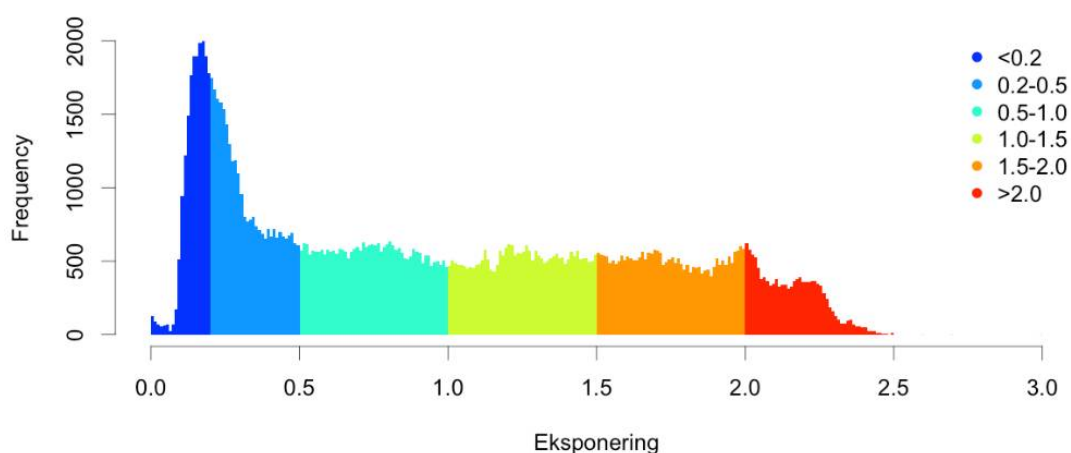
Figur 11. Histogram som viser modellert gjennomsnittlig strømstyrke (knop). Strømstyrke er delt i 3 klasser basert på ekspertvurderte grenseverdier.

3.2.3 - Bølgeeksponering

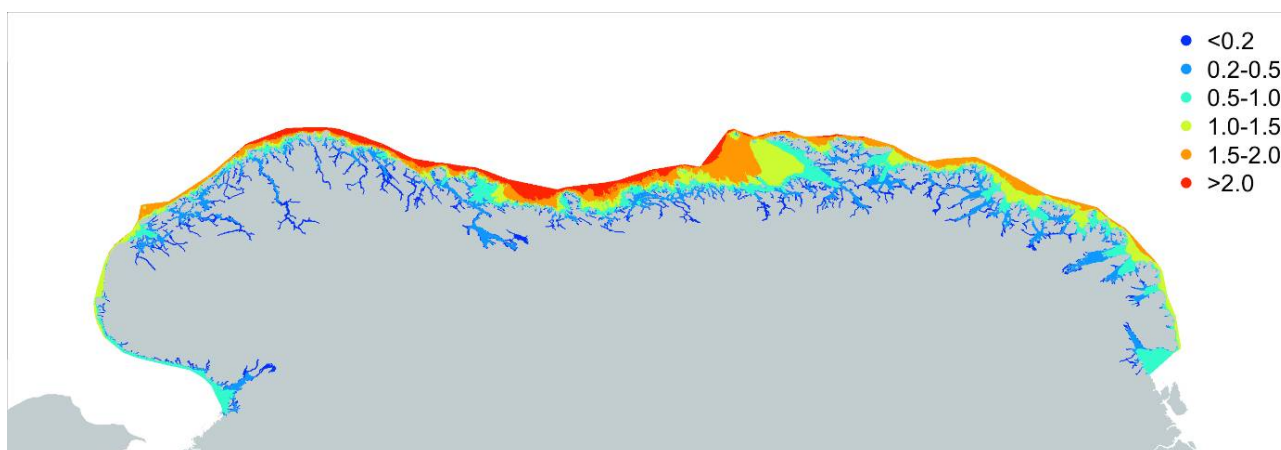
Bølgeeksponering, regnet ut som gjennomsnittlig signifikant bølgehøyde over året 2016, ble modellert med bølgemodellen SWAN og resultatet er vist i Figur 12. Modellen viser tydelig forskjell fra åpen eksponert kyst til beskyttede fjorder. Interessant og utfordrende for vannforvaltning er skille mellom sterkt bølgeeksponert åpent hav og mindre bølgeeksponert inn mot kysten, som kan ha betydning for plankton og makroalger. Basert på histogrammet i Figur 13 , er det foreslått grenseverdier for 6 klasser av eksponering, fra «ekstremt eksponert» med bølgehøyde over 2 m til «svært beskyttet» med bølgehøyde mindre enn 0,2 m. Bølgeeksponering med 6 klasser er vist i Figur 14. Etter denne modellen er det tre bølgeeksponeringsklasser i Skagerrak; moderat beskyttet, beskyttet og svært beskyttet.



Figur 12 . Modellert bølgeeksponering beregnet som gjennomsnittlig signifikant bølgehøyde over året 2016.



Figur 13 . Histogram som viser modellert bølgeeksponering (bølgehøyde). Ekspertvurdert inndeling i 6 klasser.

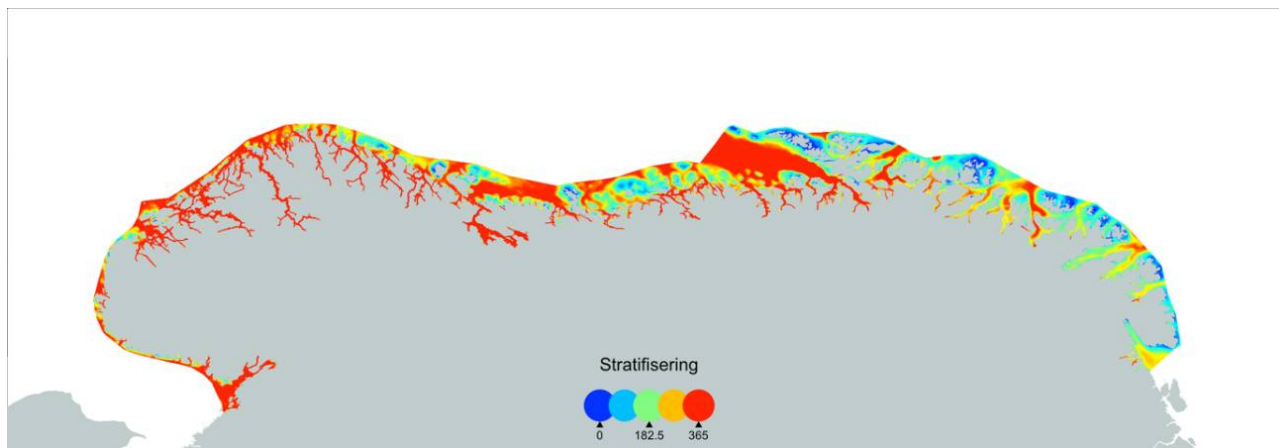


Figur 14 . Modellert bølgeeksponering inndelt i 6 klasser.

3.2.4 - Vertikale sirkulasjonsegenskaper - stratifisering

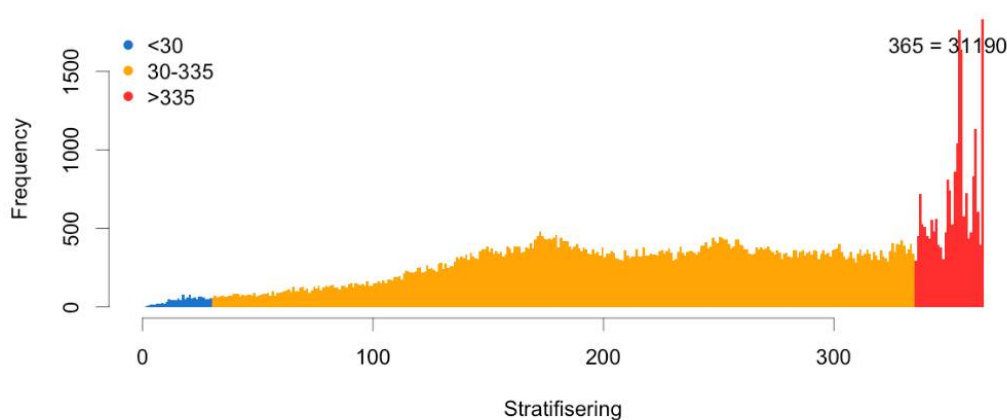
Sirkulasjonsegenskaper eller stratifisering av vannmassene har tre trinn i Veilederen: Permanent fullstendig mikset; Delvis (tidvis) stratifisert; Permanent stratifisert. I modelleringen er stratifisering beregnet som lengste sammenhengende periode (i dager) med en differanse i tetthet mellom overflate og bunnvann på over 0,086 kg/m³ (Leeuwen et al. 2015). Større forskjell i tetthet hindrer sirkulasjon og blanding, slik at vannmassene blir lagdelte. Figur 15 viser grad av stratifisering langs kysten gitt som antall dager (fra 0 til 365) med lagdeling, dvs.

differanse i tetthet $> 0,086$. Det kommer tydelig fram at analysen påvirkes av vanddyb, i det stort vanddyb gir stor tetthetsforskjell mellom dypvannet og overflatevannet enn det en finner i grunne havområder. Den videre utredningen vil utdype konsekvensene av dette for typologien og biologien. Ferskvannstilførsel i fjorder øker tetthetsforskjellen og øker grad av lagdeling (stratifisering).

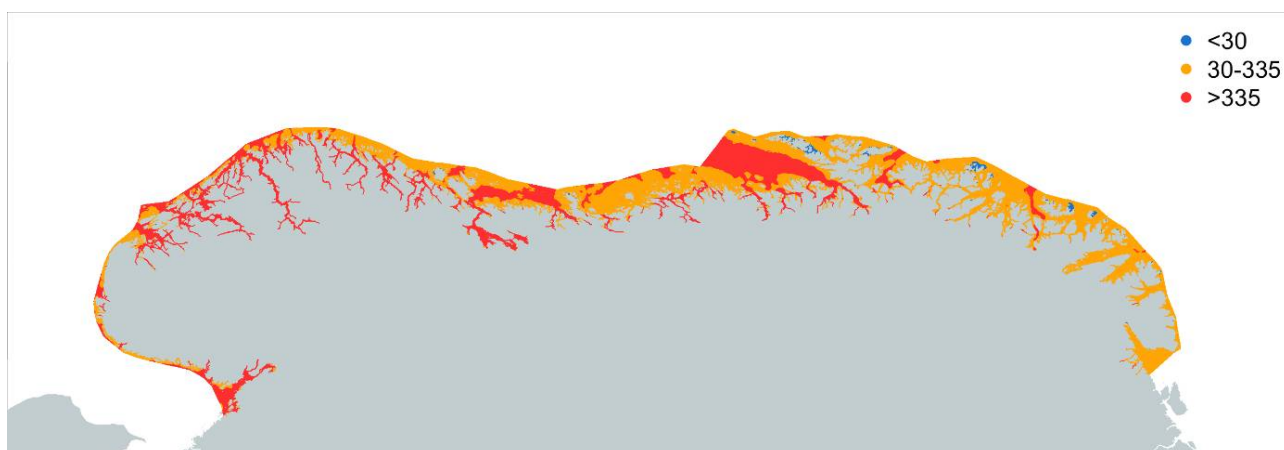


Figur 15 . Stratifisering (lagdeling) basert på forskjell i tetthet mellom bunnvann og overflate. Farger indikerer antall dager med lagdeling.

Figur 16 viser fordelingen av modellert grad av stratifisering (histogram). Det er foreslått 3 klasser hvor stor tetthetsforskjell i mer enn 335 dager gis verdien «permanent lagdelt» og mindre enn 30 dager gis verdien «permanent mikset». Derimellom er klassifisert som «delvis lagdelt». Det er klar overvekt av datapunkter med mer enn 335 dager lagdeling i løpet av året (permanent lagdelt). Basert på disse grensen er stratifisering for hele landet vist i Figur 17. Dataene viser at det er en forskjell mellom de ytre eksponerte områdene og fjordene. Langs med den ytre kysten er det forventet større grad av miksing enn det modellen tilsier. Det henger sammen med at selv små forskjeller i tetthet mellom bunnvann og overflatevann i dype kystområder, som f.eks. Vestfjorden i Nordland, vil i beregningsmodellen (Leeuwen et al. 2015) gi verdier over grenseverdien og predikere stor grad av stabilisering.



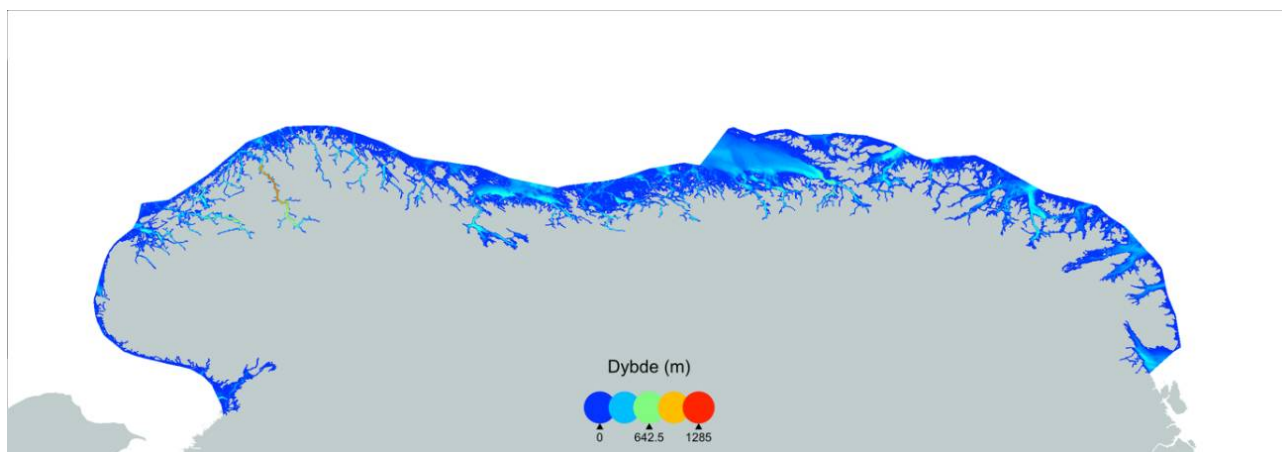
Figur 16 . Histogram som viser antall dager med stratifiserte vannmasser. Merk at verdier over 365 dager er trunkert (frekvens = 31 190 datapunkter).



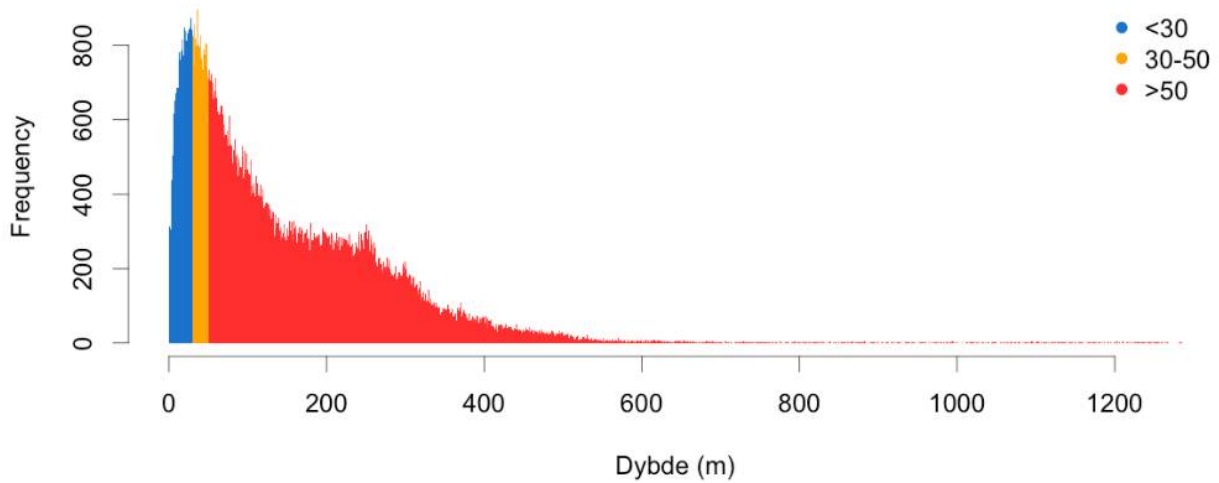
Figur 17 . Stratifisering delt inn i 3 klasser: Permanent mikset = blå, delvis lagdelt = oransje og permanent lagdelt = rød.

3.2.5 - Dybde

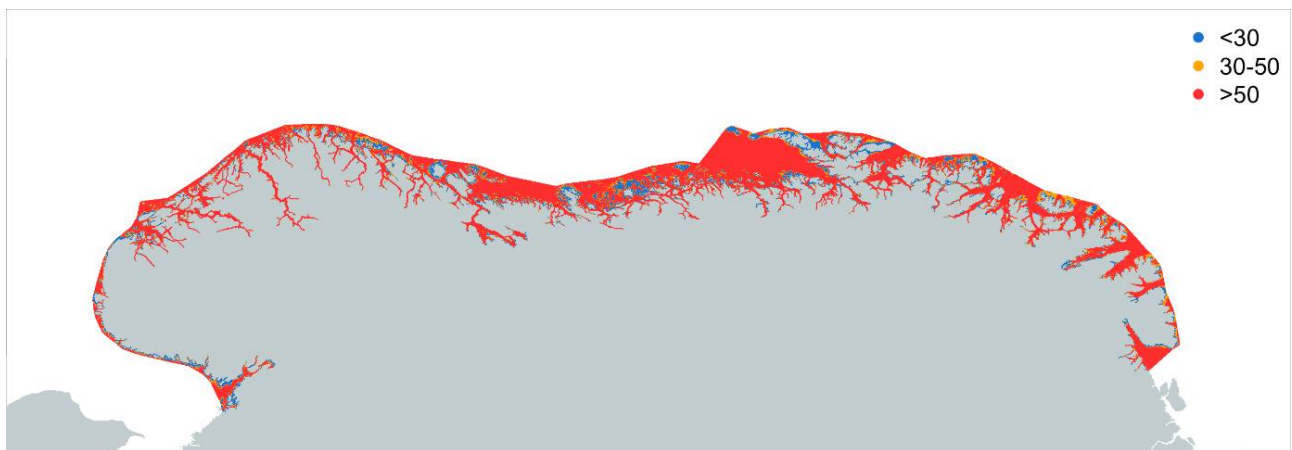
Dybde er angitt som en mulig faktor som kan benyttes. Figur 18 viser dyp hentet fra Kartverkets dybdekart, som også er brukt i modelleringen av strøm og bølger. En frekvensfordeling av alle datapunktene i modellen (histogram) viser et høyt antall modellpunkter grunnere enn 200 m (Figur 19). Dyp er et viktig kriterium i flere europeiske land hvor store elver munner ut i grunne kystområder. I direktivet er det forslått tre dybdeintervall: <30 m, mellom 30 og 50 m, >50 m. Histogrammet (Figur 19) viser fordelingen av de tre klassene for norsk kystvann og Figur 20 viser geografisk utbredelsen av de tre dybdeklasser. Generelt er alt norsk kystvann dypere enn 50 m. Miljøet på grunne områder lar seg sannsynlig beskrive bedre av andre faktorer enn dybde, som for eksempel bølgeeksponering og saltholdighet, med hensyn til de biologiske kvalitetselementene som legges til grunn for vannkvalitet. Dyp er derfor ikke benyttet videre i karakterisering av mulige vanntyper.



Figur 18 Dybde langs kysten



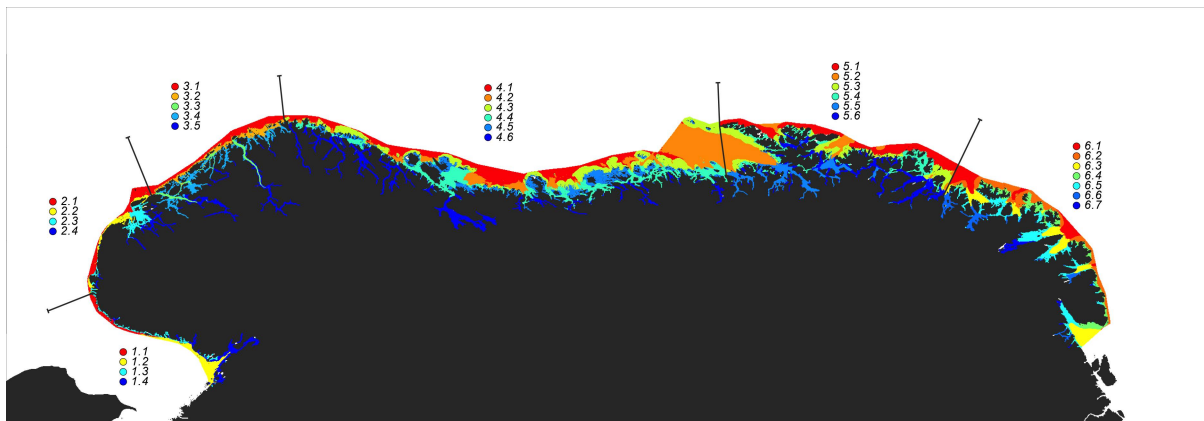
Figur 19 Histogram som viser dybde, fordelt på 3 dybdeklasser gitt i direktivet.



Figur 20. Dybde i henhold til gitte dybdeklasser.

3.3 - Analyse av vanntyper inndelt i økoregioner

En statistisk analyse (metode: K-means) av de modellerte faktorene (med unntak av den valgfrie faktoren "dyp" som vi valgte ikke å bruke) innenfor de 6 obligatoriske økoregioner, resulterte fra 4 vanntyper i økoregion Skagerrak og Rogaland og opp til 7 vanntyper i økoregion Barentshavet. Overordnet resultatet er vist i Figur 21. Som beskrevet i kap. 3.1.3, har modellen utfordringer med å gjengi troverdige verdier for saltholdighet med hensyn til brakkvann (laveste modellerte saltholdighet er 22). Det betyr at forekomster av brakkvann (vanntypen "sterkt ferskvannspåvirket") ikke er med i dette modellerte forslag til vanntyper. Brakkvann er inkludert i den ekspertjusterte vanntypeinndelingen (se kap. 5) hvor utbredelse av brakkvann ble modellert i 0 m dyp med fjordmodellen NorKyst160 med 160 x 160 m oppløsning.



Figur 21. Identifiserte vanntyper basert på K-means analyse av modellerte faktorer i landets 6 økoregioner.

Basert på tilbakemeldinger på resultater som her presenteres, ble det også kjørt K-means analyser for hele landet uten inndeling i obligatoriske økoregioner (kap. 3.4).

Modellerte gjennomsnittsverdier for bølgehøyde, saltholdighet, temperatur (og temperaturdifferanse sommer-vinter), strømstyrke og stratifisering for de regionsvise, identifiserte vanntypene, er vist i Tabell 5. Modellerte vanntyper er gitt et løpenummer uten å gi dem et vanntypenavn. Som det framgår av tabellen, varierer bølgehøyde, som er et mål på bølgeeksponering, fra 0,2 m (svært beskyttet) til 2,1 (sterkt bølgeeksponert) og saltholdighet fra 28,2 til 34,3. Tabellen gir også et mål på størrelsen (km²) til hver vanntype.

Tabell 5. Modellerte gjennomsnittsverdier til faktorene som definerer modellerte vanntyper innen hver økoregion. S = Skagerrak, N = Nordsjøen Sør, M = Nordsjøen Nord, H = Norskehavet Sør, G = Norskehavet Nord, B = Barentshavet, PL = permanent lagdelt, DL = delvis lagdelt. Areal = beregnet modellareal innenfor definert vanntype.

Øko-region	Vann-type	Bølgehøyde (m)	Saltholdighet (psu)	Temperatur (°C)	Temp.-differanse (°C)	Strømstyrke (knop)	Stratifisering (dager)	Areal (km ²)
S	1.1	0.9	32.3	9.0	6.6	0.26	309 DL	580480
	1.2	0.7	30.3	8.7	8.5	0.28	355 PL	1345920
	1.3	0.3	31.1	8.8	7.8	0.13	212 DL	517120
	1.4	0.3	28.2	8.8	8.3	0.14	355 PL	1196160
N	2.1	1.5	33.0	9.3	5.2	0.29	330 DL	1221760
	2.2	1.0	33.0	9.2	5.2	0.22	200 DL	718080
	2.3	0.4	32.0	9.3	5.6	0.16	343 PL	1091840
	2.4	0.2	29.8	9.3	5.7	0.10	353 PL	684800

M	3.1	1.9	33.2	9.3	4.4	0.29	330 DL	1977600
	3.2	0.2	26.5	9.2	5.3	0.11	364 PL	1557760
	3.3	0.4	30.3	9.3	5.1	0.25	363 PL	762240
	3.4	1.1	32.8	9.2	4.6	0.19	317 DL	1302400
	3.5	0.3	31.5	9.3	5.1	0.11	352 PL	2313600
H	4.1	0.7	33.2	8.1	3.8	0.18	312 DL	6417280
	4.2	1.7	33.7	8.3	3.5	0.25	177 DL	6129920
	4.3	0.2	30.6	8.4	4.5	0.12	356 PL	5314560
	4.4	0.6	33.4	8.1	4.0	0.15	158 DL	4658560
	4.5	1.7	33.8	8.2	3.4	0.23	350 PL	8018560
	4.6	2.1	33.8	8.8	3.7	0.31	303 DL	6662400
G	5.1	1.6	34.1	7.2	2.6	0.25	128 DL	4222720
	5.2	0.3	33.2	6.3	3.6	0.11	237 DL	3471360
	5.3	0.3	32.8	7.0	3.6	0.12	344 PL	2862080
	5.4	0.9	33.8	7.2	3.0	0.16	203 DL	3344640
	5.5	1.2	33.8	7.5	3.2	0.19	347 PL	4133120
	5.6	0.4	33.8	6.7	3.5	0.16	100 DL	2625280
B	6.1	0.7	34.2	6.0	2.6	0.16	95 DL	1821440
	6.2	0.3	32.8	5.8	3.3	0.11	270 DL	1294720
	6.3	0.3	33.3	3.8	5.4	0.09	181 DL	529280
	6.4	1.3	34.2	6.4	2.2	0.25	126 DL	2972160
	6.5	1.5	34.3	6.7	2.2	0.26	281 DL	2033280
	6.6	0.8	34.0	6.2	2.7	0.15	246 DL	3045760
	6.7	0.4	33.8	5.8	3.1	0.11	177 DL	3290240

I det følgende gis en nærmere beskrivelse av hver økoregion og hvordan faktorene bidrar til å definere unike vanntyper. Merk at fargeskala som er brukt til å illustrere de ulike vanntyper, kan variere mellom økoregionene og skille seg fra fargeskala vist i Figur 21 (en teknisk glipp).

3.3.1 - Økoregion Skagerrak (S)

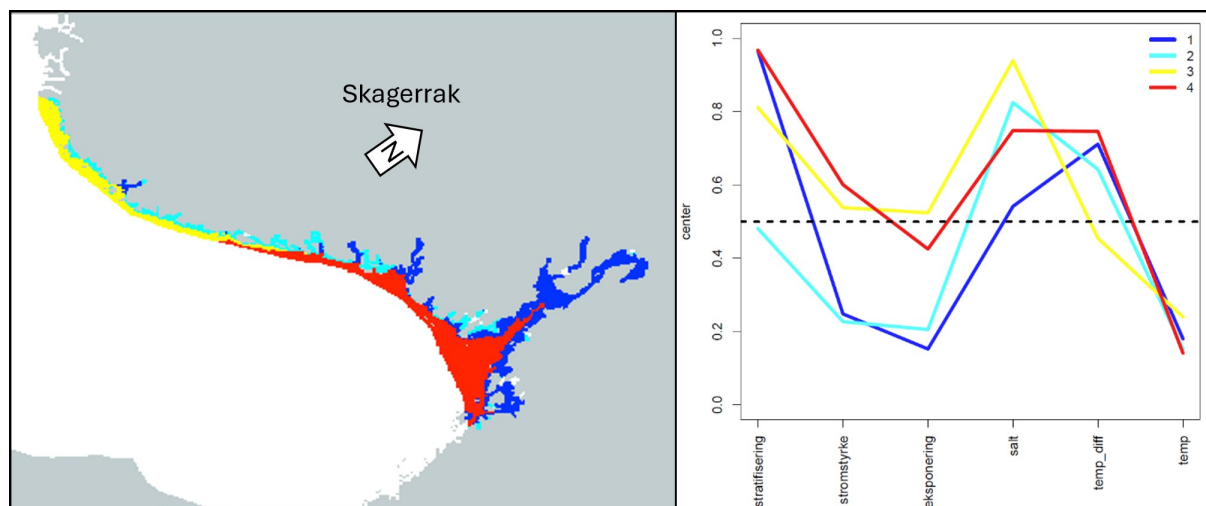
Den statistiske analysen av modellerte fysiske faktorer indikerer 4 vanntyper i økoregion Skagerrak (Tabell 5). Geografisk utstrekning av de modellberegnete vanntypene i Skagerrak, er vist i Figur 22. Økoregion Skagerrak har liten tidevannsforskjellen (mikrotidevann) og denne obligatoriske faktoren er ikke med i analysen. Faktorene som har størst betydning for karakterisering av de fire vanntypene er stratifisering, strømstyrke og bølgeeksponering, samt saltholdighet (K-means analyse, Figur 22). Det er liten forskjell i gjennomsnittlig vanntemperatur, men en av vanntypene (1.3) har relativt mindre temperaturforskjell mellom sommer og vinter.

1.1 (mørk blå). Vanntypen er karakterisert ved høy stratifisering, lav strømstyrke, lav bølgeeksponering og lav saltholdighet. Vanntypen er vanlig i fjorder i regionen.

1.2 (lys blå). Vanntypen er karakterisert ved lav strømstyrke, lav bølgeeksponering og relativt mindre stratifisert (færre dager) sammenliknet med de tre andre. Vanntypen er vanlig i skjærgård og fjorder i regionen.

1.3 (gul). Vanntypen er karakterisert ved høy stratifisering, høy strømstyrke, høy bølgeeksponering og høy saltholdighet. Vanntypen er vanlig på ytre del av vestlige områder i regionen.

1.4. (rød). Vanntypen er karakterisert ved høy stratifisering, høy strømstyrke og høy bølgeeksponering, men har lavere saltholdighet enn 1.2 og 1.3. Vanntypen er vanlig i ytre vannmasser i østre deler av regionen og i midtre deler av Ytre Oslofjord.



Figur 22. Vanntyper i økoregion Skagerrak fra statistisk analyse av modellerte faktorer. Fargene indikerer vanntype 1.1 (mørk blå), 1.2 (lys blå), 1.3 (gul) og 1.4 (rød). Panel til høyre viser resultat av K-means analysen.

Modellerte vanntyper i regionen identifiserer en bølgeeksponert, salt (euhalin) og strømsterk vanntype på åpen eksponert kyst vest i regionen (Lindesnes – Arendal, gul farge) og tilsvarende en vanntype øst i regionen (rød farge) med sterk strømstyrke, stor forskjell mellom sommer og vintertemperatur, men lavere saltholdighet og bølgeeksponering. Strømstyrken reflekterer den sterke kyststrømmen i regionen og bølgehøyde generelt avtakende bølgeeksponering fra vest til øst i Skagerrak. I Arendal-Grimstad-området «overlapper» de to vanntypene og dette stemmer bra med miljødata fra Kystovervåkingsprogrammet (i dag Økokyst) og tidligere ekspertvurderte vannmasser hvor overvåkingsstasjoner fra «gul-rød» kystlinje ble valgt til å fastsette referanseverdi for makroalger og ble interkalibrert med Sverige.

Resultatet viser også at vannmassene i midtre deler av Ytre Oslofjord (rød farge) er forskjellig fra vannmasser nærmere land (blå farge). Dette introduserer en ny og alternativ vanntype inndeling sammenliknet med dagens inndeling etter Fjordkatalogen.

Kyst og fjordtypene 1.1 (mørkeblå) og 1.2 (lys blå) har lav bølgeeksponering (beskyttet), liten strømstyrke og høy forskjell mellom sommer og vintertemperatur. Det som skiller disse to vanntypene er forskjell i stratifisering (blå: 355 dager = Permanent stratifisert; lys blå: 212 dager = Delvis stratifisert) og saltholdighet (hhv. 28 mot 31). Vanntype 1.1 (mørkeblå) er bølgebeskyttet, «ferskvannpåvirket» kyst/fjord med gjennomsnittlig saltholdighet < 30 og utgjøres av fjorder med elvetilførsler som Kristiansandsfjorden, Risør, Kragerø, Grenland, Larvik og Oslofjorden med Drammensfjorden. Vanntype 1.2 med høyere saltholdighet, er bølgebeskyttede fjord- og kystområder med lite ferskvannstilførsel.

Vannovervåking viser at Frierfjorden i Grenland og utløpet av Drammenselva og Glomma har sterkt ferskvannspåvirkede vannmasser. Dette blir kamuflert i analysen basert på 0-10 m dyp og modellen med 800 x 800 m oppløsning. Overvåkingsdata fra Grenland viser at saltholdighet varierer mellom 1 og 25 i 5 m dyp og mellom 17 og 32 på 10 m dyp. Følgelig ble det nødvendig å kjøre en modellberegning av saltholdighet i

overflaten (0 m dyp).

Modellresultatet viser også at stratifisering (lagdeling) av vannmassene har stor betydning for resultatet, men det kan diskuteres om den modellerte variabelen er faktor med stor betydning for de biologiske kvalitetsindeksene som legges til grunn for vannkvalitet.

3.3.2 - Økoregion Nordsjøen Sør (N)

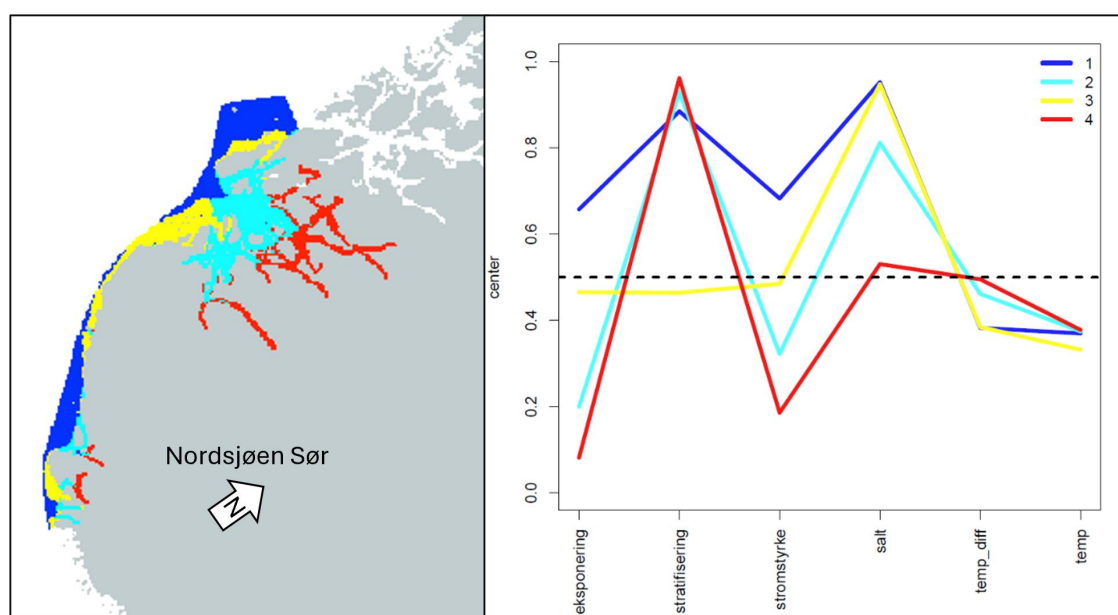
Den statistiske analysen av modellerte faktorer indikerer 4 vanntyper i økoregion Nordsjøen Sør (Tabell 5). Geografisk utstrekning av vanntypene er vist i Figur 23 og K-means analysen (panel til høyre) viser at bølgeeksponering, stratifisering, strømstyrke og saltholdighet er de viktigste karakteriserende faktorer som skiller de 4 vanntypene.

2.1 (mørk blå). Vanntypen er karakterisert ved høy bølgeeksponering, høy strømhastighet og høy gjennomsnittlig saltholdighet. Vanntypen er dominerende på åpen eksponert kyst/hav hvor Kyststrømmen er tydelig. Vanntypen når sjelden helt inn til fjæresteinene

2.2 (lys blå). Vanntypen karakterisert ved lav bølgeeksponering, sterk stratifisering, lite strøm og middels saltholdighet. Vanntypen er vanlig i moderat beskyttede fjorder og skjærgårdsområder.

2.3 (gul). Vanntypen er karakterisert med høy bølgeeksponering, høy saltholdighet, men lav stratifisering og moderat strømhastighet. Vanntypen er vanlig på åpen eksponert kyst i regionen.

2.4 (rød). Vanntypen er karakterisert ved lav bølgeeksponering, lav saltholdighet (< 30) og høy stratifisering. Vanntypen er vanlig i indre fjordområder i regionen.



Figur 23. Vanntyper i økoregion Nordsjøen Sør fra statistisk analyse av modellerte faktorer. Fargene indikerer vanntype 2.1 (mørkeblå), 2.2 (lys blå), 2.3 (gul) og 2.4 (rød). Panel til høyre viser resultat av K-means analysen. (Merk at fargekoding er forskjellig fra Skagerrak.)

Basert på den statistiske analysen er vanntype 2.4 identifisert som ferskvannspåvirket. Dagens typologi inkluderer også «sterkt ferskvannspåvirkede» vannmasser med saltholdighet lavere enn 18. Som tidligere omtalt justeres dette i endelig forslag til ny typologi.

Modellresultatet gir en forvaltningsmessig utfordring i forhold til dagen vanntypeinndeling ved at det er

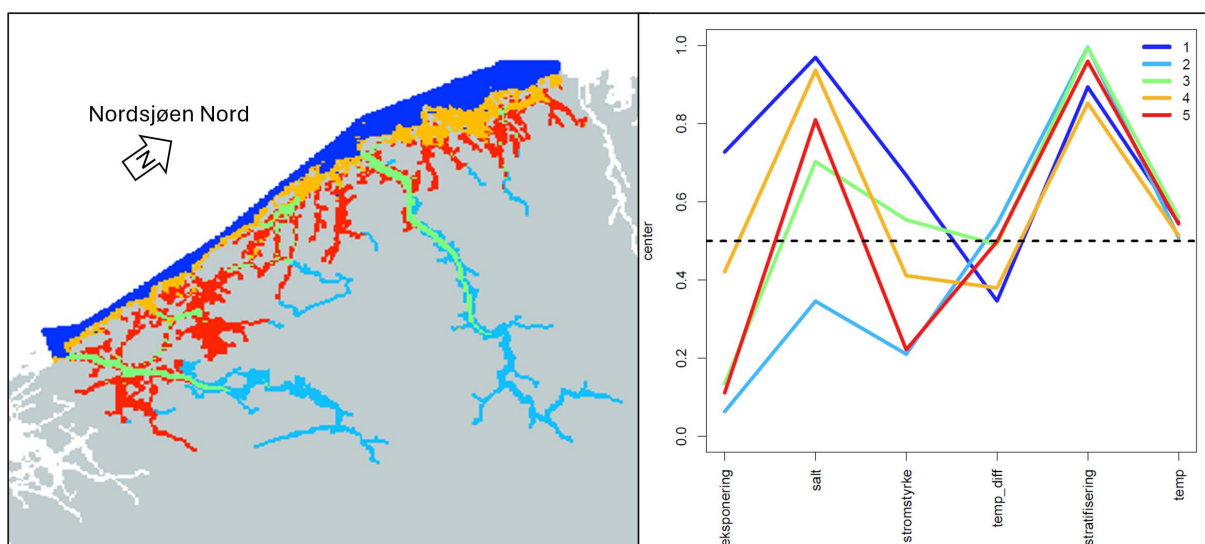
identifisert ulike vanntyper på åpent hav og på kyst (blått og gult, Figur 23). Bølgeeksponering og strømstyrke er høyere i havvannmassen vanntype 2.1 (mørkeblå) enn i kystvanntype 2.3 (gul).

Merk at modellen har delt Nordsjøen ved fylkesgrense mellom Rogaland og Hordaland. Etter vannforskriften skal grensen gå ved Marstein fyr i Hordaland, slik at Hardangerfjorden er en del av Nordsjøen Sør.

3.3.3 - Økoregion Nordsjøen Nord (M)

Økoregion Nordsjøen Nord tilhører gruppen av nordlige økoregioner med tidevann større enn 1m. Vannforskriften har definert grensen, som omtalt over, ved Marstein fyr i Vestland fylke. Siden grensen i vår modell ble satt ved fylkesgrensen mot Rogaland, presenteres modellerte vanntyper i Hardangerfjorden i dette avsnittet, men Hardangerfjorden tilhører altså Nordsjøen Sør i Vannforskriften.

Den statistiske analysen av modellerte faktorer indikere 5 vanntyper i økoregion Nordsjøen Nord. Geografisk utstrekning er vist i Figur 24. K-means analysen (høyre panel) viser at bølgeeksponering, saltholdighet og strømstyrke er de viktigste karakteriserende faktorer, mens det er små forskjeller i modellert temperatur og stratifisering.



Figur 24. Vanntyper i økoregion Nordsjøen Nord fra statistisk analyse av modellerte faktorer. Fargene indikerer 5 vanntyper: 3.1 (mørkeblå), 3.2 (lys blå), 3.3 (grønn), 3.4 (oransje) og 3.5 (rød). Merk at skillet mellom Nordsjøen Sør og Nord i vannforskriften er satt ved Marstein fyr, slik at Hardangerfjorden tilhører Nordsjøen Sør. Høyre panel viser resultat av K-means analysen.

De modellerte vanntypene er:

3.1 (mørkeblå). Vanntypen er karakterisert ved høy bølgeeksponering og høy saltholdighet. Vanntypen dominerer ytre åpen kyst/hav og når sjelden inn til fjæresteinene. De fysiske egenskaper vil først og fremst ha betydning for biologien i åpne vannmasser, dvs. planteplankton og makroalger på sterkt eksponerte holmer og skjær.

3.2 (lys blå). Vanntypen er karakterisert ved lav bølgeeksponering, lav saltholdighet og lav strømstyrke. Vanntypen er vanlig i alle indre, beskyttede, ferskvannspåvirkede fjordavsnitt.

3.3 (grønn). Vanntypen er karakterisert ved lav bølgeeksponering, relativt høy saltholdighet (euhalin) og høy strømstyrke. Vanntypen er påvist i ytre og sentrale deler av de store fjordene som Sognefjorden og Hardangerfjorden, samt i noen mindre kystområder. Vanntypen skiller vannmassene «midtfjords» fra vannmasser langs med land i de store fjordene. Det kan være utfordrende i praktisk vannforvaltning.

3.4 (oransje). Vanntypen er karakterisert ved høy (nest høyest) bølgeeksponering, høy saltholdighet og middels høy strømstyrke. Vanntypen er vanlig på hele åpen, eksponert kyst i regionen.

3.5 (rød). Vanntypen er karakterisert ved høy saltholdighet, lav bølgeeksponering og lav strømstyrke. Vanntypen er vanlig i skjærgård og ytre deler av fjordsystemer.

Alle modellerte vanntyper utenom 3.2 (lys blå) har gjennomsnittlig saltholdighet (0-10m dyp) høyere enn 30 (euhalin). Fra vannovervåking vet vi at det er fjordavsnitt som er «sterkt ferskvannspåvirket» i regionen og som tidligere omtalt er gjort en egen analyse på mht. dette som inngår i endelig forslag til nye vanntype.

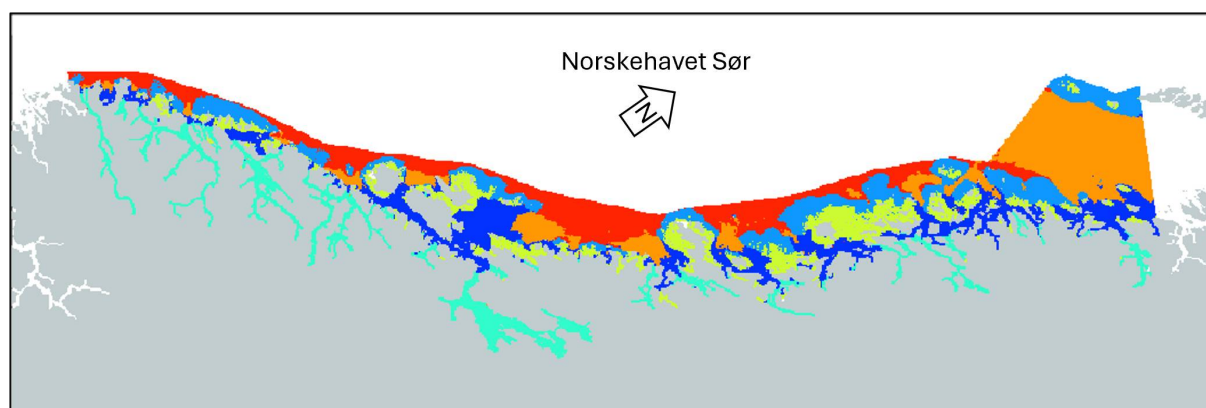
Vanntype 3.1 og 3.4 skilles i stor grad på eksponeringsgrad, hvor 3.1 er havvann i lite kontakt med land. Vanntypen vil først og fremst ha betydning for pelagiske systemer som i stor grad også er i kontakt med utenforliggende havområder. For planteplankton (den pelagiske, biologiske parameteren) vil eksponering ha betydning for omrøring i de øvre vannmasser, men vil mest sannsynlig skille seg lite fra vanntype 3.4. Sannsynlig vil disse to vanntyper kunne slås sammen i praktisk vannforvaltningssammenheng.

Det kanskje mest forvaltningsmessig utfordrende med denne modellerte vanntypeinndelingen sammenliknet med dagens vanntypeinndeling, er å håndtere ulike vannmasser langs midtlinjen og langs sidene i en fjord (grønn (3.3) og lys blå (3.2) vanntype i Figur 24). Det som skiller disse to vanntypene er først og fremst høyere saltholdighet og strømstyrke midtfjords (grønn) enn langs sidene av fjorden (lys blå). Det får konsekvenser for overvåking i det vannprøver som tradisjonelt samles inn fra stasjoner som ligger midtfjords, representerer en annen vanntype enn der makroalger og angiospermer lever (til dels også bløtbunnsfauna).

3.3.4 - Økoregion Norskehavet Sør (H)

Den statistiske analysen av modellerte fysiske parametere indikere 6 vanntyper i økoregion Norskehavet Sør. Geografisk utstrekning er vist i Figur 25. (Merk at farger på vanntyper er forskjellig fra overstående figurer). Modellens grense mellom Norskehavet Sør og Nord er satt lenger mot nord enn den er definert i vannforskriften. Dette er kun en teknisk unøyaktighet i modellen som ikke påvirker modellering av vanntyper i regionen.

Faktorene som i sterkest grad karakteriserer vanntypene i region Norskehavet Sør er bølgeeksponering, stratifisering og noen grad saltholdighet (Figur 26, venstre panel). Alle vanntypene har modellert saltholdighet over 30 (euhalin). Det er kjent at fjorder med stor ferskvannstilførsel har lavere saltholdighet (polyhalin og mesohalin), og det er tatt høyde for dette i endelig forslag til ny vanntypeinndeling.



Figur 25. Vanntyper i økoregion Norskehavet Sør fra statistisk analyse av modellerte faktorer. Fargene indikerer 6 identifiserte vanntype: 4.1 (mørkeblå), 4.2 (blå), 4.3 (grønn), 4.4 (gul), 4.5 (oransje) og 4.6 (rød). Merk at fargeskala er forskjellig fra overstående figurer.

4.1 (mørk blå). Vanntypen har lav bølgeeksponering og stratifisering (delvis lagdelt). Vanntypen er vanlig på indre kyst.

4.2 (blå). Vanntypen har høy bølgeeksponering og lav stratifisering (delvis til lite lagdelt). Vanntypen er vanlig på åpen eksponert kyst.

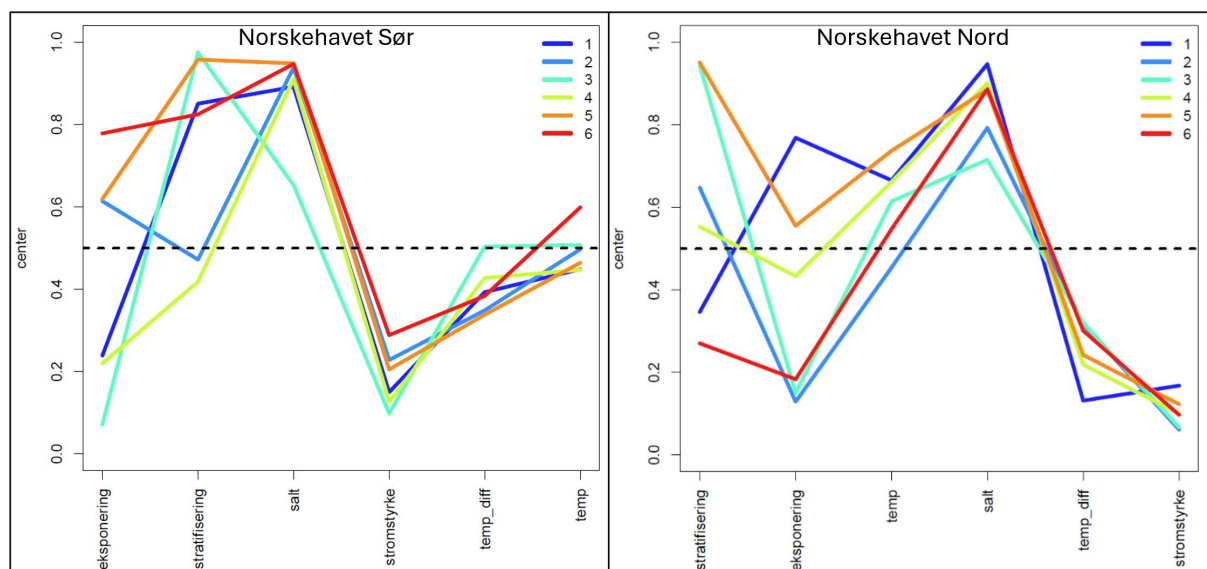
4.3 (grønn). Vanntypen har lav bølgeeksponering (lavest i regionen) og lav saltholdighet (30,6, lavest i regionen, jfr. Tabell 5). Vanntypen er permanent lagdelt og er vanlig i alle fjordene i regionen. Mange av disse fjordene er i dag klassifisert som «ferskvannspåvirket».

4.4 (gul). Vanntypen er karakterisert ved lav bølgeeksponering, svak stratifisering og høy saltholdighet. Vanntypen er vanlig i kyst og skjærgårdsområder.

4.5 (oransje). Vanntypen er karakterisert ved høy bølgeeksponering, høy saltholdighet og svak stratifisering. Vanntypen er vanlig på åpen, ytre kyst.

4.6 (rød). Vanntypen har høyeste bølgeeksponering i regionen og er vanlig på åpent hav langs kysten med unntak av Vestfjorden (type 4.5) som ligger beskyttet av Lofoten mot bølger fra nord.

Basert på modelleringen er dette en kompleks økoregion, mest sannsynlig forårsaket av de forholdsvise komplekse topografiske forholdene i området, med vekslinger mellom grunne områder omsluttet av dypere områder. Vanntype 4.4 og 4.2 er karakterisert ved lav stratifisering og har stor utbredelse i grunne områder, spesielt på Helgelandskysten.



Figur 26. Resultat av K-means analyse av modellerte faktorer i region Norskehavet Sør (venstre panel) og Norskehavet Nord (høyre panel).

3.3.5 - Økoregion Norskehavet Nord (G)

Den statistiske analysen av modellerte faktorer indikere 6 vanntyper i økoregion Norskehavet Nord. Geografisk utstrekning er vist i Figur 27. Merk at fager og nummering av vanntyper er forskjellig fra øvrige. K-means-analysene viser at stratifisering, bølgeeksponering og temperatur er de viktigste faktorene som skiller de 6 vanntypene i økoregion Norskehavet Nord (Figur 26, høyre panel).

5.1 (mørkeblå) Vanntypen er karakterisert ved høy bølgeeksponering og svak stratifisering. Vanntypen er vanlig på åpen eksponert kyst og hav.

5.2 (*blå*) Vanntypen har lav bølgeeksponering, middels sterk stratifisering (delvis lagdelt) og lav temperatur. Vanntypen er vanlig, spesielt i fjordene nord for Senja.

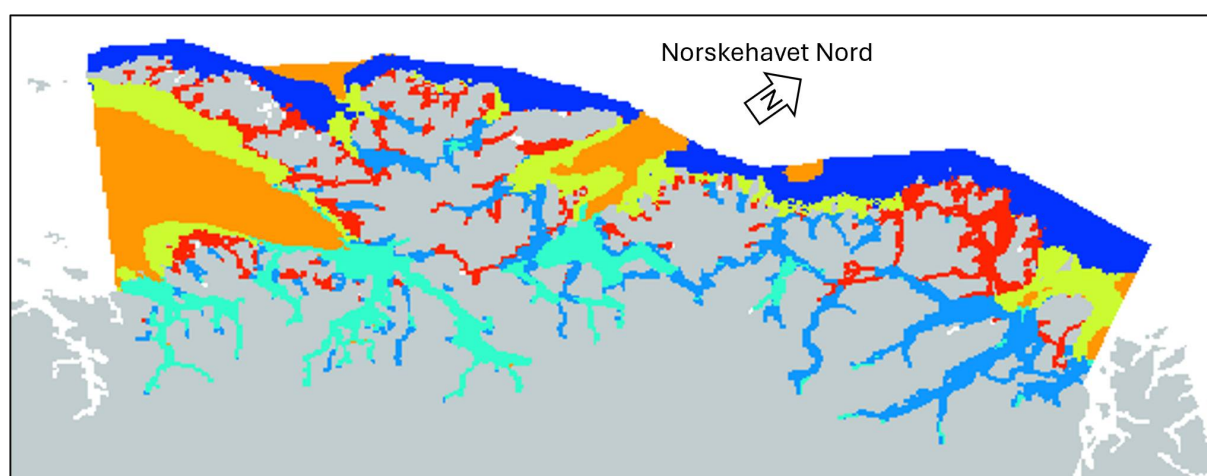
5.3 (*grønn*) Vanntypen har lav bølgeeksponering, sterk stratifisering (permanent lagdelt) og middels temperaturregime. Vanntypen er vanlig, spesielt i fjordene sør for Senja.

5.4 (*gul*) Vanntyper har høy bølgeeksponering, middels sterk stratifisering (delvis lagdelt), høy gjennomsnittlig vanntemperatur og høy saltholdighet. Vanntyper er vanlig på ytre kyst og skjærgård.

5.5 (*oransje*) Vanntypen har høy bølgeeksponering (rang 2), sterk stratifisering (rang 1) og høy gjennomsnittlig vanntemperatur (rang 1). Vanntypen finnes stedvis på ytre, åpen kyst.

5.6 (*rød*) Vanntypen er først og fremst karakterisert ved svak stratifisering og er vanlig i skjærgård og fjorder i hele regionen.

Sterk effekt av stratifisering i modellresultatet er utfordrende å forklare med hensyn til økologisk betydning for de biologiske kvalitetsindeksene, og det kan være denne faktoren kompliserer inndelingen i vanntyper i regionen.



Figur 27. Vanntyper i økoregion Norskehavet Nord definert på grunnlag av statistisk analyse av modelldata. Fargene indikerer vanntype 5.1 (mørkeblå), 5.2 (blå), 5.3 (grønn), 5.4 (gul), 5.5 (oransje) og 5.6 (rød).

3.3.6 - Økoregion Barentshavet (B)

Den statistiske analysen av modellerte faktorer indikerer 7 vanntyper i økoregion Barentshavet. Geografisk utstrekning samt resultat av K-means analysen er vist i Figur 28. Bølgeeksponering, temperatur og stratifisering er de viktigste faktorene som skiller de modellerte vanntypene i regionen. En vanntype (6.3) er spesielt karakterisert ved stor forskjell mellom gjennomsnittlig sommer- og vintertemperatur.

6.1 (*mørk blå*) Vanntypen er karakterisert ved relativt middels sterk bølgeeksponering, høy temperatur og meget svak stratifisering. Vanntypen er vanlig på hele ytre kyst i region Barentshavet.

6.2 (*blå*) Vanntypen har lav bølgeeksponering, moderat temperatur og sterk stratifisering. Vanntypen er vanlig i fjorder spesielt i sør-østlige del av regionen.

6.3 (*lys blå*) Vanntypen er først og fremst karakterisert ved svært lav gjennomsnittlig vanntemperatur og høy differanse mellom sommer og vintertemperatur, samt lav bølgeeksponering. Vanntypen er identifisert i indre del av enkelte fjorder, som Porsangerfjorden.

6.4 (*grønn*) Vanntypen har høy (nest høyeste) bølgeeksponering, høy gjennomsnittlig vanntemperatur og svak

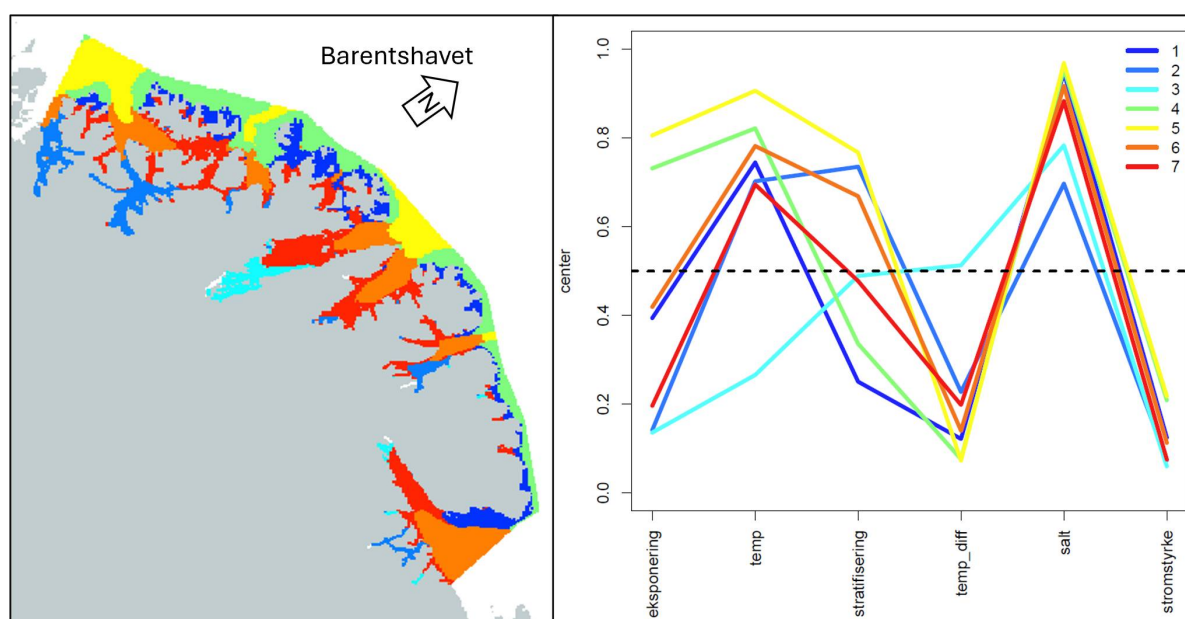
stratifisering. Vanntypen er vanlig på ytre kyst/hav og strekker seg sjelden helt inn til kysten.

6.5 (gul) Vanntypen er karakterisert ved sterk bølgeeksponering, høy vanntemperatur og svak stratifisering. Vanntypen er identifisert som en tunge av havvann inn mot store fjordmunninger i regionen. Vanntypen treffer ikke kysten, men påvirker plankton i åpent farvann.

6.6 (oransje) Vanntypen er karakterisert ved moderat bølgeeksponering, høy stratifisering og relativt høy vanntemperatur. Vanntypen er vanlig i ytre deler av fjorder i regionen.

6.7 (rød) Vanntypen er karakterisert ved lav bølgeeksponering og er vanlig i midtre og indre fjordavsnitt i regionen.

Vanntype 6.4 og 6.5 (grønn og gul i Figur 28) skilles først og fremst på stratifisering og kan, for å forenkle inndelingen, slås sammen til en vanntype på åpen bølgeeksponert kyst.

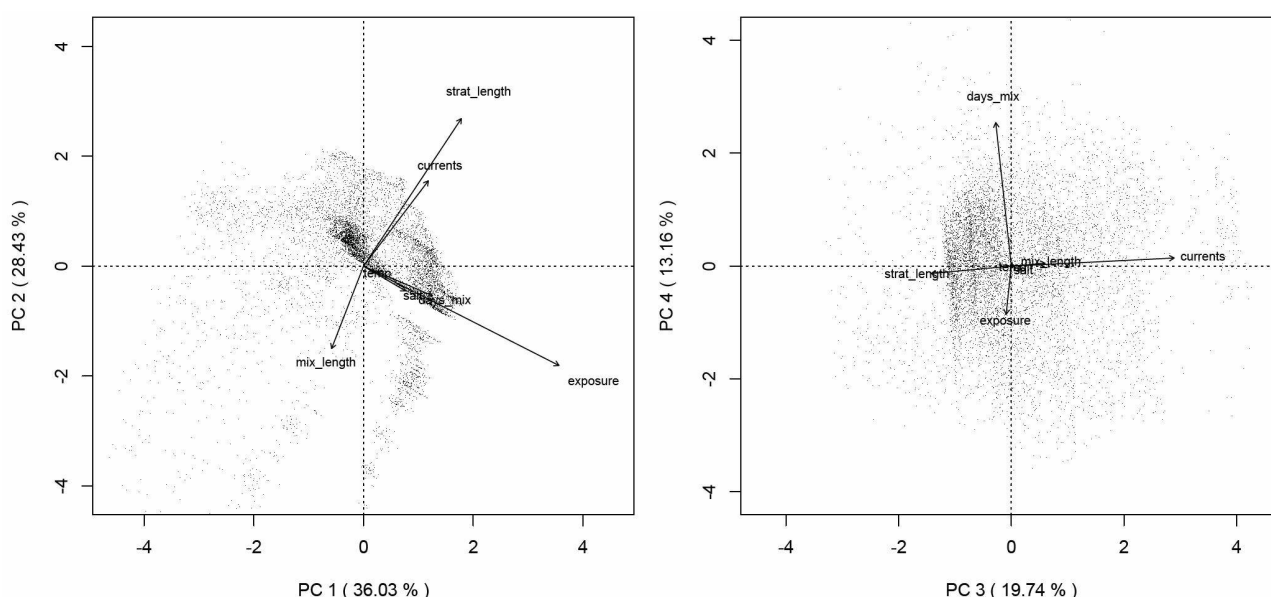


Figur 28. Vanntyper i økoregion Barentshavet definert på grunnlag av statistisk analyse av modellerte faktorer. Fargene indikerer vanntypene: 6.1 (mørk blå), 6.2 (blå), 6.3 (lys blå), 6.4 (grønn), 6.5 (gul), 6.6 (oransje) og 6.7 (rød). Resultat av K-means-analysen er vist i høyre panel.

3.4 - Analyse av vanntyper uten inndeling i økoregioner

Basert på tilbakemeldinger på den økoregionsvise analysen av vanntyper (kap. 3.3) og det samtidig pågående arbeidet med inndeling av vannmasser etter NiN-systemet (se kap. 4.1), ble det bestemt i arbeidsgruppen at vanntyper også skulle utredes på en nasjonal, landsdekkende skala uten kategoriske økoregioner. Faktoren økoregion skaper "kunstige" skiller i analysen og kamuflerer like vanntyper over økoregiongrenser. Det var en målsetning å finne et optimalt antall vanntyper som ei heller økte antall vanntyper vesentlig sammenliknet med dagens typologi.

Vanntypemodellen består av 137 683 datapunkter (celler) med verdier for bølgeeksponering, salt, temperatur, havstrøm, stratifisering (beregnet på 3 måter). For å utforske datasettet litt nærmere ble det gjort en ordinasjonsanalyse (PCA - Principal component analysis) på hele datamaterialet (Figur 29).



Figur 29. Ordinasjonsplott fra PCA-analyse av modellerte faktorer. Venstre og høyre panel viser faktorenes betydning projisert i et to-dimensjonalt plan, henholdsvis langs akse PC1 og 2 og akse PC 3 og 4.

Resultatet av PCA-analysen viser at bølgeeksponeringen (exposure) og stratifisering (strat_length, lengste sammenhengende periode med permanent lagdelt) er de to sterkeste faktorene (Figur 29, venstre panel). Dernest er det havstrøm (currents) og stratifisering beregnet som antall dager fullstendig mikset (days-mix) som har stor betydning for resultatet (Figur 29, høyre panel). I en PCA-analyse fanger aksene PC1 og PC2 opp den største variasjonene i datamaterialet (hhv. 36 og 28%) projisert ned i et to-dimensjonalt plan. Aksene PC3 og PC4 står i et perpendikulært plan på akse PC1 og PC2 og fanger opp hhv. 20 og 13% av variasjonen i datamaterialet. Figur 29 viser også at flere av faktorene drar i samme retning, f.eks. salt, temperatur (temp) og miksing (days_mix) peker i samme retning som bølgeeksponering, mens havstrøm (currents) og bølgeeksponering har liten sammenheng (peker 90° på hverandre). Det er lite utslag for salt og temperatur i PCA-analysen og disse to faktorer, som er ansett som biologiske viktige, forklarer lite av variasjonen mellom de modellerte vanntypene.

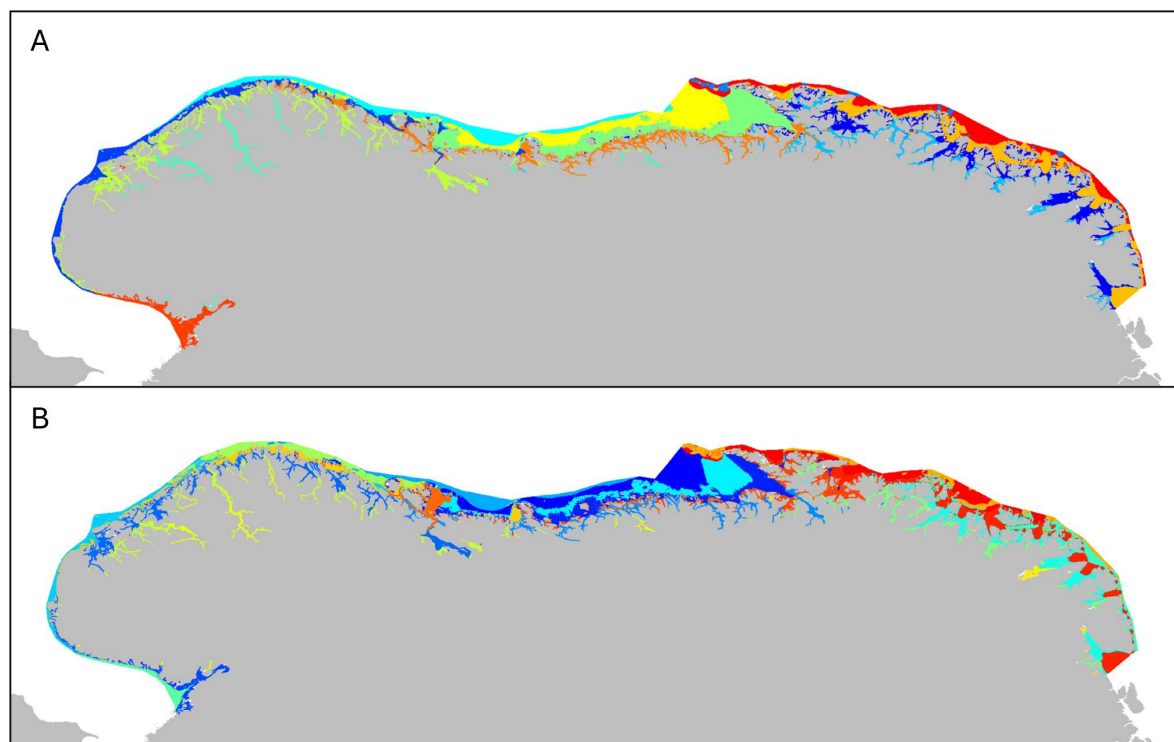
Det er generelt en utfordring å vekte faktorer "riktig" i en analyse slik at de representerer samme "betydning" som vår oppfatning av faktorenes betydning. Det er også en utfordring i en balansert analyse at geografisk små økoregioner som Skagerrak og Nordsjøen Sør er representert med få datapunkter (hhv. 5687 og 5807), mens Norskehavet Sør er representert med 58.127 datapunkter (42% av datamaterialet).

I den landsdekkende analysen uten inndeling i økoregioner, ble følgende modellerte faktorer ble brukt: Temperatur (gjennomsnittlig vanntemperatur i 0-10 m dyp), Temperaturdifferanse mellom vinter og sommersesong (0-10 m dyp), Saltholdighet (gjennomsnitt 0-10 m dyp), Eksponering (bølgehøyde i m), Strømstyrke (knop) og Stratifisering (dager over grenseverdi). Stratifisering (jfr. kap. 3.2.4) ble beregnet på nytt basert på gjennomsnittlig antall dager per år over grenseverdi for sannsynlig miksing, i stedet for lengste sammenhengende periode over grenseverdi pr år. Faktoren Saltholdighet vil ei heller kunne identifisere brakkvann (salt < 18, se kap 3.1.2), slik at den vanntypen ligger utenfor denne analysen. Men brakkvann er inkludert i det ekspertjusterte forslaget til vanntyper (kap. 4). Variabelen dybde (kap. 3.2.5) ble ikke brukt.

I denne analysen ble data normaliserte med gjennomsnitt og standardavvik for variablene i stedet for min og maks som i den første analysen. Dette gir en bedre balanse mellom variablene, men de får ikke verdier mellom 0 og 1, som i den første analysen. For å finne det best mulige antall grupper (K , i K-means analyse) som kan representere vanntyper, ble det kjørt 11 analyser med K fra 13 til 23 (fra 13 til 23 vanntyper).

Resultatene viste at det var nødvendig med et høyt antall grupper (kanskje mer en 23) for å få fram et ønsket antall vanntypekvaliteter innen hver økoregion. Figur 30 viser henholdsvis 11 og 23 nasjonale vanntyper i øvre panel A og nedre panel B. Store regionale forskjeller innen mange av miljøvariablene fra sør til nord langs en kyst som strekker seg fra 58° til 71° nord, gjør at det er nødvendig med mange vanntyper. Resultatet fra denne analysen ble også benyttet videre i NiN-arbeidet til å forstå regional variasjon i vannmasser.

Gjennomsnittlige verdier beregnet for de ulike faktorene for analysen med 13 grupper er vist i Tabell 6 og for 23 grupper i Tabell 7. Som det framgår av Figur 30, Tabell 6 og Tabell 7 strekker flere modellerte vanntyper seg over flere økoregioner. Spesielt viser analysen at mange vanntyper er felles for økoregion Barentshavet og Norskehavet Nord.



Figur 30. Statistisk analyse av modellerte faktorer med A) 11 grupper og B) 23 grupper som representerer vanntyper. Merk at fargene er tilfeldige og ikke representerer lik vanntype i hhv. 11 og 23 vanntyper.

Tabell 6. Oversikt over gjennomsnittlige faktorverdier for 13 identifiserte grupper som representerer modellerte vanntyper. Maksimums og minimumsverdier for hver faktor er framhevet med fet skrift.

Vann-type	Bølge-eksp (m)	Salt (psu)	Temp (°C)	T-diff sesong	Strøm-styrke (m/s)	Stratifisering (dager lagdelt)	Beskrivelse	Region
1	1,54	34,2	7,0	2,3	0,28	153	Eksponert	Barentshavet og Norskehavet Nord
2	1,24	34,0	7,0	2,4	0,52	148	Eksponert, sterk strøm	Barentshavet og Norskehavet Nord
3	0,94	34,1	6,5	2,6	0,17	147	Eksponert	Barentshavet og Norskehavet Nord
4	0,39	33,7	6,2	3,3	0,10	176	Moderat eksponert	Barentshavet og Norskehavet Nord
5	0,23	32,7	5,9	3,9	0,10	292	Beskyttet, kaldt vann	Barentshavet og Norskehavet Nord
6	1,77	33,8	8,3	3,5	0,23	234	Sterkt eksponert	Norskehavet Sør
7	2,13	33,7	8,9	3,8	0,33	299	Ekstremt eksponert	Nordsjøen Nord og Norskehavet Sør
8	0,95	33,6	7,9	3,6	0,18	221	Moderat eksponert	Norskehavet Sør
9	1,27	33,0	9,1	4,8	0,25	335	Eksponert	Nordsjøen S og N, Skagerrak
10	0,38	32,7	7,8	4,0	0,13	304	Beskyttet	Norskehavet Sør
11	0,27	31,3	8,9	5,1	0,13	357	Beskyttet	Nordsjøen S og N, Norskehavet Sør
12	0,48	29,7	8,7	8,4	0,21	360	Beskyttet, polyhalin	Skagerrak
13	0,16	26,8	9,1	5,0	0,12	364	Beskyttet, polyhalin	Skagerrak, Nordsjøen, Norskehavet

Fra figur og tabeller er det mulig å se at flere vanntyper i åpent havvann er relativt like med små variasjoner i faktorer som bølgehøyde og strømstyrke. For praktiske formål anbefales det å slå sammen relativt like grupper med mindre det kan dokumenteres økologiske konsekvenser mht. å fastsette vannkvalitet. I Vannforskriften (Tabell 1) står det at bølgeeksponering kan deles i 6 klasser fra «Ekstremt eksponert» til «Svært beskyttet». Dagens typologi benytter tre klasser (eksponert, moderat og beskyttet). Det modellerte resultatet viser at det er mulig å dele vann inn i flere enn 3 eksponeringsklasser, hvis formålstjenlig.

Analysen uten kategoriske økoregioner viser noen tydelige skiller eller endringer i vannkvalitet langs kysten, som kan sees i fargemønsteret i Figur 30. Analysen viser et skille i vanntyper i Skagerrak ved Grimstad-Kristiansand, ved Stad i Vestland, ved Frohavet i Trøndelag og Lofoten i Nordland. Det kan argumenteres for ny inndeling i økoregioner basert på denne analysen. Kystvann i Troms og Finnmark har stor likhet med rød og turkise vannfager i Figur 30 B, som vi ikke finner igjen sør for Lofoten hvor blå vannfarger dominerer (Figur 30 B). Ved Frohavet i Trøndelag viser analysen (Figur 30 B) en ny overgang fra de blå vanntyper i Nordland til mer "grønt" og "lys grønt" i hhv. i hav og fjorder i Møre og Romsdal. Så viser analysen at det er et skille ved Stad, som tradisjonelt er et skille i flora og fauna på kysten. Her slår Atlanterhavet inn og utvisker Kyststrømmen og

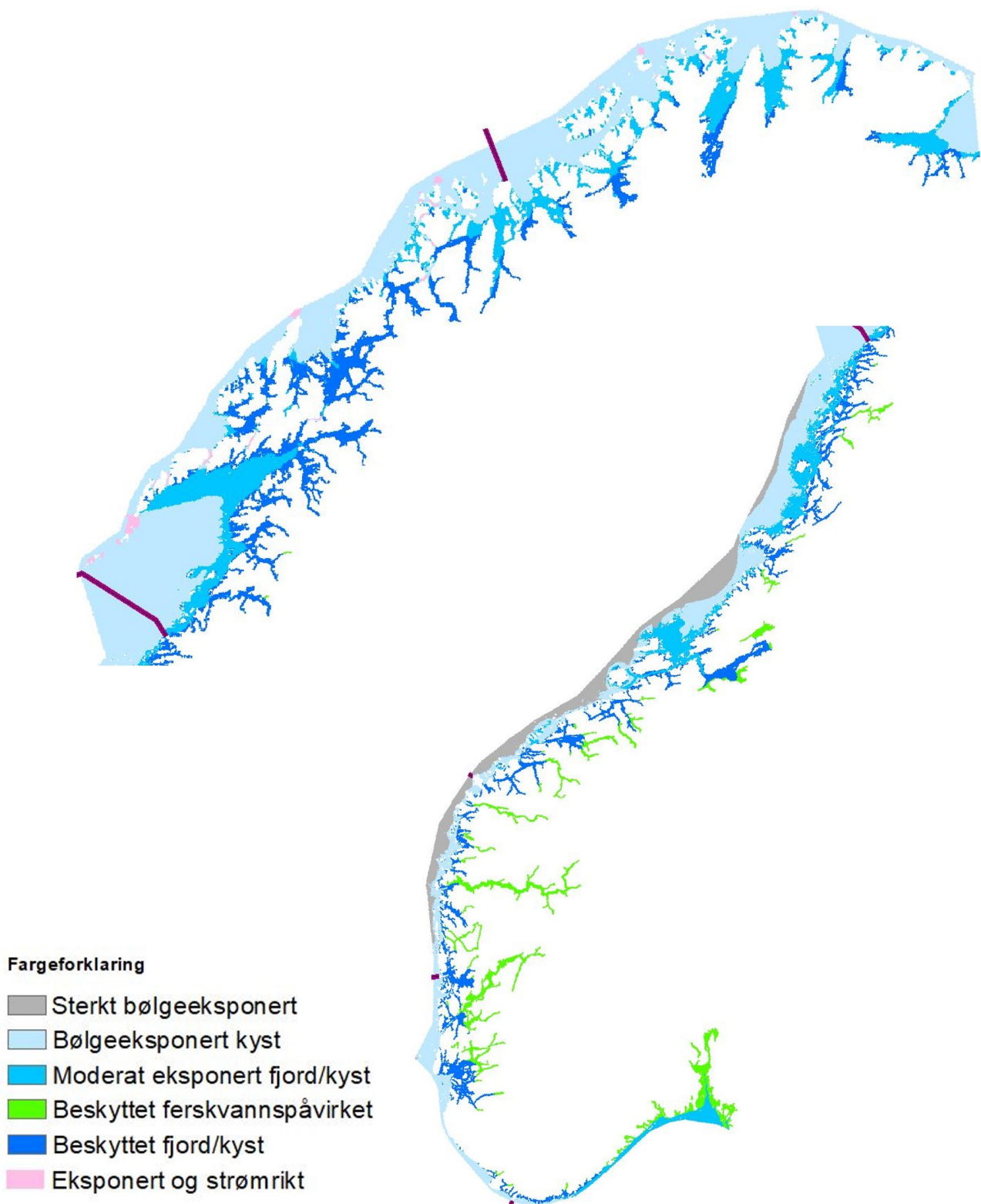
har gitt grunnlag for deling i Nordsjøen Nord og Norskehavet Sør. Analysen støtter denne inndelingen, spesielt ved at fjorder i region Nordsjøen har en annen vanntype enn fjorder i Trøndelag/Nordland (Figur 30 A og B). I Skagerrak trekker vi tradisjonelt grensen ved Lindesnes, men analysen antyder at det er et skille i vannkvalitet mellom Grimstad og Kristiansand (rød vannfarge i Figur 30A og grønn vannfarge i Figur 30B). Siden økoregioner er kategoriske og skrevet inn i vannforskriften, er ikke disse resultater tatt med som grunnlag for endelig forslag til nye vann typer for kystvann.

Tabell 7. Oversikt over gjennomsnittlige variabelverdier for 23 identifiserte grupper som representerer modellerte vann typer. Maksimums og minimumsverdier er framhevet med fet skrift.

Vann- type	Bølge- eksp (m)	Salt (psu)	Temp. (°C)	T-diff sesong (°C)	Strøm- styrke (m/s)	Stratifi- sering (dager lagdelt)	Beskrivelse	Region
1	1,58	34,1	7,2	2,5	0,23	157	Sterkt bølgeeksponert	Barentshavet og Norskehavet Nord
2	1,62	34,2	7,1	2,3	0,37	157	Sterkt bølgeeksponert, Moderat strøm	Barentshavet og Norskehavet Nord
3	1,02	34,0	7,0	2,5	0,64	132	Bølgeeksponert, Sterk strøm	Barentshavet og Norskehavet Nord
4	1,05	34,2	6,3	2,3	0,27	129	Bølgeeksponert	Barentshavet og Norskehavet Nord
5	0,88	34,0	6,5	2,6	0,15	151	Bølgeeksponert	Barentshavet og Norskehavet Nord
6	0,39	33,7	5,9	3,2	0,10	170	Moderat eksponert	Barentshavet og Norskehavet Nord
7	0,23	32,8	5,9	3,5	0,11	303	Beskyttet fjord/kyst	Barentshavet og Norskehavet Nord
8	0,23	33,2	4,1	5,5	0,09	207	Bølgebeskyttet, Kaldt vann	Barentshavet og Norskehavet Nord
9	2,15	33,9	8,8	3,7	0,37	293	Ekstremt bølgeeksponert, Moderat strøm	Norskehavet Sør og Nordsjøen Nord
10	1,88	33,9	8,3	3,5	0,25	238	Sterkt bølgeeksponert	Norskehavet Sør
11	1,35	33,7	8,0	3,4	0,20	217	Bølgeeksponert kyst	Norskehavet Sør
12	0,79	33,5	7,8	3,7	0,16	220	Moderat eksponert	Norskehavet Sør
13	0,62	33,3	8,3	3,6	0,26	289	Moderat eksponert	Norskehavet Sør
14	0,33	33,5	7,1	3,9	0,09	211	Beskyttet fjord/kyst	Norskehavet Sør og Nord
15	0,27	32,2	7,5	3,9	0,12	323	Beskyttet fjord/kyst	Norskehavet Sør
16	2,03	33,4	9,0	4,1	0,26	316	Ekstremt bølgeeksponert	Norskehavet Sør og Nordsjøen Nord
17	0,18	29,4	9,0	5,1	0,12	363	Beskyttet polyhalin fjord	Norskehavet Sør, Nordsjøen Nord og Sør
18	0,15	25,9	9,1	5,1	0,11	363	Beskyttet polyhalin fjord	Norskehavet Sør, Nordsjøen N+S og Skagerrak
19	0,98	33,0	8,8	4,4	0,16	325	Bølgeeksponert kyst	Norskehavet Sør, Nordsjøen N+S og Skagerrak

Vann- type	Bølge- eksp (m)	Salt (psu)	Temp. (°C)	T-diff sesong (°C)	Strøm- styrke (m/s)	Stratifi- sering (dager lagdelt)	Beskrivelse	Region
20	1,34	32,9	9,2	5,1	0,29	340	Bølgeeksponert kyst	Norskehavet Sør, Nordsjøen N+S og Skagerrak
21	0,29	31,7	8,9	5,1	0,14	354	Beskyttet fjord/kyst	Norskehavet Sør, Nordsjøen N+S og Skagerrak
22	0,29	28,9	8,7	8,5	0,14	359	Bølgebeskyttet, polyhalin, fjord/kyst med stor temp-differanse sommer-vinter	Skagerrak
23	0,71	30,7	8,8	8,2	0,29	362	Moderat eksponert, nær polyhalin (euhalin) fjord/kyst	Skagerrak

En forenklet versjon av modelleringsresultatet med 23 grupper (Tabell 7) hvor de 23 grupper er forenklet ned til 4 bølgeeksponeringsklasser, 2 saltholdighetsklasser og 2 strømstyrkeklasser, er vist i Figur 31. Dette resultatet inkluderer vanntypen "sterkt bølgeeksponert", men som det framgår av Figur 31, er denne vanntypen først og fremst offshore og har kanskje mindre betydning for de økologiske kvalitetsparameterene med unntak av planteplankton som kan måles i åpent hav.



Figur 31. Modellerte vanntyper nedskalert fra modellresultat med 23 grupper (jfr. Tabell 7 og Figur 30).

4 - Ekspertjustert modellresultat

I dette kapitlet presenteres et forslag til ny vanntypeinndeling av kystvann basert på tilbakemeldinger på modellerte vanntyper og endringer det vil kunne medføre for norsk vannforvaltning. Det modellerte resultatet ble derfor underlagt en ekspertvurdering med fokus på forenkling, harmonisering med NiN-vannmasser og spesielt vektlegge miljøfaktorer vurdert som viktige for de økologiske kvalitetselementene. Det forklares her hvordan faktorer er vektet og hvordan det gir grunnlag for et system med 8 ulike vanntyper. Dagens økoregioner er beholdt uendret og totalt er det identifisert 35 vanntyper som er tegnet inn på kart. Figurer for hver økoregion viser forslag til ny vanntypeinndeling sammenliknet med dagens vanntypeinndeling.

Modellresultatene presentert i kap. 3 viser hvordan bølgeeksponering, saltholdighet, temperatur og stratifisering kan brukes til å definere og skille mellom vanntyper. Vannforskriften har fokus på å avdekke overgjødning (eutrofi), og vannkvalitet fastsettes ut fra tilstand til de biologiske kvalitetselementene planteplankton, makroalger, ålegress og bunnfauna (Tabell 8).

Vurderinger underveis i arbeidet konkluderte med at ikke alle modellerte faktorer er like relevante eller beskriver de fysiske forholdene i tilstrekkelig grad med hensyn til de biologiske kvalitetselementene, og det åpner for en ekspertvurdering av valgfrie faktorer. Sirkulasjonsegenskaper som lagdeling (stratifisering) av vannmasser, er viktig for planktonoppblomstring og utskiftning av bunnvann. Veilederen opererer med tre klasser: Permanent fullstendig mikset; Delvis (tidvis) stratifisert; Permanent stratifisert. Faktoren stratifisering lot seg ikke modellere på en god måte med dagens verktøy. I mangel på en god modell for å beregne sirkulasjonsegenskaper, ble stratifisering beregnet etter en publisert metode fra Nordsjøen, hvor stratifisering er regnet ut som sammenhengende periode i dager med en differanse i tetthet mellom overflate og bunnvann på over 0,086 kg/m³ (Leeuwen et al. 2015). Større forskjell i tetthet (vekt) hindrer sirkulasjon og blanding, slik at vannmassene blir lagdelte.

Tabell 8. Kvalitetselementer og parametere for fastsetting av tilstand presentert i tabell 3.7 i Klassifiseringsveileder 2-2018.

Tabell 3.7 Kystvann: Elementer og parametere for beskrivelse av tilstand. Fete typer indikerer hvilke elementer og økosystemkomponenter som det foreligger grenseverdier for og dermed er mest aktuelle.		
BIOLOGISKE KVALITETSELEMENTER		
Kvalitetselement	Parametere (indekser)	Påvirkning
Planteplankton	Biomasse: Klorofyll-a	Eutrofiering
Makroalger	Taksonomisk sammensetning og forekomst: RSLA (Fjæreindeks med mengde) og RSL (Fjæreindeks uten mengde se kap. 9) Forekomst av utvalgte arter: MSMDI (Nedre voksegrense for utvalgte arter - se kap. 9)	Eutrofiering
Angiospermer (ålegress etc.)	Nedre voksegrense, tetthet og mengde filamentøse alger	Eutrofiering
Bunnfauna (Bløtbunn)	Taksonomisk-sammensatt indeks: NQI1 (se kap. 9) Artsmangfold: H', ES100, S og N Ømfintlighet: NSI, ISI (se kap. 9)	Eutrofiering Organisk belastning Sedimentering

Norsk kystvann med generelt dype fjorder med kaldt og salt bunnvann, gjør at differansen i tetthet mellom bunnvann og overflatevann (0-10m), generelt vil overstige grenseverdien satt til 0,086 kg/m³. Det vil si at vannmassene generelt vil være lagdelte. Resultatet betviles ikke, men resultatet vil kanskje ikke på en tredelt skala tilføre relevant informasjon mht. styrende miljøforhold for de biologiske kvalitetselementene. Samtidig ble fenomener som vår- og høstsirkulasjon delvis kamuflert i gjennomsnittsberegninger. Det ble derfor bestemt at lagdeling/stratifisering skulle tillegges mindre betydning i det videre arbeid med nytt modellbasert forslag til nye vanntyper for kystvann. Miljøfaktorene vannbevegelse (bølger, strøm), saltholdighet og noe grad temperatur, ble vurdert som viktige i vannforskriftssammenheng.

4.1 - Natur i Norge (NiN) og vanntyper

I natursystemet Natur i Norge (NiN 3.0) er marine vannmasser en hovedtype i natursystemet. Marine vannmasser omfatter økosystemer av flytende, svevende og svømmende organismer i de frie vannmassene i saltvann (saltholdighet > 0,5 ‰). Se www.artsdatabanken.no/NiN for beskrivelse av NiN-systemet.

Økosystemet vannmasser defineres i NiN av kompleks miljøvariasjon beskrevet ved lokale og regionale miljøvariable. NiN deler også vannmasser (og bunntyper) i eufotisk sone med sollys og afotisk – mørk – sone. Vannforskriften tar ikke hensyn til dette, da vannforskriftens system er forenklet og tilpasset de utvalgte biologiske kvalitetselementene (plankton, makroalger, ålegress og bunnfauna). Men NiN-systemet som Vannforskriften, setter også biologien i fokus ved at det er (skal være) signifikant forskjell i artssammensetning mellom ulike NiN-typer.

De marine vannmassene er delt i Havvannmasser og Fjordvannmasser og hver vannmasse-enhet er kjennetegnet ved en karakteristisk kombinasjon av temperatur, saltholdighet og plassering. Plasseringen er enten geografisk eller knyttet til spesielle terrengformer. Vanntyper er knyttet til innsalg av "Kystvann", "Atlantisk vann" og "Arktisk vann". Fjordvannmasser er blant annet delt i vannmasser med tidevannsbetinget eller estuarin sirkulasjon, samt vannmassesystemer preget av oksygenmangel.

Eufotiske havvannmassesystemer er delt ved Stad, som i Vannforskriften, i to hovedtyper på grunnlag av variasjon i den regionale miljøvariabelen "RM-MS Marine bioklimatiske soner": Nordsjøen og Skagerrak (RM-MS_a) og Norskehavet, Barentshavet og Polhavet (RM-MS_bcde). En finere inndeling i marine økoregioner og mellom kystvann, atlantisk vann og arktisk vann innenfor grunntypene kan gjøres ved hjelp av de lokale komplekse miljøvariablene som innslag av Baltisk vann og innslag av havvann. Følgelig vil det være stort sammenfall mellom økoregioner i Vannforskriften og NiN.

Variasjonen fra ytre til indre kyst i NiN (Fjordvannmasser) beskrives av komplekse miljøvariable som inkluderer ferskvannspåvirkning, saltholdighet, innhold av humus og suspenderte sedimenter, og er også korrelert med eksponeringsgrad. Det er foreslått å dele fjorder i tre grunntyper (ytre, midtre og indre fjord) og indre fjord kan igjen deles i tre typer ved at det skilles ut egne typer for høyt humusinnhold og høy turbiditet (innhold av suspendert mineralmateriale). Turbiditet er valgfri faktor som ikke brukes i dagens typologi, men skal sammen med humusinnhold, kunne fanges opp på regionalt nivå ved fastsettelse av regionale grenseverdier f.eks. for nedre voksegrense.

Bruk av saltholdighet og bølgeeksponering sammenfaller med Vannforskriftens system.

Vannmasser preget av oksygenmangel er en egen NiN-type beskrevet ved faktoren Oksygenmangel (OM) med to grunntyper; periodisk oksygenmangel og permanent oksygenmangel.

Følgelig er det mange sammenfallende faktorer mellom NiN og Vannforskriften: økoregioner, saltholdighet,

eufotisk sone og oksygenmangel. Flere NiN-faktorer samvirker med Vannforskriften som dybderelatert lyssvekking, turbiditet, humusinnhold (vannfarge) og terskelhøyde (TH). Men NiN-systemet har også en innfallsvinkel til beskrivelse av vanntyper som senere kanskje kan tas opp i vannforskriftens typologi, som f.eks. beskrivelse av ulike typer fjordvann: a) tidevannsbetinget fullsirkulerende fjordvann, b) øvre fjordvannlag med estuarin sirkulasjon, c) fjord-dypvann dannet fra atlantisk vann, d) fjord-dypvann dannet fra kystvann, e) stabilisert, varmt intermediært fjordvann, f) stabilisert, kaldt fjord-dypvann og g) stabilisert, iskaldt fjord-dypvann.

Erfaringer fra NiN (versjon 3) kan gi grunnlag for videre videre harmisering mellom NiN og Vannforskriftens typologi. Begge systemer er bygget på mye av de samme faktorer, men mens NiN-systemet har gradienter, er Vannforskriften bygget på kategoriske faktorer med forhåndsbestemte klasser.

4.2 - Ekspertvurdert vekting av kriterier

Saltholdighet er vurdert som den viktigste faktoren for artssammensetning for planteplankton og makroalger i fjæresonen. Som beskrevet tidligere, kamoufleres saltholdigheten i det øverste, ferskere vannlaget, som direkte påvirker planteplanktonet og makroalger i fjæresonen, ved gjennomsnittsberegning over 0 til 10 m dyp. Derfor er det i tillegg til gjennomsnittlig saltholdighet (0-10m dyp) fra NorKyst800-modellen, også modellert saltholdighet i 0 m dyp ved bruk av fjordmodellen med 160 m x 160 m oppløsning, og dette resultatet er brukt til å modellere geografisk utbredelse av brakkvann (salt <18, karakterisert som "sterkt ferskvannspåvirket"). Modellert saltholdighet i forslag til ny marin typologi er sammensatte av:

- Saltholdighet i 0 m dyp: 1 klasse: <18
- Saltholdighet gjennomsnitt 0-10 m dyp: 2 klasser: euhalin (>30) polyhalin (18-30)

Bølgeeksponering (intensitet av bølgeslag) er den viktigste faktoren for makroalger innen en økoregion. Arter har ulik toleranse for vannbevegelse, og artssammensetning bestemmes i stor grad av slike forhold. Modellen gir gjennomsnittlig bølgehøyde (i meter) for et tilfeldig valgt år (modellperioden er 2016). Modellresultatet viser f.eks. også store bølger på åpent hav som ikke treffer kysten, som kan ha betydning for planteplankton på åpent hav. Vannforskriften gir mulighet til 6 eksponeringsklasser, men det er valgt å videreføre dagens typologi med 3 eksponeringsklasser vel vitende om at bølgehøyden er høyere ute på åpent hav og at det er for eksempel høyere i Norskehavet enn Skagerrak. I forslag til ny marin typologi er det brukt:

- Bølgeeksponering (bølgehøyde) 3 klasser: bølgeeksponert, moderat bølgeeksponert, bølgebeskyttet

Oksygen i bunnvann er den viktigste faktoren for livet på havbunnen og kvalitetselementet bunnfauna. Oksygeninnhold under 2 ml/l sjøvann kalles oksygenfattig. Siden vannutskiftning og beregning av oksygen i bunnvann ikke lar seg modeller med dagens verktøy, ble områder med «naturlig oksygenfattig bunnvann» i forslag til ny marin typologi hentet direkte fra naturbase.no. Videre er det bestemt at oksygenfattig bunnvann ikke er en vanntype, men en egenskap ved en vanntype som har konsekvens for bunnlevende organismer.

- Naturlig oksygenfattig bunnvann, 2 klasse: oksygenfattig; oksygenrikt

Det skal bemerkes at det er knyttet tvil til korrektheten ved flere av vannforekomstene som er identifisert som naturlig oksygenfattige i naturbase. Samtidig finnes det i dag en metode med prøvetaking som gjør det mulig å vurdere sannsynligheten for at en vannforekomst er naturlig oksygenfattig.

Modellert strøm (NorKyst800) er brukt til å peke ut strømrrike sund, hvor sterke havstrømmer påvirker planteplankton, makroalger og bunnfauna. Modellen har imidlertid for lav oppløsning (celler av 800 x 800m) til å modellere strøm i trange fjorder og sund, samt at beregnet gjennomsnittlig strømhastighet generelt blir lav. I

forslag til ny marin typologi er det brukt:

- Havstrøm (gjennomsnittlig strømstyrke) 3 klasser: svak, moderat og sterk strøm, men det er kun områder med sterk strøm (gjennomsnittlig over 0,6 m/s) som er identifisert og brukt som grunnlag for en vanntype.
- Ekspertvurdert lokalkunnskap om strømrrike sund.

I tillegg er de obligatoriske og kategoriske faktorene tidevann (2 klasser: <1m eller >= 1m) og økoregioner (6 regioner) lagt til grunn for forslag til ny marin typologi.

4.3 - Geografisk utbredelse av ekspertkorrigerte, modellerte vanntyper

Basert på faktorene

- Økoregioner – eksisterende inndeling er videreført, 6 økoregioner
- Tidevannsoner – eksisterende inndeling er videreført, 2 tidevannsregioner
- Saltholdighet – modellert brakkvann (<18) i 0m dyp og gjennomsnittlig saltholdighet i 0-10m dyp, tilsammen 3 klasser: euhalin, polyhalin og mesohalin
- Bølgeeksponering modellert bølgehøyde, 3 klasser: bølgeeksponert, moderat og bølgebeskyttet
- Havstrøm – modellert områder med sterk strøm, 1 klasse: strømrikt

er det definert 8 vanntyper for norsk kystvann (nummereringen er uviktig og forskjellig fra dagens system)

1. Beskyttet fjord/kyst
2. Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst
3. Sterkt ferskvannspåvirket fjord
4. Moderat eksponert fjord/kyst
5. Moderat eksponert ferskvannspåvirket fjord/kyst
6. Bølgeeksponert kyst
7. Bølgeeksponert ferskvannspåvirket kyst
8. Strømrrike sund

Ikke alle 8 vanntyper er funnet i alle 6 økoregioner og totalt er det identifisert 35 vanntyper (Tabell 9). For eksempel er «Bølgeeksponert ferskvannspåvirket kyst» bare funnet i region Skagerrak. Vannforekomster med "naturlig oksygenfattig bunnvann" er ikke egen vanntype, men en egenskap eller merkand til en definert vanntype. Dette kan synliggjøres på mange vis, men her har vi valgt å legge til bokstaven a (anoksisk) til vanntypenummeret. I Tabell 9 er bokstavkode for Økoregion beholdt, men nummereringen er forskjellig fra dagens nummersystem (nummering er underordnet og er kun brukt til sortering av rekkefølge).

Tabell 9. Forslag til vanntyper med faktorer som definerer vanntypene i region Barentshavet (B), Norskehavet nord (G), Norskehavet sør (H), Nordsjøen nord (M), Nordsjøen sør (N) og Skagerrak (S). * Sterkt ferskvannspåvirket (saltholdighet <18) er geografisk avgrenset av modellert saltholdighet i 0 m dyp.

Reg	Nr	Vanntypenavn	Tidevann	Saltholdighet	Bølgeeksposering	Strømhastighet	O ₂ -fattig
B	1	Beskyttet fjord/kyst	Meso > 1 m	Euhalin >= 30	Beskyttet	Svak	Nei
B	1a	Beskyttet fjord/kyst med oksygenfattig bunnvann	Meso > 1 m	Euhalin >= 30	Beskyttet	Svak	Ja
B	2	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst	Meso > 1 m	Polyhalin 18-30	Beskyttet	Svak	Nei
B	2a	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst med oksygenfattig bunnvann	Meso > 1 m	Polyhalin 18-30	Beskyttet	Svak	Ja
B	3	Sterkt ferskvannspåvirket fjord	Meso > 1 m	Mesohalin <18 *	Beskyttet	Svak	Nei
B	3a	Sterkt ferskvannspåvirket fjord med oksygenfattig bunnvann	Meso > 1 m	Mesohalin <18 *	Beskyttet	Svak	Ja
B	4	Moderat eksponert fjord/kyst	Meso > 1 m	Euhalin >= 30	Moderat	Svak	Nei
B	6	Bølgeeksposert kyst	Meso > 1 m	Euhalin >= 30	Eksposert	Svak	Nei
B	8	Strømrike sund	Meso > 1 m	Euhalin >= 30	Udefinert	Sterk	Nei
G	1	Beskyttet fjord/kyst	Meso > 1 m	Euhalin >= 30	Beskyttet	Svak	Nei
G	1a	Beskyttet fjord/kyst med oksygenfattig bunnvann	Meso > 1 m	Euhalin >= 30	Beskyttet	Svak	Ja
G	2	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst	Meso > 1 m	Polyhalin 18-30	Beskyttet	Svak	Nei
G	3	Sterkt ferskvannspåvirket fjord	Meso > 1 m	Mesohalin <18 *	Beskyttet	Svak	Nei
G	4	Moderat eksponert fjord/kyst	Meso > 1 m	Euhalin >= 30	Moderat	Svak	Nei
G	6	Bølgeeksposert kyst	Meso > 1 m	Euhalin >= 30	Eksposert	Svak	Nei
G	8	Strømrike sund	Meso > 1 m	Euhalin >= 30	Udefinert	Sterk	Nei
H	1	Beskyttet fjord/kyst	Meso > 1 m	Euhalin >= 30	Beskyttet	Svak	Nei
H	1a	Beskyttet fjord/kyst med oksygenfattig bunnvann	Meso > 1 m	Euhalin >= 30	Beskyttet	Svak	Ja
H	2	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst	Meso > 1 m	Polyhalin 18-30	Beskyttet	Svak	Nei
H	2a	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst med oksygenfattig bunnvann	Meso > 1 m	Polyhalin 18-30	Beskyttet	Svak	Ja
H	3	Sterkt ferskvannspåvirket fjord	Meso > 1 m	Mesohalin <18 *	Beskyttet	Svak	Ja
H	4	Moderat eksponert fjord/kyst	Meso > 1 m	Euhalin >= 30	Moderat	Svak	Ja
H	6	Bølgeeksposert kyst	Meso > 1 m	Euhalin >= 30	Eksposert	Svak	Ja
M	1	Beskyttet fjord/kyst	Meso > 1 m	Euhalin >= 30	Beskyttet	Svak	Nei
M	1a	Beskyttet fjord/kyst med oksygenfattig bunnvann	Meso > 1 m	Euhalin >= 30	Beskyttet	Svak	Ja
M	2	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst	Meso > 1 m	Polyhalin 18-30	Beskyttet	Svak	Nei
M	2a	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst med oksygenfattig bunnvann	Meso > 1 m	Polyhalin 18-30	Beskyttet	Svak	Ja
M	3	Sterkt ferskvannspåvirket fjord	Meso > 1 m	Mesohalin <18 *	Beskyttet	Svak	Nei
M	4	Moderat eksponert fjord/kyst	Meso > 1 m	Euhalin >= 30	Moderat	Svak	Nei
M	6	Bølgeeksposert kyst	Meso > 1 m	Euhalin >= 30	Eksposert	Svak	Nei

Reg	Nr	Vanntypenavn	Tidevann	Saltholdighet	Bølgeeksponering	Strømhastighet	O fattig
N	1	Beskyttet fjord/kyst	Mikro < 1 m	Euhalin >= 30	Beskyttet	Svak	Nei
N	1a	Beskyttet fjord/kyst med oksygenfattig bunnvann	Mikro < 1 m	Euhalin >= 30	Beskyttet	Svak	Ja
N	2	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst	Mikro < 1 m	Polyhalin 18-30	Beskyttet	Svak	Nei
N	2a	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst med oksygenfattig bunnvann	Mikro < 1 m	Polyhalin 18-30	Beskyttet	Svak	Ja
N	3	Sterkt ferskvannspåvirket fjord	Mikro < 1 m	Mesohalin <18 *	Beskyttet	Svak	Nei
N	3a	Sterkt ferskvannspåvirket fjord med oksygenfattig bunnvann	Mikro < 1 m	Mesohalin <18 *	Beskyttet	Svak	Ja
N	4	Moderat eksponert fjord/kyst	Mikro < 1 m	Euhalin >= 30	Moderat	Svak	Nei
N	5	Moderat eksponert ferskvannspåvirket fjord/kyst	Mikro < 1 m	Polyhalin 18-30	Moderat	Svak	Nei
N	6	Bølgeeksponert kyst	Mikro < 1 m	Euhalin >= 30	Ekspontert	Svak	Nei
S	1	Beskyttet fjord/kyst	Mikro < 1 m	Euhalin >= 30	Beskyttet	Svak	Nei
S	1a	Beskyttet fjord/kyst med oksygenfattig bunnvann	Mikro < 1 m	Euhalin >= 30	Beskyttet	Svak	Ja
S	2	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst	Mikro < 1 m	Polyhalin 18-30	Beskyttet	Svak	Nei
S	2a	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst med oksygenfattig bunnvann	Mikro < 1 m	Polyhalin 18-30	Beskyttet	Svak	Ja
S	3	Sterkt ferskvannspåvirket fjord	Mikro < 1 m	Mesohalin <18 *	Beskyttet	Svak	Nei
S	3a	Sterkt ferskvannspåvirket fjord med oksygenfattig bunnvann	Mikro < 1 m	Mesohalin <18 *	Beskyttet	Svak	Ja
S	4	Moderat eksponert fjord/kyst	Mikro < 1 m	Euhalin >= 30	Moderat	Svak	Nei
S	5	Moderat eksponert ferskvannspåvirket fjord/kyst	Mikro < 1 m	Polyhalin 18-30	Moderat	Svak	Nei
S	6	Bølgeeksponert kyst	Mikro < 1 m	Euhalin >= 30	Ekspontert	Svak	Nei
S	7	Bølgeeksponert ferskvannspåvirket kyst	Mikro < 1 m	Polyhalin 18-30	Ekspontert	Svak	Nei

Enkelte kystområder har spesielle egenskaper og er mindre egnet i vannkvalitetsovervåking da de er spesielle og kanskje har unike miljømål. Disse områder er på kartet identifisert som «Særegen vannforekomst». Samtidig er det også en del små fjordarmer, poller etc. som ikke fanges opp i modellverktøyet basert på 800 x 800 m gridceller, dvs. at de "ikke eksisterer" i det modellerte kartet. Disse er også identifisert som «Særegen vannforekomst» med mindre det eksisterer annen informasjon som tilordner en sannsynlig vanntype. På sikt er det mulig å gå gjennom alle «Særegen vannforekomst» og definere eller tilordne en vanntype.

Forslag til ny marin typologi er vist i kart fra nord til sør, sammen med dagens vanntypeinndeling, i Figur 32 til Figur 37.

4.3.1 - Region Barentshavet (B)

I region Barentshavet (Figur 32) ble det identifisert 6 vanntyper. Vanntype 5 "Moderat eksponert ferskvannspåvirket fjord/kyst" og 7 "Bølgeeksponert ferskvannspåvirket kyst" ble ikke påvist i regionen. Enkelte områder, som indre østre del av Porsangerfjorden, ble karakterisert som «Særegen vannforekomst» (Figur 32 A). Denne fjordarmen har svært kaldt bunnvann og særegen bunnfauna, med blant annet forekomst av

polartorsk. Grunnet mangel på data er bunn av Langfjorden, en dyp innestengt vannforekomst, og en poll til Korsfjorden, begge ved Kirkenes, også identifisert som særegne vannforekomster. Særegne vannforekomster er ikke del av dagens vanntypologi, karakterisert som ferskvannspåvirket fjord og beskyttet fjord (Figur 32 B).

Forslag til ny inndeling i vanntyper setter nye grenser for geografisk utbredelse av ferskvannspåvirket kystvann (grønn farge i Figur 32) og karakteriserer Elvenesfjorden ved Kirkenes og utløpet av Tanaelva som sterkt ferskvannspåvirket, til forskjell fra dagens vanntyper.

Bølgeeksponering klassifisert i tre kategorier (bølgeeksponert, moderat eksponert og beskyttet) er løst ved å slå sammen de tre sterkeste bølgeeksponerte vanntypene (6.1, 6.4 og 6.5, jfr kap. 3) til en vanntype «bølgeeksponert kyst». Som det framgår av de modellerte resultatene (Figur 12 og Figur 28) mistes noe nyansering av fysiske egenskaper på åpent havvann, som skiller åpent hav fra kyst. Fra Figur 32 ser en også at vanntypen «bølgeeksponert kyst» (basert på modellert bølgeeksponering) når lengre inn i fjord og skjærgård, enn dagens vanntypeinndeling.

Magerøysundet er karakterisert som et strømrøkt sund til forskjell fra dagens typologi, men den sterke tidevannsstrømmen i Kvalsundet reflekteres ikke i det modellerte resultatet. Kvalsundet er identifisert som bølgebeskyttet fjord/kyst, som i dagens typologi.

Dagens typologi inneholder ingen vannforekomster med naturlig oksygenfattig bunnvann i økoregionen. Ved å inkludere denne egenskapen fra naturbase, er 12 vannforekomster karakterisert som beskyttet fjord/kyst merket som naturlig oksygenfattig og 1 vannforekomst karakterisert som sterkt ferskvannspåvirket fjord med naturlig oksygenfattig bunnvann. Det anbefales en ekspertgjennomgang og ev. med datainnsamling for å avgjøre det faktiske forholdet.

4.3.2 - Region Norskehavet Nord (G)

I region Norskehavet Nord (Figur 33) ble 6 vanntyper identifisert og i tillegg ble to poller på Vestvågøy i Lofoten karakterisert som «Særegen vannforekomst» begrunnet i manglende datagrunnlag for å karakterisere vannforekomstene. I dagens typologi er tre andre, mindre poller/havnebasseng karakterisert som særegne vannforekomster.

Generelt er alt kystvann i Troms salt (euhalin) og kun ett elveos/fjordbunn er karakterisert som ferskvannspåvirket (Målselv/Måselvfjorden), til forskjell fra Nordland hvor flere i fjorder er karakterisert som ferskvannspåvirket (Rombaksbotn og Elvegårselva/Skjomen ved Narvik, Leirfjorden og Tørfjorden/Nordfjord ved Sørfolla, fjordarmer til Skjærstadfjorden, Beiaren). Det modellerte resultatet viser at ferskvannspåvirkede vannmasser får mindre geografisk utstrekning enn i dagens typologi (Figur 33).

40 vannforekomster (beskyttet fjord/kyst) er merket med naturlig oksygenfattig bunnvann etter naturbase, mot 25 vannforekomster i dagens typologi. I tillegg er det lite overlapp mellom disse og det anbefales en ekspertgjennomgang og ev. med datainnhenting for å avgjøre det faktiske forholdet.

Viktigste forskjellen mellom foreslått ny vanninndeling og dagens typologi ligger i geografisk avgrensning av moderat bølgeeksponert kyst som i dagens typologi er tegnet relativt langt ut åpent hav (Figur 33 B), men som basert på modellert bølgehøyde, nå er karakterisert som "bølgeeksponert kyst" (Figur 33 A).

Det ble identifisert mange strømrøke sund i regionen som henger sammen med stor tidevannsforskjell og mange trange sund. Men dagens typologi har flere strømrøke sund enn hva som er fanget opp i det modellerte resultatet, som skyldes modellens grove struktur (800 x 800 m). I forslag til nye vanntyper er det kun de trangeste sund som er ekspertvurdert som «strømrøkt sund». Modellen viser at havområdet ved Røst og Værøy

er et strømrøkt havområde (Figur 33 A) som ikke er definert i dagens typologi.

Også i denne regionen ble de sterkeste bølgeeksponeringsklassene fra modellen (Figur 14 og Figur 27) slått sammen til en klasse "bølgeeksponert kyst".

4.3.3 - Region Norskehavet Sør (H)

Region Norskehavet Sør (Figur 34) er langstrakt fra Stad i sør til Støtt sør for Bodø i nord. Største forskjell fra dagens typologi (Figur 34) er geografisk avgrensing mellom åpen "bølgeeksponert kyst" og "moderat bølgeeksponert kyst/fjord", samt geografisk utstrekning av vanntypen «beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst». Mye av årsaken ligger i at dagens typologi er basert på «Fjordkatalogens» grenselinjer for vannforekomster og at forslag til ny typologi er basert på modellert bølgeeksponering.

Også i denne regionen er det stor forskjell mellom vannforekomster karakterisert ved naturlig oksygenfattig bunnvann. Fra naturbase er 25 forekomster i vanntypen «beskyttet fjord/kyst» og 6 forekomster i vanntypen «beskyttet ferskvannspåvirket fjord kyst» karakterisert som naturlig oksygenfattig.

Regionen har en spesielt øyrik kystsone med dype og grunne havområder som utfordrer modellverktøyet NorKyst800 basert på 800 x 800 m oppløsning. Derfor kan det i de øyrike områdene på åpen bølgeeksponert kyst forekomme uriktige geografiske grenselinjer mellom de 3 ulike klasser av bølgeeksponering. Det er behov for å bruke et modellverktøy med bedre oppløsning, for å tegne geografiske grenselinjer mellom bølgeeksponert kyst, moderat eksponert kyst og beskyttet kyst. I forslag til ny marin typologi er grensene tegnet inn etter beste skjønn basert på ekspertvurderinger.

Tre vannforekomster er definert som «Særegne» som Eidsbotn ved Levanger, Simlebotn i Sørfjorden på Helgelandskysten og Hopen ved Agdenes, alle små, innelukkede vannforekomster, som er for små til å bli fanget opp i modellverktøyet. En forekomst, Skarnsundet mellom Trondheimsfjorden og Beistadfjorden, er karakterisert som «strømrøkt sund».

4.3.4 - Region Nordsjø Nord (M)

Region Nordsjø Nord (Figur 35) strekker seg fra Marstein fyr ved Bergen i sør og nord til Stad. Geografisk grensen i sør er satt ved skille mellom lite tidevann og moderat tidevann, hvor tidevannet i Nordsjø Nord er 1 m eller mer.

Den største forskjellen fra dagens typologi er at modellert saltholdighet karakteriserer Sognefjorden som ferskvannspåvirket fjord, til forskjell fra dagens typologi hvor fjorden er karakterisert som euhalin. Ved bruk av modellert saltholdighet i overflaten (0m) karakteriseres flere av fjordarmene som sterkt ferskvannspåvirket.

Modellert geografisk grense mellom bølgeeksponert og moderat bølgeeksponert vurderes å stemme bedre med realitetene enn dagens typologi basert på Fjordkatalogens inndeling.

11 bølgebeskyttede vannforekomster og en beskyttet ferskvannspåvirket fjord, er merket med «naturlig oksygenfattig bunnvann». Det er færre enn i dagens typologi.

Ingen strømrøke sund eller særegne vannforekomster er identifisert i modellert ny marin typologi.

4.3.5 - Region Nordsjø Sør (N)

Region Nordsjø Sør (Figur 36) strekker seg fra Marstein fyr ved Bergen i nord til Lindesnes i sør. Vestland og Rogaland fylker er karakterisert ved store fjordsystemer og modellert saltholdighet karakteriserer langt større fjordpartier som ferskvannspåvirket, sammenliknet med dagens typologi. I Hardangerfjorden er det identifisert en ny vanntype i midtre del av fjorden, karakterisert som «moderat eksponert ferskvannspåvirket fjord/kyst».

Det er en vanntype som ikke er definert i dagens typologi. Denne nye vanntypen finnes bare i Sør-Norge med liten tidevannsvariasjon (jfr. Tabell 9). Geografisk utstrekningen er definert ved overlapp mellom modellert polyhalint fjordvann og vann med moderat bølgehøyde.

I Boknafjorden er det også stor forskjell i geografisk utstrekning av bølgeeksponert kyst og moderat bølgeeksponert kyst mellom dagens typologi (basert på Fjordkatalogen) og modellert utstrekning av vanntypene basert på bølgehøyde.

Lukksund mellom Bjørnafjorden og Hardangerfjorden er i dag karakterisert som et strømrøkt sund. Lukksund er for smalt til at strømmodellen som er benyttet fanger opp dette. Det må vurderes om Lukksund skal karakteriseres som strømrøkt.

Dagens typologi har definert langt flere og større vannforekomster som oksygenfattige sammenliknet med naturbase. Det er naturlig at dette ekspertvurderes også i denne regionen som for de øvrige. Framvaren ved Farsund, er en kjent fjord med naturlig oksygenfattig bunnvann, men den er ikke i naturbase. Framvaren er i dette forslaget til ny typologi identifisert som «særegen vannforekomst» da fjordsystemet er geografisk for lite for modellverktøyet som er brukt. Lyngdalsfjorden er i dag identifisert som oksygenfattig, men den er heller ikke blant naturlig oksygenfattige vannforekomster i naturbase.

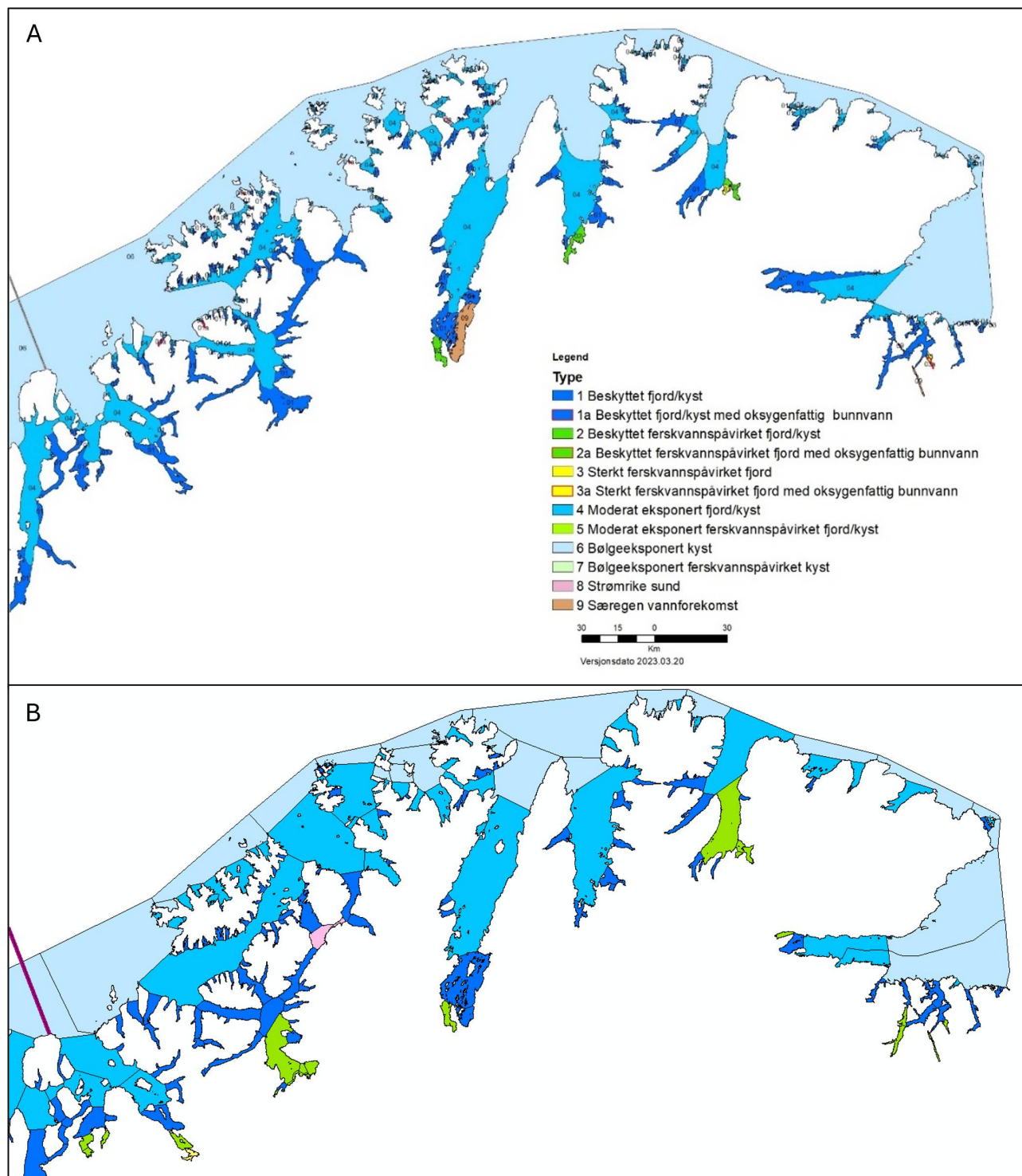
4.3.6 - Region Skagerrak (S)

Region Skagerrak (Figur 37) er den regionen hvor de største endringer foreslås. I tillegg til vanntypen «moderat eksponert ferskvannspåvirket fjord/kyst», er det også definert en ny vanntype: «bølgeeksponert ferskvannspåvirket kyst». Bølgeeksponert ferskvannspåvirket kyst er karakterisert ved høy bølgeeksponering og polyhalint saltvann (18-30). Denne vanntypen er funnet i ytre del av Ytre Oslofjord, og «moderat eksponert ferskvannspåvirket fjord/kyst» er påvist i indre del av Ytre Oslofjord. Dette utgjør en stor forskjell fra dagens typologi i Oslofjordregionen.

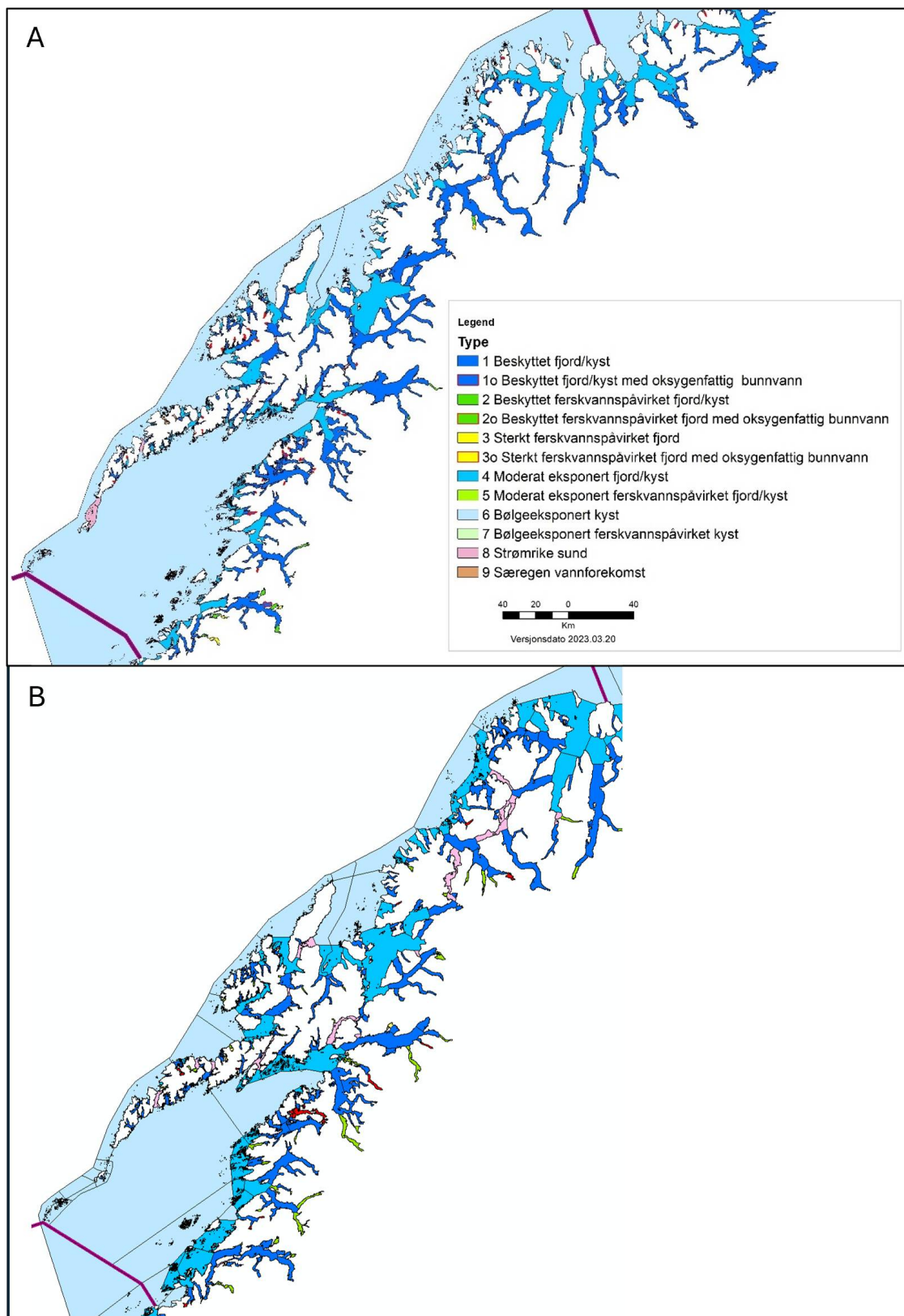
Blant hovedårsakene til at dette arbeidet med å utrede nye vanntyper ble satt i gang, var tilbakemeldinger som pekte på at dagens typologi mangler vanntypen «ferskvannspåvirket fjord/kyst» i Skagerrak. I henhold til dagens typologi er «åpen eksponert kyst», «moderat eksponert kyst/fjord» og «beskyttet kyst/fjord» alle definert å kunne ha saltholdighet ned mot 25, godt under grensen for salt, euhalint vann. Forslag til ny typologi løser dette og ivaretar en konsistent bruk av saltholdighet og bølgeeksponering til å definere vanntyper.

Nye vanntyper betyr at det sannsynlig må utarbeides nye referanseverdier for de biologiske kvalitetselementene.

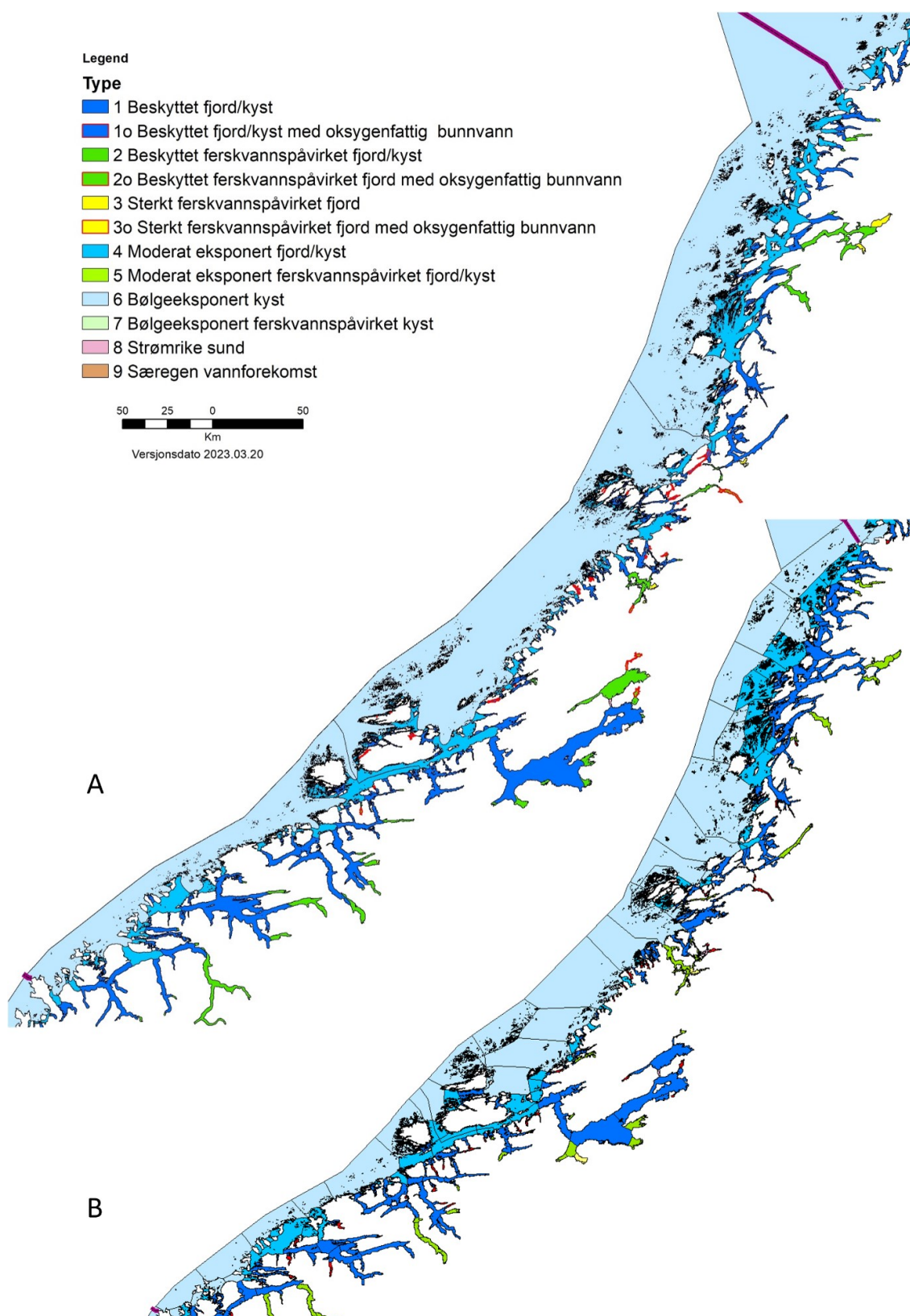
Modellert forekomst av «sterkt ferskvannspåvirket fjord» er, med noen mindre endringer, som i dagens typologi. Antall naturlig oksygenfattige fjorder, fra naturbase, er noe færre enn dagens typologi. Her som for de andre regionene er det behov for en kritisk gjennomgang.



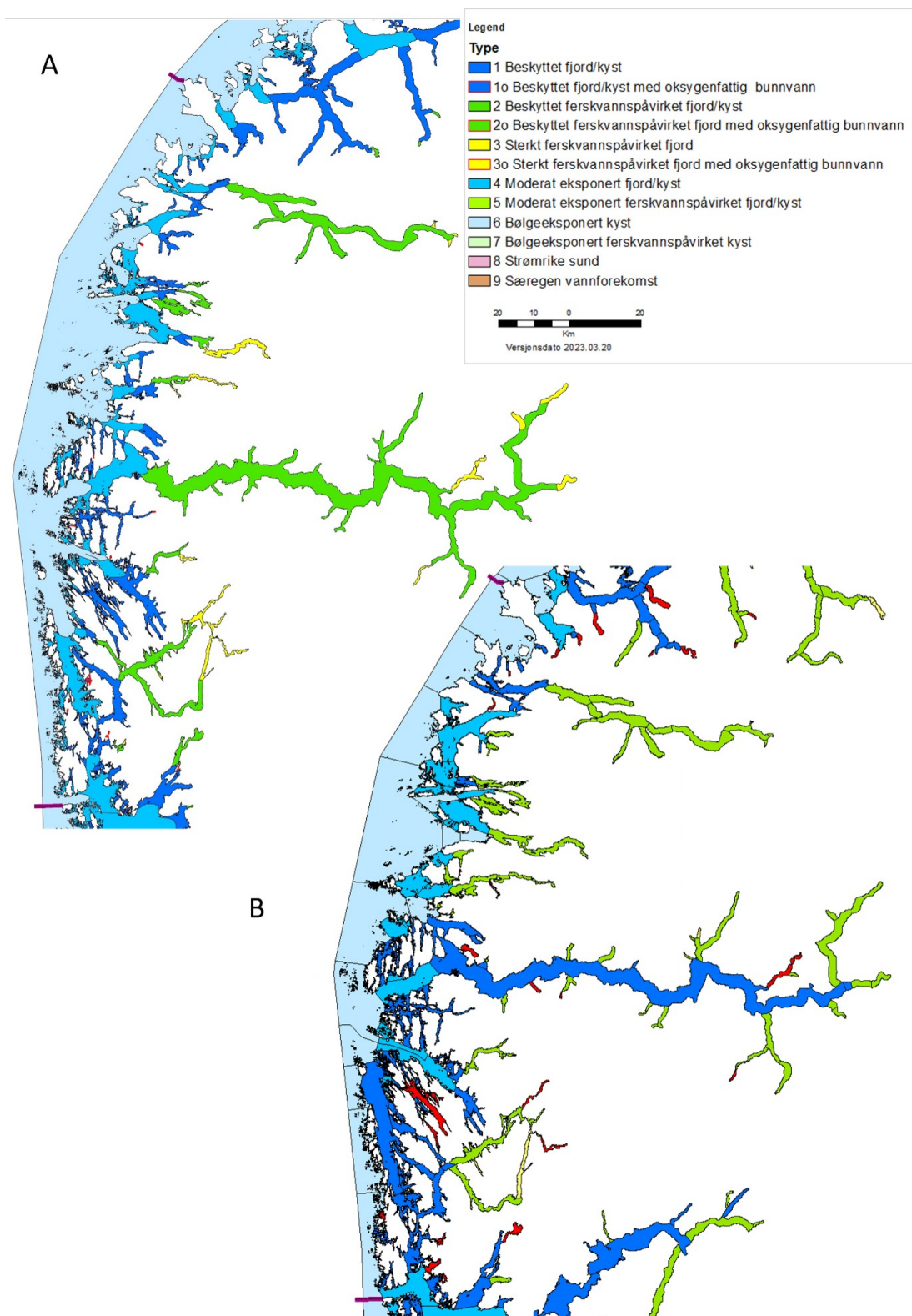
Figur 32. A) Kart over foreslåtte nye vanntyper i region Barentshavet (B) basert på modellerte faktorer. Til sammenlikning B) dagens vanntypeinndeling (2019). Ikke alle vanntyper eksisterer i alle regioner.



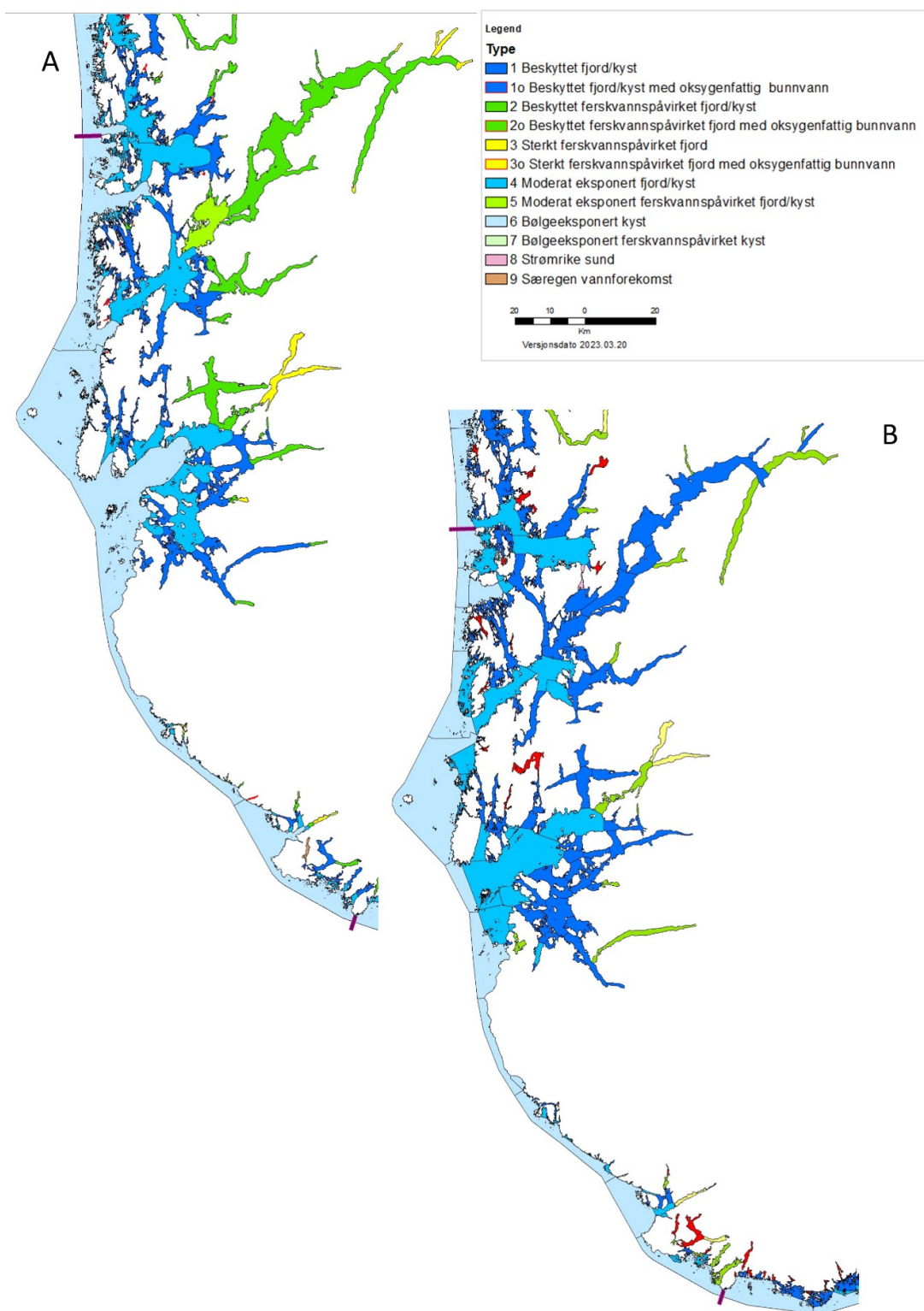
Figur 33. A) Kart over foreslåtte vann typer i region Norskehavet Nord (G) basert på modellerte faktorer. Til sammenlikning B) dagens vann typeinndeling (2019). Ikke alle vann typer eksisterer i alle regioner.



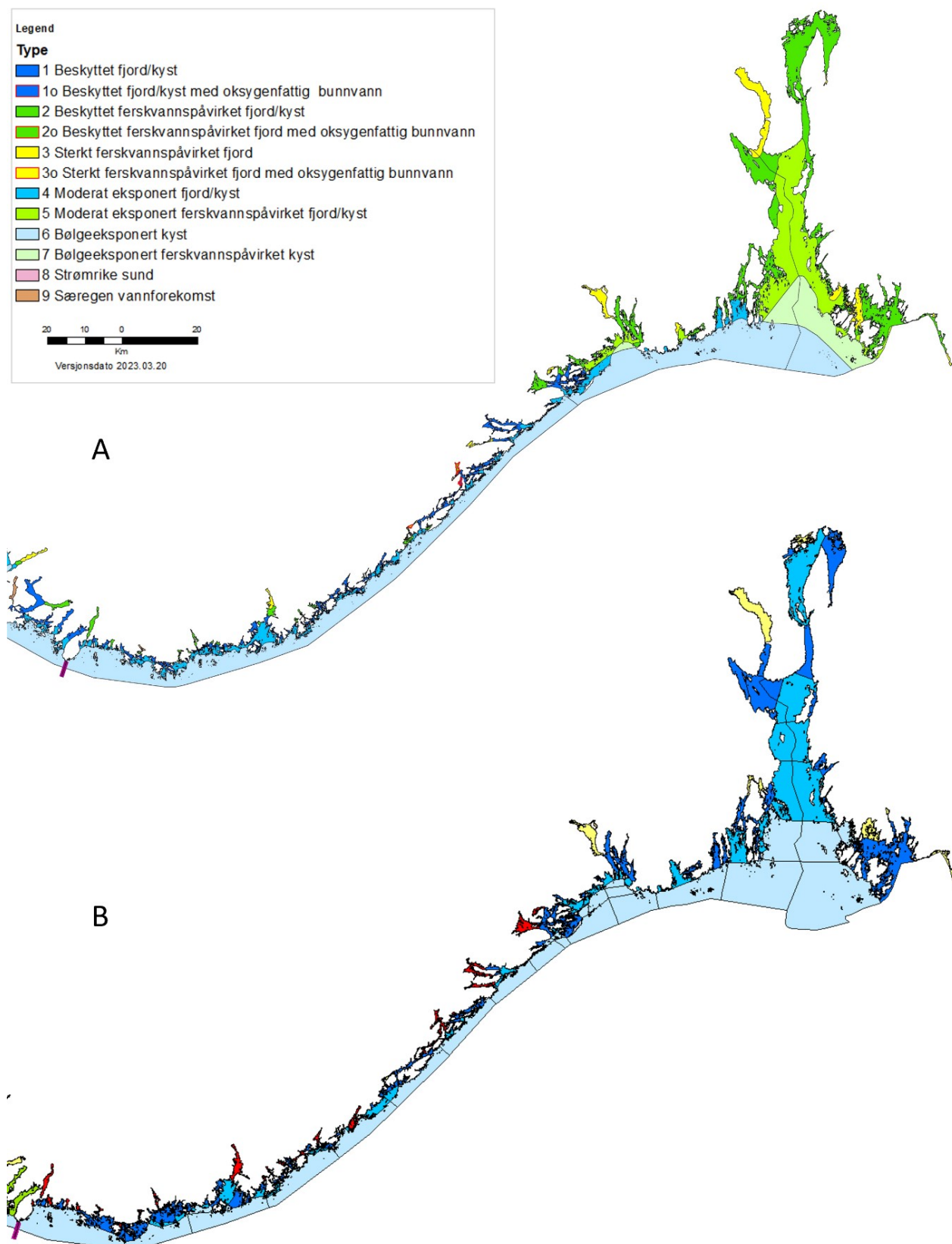
Figur 34. A) Kart over foreslåtte vanntyper i region Norskehavet (H) basert på modellerte faktorer. Til sammenlikning B) dagens vanntypeinndeling (2019). Ikke alle vanntyper eksisterer i alle regioner.



Figur 35. A) Kart over foreslåtte vann typer i region Nordsjøen Nord (M) basert på modellerte faktorer. Til sammenlikning B) dagens vann typeinndeling (2019). Ikke alle vann typer eksisterer i alle regioner.



Figur 36 . A) Kart over foreslåtte vann typer i region Nordsjøen Sør (N) basert på modellerte faktorer. Til sammenlikning B) dagens vann typeinndeling (2019). Ikke alle vann typer eksisterer i alle regioner.



Figur 37. A) Kart over foreslåtte vanntyper i region Skagerrak (S) basert på modellerte faktorer. Til sammenlikning B) dagens vanntypeinndeling (2019). Ikke alle vanntyper eksisterer i alle regioner.

4.4 - Konsekvenser av ny vanntypeinndeling for løpende vannovervåking

Vannkvalitet overvåkes gjennom Miljødirektoratets nasjonale Økokystprogram. Dagens program (2021) har 221 stasjoner fordelt på vannsøyle, hardbunn (makroalger), ålegress og bunnfauna. Opplysninger om Økokyst-stasjonene er hentet fra konkurransegrunnlag av 2021, og hver stasjon ligger i en definert vanntype basert på dagens typologi. Endring i typologi får derfor konsekvenser for naturtilstand til de biologiske kvalitetselementene.

En gjennomgang viser at forslag til ny marin typologi får konsekvenser for 87 av 221 Økokyst-stasjoner. Oversikt er vist i Tabell 10. Det er sannsynlig en feil i stasjonsgrunnlaget som er årsak til at stasjon HR169 og HR164 er feilplassert i Tabell 10.

Det er usikkert i hvilken grad forslag til ny typologi får konsekvenser for interkalibrerte stasjoner og vanntyper (jfr. Tabell 3).

Det fleste endringer er som følge av endret geografisk utbredelse av «Bølgeeksponert kyst», «Moderat eksponert kyst» og «Beskyttet kyst/fjord», og fjorder som tidligere ble definert som «Beskyttet kyst/fjord» nå er definert som «Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst». Endring fra «Åpen eksponert kyst» til «Bølgeeksponert kyst» er uten konsekvens eller betydning, og det er ingen tungtveiende grunner til navnebytte, kun praktiske årsaker under arbeidets gang.

Tabell 10 . Oversikt over endringer på stasjonsnivå som følge av nye definisjon av vanntyper, både geografisk utstrekning og vannkriterier.

Stasjons nr	Stnavn	Dagens typenr	Dagens vanntype	Foreslått ny vanntype
HR95	Tana	B1	Åpen eksponert kyst	Moderat eksponert fjord/kyst
BR42	Tanafjorden	B2	Moderat eksponert kyst/ fjord	Bølgeeksponert kyst
BR46	Kvænangen ytre	B2	Moderat eksponert kyst/ fjord	Bølgeeksponert kyst
BR96	Varangerfjorden	B2	Moderat eksponert kyst/ fjord	Beskyttet fjord/kyst
HR92	Dego (Deaigu)	B2	Moderat eksponert kyst/ fjord	Bølgeeksponert kyst
HR93	Krøkebærneset	B2	Moderat eksponert kyst/ fjord	Bølgeeksponert kyst
HR96	Pelsneset	B2	Moderat eksponert kyst/ fjord	Beskyttet fjord/kyst
HR97	Kalevatn	B2	Moderat eksponert kyst/ fjord	Beskyttet fjord/kyst
HT104	Holmengrå	B2	Moderat eksponert kyst/ fjord	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst
HT105	Styggbukta	B2	Moderat eksponert kyst/ fjord	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst
VR24	Tanafjorden	B2	Moderat eksponert kyst/ fjord	Bølgeeksponert kyst
VR4	Kvænangen ytre	B2	Moderat eksponert kyst/ fjord	Bølgeeksponert kyst
BR118	Reisafjorden ytre	B3	Beskyttet kyst/fjord	Moderat eksponert fjord/kyst
BR41	Langfjorden	B3	Beskyttet kyst/fjord	Moderat eksponert fjord/kyst
HR160	Nyheim	B3	Beskyttet kyst/fjord	Moderat eksponert fjord/kyst
HR167	Vika	B3	Beskyttet kyst/fjord	Moderat eksponert fjord/kyst
VR56	Reisafjorden ytre	B3	Beskyttet kyst/fjord	Moderat eksponert fjord/kyst
VR7	Langfjordnes	B3	Beskyttet kyst/fjord	Moderat eksponert fjord/kyst
HR100	Brasneset	B4	Ferskvannspåvirket beskyttet fjord	Beskyttet fjord/kyst

Stasjons nr	Stnavn	Dagens typenr	Dagens vanntype	Foreslått ny vanntype
HR101	Oterneset	B4	Ferskvannspåvirket beskyttet fjord	Beskyttet fjord/kyst
HR161	Vindneset	B4	Ferskvannspåvirket beskyttet fjord	Beskyttet fjord/kyst
HR168	Lian	B4	Ferskvannspåvirket beskyttet fjord	Beskyttet fjord/kyst
HR169	Rødmannseset	B4	Ferskvannspåvirket beskyttet fjord	Bølgeeksponert kyst. G1 se HR164
HR75	Sandnes	B4	Ferskvannspåvirket beskyttet fjord	Beskyttet fjord/kyst
HT182	Langnes	B4	Ferskvannspåvirket beskyttet fjord	Sterkt ferskvannspåvirket fjord
VR57	Storbukta	B4	Ferskvannspåvirket beskyttet fjord	Beskyttet fjord/kyst
BT10	Skrovsvedet	G2	Moderat eksponert kyst/ fjord	Bølgeeksponert kyst
BT9	Molldøra	G2	Moderat eksponert kyst/ fjord	Beskyttet fjord/kyst
HR164	Davisitneset	G2	Moderat eksponert kyst/ fjord	Beskyttet fjord/kyst. B4 se HR169
HR172	Heimerneset	G2	Moderat eksponert kyst/ fjord	#N/A Pos mangler
HT76	Spira	G3	Beskyttet kyst/fjord	Moderat eksponert fjord/kyst
HR165	Kjosen	G4	Ferskvannspåvirket beskyttet fjord	Beskyttet fjord/kyst
HR175	Okseneset	G4	Ferskvannspåvirket beskyttet fjord	#N/A Pos mangler
HR70	Aursfjorden	G4	Ferskvannspåvirket beskyttet fjord	Beskyttet fjord/kyst
HT73	Kavernes	G4	Ferskvannspåvirket beskyttet fjord	Beskyttet fjord/kyst
VT43	Kongsbakkneset	G4	Ferskvannspåvirket beskyttet fjord	Beskyttet fjord/kyst
HR112	Herfjord	H2	Moderat eksponert kyst/ fjord	Beskyttet fjord/kyst
HR46	Vikane	H2	Moderat eksponert kyst/ fjord	Bølgeeksponert kyst
BR12	Skinnabrokleia	H3	Beskyttet kyst/fjord	Moderat eksponert fjord/kyst
HR49	Dimnanes	H3	Beskyttet kyst/fjord	Moderat eksponert fjord/kyst
VT71	Skinnabrokleia	H3	Beskyttet kyst/fjord	Moderat eksponert fjord/kyst
HR158	Ledangholman	H4	Ferskvannspåvirket beskyttet fjord	Beskyttet fjord/kyst
VT42	Korsfjorden	H4	Ferskvannspåvirket beskyttet fjord	Beskyttet fjord/kyst
HT183	Sula	M2	Moderat eksponert kyst/ fjord	Bølgeeksponert kyst
BT117	Hamneset	M3	Beskyttet kyst/fjord	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst
BT124	Djupeviki	M3	Beskyttet kyst/fjord	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst
HT168	Kjekeneset	M3	Beskyttet kyst/fjord	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst
HT169	So2-Kyrkjebø	M3	Beskyttet kyst/fjord	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst
HT185	Søre Dingenet	M3	Beskyttet kyst/fjord	Moderat eksponert fjord/kyst
VT16	Kykjebø	M3	Beskyttet kyst/fjord	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst
BT131	Innenfor Lyranset	N3	Beskyttet kyst/fjord	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst
BT133	Fusafjorden	N3	Beskyttet kyst/fjord	Moderat eksponert fjord/kyst
BT136	Jøsenfjorden	N3	Beskyttet kyst/fjord	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst
HT38	Løfallstrandi	N3	Beskyttet kyst/fjord	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst

Stasjons nr	Stnavn	Dagens typenr	Dagens vanntype	Foreslått ny vanntype
VR49	Jøsenfjorden ytre	N3	Beskyttet kyst/fjord	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst
VR50	Jøsenfjorden indre	N3	Beskyttet kyst/fjord	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst
VT52	Kvinnheradfjorden	N3	Beskyttet kyst/fjord	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst
VT53	Tveitneset	N3	Beskyttet kyst/fjord	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst
VT75	Fusafjorden	N3	Beskyttet kyst/fjord	Moderat eksponert fjord/kyst
VT8	Hidlefjorden	N3	Beskyttet kyst/fjord	Moderat eksponert fjord/kyst
HR26	Eikelandsfjorden	N4	Ferskvannspåvirket beskyttet fjord	Beskyttet fjord/kyst
BT135	Hjelmeland	N5	Sterkt ferskvannspåvirket beskyttet fjord	Beskyttet fjord/kyst
HR105	Aua	S1	Åpen eksponert kyst	Moderat eksponert fjord/kyst
VT68	Jomfrulandsrenna	S1	Åpen eksponert kyst	Moderat eksponert fjord/kyst
ZR6	Homborøya	S1	Åpen eksponert kyst	Moderat eksponert fjord/kyst
ZT28	Tromlingene	S1	Åpen eksponert kyst	Beskyttet fjord/kyst
BT80	Bastøy	S2	Moderat eksponert kyst/ fjord	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst
HT194	Gullholmen	S2	Moderat eksponert kyst/ fjord	Moderat eksponert ferskvannspåvirket fjord/kyst
VT2	Ytre Oslofjord	S2	Moderat eksponert kyst/ fjord	Moderat eksponert ferskvannspåvirket fjord/kyst
VT65	Missingen	S2	Moderat eksponert kyst/ fjord	Bølgeeksponert ferskvannspåvirket kyst
ZR1	Hesnessund	S2	Moderat eksponert kyst/ fjord	Beskyttet fjord/kyst
BT128	Håøyfjord	S3	Beskyttet kyst/fjord	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst
BT71	Hvitsten	S3	Beskyttet kyst/fjord	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst
HR15	Tregde	S3	Beskyttet kyst/fjord	Moderat eksponert fjord/kyst
HT113	Tromøya N	S3	Beskyttet kyst/fjord	Moderat eksponert fjord/kyst
HT176	Brattholmen	S3	Beskyttet kyst/fjord	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst
HT178	Risøyodden	S3	Beskyttet kyst/fjord	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst
VT10	Breiangen vest	S3	Beskyttet kyst/fjord	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst
VT66	Håøyfjord	S3	Beskyttet kyst/fjord	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst
VT67	Breviksfjorden	S3	Beskyttet kyst/fjord	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst
ZR3	Nørholmkilen	S3	Beskyttet kyst/fjord	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst
ZT30	Hovekilen	S3	Beskyttet kyst/fjord	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst
ZT33	Sømskilen	S3	Beskyttet kyst/fjord	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst
HT175	Gleodden	S6	Naturlig oksygenfattig fjord	Moderat eksponert fjord/kyst
HT177	Store Arøya	S6	Naturlig oksygenfattig fjord	Moderat eksponert ferskvannspåvirket fjord/kyst
VT50	Topdalsfjorden	S6	Naturlig oksygenfattig fjord	Beskyttet ferskvannspåvirket fjord/kyst
HR106	Tvillingholmen	S7	Strømrikt sund	Moderat eksponert fjord/kyst

5 - Oppsummering

I dette arbeidet utredes ny inndeling av kystvann i vanntyper under vannforskriften - marin typologi - med formål å revidere dagens vanntypeinndeling. Begrunnelsen for å dele vann inn i ulike vanntyper karakterisert ved fysiske og kjemiske faktorer (egenskaper), ligger i vannforskriftens mål om at vannkvalitet skal fastsette basert på biologiske kvalitetselementer og mer spesifikt, på deres respons på eutrofi (overgjødning). Teorigrunnlaget er at fysiske og kjemiske faktorer setter abiotiske rammer for naturlig forekomst og balanse mellom arter i en vanntype, og det beregnes (fastsettes) en referansetilstand for planteplankton, makroalger, ålegress og bunnfauna i hver vanntype. Relevante abiotiske faktorer som karakteriserer en vanntype, ble identifisert i det felles europeiske arbeidet for implementering av vannforskriften (vannrammedirektivet) i Europa (Tabell 1).

Natur i Norge (NiN, <https://naturinorge.artsdatabanken.no>) er en norskutviklet verktøykasse for å beskrive natur på en sammenlignbar måte og i november 2023 ble NiN 3.0 publisert. Typeinndeling i NiN er basert på variasjon i artssammensetning betinget av miljøforholdene. Miljøforholdene beskrives med «lokale komplekse miljøvariabel» og «regionale miljøvariable». Vannforskriften og NiN har følgelig flere fellestrekk, og det har vært en målsetning i arbeidet å harmonisere de to systemer. NiN er friere til å velge miljøvariable, mens vannforskriften har et definert sett av kategoriske miljøfaktorer. Begge system legger vekt på regionale sirkulasjonssystemer og sammenhenger mellom temperatur og saltholdighet.

Brukererfaring med vannforskriften (innført ved lov av 2006) har vist at det er feil og mangler i dagens typologi og følgelig behov for en justering eller revisjon. For eksempel baserer dagens vanntypeinndeling seg på Fjordkatalogens geografiske inndeling av kysten i fjordavsnitt og ikke ut fra abiotiske faktorer som temperatur og saltholdighet. Vanntypen "Ferskvannspåvirket beskyttet fjord" er ikke definert i Skagerrak, da hele Skagerrak er karakterisert som ferskvannspåvirket. Men dette stemmer dårlig med reelle forhold og gir mulighet for feil i fastsetting av vannkvalitet.

Dette forslaget til ny marin typologi er bygget på modellerte miljøfaktorer ved bruk av verktøyene NorKyst800 (modellvektøyet ROMS; saltholdighet, temperatur, strømhastighet, lagdeling) og SWAN (bølgehøyde), se kap. 2. Begge er anerkjente verktøy som brukes verden over. Men verktøyene har også en klar begrensning med hensyn til formålet, i det vektøyenes oppløsning på henholdsvis 800 x 800 m og 500 x 500 m blir for grovt sammenholdt med norskekystens store heterogenitet med holmer, skjær og smale sund. I praksis betyr det at mange smale fjorder, strømrike sund og skjærgårdsområder ikke "eksisterer" i modellvektøyet og er ikke med i det modellerte resultatet. Denne begrensningen er her løst gjennom ekspertvurdert skjønn av sannsynlig vanntype i vannforekomster som "mangler" i det modellerte resultatet. Havforskningsinstituttet har en fjordmodell med 160 x 160 m oppløsning (NorKyst160, og noen områder også 32 x 32 m), men jo finere oppløsning jo større datakraft og maskintid kreves. Utbredelse av brakkevann (saltholdighet i 0 m dyp) ble modellert med NorKyst160, men det ligger til framtiden å kunne kjøre en nasjonal kystmodell med denne oppløsning.

Den valgfrie faktoren «vannets oppholdstid (i innestengte bukter)» lot seg ikke modellere med dette verktøyet. Vannets oppholdstid påvirker spesielt oksygen i bunnvann, som kontinuerlig fornyes og forbrukes. Lang oppholdstid på bunnvann før periodisk vannutskifting, betyr dårlige oksygenforhold i bunnvannet og dårlige levevilkår for bunnfaunaen. Dette kan være naturlig eller også menneskeskapt. Det må være et mål i framtiden å kunne modellere vannutskifting og bunnvannets oppholdstid, slik at målt oksygen i bunnvannet kan sees i sammenheng med tilførsler og vannutskifting. I dette arbeidet ble det bestemt at vannforekomster med «naturlig oksygenfattig bunnvann» skulle hentes fra naturbase.no og dette kartlaget ble importert inn i prosjektets GIS-løsning.

Naturbase.no inneholder 122 fjorder eller basseng identifisert som «Fjorder med naturlig lavt oksygeninnhold i bunnvannet». Ved gjennomgang av disse «fjorder» er det sådd tvil om alle er naturlig oksygenfattige, blant annet basert på at «fjordens» dyp i mange tilfeller er grunn og terskelen relativt dyp, slik at sannsynlig vannutskiftning er stor. Det ble også funnet stor forskjell mellom naturbase og identifiserte fjorder med oksygenfattig bunnvann i dagens typologi. Siden oksygen i bunnvann er en kritisk parameter, anbefales en ekspertgjennomgang, eventuelt sammen med innsamling av bunnprøver, for å avgrense vannforekomster med naturlig lavt oksygeninnhold i bunnvannet.

I dagens typologi er «Naturlig oksygenfattig bunnvann» en egen vanntype. Brukererfaringer har vist at dette ikke fungerer etter hensikten, da tilstanden kun har betydning for dypvannet og bunnfauna. Vanntypen «Naturlig oksygenfattig bunnvann» i dagens typologi inneholder ikke informasjon om miljøforholdene i overflatevannet som bestemmer levevilkårene for makroalger, ålegress og planteplankton. Med fravær av bunnfauna, blir disse biologiske kvalitetselement desto viktigere for å fastsette vannkvalitet etter vannforskriften. Det foreslås her en løsning hvor «naturlig oksygenfattig bunnvann» ikke er en egen vanntype, men en "merknad" eller en tilleggsopplysning til en vanntype karakterisert ved vannkvaliteten i overflatevannet (gjennomsnitt 0-10 m dyp).

I arbeidets progresjon ble de modellerte resultatene fortløpende diskutert med og vurdert av en prosjektgruppe sammensatt av personer på direktoratsnivå, siden formålet var å komme fram til et resultat som kunne implementeres i norsk vannforvaltning. De første modellerte resultatene ble vurdert som "for utfordrende" for praktisk bruk i vannforskriftssammenheng. Spesielt var det vanskelig å forstå hvordan en egen vanntype midtfjords i de store fjordene (Sognefjorden, Hardangerfjorden, Oslofjorden, jfr. Figur 22 og Figur 24) skulle forstås og anvendes i en forvaltningssammenheng etter vannforskriften. Det var også utfordrende å forstå økologisk betydning av modellert vertikalstratifisering (lagdeling) i kontekst til måleparametere for de biologiske kvalitetselementene. Da tettheten i overflatevann og bunnvann i dype norske fjorder generelt er stor, er det lite tetthetsstyrt vertikal omrøring. Samtidig viser kystovervåking at sirkulasjonsegenskaper og lagdeling har stor betydning for oppblomstring av planteplankton. Som resultat ble den modellerte faktoren "statifisering" (jfr. beregning vist i kap. 3.2.4) tillagt mindre vekt i karakterisering av nye vanntyper.

Det ble også gjennomført en helhetlige, landsdekkende statistisk analyse av de modellerte miljøfaktorene, uten å dele kysten opp i kategoriske økoregioner (kap. 3.4). Den analysen viste at modellert vanntyper kan grupperes i regioner som er forskjellig fra dagens økoregioner, spesielt i nord. Modellerte vanntyper i Finnmark, Troms og Lofoten (nordsiden) ble funnet å ha stor likhet i vannkvalitet (Figur 30) og var tydelig forskjell fra modellerte vanntyper i Nordland og på sørsiden av Lofoten. Det indikerer at Barentshavet (B) og Norskehavet Nord (G) kan slås sammen til en økoregion og at grensen mot Norskehavet Sør (H) kan trekkes gjennom Lofoten. I dag tilhører vannforekomster sør for Lofoten sør til Bodø økoregion Norskehavet Nord, mens modellert vannkvalitet viser at disse vannforekomster bør tilhøre Norskehavet Sør (H). I premissene for utredning av ny marin typologi lå økoregioner fast og forslag til nye vanntyper er tegnet inn på et blankt kartgrunnlag med 6 økoregioner. Det var utfordrende, og er kanskje feil, å definere like kyst- og fjordvanntyper nord og sør for Lofoten i økoregion Norskehavet Nord (G).

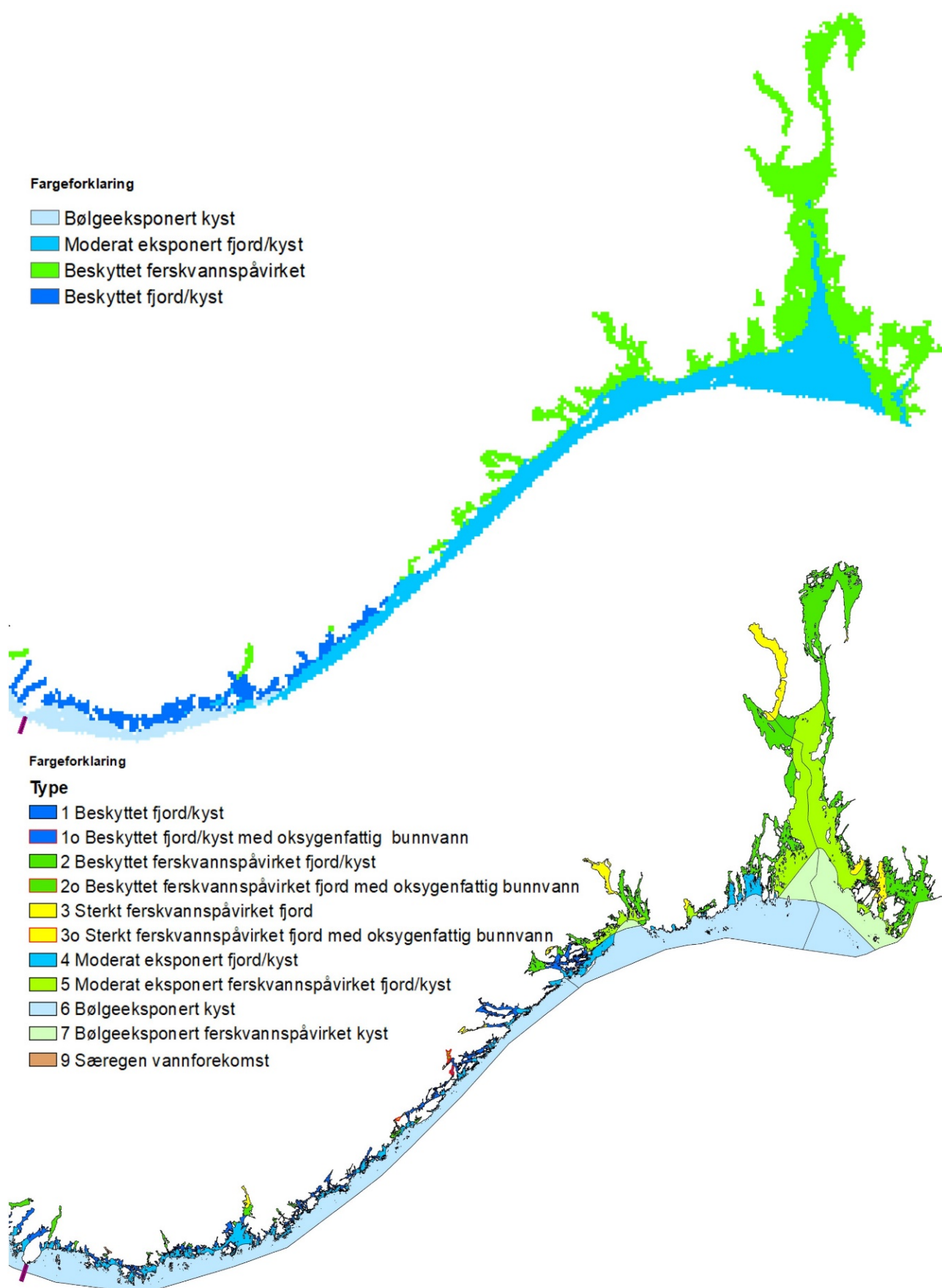
Vannforskriften har kategoriske miljøvariable med definerte grenseverdier som for saltholdighet (euhalin, polyhalin, mesohalin) eller ikke-definerte grenseverdier som for bølgeeksponering (ekstremt eksponert til svært beskyttet, se Tabell 1). Modellert gjennomsnittlig saltholdighet i 0-10 m dyp falt alle i kategoriene euhalin (>30) eller polyhalin (18-30) (Figur 5 og Figur 6). For å synliggjøre brakkvann (<18) ble modellert saltholdighet i 0 m dyp lagt til grunn, da brakkvann flyter som et tynt lag på toppen av saltere sjøvann og blir usynlig når gjennomsnitt av 0-10 m beregnes. Modellert bølgeeksponering (Figur 12, Figur 13 og Figur 14) viser at de tre sterkeste eksponeringsklassene generelt forekommer kun på åpent hav. I denne utredningen har vi slått disse

sammen til kategorien «bølgeeksponert kyst». I forslag til ny marin typologi er det brukt 3 styrkegrader på bølgeeksponering som i dagens typologi, og modellert bølgehøyde for "bølgebeskyttet" = 0 - 0,35 m, for "moderat beskyttet" = 0,35 - 0,6 m og "bølgeeksponert" er modellert bølgehøyde over 0,6 m.

Den største utfordringen med dagens typologi er knyttet vanntyper i Skagerrak, hvor vanntypen "Ferskvannspåvirket beskyttet fjord" ikke er definert. Skagerrak var også den mest utfordrende regionen med hensyn til å geografisk avgrense nye vanntyper. De modellerte resultatene vist i Figur 22, Figur 30 og Tabell 7, identifiserte kun 4 vanntyper i Skagerrak ved at de 6 modellerte vanntyper (Tabell 7) reduseres til 4 ved bruk av kategoriske klasser for saltholdighet og eksponeringsnivåer (Figur 38 øvre panel). Basert på brukererfaring fra dagens typologi, ble 4 vanntyper vurdert å gi en for grov inndeling. Det ble derfor foretatt en ekspertvurdering av de modellerte faktorene og det ble lagt vekt på bølgeeksponering og saltholdighet for inndeling i vanntyper. Først ble modellert bølgeeksponering (bølgehøyde) geografisk avgrenset i Skagerrak og ovenpå dette ble saltholdighetsklasser tegnet inn. Det resulterte i at både moderat og bølgeeksponert ferskvannspåvirket vann ble identifisert i Skagerrak (Figur 38, nedre panel). I alt 7 vanntyper ble identifisert i Skagerrak (ikke medregnet «Særegen vannforekomst»), og dette vurderes å gi en god og dekkende beskrivelse av de faktiske forhold.

Basert på en slik ekspertvurdering med hensyn til geografiske avgrensing av 7 vanntyper, ble en tilsvarende gjennomgang utført for alle økoregionene og lagt til grunn for justering av geografiske grenser mellom identifiserte vanntyper. Nasjonalt ble, i tillegg til de 7 vanntyper, også vanntypen "Strømrike sund" definert av geografisk avgrenset. Ikke alle 8 vanntyper finnes i alle 6 økoregioner og tilsammen ble 35 vanntyper karakterisert og identifisert.

Hovedleveransen fra dette arbeidet er en kartdatafil (shapefil og egenskapstabell, ArcGIS 10) hvor foreslåtte nye vanntyper er tegnet inn på et "blankt" økoregionkart over Norge. Kartavgrensing ble avsluttet desember 2022 og datafiler ble levert til Miljødirektoratet. En feil i kartfilen for Nordsjøen Nord ble oppdaget og korrigert i oppdatert leveranse mars 2023. Forslag til ny marin typologi er lik med kart presentert regionsvis i Figur 32 til Figur 37.



Figur 38. Sammenlikning mellom modellerte vanntyper (øvre panel, jfr. Figur 30) og ekspertvurdert bruk av de modellerte miljøfaktorer med vekt på bølgeeksponering og saltholdighet (nedre panel).

6 - Referanser

Albretsen J, Sperrevik AK, Sandvik AD, Asplin L (2011) NorKyst-800 Report No. 1 User Manual and technical descriptions. https://www.hi.no/resources/publikasjoner/fisken-og-havet/2011/fh_2-2011_til_web.pdf

Alve E, Hess S, Bouchet V M, Dolven J K, Rygg B (2019). Intercalibration of benthic foraminiferal and macrofaunal biotic indices: an example from the Norwegian Skagerrak coast (NE North Sea). *Ecological Indicators*, 96, 107-115.

Asplin L, Albretsen J, Johnsen IA, Sandvik AD (2020) The hydrodynamic foundation for salmon lice dispersion modeling along the Norwegian coast. *Ocean Dynamics* 70, pp. 1151–1167. <https://doi.org/10.1007/s10236-020-01378-0>

Booij N, Ris R & Holthuijsen L (1999) A third-generation wave model for coastal regions 1. Model description and validation, *J. of Geophys. res.* 104(C4), 7649- 7666.

COAST 2003. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) Guidance Document No 5 Transitional and Coastal Waters. Typology, Reference Conditions and Classification Systems. Working Group 2.4 - COAST

Dalsøren S, Albretsen J, Asplin L (2020) New validation method for hydrodynamic fjord models applied in the Hardangerfjord, Norway. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 246, <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.107028>

Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vannforskriften (2018) Vedlegg til 02:2018 Klassifisering av miljøtilstand i vann, 146 sider, <https://www.vannportalen.no/veiledere/02-2018-vedlegg-til-veileder-klassifisering-av-miljotilstanden-i-vann.pdf>

Egbert GD, Erofeeva SY (2002) Efficient Inverse Modeling of Barotropic Ocean Tides. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 19, 183204.

Fjordkatalogen. <https://kartkatalog.miljodirektoratet.no/MapService/Details/fjordkatalogen>
<https://kartkatalog.miljodirektoratet.no/Dataset/Details/501>

Hartigan JA & Wong MA (1979) A K-means clustering algorithm. *Applied Statistics* 28:100–108

Hess S, Alve E, Andersen TJ, Joranger T (2020). Defining ecological reference conditions in naturally stressed environments—How difficult is it?. *Marine environmental research*, 156, 104885.

van Leeuwen S, Tett P, Mills D, van der Molen J (2015) Stratified and nonstratified areas in the North Sea: Long-term variability and biological and policy implications, *J. Geophys. Res. Oceans*, 120, 4670–4686

Legendre P & Legendre L (2012) *Numerical ecology*, 3rd English edition. Elsevier Science BV, Amsterdam.

Lien VS, Gusdal Y, Albretsen J, Melsom A, Vikebø FB (2013) Evaluation of a Nordic Seas 4 km numerical ocean model hindcast archive (SVIM), 1960-2011. *Fisken og Havet* 7/2013. https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/113861/FoH_7-2013.pdf?sequence=1

Lien VS, Gusdal Y, Vikebø, FB (2014) Along-shelf hydrographic anomalies in the Nordic Seas (1960–2011): locally generated or advective signals? *Ocean Dynamics* 64: 1047.

<https://doi.org/10.1007/s10236-014-0736-3>

Moy F, Bekkby T, Cochrane S, Rinde E, Voegelé B. 2003. Marin karakterisering. Typologi, system for å beskrive økologisk naturtilstand og forslag til referansenettverk. NIVA-rapport 4731-2003.

Oksanen J, Blanchet FG, Friendly M, Kindt R, Legendre P, McGlinn D, Minchin PR, O'Hara RB, Simpson GL, Solymos P, Stevens MHH, Szoecs E, Wagner H (2018) *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.4-6

Ramos E., Juanes J.A., Galván C., Neto J.M., Melo R., Pedersen A., Scanlan C., Wilkes R., van den Bergh E., Blomqvist M., Kroup H., Heiber W., Reitsma J.M., Ximenes M.C., Silió A., Méndez F. and B. González. 2011. Coastal waters classification based on physical attributes along the NE Atlantic region. An approach for rocky macroalgae potential distribution. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*

Vannforskriften (2006). Forskrift om rammer for vannforvaltningen

<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2006-12-15-1446>

Vannportalen. Rapport om gjennomføring av vanndirektivet. [Rapporter om gjennomføringen av vanndirektivet - Vannportalen](#)

Veileder 02:2013, revisjon 2015. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Vannportalen 2018.

Veileder 01:2018. Karakterisering. Metodikk for å karakterisere og vurdere miljømålsopnåelse etter vannforskriftens § 15. Vannportalen 2018.

Veileder 02:2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Vannportalen 2018.

Walday, M., Borgersen, G., Gitmark, J. K., Engesmo, A., Staalstrøm, A., Gran, S. and Eikrem, W. (2023) Revisjon av kystvannsdelen av veileder 02: 2018. NIVA-rapport 7856-2023. 57 sider, <https://hdl.handle.net/11250/3066354>



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Postboks 1870 Nordnes

5817 Bergen

Tlf: 55 23 85 00

E-post: post@hi.no

www.hi.no