

November 2017

Rapporten fra

“International evaluation of the Danish marine models”

Baggrunden

Den danske miljømålslov (2003) skulle især implementere EU's vandrammedirektiv (2000) og habitatdirektiv (1992), men også fuglebeskyttelsesdirektivet og skaldyrvandedirektivet (begge 1979). Loven foreskriver udarbejdelse af regionale vandplaner.

I forbindelse med Folketingets vedtagelse af ”Fødevarer- og Landbrugspakken” (2015-16) nedsattes et internationalt ”panel” af fagligt kompetente forskere fra Sverige, Norge, Finland, Tyskland og Holland (Nederlandene).

Panelet skulle foretage en videnskabelig ”*evaluering af kvælstofmodeller bag vandområdeplanerne*”. Resultatet skal bruges ved udvikling af grundlaget for krav i de nye vandplaner for 2021-2027 (”3. generation”).

Panelets rapport (10. oktober 2017) baseres på den danske RBMP¹-rapport, ”*Development of models and methods to support the establishment of Danish River Basin Management Plans, Scientific documentation*” (Udvikling af modeller og metoder til understøttelse for fastlæggelse af danske vandplaner, Videnskabelig dokumentation), maj 2017. Forfatterne er fra Århus Universitets ”DCE” (Nationalt Center for Energi og Miljø, tidligere Danmarks Miljøundersøgelser) og DHI (Institut for Vand og Miljø, et GTS-institut), som her sammenskriver flere tidligere rapporter.

I Panelets indledende spørgsmål til DCE/ DHI om deres rapport indgår bl.a.: ”*Både panelet og interessenterne savner motivering for det fundamentale valg af at fokusere alene på reduktion af N-udledninger fra det åbne land som middel til at forbedre vandkvaliteten. Situationen er kompleks, da der er rigelige beviser for, at algevækst i mange systemer begrænses af et samspil mellem N (kvælstof) og P (fosfor), med visse sæson-variationer. Desuden kan N-fiksering i Østersøen forværre dette problem og ophæve virkningen af N-reduktions-foranstaltningerne, hvor der er overskud af P.*”

(Both the panel and the stakeholders miss a justification of the fundamental choice to focus exclusively on reduction of (diffuse) N sources as the main means to improve water quality. The situation is complex, as there is ample evidence that in many systems there is co-limitation of phytoplankton growth by N and P, with some seasonal pattern in most systems. In addition, N fixation in the Baltic may aggravate the problem and undo N reduction measures where ample P is available.)

Inden færdiggørelsen af Panelets rapport 10. oktober 2017 blev den forelagt bl.a. landbrugets organisationer, DCE og DHI samt diverse ”NGO'er” i høring 19. september - 2. oktober 2017, for bemærkninger og spørgsmål.

Den endelige rapport er stort set uændret i forhold til hørings-udgaven.

¹) River Basin Management Plan

1. Indledningen.

Panelet skriver, at danske miljøforskere bør justere deres modeller, og derpå publicere deres arbejde i internationalt anerkendte videnskabelige tidsskrifter, for at hævde den danske førerposition på området.

Det anføres, at forskningen i årtier har været gennemført i nært samarbejde med administrationen (Miljøministeriet og dets styrelser). For at undgå forvirring og misforståelser anbefales det, at ministeriet udarbejder klare kommissorier og valg af indikatorer.

Panelet udtrykker derpå håbet om, at interessenternes og forskernes fremsatte synspunkter vil kunne opbygge tillid mellem dem og bidrage til et godt resultat.

2. Om overensstemmelse med vandrammedirektivet

Det nævnes, at direktivets typer for overfladevand omfatter åer, søer, overgangsvande og kystvande, men at "kunstige eller stærkt modificerede vandområder" også er en mulighed.

Det påpeges, at Danmark har valgt at slå overgangsvande sammen med kystvande til én type, så et fiske-"BQE" (biologisk kvalitets-element) ikke er nødvendigt.

Vandrammedirektivet foreskriver national fastsættelse af type-specifikke reference-tilstande for typer af overflade-vandområder (*surface water body types*). Reference-tilstandene kan enten være geografisk (*spatially*) baserede, bygge på modellering eller en kombination heraf.

Danmark har valgt modellering og en basislinie ved år 1900, da der ikke findes uberørte områder. Panelet godkender dette, da det er bedre end alene et ekspert-skøn (*expert judgement*).

I den danske RBMP-rapport valgtes indikatorerne klorofyl a (et mål for bladgrønt), "Kd" (et mål for vandets gennemsigtighed) og et indeks for bund-organismer. Desuden nogle sekundære indikatorer til brug for den statistiske modellering (se afsnit 4).

Panelet kritiserer, at de danske modeller lægger alt for stor vægt på Kd, som kun er et indirekte mål for bundplanter og alger, og derfor ikke et direkte mål for udbredelsen af ålegræs.²

Ydermere er Kd ikke uafhængigt af klorofyl a, og er ikke som dette, og dybdegrænsen for ålegræs, "interkalibreret" (sat i forhold til svenske og tyske farvande).

Panelet kritiserer, at de fleste modelberegninger for N-målsætning kun baseres på klorofyl a og Kd, hvor Kd er et utilstrækkeligt mål for ålegræs.

Panelet anfører, at eutrofierings³-problemer skal betragtes som et samspil mellem næringsstoffer og mange andre stress-faktorer: Kemisk forurening, invasive arter, habitat-ændringer, fiskeri m.v., og at disse ikke bør betragtes som additive faktorer, men netop i et samspil.

3. Typologi for kystvande

Panelet kritiserer, at de mange danske fjorde skæres over én kam (*are represented by only one target value*), selv om der er store individuelle forskelle: "Konsekvensen er en stor og ikke

²) Ålegræs er ikke en art af tang (makroalger) men en blomsterplante, der periodevis begrænses af naturlige sygdomme.

³) overgødsknings-

videnskabeligt underbygget variation i de krævede udledningsreduktioner for de enkelte vandområder.”

Der udtales rosende ord om det omfattende danske monitoringsprogram (over 90 målestationer i de i alt 119 vandområder). Dog med det forbehold, at flere store østjyske fjorde kun har én målestation, selv om de er opdelt i flere vandområder.

Til sammenligning anføres, at Tyskland har udarbejdet 35 specifikke klorofyl a-referencer og målværdier alene for sine baltiske vandområder.

Panelet skriver, at monitoringsprogrammet muliggør individuelle klorofyl a-referencer og -målværdier for de enkelte vandområder. Det anbefales kraftigt, at dette gennemføres, da *”Danmark er et af de få europæiske lande, hvor der foreligger tilstrækkelige data, ekspertise og modeller for en så omfattende fremgangsmåde.”*

4. Brugen af ålegræs og Kd som miljø-indikatorer

Det påtales, at ålegræs indtager for stor en rolle som indikator, selv om der i f.eks. Odense Fjord er store forekomster af andre undersøiske blomsterplanter, som ifølge vandrammedirektivet også skal tages i betragtning.

Panelet understreger endvidere, at der ikke er lineær sammenhæng mellem lysintensitet og Kd, hvorfor det lys, der når bunden, kan afvige signifikant (statistisk sikkert) fra, hvad der er beregnet via brug af Kd.

Derfor finder Panelet det usandsynligt, at brug af Kd som eneste indikator kan dække alle betingelserne for genopretning af ålegræsset.

Panelet finder kun ringe sammenhæng mellem Kd og N-belastning i årets løb, og ingen reel ændring (*no material changes*) set over flere år, trods ændret N-belastning. Dette understøttes af *DHI’s mekanistiske model*⁴, som ikke kan reproducere de (ca. år 1900) observerede Kd-reference-værdier ved at modellere reference-belastninger for år 1900.

Heller ikke *DCE’s statistiske modeller*⁵ eller analyser for perioden 1990 - 2013 synes i stand til at vise, at Kd skulle have en stærk afhængighed af næringsstofudledninger.

Selv om DCE’s model synes at vise en sammenhæng mellem de gennemsnitlige værdier for klorofyl a og Kd, ser Panelet ingen fælles udvikling af disse to indikatorer i perioden 1990 - 2012.

Panelet konkluderer, at både klorofyl a og Kd er udtryk for eutrofierings-effekter, men at klorofyl a er en mere pålidelig indikator end Kd.

DHI’s model vurderer, hvor meget af afstanden mellem mål og tilstand, der kan nås ved N-reduktion, og korrigerer for dette ved beregningen af reduktionskrav. Panelet finder dette passende, og at det ikke fører til uforsvarlig overvurdering af nødvendige krav.

Det fremhæves, at DCE’s model for nogle vandområder medfører krav om langt over 100 % reduktion af N-udledningen for at bringe Kd ned under målværdien. Endvidere, at dette søges løst ved at ”oversætte” dette til mere realistiske krav, f.eks. 75 % reduktion, hvor modellen kræver over

⁴) i det følgende omtalt som DHI’s model eller DHI-modellen.

⁵) i det følgende omtalt som DCE’s model eller DCE-modellen.

200 % reduktion. De danske forskere argumenterer med, at dette er et ekspert-skøn (*expert judgement*).

Panelet skriver: *"Trods spørgsmål til forskerne har panelet ikke været i stand til at finde (discover) logikken bag denne oversættelse."* Panelet finder, at dette indfører et unødvendigt element af vilkårlighed, der står i kontrast til generelt erfaringsbaserede løsninger, og derfor udsætter hele proceduren for uproduktiv kritik.

Her henviser Panelet i øvrigt til afsnit 7, hvor det påvises, at målværdierne heller ikke med DHI-modellen i alle tilfælde kan opnås ved reduktion af landbaserede N-udledninger (landbruget). Derfor foreslår panelet, at de to modeller "harmoniseres" ved at inkorporere DHI-modellens metoder i DCE-modellen.

Panelet anbefaler, at man i det videre arbejde genovervejer det hele og starter med den basale observation, at det reelle kriterium ikke er Kd, men derimod overlevelse og genopretning af vandblomsterplanterne (og ikke alene ålegræs).

Pga. Kd's utilstrækkelighed og dets høje korrelation med klorofyl a foreslår Panelet at "nedveje" Kd i de afsluttende beregninger af reduktionskrav: Der bør bruges et vejet gennemsnit af indikatorerne Kd og klorofyl a, fremfor de to hver for sig.

Panelet er overrasket over, at DCE-modellen omfatter indikatorer, der ikke indgår i DHI-modellen: 1) Iltsvind, 2) økologiske tegn på iltsvind pga. næringsstoffer, 3) klorofyl samt 4) antal dage, hvor N begrænser væksten af planteplankton. Dette mindsker sammenligneligheden og troværdigheden af de følgende gennemsnitsbetragtninger, f.eks. ved meta-modellering⁶.

Desuden påpeges, at meta-modellering baseret på DCE-modellen sommetider omfatter disse ekstra indikatorer, og sommetider ikke.

Panelet citerer DCE's konklusioner om iltsvind i RBMP-rapporten: *"Der er direkte bevis på sammenhæng mellem næringsstofbelastninger og iltkoncentrationer i bundvandet (Markager et al. 2006) og størrelsen af iltvindsområder (Scavia et al. 2003; Christensen et al., submitted). Imidlertid kompliceres disse sammenhænge af en betydelig tidsmæssig forsinkelse og høj følsomhed for klimavariationer såsom vandtemperatur og vindpåvirkning."*

("There is direct evidence for a relationship between nutrient loadings and oxygen concentrations in bottom water (Markager et al. 2006) and the size of hypoxic/anoxic areas (Scavia et al. 2003; Christensen et al, submitted). However, these relationships are complicated by a considerable time lag and a high sensitivity to climate variables like water temperature and wind stress.")

Panelet betvivler brugbarheden af DCE's ekstra indikatorer. Iltsvinds stærke afhængighed af skiftende vejrforhold giver betydelige variationer, der slører effekten af næringsstof-reduktioner. Udover disse problemer påpeges, at det har været nødvendigt at bruge en temmelig vilkårlig opslagstabel for at skønne hvilke næringsstof-reduktioner, der behøves for forbedring af iltsvinds-indikatorerne.⁷

("There is essentially only one (on/off) observation per year. In addition to these difficulties, a rather arbitrary look-up table approach has to be used in order to estimate the required nutrient reduction for improvement in the hypoxia indicators.")

⁶) Modellering ud fra en anden models resultater.

⁷) Tabel 8.7 i RBMP-rapporten.

Sammenfattende finder Panelet, at de ekstra indikatorer i DCE's model ikke bidrager væsentligt til formålet. Panelet anbefaler derfor, at man i stedet bruger DHI-modellen for bedre at kunne studere, hvordan iltsvind kan forbindes direkte med krav om reduceret udledning af næringsstoffer, før det bruges i praksis.

5. Kvælstof kontra fosfor

Dette afsnit behandler spørgsmålet om, hvorvidt forvaltningens krav har været unødigt fokuseret alene på reduktion af N-udledningerne.

Siden 1980'erne har byernes rensningsanlæg drastisk reduceret P-udledningerne, hvilket forbedrede vandkvaliteten betydeligt. Derpå koncentreredes opmærksomheden om landbrugets N-udledninger, da man mente, at N var den begrænsende faktor for væksten af planteplankton i de kystnære farvande.

Imidlertid er der i de senere år en stigende opmærksomhed på mere komplicerede samspil og dynamikker, såsom N-fiksering og P-frigørelse fra havbunden. Flere studier viser, at P tit er den begrænsende faktor om foråret, med variationer fra sted til sted. Derfor finder Panelet, at reduktion af P-udledningerne kunne være relevant i flere områder.

Basis for alle RBMP-rapportens beregninger er indikatorerne klorofyl a og Kd i sommerens løb. Dette har potentielle implikationer for, at man udelukkende har fokuseret på N-reduktioner.

Panelet mener, at indikatorer alene for sommerforholdene er for restriktivt et grundlag, bl.a. fordi der senere kan udløses P-frigivelse fra havbunden.

Endvidere påpeges, at den udvalgte periode for DCE-modellen er 1990-2013, dvs. efter 1980'ernes store udvikling af byernes rensningsanlæg, som gav store reduktioner af P-udledningen. Derfor kan DCE-modellen have maskeret P's rolle.

DCE-modellen giver en skævhed i retning af N: *"Overalt, hvor N vælges som den dominerende variabel, ses der bort fra en mulig P-afhængighed, fordi P ikke længere betragtes som en sekundær uafhængig variabel. Og hvis P vælges som dominerende variabel, bruges regressionsmodellen ikke. Således sker der ikke yderligere undersøgelser af den mulige indflydelse af reduceret P-belastning eller kombinationer af N- og P-reduktion."*

DHI-modellen inkluderer alle de relevante processer for både N og P samt kombinationer af begge. Men fokuseringen er hovedsagelig på N-scenarier, og de få scenarier, der også omfatter P-reduktion, er ikke detaljerede eller optimale for undersøgelse af P-reduktions virkning.

Det konkluderes, at resultaterne (*the evidence*) ikke er stærke nok til at udelukke P-reduktion eller kombinerede N/P-reduktioner som middel til at reducere års-gennemsnit for klorofyl og ilt-krav for sedimentet.

6. Statistisk modellering (DCE-modellen)

Modellens vigtigste resultater er kurverne (*slopes*, hældningskoefficienter) for sammenhængen mellem N-belastning og indikatorerne klorofyl a og Kd. Kurverne er kun beregnet, hvor N blev valgt som den vigtigste uafhængige variabel.

Panelet påpeger, at ”Der opgives ingen formel usikkerhedsanalyse af modellen som helhed, eller variansvurdering af de estimerede parametre (især ikke vedr. kurven for N-belastnings-indikatoren).”

I modsætning til danske forskere sætter Panelet spørgsmålstegn ved (*In contrast to the researchers, however, the Panel questions*) den valgte metode, der blander to statistiske metoder. Dette antyder også (*leads to the suggestion*), at N-belastning i nogle systemer overhovedet ikke var involveret som årsag til klorofyl a og Kd.

Det anføres, at i systemer, hvor N valgtes som vigtigste bestemmende faktor, kan mulige sekundære effekter af P ikke vises, og er slettet. Imidlertid er den vigtigste konsekvens, at dette kan føre til skævheder i (*biased*) beregning af kurver og ”MAI” (*maximum allowable input*, nedenfor forstået som ”max. tilladelige udledning”).

Panelet finder ingen begrundelse for beregning af indikatorers korttids-afhængighed (år til år) af næringsstoffer, da der forekommer betydelige variationer i tilløb af ferskvand. Derfor skal der fokuseres mere på langtids-kurver og samspil mellem systemer.

Afslutningsvis godkender Panelet dog den fortsatte brug af både DCE’s statistiske og DHI’s mekanistiske modellering, fordi de exceptionelt mange indsamlede danske data muliggør evidens-baseret kontrol af sidstnævnte. Imidlertid anbefales, at de to modeller holdes mere adskilt og uafhængige.

Der anbefales en formel usikkerhedsanalyse af DCE-modellen, og Panelet gentager mistanken om skævheder i de beregnede kurver og referenceværdier pga. valget af variable.

7. Mekanistisk modellering (DHI-modellen)

Panelet finder, at modellen (modellerne) er ganske omfattende, inkluderer alle de relevante processer samt adskiller forskellene i klorofyl a, Kd og næringsstoffer mellem de enkelte vandtyper.

(Der følger en del komplicerede teoretisk/statistiske betragtninger).

Modellen synes at overvurdere uorganisk P (fosfat) om sommeren i nogle områder, men generelt er der god overensstemmelse mellem modelleret og observeret planktonvækst (*primary production*).

Panelet konkluderer, at DHI-modellen er klart ”*state-of-the-art*”, dvs. det nyeste og bedste på området, og resultaterne af en høj standard. Klorofyl a, Kd og næringsstoffer modelleres nøjagtigt på tværs af vandområde-typer, og beregninger af hydrodynamikken synes fremragende.

Svagest er næringsstof-beregningerne i ”IDW”-modellen (Østersøen op til Skagerrak), hvor fosfat synes overvurderet sommer eller tidligt efterår, og N overvurderet om vinteren.

N-reduktions-scenarierne er relevante og passende opstillet, men P-reduktions-scenariet er ikke tilstrækkeligt beskrevet til, at det kan vurderes, om det kan danne basis for udelukkende at fokusere på N.

Afslutningsvis nævnes, at det vil være yderst værdifuldt at udstrække DHI-modellerne til at omfatte så mange vandområder som muligt.

8. Beregningsmåder for estimering af MAI fra model-resultater

Panelet skriver, at *"det er ikke let at følge og afveje de forskellige trin i beregningen af maximum allowable input, MAI (max. tilladelige udledning) for vandområderne."*

(Der følger en del komplicerede teoretisk/statistiske betragtninger).

Som et resultat af gennemsnitsberegninger kan der opstå N-reduktionskrav på over 100 %, og det er uklart, hvordan dette problem løses.

Der påpeges også problemer med forklaringen/forståelsen af andre trin i anvendelsen af gennemsnits-beregninger som basis for reduktionskrav.

Mest problematisk finder Panelet gennemsnitsberegninger af klorofyl a -referenceværdier på tværs af modeltyper og inden for vandområdetyper. Dette kan give for stor fokusering på ét system og for lille fokusering på et andet, og føre til både økonomisk og økologisk tab af effektivitet.

Panelet finder gennemsnits-procedurerne så usikre, at de bør udsættes til allersidste trin, så de to modellers beregninger er uafhængige, indtil den endelige sammenligning og valget af strategi.

Panelet foreslår at udelade de (i afsnit 4 omtalte) ekstra indikatorer af DCE-modellen, da de er stærkt korrelerede med klorofyl a. Derved kan de to modelberegninger lettere sammenlignes.

En anden potentiel uoverensstemmelse mellem de to modeller er, at kun DHI-modellen explicit viser, hvor meget af forskellen mellem tilstand og målsætning der kan nås alene ved at reducere danske N-udledninger fra land.

Panelet mener, at meta-modelleringen (se afsnit 4) for Nordsø-vandområder er mindre pålidelig end for de øvrige vandområder, da den baseres på dristige ekstrapolationer. Der anbefales flere studier af Nordsø-vandområderne for at forbedre de estimerede reduktionskrav.

9. Evaluering af MAI-resultaterne

MAI er definitionen på (af) den årlige næringsstofbelastning (her N), der er acceptabel for at kunne holde et kystvandområde i "god økologisk status" i henhold til vandrammedirektivet, eller tillade tilbagevenden dertil.

For at opnå god økologisk status, især for Fyn og Jylland, kræver den danske RBMP-rapport langt større reduktioner end de 3 %, der er stipuleret i den seneste HELCOM-aktionsplan for Østersøen. Den danske rapport kræver for hele landet en reduktion på 29-34 %, afhængigt af den valgte model.

RBMP-rapporten bruger år 1900 som reference, og Panelet finder dette velunderbygget. Imidlertid har arealernes anvendelse og befolkningens størrelse og bosætning undergået store forandringer siden da, og byerne udledte allerede dengang betydelige mængder urensset spildevand. Fastlæggelse af regionale MAI'er ud fra historiske forhold er derfor vanskelig, især for områder med store ændringer.

Som nævnt i afsnit 3 finder Panelet ikke, at den valgte danske typologi tilstrækkeligt afspejler de individuelle forhold i de mange danske fjorde og kystvande. Målsætningen for især indikatoren klorofyl a varierer derfor ikke tilstrækkeligt, og konsekvensen er mindre pålidelige vandområde-specifikke MAI'er. Dette kan give for store reduktionskrav i nogle vandområder, og for små i andre.

Som nævnt i afsnit 4 er sammenhængen mellem Kd i kystvande og ekstern næringsstofbelastning sommetider meget svag. Desuden har dette forskellige konsekvenser for - og behandles forskelligt i - DCE- og DHI-modellerne. Kd brugt i DCE-modellen giver derfor sommetider umulige N-reduktionskrav på over 100 %. Yderligere reagerer Kd kun langsomt på N-reduktioner, data varierer meget, og Kd viser korrelation med klorofyl a.

Alt i alt betragter Panelet Kd som en mindre egnet indikator i mange danske kystvandområder. Stor vægt på Kd i MAI-beregning vil give usikre vandområde-specifikke MAI'er, og bør undgås. I RBMP-rapporten bruges sommetider ekstra indikatorer i DCE-modellen, men Panelet ser ingen større fordel herved m.h.t. MAI; de ekstra indikatorer tilfører ikke væsentlig ny information, og de viser ikke korrelation med de eksisterende indikatorer.

Generelt finder Panelet, at DHI-modellen har et godt potentiale for beregning af vandområde-specifikke MAI'er, men den dækker endnu ikke alle vandområder.

DCE-modellen er baseret på reelle måledata, og kan for de fleste kystvandområder være værdifuld til vurdering af både langtidstendenser og DHI-modellens resultater.

(The statistical modelling is based on real monitoring data, and in most coastal water bodies it can serve as a valuable tool to assess long-term trends as well as the mechanistic model performance.)

Beregningen af vandområde-specifikke MAI'er er kompleks og ikke helt overbevisende. Mest problematisk er gennemsnitsberegning af klorofyl a -referenceværdier på tværs af begge modeller og indenfor kystvandstyper. Dette har også negative konsekvenser for meta-modellerede vandområder.

Panelet anfører, at det har læst og er enig i mange af interessenternes udtrykte bekymringer vedr. MAI'erne.

Beregning af vandområde-specifikke MAI'er har dog én stor fordel: Det tillader udvikling af vandområde-specifikke valgmuligheder for forvaltningen. Derfor bør kystvands- og hav-modeller kombineres med vandområde-modeller. Hvis sidstnævnte kan give månedlige data for næringsstofbelastningen, kan der udvikles scenarier, som tager "højde" for de sæsonmæssige udledninger, m.h.p. kost-effektiv forvaltning.

Sammenfattende finder Panelet ikke, at vandområde-specifikke MAI'er er tilstrækkeligt pålidelige som basis for beslutning og planlægning af foranstaltninger til reduktion af næringsstofbelastningen. Endvidere tager MAI kun sigte på N-reduktioner, og ser bort fra muligheden af at forvalte vandområder via reduktion af P-belastningen.

Imidlertid finder Panelet, at Danmark råder over modeller, kompetencer og data til at møde udfordringen om at beregne vandområde-specifikke MAI'er. Selv en modificeret behandling af eksisterende model-resultater kan måske føre til meget mere pålidelige MAI'er.

10. Samlende vurdering og konklusioner

I sammenligning med mange andre europæiske lande har Danmark udmærkede databaser, modeller og videnskabelig ekspertise.

Panelet har analyseret konsekvenserne af at bruge en relativt grov typeinddeling af de danske kystvande for beregning af referencetilstande, målsætninger og MAI.

Panelet konkluderer, at den grove typeinddeling har ført til reduktionskrav, der ikke er optimale for de enkelte vandområder. Det anbefales, at der i hele den videnskabelige proces fokuseres på de enkelte vandområder, og at regional gruppering først sker ved udarbejdelsen af de forvaltningsmæssige krav.

Klorofyl a er nyttig som indikator for planteplankton, mens Kd ikke er optimal som indikator for bundplanter og -tang. De andre indikatorer, der kun bruges i DCE-modellen, giver metodiske problemer, og er ikke modne til inddragelse i forvaltningsplanerne. Panelet ser dog en lovende udvikling i modelleringen for bundvegetationen, og har fremsat anbefalinger i denne henseende.

Panelet godkender RBMP-rapportens vægt på reduktion af N-udledninger fra det åbne land, men vurderer principielt også, at P-reduktion og sæsonmæssig N-reduktion kunne spille en rolle.

(In view of the large efforts in the past to remove P load from point sources, the Panel endorses the emphasis placed in the Scientific Documentation Report on reducing N loads from diffuse sources. However, at least in principle, there could be an additional role for P load reduction and for seasonal regulation of the N load.)

Panelet finder, at disse muligheder fortjener yderligere videnskabelig undersøgelse, især i områder, hvor der kræves store N-reduktioner.

Skønt opretholdelse af to parallelle modeller (DCE's og DHI's) kan synes overflødig, tilslutter Panelet sig dette, da mængden af data giver unikke muligheder for erfaringsbaseret check af DHI-modellens resultater.

Panelet vurderer DHI-modellen som "state-of-the-art" (det nyeste og bedste på området), men understreger, at uafhængige kontroldata samt usikkerhedsanalyser fortsat er nødvendige, og kan fås fra DCE-modellen. Forbedring af DCE-modellen kan optimere denne sammenhæng.

Panelet godkender den generelle logik bag udledning fra modellerne af reference- og målværdier samt beregning af N-reduktionskrav, men har fundet adskillige punkter, hvor der er brugt gennemsnitsberegninger. Dette fører bl.a. til indbyrdes afhængighed mellem modellerne, komplicerer proceduren og gør den vanskeligt forståelig. Intet af dette var nødvendigt, da databasen og model-resultaterne tillader en fuldt gennemskuelig udledning af de vandområde-specifikke reduktionskrav.

Sammenfattende har Panelet en positiv vurdering af, at reduktionskravene er baseret på **solid** videnskabelig erfaring og modellering på et generelt højt niveau.

Panelet ser meget positivt på, at der næsten ikke indgår ekspert-meninger (*near lack of expert judgment*). Panelet mener, at i de få tilfælde, hvor sådant forekommer, er det unødvendigt, og kan fjernes.

Det generelle niveau (landsgennemsnit) af reduktionskravene svarer godt til uafhængige tiltag i lignende områder, og synes at være et **robust** mål for nødvendige tiltag.

På den anden side vurderer Panelet, at den arealmæssige (spatial) fordeling af de krævede foranstaltninger er **unødvendigt grov**. Panelet er overbevist om, at de rige databaser, kombineret med en **forbedret statistisk fremgangsmåde** (DCE) og den højopløsnings-mekanistiske modellering (DHI), kan føre til forbedrede vandområde-specifikke MAI'er.

Med den nuværende videnskabelige indsigt godkendes det synspunkt, at de foreslåede samlede reduktioner er **nødvendige**, men det kan ikke garanteres, at de vil være **tilstrækkelige**. Især for bundvegetationen kan yderligere tiltag blive nødvendige.

11. Anbefalinger for det videre forløb

Monitering:

Det danske monitoringsprogram med 90 målestationer ved kysterne og i havet er meget omfattende, og generelt godt tilpasset vandrammedirektivets krav. Det danner basis for yderligere udvikling af modellerne og de fleste beregninger, og er nødvendigt for vurdering af midlernes effekt, og om direktivets mål er nået.

Panelet anbefaler opretholdelse af programmet på fuld styrke samt vurdering af, om en vandområde-specifik forvaltning kræver flere målestationer.

Typologi:

Der er svagheder i afspejlingen af de enkelte fjordes egenskaber. Derfor anbefaler Panelet, at der beregnes referencetilstande for hvert enkelt af de 119 vandområder. Danmark er et af de få lande, hvor nødvendige data, ekspertise og modeller muliggør en så omfattende fremgangsmåde.

Derved kan målsætninger og vandområde-specifikke MAI'er optimeres og minimere spild af ressourcer. Tillige kan en "robust typologi" danne basis for "interkalibrering" (sammenligning med andre EU-lande).

Valg af indikatorer:

Klorofyl a er en generelt accepteret indikator, mens Kd som mål for bundvegetationen har visse begrænsninger. Panelet anbefaler at bygge på nyere ålegræs-modelleringer for udledning af bedre indikatorer, og kun i mellemtiden lade Kd være en slags stedfortræder (*proxy*).

Panelet anbefaler at udelade DCE-modellens ekstra indikatorer (iltsvind, økologiske tegn på iltsvind pga. næringsstoffer, klorofyl samt antal dage, hvor N begrænser væksten af planteplankton). De angår vigtige økologiske spørgsmål, men er ikke "modne", da de mangler "kvantitativ relation" til næringsstof-belastningen. I stedet anbefales udvikling af målrettet modellering, der kan inkorporeres i indikator-systemet.

Statistisk modellering:

Panelet ser stor værdi i opretholdelsen af to uafhængige modeller, men anbefaler, at DCE-modellen reorienteres hen imod optimal vurdering af indikatorernes langtidsafhængighed af næringsstoffer i en analyse på tværs af systemer. Det anbefales at betragte både N- og P-belastning som "forklarings-variable."

Panelet anbefaler, at der arbejdes videre med usikkerheds-analyser af DCE-modellen, og at dette lettes ved en avanceret kryds-modellering af de to systemer.

Mekanistiske modeller:

DHI-modellen er "state-of-the-art" (det nyeste og bedste på området), både m.h.t. talbehandling og de brugte modeller, som kraftfulde værktøjer for en sund videnskabelig basis for vandrammedirektivets implementering.

Men modellerne dækker ikke alle vandområder, hvorfor der er brugt forskellige metoder til definition af referencetilstande, mål og MAI i forskellige vandområder.

Panelet anbefaler udstrækning af DHI-modellen til så mange vandområder som muligt for at sikre, at ensartede metoder i fremtiden kan bruges for definition af vandområde-specifikke MAI'er.

Metoder for udledning af mål og MAI fra modellerne:

Panelet anbefaler forenkling af beregningsmetoderne ved at fjerne gennemsnitsberegninger mellem modeller, indikatorer, vandområder og -typer, samt mellem regionale vandområder. Derved kan forskelle og ligheder mellem disse klargøres og analyseres.

Kryds-tjek af resultaterne fra de to modeller kan danne basis for ekstrapolering til alle systemer.

Panelet anbefaler, at der udledes ét MAI pr. vandområde, og at der først i senere faser træffes beslutning om regionale gennemsnit eller grupperinger, når de videnskabelige resultater omsættes til forvaltnings-foranstaltninger.

Interaktioner mellem vandområder:

Vandområde-modeller muliggør beregning af mulige N-og P-reduktioner for hvert enkelt vandområde, udvikling af vandområde-specifikke N- og P- reduktions-scenarier samt vurdering af omkostningerne.

Ydermere tillader vandområde-modellerne fokusering på sæsonvariationer i næringsstofbelastningen og begrænsnings-mønstre (*seasonal load and limitation patterns.*)

Panelet anbefaler en kombination af vandområde- og kystvande-modeller for udvikling af en vandområde-specifik optimeret forvaltning, der omfatter både N og P.

International indfaldsvinkel:

Vandrammedirektivets tekniske implementerings-vejledning foreskriver ensartede fremgangsmåder i alle medlemslande, hvorfor krav, modellering og udfordringer også ligner hinanden.

Vandrammedirektivet kræver, at målene ”interkalibreres” og ”harmoniseres” med nabolande.

Derfor anbefaler Panelet en koordineret, fælles videnskabelig indsats især mellem Danmark, Tyskland og Sverige.

--

Dette notat er udarbejdet af lic.agro. Knud Larsen, der har en fortid som forsker i Almen Genetik og Landbrugets Plantekultur ved Landbohøjskolen og ved Plant Breeding Institute, Cambridge. Desuden har Knud Larsen været fuldmægtig i Fiskeriministeriet, Landbrugsministeriet og Fødevareministeriet.