

Metoder til opgørelse af næringsstofpåvirkning fra havbrug i VRD områder

Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 6. juli 2017

Forfattere: Marie Maar og Karen Timmermann

Institut for Bioscience

Rekvirent: Miljøstyrelsen, MFVM

Antal sider: 9

Faglig kommentering: Stiig Markager

Kvalitetssikring, centret: Lars Moeslund Svendsen



AARHUS
UNIVERSITET

DCE - NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Tel.: +45 8715 0000
E-mail: dce@au.dk
<http://dce.au.dk>

Baggrund

De danske vandområdeplaner indeholder målbelastninger for kvælstoftilførsler fra dansk opland. Målbelastningerne er et udtryk for den maksimale tilførsel af kvælstof fra dansk side, som understøtter vandrammedirektivets (VRD) målsætning om opnåelse af mindst god økologisk tilstand.

Ved etablering af havbrug i havområder udenfor VRD vandområderne kan en del af det kvælstof og fosfor som udledes fra havbrug blive transporteret ind i VRD områderne og påvirke miljøkvaliteten negativt.

Muslingeopdræt er blevet foreslået som et marint virkemiddel, der kan bruges til at kompensere for øgede kvælstof og fosfor tilførsler. Princippet bag muslingeopdræt som virkemiddel er at muslinger optager og binder næringsstoffer via deres indtag af plankton. Næringsstoffer bundet i muslingevæv, fjernes fra det marine miljø når muslingerne høstes.

Miljøstyrelsen har bedt DCE om at beskrive og vurdere hvordan påvirkningen (pga næringsstofudledning) fra havbrug kan opgøres og hvorledes størrelsen af en evt kompensation ved hjælp af muslingebrug kan opgøres. Dette notat beskriver fire forskellige metoder til beregning af kompensationsbehov pga. næringsstofudledninger fra havbrug.

Beregningsmetoder

Nedenfor skitseres 4 metoder til hvordan påvirkning fra et havbrug kan opgøres. Metoderne er baseret på hhv. 1) den mængde TN/TP der udledes fra et havbrug, 2) Den mængde TN/TP udledt fra havbrug, som tilføres et VRD område ("brutto tilførsel") 3) Den mængde TN/TP udledt fra havbrug som tilbageholdes i et VRD område ("netto tilførsel") og 4) Den stigning i klorofylkoncentration, som skyldes udledning af TN/TP fra havbrug. Kompenseringen dimensioneres ud fra den beregnede påvirkning fra havbruget og der ved bliver dimensioneringen af en evt. kompensering afhængig af hvilken metode, der anvendes til beregning af påvirkning fra havbrug. I beskrivelse af metoderne er det forudsat, at havbruget placeres udenfor VRD områder og at kompenseringen som hovedregel placeres i VRD områder, med mindre andet er beskrevet. Da kompensation ved brug af muslinger fjerner andre former af N og P end der udledes fra havbrug, kan f.eks TN udledt fra havbrug ikke direkte sammenlignes med TN fjernet via kompensationen. I skitseringen af beregningsmetoderne ser vi dog bort fra dette.

I skitseringen af metoderne er der fokuseret på kvælstof (TN), men tilsvarende beregninger kan laves for fosfor (TP)

I tabel 1 er en samlet oversigt over og vurdering af de 4 forskellige beregningsmetoder

Kompensering af TN mængde udledt fra havbrug

Kompensationsopdræt dimensioneres på baggrund af den mængde TN, som udledes fra et havbrug, således at der i dimensioneringen af kompensationsbehov ikke indregnes en evt. fortynding og biogeokemisk fjernelse. Ved fuld kompensering dimensioneres kompensationsopdræt så den udledte mængde af TN (og/eller TP) fra havbrug kompenseres 1:1 eller mere. Ideelt set skal

kompensations-opdrættet placeres så tæt på som muligt på havbruget for at opnå en tæt kobling mellem udledninger og kompensation. Ved placering af kompensationsanlæg udenfor VRD områder i tæt kontakt med havbruget kan man (teoretisk) tilstræbe 1) at N og P fra havbrug ikke transporteres ind i VRD områder og 2) at partikulært N og P fra muslingerne deponeres udenfor VRD områder. Den direkte kobling er dog oftest ikke praktisk muligt af flere årsager. For det første så synker det partikulære materiale fra havbruget meget hurtigt til bunden indenfor en radius af <60 m og muslingerne kan kun nå at opfange en lille del (Nielsen, Saurel et al. 2015). Det betyder, at der stadig sker en ophobning af organisk materiale under havbrugene med dertil hørende iltforbrug etc. For det andet, så vil de udledte opløste næringsstoffer først skulle optages af fytoplankton, for derefter at kunne blive fjernet af muslingerne. Da havbruget ofte ligger i strømrigt vand, vil næringsstoffer og fytoplankton hurtigt blive transporteret væk fra havbruget i forskellige retninger afhængigt af strømforholdene (Nielsen et al. 2015). Derudover kan det være svært at finde plads til opdrætsanlæg tæt på havbruget og samtidigt skal anlægget kunne klare en stor eksponering fra strøm og bølger.

Af flere årsager er det imidlertid ofte u hensigtsmæssigt at placere kompensationen i tæt fysisk kontakt med havbruget. I stedet kan kompensationen placeres i nærliggende vandområder f.eks. med mere optimale lokale miljø- og produktionsforhold (Nielsen et al. 2015). Kompensationsopdræt skal derfor i denne sammenhæng forstås som en fjernelse af TN og TP udledt fra havbrug andetsteds end direkte ved havbruget. Fx kan opdrættet placeres i påvirket vandområde til havbruget, hvor det samtidig kan afhjælpe eutrofieringsproblemer og bidrage mest til at forbedre havområdet. Med mindre der foretages transport beregninger, vil man dog ikke have viden om, hvilke vandområder, der påvirkes af næringsstofudledninger fra havbrug.

Beregninger af kompensationsbehov baseret på den TN og TP mængde som udledes fra havbruget er primært baseret på målinger og dermed rimelig sikker. Den udledte mængde svarer imidlertid ikke nødvendigvis til den mængde som VRD områderne påvirkes af. Hvis der kompenseres 1:1 eller mere på den udledte mængde TN og TP og kompensationen lægges i tæt fysisk kontakt med havbruget, vil der (teoretisk set) ikke være en miljøeffekt af havbrug i VRD områder. Lægges kompensationen i et VRD område vil der være effekt af muslingebruget i form af bl.a. reduceret klorofyl koncentration og forbedret sigtdybde, men også en øget akkumulering af organisk materiale under anlæggene. Ved fuld (eller mere) kompensation vil der (teoretisk set) ikke være miljøeffekter i VRD områder pga. havbrug, men effekter pga. kompensationen, såfremt disse placeres i VRD områder.

Kompensering af bruttotilførsel

Kompensationsopdrættet placeres i det første påvirkede vandområde og dimensioneres ud fra den akkumulerede mængde TN fra havbruget, der strømmer ind i vandområdet. Denne bruttotilførsel kan enten beregnes som udledning af en tracer fra havbruget med eller uden biogeokemiske tab undervejs fra havbruget til VRD vandområdet (fx fast tabsrate for begravelse og denitrifikation) i en 3D hydrodynamisk model eller som en fuld 3D økosystem model, som medtager omsætningen og omdannelsen af næringsstoffer undervejs i økosystemet.

Kompensering af bruttotilførslen er konsistent med metode benyttet i vandplaner og kan sammenlignes med målbelastning og til dels sammenlignes med tilførsler fra land, dog under hensyntagen til VRD områdets afstand fra kilden og sæson. Da kompensationen foregår i det påvirkede VRD område er der en direkte sammenhæng mellem den øgede TN tilførsel fra havbrug og N fjernelsen ved høst af muslinger, som er målbar. Beregninger af bruttotilførsler kræver hydrodynamisk model med en passiv tracer eller en hydrodynamisk-biogeokemisk model til beregning af TN tilførsel i et vandområde, som er behæftet med en vis usikkerhed. Endvidere vil transporten afhænge af strøm (dvs. vind og vejr) og sandsynligvis med stor år-til-år variation.

Da der kun kompenseres for den TN mængde som ender i et VRD område forventes arealbehovet til kompensation at være mindre end ved kompensering af "udledt mængde". Desuden kan der være en lokal miljøgevinst ved forbedring af vandets klarhed og reduktion i klorofylkoncentrationen omkring muslingebruget.

Kompensering af nettotilførsel

Muslingebrug dimensioneres således at den høstede mængde TN modsvarer den mængde TN fra havbrugsproduktionen, der strømmer ind i et vandområde minus den mængde TN, der strømmer ud af området igen, dvs. tilbageholdelse af TN i vandområdet. Denne nettotilførsel kan enten beregnes som udledning af en 'tracer' med eller uden tab undervejs (fx fast tabsrate for begravelse og denitrifikation) fra havbruget i en 3D hydrodynamisk model eller som en fuld 3D økosystem model, som medtager omsætningen og omdannelsen af næringsstoffer undervejs i økosystemet. En beregningsmetode baseret på netto tilførsler er ikke konsistent med metoden benyttet i vandplaner og der vil ikke være sammenhæng mellem den øgede TN tilførsel fra havbrug og TN fjernelsen ved høst af muslinger (dvs. presfaktoren øges i VRD området). Desuden kan de næringsstoffer som transporteres ud af et vandområde godt have bidraget til eutrofieringen og været omsat flere gange under opholdet indenfor vandområdet og nettotilførsler kan derfor ikke bruges som udgangspunkt for at vurdere miljøeffekter. Det kræver en hydrodynamisk model med tracer eller en hydrodynamisk-biogeokemisk model til beregning af TN tilførsel i et vandområde. Beregninger af Nettotilførsler er behæftet med en væsentligt større usikkerhed end bruttoberegninger. Transporten afhænger af strøm (dvs. vind og vejr) og sandsynligvis med stor år-til-år variation. Desuden vil der være positive (f.eks reduceret klorofyl konc.) og negative (f.eks øget lokal sedimentation) miljøeffekter af selve kompensationsanlægget. Da netto TN tilførslen er væsentligt mindre end både bruttotilførslen og den udledte TN mængde, vil arealbehovet til kompensering være væsentligt mindre end ved de førnævnte metoder. Da kvælstof udledt fra havbrug ikke fjernes i det første vandområde som rammes (noget vil strømme videre) kan flere vandområder påvirkes af kvælstofudledninger, hvilket kan kræve kompensation i flere vandområder, hvilket sandsynligvis ikke er praktisk muligt/hensigtsmæssigt.

Kompensering af øget klorofyl

Muslingebrug dimensioneres ud fra en modelberegnet ændring af klorofyl i et vandområde. Til beregninger af klorofylkoncentrationer benyttes en hydro-

dynamisk-biogeokemisk model. Da klorofyl bruges som et vandkvalitetselement i VRD for god økologisk tilstand vil der med denne metode være en sammenhæng mellem effekten fra havbrug og et af kvalitetselementerne. Imidlertid giver ændringer i klorofyl alene ikke det fulde billede af påvirkningen fra et havbrug, da der også vil ske ændringer i primærproduktion, græsningstrykket og andre dele af økosystemet. Det er ikke umiddelbart muligt at vurdere arealbehovet for kompensering af en øget klorofylkoncentration. Det udledte TN og TP fra havbrug bidrager sammen med de andre kilder til eutrofieringen i et område og det vil ikke være muligt at dokumentere at muslingerne kompenserer for de negative økologiske effekter forårsaget af TN og TP udledninger fra havbrug. Endvidere vil det sandsynligvis være umuligt at gennemføre i praksis da de økologiske effekter af TN udledninger fra havbrug vil fremkomme i forskellige vandområder og variere over tid.

Oversigt over metoder og samlet vurdering

I nedenstående tabel ses en oversigt over de forskellige beregningsmetoder samt en samlet vurdering af metodernes anvendelighed til beregning af påvirkning fra havbrug.

Tabel 1: Sammenligning af metoder for vurdering af miljømæssige effekt fra havbrug placeret udenfor VRD områder på den økologiske tilstand i et VRD område. Tabellen medtager kun TN, men kan ligeledes benyttes for TP.

Hydro = hydrologisk model, Eco = økologisk model.

Metode	Udledt TN fra havbruget	Brutto TN tilførsel	Netto TN tilførsel	Klorofyl
Metode beskrivelse	Måling/beregning af TN udskillelse fra havbrug	Hydro/Eco model til beregning af TN transport til VRD områder for hele året (evt. længere da der kan være en forsinket effekt fra sediment afgivelse af TN og TP).	Hydro/Eco-model til beregning af tilbageholdt TN i et vandområde, dvs TN transport til VRD område minus TN transport ud af VRD område (Der kan integreres over f.eks et år).	Eco-model til beregning af ændring i klorofyl koncentration (f.eks fra Maj til Sept.) i VRD områder
Placering af kompensationsanlæg	Udenfor VRD område/Fysisk tæt på havbrug eller i påvirket VRD område?	I påvirket VRD område	I påvirket VRD område	I påvirket VRD område
Kompensering af	TN udskilt fra Havbrug	TN tilført et VRD område	(TN tilført VRD område) - (N fjernet fra VRD område)	Øget klorofyl mængde (f.eks Maj-sept.)
Kontrol af kompenserende effekt	Vejning af høstede muslinger	Vejning af høstede muslinger	Vejning af høstede muslinger	Beregning via eco model (med farm modul). Ikke muligt at måle/kontrollere resultaterne både inden for en sæson og især de akkumulerede effekter over år.
Mulighed for vurdering af miljøeffekter i VRD områder pga. havbrug	Ja, hvis der sker fuld kompensering tæt på havbrug Nej, hvis kompensering placeres i VRD områder (med mindre transport beregnes)	Kompatibel med metode brugt i vandplaner. Brutto N tilførsel kan sammenholdes med målbelastning og TN tilførsler fra land under hensyntagen til sæson, biotilgængelighed og afstand fra kilden.	Ikke muligt at kvantificere miljøeffekter ud fra netto tilførsel	Ikke muligt at kvantificere miljøeffekter (udover klorofyl)

Metode	Udledt TN fra havbruget	Brutto TN tilførsel	Netto TN tilførsel	Klorofyl
Øges TN presfaktoren i VRD områder ved fuld kompensering?	Nej (teoretisk set), ved placering tæt på havbrug Muligvis, hvis kompensering placeres i VRD område	Nej presfaktoren øges ikke pga. havbrug (over en sæson), men muslinger vil tilbageholde/deponere TN fra andre kilder/vandområder	Ja både pga. havbrug og da muslinger vil tilbageholde/deponere N fra andre kilder/vandområder	Ja både pga. havbrug og da muslinger vil tilbageholde/deponere TN fra andre kilder/vandområder
Vil der være negative miljøeffekter i VRD områder ved fuld kompensering af N?	Nej (teoretisk set) ved placering tæt på havbrug Muligvis, hvis kompensering placeres i VRD område, i det muslingbrug kan tilbageholde TN fra andre kilder som ellers vil passere ud af området. Der vil også være sedimentation af muslingefækalier/organisk stof. Hertil kommer de arealmæssige og visuelle effekter.	Muligvis, hvis kompensering placeres i VRD område, idet muslingbrug kan tilbageholde TN fra andre kilder (f.eks andre vandområder) som ellers vil passere ud af området. Der vil også være sedimentation af muslingefækalier/organisk stof. Hertil kommer de arealmæssige og visuelle effekter.	Muligvis, hvis kompensering placeres i VRD område, i det muslingbrug kan tilbage TN fra andre kilder som ellers vil passere ud af området. Der vil også være sedimentation af muslingefækalier/organisk stof. Hertil kommer de arealmæssige og visuelle effekter.	Muligvis, hvis kompensering placeres i VRD område, i det muslingbrug kan tilbage TN fra andre kilder som ellers vil passere ud af området. Der vil også være sedimentation af muslingefækalier/organisk stof. Hertil kommer de arealmæssige og visuelle effekter.
Areal behov til kompensering	Størst	Mellem	mindst	ukendt
Sikkerhed for beregninger af kompensingsbehov og realiseret kompensering	Stor. Beregninger kan baseres på viden om/data for foderforbrug, fodertype, fisketype mm samt vægt og TN indhold af høstede muslinger. Miljøeffekter af sedimentation af organisk stof samt TP er ikke vurderet	Mellem. Beregninger baseres på model estimat for brutto N tilførsel samt målinger (vægt og TN indhold i høstede muslinger). Der er dog stadig en betydelig usikkerhed i beregningen af transporten mellem anlægget og VRD-området, herunder den akkumulerede effekt over år.	Lille: Beregninger baseres på modelestimat for netto TN tilførsel (som er meget mere usikkert end for bruttotilførsler) samt målinger (vægt og TN indhold i høstede muslinger). De akkumulerede effekter over år er ukendte.	Lille. Beregninger baseres udelukkende på modelestimater. Ikke muligt at beregne realiseret kompensering. De akkumulerede effekter over år er ukendte

Metode	Udledt TN fra havbruget	Brutto TN tilførsel	Netto TN tilførsel	Klorofyl
<p>Vurdering af metodernes anvendelighed</p>	<p>Relevant beregningsmetode, hvis kompensering placeres tæt på havbrug (teoretisk set, er der så ingen N effekt af havbrug i VRD områder)</p> <p>Ikke relevant metode, hvis kompensering sker i VRD områder, idet der ikke umiddelbart er information om hvilke VRD områder der "modtager udledninger"</p>	<p>Relevant metode, da: 1) der er sammenhæng mellem presfaktoren fra havbrug (i form af øget TN tilførsel) og kompenseringen (fjernelse af TN via muslinger), 2) metoden er kompatibel med metoder udviklet i vandplansarbejdet og kan sammenholdes med målbelastningen (under hensyntagen til afstand, biotilgængelighed og sæson) og 3) realiseret kompensering kontrollerbar</p>	<p>Ikke relevant metode da kompensering af netto tilførsler da: 1) det ikke er muligt at vurdere økologiske effekter, 2) ingen sammenhæng mellem presfaktor fra havbrug, effekter og kompensering og 3) svær gennemførlig i praksis. Derudover vil metode lede til, at TN presfaktoren i VRD områder øges.</p>	<p>Teoretisk set en relevant metode da der er sammenhæng mellem TN fra havbrug, øget klorofyl koncentration og kompensering. Den er kompatibel med metoder brugt i vandplansarbejdet, men svær gennemførlig i praksis. Metoden kan ikke sammenholdes med målbelastningen og derudover tager metoden ikke højde for andre økologiske effekter end klorofyl og den realiserede kompensering (filtreret klorofyl) er ikke kontrollerbar</p>

References

Nielsen, P., et al. (2015). Samtidigt opdræt af blåmuslinger og tang i forbindelse med havbrug. DTU Aqua-rapport nr. 297-2015. 297: 1-25.