



Fortyndingspotentialer for medicin og hjælpestoffer ved Danske Havbrug

Danmark og EU investerer i bæredygtig akvakultur.

Projektet er støttet af Fødevareministeriet og EU.

Ministeriet for Fødevarer,
Landbrug og Fiskeri



Den
Europæiske
Fiskerifond



INDHOLDSFORTEGNELSE

1	RÉSUMÉ.....	II
2	INTRODUKTION OG BAGGRUND.....	II
3	METODE OG RESULTATER.....	III
3.1	Fortyndingsberegninger	iii
3.2	Fortyndingspotentiale	v
3.3	Florfenicol	xi
4	KONKLUSION	XIII
5	REFERENCER	XIII

1 RÉSUMÉ

Nærværende notat belyser fortyndingspotentialer for antibiotika og kobber anvendt under havbrugsdrift i Danmark. Formålet med notatet er at identificere evt. problemer ved eksisterende havbrug samt at se på hvilke områder der kan etableres havbrug med en produktion på 2500 tons fisk uden overskridelse af gældende Miljøkvalitetskrav for medicin og hjælpestoffer. Fortyndingspotentialer er beregnet ved at kombinere eksisterende spredningsberegninger, hydrodynamiske strømmodeller og empiriske formler for fortynding i strømmende vand.

Notatet beskriver, fra worst case beregninger, i hvilke områder der kan produceres op til 2.500 ton ørred/året uden overskridelse af de gældende vandkvalitetskriterier for kobber og anvendt antibiotika. Det er typisk i bugter, vige og fjorde at kriterierne potentielt risikerer at blive overskredet.

Derudover beskriver notatet hvor stor en bestand af fisk der kan behandles med florfenicol ved en given lokalitet i Bælthavet. Florfenicol anvendes endnu ikke ved danske havbrug.

Konklusionen er at samtlige eksisterende havbrug (og ansøgte havbrugsområder) er beliggende i områder, hvor der ikke under worst case forhold er risiko for en overskridelse af VKK og KVKK i forhold til kobber og medicin.

Ved anvendelse af florfenicol vil der ved samtlige eksisterende havbrug (og ansøgte havbrugsområder) kunne behandles en bestand på 300 ton fisk

2 INTRODUKTION OG BAGGRUND

Med udgangspunkt i de eksisterende vandkvalitetskriterier for koncentrationer af kobber og antibiotika ved havbrugsdrift belyser dette notat fortyndingspotentialer i de indre danske farvande. Formålet hermed er at udpege områder med lavt fortyndingspotentialer og identificere eventuelle problemer ved eksisterende havbrug, samt at se på hvilke områder der kan etableres havbrug med en produktion på 2500 tons fisk uden overskridelse af VKK for medicin og hjælpestoffer.

Fortyndingen varierer tidligt og fra sted til sted afhængig af de lokale strømforhold. Forudsætningen for fortyndingsberegningerne er således strøm og vandstandsforhold etableret via en MIKE 3 model, der dækker de indre danske farvande. MIKE 3 modelberegningerne er baseret på drivdata dækkende hele 2005, der karakteriseres som et typisk år, hvad angår strømforhold.

I dette notat er MIKE 3 modelberegningerne af strømforholdene sammenholdt med spredningsberegninger af kobber og antibiotika fra et reference havbrug (placeret syd for Endelave).

3 METODE OG RESULTATER

3.1 Fortyndingsberegninger

Til beregningerne er der taget udgangspunkt i et Havbrug med en årlig høst på ca. 2500 ton fisk. For at undersøge om vandkvalitetskriterierne overholdes under 'worst-case' forhold, kan det antages, at alle fisk i et givent havbrug antibiotika behandles samtidigt i en 8 dages periode, hvor temperaturen er højest og overfladestrømmene lavest i modelåret 2005 (1. august – 15. august). I Tabel 1 ses produktionsfakta for det beskrevne havbrug.

Tabel 1: Sammenhæng mellem udledt kvælstof (N) og produktion. Produktionsbidrag stammer fra Vejledning om saltvandsbaseret fiskeopdræt nr. 9161 af 31. marts 2006.

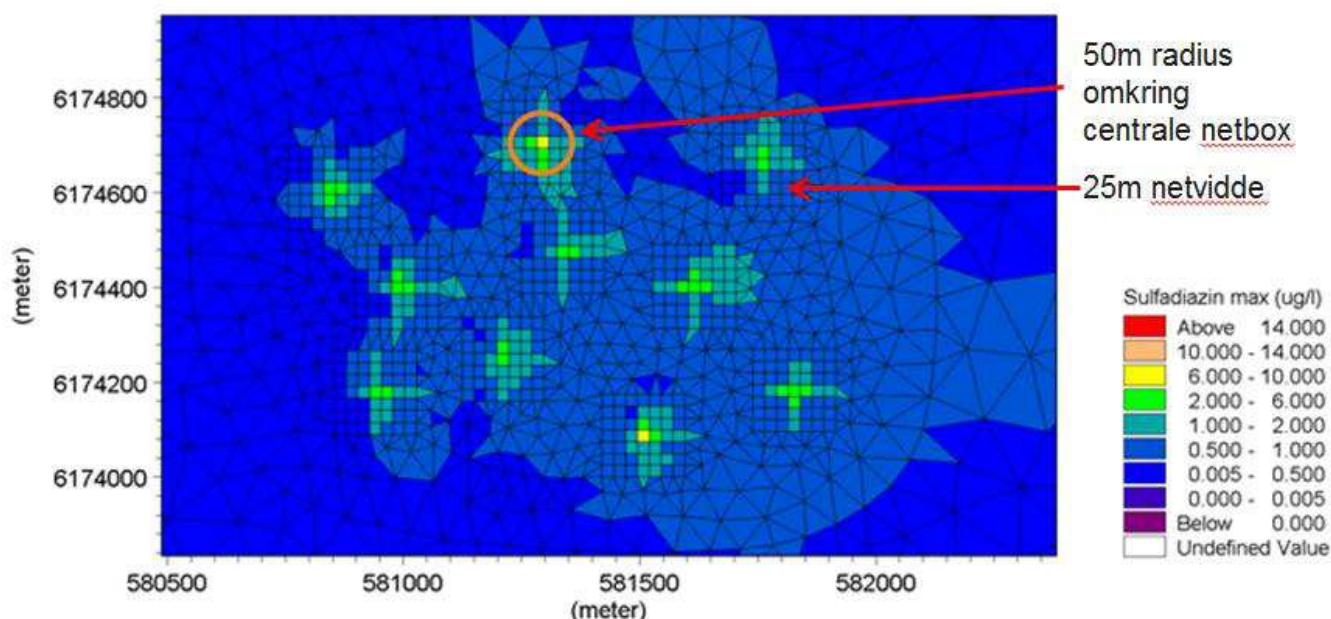
Kvælstof N	Foder kvotient	Produceret biomasse	Anvendt foder	Udsat sættefisk	Høstede fisk (produceret + udsat)
tons	FQ	tons	tons	tons	tons
100	1,2	2100	2500	420	2520

Dette falder sammen med en stående bestand på omkring 1.400 ton ørred. Ved behandling senere i vækstsæsonen vil det maksimale medicinforbrug være højere, fordi den stående bestand af fisk er større, men pga. større vandskifte og dermed fortynding vil medicinkoncentrationen omkring havbrugene være lavere. Størrelse af kilderne til medicintilførsel til det omgivende miljø er beregnet ud fra den stående bestand af fisk i havbruget, en forskriftsmæssig dosering af medicin per kg fisk per dag (Tabel 3) samt en konservativ antagelse om, at alt doseret medicin frigives lineært til miljøet indenfor behandlingsperioden. Beregningerne er foretaget med ekstra fin model opløsning på 25 m, hvilket sikrer finskala resultater inden for det enkelte netbur og i de omgivende vandmasser. Den konservative antagelse vedr. linær frigivelse og finskala modellen sikrer en yderst konservativ beregning.

Kobber i form af CuO anvendes som antibegroningsmiddel på havbrugsnet for at reducere påvækst af alger og muslinger, der vil reducere tilførslen af friskt vand med ilt til fiskene. I danske havbrug anvendes to forskellige nettyper; et af flettet polyamid og en nyere type af monofil 'garn', kaldet Dynema®. Tabet af kobber er 80% lavere for Dynema® net end for polyamid net. Tabet af kobber vil fordeles med 50% til sedimentet og 50% til vandfasen for begge nettyper (DHI 2008).

Som for medicin sikrer den konservative antagelse vedr. linær frigivelse og finskala modellen en yderst konservativ beregning. Kobber forbrug ved anvendelse af Dynema og polyamid net og kildestyrker fremgår af tabel 4.

I Figur 1 kan ses et eksempel på de udførte beregninger ved reference havbruget.



Figur 1. Beregnede koncentrationer af antibiotika (sulfadiazin) ved "worst case" De enkelte udledningsområder repræsenterer et netbur. Koncentrationen af antibiotika og kobber i og omkring netburerne er beregnet med finskala opløsning (25m). Værdierne på X og Y akser angiver geografiske koordinater i UTM32.

I Tabel 2 opsummeres Vandkvalitetskriterierne (VKK) for kobber og antibiotika sammen med beregnede koncentrationer og de deraf følgende underskridelsesfaktorer. Underskridelses faktorerne er beregnet som VKK/Max. Model konc. Af tabellen fremgår det, at hverken de generelle vandkvalitetskrav eller korttidskravene blev overskredet (florfenicol undtaget), - selv ikke indenfor havbrugsområdet. Det fremgår endvidere, at sulfadiazin er tættest på korttidskravene med en underskridelsesfaktor på 1,8. For andre medicinostoffer og for kobber er underskridelsesfaktorerne større. Resultater for Florfenicol er beskrevet separat i afsnit 3.3. Florfenicol er ikke markedsført til fisk i Danmark og anvendes derfor kun undtagelsesvis på danske havbrug.

Tabel 2. Vandkvalitetskriterier (VKK) for kobber og antibiotika i det marine miljø¹. Generelle VKK gælder for de gennemsnitlige koncentrationer i behandlingsperioden (medicin) og korttids-VKK gælder for de maksimale koncentrationer (beregnet som glidende gennemsnit over 24 timer) under behandlingsperioden. Ved overskridelse er overskridelses faktoren fremhævet med rød (det bør bemærkes at florfenicol fortsat ikke benyttes ved havbrug)

Stof	Generel VKK (ug/l)	Max. model konc. (ug/l)	Under/Over skridelses faktor	Korttids VKK (ug/l)	Max. model konc. (ug/l)	Unders/Over skridelses faktor
Kobber (Dynema)	1	0,002	487,800	2,0	0,021	94,800
Kobber (Polyamid)	1	0,01	100	2	0,105	19,048
Sulfadiazin	4,6	0,690	6,667	14,0	7,800	1,795
Oxolinsyre	15	0,518	28,986	18,0	5,850	3,077
Trimethoprim	10	0,138	72,464	160,0	1,560	102,564
Florfenicol	0,42	0,314	1,338	1,3	3,545	2,727

¹ Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1022 af 25. august 2010 om miljøkvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af forurenende stoffer til vandløb, søer eller havet.

Tabel 3. Forskriftsmæssig dosering af medicin per kg fisk per dag

Medicin	Dosering (mg/kg fisk/dag)
Oxolinsyre	10
Sulfadiazin	25
Trimethoprim	5
Florfenicol	10

Tabel 4. Kobber forbrug, kobber tab og kobber kilder ved et havbrug der anvender dynema, med en årlig høst på ca. 2500 ton fisk beregnet for perioden august-september. Koncentrationen på 0,433 kg/dag er anvendt til beregningerne i den 8 dages periode.

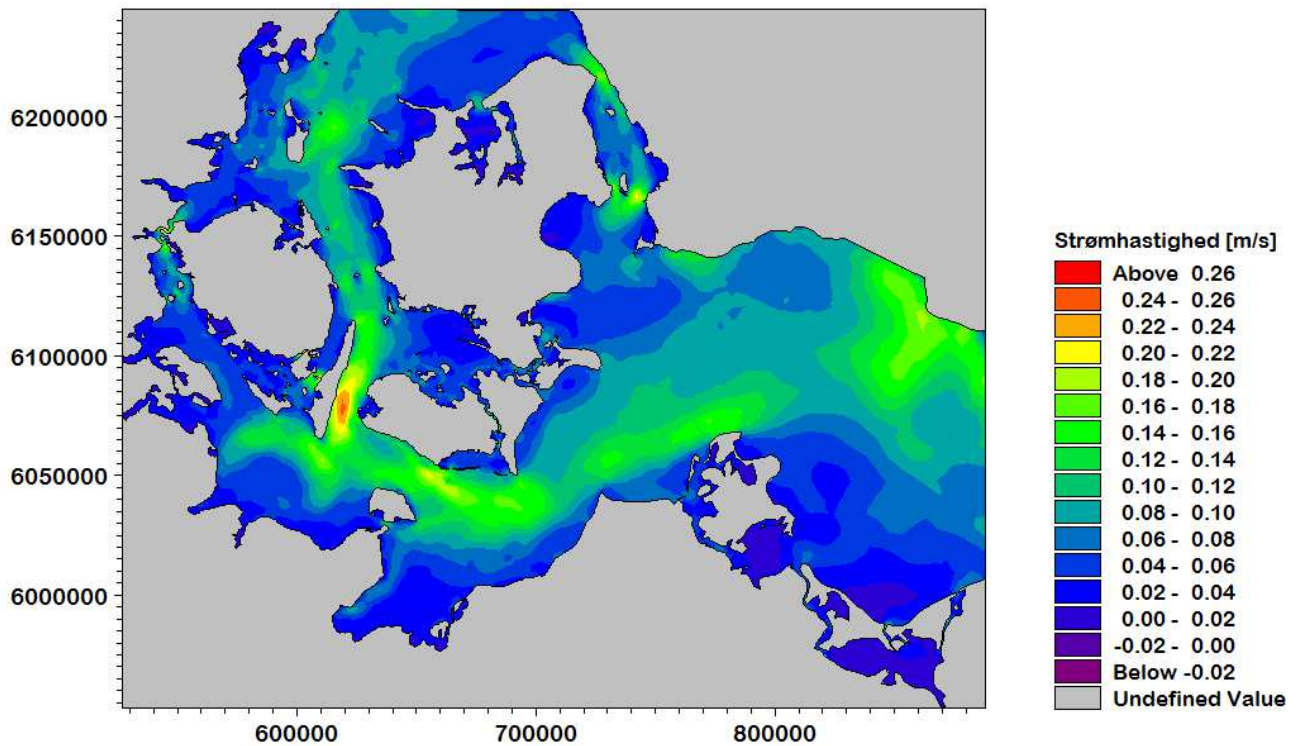
Nettype	Samlet kobber forbrug	Samlet kobber tab	Årligt kobber tab til hhv. vandfasen og sedimentet	Anvendelses periode (august-september)	Dagligt kobber tab til hhv. vandfasen og sedimentet
	Kg/år	Kg/år	Kg/år	dage	kg/dag
Dynema	135	26,4	13,2	61	0,433
Polyamid	675	132	66	305	2.164

3.2 Fortyndingspotentiale

Fortyndingen (S) beregnes ud fra Agg og Wakeford's formel. Formlen giver fortyndingen S som funktion af vanddybden H , udløbshastigheden U_0 , portdiameteren D og strømmen U_a . Den initiale fortynding (S i ligning 1) er sat til en konstant i ligningen under antagelse af at den horisontale og vertikale dispersion er konstant i modelområdet.

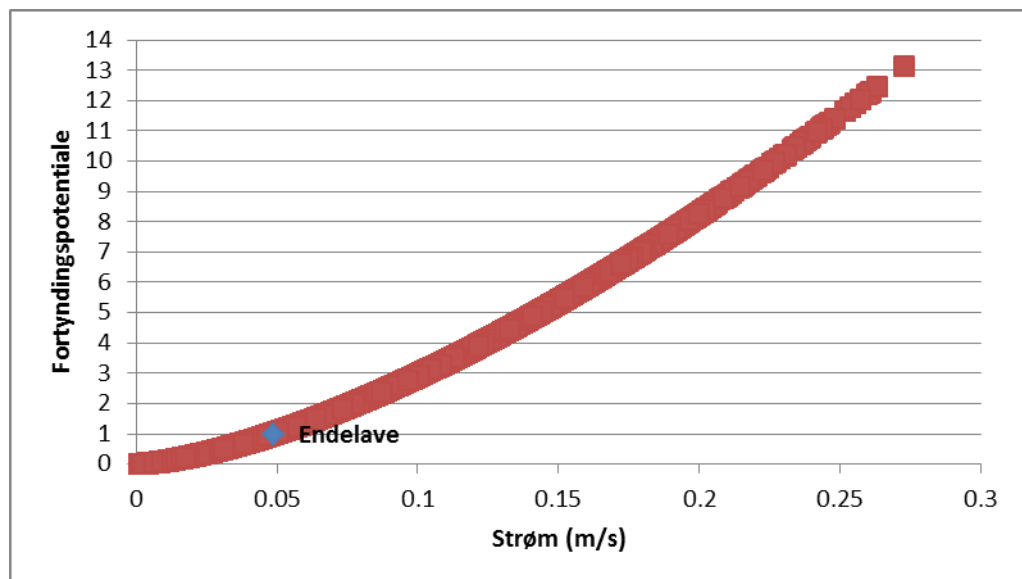
$$S = S(1 + 6 \frac{H}{D} (\frac{U_a}{U_0})^{1.5}) \quad (1)$$

I beregningerne er vanddybden (H) svarende til gennemsnitsdybden af netbuerne (8m), portdiameteren (D) er ligeledes 8 m under antagelse af at fiskene er normalfordelt i buret, udløbshastigheden U_0 er $0,001\text{m}^3 \text{sek}^{-1}$. Strømmen er beregnet som minimum strøm over 24 timers døgnmiddel (Figur. 2). Fortyndingspotentialet i formel 1 er beregnet således at strømhastigheden er den eneste horisontale variabel.



Figur 2. Strømmen er beregnet som minimum døgnmiddel (DHI hydrodynamisk model for de indre danske farvande). Værdierne på X og Y akser angiver geografiske koordinater i UTM32.

Fortyndingspotentialet beregnet vha. formel 1 er efterfølgende normaliseret med fortyndingspotentialet ved Edelave som reference = 1. Er fortyndingspotentialet det dobbelt på en anden lokalitet vil det således være 2 og er det det halve vil fortyndingspotentialet være 0,5. I Figur 3 er fortyndingspotentialet vist som funktion af minimumstrømhastigheden præsenteret i Figur 2.



Figur 3. Fortyndingspotentialet som funktion af minimumstrømhastighed i en stille periode om sommeren (døgnmiddel).

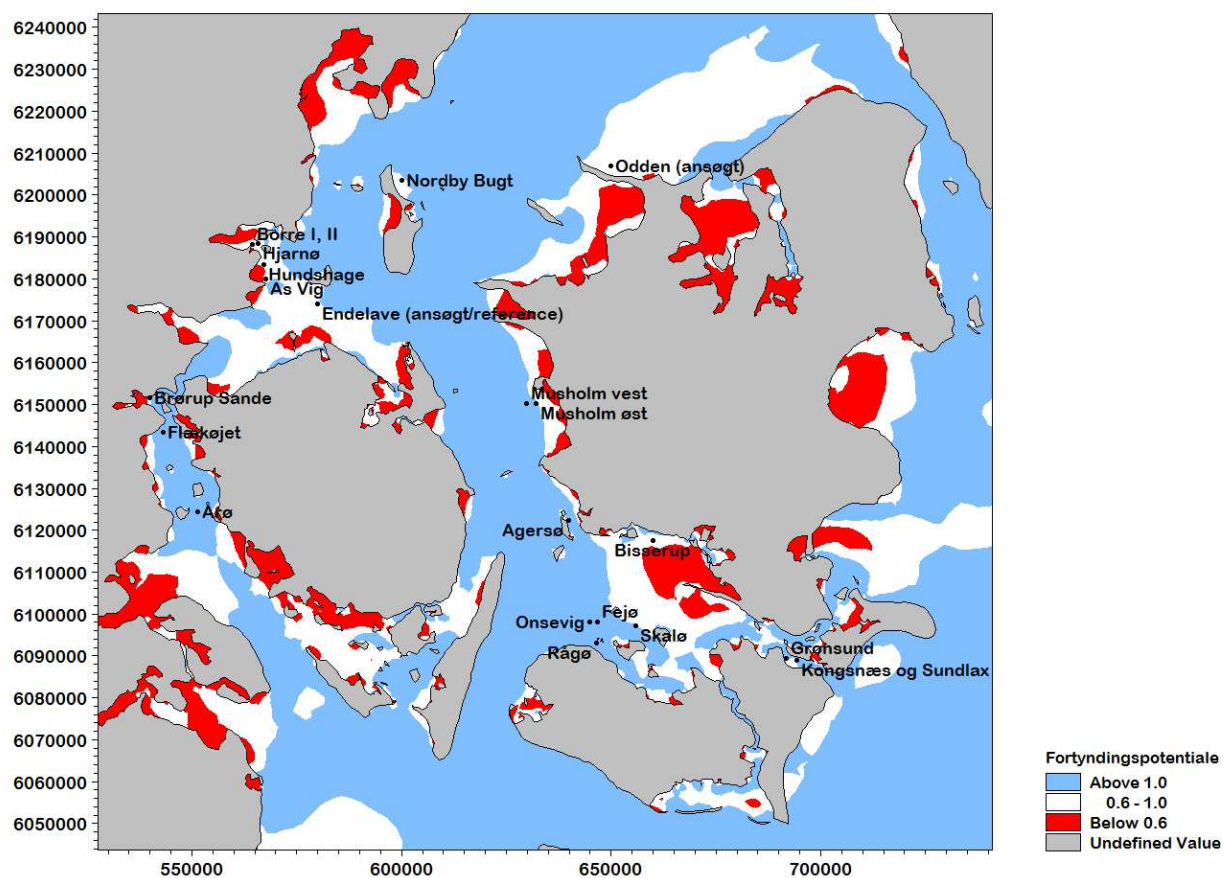
Figur 4 og Figur 5 viser den geografiske variation i fortyndingspotentialiet. De røde zoner angiver områder med fortyndingspotentialie < 0,6. Grænsen på 0,6 er fastsat i henhold til den laveste underskridelses faktor i Tabel 1, for korttidskravet for antibiotika der anvendes ved havbrug i dag (sulfadiazin).

Reference fortyndingspotentialie/Underskridelsesfaktor, $1/1,795= 0,6$

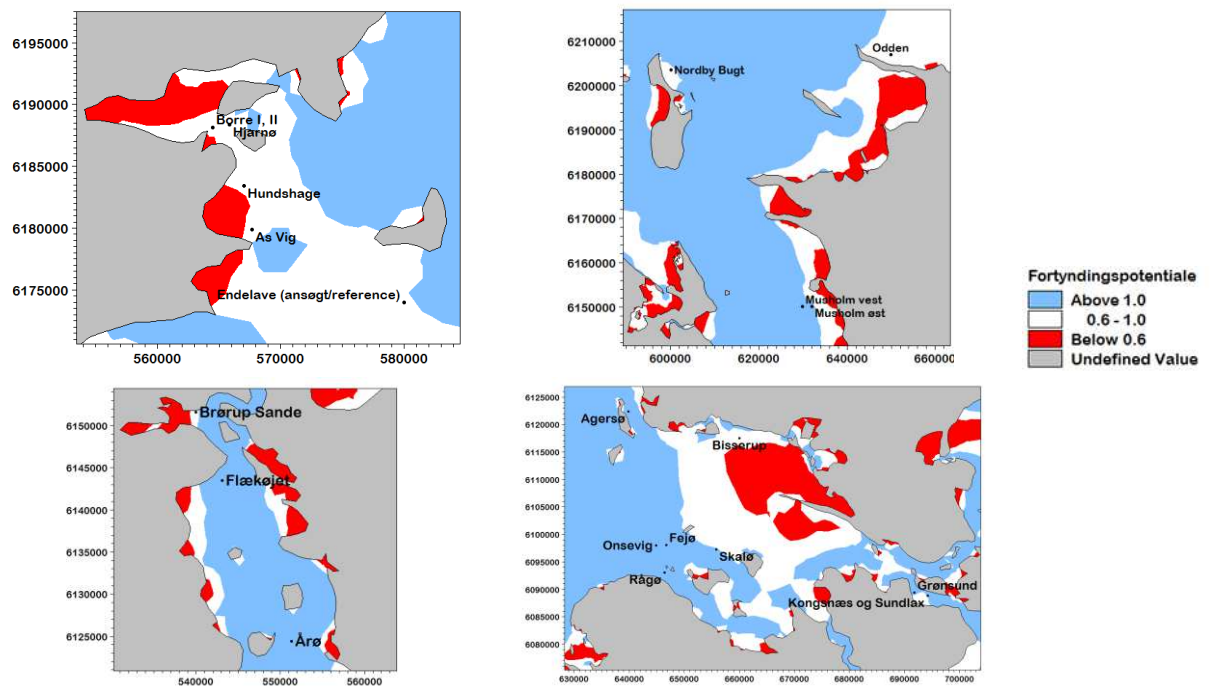
I de røde områder vil der være risiko for overskridelse af korttidskravet for antibiotika (sulfadiazin) ved årlig produktion af 2500 ton ørred modsvarende en stående bestand på 1400 ton d. 1. august. I de hvide og blå områder er det muligt at have den nævnte produktion uden risiko for overskridelse af Vandkvalitetskriterierne i Tabel 1. Det bør bemærkes at alle undtagen ét af de viste havbrug har en produktion der er mindre end 2500/år.

Er havbruget placeret i de hvide og blå områder er det muligt at øge produktionen (<2500 ton /år) til 2500 ton/år uden risiko for overskridelse af Vandkvalitetskriterierne anført i Tabel 1.

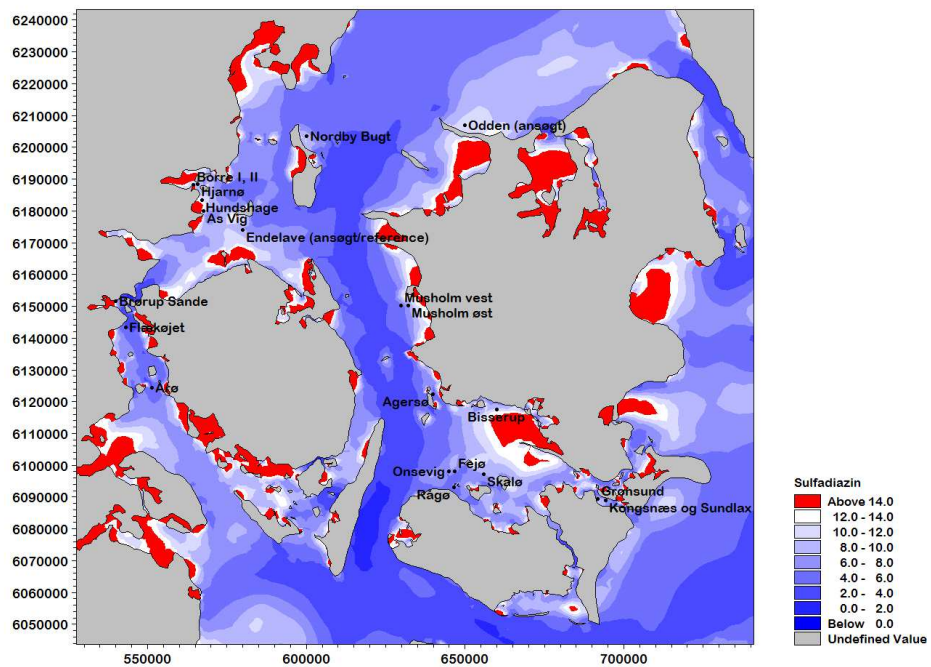
Figur 6-9 viser de beregnede maksimalkoncentrationer af sulfadiazin, oxolinsyre, trimethoprim og kobber ved havbrug i Bælthavet



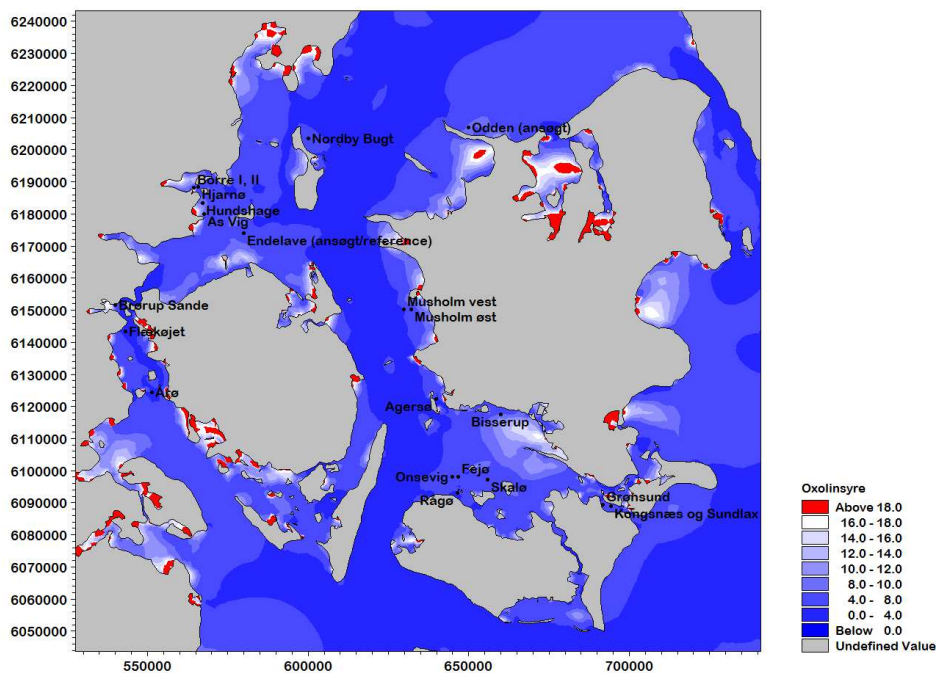
Figur 4. Fortyndingspotentialie beregnet for Bælthavet. I røde områder vil der være en kortvarig risiko for overskridelse af korttidskravet for antibiotika(sulfadiazin). I de hvide og blå områder kan der produceres op til 2.500 ton fisk uden risiko for overskridelse af vandkvalitetskriterier hvis fiskene bliver syge og behøver behandling.



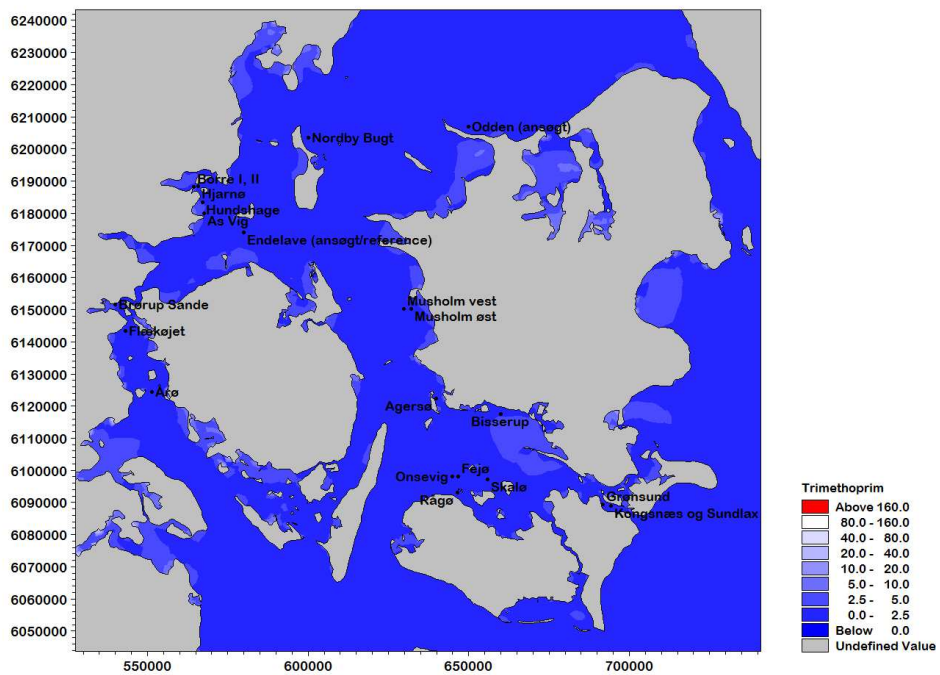
Figur 5. Fortyndingspotentiale beregnet for Horsens Fjord og Endelave, Store Bælt og Kattegat, Smålandsfarvandet og Lillebælt. I røde områder vil der være en kortvarig risiko for overskridelse af korttidskravet for antibiotika(sulfadiazin). I de hvide og blå områder kan der produceres op til 2.500 ton fisk uden risiko for overskridelse af vandkvalitetskriterier hvis fiskene bliver syge og behøver behandling.



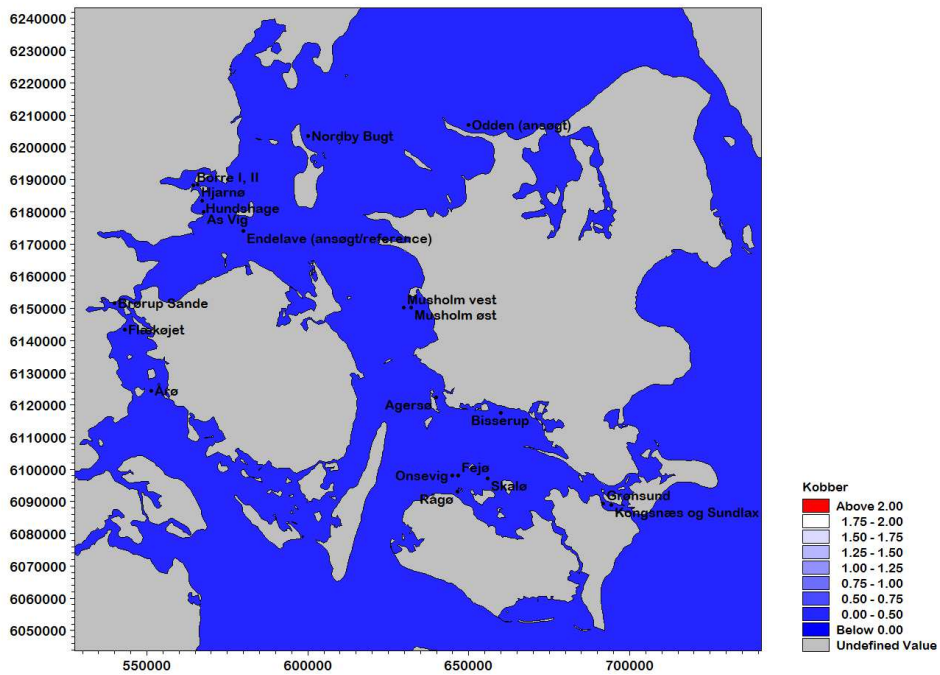
Figur 6. Beregnet maksimumkoncentration af sulfadiazin ved havbrug i Bælthavet. Skalaen ved de enkelte figurer er fastsat i overensstemmelse med korttids-VKK gældende for de maksimale koncentrationer (beregnet som glidende gennemsnit over 24 timer) under behandlingsperioden. Alle værdier er i ug/l.



Figur 7. Beregnet maksimumkoncentration af oxolinisyre ved havbrug i Bælthavet. Skalaen er fastsat i overensstemmelse med korttids-VKK gældende for de maksimale koncentrationer (beregnet som glidende gennemsnit over 24 timer) under behandlingsperioden. Alle værdier er i ug/l.



Figur 8. Beregnet maksimumkoncentration af trimethoprim ved havbrug i Bælthavet. Skalaen er fastsat i overensstemmelse med korttids-VKK gældende for de maksimale koncentrationer (beregnet som glidende gennemsnit over 24 timer) under behandlingsperioden. Alle værdier er i ug/l.



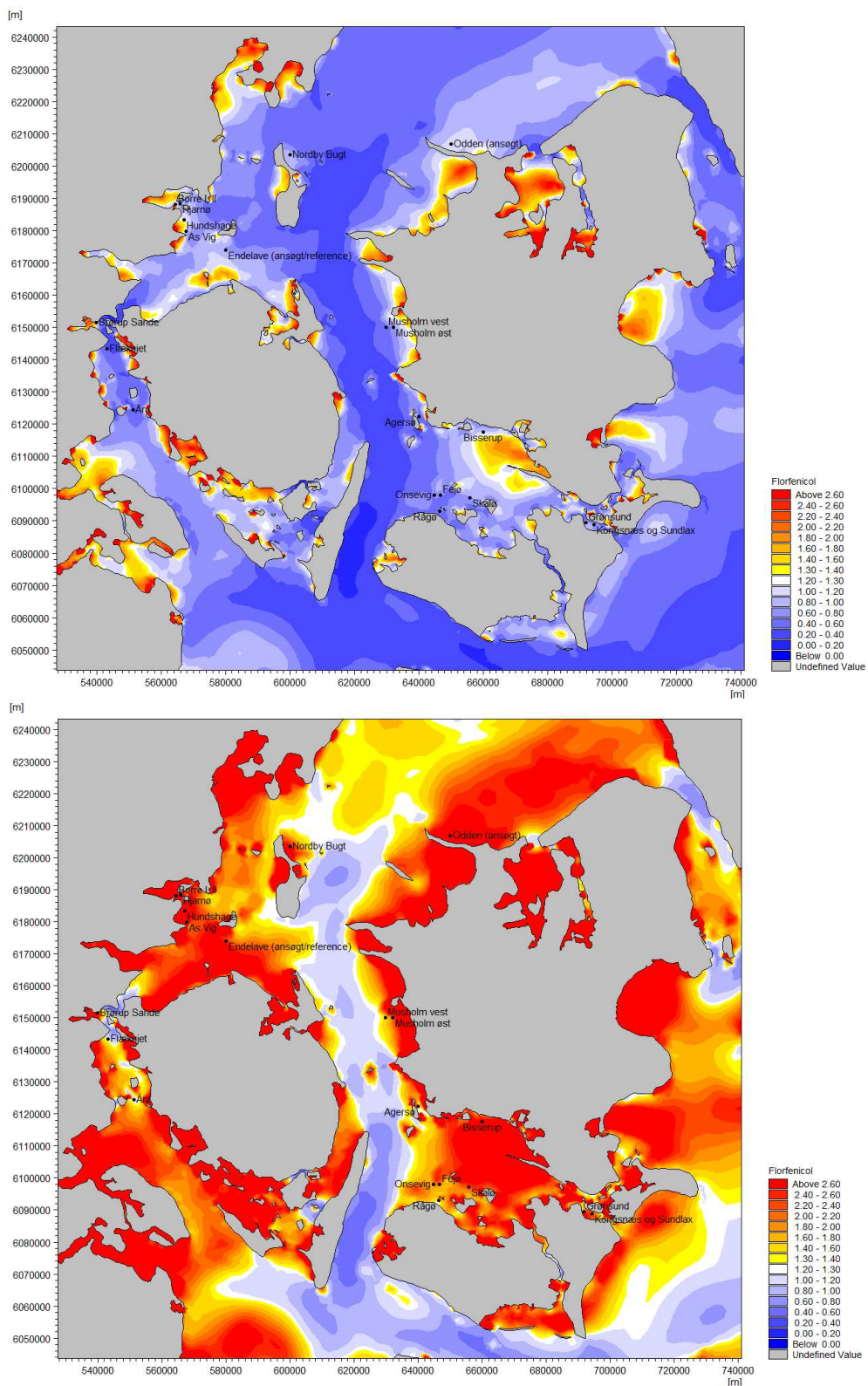
Figur 9. Beregnet maksimumkoncentration af kobber ved havbrug anvendende Dynema net i Bælthavet. Skalaen er fastsat i overensstemmelse med korttids-VKK gældende for de maksimale koncentrationer (beregnet som glidende gennemsnit over 24 timer) under behandlingsperioden. Alle værdier er i ug/l.

3.3 Florfenicol

Florfenicol er endnu ikke markedsført til behandling ved danske havbrug, men det forventes at medikamentet vil blive godkendt snarest. Koncentrationerne af florfenicol er beregnet som beskrevet i afsnit 3.2 og resultaterne er efterfølgende skaleret i forhold til de behandlede betande anført i tabel 5 og figur 10.

Tabel 5. Korttids-VKK for florfenicol gælder for de maksimale koncentrationer (beregnet som glidende gennemsnit over 24 timer) under behandlingsperioden. Tabel 5 angiver den største stående bestand af fisk der kan behandles med florfenicol ved hver af havbrugsområderne angivet i figur 4.

Korttids VKK (ug/l) = 1,3	300	400	500	600	700	800	900	1000
	tons	tons	tons	tons	tons	tons	tons	tons
Max. model konc. (ug/l)								
Hjarnø	0,7	1,0	1,2	1,5	1,7	2,0	2,2	2,5
Borre I, II	0,8	1,1	1,4	1,7	1,9	2,2	2,5	2,8
Hundshage	1,2	1,5	1,9	2,3	2,7	3,1	3,5	3,8
As Vig	1,2	1,7	2,1	2,5	2,9	3,3	3,7	4,1
Musholm vest	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,6	1,8
Odden (ansøgt)	1,1	1,5	1,8	2,2	2,5	2,9	3,3	3,6
Endelave (ansøgt)	0,9	1,2	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1
Grønsund	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,7	1,9	2,1
Onsevig	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,6	1,8
Skalø	0,8	1,0	1,3	1,6	1,8	2,1	2,4	2,6
Rågø	0,4	0,6	0,7	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5
Brørup Sande	1,2	1,5	1,9	2,3	2,7	3,1	3,5	3,9
Flækøjet	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,5
Kongsnæs/Sundlax	0,8	1,1	1,4	1,7	2,0	2,2	2,5	2,8
Musholm øst	0,8	1,1	1,3	1,6	1,9	2,1	2,4	2,7
Nordby Bugt	0,9	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,2
Agersø	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,6
Fejø	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9
Årø	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,1	1,3
Bisserup	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	3,9



Figur 9. Beregnet maksimalkoncentration af florfenicol ved havbrug i Bælthavet ved behandling af henholdsvis 300 ton fisk (øverst) og 900 ton fisk (nederst). Ved behandling af 300 ton fisk vil korttids-VKK for florfenicol kunne overholdes i alle havbrugsområderne. Ved behandling af 900 ton fisk vil korttids-VKK for florfenicol kun kunne overholdes ved Årø Havbrug i Lillebælt. Se endvidere tabel 5 for de havbrugsområde specifikke bestandsgrenser (jvnf. Tabel 5). Skalaen er fastsat i overensstemmelse med korttids-VKK gældende for de maksimale koncentrationer (beregnet som glidende gennemsnit over 24 timer) under behandlingsperioden. Alle værdier er i ug/l.

4 KONKLUSION

Nærværende notat beskriver i hvilke områder der kan behandles 1400 ton ørreder med oxolinsyre, sulfadiazin og trimethoprim og således produceres op til 2.500 ton ørred/året uden overskridelse af de gældende vandkvalitetskriterier for kobber og antibiotika . Det er typisk i bugter, vige og fjorde at kriterierne potentielt risikerer at blive overskredet ved worst case situationer.

Ingen af de eksisterende havbrug er placeret i risikozonen og en lang række havbrug ville kunne mangedoble produktionen uden risiko for overskridelse af vandkvalitetskriterierne for medicin og hjælpestoffer. Ligeledes er alle nye ansøgninger om havbrug (Odden, Klintholm og Endelave) placeret i hvide eller blå områder. Det bør understreges at samtlige beregninger er yderst konservative med alle antagelser baseret på ”worst case”.

Notatet viser således at samtlige havbrug er beliggende i områder, hvor der ikke under worst case forhold og en produktion på 2500 tons/år er risiko for en overskridelse af VKK og KVKK i forhold til kobber og medicin.

Derudover beskriver notatet hvor stor en bestand af fisk der kan behandles med florfenicol ved en given lokalitet i Bælthavet. Florfenicol anvendes endnu kun undtagelsesvis ved danske havbrug. Ved anvendelse af florfenicol vil der ved samtlige eksisterende havbrug (og ansøgte havbrugsområder) kunne behandles en bestand på 300 ton fisk uden risiko for overskridelse af VKK og KVKK for florfenicol.

5 REFERENCER

DHI (2008a) Kobberforbrug og kobbertab ved danske havbrug. Rapport til Dansk Akvakultur 48 sider excl. bilag.

Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1022 af 25. august 2010 om miljøkvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af forurenende stoffer til vandløb, søer eller havet.

Agg, A. R., and Wakeford, A. C., (1972). Field Studies of Jet Dilution of Sewage at Sea Outfalls, Institution of Public Health Engineers Journal.