

*NST projektet "Implementeringen af modeller til brug for vandforvaltningen"*

## Modeller for Danske Fjorde og Kystnære Havområder

Beregning af indsatsbehov og målbelastning for de åbne farvande med udgangspunkt i næringsstofbelastningen i 1997-2001



Denne rapport er udarbejdet under DHI's ledelsessystem, som er certificeret af Bureau Veritas for overensstemmelse med ISO 9001 for kvalitetsledelse

ISO 9001  
Management System Certification

BUREAU VERITAS  
Certification Denmark A/S



## Modeller for Danske Fjorde og Kystnære Havområder

Beregning af indsatsbehov og målbelastning for de åbne farvande med udgangspunkt i næringsstofbelastningen i 1997-2001

Udarbejdet for

Naturstyrelsen

Repræsenteret af

Harley Bundgaard Madsen, kontorchef

Stig Eggert Pedersen, projektleder



Satellit billede over de indre danske farvande

Projekt manager	Anders Chr. Erichsen (DHI).
Kvalitetssikring	DHI: Hanne Kaas, AU: Karen Timmermann, Hanne Bach
Projekt nummer	11811187-5
Forfattere	DHI: Anders Chr. Erichsen
Godkendt	Ian Sehested Hansen
Godkendelsesdato	3/12-2015
Revision	1
Klassifikation	Åben



## INDHOLDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>Baggrund .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Introduktion .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Modelinput vedr. næringsstofftilførsel .....</b>	<b>4</b>
3.1	Ændringer i danske næringsstofftilførsler .....	4
3.2	Ændringer i udenlandske næringsstofftilførsler .....	9
3.3	Ændringer i atmosfæriske N-depositioner .....	9
<b>4</b>	<b>Metode til beregning af indsatsbehov og målbelastning.....</b>	<b>10</b>
4.1	Den overordnede tilgang .....	10
4.2	Status for miljøindikatorer i 1997-2001 .....	11
4.3	Dansk næringsstofftilførsels indflydelse på miljøindikatorerne .....	12
<b>5</b>	<b>Indsatsbehov og målbelastninger .....</b>	<b>15</b>
<b>6</b>	<b>Afrunding .....</b>	<b>19</b>
<b>7</b>	<b>Referencer .....</b>	<b>22</b>
	<b>Appendiks A .....</b>	<b>23</b>



## 1 Baggrund

DCE og DHI har for Naturstyrelsen udviklet modelværktøjer til brug i den marine vandforvaltning, herunder udarbejdelsen af 2. generations vandplaner, som skal sikre, at danske vandområder opnår god økologisk tilstand i henhold til Vandrammedirektivet.

Modelværktøjskassen omfatter 2 typer modeller: Statistiske modeller (udviklet af DCE) og mekanistiske modeller (udviklet af DHI). De første beskriver empiriske sammenhænge mellem nøglefaktorer, mens de sidste inddrager dynamiske processer i økosystemet. De statistiske modeller omfatter en række fjordmodeller, mens de mekanistiske modeller dækker de indre danske farvande og enkelte fjordområder. Derudover benyttes meta-modeller for mindre områder, hvor data ikke muliggjorde udvikling af selvstændige modeller. Tilsammen udgør modelværktøjerne en værktøjskasse, som kan anvendes til at forbedre grundlaget for at fastlægge status, indsatsbehov og målbelastning i danske fjorde og kystnære havområder.

De udviklede modeller og deres anvendelse er beskrevet i 3 delrapporter i rapportserien *"Implementeringen af modeller til brug for vandforvaltningen. Modeller for Danske Fjorde og Kystnære Havområder"*:

- Del 1 beskriver den overordnede metode til bestemmelse af målbelastning /1/;
- Del 2 redegør for de mekanistiske modeller og de metoder, der er udviklet til bestemmelse af indsatsbehov mht. dansk næringsstofudledning til vandområderne /2/;
- Del 3 beskriver de statistiske modeller og den metode, der er udviklet til bestemmelse af indsatsbehov ved brug af de statistiske modeller /3/.

Den mekanistiske modellering (del 2) inkluderer de målsatte bidrag fra de øvrige lande omkring Østersøen og fra atmosfæren.

Model-eksekveringer i del 2-3 er baseret på danske data, der beskriver første planperiode; dvs. næringsstofbelastninger og miljøstatus i perioden 2007-2011. I regi af kvælstofudvalgets arbejde med at fastlægge indsatsbehov for den kommende vandplansperiode for de 119 danske vandområder er der opstået behov for at supplere de tidligere modelberegninger med yderligere to scenarie-analyser:

- Scenarie 1, hvor de atmosfæriske N-depositioner er bestemt af forslag til forventede emissioner i 2027 i henhold til 2030 WPE 2014<sup>1</sup> mod tidligere i henhold til Göteborg protokollen, og
- Scenarie 2, hvor indsatsbehov og målbelastning er estimeret med udgangspunkt i næringsstoffilførsler fra år 1997-2001 i stedet for 2007-2011.

For begge scenarier er der foretaget supplerende modelkørsler med den mekanistiske model, der er udviklet for de indre danske farvande (kaldt IDF-modellen; beskrevet i /2/). På basis af de supplerende modelkørsler er der gennemført nye indsatsberegninger for de vandområder, hvor IDF-modellen ligger til grund for beregningen af indsatsbehov og målbelastning.

---

<sup>1</sup> EU kommissionens forslag fra 2013 til nyt NEC direktiv udarbejdet af GAINS/IIASA

For en tilsvarende gennemgang af scenarie 1 henvises til /4/. Dette notat redegør kortfattet for forudsætninger, forbehold og resultater vedrørende scenarie 2. Den specifikke baggrund for bestillingen af dette scenarie er (citater, kontrakt):

*Da Danmark historisk har leveret en større relativ kvælstofreduktion end nabolandene i Østersøregionen, får valget af de foregående 10 år som referenceperiode således den effekt, at historisk reduktionsbidrag ikke indregnes i det fremadrettede indsatsbehov. DHI og DCE anmodes om at gennemføre en ny programkørsel af de mekanistiske modeller<sup>2</sup> - i det udviklede modelværktøj til beregning af teknisk indsatsbehov - med en alternativ referenceperiode (1997-2001).*

Baggrunden for scenarie 2 er således et ønske om at beregne indsatsbehov og målbelastning for de mere åbne vandområder med samme mekanistiske modeller som tidligere, men baseret på belastningssituationen i 1997-2001. Hensigten er at vurdere, i hvilken grad en tidligere større dansk kvælstofreduktion har påvirket indsatsbehovet.

---

<sup>2</sup> Der benyttes udelukkende modellen for de indre danske farvande og ikke andre mekanistiske modeller



## 2 Introduktion

Metoden til beregning af indsatsbehov og målbelastning ud fra de mekanistiske modelberegninger inkluderer en vurdering af den andel af den enkelte miljøindikator, der kan forklares alene ud fra danske landbaserede N-tilførsler /2/. Denne andel formodes at ændres afhængigt af den periode, der benyttes som udgangspunkt for beregningen. Danmark har reduceret N-tilførslerne i mange vandområder mellem perioderne 1997-2001 og 2007-2011, uden at vore nabolande har reduceret N-tilførslerne tilsvarende. Det må derfor forventes, at denne danske indikator-andel er ændret og dermed, at en beregning baseret på den landbaserede danske belastning for 2007-2011 ikke indregner den tidligere danske indsats, der er gennemført. Formålet med dette scenarie er derfor at skabe datagrundlag for at vurdere, i hvor høj grad denne andel har ændret sig fra 1997-2001 til 2007-2011-grundlaget, og hvad det betyder for det beregnede indsatsbehov og målbelastningen.

Som det er beskrevet i de tidligere rapporter (/1/, /2/ og /3/), tager fastsættelse af indsatsbehov og tilhørende målbelastning udgangspunkt i marine observationer af miljøindikatoren sommer-klorofyl, og ålegræs proxy-indikatoren sommer- $K_d$ , foruden N-tilførsler for perioden 2007-2011 (se /1/ for nærmere beskrivelse af indikatorer og metode). Ved en ændring af N-tilførslerne til niveauet for perioden 1997-2001 må det antages, at ændringen i den danske andel og dermed den danske indflydelse på indikatorerne primært har betydning for de åbne vandområder. Den danske andel er her under alle omstændigheder lille (se /2/), og beregningen for disse vandområder må derfor forventes at være ekstra følsom over for ændringer i belastningen. For de kystnære vandområder (fjorde, etc.) viste analysen i /2/, at den danske indflydelse på indikatorerne er afgørende, og en ændring af belastningen kan derfor ikke antages at ændre den danske indflydelse på indikatorerne betydeligt. Scenariet er derfor udelukkende foretaget for de åbne vandområder, dvs. de vandområder, der dækkes af den mekanistiske model for de indre danske farvande (IDF-modellen). Se /2/ for en nærmere beskrivelse af den mekanistiske model.

Proceduren for scenarie 2 har været:

- Afvikling af en række modelkørsler med den mekanistiske model for de Indre Danske Farvande (IDF-modellen), hvor den danske N-tilførsel er beskrevet ud fra data for 1997-2001 fremfor 2007-2011;
- Genberegning af indsatsbehov og målbelastning for de vandområder, der er dækket af IDF-modellen med udgangspunkt i en 1997-2001 korrigeret status<sup>3</sup> frem for perioden 2007-2011.

For de øvrige antropogene næringsstofftilførsler er der anvendt samme belastninger som ved scenarierne beskrevet i /2/.

Det er vigtigt at understrege, at bestemmelsen af den danske indsats, som det er beskrevet i /2/, tager højde for, at det kun er en del af den enkelte indikator, der forklares af danske landbaserede N-tilførsler. Den mekanistiske model omfatter både danske og udenlandske N-tilførsler, men når der beregnes indsatsbehov og målbelastning indgår alene påvirkningen fra den danske landbaserede N-tilførsel.

---

<sup>3</sup> Se afsnit 4 for en beskrivelse af denne korrektion.

### 3 Modelinput vedr. næringsstofftilførsel

For at gennemføre det beskrevne scenarie er opsætningen af IDF-modellen ændret således, at tilførsler af både N og P fra landbaserede kilder og atmosfæren er ændret til situationen 10 år tidligere end for de første scenarier (2007-2011, se /2/). Dette er den eneste ændring i modelopsætningen, hvilket betyder, at de fysiske forhold (fx meteorologiske forhold, udveksling med naboområder, vandtemperaturer osv.) er uændrede og identiske med perioden 2002-2011. Nedenfor er baggrunden for de anvendte næringsstofftilførsler forklaret for henholdsvis danske og udenlandske landtilførsler til Østersøen og danske farvande og N-depositionen fra atmosfæren.

#### 3.1 Ændringer i danske næringsstofftilførsler

Som beskrevet i /2/, er data for tilførsler fra dansk opland til marine recipienter leveret af Naturstyrelsen via DCE/Aarhus Universitet, som har udarbejdet opgørelserne. Data er en del af den nationale opgørelse, som udarbejdes hvert år, se /6/. En vigtig forskel mellem de tidligere nationale opgørelser og de data, som er blevet leveret som input til de mekanistiske modeller, er opløsningen i tid. Mens de nationale opgørelser er beregnet på årsniveau, er data til de mekanistiske modeller leveret som døgnværdier. Det gælder både ferskvands- og næringsstofftilførslen.

Data er leveret som tilførsel pr. 4. ordens farvandsområde for perioden 1990 til 2011 og efterfølgende distribueret på kildepunkter efter samme metode som for tidligere scenarier (beskrevet i /2/), så det er muligt at opgøre den samlede landbaserede næringstilførsel pr. vandområde.

I Tabel 1 sammenlignes perioden 1997-2001 med perioden 2007-2011, og forskellen på N-tilførslerne mellem de to perioder er angivet. Der er også foretaget ændringer i P-tilførslerne. Disse reduktioner er ikke i detaljer beskrevet i dette notat, men i Tabel 2 angives den samlede danske P-tilførsel (TP) i perioderne 1997-2003 og 2008-2010 samt den tilhørende procentvise ændring imellem de to perioder.

Tabel 1 N-tilførsler for de to perioder 1997-2001 og 2007-2011. Data iflg. opgørelser fra DCE/Aarhus Universitet med fordeling på vandområder iflg. /2/.

Omr.	Vandområde-navn	1997-2001 N-tilførsel [ton]	2007-2011 N-tilførsel [ton]	%-ændring [%]
1	Roskilde Fjord, ydre	538	506	-6
2	Roskilde Fjord, indre	460	448	-3
6	Nordlige Øresund	894	873	-2
9	København Havn	61	58	-5
16	Korsør Nor	45	43	-4
17	Basnæs Nor	69	62	-10
18	Holsteinsborg Nor	20	21	5
24	Isefjord, ydre	712	663	-7
25	Skælskør Fjord og Nor	39	38	-3
26	Musholm Bugt, indre	1032	812	-21

Omr.	Vandområde-navn	1997-2001 N-tilførsel [ton]	2007-2011 N-tilførsel [ton]	%-ændring [%]
28	Sejerøbugt	228	244	7
29	Kalundborg Fjord	118	95	-19
34	Smålandsfarvandet, syd	491	475	-3
35	Karrebæk Fjord	1472	1492	1
36	Dybsø Fjord	57	57	0
37	Avnø Fjord	218	183	-16
38	Guldborgssund	580	516	-11
41	Langelandsbælt, øst	110	134	22
44	Hjelm Bugt	133	135	2
45	Grønsund	308	310	1
46	Fakse Bugt	352	317	-10
47	Præstø Fjord	241	235	-2
48	Stege Bugt	297	296	0
49	Stege Nor	28	28	0
56	Østersøen, Bornholm	1117	916	-18
57	Østersøen, Christiansø	0	0	0
59	Nærrå Strand	132	115	-13
61	Dalby Bugt	44	39	-11
62	Lillestrand	34	29	-15
63	Nakkebølle Fjord	208	123	-41
64	Skårupøre Sund	13	10	-23
65	Thurøbund	3	2	-33
68	Lindelse Nor	63	44	-30
69	Vejlen	23	19	-17
70	Salme Nor	-	-	-
71	Tryggelev Nor	-	-	-
72	Kløven	51	41	-20
74	Bredningen	189	144	-24

Omr.	Vandområde-navn	1997-2001 N-tilførsel [ton]	2007-2011 N-tilførsel [ton]	%-ændring [%]
75	Emtekær Nor	22	21	-5
76	Orestrand	-	-	
78	Gamborg Nor	72	58	-19
80	Gamborg Fjord	62	42	-32
81	Bågø Nor	-	-	
82	Aborgminde Nor	171	159	-7
83	Holckenhavn Fjord	397	304	-23
84	Kerteminde Fjord	31	24	-23
85	Kertinge Nor	26	20	-23
86	Nyborg Fjord	1	1	0
87	Helnæs Bugt	294	239	-19
89	Lunkebugten	28	21	-25
90	Langelandssund	642	525	-18
92	Odense Fjord, ydre	151	132	-13
93	Odense Fjord, indre	2094	1469	-30
95	Storebælt, SV	201	190	-5
96	Storebælt, NV	207	163	-21
101	Genner Bugt	70	67	-4
102	Åbenrå Fjord	167	138	-17
103	Als Fjord	312	234	-25
104	Als Sund	135	122	-10
105	Augustenborg Fjord	211	164	-22
106	Haderslev Fjord	359	316	-12
107	Juvre Dyb, tidevandsområde	522	428	-18
108	Avnø Vig	97	72	-26
109	Hejlsminde Nor	205	172	-16
110	Nybøl Nor	98	77	-21
111	Lister Dyb	2729	2498	-8

Omr.	Vandområde-navn	1997-2001 N-tilførsel [ton]	2007-2011 N-tilførsel [ton]	%-ændring [%]
113	Flensborg Fjord, indre	92	73	-21
114	Flensborg Fjord, ydre	205	182	-11
119	Vesterhavet, syd	414	326	-21
120	Knudedyb tidevandsområde	4012	3273	-18
121	Grådyb tidevandsområde	3958	3042	-23
122	Vejle Fjord, ydre	716	574	-20
123	Vejle Fjord, indre	789	645	-18
124	Kolding Fjord, indre	759	547	-28
125	Kolding Fjord, ydre	83	64	-23
127	Horsens Fjord, ydre	97	89	-8
128	Horsens Fjord, indre	1249	982	-21
129	Nisum Fjord, ydre	375	313	-17
130	Nisum Fjord, mellem	143	120	-16
131	Nisum Fjord, Felsted Kog	2055	1648	-20
132	Ringkøbing Fjord	5125	4394	-14
133	Vesterhavet, nord	80	64	-20
135	Randers Fjord, Grund Fjord	718	457	-36
136	Randers Fjord, Randers-Møllerup	3237	2406	-26
137	Randers Fjord, ydre	185	144	-22
138	Hevring Bugt	225	167	-26
139	Anholt	10	8	-20
140	Djursland Øst	955	703	-26
141	Ebeltoft Vig	22	20	-9
142	Stavns Fjord	14	11	-21
144	Knebel Vig	35	29	-17
145	Kalø Vig, indre	116	94	-19
146	Norsminde Fjord	199	156	-22
147	Århus Bugt, Kalø og Begtrup Vig	851	556	-35

Omr.	Vandområde-navn	1997-2001 N- tilførsel [ton]	2007-2011 N-tilførsel [ton]	%-ændring [%]
154	Kattegat, Læsø	116	96	-17
156	Nissum Bredning, Thisted Bredning, Kås Bredning, Løgstør Bredning, Nibe Bredning og Langerak	10520	9020	-14
157	Bjørnholms Bugt, Riisgårde Bredning, Skive Fjord og Lovns Bredning	1955	1566	-20
158	Hjarbæk Fjord	2112	1768	-16
159	Mariager Fjord, indre	538	480	-11
160	Mariager Fjord, ydre	490	408	-17
165	Isefjord, indre	561	492	-12
200	Kattegat, Nordsjælland	309	272	-12
201	Køge Bugt	1469	1275	-13
204	Jammerland Bugt	548	490	-11
205	Kattegat, Nordsjælland >20 m	0	0	0
206	Smålandsfarvandet, åbne del	223	286	28
207	Nakskov Fjord	402	395	-2
208	Femerbælt	362	311	-14
209	Rødsand	146	108	-26
212	Faaborg Fjord	29	23	-21
213	Torø Vig og Torø Nor	10	6	-40
214	Det Sydfynske Øhav	443	346	-22
216	Lillebælt, syd	748	595	-20
217	Lillebælt, Bredningen	405	316	-22
219	Århus Bugt syd, Samsø og Nordlige Bælthav	657	548	-17
221	Skagerrak	2006	1353	-33
222	Kattegat, Aalborg Bugt	1345	1040	-23
224	Nordlige Lillebælt	930	834	-10
225	Nordlige Kattegat, Ålbæk Bugt	1066	780	-27
	Sum	73793	61074	-17

### 3.2 Ændringer i udenlandske næringsstofftilførsler

Næringsstofftilførslerne til resten af Østersøen var også anderledes i perioden 1997-2001 sammenlignet med perioden 2007-2011. Det har imidlertid ikke været muligt at få adgang til data for den tidligere periode, hvorfor data for Østersøen er korrigeret fra den oprindelige modellering med faktorer beregnet på basis af /7/. Ændringerne er vist i Tabel 2. Som det fremgår af tabellen, har Danmark i gennemsnit reduceret N-tilførslerne med 20% fra perioden 1997-2003 til 2008-2010, og det stemmer overens med de reduktioner, som er vist i Tabel 1. Samtidigt har de andre lande omkring Østersøen i gennemsnit reduceret N-tilførslerne med 8%. Det dækker dog over, at vores nærmeste naboer Sverige og Tyskland i samme periode har reduceret med 13%.

Som det fremgår af tabellen, er der ikke fuldstændigt sammenfald mellem de i /7/ rapporterede perioder og de perioder, som benyttes i dette scenarie, men det antages, at de procentvise ændringer er repræsentative for de ændringer, der er sket, og de er derfor benyttet til at omregne 2007-2011 næringsstofftilførslen til en 1997-2001 tilførsel for de udenlandske landbaserede kilder til Østersøen.

Tabel 2 Ændringer i de normaliserede landbaserede TN- og TP-tilførsler fra perioden 1997-2003 til 2008-2010. Kilde: HELCOM, 2013.

Land	1997-2003 (ton)		2008-2010 (ton)		Ændring (%)	
	TN	TP	TN	TP	TN	TP
<b>Danmark</b>	70.490	1.928	56.538	1.745	-20	-10
<b>Estland</b>	27.684	804	25.760	648	-7	-19
<b>Finland</b>	82.652	3.560	73.038	3.208	-12	-10
<b>Tyskland</b>	63.335	526	54.949	520	-13	-1
<b>Letland</b>	77.959	2.227	79.960	2.811	3	26
<b>Litauen</b>	46.335	2.635	41.546	1.834	-10	-30
<b>Polen</b>	220.606	12.310	204.637	10.666	-7	-13
<b>Rusland</b>	93.598	7.178	95.518	6.310	2	-12
<b>Sverige</b>	130.279	3.639	113.891	3.315	-13	-9
<b>I alt</b>	742.448	1363.477	745.837	1197.889	-8	-12

### 3.3 Ændringer i atmosfæriske N-depositioner

Data for den atmosfæriske N-deposition er leveret af DCE, Aarhus Universitet. Der er tale om modeldata, og de stammer fra de årlige opgørelser, som DCE/Aarhus Universitet leverer til NOVANA-rapporteringen, se /8/ og /9/. De leverede depositionsdata dækker perioden 1990-2011. Data er inkluderet i modellen, og i dette scenarie er anvendt data for 1992-2001.

## 4 Metode til beregning af indsatsbehov og målbelastning

### 4.1 Den overordnede tilgang

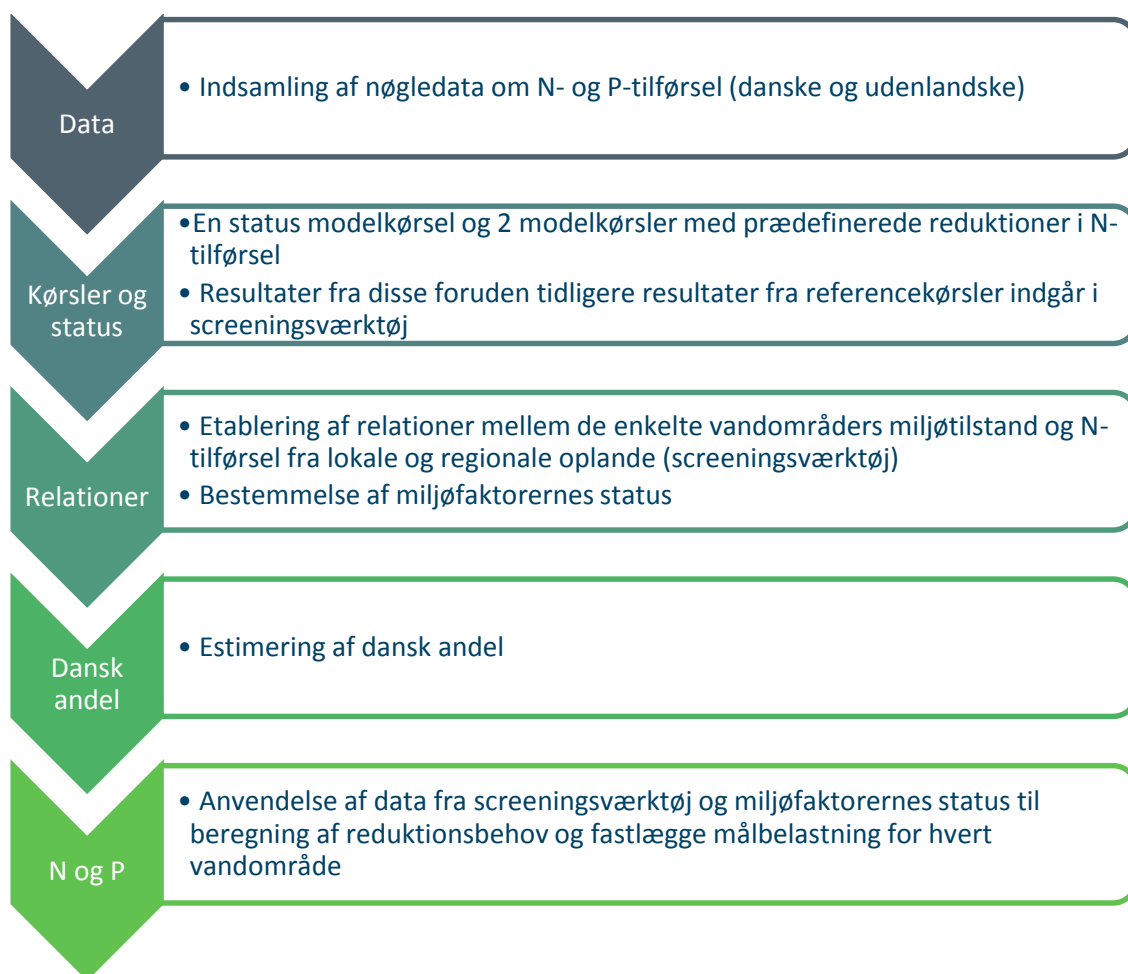
Ved det supplerende 1997-2001 scenarie er der anvendt samme principper som i de oprindelige indsatsberegninger, se /1/ og /2/. I Figur 1 er den overordnede arbejdsgang for beregningen af indsatsbehov og målbelastning på basis af den mekanistiske modellering kort opsummeret. Figuren er taget fra /2/ og tilpasset de specifikke elementer, som er inkluderet i netop denne scenarieanalyse.

Som nævnt oven for (se afsnit 3) er de fysiske forhold (strømforhold, vandtemperaturer mm.) i den her beskrevne IDF-modellering identisk med dem, der er anvendt ved de tidligere modelafviklinger, og forskellen mellem denne analyse og de tidligere beregninger er dermed alene størrelsen og den tidlige fordeling af næringsstofftilførslerne (både N- og P-tilførsler) fra både de danske og udenlandske landbaserede kilder og atmosfæren.

Det nye IDF-scenarie er således ikke en gennemregning af et 1997-2001 scenarie svarende til det oprindelige 2007-2011 scenarie (fx med datidens vejrforhold), men en følsomhedsanalyse, der demonstrerer betydningen af de relativt større danske reduktioner af næringsstofftilførsler. Ved at foretage analysen under disse forudsætninger skabes der et grundlag for at kvalificere betydningen af de tidligere danske indsatser. Dette er vigtigt at huske i den videre læsning af dette notat og ved brug af konklusionerne af denne scenarieanalyse.

Hvis der skulle gennemføres beregninger af et 1997-2001 scenarie svarende til det oprindelige scenarie for 2007-2011 ville det kræve nye modelafviklinger med en meteorologi og randværdier svarende til 1997-2001 perioden. Dette har ikke været praktisk muligt, og derfor er der som et alternativ valgt at benytte de samme meteorologiske forhold og randværdier som for den oprindelige vandplanberegning.





Figur 1 Opsummering af arbejdsgangen for anvendelse af de mekanistiske modeller til vurdering af målbelastninger og reduktionsbehov.

## 4.2 Status for miljøindikatorer i 1997-2001

Miljøindikatorernes status er et vigtigt element i den metode, der i henhold til /1/ og /2/ benyttes til at beregne indsatsbehov og tilhørende målbelastning. Det er status, der bestemmer, hvor langt der er til målopfølgelse, og dermed om der er et indsatsbehov, og i givet fald hvor stort dette behov er.

Statusværdier for miljøindikatorerne har ændret sig fra perioden 1997-2001 og til perioden 2007-2011. Det kan der være flere forklaringer på, hvoraf 2 vigtige er: i) der er sket en ændring i næringsstofftilførslerne og ii) meteorologien er ikke den samme i de to perioder, der sammenlignes. Da det i analysen med den mekanistiske model kun er næringsstofftilførslerne, der ændres og ikke meteorologien, er det nødvendigt at beregne, hvilken status der svarer til disse omstændigheder. Dette er gjort ved først at beregne 1997-2001 status med IDF-modellen (statusmodelkørsel, trin 2 i Figur 1), estimere den relative ændring i den modellerede status ved at sammenholde statusmodelkørslerne for 1997-2001 og 2007-2011 tilførslerne (sidste resultat af den tidligere statusmodelkørsel), og endeligt påtrykke den observerede 2007-2011 status den med modellen estimerede (relative) ændring.

Dermed benyttes modellen til at bestemme den forskel i status, der ville være, hvis datidens (1997-2001) N- og P-tilførsler var gældende i dag (2007-2011). Den reelle, observerede status i 1997-2001 afviger fra den beregnede, hovedsageligt fordi de meteorologiske forhold var anderledes.

### 4.3 Dansk næringsstofflørsels indflydelse på miljøindikatorerne

Som forklaret i /2/, er den andel af den enkelte miljøindikator, der kan forklares af dansk landbaseret N-tilførsel alene, beregnet på basis af 3 modelkørsler; en statusmodelkørsel, hvor næringsstofflørslerne i dette notats scenarie er som beskrevet i afsnit 3, og 2 reduktionskørsler, hvor N-tilførslerne fra dansk opland er reduceret med henholdsvis 30% og 60% i forhold til 1992-2001 kørslen (trin 2 i Figur 1). Resultaterne af disse modelkørsler er efterfølgende (og i henhold til metodebeskrivelsen i /2/) benyttet til at beregne den andel af miljøindikatorerne, der alene kan forklares ud fra danske landbaserede N-tilførsler i perioden 1997-2001. I Tabel 3 er vist resultaterne af den tidligere beregning (se /2/) og beregningen, som er foretaget i forbindelse med dette notat.

Generelt set er andelen af den enkelte miljøindikator, som kan forklares af danske N-tilførsler alene, større for perioden 1997-2001 sammenlignet med perioden 2007-2011.

Tabel 3 Estimer af den andel af miljøindikatorerne fytoplanktonklorofyl og  $K_d$ , der kan forklares ved N-tilførsel fra dansk land i henholdsvis perioden 2007-2011 og perioden 1997-2001. I tabellen er der kun inkluderet de områder, som er opdateret i denne rapport.

Vandområde	Omr. ID	2007-2011		1997-2001	
		Andel af klorofyl [%]	Andel af $K_d$ [%]	Andel af klorofyl [%]	Andel af $K_d$ [%]
Nordlige Øresund	6	2,6	1,5	3,2	1,7
Musholm Bugt, indre	26	5,2	0,0 <sup>4</sup>	7,7	0,0
Sejerøbugt	28	3,8	2,9	5,8	3,5
Kalundborg Fjord	29	4,8	4,2	7,7	5,4
Smålandsfarvandet, syd	34	6,1	1,7	10,4	2,1
Guldborgsund	38	12,8	11,0	18,6	12,3
Langelandsbælt, øst	41	3,6	0,8	4,6	0,9
Hjelm Bugt	44	0,7	1,1	1,2	1,3
Grønsund	45	2,3	0,5	3,3	0,6
Fakse Bugt	46	1,0	0,7	1,8	0,9
Stege Bugt	48	2,3	0,7	3,3	0,8
Østersøen, Bornholm	56	0,2	0,3	0,5	0,5
Nyborg Fjord	86	11,3	3,9	12,6	4,3
Langelandssund	90	7,1	2,7	11,1	3,5
Storebælt, SV	95	3,9	1,4	5,3	1,7
Storebælt, NV	96	4,8	1,3	6,8	1,7
Åbenrå Fjord	102	12,0	1,4	23,2	2,2
Vejle Fjord, ydre	122	21,9	2,8	29,5	3,5
Hevring Bugt	138	12,0	5,3	22,4	8,1
Anholt	139	1,6	0,6	3,9	1,1
Djursland Øst	140	6,7	2,7	11,2	3,5
Ebeltoft Vig	141	6,2	2,2	9,9	2,7
Kalø Vig, indre	145	12,9	3,0	23,5	4,0
Århus Bugt, Kalø og Begtrup Vig	147	7,5	2,4	14,2	3,9

<sup>4</sup> For Musholm Bugt, indre, er  $K_d$  status mindre end  $K_d$  miljømål beregnet ud fra ålegræs miljømål.

Kattegat, Læsø	154	7,4	4,5	7,8	2,6
Kattegat, Nordsjælland	200	5,2	3,1	7,8	4,0
Køge Bugt	201	2,8	2,7	3,7	3,2
Jammerland Bugt	204	3,4	3,0	5,2	2,7
Kattegat, Nordsjælland > 20m	205	0,0	0,0	0,0	0,0
Smålandsfarvandet Åben del	206	4,2	3,0	5,7	3,5
Nakskov Fjord	207	7,1	4,3	12,0	5,1
Femerbælt	208	1,9	3,2	2,6	3,7
Det Sydfynske Øhav, åbne del	214	5,3	2,2	10,3	3,2
Lillebælt, Syd	216	6,8	2,3	12,6	3,5
Lillebælt, Bredningen	217	10,8	2,6	18,2	3,6
Århus Bugt syd, Samsø og Nordlige Bælthav	219	7,8	1,8	12,1	2,4
Kattegat, Aalborg Bugt	222	24,1	17,0	35,7	19,6
Nordlige Lillebælt	224	14,7	3,2	21,2	3,9
Nordlige Kattegat - Ålbæk Bugt	225	17,4	8,9	28,9	11,4

## 5 Indsatsbehov og målbelastninger

Med de forudsætninger, som er beskrevet i ovenstående, og under henvisning til metoderne beskrevet i /1/ og /2/ er der foretaget beregninger af indsatsbehov og tilhørende målbelastninger for de mere åbne vandområder i en situation, hvor næringsstofftilførslerne svarer til tilførslerne i perioden 1997-2001. Resultaterne er vist i nedenstående Tabel 4. Til sammenligning er indsatsbehov og målbelastning beregnet med tilførsler fra perioden 2007-2011 også vist. I Tabel 4 er de områder, som er ændret på grund af den nye beregning angivet med gul, og for de resterende vandområder benyttes de i /1/ beregnede indsatsbehov og målbelastninger.

Tabel 4 Indsatsbehov og målbelastning beregnet ud fra perioden 1997-2001 og perioden 2007-2011. I tabellen er de områder, som er ændret på grund af den nye beregning angivet med gult, og for de resterende vandområder benyttes de i /1/ beregnede indsatsbehov og målbelastninger. Ved beregning af en målbelastning for hele landet er der vandområder, som dimensioneres efter et åbent vandområde, se /1/. I denne tabel er den effekt inkluderet.

Omr ID	Vandområde navn	Indsatsbehov og målbelastning beregnet med tilførsler fra 1997-2001		Indsatsbehov og målbelastning beregnet med tilførsler fra 2007-2011	
		Indsatsbehov %	Målbelastning ton N/år	Indsatsbehov %	Målbelastning ton N/år
1	Roskilde Fjord, ydre	23	390	23	390
2	Roskilde Fjord, indre	23	345	23	345
6	Nordlige Øresund	20	715	18	716
9	København Havn	20*	49	18	48
16	Korsør Nor	20*	36	20	34
17	Basnæs Nor	20*	55	20	50
18	Holsteinsborg Nor	20*	16	20	17
24	Isefjord, ydre	20	530	20	530
25	Skælskør Fjord og Nor	20*	31	20	30
26	Musholm Bugt, indre	20	825	20	650
28	Sejerøbugt	20	183	20	195
29	Kalundborg Fjord	20	95	20	76
34	Smålandsfarvandet, syd	20	393	20	380
35	Karrebæk Fjord	38	925	38	925
36	Dybsø Fjord	20*	45	20	46
37	Avnø Fjord	20*	175	20	146
38	Guldborgssund	20	464	20	413
41	Langelandsbælt, øst	20	88	20	107
44	Hjelm Bugt	0	135	0	135
45	Grønsund	20	247	20	248
46	Fakse Bugt	20	282	18	260
47	Præstø Fjord	35	153	35	153
48	Stege Bugt	20	238	20	237
49	Stege Nor	77	6	77	6
56	Østersøen, Bornholm	14	961	12	806
57	Østersøen, Christiansø	0	0	0	0

Omr ID	Vandområde navn	Indsatsbehov og målbelastning beregnet med tilførsler fra 1997-2001		Indsatsbehov og målbelastning beregnet med tilførsler fra 2007-2011	
		Indsatsbehov %	Målbelastning ton N/år	Indsatsbehov %	Målbelastning ton N/år
59	Nærrå Strand	59	47	59	47
61	Dalby Bugt	12*	39	11	35
62	Lillestrand	12*	30	11	26
63	Nakkebølle Fjord	44*	116	39	75
64	Skårupøre Sund	44*	7	39	6
65	Thurøbund	44*	2	39	1
68	Lindelse Nor	44*	35	39	27
69	Vejlen	44*	13	39	12
70	Salme Nor	44*	1	39	1
71	Tryggelev Nor	44*	5	39	5
72	Kløven	44*	29	39	25
74	Bredningen	44*	106	39	88
75	Emtekær Nor	44*	13	39	13
76	Orestrand	44*	2	39	2
78	Gamborg Nor	44*	40	39	35
80	Gamborg Fjord	44*	35	39	26
81	Båggø Nor	44*	1	39	1
82	Aborgminde Nor	44*	96	39	97
83	Holckenhavn Fjord	44	170	44	170
84	Kerteminde Fjord	20*	25	20	19
85	Kertinge Nor	32	14	32	14
86	Nyborg Fjord	20	1	20	1
87	Helnæs Bugt	44*	164	39	146
89	Lunkebugten	44*	16	39	13
90	Langelandssund	44	359	39	320
92	Odense Fjord, ydre	26	98	26	98
93	Odense Fjord, indre	48	764	48	764
95	Storebælt, SV	20	161	20	152
96	Storebælt, NV	20	166	20	130
101	Genner Bugt	44*	39	39	41
102	Åbenrå Fjord	50	69	50	69
103	Als Fjord	45	129	45	129
104	Als Sund	45	67	45	67
105	Augustenborg Fjord	45	90	45	90
106	Haderslev Fjord	53	149	53	149
107	Juvre Dyb, tidevandsområde	29	304	29	304
108	Avnø Vig	50	36	50	36
109	Hejlsminde Nor	51	84	51	84
110	Nybøl Nor	50	39	50	39
111	Lister Dyb	29	1774	29	1774

Omr ID	Vandområde navn	Indsatsbehov og målbelastning beregnet med tilførsler fra 1997-2001		Indsatsbehov og målbelastning beregnet med tilførsler fra 2007-2011	
		Indsatsbehov %	Målbelastning ton N/år	Indsatsbehov %	Målbelastning ton N/år
113	Flensborg Fjord, indre	50	37	50	37
114	Flensborg Fjord, ydre	50	91	50	91
119	Vesterhavet, syd	14	280	14	280
120	Knudedyb tidevandsområde	29	2324	29	2324
121	Grådyb tidevandsområde	29	2160	29	2160
122	Vejle Fjord, ydre	44*	401	39	350
123	Vejle Fjord, indre	44*	442	39	393
124	Kolding Fjord, indre	45	301	45	301
125	Kolding Fjord, ydre	45	35	45	35
127	Horsens Fjord, ydre	50	45	50	45
128	Horsens Fjord, indre	50	491	50	491
129	Nissum Fjord, ydre	40	188	40	188
130	Nissum Fjord, mellem	40	72	40	72
131	Nissum Fjord, Felsted Kog	40	989	40	989
132	Ringkøbing Fjord	40	2636	40	2636
133	Vesterhavet, nord	14	55	14	55
135	Randers Fjord, Grund Fjord	30	320	30	320
136	Randers Fjord, Randers-Møllerup	30	1684	30	1684
137	Randers Fjord, ydre	30	101	30	101
138	Hevring Bugt	10	202	7	155
139	Anholt	10	9	7	7
140	Djursland Øst	10	859	7	654
141	Ebeltoft Vig	12	19	11	18
142	Stavns Fjord	12*	13	11	10
144	Knebel Vig	12	30	11	26
145	Kalø Vig, indre	12*	102	11	84
146	Norsminde Fjord	60	62	60	62
147	Århus Bugt, Kalø og Begtrup Vig	12	749	11	495
154	Kattegat, Læsø	10	104	7	89
156	Nissum Bredning, Thisted Bredning, Kås Bredning, Løgstør Bredning, Nibe Bredning og Langerak	32	6134	32	6134
157	Bjørnholms Bugt, Riisgårde Bredning, Skive Fjord og Lovns Bredning	48	814	48	814
158	Hjarbæk Fjord	56	778	56	778
159	Mariager Fjord, indre	60	192	60	192
160	Mariager Fjord, ydre	55	184	55	184
165	Isefjord, indre	20	394	20	394

		Indsatsbehov og målbelastning beregnet med tilførsler fra 1997-2001		Indsatsbehov og målbelastning beregnet med tilførsler fra 2007-2011	
Omr ID	Vandområde navn	Indsatsbehov %	Målbelastning ton N/år	Indsatsbehov %	Målbelastning ton N/år
200	Kattegat, Nordsjælland	10	278	7	253
201	Køge Bugt	20	1175	18	1046
204	Jammerland Bugt	20	438	20	392
205	Kattegat, Nordsjælland >20 m	10	0	7	0
206	Smålandsfarvandet, åbne del	20	179	19	232
207	Nakskov Fjord	20	322	20	316
208	Femerbælt	0	311	0	311
209	Rødsand		108		108
212	Faaborg Fjord	44*	16	39	14
213	Torø Vig og Torø Nor	44*	6	39	4
214	Det Sydfynske Øhav	44	248	39	211
216	Lillebælt, syd	44	419	39	363
217	Lillebælt, Bredningen	44	227	39	193
219	Århus Bugt syd, Samsø og Nordlige Bælthav	12	578	11	488
221	Skagerrak	14	1164	14	1164
222	Kattegat, Aalborg Bugt	10	1210	7	967
224	Nordlige Lillebælt	44	521	39	509
225	Nordlige Kattegat, Ålbæk Bugt	10	959	7	725
<b>Sum</b>			44.173		42.013

\* Områder som er dimensioneret efter IDF modellen, men ikke direkte beregnet.



## 6 Afrunding

I dette notat beskrives beregnede indsatsbehov og målbelastning, når der benyttes næringsstofftilførsler fra 1997-2001 i stedet for tilførsler fra perioden 2007-2011. Sammenholdes resultaterne for de to niveauer af næringstilførsel, ses det, at målbelastningen på landsplan er 2,2 ktons N/år højere når hele metoden baseres på IDF modelkørsel med de tidligere højere næringsstofftilførsel. Tabel 4 viser, at ca. 1,7 kton<sup>5</sup> af ændringen på 2,2 kton skyldes ændringer i beregnede målbelastninger for åbentvands-områder. Dertil kommer at de resterende 0,5 kton i høj grad skyldes, at de åbne områder har været dimensionerende for de berørte kystområders målbelastninger. I de kystnære områder, hvor åbentvands-reduktionerne er dimensionsgivende, er det typisk, fordi vi ikke kender status og derfor ikke kan beregne indsatsbehov. Vi kender derfor ikke effekten af en ændret målbelastning her, og den bør derfor ikke indregnes i den samlede ændring i målbelastningen.

Inkluderes de tidligere beregnede målbelastninger for områder, der ikke er inkluderet i de nye IDF-modelberegninger (fra /1/), svarer det til en stigning i målbelastningen fra 42.013 tons N/år til 43.717 tons N/år, når beregningsgrundlaget er 1997-2001 modelkørslerne og tilsvarende modelkorrigeret status for miljøindikatorerne, forudsat at vi kun ser på de vandområder, hvor der er en direkte genberegning af målbelastning.

Ved vurdering af forskellen på ca. 1,7 kton er det nødvendigt at indtænke forskellene mellem de to scenarier, idet dette notats scenarie på flere punkter afviger fra det oprindelige scenarie, som er beskrevet i /1/ og /2/. En afgørende forskel er, at den oprindelige IDF-modelkørsel er en simulering baseret på forholdene i perioden 2007-2011, og beregningen af indsatsbehov og målsætning sker med udgangspunkt i den målte status for denne periode, mens 1997-2001 scenariet er en genberegning af dette scenarie med anvendelse af næringsstofftilførsler svarende til 1997-2011 og med udgangspunkt i estimerede statusforhold. Dette gør det muligt at sammenholde effekten af de tidligere større tilførsler fra dansk land under forhold, hvor den eneste forskel er næringsstofftilførslerne. Integreret i de større tilførsler ligger også en forskel i fordelingen mellem de danske og udenlandske tilførsler, idet Danmarks bidrag til tilførslerne er relativt lavere i 2007-2011 scenariet, fordi Danmark imellem de to perioder har gennemført relativt større reduktioner end de øvrige lande omkring Østersøen. Det nye scenarie er således ikke en egentlig simulering af forholdene i 1997-2001 (det bygger ikke på en kalibreret hindcast simulering, som det er tilfældet i 2007-2011 scenariet).

Et vigtigt trin i den udviklede metode er at udskille den 'andel' af miljøindikatorerne, som kan knyttes til den danske tilførsel. Som følge af den relativt set større danske reduktion af næringsstofftilførsler siden 1997-2001 må det forventes, at denne andel er større i 1997-2001 scenariet. Som vist i Tabel 3 er andelen større, og stigningen sker primært i de åbne vandområder. Stigningen indikerer, at det måske er relevant at tage hensyn til den tidligere danske indsats ved fastsættelsen af den endelige målbelastning for de danske kilder.

Der er dog andre forhold, der må forventes at påvirke indsatsberegningen og dermed kan være medvirkende til forskellen i de beregnede målbelastninger for de to scenarier. Et andet forhold, der sandsynligvis har medvirket til forskellen mellem scenarierne, er forskelle i den sæsonmæssige fordeling af næringsstofftilførslerne. Nedbørsmønstret er ikke det samme for de to perioder. Det betyder, at årsfordelingen af næringsstofftilførslen ikke er ens, hvilket kan indvirke på modelresultaterne. Eksempelvis er sommernedbøren (maj-august) generelt øget over de 10 år fra 1997-2001 til 2007-2011, hvilket vil påvirke N-tilførslen om sommeren. Da de to miljøindikatorer, der anvendes til at beregne indsatsbehov og målbelastning, beskriver forholdene om sommeren, giver det usikkerhed om alle de 1,7 kton N/år er effekten af den tidligere større næringstilførsel.

<sup>5</sup> Ændring af indsatsbehov for de områder der i Tabel 4 er markeret med \*.

Muligheden for forskelle i den sæsonmæssige fordeling af næringsstoffertilførslerne påpeger samtidig problemet i alene at se på årsopgørelser af tilførsler, målbelastninger og effekter af virkemidler. Der er et modsætningsforhold i, at der anvendes sommer-miljøindikatorer, samtidig med, at effekten af tidligere danske indsatser primært påvirker næringstilførslen i vintermånederne. Det betyder reelt, at der tilbage i tiden har været flere uorganiske næringssalte til rådighed for algevæksten i foråret, og modelresultaterne i denne analyse viser en klar påvirkning på forårsalgevæksten, men en væsentlig mindre effekt på de to benyttede indikatorer, sommer-klorofyl og ålegræs-proxyen  $K_d$ . Det vil sige, at den samlede effekt af ændrede næringsstoffertilførsler på økosystemet kan være større, end hvad effekten på sommer-indikatorerne viser. Da indsatsbehov alene vurderes ud fra de to sommer-indikatorer, inddrages effekten på forårsalgevæksten ikke i beregningen af det samlede indsatsbehov. En nærmere analyse af den sæsonmæssige variation i tilførsler og nøgleindikatorer for økosystemets tilstand kan kaste mere lys på denne problemstilling, og samtidig bidrage til fremtidige revisioner af valget af miljøindikatorer. For analysen i dette notat vil det være relevant at undersøge de reelle forskelle i årsvariationen i tilførslerne.

Den overordnede konklusion af sammenligningen af de to scenarier (1997-2001 og 2007-2011) er, at det ikke fagligt er muligt at afgøre, hvilket scenarie der er mest rigtigt, men at usikkerheden på den oprindelige beregninger vurderes at være mindst. 2007-2011 scenariet er baseret på en kalibreret hindcast modelkørsel og observeret status, mens 1997-2001 scenariet er en variation af det oprindelige scenarie med ændrede næringsstoffertilførsler og den tilsvarende estimerede status. Derfor vurderes sikkerheden på målbelastningen på ca. 42 kton N/år (baseret på 2007-2011) at være størst. Fra perioden 1997-2001 til 2007-2011 er den danske landbaserede N-tilførsel reduceret med godt 13 kton N/år. Selv med dette nye udgangspunkt beregnes en målbelastning, som er relativ tæt på den oprindelige målbelastning, hvilket styrker sikkerheden omkring målbelastningens størrelse.

Et eksempel, som understøtter, at det nye scenarie er mere usikkert, er beregning af indsatsbehov og målbelastning til Århus Bugt. I Århus Bugt blev tidligere beregnet en målbelastning på 495 ton N/år, mens den med det nye scenarie har ændret målbelastningen til 749 tons N/år. I dag (2007-2011) er N-tilførslen 556 ton N. Ser vi imidlertid på indikatorerne for Århus Bugt, er der stadigvæk et indsatsbehov i forhold til  $K_d$ . Benyttes den nye målbelastning betyder det, at der kan tilføres mere N, selv om området overordnet set ikke er i god økologisk tilstand. Med den oprindelige metode var der stadigvæk et mindre indsatsbehov, hvilket står mål med tilstanden i området. Derfor skal resultaterne fra screeningsanalyserne bruges varsomt, og de endelige målbelastninger eftervises med supplerende IDF modelkørsel.

De nye beregninger viser samtidig at der kan være en mindre effekt på målbelastningen ved at bruge et andet udgangspunkt for beregningerne (1997-2005 i stedet for 2007-2011). Det er imidlertid ikke muligt at give et nøjagtigt bestemmelse på denne mindre effekt. Det skal samtidigt understreges, at de svenske og tyske indsatser er på 13% hver især, sammenholdt med de danske på 20% (17%, når der ikke normaliseres), og dermed er der ikke så stor forskel på indsatserne.

Det ligger i metodens natur, at der altid er en dansk andel af tilførslen og virkningen på miljøindikatorerne, og andelen beskriver her og nu situationen uden hensyn til historikken mht. reduktioner i tilførslernes størrelse og den relative andel af den danske tilførsel ift. andre tilførsler til Østersøen. Resultaterne viser, at de vandområder, der primært påvirkes af tidligere reduktioner er åbentvandsområder, hvor den danske andel er lille. Med andre ord områder, hvor miljøtilstanden i højere grad er bestemt af de udenlandske landbaserede tilførsler, som tilføres de danske farvande fra den østlige Østersø.

DHI anbefaler i lyset af ovenstående, at hvis resultaterne fra den tidligere referenceperiode 1997-2005 ønskes indregnet i målbelastningen, foretages yderligere vurderinger af, hvad forskellen i målbelastningerne skyldes, for at sikre at det eksempelvis ikke er en ændret sæsonfordeling, og om der er andre økologiske effekter end effekterne på de to indikatorer, som benyttes i indsatsberegningen. Samtidig skal resultaterne med screeningsværktøjet

---

endelig valideres med beregning med den underliggende IDF model med implementerede målbelastninger.

Set i et fremtidsperspektiv anbefaler DHI også (og dette understøttes af DCE/Århus Universitet), at der inddrages og analyseres på flere indikatorer, eksempelvis forårsopblomstring, så der opnås en mere holistisk vurdering af den økologiske tilstand i de danske vandområder.

## 7 Referencer

- /1/ NST projektet "Implementeringen af modeller til brug for vandforvaltningen". Modeller for Danske Fjorde og Kystnære Havområder – Del 1. Metode til bestemmelse af Målbekæmpelse. December 2014.
- /2/ NST projektet "Implementeringen af modeller til brug for vandforvaltningen". Modeller for Danske Fjorde og Kystnære Havområder – Del 2. Mekanistiske modeller og metode til bestemmelse af indsatsbehov. December 2014.
- /3/ NST projektet "Implementeringen af modeller til brug for vandforvaltningen". Modeller for Danske Fjorde og Kystnære Havområder – Del 3. Statistiske modeller og metode til bestemmelse af indsatsbehov. December 2014.
- /4/ NST projektet "Implementeringen af modeller til brug for vandforvaltningen". Modeller for Danske Fjorde og Kystnære Havområder. Indsatsbehov og målbekæmpelse under hensyntagen til 2030 WPE 2014 (NEC). November 2015.
- /5/ Hansen, J.W. (red.) 2012: Marine områder 2011. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 154 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 34. <http://www.dmu.dk/Pub/SR34.pdf>
- /6/ Windolf, J., Timmermann, A., Kjeldgaard, A., Bøgestrand, J., Larsen, S.L. & Thodsen, H. 2013. Landbaseret tilførsel af kvælstof og fosfor til danske fjorde og kyststafsnit, 1990-2011. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 110 s. – Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 31. <http://dce2.au.dk/pub/TR31.pdf>
- /7/ HELCOM, 2013. Review of the Fifth Baltic Sea Pollution Load Compilation for the 2013 HELCOM Ministerial Meeting. Balt. Sea Environ. Proc. No. 1
- /8/ Geels, C., Hansen, K. M., Christensen, J. H., Ambelas Skjøth, C., Ellermann, T., Hedegaard, G. B., Hertel, O., Frohn, L. M., Gross, A., Brandt, J. (2012), Projected change in atmospheric nitrogen deposition to the Baltic Sea towards 2020, Atmos. Chem. Phys. 12, 2615-2629.
- /9/ Ellermann, T., Andersen, H.V., Bossi, R., Christensen, J., Løfstrøm, P., Monies, C., Grundahl, L. & Geels, C. 2013: Atmosfærisk deposition 2012. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. 85 s. – Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 73. <http://dce2.au.dk/pub/SR73.pdf>

## Appendiks A

Tabel 5 Beregnede indsatsbehov og samlede målbelastninger for de enkelte vandområder baseret på perioden 1997-2001

Model	Omr ID	Vandområde navn	Oplands-areal	N-belastning 1997-2001			Indsatsbehov ift. nutidsbelastning					Målbelastning		Kommentar
				ha	ton N/år	kg N/ha/år	MEK <sup>6</sup> Model %	STAT <sup>7</sup> Model %	MEK Meta <sup>8</sup> %	STAT Meta <sup>9</sup> %	Ind-stats %	ton N/år	kg N/ha/år	
MEK	1	Roskilde Fjord, ydre	72915	538	7	23					23	390	6	
MEK+STAT	2	Roskilde Fjord, indre	44890	460	10	4	10				23	345	8	Yderfjord er dimensionerende hvorfor 28% benyttes for hele fjorden
MEK	6	Nordlige Øresund	41749	894	21	20				20	715	17		
meta	9	København Havn	18238	61	3					20	49	3	Øresund anvendt til at bestemme indsats til KBH	
meta	16	Korsør Nor	2999	45	15	20				20	36	12	Ingen status, reduktion er minimum for at opfylde Smålandsfarvandets mål (MEKmodel)	
meta	17	Basnæs Nor	3927	69	18	20		15	20	20	55	14	Reduktion er minimum for at opfylde Smålandsfarvandets mål (MEKmodel)	

<sup>6</sup> MEK henviser til mekanistisk model

<sup>7</sup> STAT henviser til statistisk model

<sup>8</sup> MEK Meta henviser til meta-model udviklet baseret på mekanistisk model

<sup>9</sup> STAT Meta henviser til meta-model udviklet baseret på statistisk model model

Model	Omr ID	Vandområde navn	Oplands-areal	N-belastning 1997-2001		Indsatsbehov ift. nutidsbelastning					Målbekastning		Kommentar
				ha	ton N/år	kg N /ha/år	MEK <sup>6</sup> Model %	STAT <sup>7</sup> Model %	MEK <sup>8</sup> Meta %	STAT <sup>9</sup> Meta %	Ind-stats %	ton N/år	
meta	18	Holsteinsborg Nor	1905	20	11	20		5	10	20	16	9	Reduktion er minimum for at opfylde Smålandsfarvandets mål (MEKmodel)
STAT	24	Isefjord, ydre	41629	712	17				20	20	530	14	
meta	25	Skælskør Fjord og Nor	2607	39	15	20				20	31	12	Storebælt er dimensionsgivende
MEK	26	Musholm Bugt, indre	52696	1032	20	20				20	825	16	Musholm og Jammerland tæt forbundne; derfor krav for at opfylde Jammerland
MEK	28	Sejerøbugt	31377	228	7	20				20	183	6	Storebælt er dimensionsgivende
MEK	29	Kalundborg Fjord	6453	118	18	20				20	95	15	Storebælt er dimensionsgivende
MEK	34	Smålandsfarvandet, syd	43363	491	11	20				20	393	9	
meta	35	Karrebæk Fjord	110503	1472	13	20		32	45	38	925	8	Meta-analyse
meta	36	Dybsø Fjord	4359	57	13					20	45	10	Reduktion er minimum for at opfylde Smålandsfarvandets mål (MEKmodel)
meta	37	Avnø Fjord	13741	218	16	20		0	0	20	175	13	Reduktion er minimum for at opfylde Smålandsfarvandets mål (MEKmodel)
MEK	38	Guldborgssund	42978	580	13	20				20	464	11	Smålandsfarvandet er dimensionsgivende
MEK	41	Langelandsbælt, øst	6809	110	16	20				20	88	13	
MEK	44	Hjelm Bugt	10617	133	12	0	18			0	135	12	Gennemstrømningsområde. MEK dimensionsgivende

Model	Omr ID	Vandområde navn	Oplands-areal	N-belastning 1997-2001			Indsatsbehov ift. nutidsbelastning					Målbekastning		Kommentar
				ha	ton N/år	kg N/ha/år	MEK <sup>6</sup> Model %	STAT <sup>7</sup> Model %	MEK <sup>8</sup> Meta %	STAT <sup>9</sup> Meta %	Ind-stats %	ton N/år	kg N/ha/år	
MEK	45	Grønsund	19249	308	16	20				20	247	13		
MEK	46	Fakse Bugt	21824	352	16	20				20	282	13		
meta	47	Præstø Fjord	15147	241	16	20		36	35	35	153	10	Meta-analyse	
MEK	48	Stege Bugt	21260	297	14	20				20	238	11	Smålandsfarvandet er dimensionsgivende	
meta	49	Stege Nor	1803	28	16	20		74	79	77	6	4	Meta-analyse	
MEK	56	Østersøen, Bornholm	58925	1117	19	14				14	961	16	Uændret ift original, ingen belastning fra 1997-2001	
MEK	57	Østersøen, Christiansø	36	0	0					0	0	0	Uændret ift original, ingen belastning fra 1997-2001	
meta	59	Nærá Strand	8234	132	16	12		61	57	59	47	7	Meta-analyse	
meta	61	Dalby Bugt	1838	44	24	12		0	0	12	39	21	Reduktion er minimum for at opfylde Århus Bugt syd, Samsø, Nordlige Bælthav (MEKmodel)	
meta	62	Lillestrand	1458	34	23	12				12	30	20	Ingen status, reduktion er minimum for at opfylde Århus Bugt syd, Samsø, Nordlige Bælthav (MEKmodel)	
meta	63	Nakkebølle Fjord	10261	208	20	44		15	17	44	116	11	Reduktion er minimum for at opfylde Lillebælt (MEKmodel)	
meta	64	Skårupøre Sund	988	13	13	44				44	7	7	Reduktion er minimum for at opfylde Lillebælt (MEKmodel)	

Model	Omr ID	Vandområde navn	Oplands-areal	N-belastning 1997-2001		Indsatsbehov ift. nutidsbelastning					Målbekastning		Kommentar
				ha	ton N/år	kg N/ha/år	MEK <sup>6</sup> Model %	STAT <sup>7</sup> Model %	MEK <sup>8</sup> Meta %	STAT <sup>9</sup> Meta %	Ind-stats %	ton N/år	
meta	65	Thurøbund	216	3	14	44				44	2	8	Ingen status, reduktion er minimum for at opfylde Lillebælt (MEKmodel)
meta	68	Lindelse Nor	3158	63	20	44		21	20	44	35	11	Reduktion er minimum for at opfylde Lillebælt (MEKmodel)
meta	69	Vejlen	1048	23	22	44				44	13	12	Ingen status, reduktion er minimum for at opfylde Lillebælt (MEKmodel)
meta	70	Salme Nor	191		0					44	0	0	Reduktion er minimum for at opfylde Lillebælt (MEKmodel)
meta	71	Tryggelev Nor	1003		0					44	0	0	Reduktion er minimum for at opfylde Lillebælt (MEKmodel)
meta	72	Kløven	2633	51	19	44		0	0	44	29	11	Reduktion er minimum for at opfylde Lillebælt (MEKmodel)
meta	74	Bredningen	11135	189	17	44				44	106	10	Ingen status, reduktion er minimum for at opfylde Lillebælt (MEKmodel)
meta	75	Emtekær Nor	1099	22	20	44				44	13	11	Ingen status, reduktion er minimum for at opfylde Lillebælt (MEKmodel)
meta	76	Orestrand	187		0					44	0	0	Ingen status, reduktion er minimum for at opfylde Lillebælt (MEKmodel)
meta	78	Gamborg Nor	3260	72	22	44				44	40	12	Ingen status, reduktion er minimum for at opfylde Lillebælt (MEKmodel)
meta	80	Gamborg Fjord	2088	62	30	44		21	26	44	35	17	Reduktion er minimum for at opfylde Lillebælt (MEKmodel)



Model	Omr ID	Vandområde navn	Oplands-areal	N-belastning 1997-2001		Indsatsbehov ift. nutidsbelastning					Målbekastning		Kommentar
				ha	ton N/år	kg N /ha/år	MEK <sup>6</sup> Model %	STAT <sup>7</sup> Model %	MEK <sup>8</sup> Meta %	STAT <sup>9</sup> Meta %	Ind-stats %	ton N/år	
meta	81	Bågå Nor	81		0					44	0	0	Reduktion er minimum for at opfylde Lillebælt (MEKmodel)
meta	82	Aborgminde Nor	8386	171	20	44				44	96	11	Ingen status, reduktion er minimum for at opfylde Lillebælt (MEKmodel)
meta	83	Holckehavn Fjord	22126	397	18	20		37	51	44	170	10	Meta-analyse
meta	84	Kerteminde Fjord	1872	31	16	20		16	20	20	25	13	Storebælt er dimensionsgivende
meta	85	Kertinge Nor	1734	26	15	20		32	31	32	14	10	Meta-analyse
MEK	86	Nyborg Fjord	2034	1	0	20				20	1	0	Storebælt er dimensionsgivende
meta	87	Helnæs Bugt	18388	294	16	44		32	36	44	164	9	Reduktion er minimum for at opfylde Lillebælt (MEKmodel)
meta	89	Lunkebugten	28853	28	1	44				44	16	1	Ingen status, reduktion er minimum for at opfylde Lillebælt (MEKmodel)
MEK	90	Langelandssund	27070	642	24	44				44	359	13	
MEK+ STAT	92	Odense Fjord, ydre	7146	151	21	33	26			26	98	16	
meta	93	Odense Fjord, indre	98859	2094	21	33			48	48	764	11	Meta-analyse baseret på inderfjorden (station 8). DHI finder at station 17 er mere repræsentativ for hele fjorden.
MEK	95	Storebælt, SV	14808	201	14	20				20	161	11	
MEK+	96	Storebælt, NV	11249	207	18	20	35			20	166	15	Gennemstrømningsområde. MEK

Model	Omr ID	Vandområde navn	Oplands-areal	N-belastning 1997-2001		Indsatsbehov ift. nutidsbelastning					Målbekastning		Kommentar	
				ha	ton N/år	kg N /ha/år	MEK <sup>6</sup> Model %	STAT <sup>7</sup> Model %	MEK <sup>8</sup> Meta %	STAT <sup>9</sup> Meta %	Ind-stats %	ton N/år		kg N /ha/år
<b>STAT</b>													dimensionsgivende	
<b>meta</b>	101	Genner Bugt	3878	70	18	44				44	39	10	Ingen status, reduktion er minimum for at opfylde Lillebælt (MEKmodel)	
<b>MEK+STAT</b>	102	Åbenrå Fjord	8113	167	21	44	50			50	69	10		
<b>MEK</b>	103	Als Fjord	9973	312	31				44	47	45	129	17	Meta-analyse benyttes
<b>MEK</b>	104	Als Sund	4492	135	30						45	67	17	Reduktion er minimum for at opfylde Als Fjord
<b>meta</b>	105	Augustenborg Fjord	9451	211	22				29	41	45	90	12	Reduktion er minimum for at opfylde Als Fjord
<b>meta</b>	106	Haderslev Fjord	18504	359	19	44			91	91	45	174	11	
<b>meta</b>	107	Juvre Dyb, tidevandsområde	27289	522	19				29		29	304	14	Meta-analyse på basis af HD-AD modellering. Uændret ift original
<b>meta</b>	108	Avnø Vig	4481	97	22	44			47	53	50	36	11	Meta-analyse
<b>meta</b>	109	Hejlsminde Nor	10966	205	19	44			49	54	51	84	9	Meta-analyse
<b>meta</b>	110	Nybøl Nor	5895	98	17						50	39	8	Reduktion er minimum for at opfylde Flensborg fjord
<b>meta</b>	111	Lister Dyb	188639	2729	14				29		29	1774	10	Meta-analyse på basis af HD-AD modellering. Uændret ift original

Model	Omr ID	Vandområde navn	Oplands-areal	N-belastning 1997-2001		Indsatsbehov ift. nutidsbelastning					Målbekastning		Kommentar
				ha	ton N/år	kg N /ha/år	MEK <sup>6</sup> Model %	STAT <sup>7</sup> Model %	MEK <sup>8</sup> Meta %	STAT <sup>9</sup> Meta %	Ind-stats %	ton N/år	
STAT	113	Flensborg Fjord, indre	4214	92	22		50			50	37	11	
STAT	114	Flensborg Fjord, ydre	10904	205	19		50			50	91	9	Indre fjord dimensionsgivende
meta	119	Vesterhavet, syd	34038	414	12				14	14	280	10	Meta-analyse på basis af HD-AD modellering. Uændret ift original
meta	120	Knudedyb tidevandsområde	145339	4012	28				29	29	2324	20	Meta-analyse på basis af HD-AD modellering. Uændret ift original
meta	121	Grådyb tidevandsområde	182036	3958	22				29	29	2160	15	Meta-analyse på basis af HD-AD modellering. Uændret ift original
meta	122	Vejle Fjord, ydre	33804	716	21	44	15			44	401	12	Reduktion er minimum for at opfylde Lillebælt (MEK model)
STAT	123	Vejle Fjord, indre	38887	789	20		15			44	442	11	Ydre fjord dimensionsgivende (MEK model)
STAT	124	Kolding Fjord, indre	32029	759	24		45			45	301	13	
STAT	125	Kolding Fjord, ydre	3918	83	21					45	35	12	Indre del dimensionsgivende (STAT model)
STAT	127	Horsens Fjord, ydre	2743	97	35		44			50	45	18	Indre del dimensionsgivende (STAT model)
STAT	128	Horsens Fjord, indre	49205	1249	25		50			50	491	13	
meta	129	Nissum Fjord, ydre	30322	375	12					40	188	7	Ringkøbing Fjord krav (reduktion N/ha opland/år) anvendt som

Model	Omr ID	Vandområde navn	Oplands-areal	N-belastning 1997-2001			Indsatsbehov ift. nutidsbelastning					Målbekastning		Kommentar
				ha	ton N/år	kg N/ha/år	MEK <sup>6</sup> Model %	STAT <sup>7</sup> Model %	MEK <sup>8</sup> Meta %	STAT <sup>9</sup> Meta %	Ind-stats %	ton N/år	kg N/ha/år	
														dimensionsgivende (STAT)
<b>meta</b>	130	Nissum Fjord, mellem	10937	143	13					40	72	8		Ringkøbing Fjord krav (reduktion N/ha opland/år) anvendt som dimensionsgivende (STAT)
<b>meta</b>	131	Nissum Fjord, Felsted Kog	120251	2055	17					40	989	10		Ringkøbing Fjord krav (reduktion N/ha opland/år) anvendt som dimensionsgivende (STAT)
<b>STAT</b>	132	Ringkøbing Fjord	347652	5125	15		40			40	2636	9		Økosystem i uligevægt
<b>meta</b>	133	Vesterhavet, nord	2938	80	27			14		14	55	23		Meta-analyse på basis af HD-AD modellering. Uændret ift original
<b>meta</b>	135	Randers Fjord, Grund Fjord	39436	718	18					30	320	13		Randers omr. 136 er dimensionsgivende (STAT model)
<b>STAT</b>	136	Randers Fjord, Randers-Møllerup	271074	3237	12		30			30	1684	8		
<b>meta</b>	137	Randers Fjord, ydre	14912	185	12					30	101	9		Randers omr. 136 er dimensionsgivende (STAT model)
<b>MEK</b>	138	Hevring Bugt	20280	225	11	10				10	202	10		
<b>MEK</b>	139	Anholt	2175	10	5	10				10	9	4		
<b>MEK</b>	140	Djursland Øst	72581	955	13	10				10	859	12		
<b>MEK</b>	141	Ebeltoft Vig	5982	22	4	12				12	19	3		

Model	Omr ID	Vandområde navn	Oplands-areal	N-belastning 1997-2001		Indsatsbehov ift. nutidsbelastning					Målbekastning		Kommentar	
				ha	ton N/år	kg N/ha/år	MEK <sup>6</sup> Model %	STAT <sup>7</sup> Model %	MEK <sup>8</sup> Meta %	STAT <sup>9</sup> Meta %	Ind-stats %	ton N/år		kg N/ha/år
meta	142	Stavns Fjord	844	14	17	12				12	13	15	Reduktion minimum for at opfylde Århus Bugt syd, Samsø, Nordlige Bælthav (MEKmodel)	
meta	144	Knebel Vig	2113	35	16	12				12	30	14	Reduktion minimum for at opfylde Århus Bugt syd, Samsø, Nordlige Bælthav (MEKmodel)	
MEK	145	Kalø Vig, indre	7327	116	16	12				12	102	14		
meta	146	Norsminde Fjord	10864	199	18	12			62	57	60	62	7	Meta-analyse
MEK	147	Århus Bugt, Kalø og Begtrup Vig	56239	851	15	12	2				12	749	13	
MEK	154	Kattegat, Læsø	11838	116	10	10					10	104	9	
MEK+ STAT	156	Nissum Bredning, Thisted Bredning, Kås Bredning, Løgstør Bredning, Nibe Bredning og Langerak	498326	10520	21	50	50;25;5				32	6134	14	Forudsætter de angivne reduktioner til omr. 157-158 gennemføres (MEKmodel).
MEK+ STAT	157	Bjørnholms Bugt, Riisgårde Bredning, Skive Fjord og Lovns Bredning	144322	1955	14	52	55				48	814	7	Forudsat at angivne reduktioner til omr. 158 gennemføres (MEKmodel)[6]
MEK	158	Hjarbæk Fjord	117776	2112	18	61					56	778	8	
STAT	159	Mariager Fjord, indre	26871	538	20		60				60	192	8	Uændret - ingen klorofyl

Model	Omr ID	Vandområde navn	Oplands-areal	N-belastning 1997-2001			Indsatsbehov ift. nutidsbelastning					Målbekastning		Kommentar
				ha	ton N/år	kg N/ha/år	MEK <sup>6</sup> Model %	STAT <sup>7</sup> Model %	MEK <sup>8</sup> Meta %	STAT <sup>9</sup> Meta %	Ind-stats %	ton N/år	kg N/ha/år	
<b>STAT</b>	160	Mariager Fjord, ydre	30328	490	16				55	55	184	7	Uændret - ingen klorofyl	
<b>meta</b>	165	Isefjord, indre	35001	561	16				20	20	394	13	Yderfjord er dimensionsgivende	
<b>MEK</b>	200	Kattegat, Nordsjælland	37961	309	8	10				10	278	7		
<b>MEK</b>	201	Køge Bugt	87396	1469	17	20				20	1175	13		
<b>MEK</b>	204	Jammerland Bugt	56032	548	10	20				20	438	8		
<b>MEK</b>	205	Kattegat, Nordsjælland >20 m	70	0	4	10				10	0	3		
<b>MEK</b>	206	Smålandsfarvandet, åbne del	14060	223	16	20				20	179	13		
<b>MEK</b>	207	Nakskov Fjord	24607	402	16	20				20	322	13	Storebælt dimensionsgivende	
<b>MEK</b>	208	Femerbælt	24344	362	15	0				0	311	15		
<b>meta</b>	209	Rødsand	13361	146	11						108	11		
<b>meta</b>	212	Faaborg Fjord	2525	29	12	44				44	16	7	Reduktion er minimum for at opfylde Lillebælt (MEKmodel)	
<b>meta</b>	213	Torø Vig og Torø Nor	360	108	301	44				44	61	168	Reduktion er minimum for at opfylde Lillebælt (MEKmodel)	
<b>MEK+ STAT</b>	214	Det Sydfynske Øhav	26624	443	17	44	35			44	248	9		

Model	Omr ID	Vandområde navn	Oplands-areal	N-belastning 1997-2001		Indsatsbehov ift. nutidsbelastning					Målbekastning		Kommentar
				ha	ton N/år	kg N /ha/år	MEK <sup>6</sup> Model %	STAT <sup>7</sup> Model %	MEK <sup>8</sup> Meta %	STAT <sup>9</sup> Meta %	Ind-stats %	ton N/år	
MEK+STAT	216	Lillebælt, syd	33778	748	22	44	35			44	419	12	
MEK+STAT	217	Lillebælt, Bredningen	18852	405	22	44				44	227	12	
MEK	219	Århus Bugt syd, Samsø og Nordlige Bælthav	29135	657	23	12				12	578	20	
meta	221	Skagerak	127010	2006	16			14		14	1164	14	Meta-analyse på basis af HD-AD modellering. Uændret ift original
MEK	222	Kattegat, Aalborg Bugt	73308	1345	18	10				10	1210	17	
MEK+STAT	224	Nordlige Lillebælt	40679	930	23	44	35			44	521	13	
MEK	225	Nordlige Kattegat, Ålbæk Bugt	53825	1066	20	10				10	959	18	
<b>Sum</b>			<b>4.357 kha</b>	<b>61 kton</b>							<b>44 kton</b>		

