



KONSEKVENSER AF REDUCERET OVERVÅGNING UNDER NOVANA

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 382

2026



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

KONSEKVENSER AF REDUCERET OVERVÅGNING UNDER NOVANA

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 382

2026

Jacob Carstensen
Jens Würgler Hansen
Hans Henrik Jakobsen

Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Serietitel og nummer:	Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 382
Kategori:	Rådgivningsrapporter
Titel:	Konsekvenser af reduceret overvågning under NOVANA
Forfattere: Institution:	Jacob Carstensen, Jens Würgler Hansen, Hans Henrik Jakobsen Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience
Udgiver: URL:	Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi © https://dce.au.dk
Udgivelsesår: Redaktion afsluttet:	Maj 2026 27. april 2026
Faglig kommentering: Kvalitetssikring, DCE: Sproglig kvalitetssikring:	Jesper Philip Aagaard Christensen Anja Skjoldborg Hansen Else Vihlborg Staalsen
Ekstern kommentering:	Kommentarerne findes her:
Finansiel støtte:	Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø
Bedes citeret:	Carstensen, J., Hansen J.W., Jakobsen, H.H. 2026. Konsekvenser af reduceret overvågning under NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 30 s. - Teknisk rapport nr. 382
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Forskellige scenarier for reduktioner i overvågningen af havrapportens analyser er undersøgt. De undersøgte reduktionsscenarier vil medføre øget usikkerhed (op til ca. 40 % øget usikkerhed) på de middelværdier, som benyttes i rapporteringen. Konsekvensen vil være en øget risiko for fejlfortolkninger af data i havrapporten, øget risiko for at overse effekten af metodeskift, længere tidsserier for at påvise miljøændringer, en dårligere kvalitetssikring af overvågningsdata, og øget tidsforbrug ved udarbejdelse af havrapporten.
Emneord:	Overvågning, NOVANA, vandkemi, ålegræs, makroalger, usikkerhed
Foto forside:	Katamaranen "Frigg" som anvendes i prøvetagningen. Foto Brian Amtoft
ISBN: ISSN (elektronisk):	978-87-7648-054-7 2244-999X
Sideantal:	30

Indhold

Forord	5
Sammenfatning	6
Summary	7
1 Introduktion	8
2 Nuværende overvågningsprogram	9
3 Behovsanalyse	13
4 Scenarier for tilpasning af overvågning	14
4.1 Statistiske konsekvensanalyser	14
5 Resultater og diskussion	18
5.1 Sæsonvariation	18
5.2 Tidslig udvikling	19
5.3 Teoretisk effekt af reduktioner	25
6 Konklusion	29
7 Referencer	30

Forord

Det marine Fagdata Center (FDC) under Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE) Aarhus Universitet, er blevet anmodet af Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø (SGAV) om at belyse konsekvenserne for den årlige NOVANA-afrapportering for vandkemi, ålegræs og makroalger ved forskellige tilgange til reduktion af den skibsbaserede overvågning.

Sammenfatning

I denne rapport undersøges den potentielle effekt af reduktioner i prøvetagningen for vandkemi, sigtdybde, ålegræs og makroalger for den årlige NOVANA-rapportering om marine områder ved . De potentielle konsekvenser vurderes ved at sammenholde rapportering af månedsmidler og årsmidler for de seneste fem år under det nuværende overvågningsprogram og forskellige scenarier, hvor prøvetagninger er udeladt af beregninger. En balanceret/ensartet reduktion i prøvetagningen vil ikke medføre en systematisk ændring i middelværdierne, men middelværdierne vil være behæftet med større usikkerhed (op til ca. 40 % højere spredning). Dette kan øge risikoen for fejlfortolkninger af data, besværliggøre kvalitetssikringen af NOVANA-data, øge sandsynligheden for, at effekten af metodeskift går upåagtet hen, kræve længere tidsserier for påvisning af miljøændringer og medføre øget tidsforbrug til afrapportering.

Udover disse konsekvenser for den marine NOVANA-rapport vil reduktioner i prøvetagningen også medføre øget usikkerhed i tilstandsrapporteringen i forbindelse med vandrammedirektivet og beregning af indsatsbehov i forbindelse med vandplanerne.

Summary

The potential effect of reductions in monitoring effort on the annual reporting of marine areas is investigated in this report by comparing monthly and annual means for the last five years in the current monitoring program with scenarios in which samples are excluded from the calculations. Reductions in monitoring will not result in systematic changes in mean values, but the mean values will be associated with larger uncertainty (up to ~40% higher standard error). This can consequently lead to misinterpretation of data, complicate the quality assurance of monitoring data, increase the risk that the effects of method changes go undetected, require longer time series to detect environmental changes, and increase the time and resource requirements for reporting.

In addition to these consequences for the annual report, reductions in monitoring effort will also increase uncertainty in status reporting under the Water Framework Directive and River Basin Management Plans.

1 Introduktion

Overvågning af en række marine parametre indgår som en fast bestanddel af det danske nationale overvågningsprogram (NOVANA). Programmets overordnede formål er at opfylde Danmarks forpligtelser i henhold til EU-lovgivning og national lovgivning om overvågning, dokumentere effekter og målopfyldelse af nationale handleplaner samt opfylde Danmarks forpligtelser i henhold til internationale konventioner om natur og miljø. En del af programmets data afrapporteres af DCE i den årlige NOVANA-rapport om de marine områder.

NOVANA-programmet blev etableret i forbindelse med den første vandplan i slutningen af 1980'erne og er løbende blevet udviklet. Nærværende projekt indgår i Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø (SGAV) arbejde med at implementere nye teknologier og vurdere potentialet for at reducere omkostningerne til prøvetagning og optimere overvågningen. DCE er blevet anmodet af SGAV om at belyse konsekvenserne for den årlige NOVANA-afrapportering ved forskellige tilgange til reduktion af den skibsbaserede overvågning. I analysen forudsættes det, at der ikke foreligger modelbaserede data, som kan erstatte de måledata. Analysen omfatter ikke specifikke forhold vedrørende vandplanerne, og dette perspektiv indgår derfor kun i vurderingen på et overordnet niveau.

Analysen er i rapporten udmøntet i en række konsekvensscenarier vedrørende reduktion i antallet af prøvetagninger for vandkemi (næringssalte, ilt, sigtdybde og klorofyl) samt reduktion i antal transekter for ålegræs og makroalger.

2 Nuværende overvågningsprogram

Analysen i denne rapport tager udgangspunkt i det eksisterende NOVANA-overvågningsprogram, hvor DCE har modtaget Excel filer med stationer for vandkemi, ålegræs og makroalger, som indgår i kontrol og operationel overvågning i henhold til vandrammedirektivet. Kontrolovervågning udføres hvert år og følger den generelle miljøtilstand og langsigtede udvikling på repræsentative stationer (KO-stationer). Den operationelle overvågning udføres hvert andet år og fokuserer på områder i risiko for ikke at nå miljømål. Operationelle stationer (OPO-stationer), som overvåges hvert andet år, kan flyttes efter behov for at dække videnshuller. For ålegræs og makroalger indgår desuden et fåtal af stationer, som indgår i overvågningen til habitatdirektivet. Stationerne er angivet i tabelform for vandkemi (Tabel 2.1), men ikke for ålegræs og makroalger, hvor antallet af stationer (transekter) er meget højere.

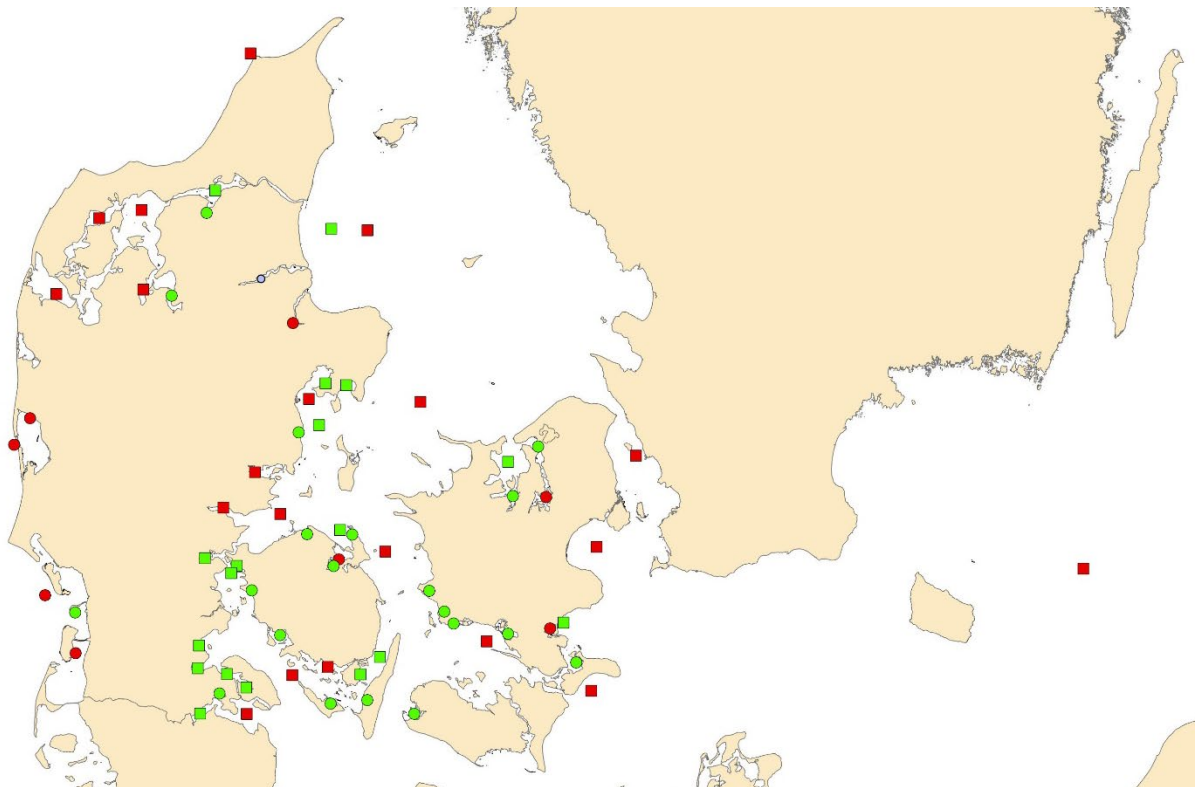
Tabel 2.1. Nuværende NOVANA overvågningsprogram for stationer med kontrol (KO) eller operationel (OPO) overvågning i henhold til vandrammedirektivet. Stationer under Miljøskibsenheden (MSE) er angivet. Antallet af år er i forhold til en vandplansperiode på 6 år.

ID	Kystvand	Station	Kontrol/operationel	MSE-station	Antal år
1	Roskilde Fjord, ydre	FRB65	OPO		3
2	Roskilde Fjord, indre	ROS60	KO		6
6	Nordlige Øresund	KBH431	KO	Ja	6
16	Korsør Nor	VSJ44011	OPO		3
17	Basnæs Nor	VSJ52021	OPO		3
18	Holsteinborg Nor	VSJ53016	OPO		3
24	Isefjord, ydre	VSJ10003	OPO	Ja	3
25	Skælskør Fjord og Nor	VSJ51013	OPO		3
28	Sejerø Bugt	VSJ30003	OPO		3
29	Kalundborg Fjord	VSJ41007	OPO		3
34	Smålandsfarvandet, syd	STO0201061	OPO		3
35	Karrebæk Fjord	STO0102006	OPO		3
36	Dybsø Fjord	STO0103052	OPO		3
37	Avnø Fjord	STO0104002	OPO		3
38	Guldborgsund	STO0601075	OPO		3
44	Hjelm Bugt	STO0901016	KO	Ja	6
45	Grønsund	STO0701008	OPO		3
46	Fakse Bugt	STO0801008	OPO	Ja	3
47	Præstø Fjord	STO0802008	KO		6
48	Stege Bugt	STO0704010	OPO		3
49	Stege Nor	STO0703006	OPO		3
56	Østersøen, Bornholm	BRK1040050	OPO		3
57	Østersøen, Christiansø	99000006	OPO		3
59	Nærå Strand	FYN0018002	OPO		3
62	Lillestrand	FYN0018881	OPO		3
68	Lindelse Nor	FYN0018571	OPO		3
72	Kløven	FYN0018322	OPO		3
74	Bredningen	FYN0018152	OPO		3
80	Gamborg Fjord	FYN0018112	OPO	Ja	3
82	Aborg Minde Nor	FYN0018172	OPO		3
83	Holckenhavn Fjord	FYN0018752	OPO		3
84	Kerteminde Fjord	FYN0018825	OPO		3
85	Kertinge Nor	FYN0018843	OPO		3
86	Nyborg Fjord	FYN6600007	OPO		3
87	Helnæs Bugt	FYN0018232	OPO		3

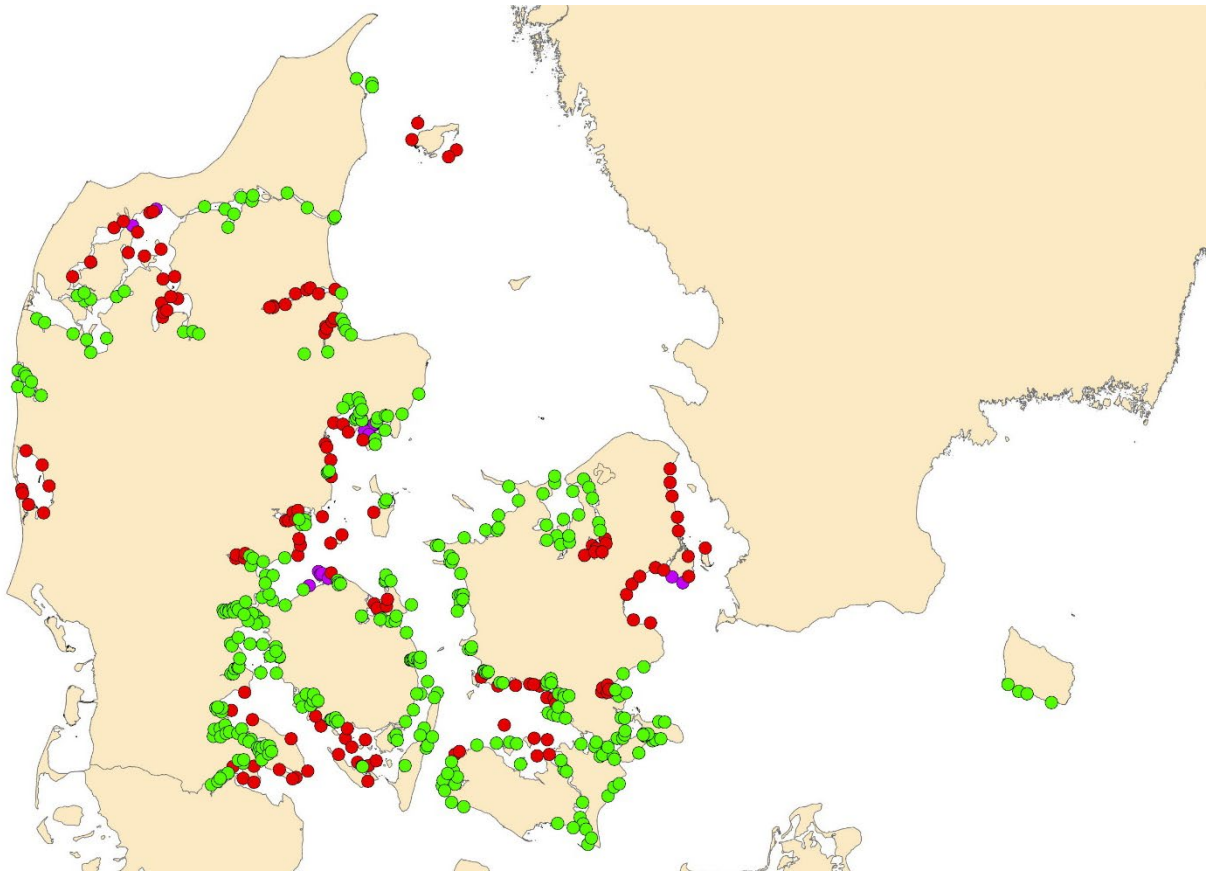
ID	Kystvand	Station	Kontrol/operationel	MSE-station	Antal år
89	Lunkebugten	FYN0018691	OPO	Ja	3
90	Langelandssund	FYN6500053	OPO	Ja	3
92	Odense Fjord, ydre	FYN6900017	KO		6
93	Odense Fjord, Seden Strand	FYN6910008	OPO		3
95	Storebælt, SV	FYN7701412	OPO		3
96	Storebælt, NV	FYN6700053	KO	Ja	6
101	Genner Bugt	SJY19	OPO	Ja	3
102	Åbenrå Fjord	SJY15	OPO	Ja	3
103	Als Fjord	SJY13B	OPO	Ja	3
104	Als Sund	95930015	OPO		3
105	Augustenborg Fjord	SJY12	OPO	Ja	3
106	Haderslev Fjord	SJYHADF0008	OPO		3
107	Juvre Dyb	RIB1630016	OPO		3
108	Avnø Vig	SJYLBRR0006	OPO		3
109	Hejlsminde Nor	SJYhadf008	OPO		3
110	Nybøl Nor	SJYFF31	OPO		3
111	Lister Dyb	SJY3	KO		6
113	Flensborg Fjord, indre	SJYKFF2	OPO	Ja	3
114	Flensborg Fjord, ydre	SJYKFF5	KO	Ja	6
119	Vesterhavet, syd	RIB1510007	KO		6
120	Knudedyb	RIB1620014	OPO		3
121	Grådyb	RIB1610002	OPO		3
122	Vejle Fjord, ydre	VEJ0005367	OPO		3
123	Vejle Fjord, indre	VEJ0004273	KO	Ja	6
124	Kolding Fjord, indre	VEJ0003350	OPO	Ja	3
125	Kolding Fjord, ydre	VEJ0003749	OPO		3
127	Horsens Fjord, ydre	VEJ0006489	OPO		3
128	Horsens Fjord, indre	VEJ0005790	KO	Ja	6
129	Nisum Fjord, ydre	RKB21	OPO		3
130	Nisum Fjord, mellem	RKB22	OPO		3
131	Nisum Fjord, Felsted Kog	RKB23	OPO		3
132	Ringkøbing Fjord	RKB1	KO		6
133	Vesterhavet, nord	RKB43	KO		6
136	Randers Fjord, indre	ARH230902	KO		6
137	Randers Fjord, ydre	ARH230905	OPO		3
138	Hevring Bugt	ARH190005	OPO		3
139	Anholt	93020021	OPO		3
140	Djursland Øst	ARH210135	OPO		3
141	Ebeltoft Vig	ARH160031	OPO	Ja	3
142	Stavns Fjord	ARH220103	OPO		3
144	Knebel Vig	ARH170142	OPO	Ja	3
145	Kalø Vig	ARH170002	OPO		3
146	Norsminde Fjord	ARH250032	OPO		3
147	Århus Bugt og Begtrup Vig	ARH170006	KO	Ja	6
154	Kattegat, Læsø	DMU403	OPO		3
157	Bjørnholms Bugt, Riisgårde Bredning, Skive Fjord og Lovns Bredning	VIB3727-00001	KO	Ja	6
158	Hjarbæk Fjord	VIB3729-00001	OPO		3
159	Mariager Fjord, indre	NOR5503	KO		6
160	Mariager Fjord, ydre	NOR5501	OPO		3
165	Isefjord, indre	VSJ10006	OPO		3
200	Kattegat, Nordsjælland	FRB1993	OPO		3
201	Køge Bugt	ROS1727	KO	Ja	6
204	Jammerland Bugt og Musholm Bugt	VSJ43020	OPO		3

ID	Kystvand	Station	Kontrol/operationel	MSE-station	Antal år
205	Kattegat, Nordsjælland >20 m	DMU922	OPO		3
206	Smålandsfarvandet, åbne del	STO0101015	KO	Ja	6
207	Nakskov Fjord	STO0302051	OPO		3
208	Femerbælt	98210002	OPO		3
209	Rødsand og Bredningen	STO0501059	OPO		3
212	Faaborg Fjord	FYN0018310	OPO		3
214	Det Sydfynske Øhav	FYN6500051	KO	Ja	6
216	Lillebælt, syd	FYN6300043	KO	Ja	6
217	Lillebælt, Bredningen	FYN6100021	OPO	Ja	3
219	Århus Bugt syd, Samsø og Nordlige Bælthav	FYN6940622	OPO	Ja	3
219	Århus Bugt syd, Samsø og Nordlige Bælthav	ARH170117	OPO	Ja	3
221	Skagerrak	NOR7715	KO	Ja	6
222	Kattegat, Aalborg Bugt	NOR4410	OPO	Ja	3
224	Nordlige Lillebælt	VEJ0006870	KO	Ja	6
225	Nordlige Kattegat, Ålbæk Bugt	NOR3314	OPO		3
231	Lillebælt, Snævringen	FYN610020	OPO		3
232	Nissum Bredning	VIB3702-00001	KO	Ja	6
233	Kås Bredning og Venø Bugt	VIB3705-00001	OPO		3
234	Løgstør Bredning	VIB3708-00001	KO	Ja	6
235	Nibe Bredning og Langerak	NOR4411	OPO		3
235	Nibe Bredning og Langerak	VIB3711-00001	OPO	Ja	3
236	Thisted Bredning	VIB3723-00001	KO	Ja	6
238	Halkær Bredning	NOR6602	OPO		3
-	Aalborg Bugt	NOR409	KO	Ja	6
-	Gniben	VSJ20925	KO		6
-	Bornholmerdybet	BRKBMPK2	KO	Ja	6

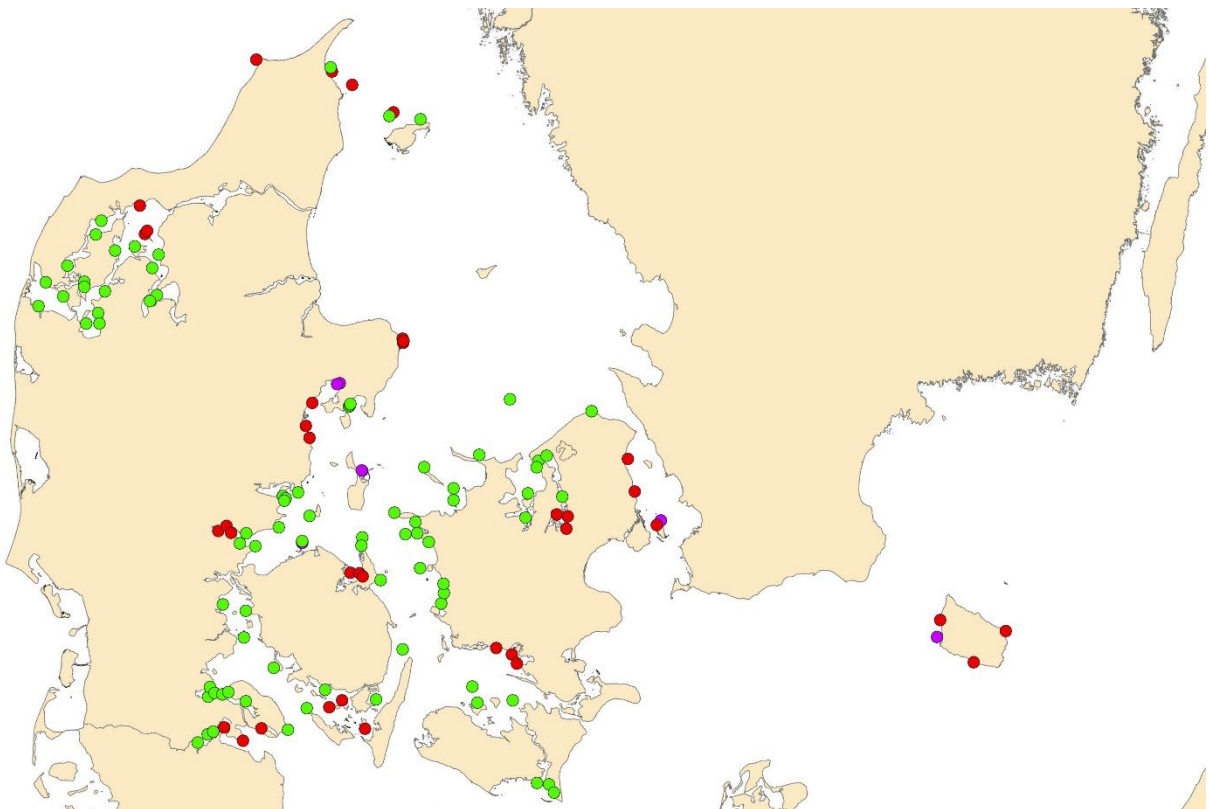
Desuden er den geografiske dækning af stationer vist for vandkemi (Figur 2.1), ålegræs (Figur 2.2) og makroalger (Figur 2.3).



Figur 2.1. Geografisk oversigt over NOVANA vandkemistationer indenfor vandrammedirektivets kontrol (rød) og operationel (grøn) overvågning. Stationer under Miljøskibsenheden er markeret med firkanter.



Figur 2.2. Geografisk oversigt over NOVANA ålegræstransekter indenfor vandrammedirektivets kontrol (rød) og operationel overvågning (grøn) samt yderligere transekter for habitatdirektivet (lilla).



Figur 2.3. Geografisk oversigt over NOVANA makroalgetransekter indenfor vandrammedirektivets kontrol (rød) og operationel overvågning (grøn) samt yderligere transekter for habitatdirektivet (lilla).

3 Behovsanalyse

Det er aftalt med SGAV, at analyserne i denne rapport skal forholde sig til konsekvenserne af en reduceret skibsbaseret overvågning i forhold til den årlige NOVANA-rapport om tilstand og udvikling i de danske marine områder. Det er ligeledes aftalt med SGAV, at analyserne skal tage udgangspunkt i, at den reducerede skibsbaserede overvågning ikke umiddelbart kan erstattes af ny teknologi. Da ny teknologi vil kunne erstatte overvågningen i en vis udstrækning, er der således tale om 'worst case' scenarier i forhold til konsekvenserne af reduktioner i den skibsbaserede overvågning.

Yderligere er det aftalt med SGAV, at der ikke er udarbejdet specifikke analyser af konsekvenserne af den reducerede skibsbaserede overvågning i forhold til iltsvind. Sådanne analyser vil omfatte modeldata for kortlægningen af iltsvindets udbredelse, hvilket er en meget kompliceret og omfattende opgave, der ligger uden for rammerne af dette projekt. Dog er konsekvensen i forhold til iltmålinger inkluderet i rapportens analyser.

Analyserne er fokuseret på fjorde og kystvande og dermed parametre omfattet af vandrammedirektivet og habitatdirektivet, mens analyserne ikke omfatter parametre specifikke for havstrategidirektivet.

4 Scenarier for tilpasning af overvågning

Ud fra det eksisterende overvågningsprogram er der i fællesskab med SGAV formuleret en række scenarier for reduktion i antal prøvetagninger for vandkemi (Tabel 4.1), ålegræs (Tabel 4.2) og makroalger (Tabel 4.3). Scenarierne bruges til at vurdere konsekvenserne for de statistiske analyser, som indgår i den årlige havrapport.

Tabel 4.1. Scenarier for reduktion i overvågningen af vandkemi (klorofyl, TN, TP, ilt og sigtddybde).

Scenarie	Beskrivelse
VK0	Nuværende overvågning
VK1	Reduktion i frekvens fra 24 til 12 gange om året på alle stationer
VK2	Reduktion i frekvens fra 24 til 12 gange om året på OPO-stationer
VK3	Reduktion i frekvens fra hvert andet (3 ud af 6 år) til hvert tredje år (2 ud af 6 år) for OPO-stationer
VK4	Reduktion i frekvens fra 24 til 12 gange om året på MSE-stationer
VK5	Reduktion i frekvens fra hvert andet (3 ud af 6 år) til hvert tredje år (2 ud af 6 år) for MSE-stationer

Tabel 4.2. Scenarier for reduktion i overvågningen af ålegræstransekter.

Scenarie	Beskrivelse
ÅL0	Nuværende overvågning
ÅL1	Reduktion i frekvens fra hvert år til 4 ud af 6 år for KO-stationer
ÅL2	Reduktion i frekvens fra hvert andet (3 ud af 6 år) til hvert tredje år (2 ud af 6 år) for OPO-stationer
ÅL3	Kombination af scenarier ÅL1 og ÅL2

Tabel 4.3. Scenarier for reduktion i overvågningen af makroalge transekter.

Scenarie	Beskrivelse
MA0	Nuværende overvågning
MA1	Reduktion i frekvens fra hvert år til 4 ud af 6 år for KO-stationer
MA2	Reduktion i frekvens fra hvert tredje (2 ud af 6 år) til hvert sjette år (1 ud af 6 år) for OPO-stationer
MA3	Kombination af scenarier MA1 og MA2

4.1 Statistiske konsekvensanalyser

Konsekvensanalyserne for de forskellige scenarier tager udgangspunkt i de seneste fem års overvågningsdata fra de seneste havrapporter (2020-2024). Ændringer i havrapportens middelværdier og deres spredning undersøges ved at udelade observationer svarende til de angivne scenarier.

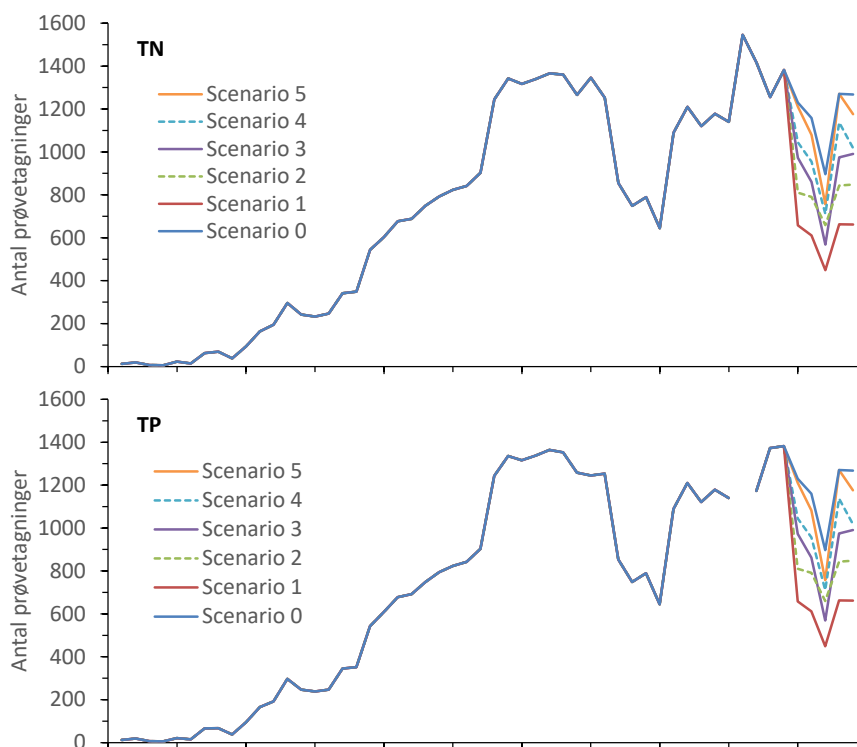
For reduktion i prøvetagningsfrekvensen fra 24 til 12 gange om året (VK1, VK2 og VK4) medtages kun den første prøvetagning i hver måned, hvor der normalt er to prøvetagninger hver måned. Der forventes ikke nogen systematisk effekt af, at det ved disse scenarier altid er første prøvetagning i hver måned, som medtages.

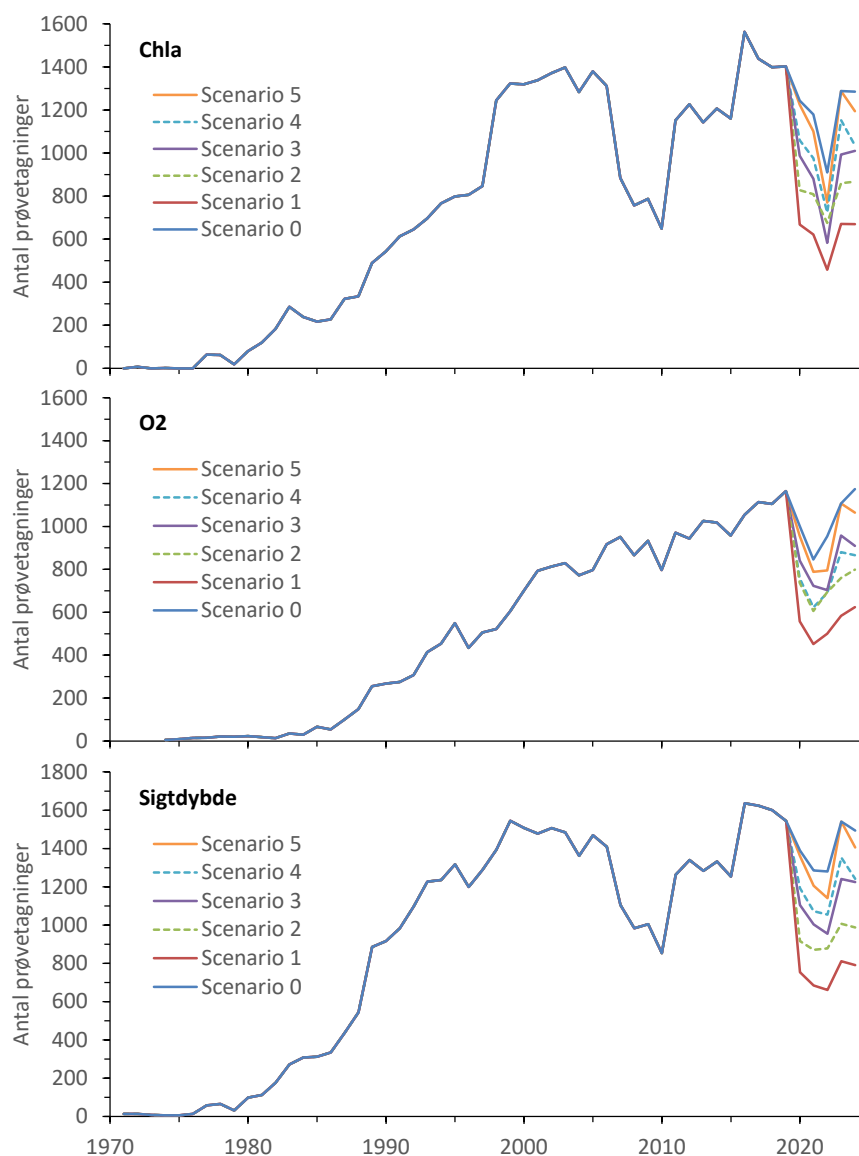
For reduktioner i antallet af år med prøvetagninger er stationer, som udelades af beregningerne, tilfældigt udvalgt ud fra listen i de tilsendte Excel-filer fra SGAV. Det er tilstræbt at få en ligelig fordeling i reduktionen mellem år, men dette har ikke helt været muligt.

For konsekvensanalyserne for vandkemi vurderes kun effekter på kategorien 'Fjorde og kystvande', da scenarierne hovedsageligt påvirker indikatorer for disse områder, og da der ligeledes indgår en større mængde data fra svenske kilder til kategorien 'Åbne indre farvande' beskrevet i havrapporterne.

For de fleste vandkemiske parametre er antallet af prøvetagninger steget støt siden de første overvågningstogter i starten af 1970'erne og frem til omkring 2000 (Figur 4.1). I 2007 skete der en større reduktion i overvågningsprogrammet, som der delvist blev rettet op på i 2011. Antallet af iltmålinger var dog ikke berørt af denne tilpasning. Siden har antallet af prøvetagninger ligget omkring 1.200 om året. Antallet af prøvetagninger halveres under det kraftigste reduktionsscenario, hvor frekvensen reduceres fra 24 til 12 gange om året (VK1). Antallet af prøvetagninger reduceres med ca. 33 % og 25 % for scenarierne VK2 og VK3, som indbefatter reduktioner i den operationelle overvågning. For overvågningen af stationer under Miljøskibsenheden (MSE) er reduktionerne ca. 15 % og 5 % for scenarierne VK4 og VK5. I det kraftigste reduktionsscenario (VK1) vil antallet af prøvetagninger svare til indsatsen i starten af 1990'erne.

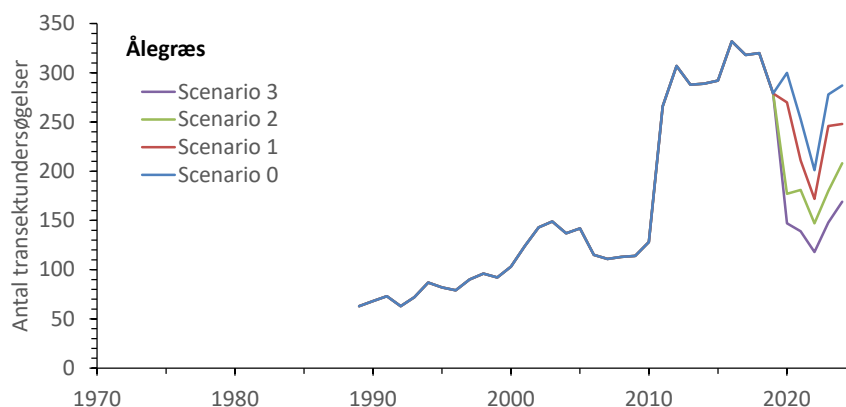
Figur 4.1. Ændringer i antallet af prøvetagninger for TN, TP, klorofyl, ilt (ved bunden under lagdeling) og sigtdybde ved de forskellige scenarier for vandkemi (Tabel 4.1). Bemærk at der ikke indgår nogen prøvetagninger for TP i 2016 grundet kvalitetsproblemer med disse målinger.





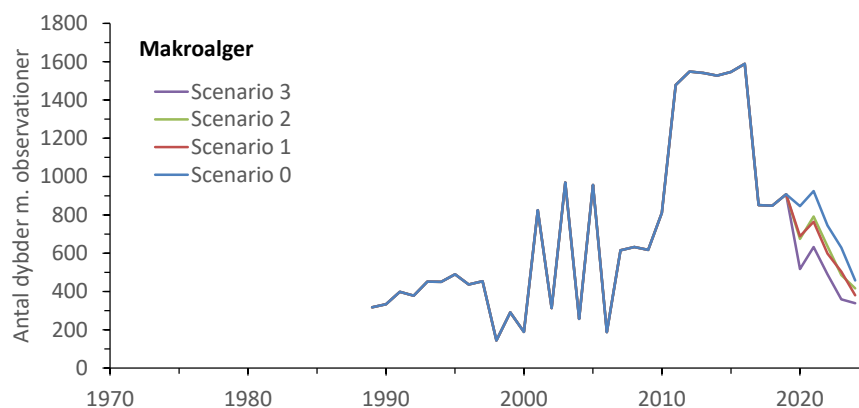
For ålegræs var der en moderat stigning i antallet af undersøgte transekter fra 63 i 1989 til 128 i 2010 (Figur 4.2). Efterfølgende blev antallet af undersøgte transekter stort set fordoblet. Reduktioner i antal år for KO-stationer (ÅL1) medførte en mindre nedgang i antallet af undersøgte transekter (13 %), hvorimod reduktioner i antallet af år for OPO-stationer (ÅL2) resulterede i en noget større nedgang i antallet af undersøgte transekter (32 %). Kombinationen af de to havde dog den største effekt med en reduktion på 45 % i antallet af undersøgte transekter, svarende til niveauet fra før stigningen i 2011.

Figur 4.2. Ændringer i antallet af undersøgte transekter ved de forskellige scenarier for ålegræs (Tabel 4.2).



For makroalger blev der frem til 2011 foretaget omtrent 500 punktdyk-observationer om året, dog med store variationer fra år til år, idet ikke alle transekter undersøges hvert år (Figur 4.3). Fra 2011 til 2016 blev der foretaget omkring 1.500 punktdyk-observationer om året, hvorefter det faldt til omkring 900 i de efterfølgende fem år. Antallet af observationer er faldet yderligere i de seneste tre år (2022-2024). Reduktioner i antallet af år for KO-stationer (MA1) og OPO-stationer (MA2) medførte en mindre nedgang i antallet af punktdyk-observationer med henholdsvis 19 % og 16 %. Kombinationen af de to havde en større effekt med en reduktion på 35 % i antallet af punktdyk-observationer, svarende til niveauet fra før stigningen i 2011.

Figur 4.3. Ændringer i antallet af undersøgte transekter ved de forskellige scenarier for makroalger (Tabel 4.3).

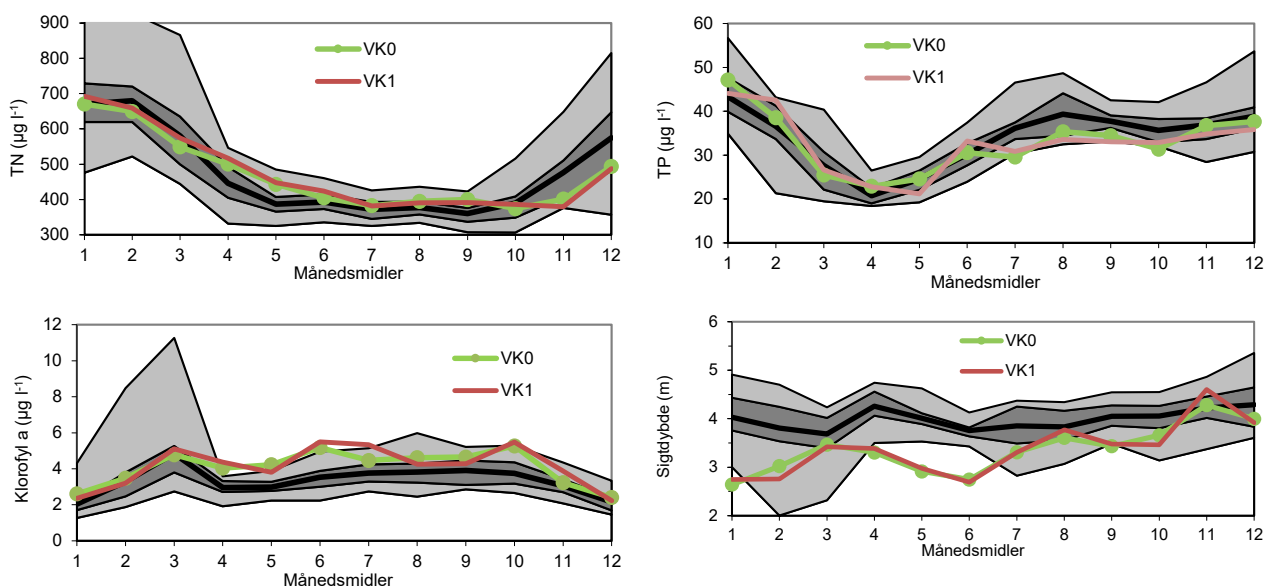


5 Resultater og diskussion

Konsekvenserne af reduktionsscenarier vurderes på basis af spredningen på middelværdier, som benyttes i forbindelse med NOVANA rapporteringen og tilstandsvurderinger i henhold til Vandrammedirektivet. Spredningen på middelværdier afhænger af antallet af observationer i modsætning til standardafvigelsen, som beskriver variationen på enkeltobservationer, og som dermed ikke er relevant i forhold til at vurdere effekten af ændringer i overvågningsprogrammet.

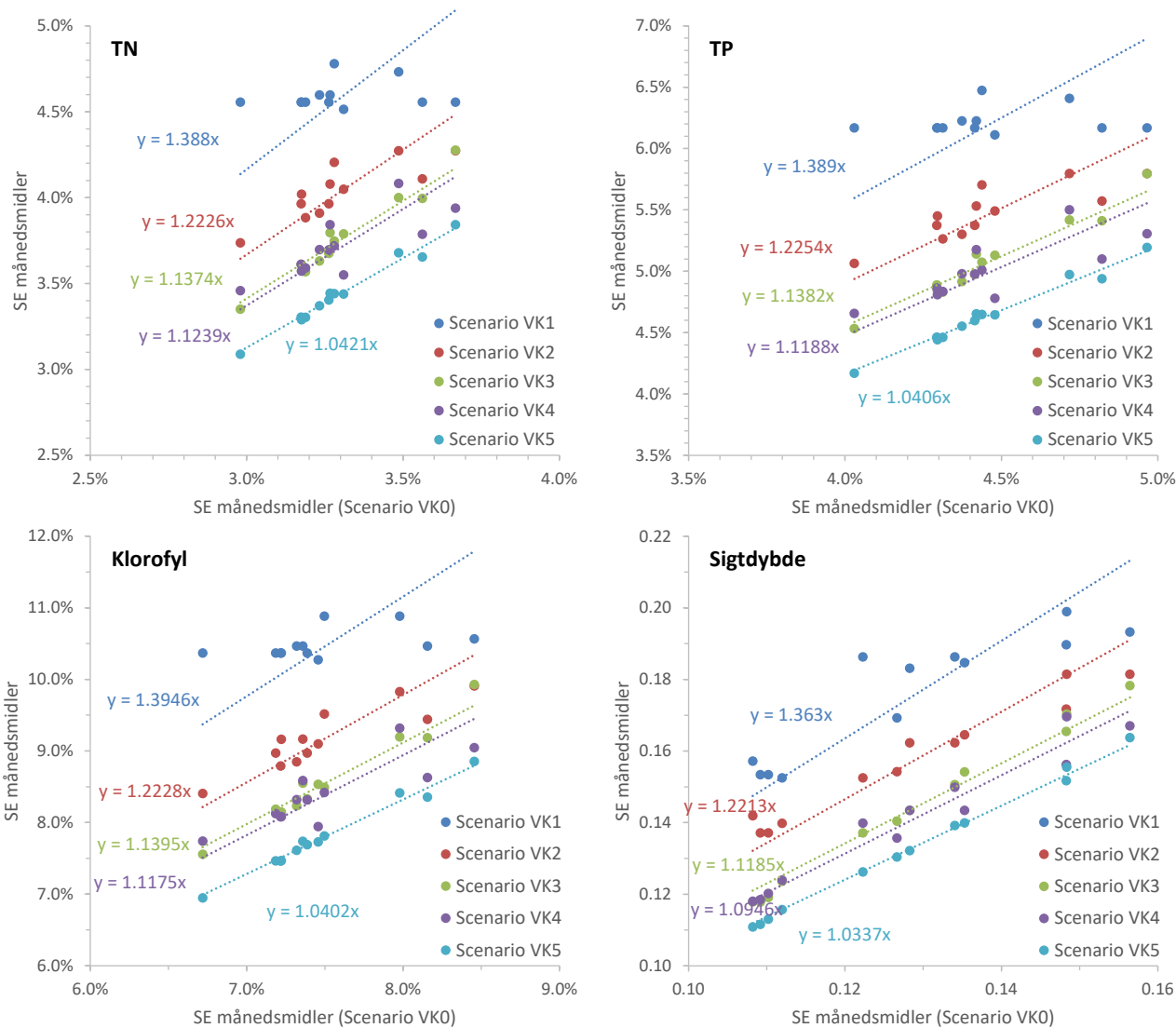
5.1 Sæsonvariation

I NOVANA-rapporten for de marine områder (havrapporten) undersøges sæsonvariationen af de vandkemiske parametre for det seneste år i forhold til sæsonvariationen de foregående 20 år for at vurdere, om månedsmidlerne i det seneste år følger det normale forventede mønster. Umiddelbart kan det være svært at se en stor forskel i månedsmidlerne for 2024 udregnet ud fra den eksisterende overvågning (VK0) og det kraftigste reduktionsscenarie (VK1), men der er dog en tendens til større variation for månedsmidlerne under VK1 (Figur 5.1). For de fleste variable giver det sig udtryk i en større variation mellem efterfølgende måneder (større spring i sæsonvariationen). Dette er mest tydeligt for TP, hvor tre månedsmidler lå uden for de to kvartiler under VK0, hvorimod der var ni månedsmidler uden for de to kvartiler under VK1.



Figur 5.1. Månedsmiddelkoncentrationer for TN, TP, klorofyl og sigtddybde i 2024 for fjorde og kystvande sammenholdt med langtidsmidlen (2004-2023) for nuværende overvågning (scenarie 0, VK0) og det kraftigste reduktionsscenarie (scenarie 1, VK1).

Den større variation ved de forskellige scenarier med reduktion af den skibsbaserede overvågning kommer også til udtryk ved beregning af spredningen på månedsmidlerne (Figur 5.2). Den relative spredning på månedsmidlerne i forhold til den nuværende overvågning (VK0) er forøget med 36-39 % for VK1, 22-23 % for VK2, 12-14 % for VK3, 9-12 % for VK4 og 3-4 % for VK5. Ændringerne i spredningen på månedsmidlerne er mere eller mindre ens mellem de forskellige vandkvalitetsvariable, hvilket skyldes, at antallet af observationer reduceres tilnærmelsesvis ens for de forskellige variable (Figur 4.1).



Figur 5.2. Spredning på de 12 månedsmidler i 2024 ved de forskellige reduktionsscenarier (VK1-VK5) i forhold til den eksisterende overvågning (VK0). For TN, TP og klorofyl er spredningen udtrykt som relativ i forhold til middelværdien (log-transformation er anvendt i havrapporten) og som absolut variation for sigtdybden. Regressioner går alle gennem (0,0).

Overordnet set vil reduktioner i overvågningsprogrammet ikke resultere i systematiske ændringer i sæsonvariationen, forudsat at reduktionerne er jævnt fordelt, men der vil være større variation i månedsmidlerne. Dermed øges risikoen for tilfældige 'større afvigelse', som kan lede til fejlfortolkning om specifikke hændelser i løbet af året der gik. Samtidig vil konklusioner om sæsonvariationerne være mindre sikre, hvilket betyder, at der skal tages flere forbehold i havrapporten. Desuden vil udviklingen skulle følges over en længere periode, før det er muligt at afgøre om udviklingen er signifikant. For eksempel kan det betyde, at en tidsserie skal følges i væsentligt flere år i det reducerede program i forhold til det nuværende program for at detektere en signifikant udvikling mod bedre eller forværret tilstand, hvis datagrundlaget reduceres (Carstensen 2007, Carstensen & Lindegarth 2016).

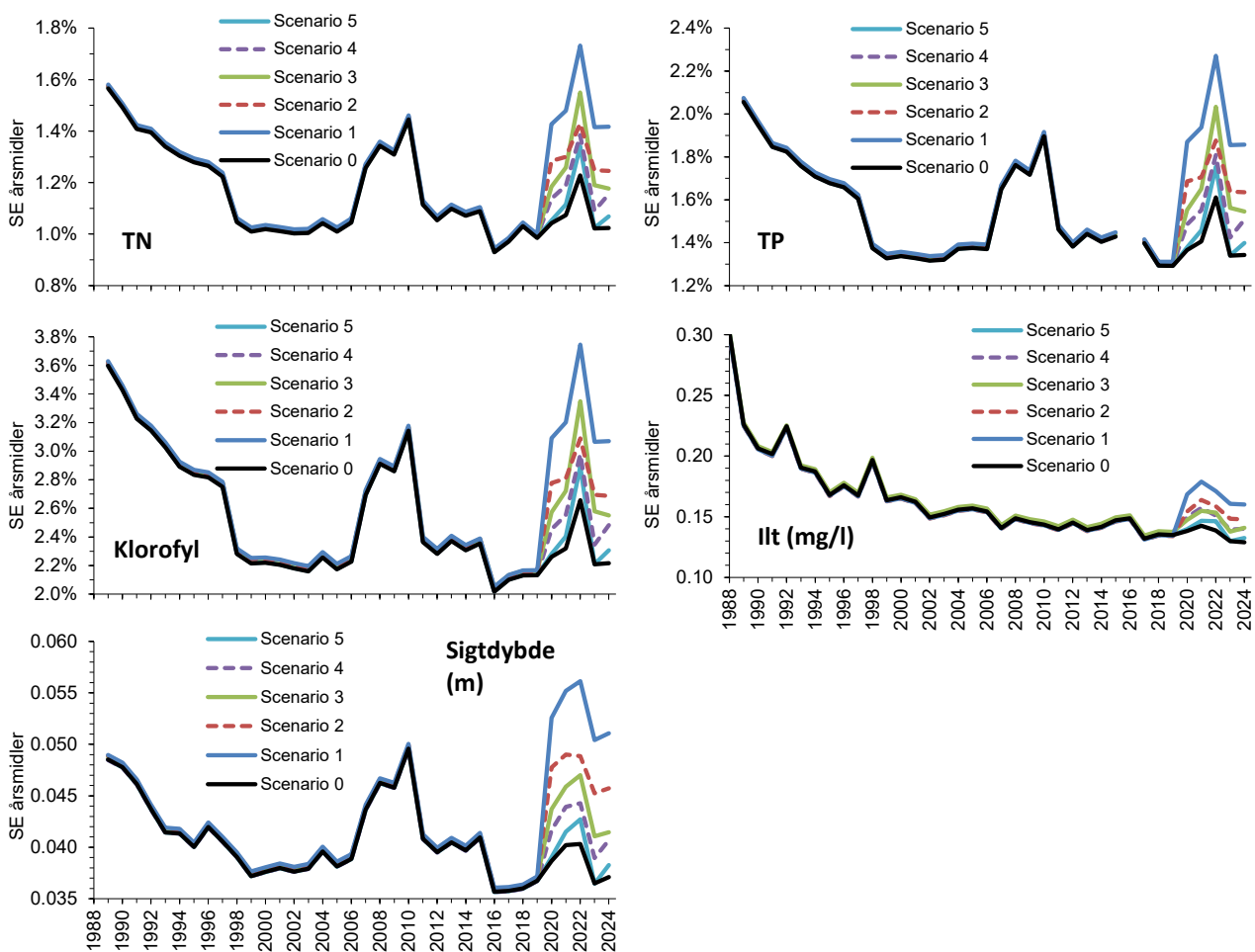
5.2 Tidlig udvikling

I havrapporten beskrives den tidlige udvikling ved årsmidler for en række variable inden for vandkemi og bundvegetation. For næringsstoffer, klorofyl, ilt og sigtdybde beregnes årsmidlerne ud fra en generel lineær model (GLM), som beskriver variationen mellem stationer, år og måneder. For ålegræs beskrives dybdegrænserne med en GLM, som beskriver variation mellem

områder og år. For makroalger beskrives den kumulative dækning på en standarddybde ud fra en GLM, som tager højde for område, dybden for observationen, mængden af egnet substrat, måned og år. Som for månedsmidlerne medfører reduktionsscenarierne ikke nogen systematisk ændring i årsmidlerne, men årsmidlerne varierer mere på grund af en større spredning af midelværdierne grundet færre observationer.

Vandkemi

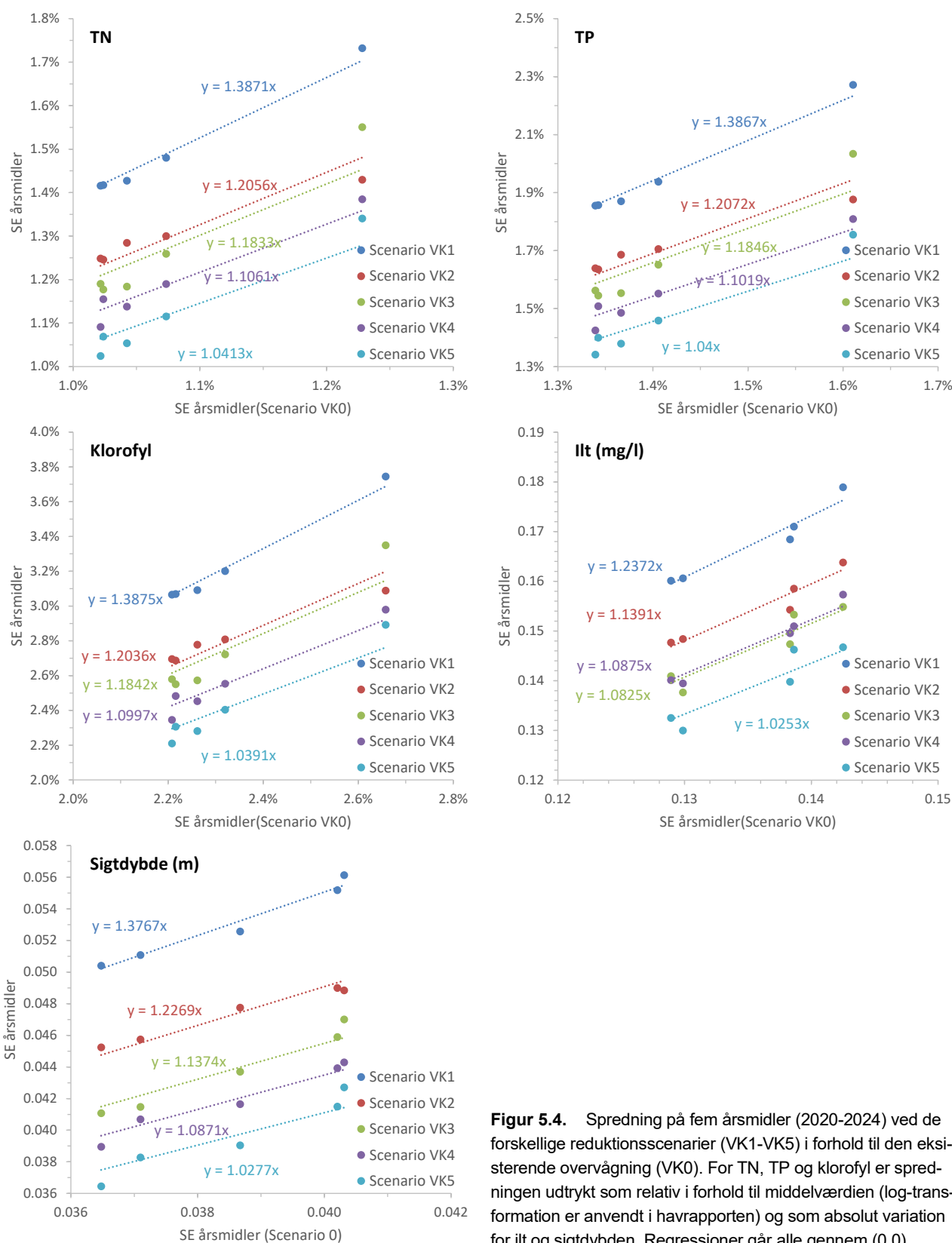
Som forventet stiger spredningen på årsmidlerne for de forskellige scenarier for vandkemi (VK1-VK5) med den største stigning for det kraftigste reduktions-scenarie (VK1) (Figur 5.3). Selvom de relative spredninger er små for TN og TP og tildels også for klorofyl, så vil VK1 resultere i en spredning på årsmidlet svarende til niveauet i starten af 1990'erne, hvorimod VK2-VK5 vil resultere i en spredning svarende til niveauet i slutningen af 1990'erne. For årsmidlerne for ilt vil spredningen stige fra $\pm 0,14$ mg/l og op til $\pm 0,17$ mg/l for VK1 (gennemsnit 2020-2024). For årsmidlerne for sigtddybe vil spredningen stige fra $\pm 0,039$ m og op til $\pm 0,053$ m for VK1 (gennemsnit 2020-2024). VK1 vil derfor resultere i den største spredning på årsmidlerne siden 1989. Overordnet, så er ændringen i spredningen på årsmidlerne i stor udstrækning et resultat af ændring i antallet af prøvetagninger (Figur 4.1).



Figur 5.3. Ændringer over tid i spredningen på årsmidler i havrapporten for TN, TP, klorofyl, ilt og sigtddybe.

Den relative spredning på årsmidlerne for TN, TP, klorofyl og sigtddybe stiger med 38-39 % for VK1, 20-23 % for VK2, 14-18 % for VK3, 9-11 % for VK4

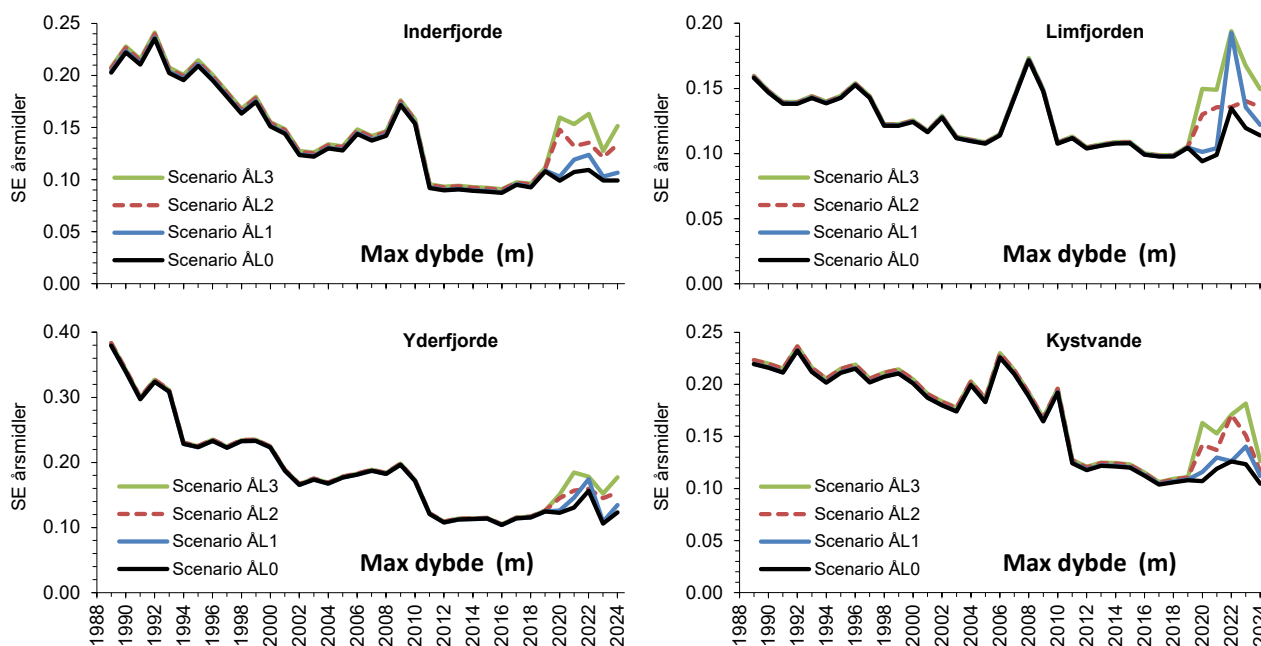
og 3-4 % for VK5 (Figur 5.4). Spredningen på årsmidlerne for ilt stiger noget mindre, især for de mest markante reduktionsscenarier (24 % VK1, 14 % VK2, 9 % VK3, 8 % VK4, 3 % VK4). En reduktion i antallet af stationer, hvor der måles ilt, vil svække datagrundlaget for kortlægningen af iltsvindsbredelse og dermed øge usikkerheden i beskrivelsen af iltsvindsbredelse.



Figur 5.4. Spredning på fem årsmidler (2020-2024) ved de forskellige reduktionsscenarier (VK1-VK5) i forhold til den eksisterende overvågning (VK0). For TN, TP og klorofyl er spredningen udtrykt som relativ i forhold til middelværdien (log-transformation er anvendt i havrapporten) og som absolut variation for ilt og sigtdybden. Regressioner går alle gennem (0,0).

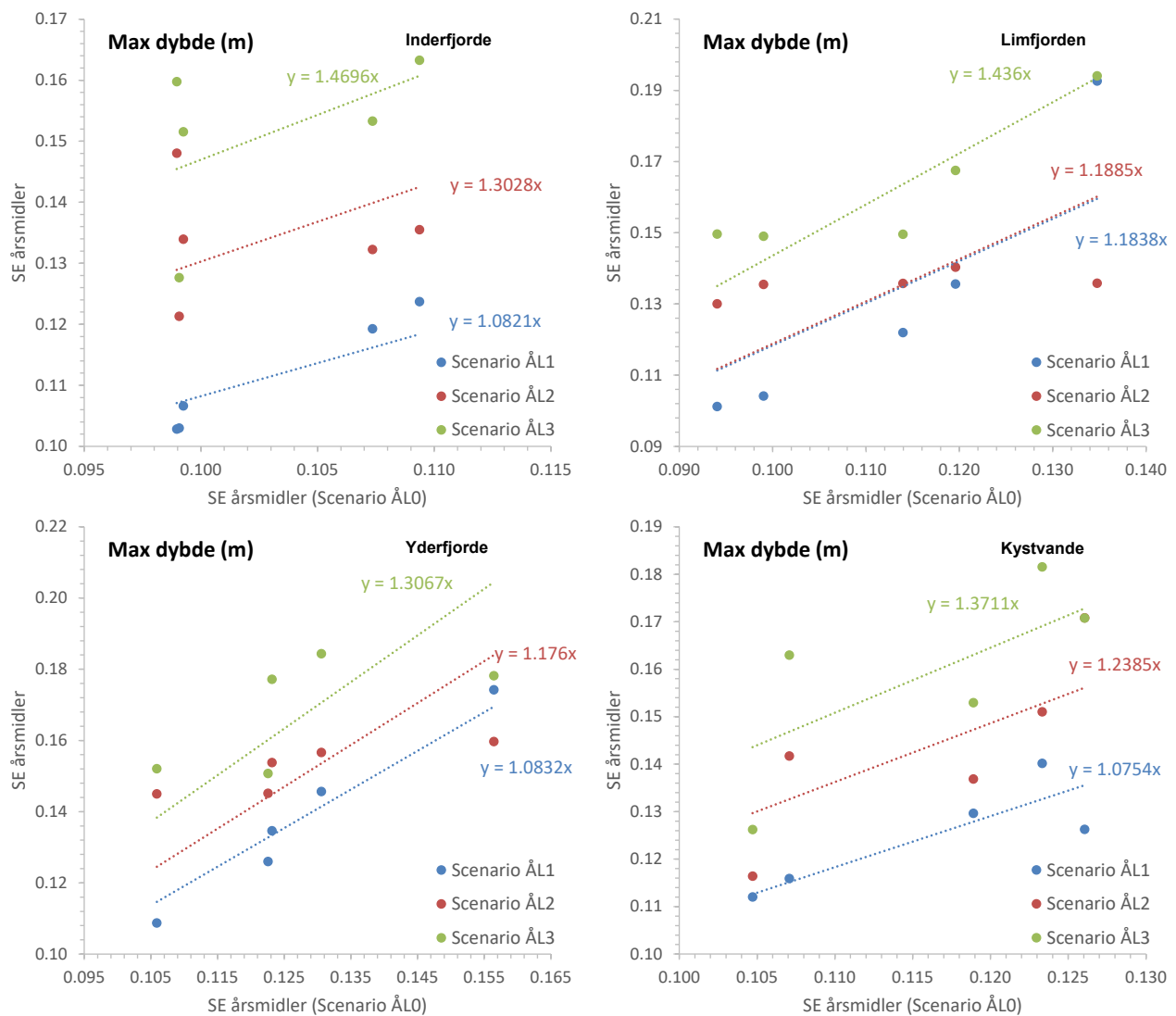
Ålegræs

Spredningen på årsmidlerne for ålegræssets maksimale udbredelsesdybde stiger ved reduktionsscenerierne (ÅL1-ÅL3) med størst effekt for kombinationssceneriet ÅL3, som inkluderer reduktioner for både KO- og OPO-transekter (Figur 5.5). Spredningen på årsmidlen stiger fra $\pm 0,10$ m til $\pm 0,15$ m for inderfjorde, fra $\pm 0,11$ m til $\pm 0,16$ m for Limfjorden, fra $\pm 0,13$ m til $\pm 0,17$ m i yderfjorde og fra $\pm 0,12$ m til $\pm 0,16$ m i kystvande. Overordnet set vil usikkerheden på ålegræssets maksimale udbredelsesdybde under disse scenarier være på niveau med perioden før 2011.



Figur 5.5. Ændringer over tid i spredningen på årsmidler i havrapporten for ålegræsset maksimale udbredelsesdybde i forskellige typer af fjorde og kystvande.

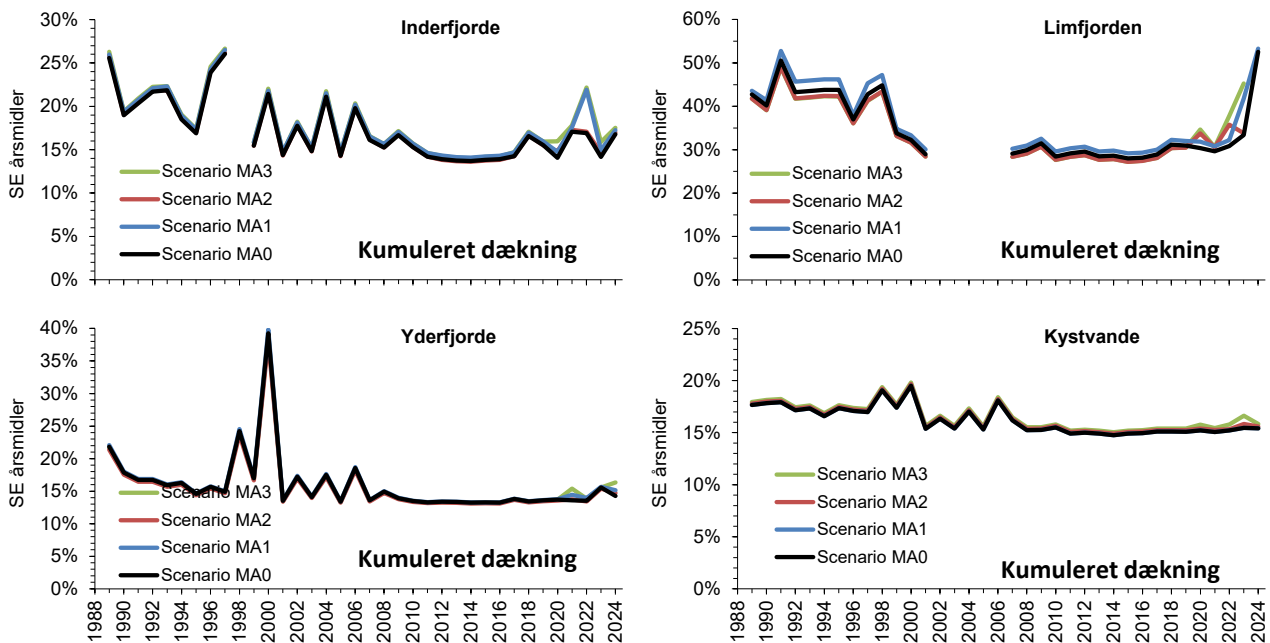
Spredningen på årsmidlerne for ålegræsset maksimale udbredelsesdybde stiger med 8-18% for ÅL1, 18-30% for ÅL2 og 31-47% for ÅL3 (Figur 5.6). Den store variation mellem spredningen inden for de enkelte scenarier i forhold til den eksisterende overvågning skyldes, at det ikke er muligt at simulere de valgte scenarier med samme reduktion i antal observationer over alle år, idet overvågningsprogrammet for ålegræs allerede indeholder diverse rotationer mellem områder og transekter.



Figur 5.6. Spredning på 5 årsmidler for ålegræsset maksimale udbredelsesdybde (2020-2024) ved de forskellige reduktions-scenarier (ÅL1-ÅL3) i forhold til den eksisterende overvågning (ÅL0). Regressioner går alle gennem (0,0).

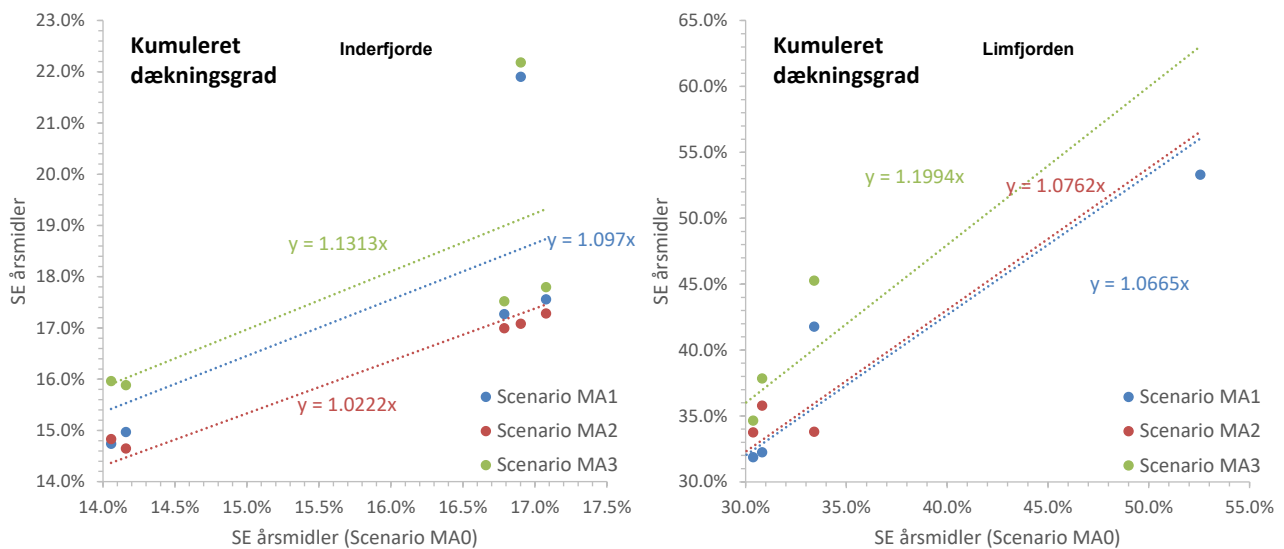
Makroalger

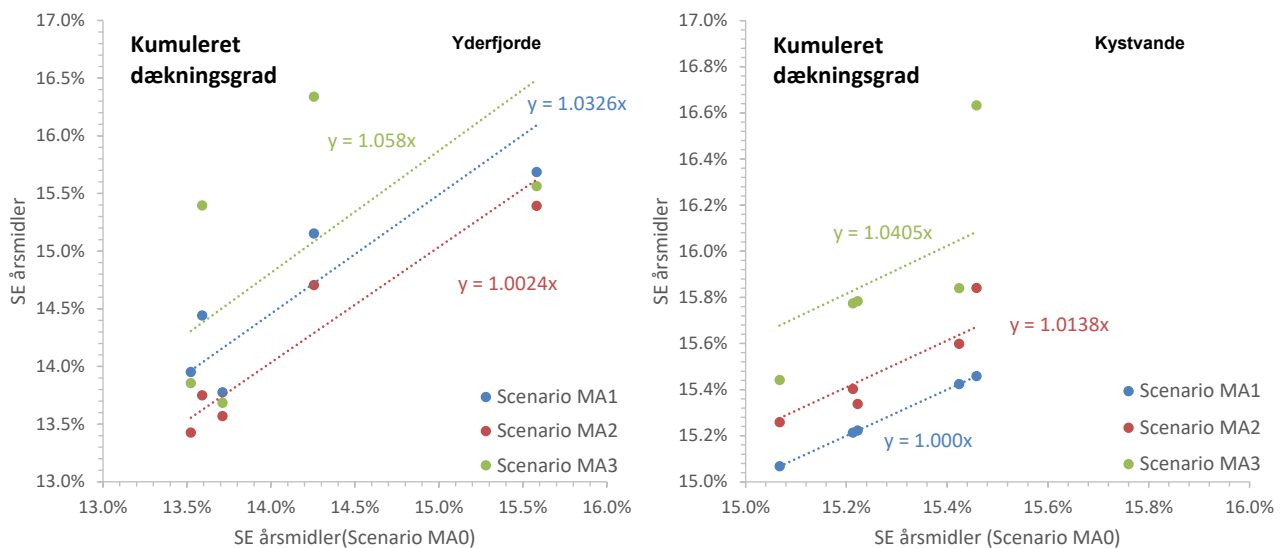
Spredningen på årsmidlerne for makroalgers kumulative dækning stiger også ved reduktionsscenarierne (MA1-MA3) med størst effekt for kombinations-scenariet MA3, som inkluderer reduktioner for både KO- og OPO-transekter (Figur 5.7). Spredningen på årsmidlen stiger med 16%-18% for inderfjorde, 35%-37% for Limfjorden, 14%-15% i yderfjorde og 15%-16% i kystvande. Det skal bemærkes, at spredningen på årsmidler for hele perioden også påvirkes, fordi dybdekorrektionsfaktoren ændrer sig mellem scenarier, hvilket påvirker residualvariansen i GLM-modellen. Overordnet set vil usikkerheden på makroalgers kumulative dækning under disse scenarier være på niveau med perioden før 2011. Dog resulterer scenarierne for Limfjorden i en noget kraftigere stigning på spredningen end i de andre farvandstyper.



Figur 5.7. Ændringer over tid i spredningen på årsmidler i havrapporten for makroalgers kumulative dækning i forskellige typer af fjorde og kystvande.

Den relative spredning på årsmidlerne for makroalgers kumulative dækning stiger med 0-10 % for MA1, 0-8 % for MA2 og 4-20 % for MA3 (Figur 5.8). De mere varierende relationer mellem spredningen for scenarierne og den eksisterende overvågning skyldes, at det ikke er muligt at simulere de valgte scenarier med samme reduktion i antal observationer over alle år, idet overvågningsprogrammet for makroalger allerede indeholder diverse rotationer mellem områder og transekter.





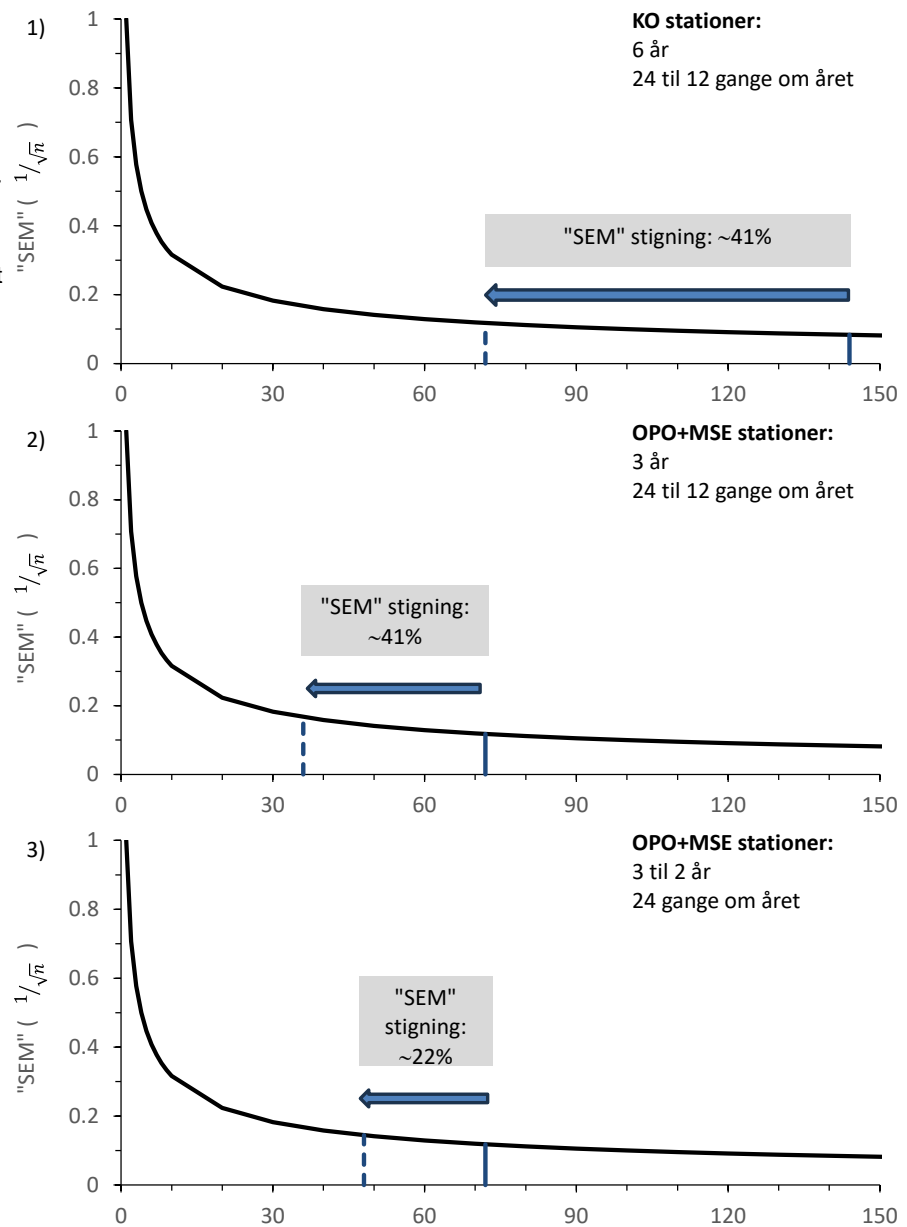
Figur 5.8. Spredning på 5 årsmidler for makroalgers kumulative dækning (2020-2024) ved de forskellige reduktionsscenarier (MA1-MA3) i forhold til den eksisterende overvågning (MA0). Regressioner går alle gennem (0,0).

5.3 Teoretisk effekt af reduktioner

For at vise en mere general konsekvensvurdering af reduktioner i antallet af prøvetagninger, kan effekten vurderes ud fra en tilnærmet teoretisk statistisk tilgang. Selvom de statistiske modeller, som benyttes i havrapporten, er lidt mere komplekse, så kan vi med rimelighed godt antage, at spredningen på middelværdierne er omvendt proportionale med antallet af observationer eller prøvetagninger. Omvendt anvendes typisk gennemsnit ved beregning af indikatorer til vandrammedirektivet. Som supplement til ovenstående analyser for havrapporten, så illustreres den potentielle effekt af reduktioner i prøvetagningen på vandområdeniveau, hvor der typisk anvendes en station for vandkemi og fem transekter for ålegræs og makroalger.

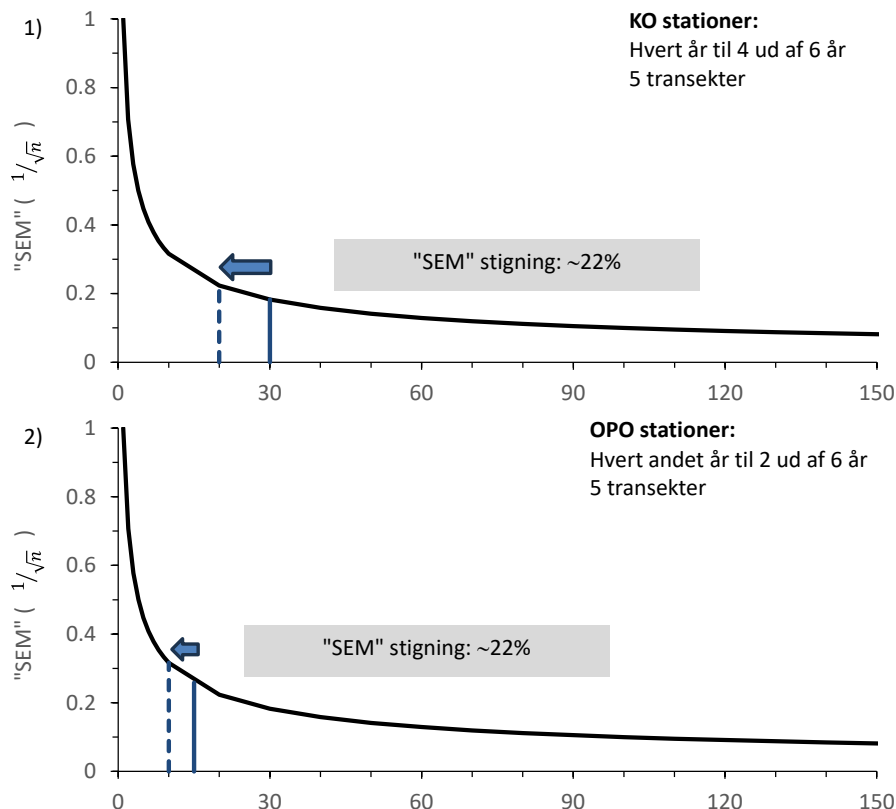
For vandkemi vil en reduktion i prøvetagningsfrekvensen fra 24 til 12 gange om året svare til en stigning i spredningen på de afledte middelværdier på 41 %, og dette gælder for KO, OPO og MSE vandkemistationer (Figur 5.9). Tilsvarende vil en reduktion i antallet af år fra tre til to i løbet af en 6-årig periode medføre en stigning i spredningen af afledte middelværdier på 22 %.

Figur 5.9. Forventet effekt på de vandkemiske middelværdier for et vandområde, som 1) overvåges med en KO-station, hvor den årlige frekvens halveres, 2) overvåges af OPO- eller MSE-station, hvor den årlige frekvens halveres i de år, hvor der overvåges, og 3) overvåges af OPO- eller MSE-station, hvor antallet af år reduceres fra tre til to indenfor en seksårig periode.



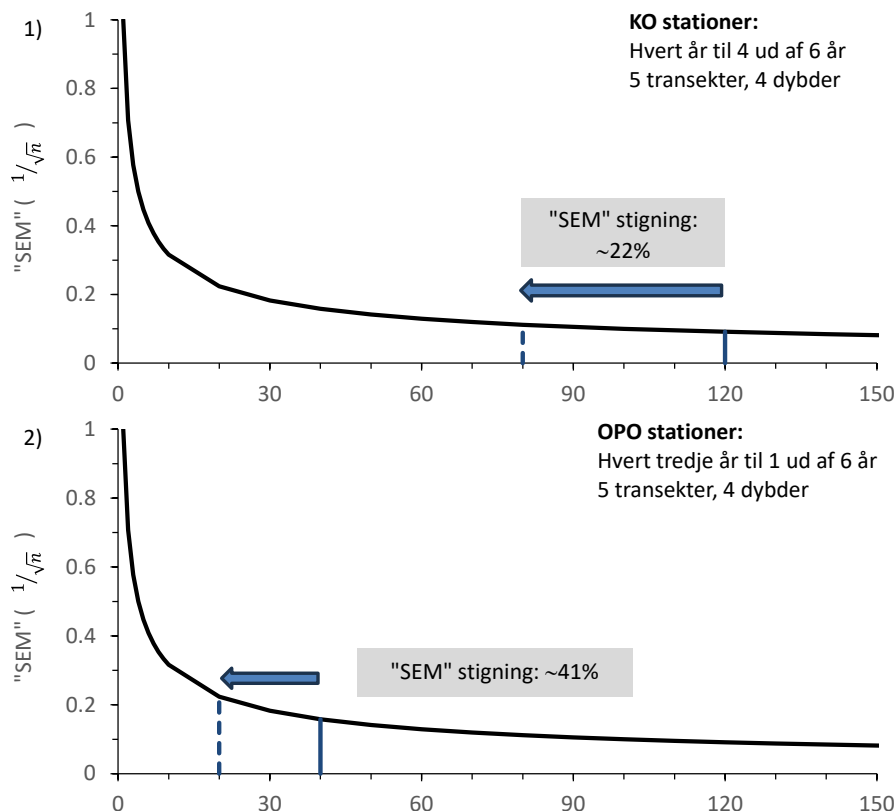
For ålegræstransektorer (KO-stationer) vil en reduktion fra hvert år til fire ud af seks år svare til en stigning i spredningen på afledte middelværdier på 22 %, og tilsvarende gør sig gældende for ålegræstransektorer (OPO-stationer), hvis prøvetagningen reduceres fra tre til to år i løbet af en 6-årig periode (Figur 5.10).

Figur 5.10. Forventet effekt på ålegræssets middelværdier for et vandområde, som 1) overvåges med fem KO-transekter, hvor antallet af år reduceres fra seks til fire, og 2) overvåges med fem OPO-transekter, hvor antallet af år reduceres fra tre til to.



For makroalger vil en reduktion fra hvert år til fire ud af seks år svare til en stigning i spredningen på afledte middelværdier på 22 %, hvorimod en halvering af antal år med prøvetagninger, fra to år til et år til repræsentation af en 6-årig periode, vil medføre en stigning i spredningen på afledte middelværdier på 41 % (Figur 5.11).

Figur 5.11. Forventet effekt på makroalgernes middelværdier for et vandområde, som 1) overvåges med fem KO-transekter med fire forskellige punktdyk, hvor antallet af år reduceres fra seks til fire, og 2) overvåges med fem OPO-transekter med fire forskellige punktdyk, hvor antallet af år reduceres fra to til et.



Samlet viser disse analyser, på tværs af alle variable, at en halvering af prøvetagningen resulterer i en stigning i spredningen på middelværdien på 44 % og at en tredjedels reduktion resulterer i en stigning i spredningen på middelværdien på 22 %. Vigtigt at bemærke er, at disse relative ændringer har større absolut effekt, når antallet af observationer er lavt, idet kurverne bliver skarpere ved få observationer. Dermed kan den absolutte usikkerhed (spredning) på en indikator stige mere voldsomt, når der kun er få prøvetagninger til at vurdere tilstanden.

6 Konklusion

En reduktion i den skibsbaserede overvågning vil ikke give en systematisk afvigelse for de middelværdier, som indgår i havrapporten, hvis tilpasningen fordeles jævnt over det eksisterende program. Men de afrapporterede middelværdier vil blive bestemt med større usikkerhed ved en reduktion i overvågningen. De undersøgte scenarier viser, at spredningen af middelværdier kan stige med op til ca. 40 % for de undersøgte variable.

Konsekvensen af en større usikkerhed på de middelværdier, som indgår i havrapporten, er:

1. Større risiko for at 'overfortolke mere variable dynamikker'. Dette er specielt en udfordring ved beskrivelsen af sæsonvariationen, hvor der vil forekomme større udsving af ren tilfældighed, som måske kan opfattes som reelle.
2. Større risiko for at vigtige fænomener ikke detekteres. Vigtige hændelser som fx algeopblomstringer og sporadiske iltsvind bliver måske ikke opdaget ved en reduceret overvågning af klorofyl og ilt. Ligeledes kan påvisning af effekt af metodeskift i overvågningen blive sværere med færre data.
3. Større usikkerhed på de middelværdier, som indgår i havrapporten, vil formentlig medføre et større tidsforbrug til fortolkning af resultater og sammenskrivning. Desuden vil en større usikkerhed betyde, at der skal en længere årrække til at vurdere, om en udvikling er signifikant.
4. Det vil blive sværere at kvalitetssikre NOVANA-overvågningsdata. Sammenstilling af suspekterede observationer mod andre data fra samme periode eller område giver ofte en indikation af, hvorvidt disse observationer er fejlbehæftede eller inden for det normale. Styrken i disse analyser vil blive reduceret, og det vil være sværere at vurdere kvaliteten af sådanne observationer.
5. En reduktion i antallet af stationer, hvor der måles ilt, vil svække datagrundlaget for kortlægningen af iltsvindsudbredelse og dermed øge usikkerheden i beskrivelsen af iltsvindsarealudbredelse.
6. Større usikkerhed på indikatorer til tilstandsbedømmelse. Tilstandsrapportering i henhold til vandrammedirektiv, havstrategidirektiv, habitatdirektiv samt internationale rapporteringer (HELCOM, OSPAR) vil blive mere usikker, og dermed vil konklusioner om, hvorvidt miljømål er nået, blive mere tilfældige.

Empiriske modeller til vandplaner vil blive mere usikre. De nuværende vandplaner er delvist baseret på årsmidler for næringsstoffer, klorofyl, m.m. Fremtidige vandplaner baseret på samme tilgang vil derfor være behæftet med større usikkerhed.

Samlet set vil reduktioner i prøvetagningen medføre en større usikkerhed omkring tilstanden i det marine miljø, et potentielt tab af viden omkring årsags-sammenhænge og en ringere kvalitetssikring af marine overvågningsdata.

7 Referencer

Carstensen J (2007) Statistical principles for ecological status classification of Water Framework Directive monitoring data. *Mar Pollut Bull* 55:3-15. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2006.08.016

Carstensen J, og Lindegarth M (2016) Confidence in ecological indicators: A framework for quantifying uncertainty components from monitoring data. *Ecol Indic* 67:306-317. DOI: 10.1016/j.ecolind.2016.03.002

KONSEKVENSER AF REDUCERET OVERVÅGNING UNDER NOVANA

Forskellige scenarier for reduktioner i overvågningen af havrapportens analyser er undersøgt. De undersøgte reduktionsscenarier vil medføre øget usikkerhed (op til ca. 40 % øget usikkerhed) på de middelværdier, som benyttes i rapporteringen. Konsekvensen vil være en øget risiko for fejlfortolkninger af data i havrapporten, øget risiko for at overse effekten af metodeskift, længere tidsserier for at påvise miljøændringer, en dårligere kvalitetssikring af overvågningsdata, og øget tidsforbrug ved udarbejdelse af havrapporten.