

Udvikling og implementering af virkemidler, landbrug og vandmiljø

– med Norsminde Fjord som udgangspunkt

Kladde - 24. december 2016

Jens Erik Ørum¹, Charlotte Kjærgaard² og Ingrid K. Thomsen²

¹Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi (IFRO), Københavns Universitet,

²Institut for Agroøkologi (AGRO), Aarhus Universitet

Sammendrag

Der er udviklet en model, der kan beregne potentiale for og omkostninger ved indførelse af målrettet regulering. Anvendelse af virkemidler på dyrkningsfladen, drænvirkemidler samt kombinationer af disse er testet på Norsminde Fjord oplandet hhv. med de indsatskrav, der gælder i 2021 og ved de krav, der er udsendt til den efterfølgende vandplanperiode. De anvendte forudsætninger og antagelser i modellen er præsenteret sammen med resultaterne baseret herpå. Det skal understreges, at ændringer i forudsætninger og antagelser i modellen vil kunne ændre resultaterne og kan påvirke sammenhængene mellem virkemidlerne. Der vil således behov for at gennemføre bl.a. følsomhedsanalyser, før der drages endelige konklusioner omkring prioritering af virkemidler.

På baggrund af modellen er det testet, om indsatskravene i Norsminde Fjord oplandet i og efter 2021 kan opfyldes enten ved alene at anvende virkemidler på dyrkningsfladen eller ved etablering af drænvirkemidler. Ligeledes er en kombineret anvendelse af virkemidler på dyrkningsfladen og drænvirkemidler testet. Alle tre scenarier er afprøvet med og uden samtidig udtagning af landbrugsjord som virkemiddel. Med de anvendte forudsætninger vil indsatskravet i Norsminde Fjord oplandet mest omkostningseffektivt kunne opfyldes med kombinationer af virkemidler på dyrkningsfladen og drænvirkemidler. I alle scenarier er udtagning af landbrugsjord et essentielt virkemiddel.

Analysen viser, at samtænkning af virkemidler er afgørende for at kunne opfylde indsatskravene mest omkostningseffektivt. Herunder ikke mindst at agere på langt sigt og f.eks. ikke at opfylde kortsigtede krav ved etablering af drænvirkemidler, som ved yderligere indsatskrav ikke længere er omkostningseffektive f.eks. pga. udtagning af tilknyttet landbrugsjord.

Indhold

1	Forord	3
2	Baggrund.....	3
3	Materialer og metoder	4
3.1	Norsminde Fjord oplandet: karakteristika og indsatskrav	4
3.2	Datagrundlag og afgrødefølger	6
3.3	Arealanvendelse og potentialer for virkemidler på dyrkningsfladen	8
3.4	Effekt og omkostninger ved virkemidler på dyrkningsfladen.....	11
3.4.1	Effekt af efterafgrøder	11
3.4.2	Øvrige virkemidler på dyrkningsfladen.....	11
3.4.3	Omkostninger ved virkemidler på dyrkningsfladen	12
3.5	Udvaskningsmodel og basisudvaskning	12
3.5.1	Kalibrering.....	14
3.6	Potentiale for og placering af drænvirkemidler	15
3.6.1	Drænvirkemidler	15
3.6.2	Potentiale for placering af drænvirkemidler	16
3.6.3	Dræntransport og potentiel kvælstofeffekt af drænvirkemidler	18
3.7	Effekt og omkostninger ved drænvirkemidler.....	18
3.7.1	Minivådområder	18
3.7.2	Vådområder og permanent udtagning	19
3.8	Økonomisk rationel tilpasning til indsatskrav	19
3.9	Scenarier og additiv effekt af virkemidler	20
4	Resultater	20
4.1	Norsminde Fjord oplandet under nuværende regulering	20
4.2	Scenarie I: Virkemidler på dyrkningsfladen, uden udtagning.....	21
4.3	Scenarie II: Virkemidler på dyrkningsfladen, med udtagning.....	22
4.4	Scenarie III: Drænvirkemidler, uden udtagning.....	23
4.5	Scenarie IV: Drænvirkemidler, med udtagning	24
4.6	Scenarie V: Virkemidler på dyrkningsfladen kombineret med drænvirkemidler, uden udtagning	25
4.7	Scenarie VI: Virkemidler på dyrkningsfladen kombineret med drænvirkemidler, med udtagning	26
4.8	Placering af vådområder, permanent udtagning og minivådområder.....	27
4.9	Målopfyldelse og omkostninger	29
5	Referencer	32
	Bilag 1. Afgrødegrupper	34

1 Forord

Nærværende rapportudkast er udarbejdet under et projekt finansieret af SEGES P/S. I forbindelse med rapporten er der ultimo 2016 afholdt to møder med deltagelse af Københavns Universitet, Aarhus Universitet, SEGES P/S samt konsulenter fra LMO. På de to afholdte møder blev metoder og forudsætninger for modelberegningerne diskuteret. Efterfølgende modelopsætning, modelberegninger samt udarbejdelse af rapport er gennemført som et selvstændigt og uafhængigt arbejde, der alene har involveret de to universiteter.

2 Baggrund

Under den fremtidige målrettede regulering forventes målindsatsen differentieret mellem vandoplandene, og kravene antages dækket med en kombination af virkemidler på dyrkningsfladen (f.eks. efterafgrøder og normreduktion) og drænvirkemidler (f.eks. vådområder og minivådområder). De forskellige typer virkemidler vil ikke være additive. Således vil den egentlige effekt af drænvirkemidler afhænge af, hvilke virkemidler der anvendes på dyrkningsfladen, og i hvor høj grad disse virkemidler reducerer udvaskningen fra rodzonen.

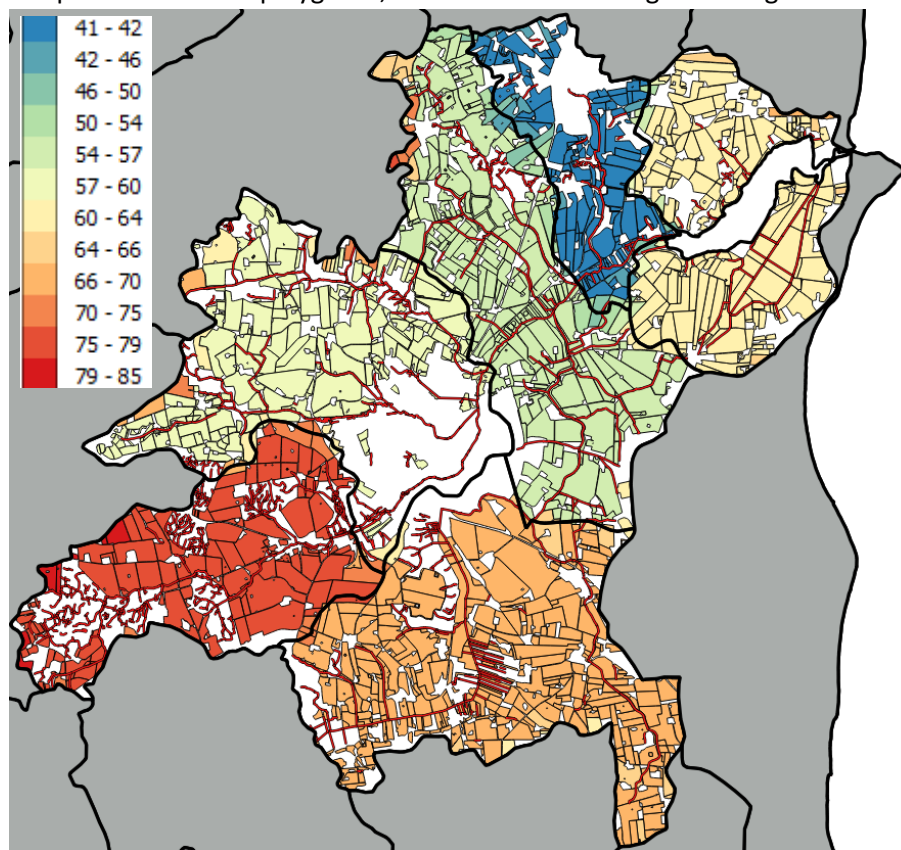
For at kunne belyse samspillet mellem virkemidler på og uden for dyrkningsfladen er der udviklet en model, der belyser, hvorvidt de fastsatte målsætninger kan opnås samt omkostningseffektiviteten ved anvendelse af de forskellige typer virkemidler. Modellen vil kunne anvendes generelt, men fokuserer i denne rapport alene på Norsminde Fjord oplandet.

Nærværende udkast præsenterer den udviklede model og de indtil nu anvendte forudsætninger og antagelser. Det skal understreges, at både modelopsætning og forudsætninger kan ændres, hvilket vil påvirke udfaldet af beregningerne og vægtningen mellem virkemidler. Der vil således behov for at gennemføre yderligere tests samt følsomhedsanalyser, før der i praksis prioriteres mellem virkemidler.

3 Materialer og metoder

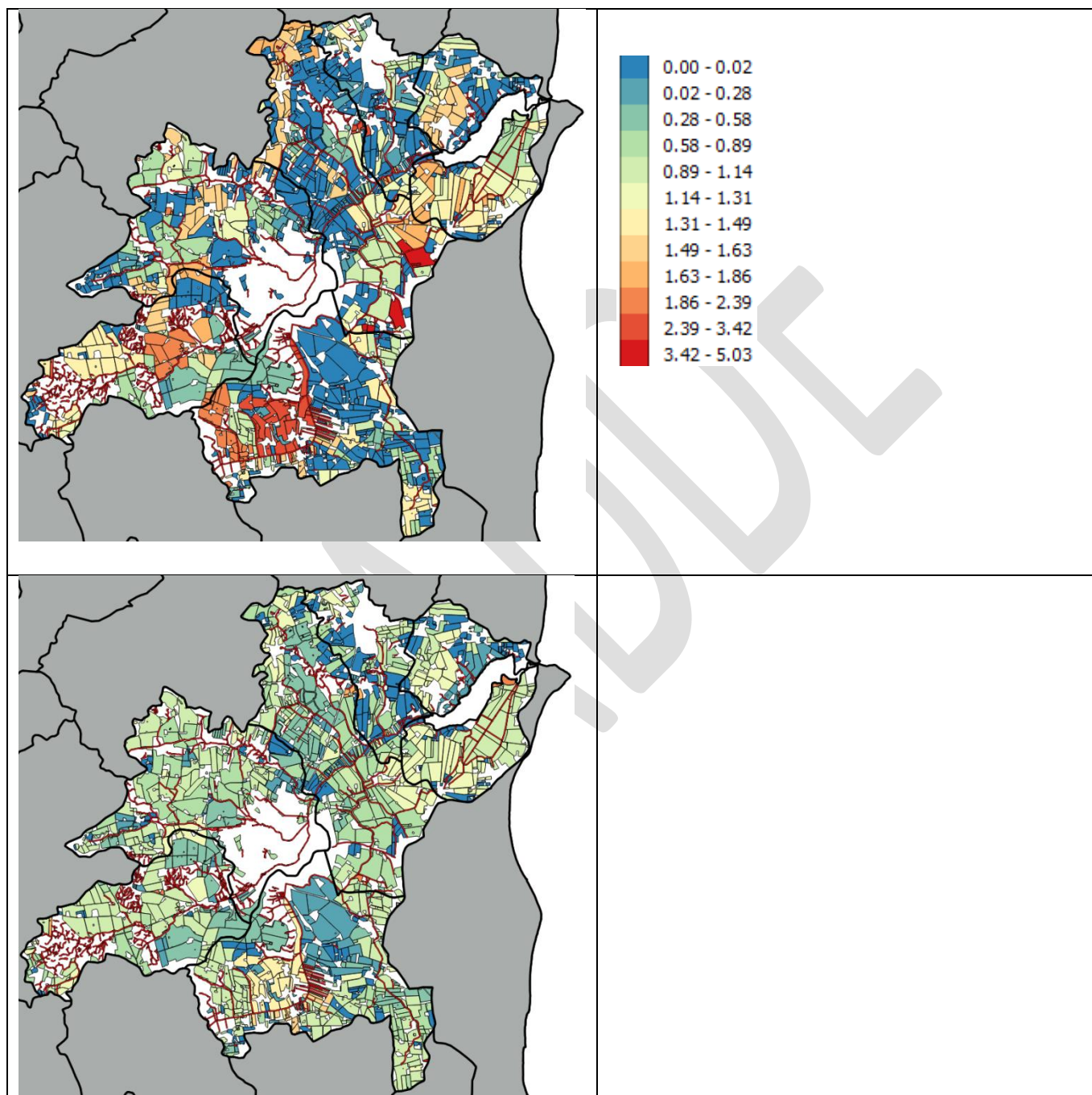
3.1 Norsminde Fjord oplandet: karakteristika og indsatskrav

Landbrugsarealet i Norsminde Fjord oplandet er på baggrund af GLR opgjort til 7.418 ha. Den dominerende jordbund er JB6, og husdyrproduktionen er domineret af slagtesvin og smågrise (Jensen et al., 2016). Oplandet er opdelt i seks ID15-polygoner, hvis retention er vist grafisk i Figur 1.



Figur 1. Retention på markniveau i de seks ID15-polygoner i Norsminde Fjord oplandet.

Husdyrtætheden for oplandet er vist i Figur 2 på markniveau som hhv. anvendt kvælstof pr. ha og produceret kvælstof pr. ha. De to figurer giver et indtryk, af, i hvor stort omfang husdyrgødningen omfordeles mellem bedrifter.



Figur 2. Produceret (øverst) og anvendt (nederst) husdyrgødning (DE pr. ha) i Norsminde Fjord oplandet.

Indsatskravet for Norsminde Fjord oplandet er beskrevet af Jensen et al. (2016). Heraf fremgår, at i forhold til Vandområdeplanernes målbelastning for Norsminde Fjord på 62,0 t N, skal kvælstofudledningen efter indregning af baseline-effekter reduceres med 70,1 t N, hvoraf 33 t N udskydes til efter 2021. Belastningen i alt samt udledning til kysten baseret på en gennemsnitlig retention på 65 pct. fremgår af Tabel 1 for 2012, 2021 og efter 2021. I tabellen er ikke indregnet baseline-effekter.

Tabel 1. Oversigt over belastning og udledning i Norsminde Fjord oplandet 2012 samt fremtidig målbelastning totalt og på markniveau. Baseret på Jensen et al. (2016).

	2012	2021	Efter 2021
Belastning (t N)	141,8	104,2	62,0
Udledning (kg N pr. ha)	19,1	14,1	8,4

3.2 Datagrundlag og afgrødefølger

Analysen er baseret på arealanvendelse og bedriftsstruktur for samtlige marker i oplandet til Norsminde Fjord oplandet indhentet fra GLR markblokdata for 2012-2016 suppleret med CVR og økologidata. Der indgår alene marker inden for Norsminde Fjord oplandet, hvilket inkluderer bedrifter, der også har marker i andre oplande. Det samlede areal for alle bedrifter, der har et jordtilliggende i Norsminde Fjord oplandet, svarer til 16.734 ha, hvoraf markerne beliggende i Norsminde Fjord oplandet svarer til 44 pct. (Tabel 2). I de gennemførte beregninger er marker beliggende i Norsminde Fjord oplandet, betragtet som værende en bedrift, uanset den andel de udgør i forhold til bedriftens areal i andre oplande.

Tabel 2. Samlet areal af bedrifter med jordtilliggende i Norsminde Fjord opland.

Opland		Areal
Nr.	Lokalitet	(ha)
1	Kattegat	26,07
3	Limfjorden Hals-Løgstør-Thyborøn	3,86
7	Nissum Fjord	2,36
9	Randers Fjord	1.365,37
13	Århus Bugt, Kalø og Begtrup Vig	2.412,39
15	Ringkøbing Fjord	119,74
17	Horsens Fjord	2.072,05
18	Norsminde Fjord	7.420,69
19	Århus Bugt syd, Samsø og Nordlige Bælthav	3.276,29
20	Juvre Dyb	2,15
29	Vejle Fjord	9,55
46	Nyborg Fjord	3,56
48	Storebælt og Smålandsfarvandet	2,05
67	Kattegat	1,97
69	Øresund og Køge Bugt og Østersøen	7,23
75	Karrebæk Fjord	8,98
I alt (ha)		16.734,31
Andel af totalt areal beliggende i Norsminde Fjord opland		44 pct.

Opgørelsen af dyreenheder (DE) og husdyrgødningfordeling pr. bedrift i 2013 er foretaget på baggrund af udredning af fosfor for undtagelsesbrug (DCE, 2016). Anvendelsen af husdyrgødning er således fastfrosset til høståret 2013.

Afgrødesammensætningen er baseret på en gruppering i afgrødegrupper. Alle afgrøder i Vejledningen (Miljø- og Fødevareministeriet, 2016) er således inddelt i 12 forfrugtsgrupper og 17 afgrødegrupper som vist i Tabel 3. Afgrødekoderne, der indgår i de 17 hovedafgrødegruppe, fremgår af Bilag 1.

Tabel 3. Anvendte forkortelser og tilhørende navne for de forskellige afgrødegrupper samt den repræsentant for gruppen, som fastlægger normen for hele afgrødegruppen. Afgrøderne, der hører under de enkelte afgrødegrupper, fremgår af Bilag 1.

Afgrødegruppe			Repræsentant for afgrødegruppen	
Nr.	Forkortet	Navn	Kode	Navn
1	VISA	Vintersæd	11	Vinterhvede
2	VASA	Vårsæd	1	Vårbyg
3	RAPS	Raps	22	Vinterraps
4	AFRO	Anden frøavl	101	Rajgræs, alm.
5	KART	Kartofler	151	Kartofler, stivelse
6	ROER	Roer	160	Sukkerroer til fabrik
7	BÆLG	Bælgplanter	30	Ærter
8	MAJS	Majs	216	Silomajs
9	SSGR	Sædskiftegræs, højt gødet	260	Græs med kløver/lucerne under 50 pct. bælgpl. (omdrift)
10	SS80	Sædskiftegræs, middel gødet	267	Græs under 50 % kløver/lucerne, meget lavt udbytte
11	SS00	Sædskiftegræs, ugødet	264	Græs og kløvergræs uden norm, under 50 % kløver omdrift
12	VVGR	Vedvarende græs, højt gødet	252	Permanent græs, normalt udbytte
13	VV80	Vedvarende græs, middel gødet	251	Permanent græs, lavt udbytte
14	VV00	Vedvarende græs, ugødet	276	Permanent græs og kløvergræs uden norm under 50 % kløver
15	BRÅK	Brak	310	Slåningsbrak
16	MFOB	MFO brak	325	MFO- blomsterbrak
17	REST	Rest	528	Æble

Afgrødesammensætningen og andelen af den enkelte afgrødegruppe på den enkelte mark i de fire år er bestemt forholdsmæssigt ud fra afgrødesammensætningen i de fire år. Det betyder, at hvis der på en mark på 12 ha er dyrket vinterhvede i tre år og vinterraps i ét år, svarer arealet til 9 ha vinterhvede og 3 ha vinterraps.

Inden for hver afgrødegruppe er der valgt én afgrøde til fastsættelse af den kvælstofnorm, der ifølge Vejledningen 2016/17 (Miljø- og Fødevareministeriet, 2016) er til rådighed på de fem klasser af jordtyper. Den aktuelle afgrøde, der er valgt for hver hovedafgrødegruppe, er vist i Tabel 3. Det er antaget, at alle landmænd gøder op til fuld norm. På økologiske bedrifter er kvælstoftilførslen sat til 70 pct. af den konventionelle norm.

I Tabel 4 er angivet forfrugtsværdi og kvælstofnorm 2016/17 for de afgrøder, der repræsenterer afgrødegruppen (Tabel 3). Fra normen fratrækkes eftervirkningen af pligtige efterafgrøder og husdyrefterafgrøder i det omfang, de bliver anvendt. Udbyttetnormen for de samme afgrøder er vist i Tabel 5.

Tabel 4. Kvælstofnorm 2016/17 samt forfrugtsværdi (Miljø- og Fødevareministeriet, 2016) for afgrødegrupperne vist i Tabel 3.

HAFG	Afgrødekode	Afgrøde	Forfrugt (kg N/ha)	Indregning af forfrugt (Ja/Nej)	Uvandet grovsand, JB 1+3	Uvandet finsand, JB 2+4+10- 12	Vandet sandjord, JB 1-4	Sand- blandet lerjord, JB 5-6	Lerjord, JB 7-9
Kvælstofnorm (kg N/ha)									
01_Visa	11	Vinterhvede	0	Ja	167	173	194	200	213
02_Vasa	1	Vårbyg	0	Ja	144	139	162	147	153
03_Raps	22	Vinterraps	23	Ja	203	215	215	223	226
04_Afro	101	Rajgræs, alm.	23	Nej	170	170	170	170	170
05_Kart	151	Kartofler, stivelse	0	Ja	228	223	248	223	223
06_Roer	160	Sukkerroer til fabrik	3	Ja	133	123	138	125	131
07_Bælg	30	Ærter	23	Nej	0	0	0	0	0
08_Majs	216	Silomajs	0	Ja	167	152	182	156	163
09_Ssgr	260	Græs med kløver/lucerne under 50 % bælglpl. (omdrift)	95	nej	282	284	297	287	287
10_Ss80	267	Græs under 50 % kløver/lucerne, meget lavt udbytte	23	nej	80	80	80	80	80
11_Ss00	264	Græs og kløvergræs uden norm, under 50 % kløver omdrift	23	nej	0	0	0	0	0
12_Vvgr	252	Permanent græs, normalt udbytte	23	nej	156	156	156	156	156
13_Vv80	251	Permanent græs, lavt udbytte	23	nej	80	80	80	80	80
14_Vv00	276	Permanent græs og kløvergræs uden norm under 50 % kløver	23	nej	0	0	0	0	0
15_Brak	310	Slåningsbrak	0	Nej	0	0	0	0	0
16_MFOb	325	MFO Brak, forårsplojning efterfulgt af en blanding af frø- og nektarproducerende planter	0	Nej	0	0	0	0	0
17_Rest	528	Æble	0	Nej	140	140	140	140	140

Tabel 5. Udbyttенorm 2016/17 for afgrødegrupperne (Miljø- og Fødevareministeriet, 2016) vist i Tabel 3. Værdier i parentes ved vinterhvede og vårbyg angiver udbyttенorm, når forfrugten er andet end korn.

HAFG	Afgrødekode	Afgrøde	Uvandet grovsand , JB 1+3	Uvandet finsand, JB 2+4+10-12	Vandet sandjord, JB 1-4	Sand- blandet lerjord, JB 5-6	Lerjord, JB 7-9	Udbytte enhed
Kvælstofnorm (kg N/ha)								
01_Visa	11	Vinterhvede	49 (54)	63 (69)	67 (74)	81 (89)	86 (95)	hkg/ha
02_Vasa	1	Vårbyg	44 (48)	51 (56)	56 (62)	63 (69)	67 (74)	hkg/ha
03_Raps	22	Vinterraps	29	37	37	42	44	hkg/ha
04_Afro	101	Rajgræs, alm.	12	12	12	12	12	hkg/ha
05_Kart	151	Kartofler, stivelse	450	500	550	550	550	hkg/ha
06_Roer	160	Sukkerroer til fabrik	450	500	500	620	680	hkg/ha
07_Bælg	30	Ærter	46	46	46	46	46	hkg/ha
08_Majs	216	Silomajs	9900	9900	10900	10800	11300	FE/ha
09_Ssgr	260	Græs med kløver/lucerne under 50 % bælglpl. (omdrift)	6600	6800	8100	7100	7100	FE/ha
10_Ss80	267	Græs under 50 % kløver/lucerne, meget lavt udbytte	1500	1500	1500	1500	1500	FE/ha
11_Ss00	264	Græs og kløvergræs uden norm, under 50 % kløver omdrift	0	0	0	0	0	FE/ha
12_Vvgr	252	Permanent græs, normalt udbytte	3100	3100	3100	3100	3100	FE/ha
13_Vv80	251	Permanent græs, lavt udbytte	1800	1800	1800	1800	1800	FE/ha
14_Vv00	276	Permanent græs og kløvergræs uden norm under 50 % kløver	0	0	0	0	0	FE/ha
15_Brak	310	Slåningsbrak	0	0	0	0	0	FE/ha
16_MFOb	325	MFO Brak, forårsplojning efterfulgt af en blanding af frø- og nektarproducerende planter	0	0	0	0	0	FE/ha
17_Rest	528	Æble						

3.3 Arealanvendelse og potentialer for virkemidler på dyrkningsfladen

Ved en gruppering af sædskiftegræs, vedvarende græs og brak kan der ud fra de 17 afgrødegrupper (Tabel 3) dannes 12 forfrugtsgrupper (Tabel 6). Ved at kombinere disse 12 forfrugtsgrupper med de 17 hovedafgrødegrupper dannes 204 mulige kombinationer af toårige afgrødefølger. På baggrund af afgrødefølgerne beregnes harmoniareal (HARM), omdriftsareal (ROTA) samt efterafgrødegrundareal (EAGG) (Tabel 7). Ligeledes bestemmes potentiale for efterafgrøder (E), mellemafgrøder (M), tidlig såning af vintersæd (T) samt udlæg af græs og kløvergræs (U) ud fra de angivne kombinationer i Tabel 7. Arealet med udlæg indgår til dækning af krav om MFO.

Tabel 6. Anvendte forkortelser og tilhørende navne for de 12 forfrugtsgrupper og 17 hovedafgrødegrupper.

Forfrugt	Hovedafgrøde	Navn
01_visa	01_VISA	Vintersæd
02_vasa	02_VASA	Vårsæd
03_raps	03_RAPS	Raps
04_afro	04_AFRO	Anden frøavl
05_kart	05_KART	Kartofler
06_roer	06_ROER	Roer
07_bælg	07_BÆLG	Bælgplanter
08_majs	08_MAJ	Majs
09_ssgr	09_SSGR	Sædskiftegræs, højt gødet
	10_SS80	Sædskiftegræs, middel gødet
	11_SS00	Sædskiftegræs, ugødet
12_vvgr	12_VVGR	Vedvarende græs, højt gødet
	13_VV80	Vedvarende græs, middel gødet
	14_VV00	Vedvarende græs, ugødet
15_brak	15_BRAK	Brak
	16_MFOB	MFO-brak
17_rest	17_REST	Rest

Tabel 7. Afgrøder der indgår i harmoniareal (HARM), i rotation (ROTA), i efterafgrødegrundarealet (EAGG) samt kombinationer af de 12 forfrugtsgrupper (vandret) og 17 hovedafgrødegrupper (lodret) der udløser potentiale for virkemidlerne efterafgrøder (E), mellemafgrøder (M), tidlig såning af vintersæd (T) og udlæg (U).

	HARM	ROTA	EAGG	01_visa	02_vasa	03_raps	04_afro	05_kart	06_roer	07_bælg	08_majs	09_ssgr	12_vvgr	15_brak	17_rest
01_VISA	1	1	1	M	M	T				T					
02_VASA	1	1	1	E	E	E	E			E	E				
03_RAPS	1	1	1												
04_AFRO	1	1	0	U	U	U				U	U				
05_KART	1	1	0	E	E	E	E			E	E				
06_ROER	1	1	0	E	E	E	E			E	E				
07_BÆLG	1	1	1	E	E	E	E			E	E				
08_MAJ	1	1	1	E	E	E	E			E	E				
09_SSGR	1	1	0	U	U	U				U	U				
10_SS80	1	1	0	U	U	U				U	U				
11_SS00	1	1	0	U	U	U				U	U				
12_VVGR	1	0	0	U	U	U				U	U				
13_VV80	1	0	0	U	U	U				U	U				
14_VV00	0	0	0	U	U	U				U	U				
15_BRAK	0	0	0	U	U	U				U	U				
16_MFOB	0	0	0	U	U	U				U	U				
17_REST	1	0	0												

I Tabel 8 er vist en oversigt over forudsætninger og antagelser omkring areal- og gødningsanvendelse der indgår i modelberegningerne. Ligeledes er angivet en række definitioner inden for det nugældende regelsæt.

Tabel 8. Oversigt over forudsætninger og antagelser omkring areal- og gødningsanvendelse samt generelle lovkrav, der indgår bag beregningerne.

Parameter	Forudsætninger og antagelser
Pligtige efterafgrøder	Ved efterafgrødegrundareal på mindst 10 ha er indregnet følgende krav til pligtige efterafgrøder (Miljø- og Fødevareministeriet, 2016): Ved udbragt husdyrgødning, forarbejdet husdyrgødning eller anden organisk gødning svarende til <0,8 DE pr. ha: 10 pct. af efterafgrødegrundarealet, eftervirkning 17 kg N pr. ha. Ved udbragt husdyrgødning, forarbejdet husdyrgødning eller anden organisk gødning svarende til ≥0,8 DE pr. ha: 14 pct. af efterafgrødegrundarealet, eftervirkning 25 kg N pr. ha. Det antages, at den maksimale andel af efterafgrødepotentialet, der kan udnyttes, er 0,8 med undtagelse af majs_MAJ5, hvor den maksimale andel er sat til 0,4. Det antages, at de pligtige efterafgrøder udlægges, så de også tæller for MFO i det omfang, der er behov for. Frøgræs indregnes som efterafgrøde, når den efterfølges af vårsæd, men indgår ikke som MFO. Det antages, at der ikke anvendes alternativer til pligtige efterafgrøder.
Miljøfokusområder (MFO)	Krav om MFO på 5 pct. af omdriftsarealet på konventionelle ejendomme over 15 ha omdriftsareal (NaturErhvervstyrelsen, 2016). Det er antaget, at 100 pct. af MFO-kravet dækkes af pligtige efterafgrøder, husdyrefterafgrøder, græsudlæg i renbestand eller blanding samt yderligere efterafgrøder, alle med vægtningsfaktor 0,3. Pligtige efterafgrøder forudsættes udlagt som blandinger efter gældende regler, så de også tæller som MFO. Eventuelle efterafgrøder alene anvendt til dækning af MFO-kravet er antaget ikke at have en eftervirkning. MFO-kravet er beregnet ud fra bedriftens samlede omdriftsareal, uanset om dette er beliggende i eller uden for Norsmindre Fjord oplandet. MFO-kravet for arealet beliggende i Norsminde Fjord oplandet beregnes derefter relativt. Der er ikke indregnet undtagelser for MFO-kravet ud over omdriftsarealets størrelse.
Husdyrefterafgrøder	Areal med husdyrefterafgrøder er indregnet og placeret på basis af data fremsendt fra Miljøstyrelsen 10. august samt Klaus Schiøtt Kristensen (pers. komm.). Husdyrefterafgrøderne er antaget til at have samme eftervirkning som pligtige efterafgrøder samt at kunne anvendes til dækning af MFO med samme vægtning (0,3) som pligtige efterafgrøder og udlæg.
Tidlig såning af vintersæd	Maksimal andel på 0,3 af potentialet (Tabel 7) på konventionelle bedrifter. Virkemidlet er antaget ikke at anvendes på økologiske bedrifter.
Mellemafrøder	Maksimal andel på 0,3 af potentialet (Tabel 7). Virkemidlet er antaget ikke at anvendes på økologiske bedrifter. Den maksimale andel af udnyttet potentiale for mellemafrøder er sat til 0,33. Ved yderligere behov ud over denne andel antages anvendt sædskifteændring.
Sædskifteændring	Sædskifteændringer antages alene at ske i form af et skift fra vinterhvede til vårsæd med efterafgrøder. Potentialet er fastsat som værende vinterhvede med forfrugt korn, dvs. det samme potentiale som mellemafrøder (Tabel 7). Sædskifteændring træder først i kraft, når den maksimale andel på 0,33 mellemafrøder på bedriftsniveau er udnyttet.
Udlæg i høståret 2014	For at indregne kvælstofkvoten til eventuelle udlægsmarker i bedriftens samlede kvote i 2014, er det antaget, at der lægges lige så stor andel af udlæg i forhold til vårsædsarealet i 2014 (afgrødegrupperne 13_vasa_AFRO og 21_vasa_SSGR) som i 2013. Udlægget er antaget tilført 100 kg N pr. ha uanset udlægs- og jordtype.
Husdyrgødning og maksimal normreduktion	Husdyrgødning er fastsat til maksimalt udgør 80 pct. af en bedrifts kvælstofnorm med en generel udnyttelse på 66 pct. Normreduktion er alene gennemført for handelsgødning. Den maksimale normreduktion for bedrifter med 80 pct. af normen i husdyrgødning er således sat til 20 pct., mens den for de øvrige bedrifter med tilstrækkelig andel af handelsgødning er sat til 50 pct.

3.4 Effekt og omkostninger ved virkemidler på dyrkningsfladen

3.4.1 Effekt af efterafgrøder

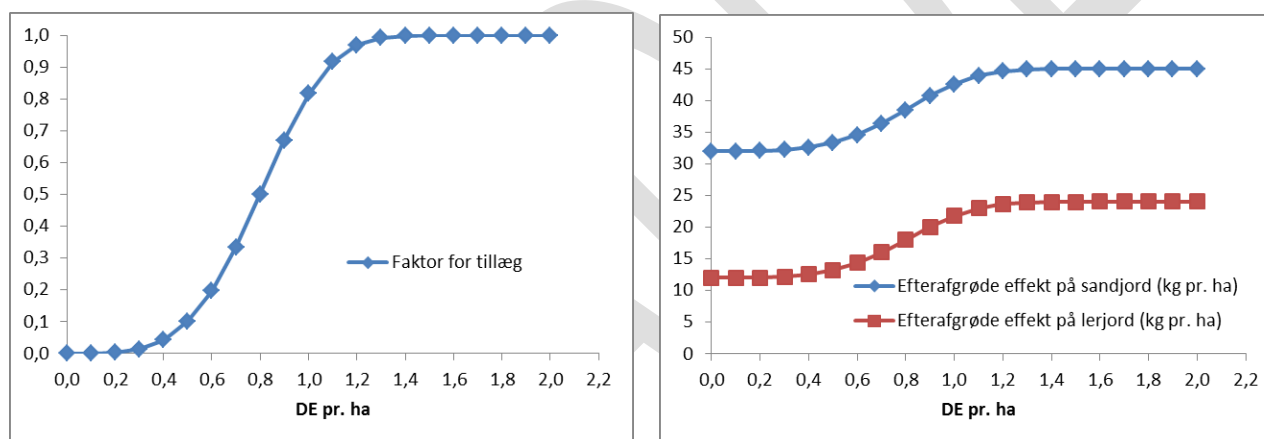
Den udvaskningsreducerende effekt af efterafgrøder er som udgangspunkt baseret på Virkemiddelkataloget (Tabel 9).

Tabel 9. Udvasningsreducerende effekt af efterafgrøder (kg N pr. ha fra rodzonen) som angivet i Virkemiddelkataloget (Hansen og Thomsen, 2014).

	Under 0,8 DE pr. ha		Over 0,8 DE pr. ha ¹	
	Ler	Sand	Ler	Sand
	12	32	(24)	45
Gennemsnit	22		(35)	

¹Usikkert, om værdierne kan opnås for alle typer bedrifter over 0,8 DE pr. ha.

Den udvaskningsreducerende effekt af efterafgrøder i Tabel 9 indebærer et skarpt trin ved 0,8 DE pr. ha. I de her gennemførte beregninger af effekten af efterafgrøder er anvendt en ikke-kategorisk, s-funktion (Figur 3), hvor den gennemsnitlige effekt opnås ved 0,8 DE pr. ha, og laveste og højeste effekter opnås ved hhv. 0,4 og 1,2 DE pr. ha. Det er muligt at justere, hvor skarp overgangen skal være.



Figur 3. Faktor for tillæg (venstre) og (til højre) udvaskningsreducerende effekt af efterafgrøde fra rodzonen som anvendes i modellen (kg N pr. ha).

3.4.2 Øvrige virkemidler på dyrkningsfladen

Effekten af øvrige virkemidler på dyrkningsfladen, er vist i Tabel 10 sammen med deres forventede udvaskningsreducerende effekt. Den udvaskningsreducerende effekt for normreduktion i Norsminde Fjordoplandet er baseret på Ørum (2015), mens effekten af mellemafgrøder samt tidlig såning af vintersæd er fra Virkemiddelkataloget (Eriksen et al., 2014). Effekten af ændring af sædskifte fra vintersæd til vårsæd med efterafgrøde er fastsat ud fra Ørum (2015) som differencen mellem NLES-beregnet udvaskning fra vinterhvede gødet med 200 kg N pr. ha (69,5 kg N pr. ha) og vårsæd med efterafgrøde gødet med 150 kg N pr. ha (44,6 kg N pr. ha). For energiafgrøder og brak (permanent og ikke-permanent udtagning) beregnes effekten at være differencen mellem den aktuelle udvaskning og 12 kg N pr. ha (Waagepetersen, 1992).

Tabel 10. Virkemidler på dyrkningsfladen samt deres forventede udvaskningsreducerende effekt i rodzonen.

Virkemiddel	Udvaskningsreducerende effekt	Reference
Normreduktion	18 pct. af tilført kvælstof	Ørum (2015)
Mellemafgrøder	11 kg N pr. ha	Thomsen et al. (2014a)
Tidlig såning af vintersæd	6,5 kg N pr. ha	Thomsen et al. (2014b)
Sædskifteændring fra vinterhvede til vårbyg med efterafgrøde	25 kg N pr. ha	Ørum (2015)
Permanent udtagning	Udvaskning reduceres til 12 kg N pr. ha	Waagepetersen (1992)

3.4.3 Omkostninger ved virkemidler på dyrkningsfladen

Omkostninger til virkemidlerne efter- og mellemafgrøder er på baggrund af Eriksen et al. (2014) fastsat til 400 kr. pr. ha og for tidlig såning til 275 kr. pr. ha. Det er antaget, at eftervirkningen på 17 (under 0,8 DE/ha) og 25 kg N pr. ha (over 0,8 DE/ha), der tillægges de pligtige efterafgrøder (Miljø- og Fødevareministeriet, 2016), ikke berører udbyttelniveauet men alene bevirker, at der sker en besparelse ved indkøb af kvælstof. Omkostninger i forbindelse med pligtige efterafgrøder er indregnet i de omkostninger, der i forbindelse med opfyldelse af indsatskravet under målrettet regulering

Ved beregninger af konsekvensen af normreduktion som virkemiddel er der i analysen anvendt tabsfunktioner, som IFRO har udledt fra en model udviklet af SEGES til brug for Pilotprojekt for Ny Målrettet Arealregulering (Miljøstyrelsen, 2015). For vintersæd er der desuden regnet med en 30 pct. meromkostning som følge af den dynamiske, langtidseffekt af en reduceret kvælstoftildeling, ligesom der er regnet med en meromkostning på 10 kr. pr. hkg reduceret kerneudbytte til dækning af erstatningsfoder for bedrifter med svin.

Omkostninger ved permanent udtagning af højbundjord beregnes som for udtagning af lavbundsjord (vådområder) beskrevet i 3.7.2

3.5 Udvaskningsmodel og basisudvaskning

Ved beregning af basisudvaskningen er det antaget, at 18 pct. af det tildelte kvælstof udvaskes (Tabel 10). Ligeledes er det antaget, at effekten af efterafgrøder er afhængig af jordtype, og hvorvidt der tildeles husdyrgødning, men at de derudover er upåvirkede af niveauet for tildeling af kvælstof (som i Figur 3). Den del af udvaskningen, der ikke vedrører tildelt kvælstof, og er korrigeret for efterafgrøder eller disses alternativer, kan derfor betragtes at stamme fra en basisudvaskning, der alene afhænger af afgrøde, jordtype og gødningstype (handels- eller husdyrgødning) men er uafhængig af mængden af tildelt gødning.

Under antagelse om samme sammenhæng mellem basisudvaskning som for efterafgrøder, kan der beregnes forholdstal for basisudvaskningen bestemt af jordtype og husdyrgødning, hvor fx sandjord med mere end 0,8 DE pr. ha har en næsten fire gange højere udvaskningsfaktor end lerjord med mindre end 0,8 DE pr. ha (1,59 mod 0,42). Faktorerne er fastsat, så de har et gennemsnit på 1 (øverste halvdel af Tabel 11).

Tabel 11. Forholdstal for virkemiddeleffekter over og under 0,8 DE pr. ha og jordtyper med og uden korrektion (0,91) til fastsættelse af basisudvaskning.

	Under 0,8 DE pr. ha	Over 0,8 DE pr. ha	DE
Sand	1,13	1,59	0,46
Ler	0,42	0,85	0,42
Sand (korrigeret)	1,03	1,43	0,40
Ler (korrigeret)	0,39	0,81	0,42

Til beregningerne er der yderligere fastsat arbitrære udvaskningsfaktorer for de 17 hovedafgrøder, hvor vedvarende græs og permanente kulturer har den laveste udvaskning med en faktor 0,33 mens vårsæd og majs har den højeste faktor på 1,33 (Tabel 12).

Tabel 12. Arbitrære udvaskningsfaktorer (Afgudv) og ”syntetiske” NLES parametre (*s* og *slop*) for de 17 hovedafgrødegrupper (se Tabel 6) der indgår ved beregning af basisudvaskning.

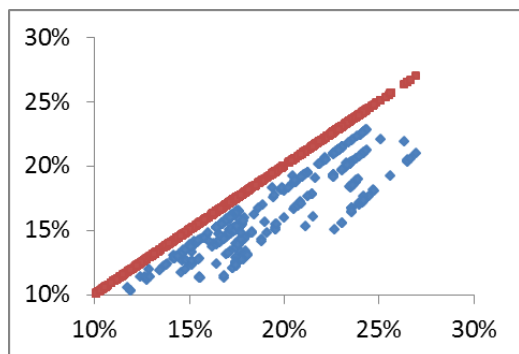
	AfgUdv	<i>s</i>	<i>slop</i>
a01_Visa	1	-25	-0,01
a02_Vasa	1,33	-6	-0,01
a03_Raps	1	-35	-0,03
a04_Afro	0,66	-90	-0,06
a05_Kart	1	-52	0,01
a07_Bælg	1	-6	-0,01
a08_Majs	1,33	7	-0,01
a09_Ssgr	0,66	-81	-0,21
a10_Ss80	0,66	-81	-0,21
a11_Ss00	0,66	-81	-0,21
a12_Vvgr	0,33	-88	-0,13
a13_Vv80	0,33	-88	-0,13
a14_Vv00	0,33	-88	-0,13
a15_Brak	0,66	-66	-0,13
a16_MFOb	0,66	-66	-0,13
a17_Rest	0,33	-66	-0,13

Ved den førtse bestemmelse af basisudvaskningen, er der som nævnt antaget en fast marinaludvaskning på 18 pct. for tildelt kvælstof. Ved de efterfølgende modelberegninger er der imidlertid for hver enkelt mark beregnet marginaludvaskning for det aktuelle sædskifte. Marginaludvaskningen ($\frac{dL}{dx}$) er beregnet med anvendelse af de NLES4 baserede udvasningfasktorer beskrevet i Ørum (2015):

$$L = \frac{215+(g+s+0,2x)^{1,5}}{G}; \quad \frac{dL}{dx} = \frac{0,3}{G} \sqrt{g+s+0,2x}; \quad g+s+0,2x > 0$$

Med efterafgrøder tillægges en ekstra *s*-værdi på -43 til de i tabellen angivne *s*-værdier. For Norsminde er antaget *g*=62 for alle jordtyper, mens der er antaget *G*=11 og 15 for hhv. sand og lerjord. Det er ligeledes antaget, at kun 66 pct. af kvælstof i husdyrgødning udnyttes. Når de beregnede individuelle marginaludvaskninger vægtes med areal og gødningstildeling, opnås en gennemsnitlig marginaludvaskning på 18 pct. For de seks ID15 polygoner varierer den gennemsnitlige marginaludvaskning fra 16,2 til 18,7 pct.

Marginaludvaskningen er størst på sandjord i sædskifter med vårsæd. Her er marginaludvaskningen med og uden efterafgrøder hhv. 19 og 25 pct. Figur 4 viser variationen i den beregnede marginaluvaskning (rød uden efterafgrøder, blå med efterafgrøder, hvor muligt).



Figur 4. Variation i beregnet marginaludvaskning for samtlige marker (med mindst 10 pct. marginaludvaskning), dels uden brug af efterafgrøder (rød), dels med fuld udnyttelse af efterafgrødepotentialet (blå).

3.5.1 Kalibrering

Med anvendelsen af udvaskningsfaktorerne i Tabel 11 og 12 er det muligt at regne tilbage fra den basisudvaskning, der fremkommer, når den NLES-beregnete udvaskning korrigeres for kvælstoftildeling og pligtige efterafgrøder til en basisudvaskning pr. mark bestemt af afgrødetype, jord- og gødningstype. I analyserne indgår en retention beregnet på baggrund af de marker, der er beliggende inden for et ID15-opland uanset andel placeret i andre ID15-polygoner eller andre oplande (se Figur 1).

Den beregnede NLES-udvaskning er baseret på 2012, for hvilket år det er antaget, at der er tildelt 85 pct. af den økonomisk optimale mængde kvælstofnorm i 2016/17, at 18 pct. af tildelt kvælstof udvaskes, samt at pligtige efterafgrøder er jævnt fordelt på efterafgrødepotentialet. På det grundlag er der for hvert af de seks ID15 polygoner beregnet (Tabel 13) økonomisk optimal tildeling (m2017), reduceret norm (85%), udvaskning af tildelt kvælstof (18%), effekt af efterafgrøder (Eft) og basisudvaskning (Bas1). Ligeledes er der beregnet arealvægtede udvaskningsfaktorer for afgrøder (AfgUd), husdyrgødning og jordtype (DeJty) der ved multiplikation giver en samlet udvaskningsfaktor (Ufak). Når den første basisudvaskning (Bas1) divideres med den samlede udvaskningsfaktor fremkommer den endelige basisudvaskning (Bas2) for de seks polygoner.

Tabel 13. Beregninger af udvaskning og udledning fra de seks ID15-polygoner i Norsminde Fjord oplandet på baggrund af NLES og ved anvendelse af basisudvaskning og udvaskningsfaktorer.

	ID15	Ret	Areal ha	NLES kg/ha	N opt. kg/ha	85% kg/ha	18% kg/ha	Eft	Eftafg kg/ha	Bas1 kg/ha	AfgUd	DeJty	U fak	Bas2 kg/ha	Mnst kg/ha	test kg/ha	Kyst kg/ha	Mnst kg/ha
1	43600028	62,7%	1.143	51,5	179	152	27,3	12,6%	3,3	27,4	0,90	0,99	0,91	30,3	10,0	51,5	19,2	3,7
2	43600041	67,9%	1.756	55,4	181	154	27,6	11,9%	2,6	30,3	0,82	0,96	0,80	37,8	12,5	55,4	17,8	4,0
3	43600042	59,5%	1.258	58,2	183	155	28,0	11,4%	2,4	32,6	0,72	1,00	0,72	45,2	14,9	58,2	23,6	6,0
4	43600043	56,3%	1.633	51,6	181	154	27,8	11,4%	2,5	26,4	0,82	0,99	0,80	32,8	10,8	51,6	22,6	4,7
5	43600051	77,9%	1.045	58,9	180	153	27,6	12,2%	3,0	34,4	0,90	1,01	0,91	37,7	12,4	58,9	13,0	2,8
6	43602599	41,5%	567	44,6	165	140	25,2	10,7%	1,6	20,9	0,65	0,95	0,61	34,4	11,3	44,6	26,1	6,6
I alt		62,4%	7.416	54,0	179	152	27,4	11,8%	2,6	29,2	0,81	0,98	0,80	36,5	12,0	54,0	20,0	4,5

Uden tildeling af kvælstof vil den gennemsnitlige, mindste udvaskning fra rodzonen (udtaget areal med udvaskningsfaktor 0,33) for hele kystvandoplandet (Mnst) være 12 kg N pr. ha og mindste udledning til kysten 4,5 kg N pr. ha baseret på den angivne retention (Tabel 13). For dyrkning som i 2012 er der beregnet en udvaskning på hhv. 54 fra rodzonen og 20 kg N pr. ha i udledning til kyst.

De forskellige udvaskningsfaktorer er fastsat, så de giver de fagligt bedst mulige relative forskelle, men uanset hvilke niveauer der vælges, vil basisudvaskningen med den her valgte metode resultere i en udvaskning nøjagtig lige til den NLES-beregnete udvaskning. Et højere eller lavere niveau for udvaskningsfaktorerne vil imidlertid resultere i en meget forskellig mindste udvaskning. Med henblik på at ramme en gennemsnitlig mindste udvaskning fra rodzonen på 12 kg N pr. ha er udvaskningsfaktoren for husdyrgødning og jordtype multipliceret med 0,91 (Tabel 11), hvorved der er fremkommet udvaskningsfaktorer, hvor fx sandjord under 0,8 DE pr. ha er 1,03 (nederste halvdel af Tabel 11).

3.6 Potentiale for og placering af drænvirkemidler

3.6.1 Drænvirkemidler

Analysen omfatter to typer af konstruerede minivådområder henholdsvis minivådområder med overflade strømning (åbne minivådområder) og minivådområder med filtermatrice (filtermatrice). Virkemidlerne er beskrevet i Virkemiddelkataloget (Kjærgaard et al., 2014a og 2014b), og virkemidlernes forudsætninger i den konkrete analyse er beskrevet i Tabel 14. Reetablering af vådområder på lavbund i ådalen anvendes i analysen også som et målrettet drænvirkemiddel, idet vådområderne modtager drænvand fra drændominerede landbrugsarealer, hvor disse udgør det direkte opland til lavbund i ådalen. Generelt forudsættes for drænvirkemidlerne, at disse anvendes på dræned arealer, hvor dræntransporten er kvantitativt betydende (klassificering af disse under afsnit 3.6.2). Da afgrænsningen af de aktuelle drænoplane ikke kendes for oplandet, antages i analysen, at markarealet er identisk med drænoplanet til et minivådområde. Norsminde Fjord oplandet er karakteriseret ved mange mindre markarealer, der dræningsmæssigt dog kan være større sammenhængende drænoplane. Antagelsen om, at drænoplanet er identisk med markarealet, kan derfor potentielt overestimere antallet af minivådområder, der skal etableres. Fælles for drænvirkemidlerne er, at de alene virker på dræntransporten. Antagelserne omkring estimer for kvælstoftransport via dræn fremgår af afsnit 3.6.3.

Tabel 14. Forudsætninger for drænvirkemidlerne minivådområde med overfladestrømning (åbent), minivådområde med filtermatrice (filtermatrice) samt reetablering af vådområde på lavbund i ådalen.

Virkemiddel	Forudsætninger for virkemidlet
Minivådområde åbent Kjærgaard et al. (2014)	Virkemidlet etableres på dyrkningsfladen og fordrer, at der udtages et areal på 1 pct. af drænoplansarealet (i denne analyse markarealet). Virkemiddeleffekten fastsættes i analysen til en kvælstofreduktion på 35 pct. af kvælstoftransporten via dræn på baggrund af lokale erfaringstal fra oplandet (Kjærgaard og Iversen, upubliceret).
Minivådområde filtermatrice Kjærgaard et al. (2014)	Virkemidlet etableres på dyrkningsfladen og fordrer, at der udtages et areal på 0,6 pct. af drænoplansarealet (i denne analyse markarealet). Det bør påpeges, at arealet på 0,6 pct. er arbitrært fastsat, da der pt ikke foreligger dokumenteret viden for at fastsætte forholdet mellem filtermatrice og drænoplanet. Virkemiddeleffekten fastsættes i analysen til en kvælstofreduktion på 50 pct. af kvælstoftransporten via dræn. Det bør påpeges, at virkemiddeleffekten er arbitrært fastsat, da der pt ikke foreligger endelig dokumentation for denne.
Vådområde i ådale Hoffmann et al. (2014)	Vådområder antages realiseret på lavbund i ådale, hvor drændominerede arealer afvander direkte til lavbund i ådalen. Det hydrologiske opland til dræntransporten antages at være de markarealer, der udgør det direkte topografiske opland til lavbundsarealet. Klassificering af disse arealer fremgår af afsnit 3.6.2. Kvælstoftransporten via dræn til lavbund i ådalen beregnes efter samme princip som kvælstoftransporten til minivådområder (afsnit 3.6.3). Virkemiddeleffekten for reetablerede vådområder der modtager drænvand fastsættes til 50 pct. af kvælstoftransporten via dræn (Hoffmann et al., 2014).

3.6.2 Potentiale for placering af drænvirkemidler

Grundlaget for placering af drænvirkemidler er baseret på analyse arbejde i GUDP-projekterne iDRÆN (www.idraen.dk) og "Emissionsbaseret kvælstofregulering". I Emissionsbaseret kvælstofregulering er der udviklet et koncept for en emissionsbaseret kvælstofregulering baseret på drænmålinger, hvor det forudsættes, at det hydrologiske opland til et dræn kan afgrænses, og at der er tale om lokalt dannet drænvand (Kjærgaard et al., 2016a). I regi af iDRÆN-projektet (www.idraen.dk) er der arbejdet med differentiering af landbrugsarealer i forhold til arealernes egnethed til målrettede drænvirkemidler i form af konstruerede minivådområder (ikke-publicerede resultater).

Differentiering af arealer i forhold til egnethed for konstruerede minivådområder tager udgangspunkt i, at arealet skal have en kvantitativt betydende afstrømning via dræn, og at der er tale om arealer med lokalt dannet drænvand, hvor det hydrologiske opland kan afgrænses til drænoplandet/det direkte topografiske opland. Forudsætningerne for kortlægning af egnede arealer er beskrevet i Kjærgaard et al. (2016a og 2016b). Arealer, hvor krav til drænastrømning ikke umiddelbart kan fastlægges, er klassificeret som potentielt egnede. Lavbundsarealer i ådal er ofte udstrømningsområder for grundvand fra et større opland, og er således ikke egnede til minivådområder. For drændominerede oplandsarealer, der er direkte opland til lavbund i ådal, bør betingelserne for reetablering af vådområder afklares, og disse arealer klassificeres således som betinget egnede og målrettes i analysen reetablering af vådområder. Kortlægning af egnethedsklasser er beskrevet i Kjærgaard et al. (2016b).

Opdeling af egnethedsklasser for landbrugsarealet i de seks ID15-polygoner i Norsminde Fjord oplandet fremgår af Tabel 15. Arealer der potentielt kan anvendes til konstruerede minivådområder målrettet drænvand (egnet areal) udgør gennemsnitligt 63 pct. af landbrugsarealet i Norsminde Fjord oplandet, og varierer fra 50-75 pct. af landbrugsarealet inden for hver af de seks ID15-oplande. Højbundsarealer, der er direkte opland til lavbund i ådalen, hvor der potentielt kan reetablerses vådområder der modtager drænvand (betinget egnet), udgør gennemsnitligt 16 pct. af landbrugsarealet i oplandet, med en variation på 1-22 pct. inden for de seks ID15-polygoner. Arealer der er klassificeret som potentielt egnede og ikke-egnede til minivådområder udgør gennemsnitligt 21 pct. af landbrugsarealet i Norsminde Fjord oplandet. Disse arealer anvendes ikke til placering af minivådområder i analysen.

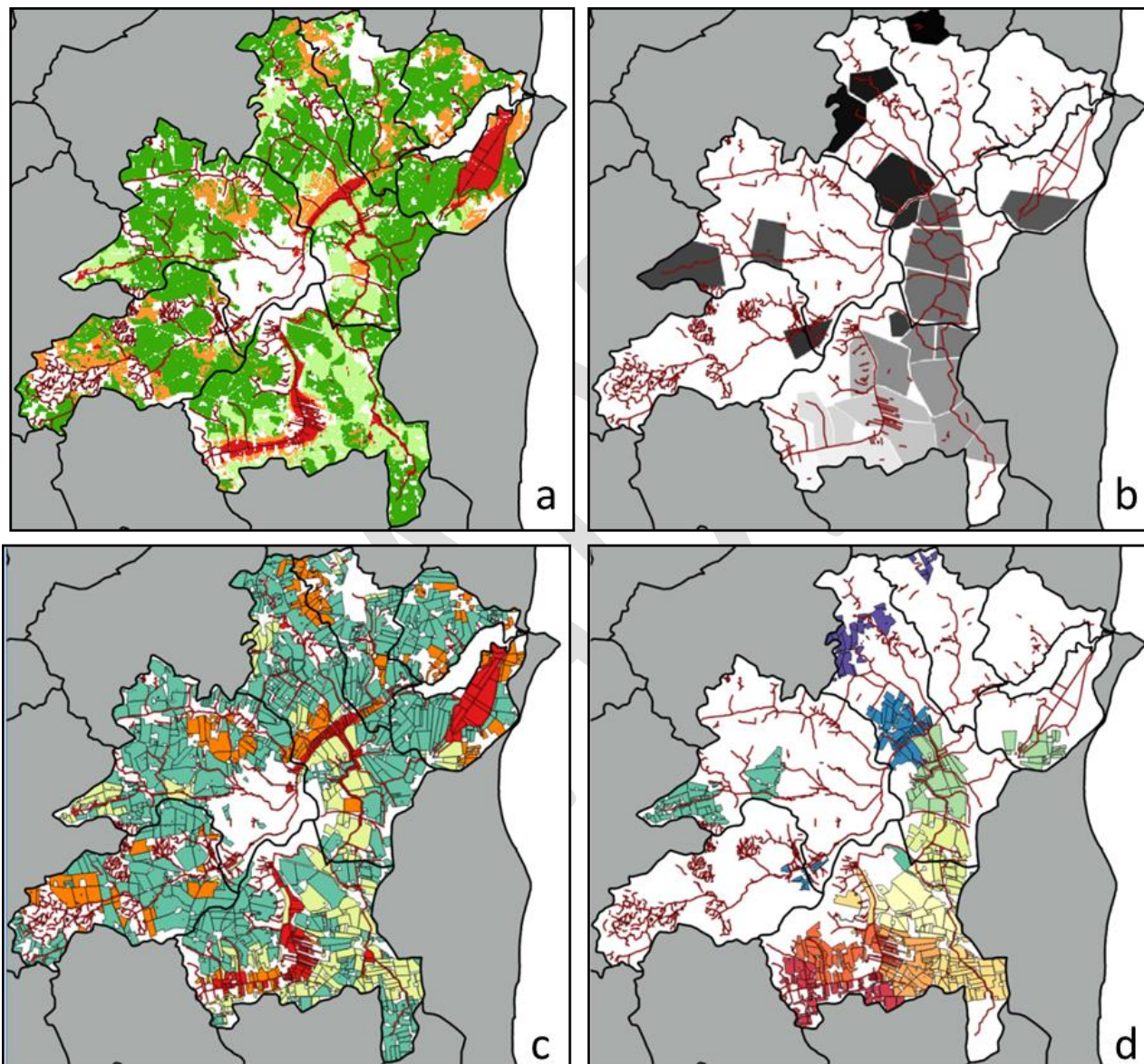
Tabel 15. Fordeling af egnethedsklasser for landbrugsarealet i de seks ID15-polygoner inden for Norsminde Fjord (NF) oplandet.

	ID15	Egnet ha (pct.) [§]	Betinget egnet ha (pct.)	Potentielt egnet ha (pct.)	Ikke-egnet ha (pct.)
1	43600028	691 (61)	50 (4,4)	219 (19)	181 (16)
2	43600041	910 (50)	608 (33)	110 (6)	205 (11)
3	43600042	979 (75)	139 (11)	148 (11)	33 (2,5)
4	43600043	1.039 (61)	382 (22)	171 (10)	106 (6,2)
5	43600051	760 (73)	12 (1,1)	254 (24)	10 (0,9)
6	43602599	434 (72)	32 (5,4)	130 (22)	7 (1,1)
	Total NF.	4.815 (63)	1.224 (16)	1.031 (14)	541 (7.1)

[§] Angiver procentandelen af egnethedsklassen i forhold til det totale landbrugsareal i ID15-oplandet

I forbindelse med en opdeling af det samlede landbrugsareal på markniveau klassificeres den enkelte mark i forhold til den dominerende egnethedsklasse. Det giver anledning til en mindre ændring i forholdet mellem arealklasser (Tabel 15), hvor det egnede areal efter opdeling på markniveau udgør 65 pct. af det samlede landbrugsareal, det betinget egnede areal 16 pct., det potentielt egnede 12 pct. og det ikke-egnede 6 pct.

Fordelingen af egnethedsklasser for konstruerede minivådområder for det samlede landbrugsareal fremgår af Figur 5a, afgrænsning af oplandsarealer til potentielle vådområdeprojekter i ådalen (betinget egnede arealer) fremgår af Figur 5b. Opdeling af egnethedsklasser for minivådområder på markniveau, hvor marken klassificeres efter den dominerende egnethedsklasse fremgår af Figur 5c, samt opdeling af direkte opland til potentielle vådområder på markniveau efter dominerende egnethedsklasse (Figur 5d).



Figur 5. Fordeling af egnethedsklasser for hele landbrugsarealet (a), afgrænsning af vådområdeprojekter klassificeret som betinget egnede arealer (b), opdeling af egnethedsklasser for minivådområder på markniveau (c) og afgrænsning af vådområdeprojekter baseret på kortlægning på markniveau. Signaturkoder for 4a og 4c: Mørkegrøn (egnet) lysegrøn (betinget egnet), orange (potentielt egnet), og rød (ikke-egnet). Bemærk at det store sammenhængende røde område i nordøstlige hjørne i a og c ikke kan anvendes som vådområde og derfor ikke er udpeget som projektområde i b og d.

3.6.3 Dræntransport og potentiel kvælstofeffekt af drænvirkemidler

Kvælstoftransporten via dræn målt ved kysten beregnes i analysen på baggrund af samhørende data for de gennemsnitlige NLES4 estimater og ID15-retentionen fra Højberg et al. (2015), hvor der korrigeres for andelen der udledes via dræn ($f_{dræn}$). I analysen antages det ikke-reducerede grundvandsbidrag fra egnede og betinget-egnede arealer at udgøre 0-20 pct. af den samlede kvælstofudledning målt ved kysten. Drænbidraget ($f_{dræn}$) fastsættes i analysen arbitrært til 0,9. Den beregnede potentielle kvælstofudledning via dræn fra egnede og betinget-egnede arealer i kg N pr. ha pr. år og t N pr. år fremgår af Tabel 16. Dræntab i denne størrelsesorden er i overensstemmelse med målte dræntab fra dette opland (Kjærgaard og Iversen, upubliceret).

Tabel 16. Samhørende data for NLES4-beregnet udvaskning fra rodzonen og ID15-retentionen samt beregnet kvælstofudledning via dræn og potentielle kvælstofeffekter.

	ID15	NLES4 [§] (kg N pr. ha pr. år)	ID15 ret [§] (pct.)	N-dræn [§] (kg N pr. ha pr. år)	N-dræn (t N pr. år, egnet)	N-dræn (t N pr. år, betinget)
1	43600028	51,5	63,4	15-19	10-13	0,76-0,95
2	43600041	55,4	68,1	14-18	13-16	8,6-11
3	43600042	58,2	58,8	19-24	19-24	2,6-3,3
4	43600043	51,6	56,1	18-23	19-24	6,9-8,7
5	43600051	58,9	77,8	11-13	7,9-10	0,1-0,15
6	43602599	44,6	40,6	21-27	9,2-12	0,69-0,86
	Total				78-98	20-25

[§] NLES4 og ID15 retention fra Højberg et al. (2015).

[§] N-dræn estimatet angiver kvælstofudledningen via dræn (kg N pr. ha pr. år) til kyst for egnede og betinget-egnede arealer

3.7 Effekt og omkostninger ved drænvirkemidler

I modellen kan etablering af vådområder, permanent udtagning af landbrugsjord samt minivådområder (åbne og med matrice) slås til og fra og kan kombineres frit dels indbyrdes dels med virkemidler på dyrkningsfladen. Ved kombineret anvendelse af drænvirkemidler og virkemidler på dyrkningsfladen indregnes, at virkemidlerne på dyrkningsfladen reducerer udvaskningen, hvorved drænvirkemidlernes absolutte, men ikke relative effekt reduceres. Samtidigt hermed reduceres omkostningseffektiviteten af virkemidlerne i dyrkningsfladen.

Udvaskning til kysten beregnes $L_{kyst} = L_{rodz}(1 - R_{ID15})$, hvor R er retention og L_{rodz} er udvaskning fra rodzonen. Ved drænvirkemiddel med effekt e og drænfraction f er $L_{kyst} = L_{rodz}(1 - R_{ID15})(1 - f_{dræn}e_{dvm})$.

3.7.1 Minivådområder

De anvendte forudsætninger for effekt og omkostninger i forbindelse med etablering af minivådområder med og uden matrice er vist i Tabel 17.

Tabel 17. Anvendte forudsætninger for omkostninger og effekt ved etablering af minivådområder med og uden matrice.

	Åbent minivådområde	Minivådområde med matrice
I alt (kr.)	250.000	400.000
Projektering og grundomkostninger (kr.)	40.000	40.000
Realiseringsomkostninger (kr.)	210.000	360.000
Realiseringsomkostninger (kr. pr. ha)	2.100	3.600
Udskiftning af filter (kr.)	0	100.000
Diskonteringsrate (pct.)	4	4
Andel af areal (pct.)	1	0,6
Effekt (pct.)	35	50

3.7.2 Vådområder og permanent udtagning

De anvendte forudsætninger for effekt og omkostninger i forbindelse med etablering af vådområder er vist i Tabel 18.

Tabel 18. Anvendte forudsætninger for omkostninger og effekt i forbindelse med etablering af vådområder.

	Vådområde
Projektering og grundomkostninger (kr.)	100.000
Realiseringsomkostninger (kr.)	25.000
Diskonteringsrate (pct.)	4
Effekt (pct.)	50

Ved beregning af de velfærdøkonomiske omkostninger ved udtagning af arealer til såvel vådområder som permanent udtagning af arealer på højbund er der, som i virkemiddelkataloget (Eriksen et al., 2015), taget udgangspunkt i tabt DBII samt omkostningerne ved tabt harmoniareal. DBII omfatter indtægterne fra produktionen fratrasket de variable omkostninger og kapacitetsomkostninger. Afskrivninger til bygninger mv. fratrækkes ikke, da disse antages ikke at blive berørt af udtagningen, dvs. at disse udgifter stadig vil skulle afholdes.

Det antages, at DBII udgør ca. 30 pct. af nettoudbyttet, som er produktionsværdien ved økonomisk optimal kvælstoftildeling fratrasket værdien af tildelt gødning, dog maks. 25 pct. over nettoudbyttet for ler- og sandjord angivet i virkemiddelkataloget.

Omkostningerne ved, at jorden ikke længere kan anvendes som harmoniareal, er kun delvist medregnet. Det er antaget, at der findes harmoniareal, hvor husdyrgødningen kan spredes mod en meromkostning på 330 kr. pr. ha pr. år som angivet i Virkemiddelkataloget (Eriksen et al., 2015).

3.8 Økonomisk rationel tilpasning til indsatskrav

Det er antaget, at vådområder og permanent udtagning af jord besluttet af en overordnet myndighed, mens etablering af minivådområder samt anvendelse af målrettede virkemidler i dyrkningsfladen besluttet af de enkelte landmænd og bedrifter. Den overordnede myndighed og bedrifterne antages at agere økonomisk rationelt.

Det er for myndigheden antaget, at vådområder (drænklasse 4) og permanent udtagning af højbund (drænklasse 1 og 2) skal etableres når reduktionsomkostningerne (kr. pr. kg N til kystvandoplandet) for et helt projektområde (drænklasse 2 plus 4) eller den enkelte mark (drænklasse 1 og 2) er mindre end eller lig med den kalkulerede marginalomkostning for hele kystvandoplandet. Det er ligeledes antaget, at vådområdeprojekter har forret i forhold til udtagning, og at udtagning har forret i forhold til minivådområder. Disse regler vil medføre, at i øvrigt effektive løsninger med et lavere rangerende virkemiddel ikke er helt så effektive, når deres omkostningseffektive måles i forhold til en situation, hvor et højere rangerende virkemiddel allerede er inddraget.

Ved modellering af de enkelte bedrifters valg af virkemidler er det forudsat, at landmanden vælger at gennemføre de tiltag, der giver den billigste udvaskningsreduktion målt i kr. pr. kg N i reduceret udledning. Virkemidlerne rangordnes, og deres indbyrdes andele bestemmes ved at øge marginalomkostninger for udledt kvælstof. I modelberegningerne er marginalomkostningerne gradvist øget fra 0 til 340 kr. pr. kg N udledt til

kysten. Den øvre grænse på 340 kr. pr. kg N er tilstrækkelig til at demonstrere, om og hvordan målsætninger kan nås med de virkemidler der er til rådighed i modellen. Med tilstrækkeligt høje marginalomkostninger vil alle virkemidler komme i brug og/eller al jorden bliver permanent udtaget. I sådanne scenarier, med meget høje marginalomkostninger, vil det imidlertid være relevant at inddrage fx omfordeling og alternativ behandling af husdyrgødning, reduktion i dyreholdet, dyrkning af afgrøder med mere end 50 pct. normreduktion, skovrejsning, dyrkning af energiafgrøder, etablering af stenrev og muslingebanker osv.

3.9 Scenarier og additiv effekt af virkemidler

Der er gennemført modelberegninger for følgende scenarier:

- I. Virkemidler på dyrkningsfladen, uden udtagning
- II. Virkemidler på dyrkningsfladen, med udtagning
- III. Drænvirkemidler, uden udtagning
- IV. Drænvirkemidler, med udtagning
- V. Virkemidler på dyrkningsfladen kombineret med drænvirkemidler, uden udtagning
- VI. Virkemidler på dyrkningsfladen kombineret med drænvirkemidler, med udtagning

Det er antaget, at effekten af virkemidlerne på dyrkningsfladen er additive. Efter- og mellemafgrøder samt tidlig såning tilskrives således samme effekt, uanset om reduceret kvælstofnorm samtidigt anvendes som virkemiddel. Den additive effekt er antaget på baggrund af Hansen og Thomsen (2016), som ikke finder forsøgsmæssig belæg for at justere effekten efterafgrøder i forhold til gødningstildelingen ud over de anvendte 0,8 DE pr. ha, og som med henvisning til Addiscott et al. (2005) vurderer, at mineralisering har langt større betydning for nitratudvaskning end direkte tab af mineralsk gødningskvælstof.

Drænvirkemidlerne vil indbyrdes ikke være additive. Ligeledes vil der ikke være additiv effekt ved kombineret anvendelse af drænvirkemidler og virkemidler på dyrkningsfladen. Ved kombineret anvendelse forventes effekten af virkemidler på dyrkningsfladen således være reduceret i det omfang, der implementeres drænvirkemidler for samme areal.

4 Resultater

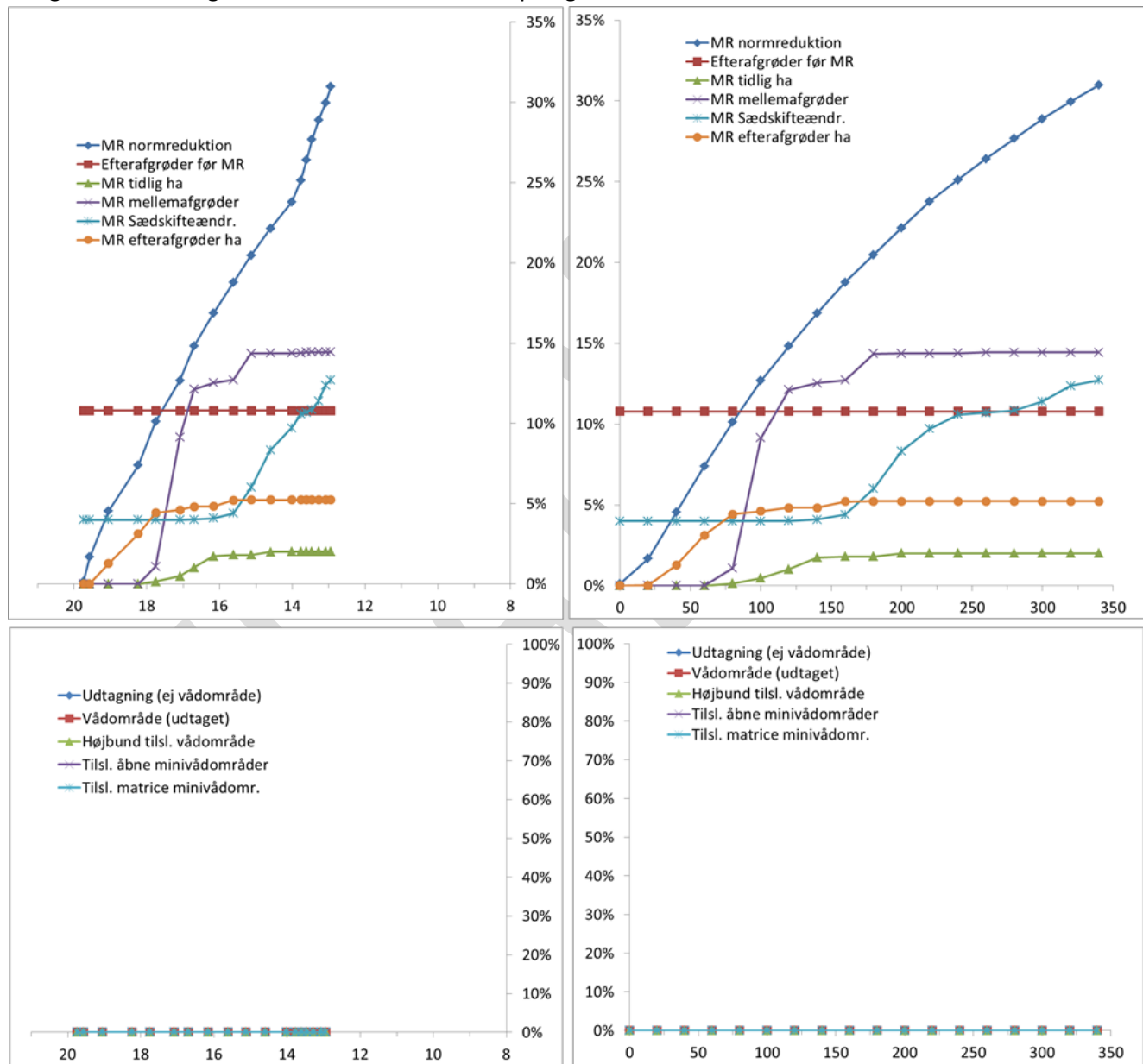
4.1 Norsminde Fjord oplandet under nuværende regulering

I en nu-situation med de gældende krav til efterafgrøder og MFO, vil der være efterafgrøder på 10,8 pct. af det samlede landbrugsareal i Norsminde Fjord oplandet. Da MFO først blev indført i 2015, vil to af de fire år, der er taget udgangspunkt i, have været uden MFO-krav. I de gennemsnitlige sædskifter baseret på alle fire år, var der ikke tilstrækkelig plads til at opfylde de nugældende krav om MFO. Der er derfor gennemført i nu-situationen sædskifteændringer på 4 pct. af arealet, hvilket har muliggjort dyrkning af efterafgrøder til dækning af kravet. Omkostningerne ved pligtige efterafgrøder og sædskifteændringer i en sådan situation er 43 kr. pr. ha. Omkostninger til de aktuelle pligtige efterafgrøder og sædskifteændringer til opfyldelse af MFO indgår i omkostningerne under samtlige scenarier.

På baggrund af afgrødefordelingen i de fire høstår 2013-2016 og med den gældende dyretæthed er det beregnet, hvilke drænvirkemidler og målrettede virkemidler på dyrkningsfladen (benævnt MR) der vil blive taget i brug ved stigende marginalomkostninger og indsatskrav. I det følgende angives arealandelen med virkemidler som pct. af det nuværende dyrkede areal (7.416 ha).

4.2 Scenarie I: Virkemidler på dyrkningsfladen, uden udtagning

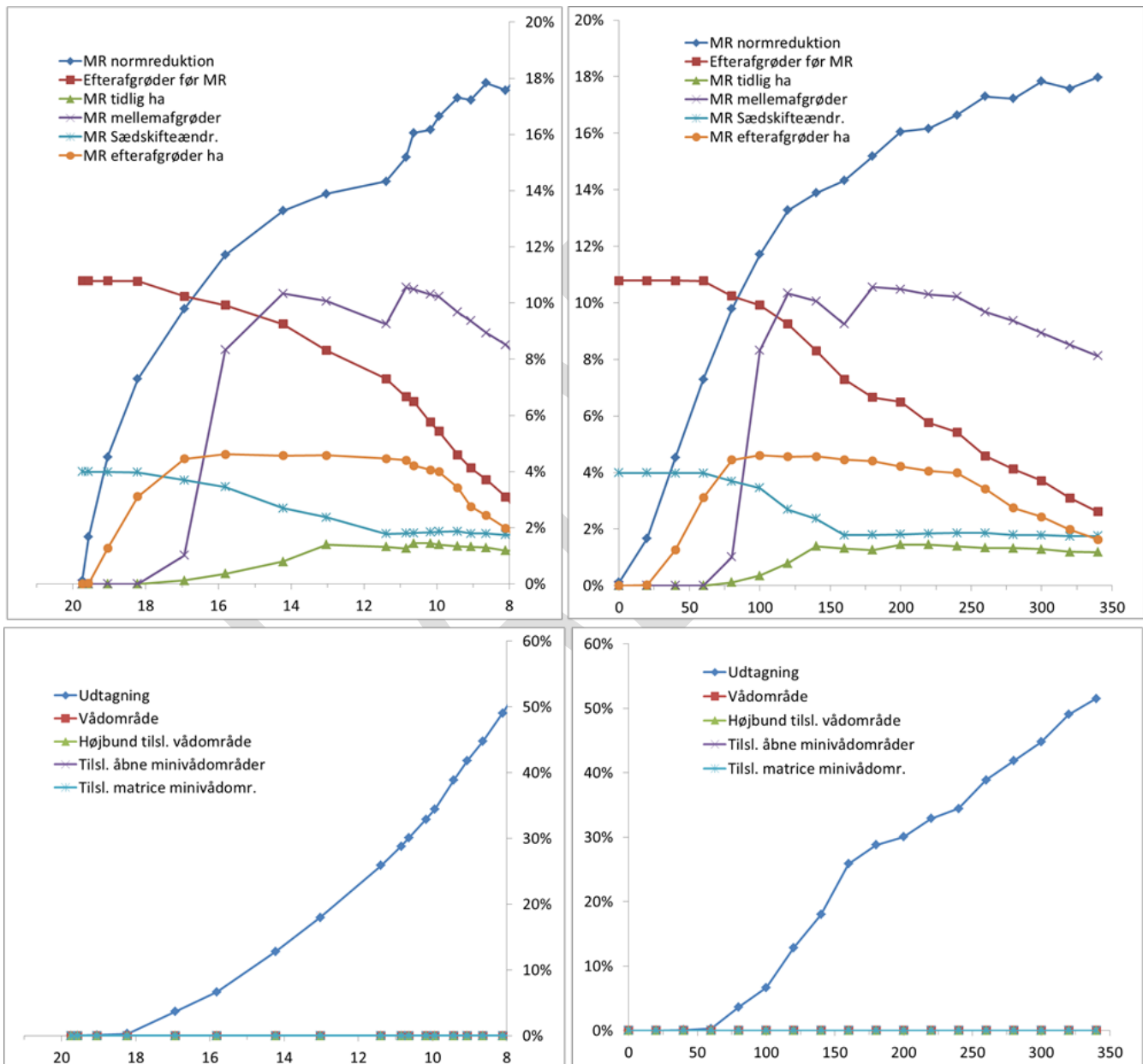
Indsatskravet på ca. 14 kg N pr. ha i udledning i 2021 vil kunne opnås ved alene at anvende virkemidler på dyrkningsfladen med marginalomkostninger under 340 kr. pr. kg N (Figur 6). Opfyldelse vil bl.a. indebære en normreduktion på ca. 25 pct. samt øget anvendelse af mellemafgrøder, tidlig såning af vintersæd samt sædskifteændringer fra vinterhvede til vårbyg med efterafgrøder (Figur 6). Af figuren fremgår, at indsatskravet efter 2021 på ca. 8 kg N pr. ha udledt til kysten ikke kan opnås alene med virkemidler på dyrkningsfladen, hvis marginalomkostningerne skal være under 340 kr. pr. kg N.



Figur 6. Udbredelse af virkemidler ved stigende indsatskrav (til venstre) og marginalomkostninger (til højre) ved anvendelse alene af virkemidler på dyrkningsfladen uden udtagning.

4.3 Scenarie II: Virkemidler på dyrkningsfladen, med udtagning

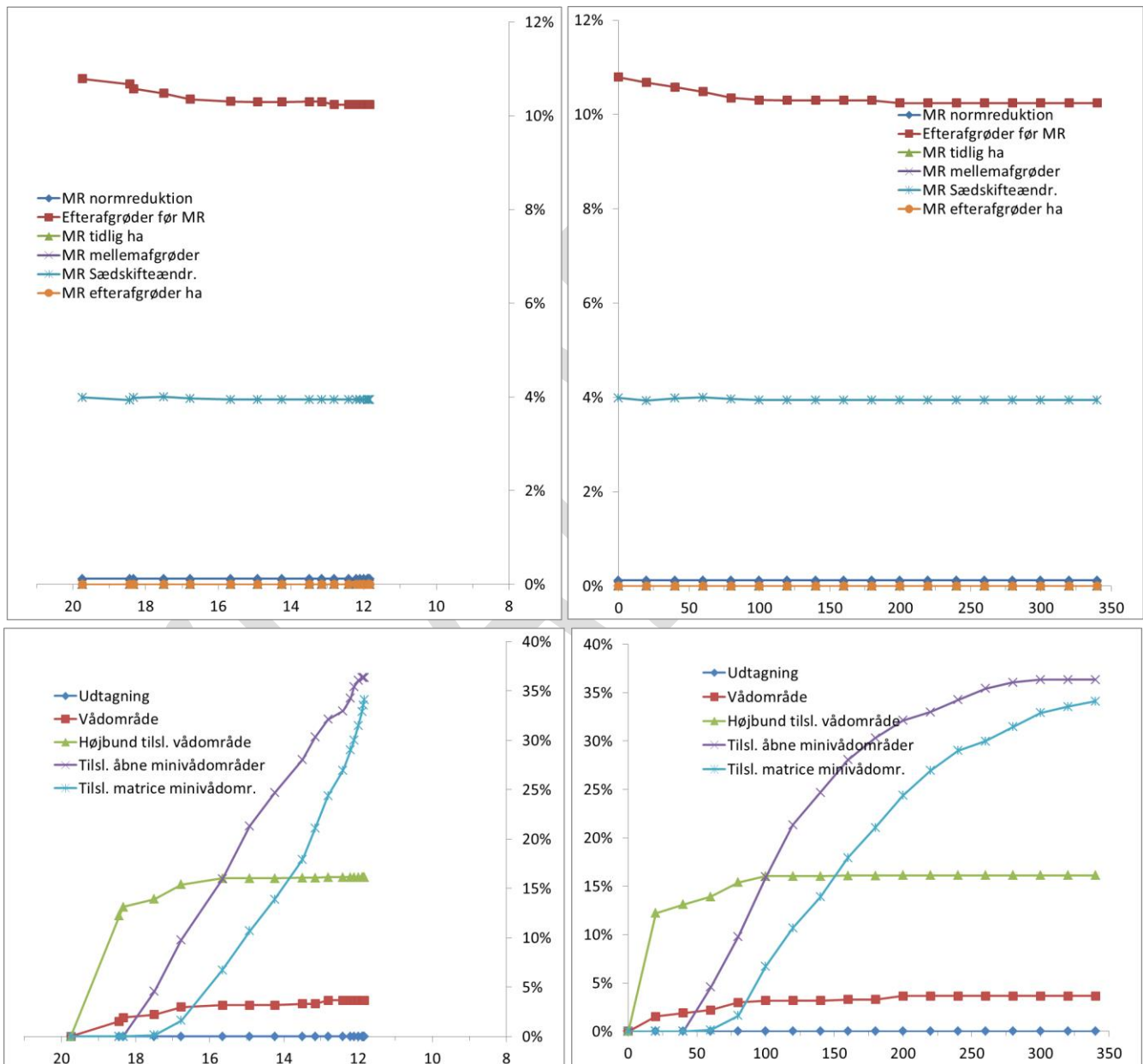
Anvendes udtagning som virkemiddel sammen med virkemidler på dyrkningsfladen, kan indsatskravene i både 2021 og derefter opnås med marginalomkostninger under 340 kr. pr. kg N (Figur 7). Dette indebærer bl.a. en normreduktion på ca. 14 pct. og udtagning af ca. 18 pct. af arealet i 2021. Opfyldelse af kravet efter 2021 bevirker yderligere normreduktion og udtagning af et areal svarende til næsten halvdelen af dyrkningsarealet.



Figur 7. Udbredelse af virkemidler ved stigende indsatskrav (til venstre) og marginalomkostninger (til højre) ved anvendelse alene af virkemidler på dyrkningsfladen sammen med udtagning.

4.4 Scenarie III: Drænvirkemidler, uden udtagning

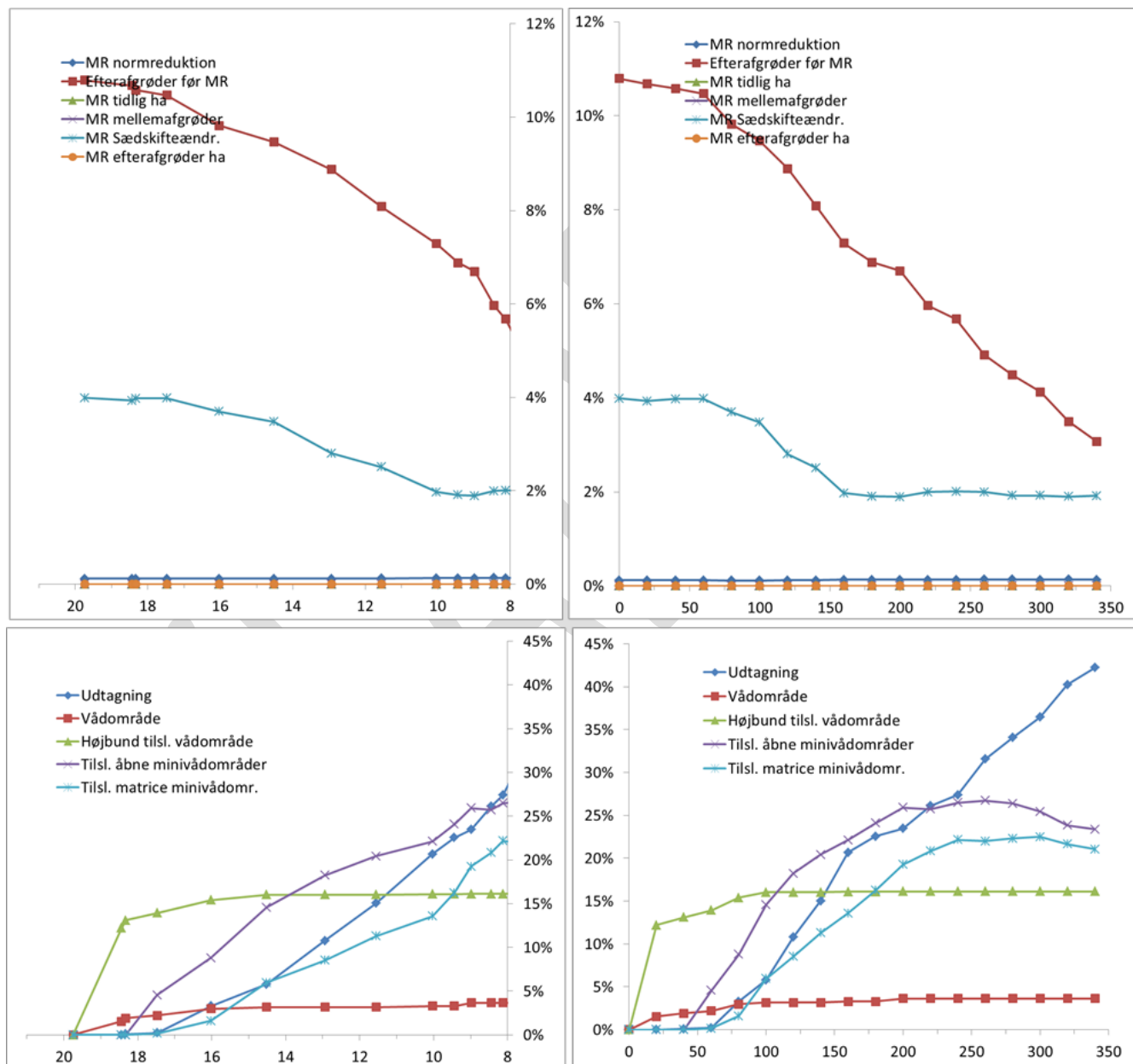
Ved anvendelse af drænvirkemidler uden udtagning kan indsatskravet i 2021 opfyldes, hvis ca. 30 pct. af arealet tilsluttes åbne minivådområder med og et næsten tilsvarende areal tilsluttes minivådområder med matrice (Figur 8). Ca. 20 pct. af højbundsarealet vil være tilknyttet et vådområde. Ved anvendelse af drænvirkemidler alene vil kravene efter 2021 ikke kunne opfyldes med marginalomkostningerne under 340 kr. pr kg. N.



Figur 8. Udbredelse af virkemidler ved stigende indsatskrav (til venstre) og marginalomkostninger (til højre) ved anvendelse alene af drænvirkemidler uden udtagning.

4.5 Scenarie IV: Drænvirkemidler, med udtagning

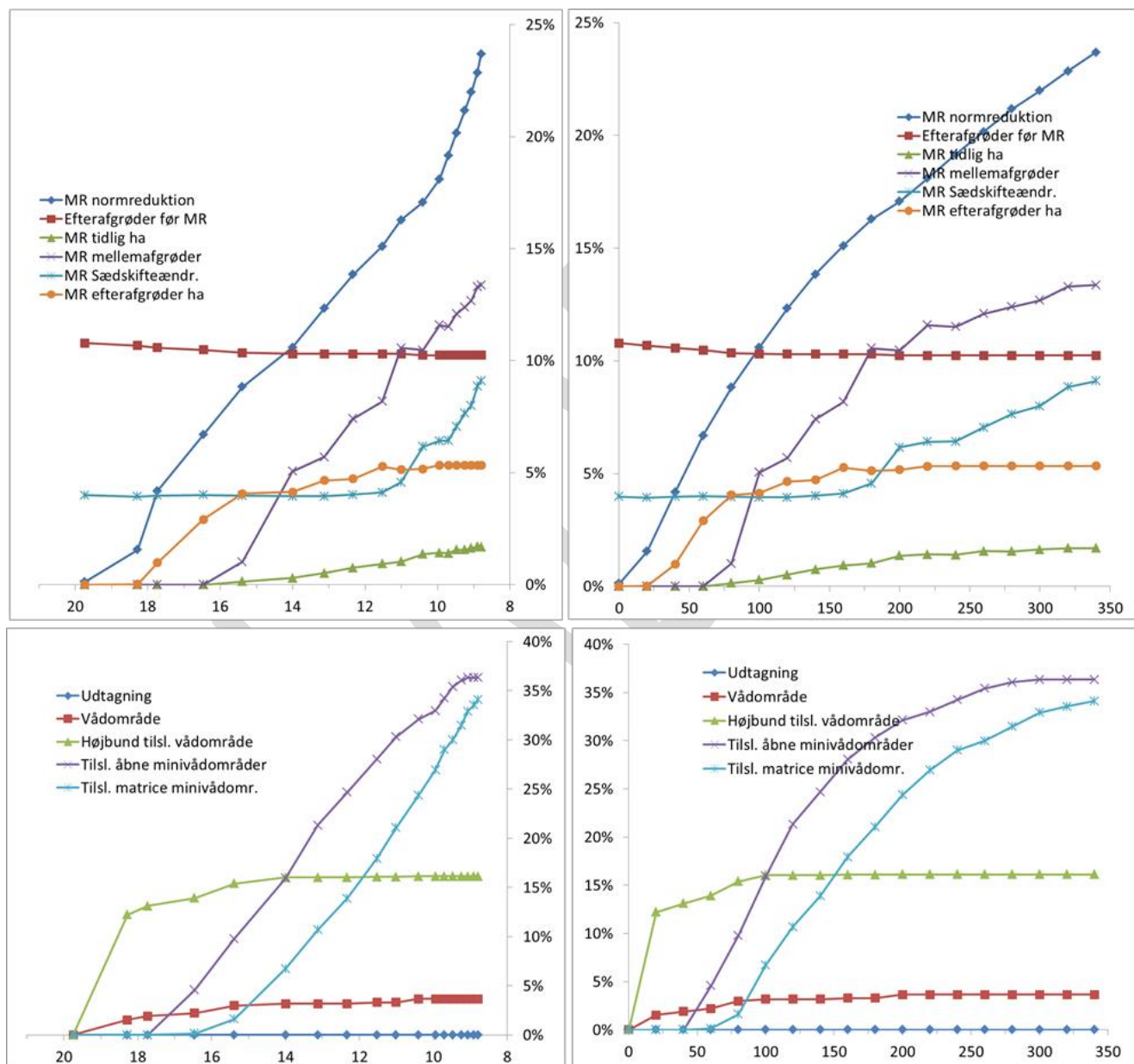
Hvis drænvirkemidler kombineres med udtagning, kan indsatskravene opfyldes med marginalomkostninger under 340 kr. pr. kg N både i 2021 og derefter (Figur 9). Ca. 30 pct. af arealet vil være tilsluttet minivådområder i 2021, mens ca. 12 pct. af arealet vil være udtaget. Efter 2021 vil ca. 30 pct. af arealet skulle udtages.



Figur 9. Udbredelse af virkemidler ved stigende indsatskrav (til venstre) og marginalomkostninger (til højre) ved anvendelse alene af drænvirkemidler sammen med udtagning.

4.6 Scenarie V: Virkemidler på dyrkningsfladen kombineret med drænvirkemidler, uden udtagning

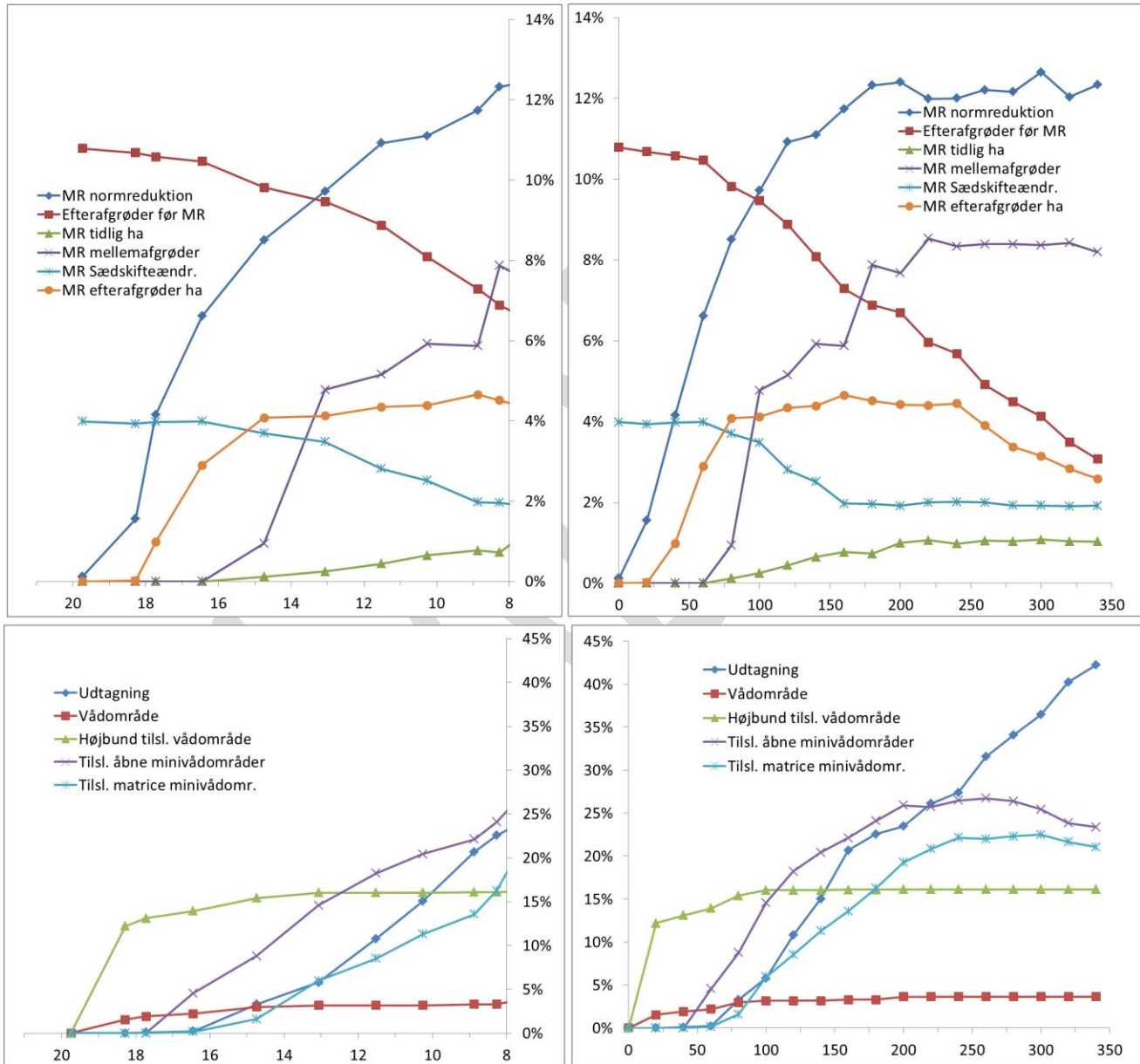
Ved kombineret anvendelse af drænvirkemidler og virkemidler på dyrkningsfladen men uden udtagning kan der med marginalomkostninger under 340 kr. pr. kg N ske målopfyldelse i 2021, mens det højere krav efter 2021 ikke kan opfyldes inden for denne ramme (Figur 10).



Figur 10. Udbredelse af virkemidler ved stigende indsatskrav (til venstre) og marginalomkostninger (til højre) ved kombineret anvendelse af virkemidler på dyrkningsfladen og drænvirkemidler men uden udtagning.

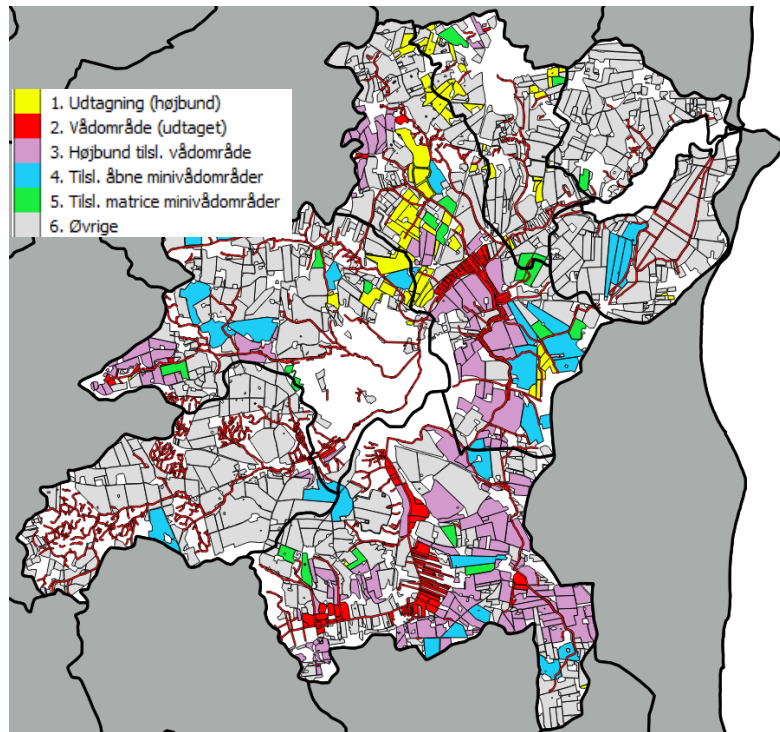
4.7 Scenarie VI: Virkemidler på dyrkningsfladen kombineret med drænvirkemidler, med udtagning

Ved inddragelse af drænvirkemidler, virkemidler på dyrkningsfladen samt udtagning kan der med marginalomkostninger på maksimalt 340 kr. pr. kg N ske målopfyldelse i både 2021 og ved det efterfølgende højere krav (Figur 11). Udtagningen i 2021 svarer til ca. 6 pct. af arealet, men stiger til over 30 pct. efter 2021. Normreduktionen i begge situationer vil være på 10-11 pct.

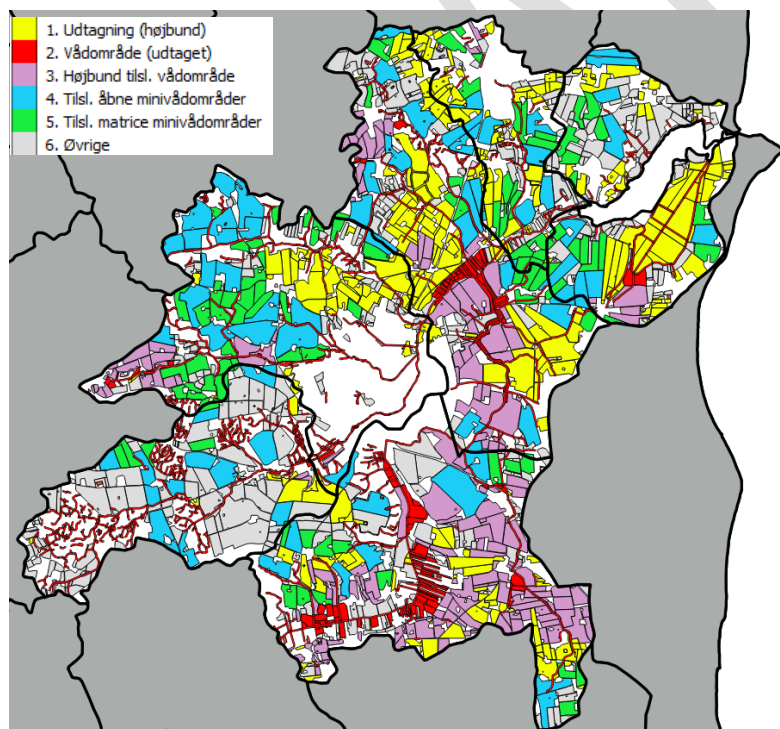


Figur 11. Udbredelse af virkemidler ved stigende indsatskrav (til venstre) og marginalomkostninger (til højre) ved kombineret anvendelse af virkemidler på dyrkningsfladen, drænvirkemidler samt udtagning.

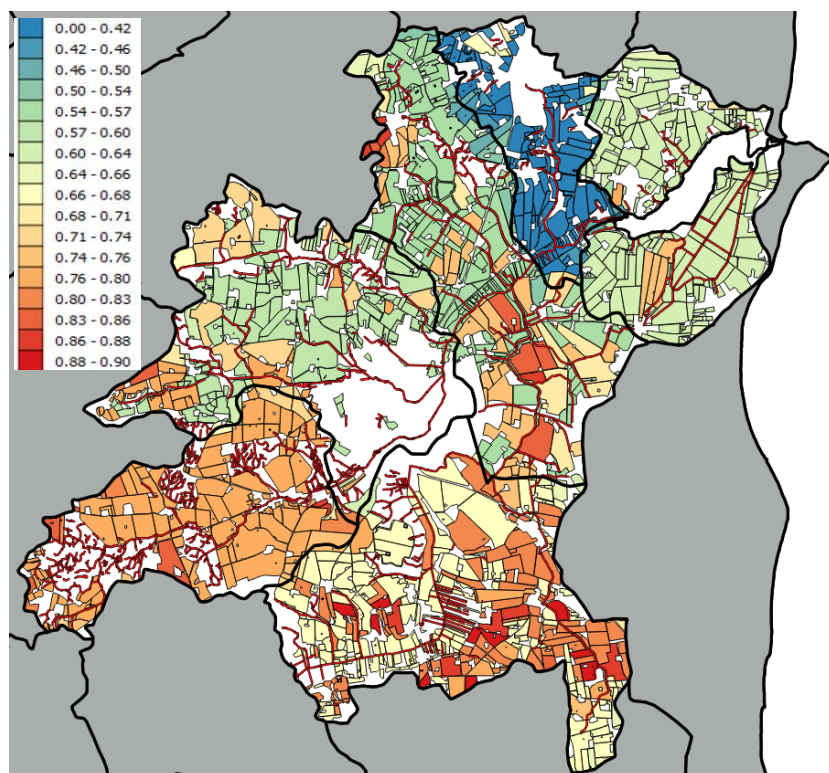
4.8 Placering af vådområder, permanent udtagning og minivådområder



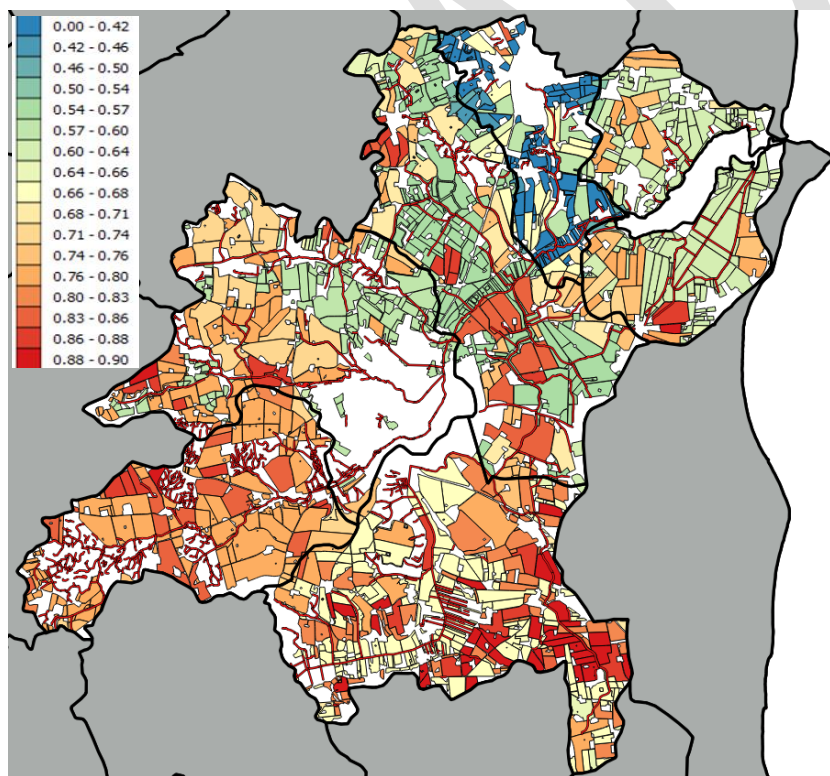
Figur 12. Placering af drænvirkemidler og permanent udtagning med scenarie IV for 2021 målsætningen (15 kg N pr. ha udledt til kyst før baseline, med anvendelse af alle virkemidler).



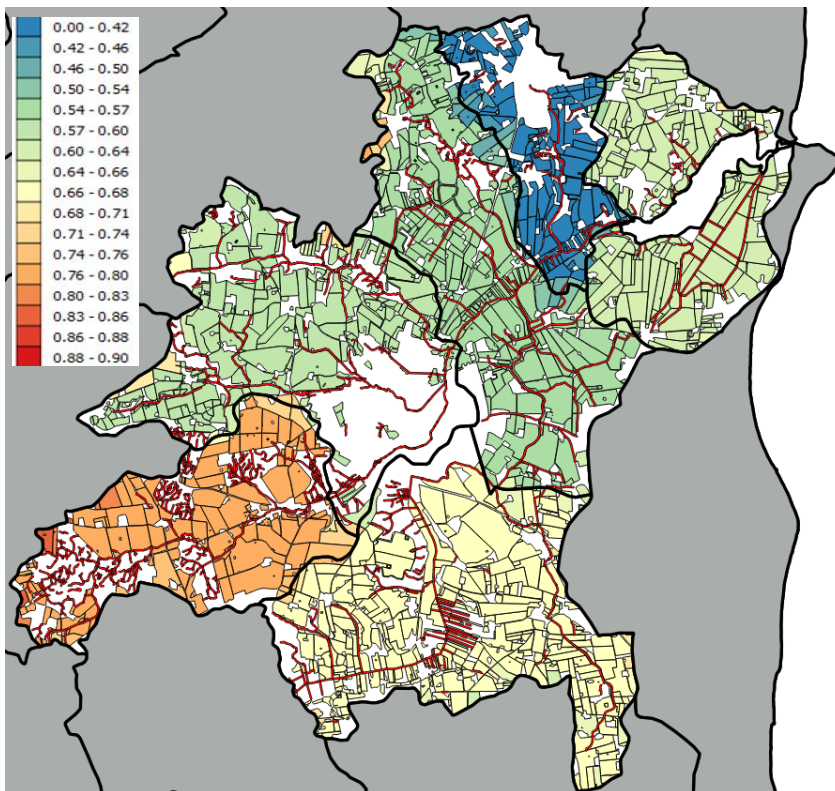
Figur 13. Placering af drænvirkemidler og permanent udtagning med scenarie IV efter 2021 (9,5 kg N pr. ha udledt til kyst før baseline, med anvendelse af alle virkemidler).



Figur 14. Effektiv kvælstofretention (pct.) når der er indregnet effekt af drænvirkemidler i scenarie IV for 2012 målsætningen (15 kg N pr. ha udledt til kyst før baseline, med anvendelse af alle virkemidler).



Figur 15. Effektiv kvælstofretention (pct.) når der er indregnet effekt af drænvirkemidler i scenarie IV efter 2012 (9,5 kg N pr. ha udledt til kyst før baseline, med anvendelse af alle virkemidler).



Figur 16. Gennemsnitlig ID15-kvælstofretention (før nye drænvirkemidler) opgjort på markniveau (pct.).

4.9 Målopfylde og omkostninger

Som vist vil der ved et fastsat maksimum på marginalomkostninger for udledt kvælstof på 340 kr. pr kg. N ikke være muligt at opfylde indsatskravet udskudt til tredje vandplanperiode, dvs. til efter 2021, hvis der ikke gennemføres udtagning af landbrugsjord. Det vurderes ikke realistisk at øge marginalomkostningerne ud over 340 kr. pr. kg. N, da omkostningerne da vil blive så høje, at andre løsningsmuligheder må anvendes. Udtagning er således et essentielt virkemiddel i forbindelse med at opfylde de kommende indsatskrav i Norsminde Fjord oplandet.

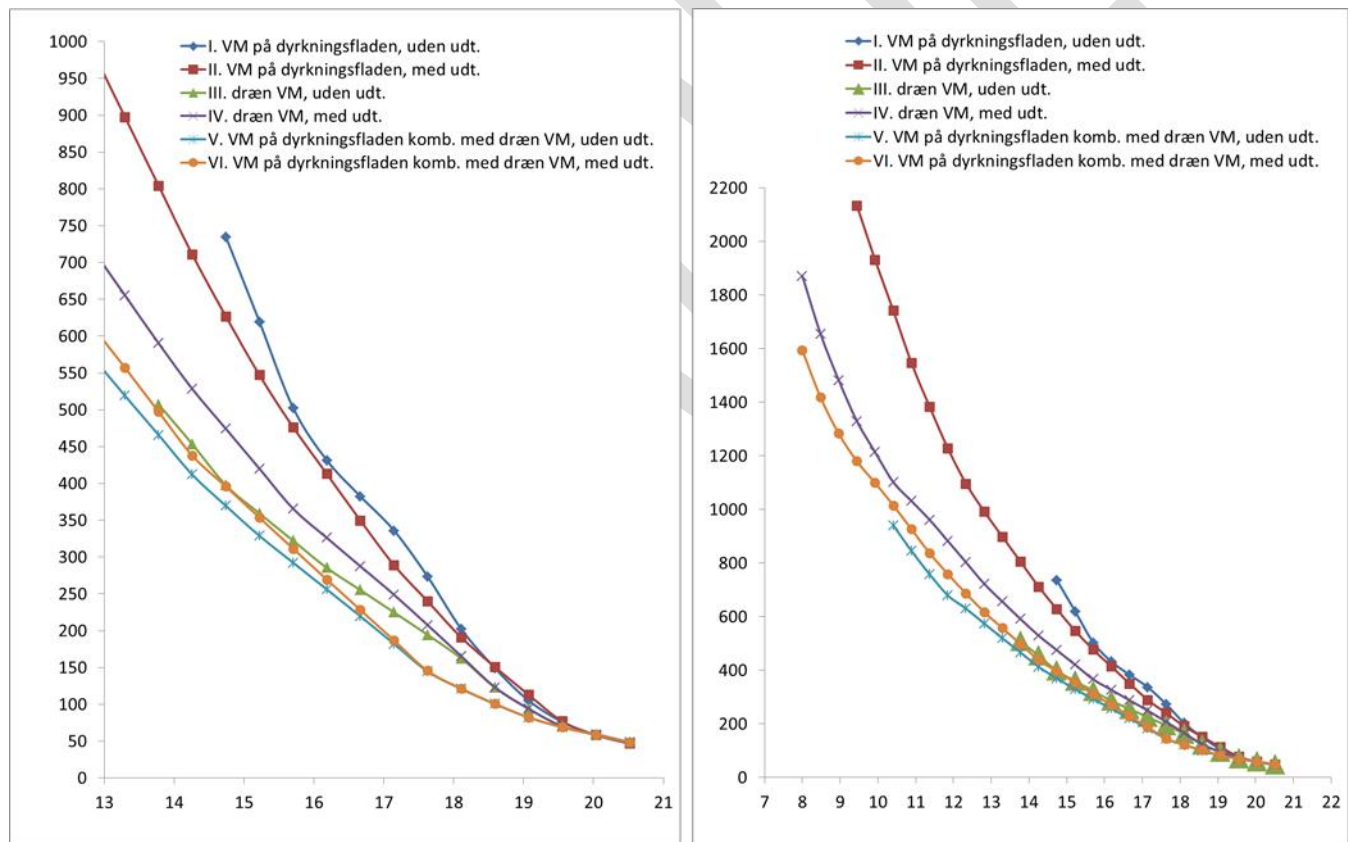
I Tabel 19 er vist omkostningerne ved opfyldelse af kravene i 2021 og hvor muligt efter 2021 med det fastsatte maksimum for marginalomkostninger. Værdierne i Tabel 19 vil variere afhængigt af de forudsætninger, der er anvendt, og fokus for tabellen er især at sammenholde omkostningerne for de seks forskellige tilgange til målopfylde.

Som det fremgår af Tabel 19, vil indsatskravet i 2021 mest omkostningseffektivt kunne opfyldes ved drænvirkemidler alene eller ved en kombination af drænvirkemidler og virkemidler på dyrkningsfladen. Indsatskravet i 2021 kan generelt opfyldes uden anvendelse af udtagning. Efter 2021 er den mest omkostningseffektive løsning at kombinere drænvirkemidler og virkemidler på dyrkningsfladen, men med de anvendte forudsætninger er der ikke stor forskel i omkostningerne ved at kombinere drænvirkemidler med udtagning i forhold til også at anvende virkemidler på dyrkningsfladen.

Tabel 19. Omkostninger (kr. pr. ha) ved opfyldelse af indsatskrav i 2021 og efter 2021. Ved IM er det ikke muligt at opfylde indsatskravet efter 2021 ved marginalomkostninger under 340 kr. pr. kg N.

Scenarie	Kombinationer	2021	Efter 2021
	Målsætning før korrektion for baseline og kalibreringsfejl (14,1->15 og 8,4->9,5)(kg/ha)	15	9,5
I.	Virkemidler på dyrkningsfladen, uden udtagning	584	2.109
II.	Virkemidler på dyrkningsfladen, med udtagning	377	IM
II.	Drænvirkemidler, uden udtagning	445	1.312
IV.	Drænvirkemidler, med udtagning	347	IM
V.	Virkemidler på dyrkningsfladen kombineret med drænvirkemidler, uden udtagning	373	1.170
VI.	Virkemidler på dyrkningsfladen kombineret med drænvirkemidler, med udtagning	670	IM

Det fremgår af resultaterne, at det optimering af virkemidler til opfyldelse af de kommende indsatskrav er vigtigt at agere langsigtet og i forhold til de maksimale krav. Det vil således være uhensigtsmæssigt at etablere drænvirkemidler til målopfyldelse på kort sigt, hvis disse bliver overflødiggjort på langt sigt ved f.eks. udstrakt udtagning af landbrugsjord i det tilknyttede opland.



Figur 17. Modelberegnete tilpasningsomkostninger (kr. pr. ha, y-akse) og udledninger til kyst (kg N pr. ha, x-akse) for seks scenarier ved stigende marginalomkostninger (0-340 kr. pr. kg N udledt til kyst).

Tabel 20. Modelberegnete resultater for seks scenarier når udledningskrav for hhv. 2021 (15 kg N pr. ha før baseline) og efter 2021 (9,5 kg N pr. ha før baseline) skal opfyldes.

Scenarie	Enhed	I. VM på dyrkningsfladen, uden udt.	II. VM på dyrkningsfladen, med udt.	III. dræn VM, uden udt.	IV. dræn VM, med udt.	V. VM på dyrkningsfladen komb. med dræn VM, uden udt.	VI. VM på dyrkningsfladen komb. med dræn VM, med udt.	II. VM på dyrkningsfladen, med udt.	IV. dræn VM, med udt.	VI. VM på dyrkningsfladen komb. med dræn VM, med udt.
		1	2	3	4	5	6	2	4	6
Afgift på udledning til kyst	Kr. pr. kg N	308	128	166	109	105	91	319	239	182
Skyggepris kvælstof	Kr. pr. kg N	21,8	8,3	29,8	29,6	6,2	5,0	16,2	29,2	8,0
Dyrkningsfladen										
MR normreduktion		29%	14%	0%	0%	11%	9%	18%	0%	12%
Efterafgrøder før MR		10,8%	8,9%	10,3%	9,2%	10,3%	9,6%	3,1%	5,7%	6,9%
MR tidlig ha		2,0%	1,1%	0,0%	0,0%	0,3%	0,2%	1,2%	0,0%	0,8%
MR mellemafgrøder		14,4%	10,2%	0,0%	0,0%	5,2%	3,1%	8,5%	0,0%	7,9%
MR Sædsifteændr.		11,8%	2,6%	3,9%	3,2%	3,9%	3,6%	1,7%	2,0%	2,0%
MR efterafgrøder ha		5,2%	4,6%	0,0%	0,0%	4,3%	4,1%	2,0%	0,0%	4,5%
Drænvirkemidler										
Udtagning		0%	15%	0%	8%	0%	5%	49%	27%	23%
Vådområde		0%	0%	3%	3%	3%	3%	0%	4%	3%
Højbund tilsl. vådområde		0%	0%	16%	16%	16%	16%	0%	16%	16%
Tilsl. åbne minivådområder		0%	0%	29%	16%	17%	12%	0%	26%	24%
Tilsl. matrice minivådomr.		0%	0%	19%	7%	8%	4%	0%	22%	17%
Nøgletal										
Udledning kyst	kg N pr. ha	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	9,5	9,5	9,5
Netto	kr. pr. ha	670	584	377	445	347	373	2.109	1.312	1.170
N skyggepris	kr. pr. kg N	21,8	8,3	29,8	29,6	6,2	5,0	16,2	29,2	8,0
N tildeling	kg N pr. ha	126	131	175	160	156	151	76	125	117
Plads til mere husdyr N	kg N pr. ha	54,1	57,8	92,5	80,9	77,4	73,7	13,8	52,7	46,6
Husdyr N til omfordeling	kg N pr. ha	0,0	0,4	0,3	0,3	0,1	0,2	8,7	2,9	1,6
Udledningsreduktion kyst	kg N pr. ha	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	11,5	11,5	11,5
Omkostninger	kr. pr. ha									
Vådområde		0	0	26	25	25	25	0	27	26
Udtagning		0	410	77	281	77	178	1.892	1.004	800
Mini		0	0	227	97	104	64	0	244	192
Efterafgrøder		37	31	24	21	34	32	12	13	26
Tidlig		6	3	0	0	1	1	3	0	2
Mellem		58	41	0	0	21	12	34	0	31
Sædsifteændring		31	13	20	17	18	17	14	22	17
Norm red		538	86	3	3	68	45	153	2	75
I alt	Kr. pr. ha	670	584	377	445	347	373	2.109	1.312	1.170

5 Referencer

- Addiscott, T.M., Gold, A.J., Oviatt, C.A., Benjamin, N., Giller, K.E., 2005. Nitrate, Agriculture and the Environment. CABI Publishing, Oxfordshire, UK, 279 pp.
- Eriksen, J., Jensen, P.N., Jacobsen, B.H. (red.) 2014. Virkemidler til realisering af 2. generations vandplaner og målrettet arealregulering. DCA Rapport 052.
- Hansen, E.M., Thomsen, I.K. 2014. Bilag 3. Efterafgrøder: Revurdering af udvaskningsreducerende effekt. I: Eriksen, J., Jensen, P.N., Jacobsen, B.H. (red.), Virkemidler til realisering af 2. generations vandplaner og målrettet arealregulering. DCA Rapport 052, s. 241-254.
- Hansen, E.M., Thomsen, I.K. 2016. Effekt af efterafgrøder hos økologer ift. ny efterafgrødeordning. Notat til NaturErhvervstyrelsen 12. september 2016.
- Hoffmann, C.C., Petersen, A.B., Rasmussen, J., Hasler, B., Martinsen, L., Møller, F. 2014. Vådområder. I: Eriksen, J., Jensen, P.N., Jacobsen, B.H. (red.), Virkemidler til realisering af 2. generations vandplaner og målrettet arealregulering. DCA Rapport 052, s. 196-209.
- Højberg, A.L., Windolf, J., Børgesen, C.D., Trolborg, L., Tornbjerg, H., Blicher-Mathiesen, G., Kronvang, B., Thodsen, H., Ernsten, V.. 2015. National kvælstofmodel, Oplandsmodel til belastning og virkemidler. Metode rapport - Revideret udgave september 2015. GEUS, 111 s.
- Jensen, M.L., Vestergaard, C.H., Mortensen, R.M., Gertz, F., Wiborg, I.A. 2016. Kvælstofindsatsen i oplandet til Norsminde Fjord. Kan den målrettede regulering erstattes af en øget kollektiv indsats? SEGES Planter og Miljø.
- Kjærgaard, C., Iversen, B.C., Højberg, A.L., Blicher-Mathiesen, G. 2016a. Drænmålinger som grundlag for emissionsbaseret kvælstofregulering. Delrapport C. Drænmåling som grundlag for emissionsbaseret kvælstofregulering (foreløbig) fra GUDP projektet om emissionsbaseret kvælstof- og arealregulering. https://www.landbrugsinfo.dk/Afrapportering/planter_og_miljoe/2016/Sider/pl_po_999_3682_b3_Delrapport_C_Maalinge_i_draenra.pdf
- Kjærgaard, C., Bach, E.O., Greve, M.H., Iversen, B.V. 2016b. Kortlægning af potentielle områder til etablering af konstruerede minivådområder. DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, d. 11.11.2016
- Kjærgaard, C., Bruun, J.V.D., Hoffmann, C.C. 2014b. Konstruerede minivådområder med filtermatrice målrettet drænvand. I: Eriksen, J., Jensen, P.N., Jacobsen, B.H. (red.), Virkemidler til realisering af 2. generations vandplaner og målrettet arealregulering. DCA Rapport 052, s. 186-195.
- Kjærgaard, C., Iversen, B.V., Schelde, K., Olesen, J.E., Jacobsen, B.H., Eberhardt, J.M. 2014a. Konstruerede minivådområder med overfladestrømning målrettet drænvand. I: Eriksen, J., Jensen, P.N., Jacobsen, B.H. (red.), Virkemidler til realisering af 2. generations vandplaner og målrettet arealregulering. DCA Rapport 052, s. 175-185.
- Miljø- og Fødevarerministeriet 2016. Vejledning om Gødsknings- og Harmoniregler. Planperioden 1. august 2016 til 31. juli 2017. http://naturerhverv.dk/fileadmin/user_upload/NaturErhverv/Filer/Landbrug/Goedningsregnskab/Vejledning_om_goedsknings-og_harmoniregler_nyeste.pdf
- Miljøstyrelsen 2015. Pilotprojekt for ny målrettet arealregulering. Afprøvning af prototyper for kvælstofreguleringsmodeller. <http://mst.dk/media/130365/pilotprojekt-for-ny-maalrettet-arealregulering.pdf>
- NaturErhvervstyrelsen 2016. Vejledning om direkte arealstøtte 2016. Grundbetaling, grønne krav, ø-støtte og støtte til unge nyetablerede landbrugere 2016. http://naturerhverv.dk/fileadmin/user_upload/NaturErhverv/Filer/Tilskud/Arealtilskud/Direkte_stoette_-_grundbetaling_mm/2016/Vejledning_om_direkte_arealstoette_2016.pdf

- Thomsen, I.K., Hansen, E.M., Rubæk, G.H., Kudsk, P., Jørgensen, L.N., Schelde, K., Olesen, J.E., Strandberg, M.T., Jacobsen, B.H., Eberhardt, J.M. 2014a. Tidlig såning af vintersæd. I: Eriksen, J., Jensen, P.N., Jacobsen, B.H. (red.), Virkemidler til realisering af 2. generations vandplaner og målrettet arealregulering. DCA Rapport 052, s. 51-60.
- Thomsen, I.K., Hansen, E.M., Rubæk, G.H., Kudsk, P., Jørgensen, L.N., Schelde, K., Olesen, J.E., Strandberg, M.T., Jacobsen, B.H., Eberhardt, J.M. 2014b. Mellemafgrøder. I: Eriksen, J., Jensen, P.N., Jacobsen, B.H. (red.), Virkemidler til realisering af 2. generations vandplaner og målrettet arealregulering. DCA Rapport 052, s. 36-42.
- Waagepetersen, J. 1992. Braklægnings betydning for kvælstofudvaskning fra landbrugsarealer, s 37-44. I Mikkelsen S. (red.): Braklægning – planteproduktion og Miljø. Tidsskrift for Planteavl's Specialserie, nr. S2224.
- Ørum, J. E. 2015. Beskrivelse af det miljøøkonomiske modelapparat anvendt af IFRO til udredning af differentieret arealregulering for NAER i 2014. Frederiksberg: Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. (IFRO Dokumentation; Nr. 2015/2).

Bilag 1. Afgrødegrupper

Oversigt over afgrøder, der indgår i de 17 afgrødegrupper i Tabel 3. Afgrøden, der repræsenterer afgrødegruppen og dermed fastsætter afgrødegruppens kvælstofnorm, er markeret. Afgrødekoderne er baseret på Vejledning om Gødsknings- og Harmoniregler, der hvert år udarbejdes af Miljø- og Fødevareministeriet. Vejledningen for 2016/17 er tilgængelig på:

http://naturerhverv.dk/fileadmin/user_upload/NaturErhverv/Filer/Landbrug/Goedningsregnskab/Vejledning_om_goedsknings-og_harmoniregler_nyeste.pdf

Afgrødegruppe			Afgrødekode	Afgrøde
Nr.	Navn	Forkortet		
1	Vintersæd	visa	10	Vinterbyg
			11	Vinterhvede
			13	Vinterhvede, brødhvede
			14	Vinterrug
			15	Vinterhybridrug
			16	Vintertriticale
			17	Blanding af efterårssåede kornarter
			57	Vinterhavre
			220	Vinterbyg, helsæd
			221	Vinterhvede, helsæd
			222	Vinterrug, helsæd
			223	Triticale, helsæd
			224	Blandkorn, efterårssået, helsæd
			235	Vinterkorn, grønkorn
			706	Grønkorn af vinterbyg
			707	Grønkorn af vinterhvede
			708	Grønkorn af vinterhavre
			709	Grønkorn af vinterrug
			710	Grønkorn af hybridrug
			711	Grønkorn af vintertriticale
2	Vårsæd	vasa	1	Vårbyg
			2	Vårhvede
			3	Havre
			4	Blanding af vårsåede kornarter
			6	Vårhvede, brødhvede
			7	Korn+bælgsæd, under 50 % bælgsæd
			55	Vårrug
			56	Vårtriticale
			58	Sorghum
			210	Vårbyg, helsæd
			211	Vårhvede, helsæd
			212	Havre, helsæd
			213	Blandkorn, vårsået, helsæd
			214	Korn+bælgsæd, helsæd, under 50 % bælgsæd
			230	Vårkorn, grønkorn
			234	Korn og bælgsæd, grønkorn, under 50 % bælgsæd
			701	Grønkorn af vårbyg
			702	Grønkorn af vårhvede
			703	Grønkorn af vårhavre
			704	Grønkorn af vårrug
			705	Grønkorn af vårtriticale
3	Raps	raps	21	Vårraps
			22	Vinterraps
			23	Rybs
			24	Solsikke
			25	Sojabønner
			40	Oliehør
			41	Spindhør
			42	Hamp
			50	Anden bredbladet afgrøde
			51	Blanding bredbladet afgrøde, frø/kerne

			52	Quinoa
			53	Boghvede
			180	Gul sennep
			181	Anden oliefrøart
			182	Blanding af oliearter
4	Anden frøavl	afro	101	Rajgræs, alm., frø
			102	Rajgræs, alm. 1. år, efterårsudlagt, frø
			103	Rajgræs, ital. og hybrid, frø
			104	Rajgræs, ital. og hybrid 1. års efterårsudlagt, frø
			105	Timothefrø Knoldrottehalet
			106	Hundegræsfrø
			107	Engsvingelfrø
			108	Rødsvingelfrø
			109	Rajsvingelfrø
			110	Svingelfrø, stivbladet
			111	Svingelfrø, strand
			112	Engrapgræsfrø (marktype)
			113	Engrapgræsfrø (plænetype)
			114	Rapgræs, alm.
			115	Hvene. alm. og krybende
			116	Rajgræs, hybrid
			117	Rajgræs, efterårsudlagt hybrid
			118	Rajsvingelfrø, efterårsudlagt
			120	Kløverfrø
			121	Græsmarksbælgplanter
			122	Kommenfrø
			123	Valmuefrø
			124	Spinatfrø
			125	Bederoefrø
			126	Blanding af markfrø til udsæd
			650	Chrysanthemum Garland, frø
			651	Dildfrø
			652	Kinesisk kålfrø
			653	Karsefrø
			654	Roquettefrø
			655	Radisfrø
			656	Bladbedefrø, rødbedefrø
			657	Grønkålfrø
			658	Gulerodsfrø
			659	Kålfrø (hvid- og rødkål)
			660	Persillefrø
			661	Kørvelfrø
			662	Majroefrø
			663	Pastinakfrø
			664	Skorsonerrodfrø
			665	Havrerodfrø
			666	Purløgfrø
			667	Timianfrø
			668	Blomsterfrø
			669	Andet havefrø
5	Kartofler	kart	150	Læggekartofler
			151	Stivelseskartofler
			152	Spisekartofler
			153	Kartofler, andre
			154	Stiv.kart. uden
			400	Asier
			401	Asparges
			402	Bladselleri
			403	Blomkål
			404	Broccoli
			405	Courgette, squash
			406	Grønkål
			407	Gulerod
			408	Hvidkål
			409	Kinakål

			410	Knoldselleri
			411	Løg
			412	Pastinak
			413	Rodpersille
			415	Porre
			416	Rosenkål
			417	Rødbede
			418	Rødkål
			420	Salat
			421	Savoykål, spidskål
			422	Spinat
			423	Suktermajs
			429	Jordskok, konsum
			430	Bladpersille
			431	Purløg
			432	Krydderurter, andre
			433	Krydderurt
			434	Grøntsager, andre (friland)
			440	Solhat
			448	Medicinplanter, en- og toårige
			449	Medicinplanter, stauder og vedpanter
			450	Grøntsager, blandinger
6	Roer	roer	160	Roer til fabrik
			161	Cikorierødder
			162	Andre industriafrøder/rodfrugter
			280	Fodersukkerroer
			281	Kålroer Turnips, kålrabi
			282	Fodermarvkål
			283	Fodergulerødder
7	Bælgplanter	bælg	30	Ærter
			31	Hestebønner
			32	Sødlupin Ikke bitterlupin.
			35	Flerårig bælgssæd
			36	Anden bælgssæd til modenhed
			54	Bælgssæd blanding
			215	Ærtehelssæd
			424	Ærter, konsum
8	Majs	majs	5	Majs til høst ved modenhed
			216	Silomajs
9	Sædskiftegræs Højt gødet	ssgr	170	Græs/kløvergræs til fabrik (omdrift)
			174	Kløvergræs til fabrik
			260	Kløvergræs over 50 % kløver (omdrift)
			263	Græs uden kløver (omdrift)
			268	Græs/kløvergræs under 50 % kløver med meget lavt udbytte
			269	Rullegræs, omdrift
			270	Græs til udegrise
10	Sædskiftegræs Middel gødet	ss80	172	Lucerne med min. 25 % græs til slæt
			261	Kløvergræs over 50 % kløver (omdrift)
			262	Lucerne og lucernegræs m. over 50 % lucerne (omdrift)
			265	Græs/kløvergræs slæt før vårsæde afgrøder
			266	Græs/kløvergræs under 50 % kløver med ekstremt lavt udbytte
			267	Græs/kløvergræs under 50 % kløver med meget lavt udbytte
11	Sædskiftegræs Ugødet	ss00	171	Lucerne til slæt
			173	Kløver til slæt
			247	Miljøgræs MVJ-tilsagn (0 N), omdrift
			264	Græs og kløvergræs uden norm
			285	Græs og kløvergræs uden norm, over 50 % kløver (omdrift)
12	Vedvarende græs Højt gødet	vvgr	252	Perm. græs med normalt udbytte
			255	Perm. græs under 50 % kløver omlagt mindst hvert 5. år
			257	Perm. græs uden kløver omlagt mindst hvert 5. år
			259	Permanent græs til fabrik, min. 6 tons
			272	Permanent græs/kl.græs til fabrik
			275	Rullegræs, permanent
			279	Permanent græs til fabrik
13	Ved-	vv80	250	Perm. græs med meget lavt udbytte

	varende græs Middel gødet		251	Perm. græs med lavt udbytte
			253	Miljøgræs MVJ-ordning 1 (80 N)
			256	Perm. græs over 50 % kløver omlagt mindst hvert 5. år
			258	Perm. græs, ø-støtte
			274	Permanent lucerne m. min. 25 % græs
			278	Permanent lucerne og lucernegræs med over 50 % lucerne
			287	Græs til udegrise, permanent
			488	Hønsegård, permanent græs
14	Ved- varende græs Ugødet	vv00	248	Permanent græs ved vandboring
			249	Udnyttet græs ved vandboring
			254	Miljøgræs, MVJ-tilsagn (0 N), permanent
			273	Permanent lucerne til fabrik
			276	Permanent græs og kløvergræs uden norm, under 50 % kløver
			277	Permanent kløver til fabrik
			286	Permanent græs og kløvergræs uden norm, over 50 % kløver
			316	Vådområder eller lavbundslande med udtagning
			326	Permanent græs i MSO omlagt til ikke-landbrug
			360	Vildtafgrøder
			361	Ikke støtteberettiget landbrugsareal
15	Brak	brak	244	Ø-støtteareal u
			271	Vildtagre
			284	Græs med vikke og andre bælgplanter, under 50 % bælgpl.
			300	Brakmarker
			301	Brak i randzoner
			302	Vildtblanding
			303	Spilddrø
			304	Brak – olieræddike
			305	Permanent græs, uden udbetaling af økologi-tilskud
			306	Græs i omdrift, uden udbetaling af økologi-tilskud
			309	Udyrket areal ved vandboring
			310	Udyrket mark
			312	20-årig udtagning
			315	Miljøgræs brugt som udtagning
			317	Vådområder brugt som udtagning
			318	Miljøtilsagn uden udtagningsforpligtelse, der ikke er landbr
			319	MVJ-udtagne arealer, der ikke er
			320	Braklagte randzoner
			321	Miljøtiltag, ej landbrugsarealer
			330	Nedsættelse af kvælstoftilførsel
			331	Dyrkning uden brug af plantebeskyttelsesmidler
			332	Spøjtefri randzoner
			333	Ekstensive, randzoner
			340	Randzoneordning, PD uden udtagningsforpligtelse
			341	Randzoneordning, PD med udtagningsforpligtelse
			350	Miljøgræs med N-kvot
			920	Økologisk sommerbrak
			921	Bar jord
			943	Kløvergræs med over 50 % kløver, udlæg/efterslæt efter grønkorn
			944	Kløvergræs med over 50 % kløver, udlæg/efterslæt efter helsæd
			945	Kløvergræs med over 50 % kløver, udlæg/efterslæt efter korn o.l.
			946	Græs/kløvergræs med over 50 % kløver til fabrik, efterslæt efter grønkorn
16 ^a	MFO-brak	MFOb	308	MFO-Brak
			323	MFO-udyrtet areal
			324	Blomsterbrak
			325	MFO-Blomsterbrak
			602	MFO - Pil
			603	MFO - Poppel
			604	MFO - El
			605	MFO - Lavskov
17	Rest	rest	0	Ukendt Afgrøde
			69	Ukendt
			196	Ukendt
			200	Fragået mark
			201	Mark sammenlagt med anden mark
			202	Fragået mark

203	Overstreget Mb/
311	Skovrejsning på tidligere landbrugsjord
313	20-årig udtagning med skov
314	20-årig udtagning med tilsagn om skovrejsning fra NST
487	Skovlandbrug
489	Havtorn
491	Storfrugtet tranebær
492	Tyttebær
493	Surbær
494	Japan kvæde
495	Morbær
496	Medicinpl., vedplanter
497	Planteskolekulturer, vedplanter, til videresalg
498	Containerplads 4, vedplanter
499	Lukket system 3, vedplanter
500	Buske og træer Planteskoleplanter
501	Stauder
502	Blomsterløg
503	En- og toårige planter
504	Solbær, stiklingeopformering
505	Ribs, stiklingeopformering
506	Stikkelsbær, stiklingeopformering
507	Hindbær, stiklingeopformering
508	Andre af slægten Vaccinium
509	Kvæde
510	Melon
511	Græskar
512	Rabarber
513	Jordbær
514	Solbær
515	Ribs
516	Stikkelsbær
517	Brombær
518	Hindbær
519	Blåbær
520	Surkirsebær uden undervækst af græs
521	Surkirsebær med undervækst af græs
522	Blomme uden undervækst
523	Blomme med undervækst
524	Sødkirsebær uden undervækst af græs
525	Sødkirsebær med undervækst af græs
526	Hyld
527	Hassel
528	Æble
529	Pærer
530	Vindruer
531	Anden træfrugt
532	Anden buskfrugt
533	Rønnebær
534	Hyben
535	Bærmispel
536	Spisedruer
539	Blandet frugt
540	Tomat
541	Agurk
542	Salat (drivhus)
543	Grønsager andre (drivhus)
544	Snitblomster og snitgrønt
545	Potteplanter
547	Planteskolekulturer
548	Småplanter, en-årige
549	Lukket system 1
550	Lukket system 2
551	Sollbær
552	Mandelgræskar

553	Centnergræskar
559	Anden buskfrugt
560	Containerplads 1
561	Containerplads 2
562	Containerplads 3
563	Svampe, champignon
570	Humle
579	Tagetes, sygdom
580	Skovdrift, alm.
581	Nyplantning i skov med træhøjde
582	Skovrejsning på tidligere landbrugsjord
583	Juletræer
584	Juletræer i fredskov
585	Skovrejsning i projektområde, som ikke er omfattet af tilsagn
586	Skovrejsning på tidligere landbrugsjord 2
587	Skovrejsning på tidligere landbrugsjord 3
588	Statslig skovrejsning
589	Bæredygtig skovdrift
590	Bæredygtig skovdrift i Natura 2000-område
591	Lavskov
592	Pil
593	Poppel
594	El
596	Elefantgræs
597	Rørgræs
598	Sorrel
600	Tilsagn indtil
601	Tilsagn fra 1.
777	Ex-non-food brak
800	Andre arealer i skov
801	Skov i Ikke skovrejsning
888	Nye tilsagn uden råderet v. ansøgningsfristen
900	Øvrige afgrøder
901	Naturarealer
902	Naturlignende arealer
903	Fredskovpligtige lysåbne arealer i skov
904	Åbne arealer i skov
905	Anden anvendelse
906	Frameldte areal
907	Økologiske naturarealer
908	Naturarealer – ansøgning om miljøtilsagn
910	Ikke anmeldt mark
960	Græs, udlæg/efterslæt efter grønkorn o.l. høstet i maj/juni
961	Græs, udlæg/efterslæt efter helsæd/tidlig frøgræs eller vint
962	Græs, udlæg/efterslæt efter korn/sildig frøgræs
963	Kløvergræs, udlæg/efterslæt efter grønkorn o.l. høstet i maj
964	Kløvergræs, udlæg/efterslæt efter helsæd/tidlig høstet frøg
965	Kløvergræs, udlæg/efterslæt efter korn
966	Græs/kl.græs udlæg til fabrik, efterslæt efter grønkorn o.l.
967	Pligtige efterafgrøder (lav eftervirkning)
968	Pligtige efterafgrøder (høj eftervirkning)
969	Udlæg til grøngødning. Frivillige efterafgrøder
970	Efterslæt efter brak
971	Efterafgrøde til randzoneordningen
972	Mellemafgrøde
998	Ukendt afgrøde
999	Ugyldig afgrøde

^aVil blive opdelt i flere grupper, når der anvendes data efter indførelse af MFO

KLAADOE